نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۵۱۴-۵۰۸

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 508-514

تأثیر سطوح مختلف شوری و سیلسیوم بر تولید زیست توده، مقدار سدیم و پتاسیم اندام هوایی گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum- graceum* L.)

محبوبه ناصری[1*]- حسین آرویی[2]- سیدحسین نعمتی[3]- محمد کافی[4]

تاریخ دریافت:۹۰/۸/۱
تاریخ پذیرش:۹۰/۱۲/۱۳

چکیده

به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف تنش شوری و سیلسیوم بر تولید زیست توده و مقدار سدیم و پتاسیم اندام هوایی گیاه دارویی شنبلیله، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ سطح شوری (۰،۶۰،۱۲۰،۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم) و ۲ سطح سیلسیوم (صفر و ۱/۵ میلی مولار سیلیکات سدیم) با ده تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ انجام شد. اثر سطوح مختلف شوری بر بیشتر صفات اندازه گیری شده معنی دار ($P<0.05$) بود. سطوح مختلف شوری بر وزن زیست توده گیاه شنبلیله اثر منفی گذاشته و موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی، ریشه، میوه و وزن هزار دانه شد. افزایش شوری، غلظت سدیم را در بخش هوایی شنبلیله افزایش داده و باعث کاهش غلظت پتاسیم بخش هوایی شد. کاربرد سیلسیوم اثر مثبتی بر تحمل گیاه به شوری داشت و سبب کاهش تجمع سدیم و افزایش میزان پتاسیم در اندام هوایی گیاه شد.

واژه های کلیدی: پایداری غشاء، تنش شوری، نسبت سدیم به پتاسیم

مقدمه

شوری یکی از عوامل مهم کاهش دهنده رشد گیاهان در بسیاری از مناطق جهان است. وسعت خاکهای شور در ایران حدود ۲۴ میلیون هکتار است که معادل ۱۵ درصد از اراضی کشاورزی کشور می باشد (۱۲). بنابراین تنش شوری همواره در کشاورزی ایران مطرح است و یافتن راهکارهایی جهت مقابله با آن ضروری به نظر می رسد. یکی از راهکارهای کاهش اثرات زیانبار تنش شوری استفاده از مواد مغذی معدنی مثل سیلسیوم می باشد. گزارش های متعددی از کاهش اثرات تنش های مختلف مثل سمیت فلزات سنگین، خشکی و شوری با تغذیه غلظت های مناسب سیلسیوم مناسب وجود دارد.

سیلسیوم دومین عنصر فراوان در پوسته زمین و در خاک‌ها می‌باشد و ۲۷/۶ درصد پوسته زمین را تشکیل می دهد. با این وجود هنوز در فهرست عناصر ضروری برای گیاهان قرار نگرفته است (۱۲).

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mahboobeh_naseri@yahoo.com)
۴- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

سیلسیوم موجود در خاک به طور معمول با غلظتی در دامنه ۰/۱ تا ۰/۶ میلی مولار بصورت غیر یکنواخت دو برابر بیشتر از غلظت فسفرها، در محلول خاک وجود دارد. با وجود اینکه سیلسیوم بعنوان یک عنصر ضروری در تغذیه گیاهان عالی مورد توجه قرار نگرفته، اما ثابت شده جهت رشد و نمو بسیاری از گونه‌های گیاهی مفید است (۱۷).

پیشنهاد شده است که سیلسیوم در برگ باعث کاهش تعرق شده (۱۹) و یا اینکه سیلسیوم در ریشه با سدیم تولید ترکیب پیچیده ای می کند و در نتیجه باعث کاهش انتقال سدیم از این اندام به شاخساره گیاه می گردد (۳). اثر تعدیل کننده سیلسیوم برشوری در لوبیا (۲۶) برنج (۷ و۱۹)، کهور (۵)، گندم (۵)، جو (۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶)، خیار (۲۵) و گوجه‌فرنگی (۶) مورد آزمایش قرار گرفته است. احمد و همکاران (۵) و برادبوری و احمد (۷) گزارش کردند که تحمل به شوری در گندم و کهور با اضافه کردن مقادیر کمی سیلسیوم محلول به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. لیانگ و همکاران (۱۳) اثبات کردند که اضافه کردن سیلسیوم تحمل به شوری در جو رشد یافته در محیط کشت هیدروپونیک را افزایش می‌دهد. در یک آزمایش گلخانه‌ای اثر کاربرد سیلسیوم بر روی لوبیا در شرایط شوری انجام

شد (۲۶). نتایج نشان داد که شوری بطور معنی داری رشد و سرعت فتوسنتز را کاهش داد. غلظت یونهای سدیم و کلر در ریشه ها افزایش یافت ولی با کاربرد سیلسیوم غلظت یون سدیم در برگها کاهش یافت. درآزمایشی اثر سیلیکات کلسیم بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیکی و عناصر غذایی در دو گونه لگوم در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرارگرفت (۲۰). نتایج نشان داد در هر دو گونه لگوم شوری باعث کاهش در رشد شد. اما با کاربرد سیلسیوم در هر دو گونه، این کاهش رشد بهبود یافت. سیلسیوم باعث حفظ نفوذپذیری غشاءسلولی در شرایط شوری شد. میزان فتوسنتز، کلروفیل و هدایت روزنه ای و تعرق در گیاهان شاهد نسبت به دیگر تیمارها بیشتر بود وکاربرد سیلسیوم در محلول غذایی باعث افزایش جزئی در این پارامترها در گیاهان رشد یافته در شرایط شوری شد. میزان غلظت پتاسیم درگیاهان در هر دو گونه در شرایط شوری کاهش یافت و غلظت یونهای سدیم و کلر در این شرایط بیشتر بود و با کاربرد سیلسیوم میزان پتاسیم افزایش و کلر و سدیم در بافتهای گیاهی در شرایط شوری کاهش یافت.

غلظت سدیم در اندام‌های هوایی لوبیا (۲۶) برنج (۱۹ و ۲۴) و جو (۱۳ و ۱۶) با اضافه کردن سیلسیوم کاهش یافت. افزایش جذب و انتقال پتاسیم و کاهش جذب وانتقال سدیم از ریشه به اندام‌های هوایی جو از طریق تحریک القای سیلسیوم در H^+-ATPase غشا پلاسمایی ریشه تحت تنش شوری انجام می‌گیرد. اضافه کردن سیلسیوم نفوذپذیری غشا پلاسمایی سلول‌های برگ را کاهش می‌دهد و بطور معنی‌داری ساختار کلروپلاست‌ها را بهبود می‌بخشد.

شنبلیله (*Trigonella foenum- graecum* L.) گیاهی دارویی از تیره نخود است. مواد مؤثره این گیاه کاهش دهنده قند خون، ضد التهاب و نرم کننده است (۱). در دارونامه های گیاهی معتبر از دانه‌های شنبلیله به عنوان دارو یاد شده است و خواص درمانی آن مورد تأکید قرار گرفته است.

با توجه به اهمیت کشت گیاهان دارویی از یک طرف و توجه به تأثیرتنش شوری بعنوان تنش غیر زیستی مهم از طرف دیگر، بررسی اثرات توأم شوری و سیلسیوم در تحقیق حاضر مورد توجه قرارگرفته و تأثیر کاربرد سیلیکات سدیم بر تولید زیست توده، مقدار سدیم و پتاسیم اندام هوایی گیاه دارویی شنبلیله در شرایط تنش شوری بررسی شد.

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با ۱۰ تکرار و با ۴ سطح شوری (یک سطح بعنوان شاهد، ۱۸۰، ۱۲۰ و ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم) و ۲سطح سیلسیوم (۰ و ۱/۵ میلی مولار سیلیکات سدیم) در بهار ۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. لازم به ذکر است که سطوح شوری بر اساس آستانه مقاومت گیاه شنبلیله به نمک کلرید سدیم انتخاب شدند (۲۲). سطوح شوری با استفاده از کلرور سدیم ۹۷٪ اعمال گردید و تیمار شاهد با آب شهری مشهد آبیاری شد. محیط کشت حاوی پیت، شن و پرلیت به نسبت ۱:۱:۱ بود و بذر ها درگلدان های پلاستیکی به ابعاد ۳۰×۴۰ و به عمق ۲۵ سانتی متر کشت شدند. تیمار شوری نیز برای جلوگیری از شوک اسمزی به تدریج (روزانه ۳۰ میلی مولار کلرور سدیم) از مرحله چهار برگی اعمال شد و تیمار سیلسیوم یک هفته بعد از اعمال تیمار کامل شوری با غلظت (۱/۵ میلی مولار) همراه آب آبیاری اعمال شد. جهت جلوگیری از تجمع نمک، گلدان ها هفته ای یکبار با آب فراوان آبیاری شدند. آبیاری برحسب نیاز گیاه (هر روز ۵۰ سی سی) و تغذیه گیاه با محلول غذایی هوگلند از مرحله ده برگی هر دوهفته انجام شد. در آخر فصل رشد پس از برداشت، گیاهان به آزمایشگاه منتقل شدند. وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی، میوه و وزن هزار دانه اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری وزن خشک، نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرارگرفتند. برای تعیین میزان سدیم و پتاسیم در اندام هوایی گیاه از روش هضم تر استفاده شد (۲) و سپس مقدار سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل (JENWAY PFP7) اندازه گیری شدند. آنالیز واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار Mstat-C برآورد گردید. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد. نمودارها نیز با کمک برنامه Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

براساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول۱) افزایش غلظت کلریدسدیم در محیط کشت گیاه شنبلیله تأثیر معنی داری بر وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک میوه، ریشه و وزن خشک هزار دانه گیاه داشت.

مقایسه میانگین داده ها (جدول۲) نشان داد که با افزایش شوری، وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت. وزن خشک اندام هوایی با کاربرد سیلسیوم در شرایط تنش شوری روندی افزایشی داشت. کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط شوری همراه با کاهش سطح برگ و فتوسنتز در این شرایط می باشد. این کاهش احتمالاً به علت اثرات زیانبار تنش شوری بر میزان رشد و کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه است که می تواند کل ماده خشک گیاه را کاهش دهد. حفظ فعالیت فتوسنتزی، افزایش جذب CO_2 و کاهش نشت الکترولیت ها می تواند از دلایل افزایش تولید ماده خشک در شرایط تنش شوری با کاربرد سیلسیوم باشد (۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات تأثیر شوری و سیلسیوم بر وزن زیست توده شنبلیله

صفات	خطا	اثر متقابل	شوری	سیلسیوم
وزن خشک اندام هوایی	۱/۵۲۷	۱/۰۵۳^{ns}	۷/۷۰۴**	۱/۶۵۱^{ns}
وزن خشک ریشه	۰/۲۸۴	۰/۳۲۲^{ns}	۰/۳۹۸**	۰/۷۹^{ns}
وزن خشک میوه	۰/۱۵۲	۰/۲۹۴^{ns}	۰/۶۸۴**	۰/۱۰۵^{ns}
وزن هزار دانه	۱/۴۳۶	۰/۳۰^{ns}	۶۴/۳۵۴**	۰/۶۳۹^{ns}
درجه آزادی	۷۲	۳	۳	۱

ns : عدم تفاوت معنی دار، * : تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** : تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد

با افزایش سطوح شوری، وزن خشک ریشه کاهش یافت. کمترین میزان وزن خشک ریشه (۰/۷ گرم) در تیمار ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم حاصل شد (جدول۲). غلظت زیاد نمک رشد ریشه را کند یا متوقف می کند و نمو گیاه را به تاخیر می اندازد (۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مورد استفاده بر وزن خشک ریشه نشان داد که کاربرد سیلسیوم باعث افزایش کمی در وزن خشک ریشه شد هرچند این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود (جدول۲).

کاهش رشد ریشه و اندام هوایی در شرایط شوری ممکن است به علت تجمع زیاد یون سدیم در گیاه و درنتیجه کاهش فرآیندهای آنزیمی و سنتز پروتئین باشد (۲۲). سیلسیوم درون ریشه گیاه قرار گرفته (۱۰) و مانع انتقال سدیم به اندام هوایی می شود که این عمل درنتیجه کاهش تعرق گیاه (۲۴) و یا تشکیل کمپلکس با یون سدیم (۵) می باشد.

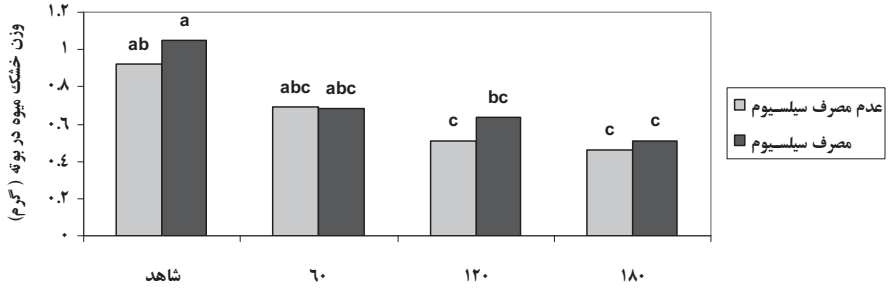
کمترین میزان وزن خشک میوه در یک بوته (۰/۴۸ گرم) در تیمار ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم حاصل شد. کاربرد سیلسیوم باعث بهبود وزن خشک میوه به میزان ۰/۰۷۲ گرم در بوته نسبت به گیاهان شاهد بدون مصرف سیلسیوم شد (شکل۱). کاربرد سیلسیوم باعث افزایش جزئی در روند وزن خشک میوه در شرایط شوری شد. وجود سیلسیوم در محیط رشد گیاه در شرایط شوری باعث افزایش عملکرد گیاه شد.

کاهش وزن هزار دانه با افزایش سطح شوری می تواند به علت کاهش طول دوره پر شدن دانه و همچنین کاهش سنتز مواد گیاهی باشد. همچنین تغییر مسیر اختصاصی مواد فتوسنتزی به ریشه ها جهت مقابله با شوری نیز می تواند دلیل بر کاهش وزن خشک دانه باشد. بهبود روند وزن هزار دانه با کاربرد سیلسیوم در شرایط شوری می تواند به علت بهبود فعالیت فتوسنتزی باشد (۱۵).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سیلسیوم بر وزن زیست توده شنبلیله

غلظت شوری (میلی مولار)	سیلسیوم (میلی مولار)	وزن خشک اندام هوایی در بوته(گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)
۰	۰	۲/۱۱ ab	۱/۰۷ ab	۹/۴۳ a
	۱/۵	۳/۰۰ a	۱/۵۴ a	۹/۶۴ a
۶۰	۰	۱/۷۲b	۰/۹۴ b	۸/۶۸ a
	۱/۵	۱/۵۰b	۱/۰۶ ab	۸/۷۶ a
۱۲۰	۰	۱/۱۷ b	۰/۷۶ b	۶/۸۴ b
	۱/۵	۱/۴۰ b	۰/۹۷ b	۶/۹۹ b
۱۸۰	۰	۱/۰۷ b	۰/۶۴ b	۵/۴۲۰c
	۱/۵	۱/۳۲ b	۰/۶۵ b	۵/۶۸ c

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند



شکل ۱- اثر کاربرد سیلسیوم بر روند وزن خشک میوه شنبلیله در شرایط تنش شوری

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر شوری بر میزان پتاسیم و سدیم اندام هوایی گیاه شنبلیله معنی دار بود (P<0/01). به علاوه اثر متقابل شوری و سیلسیوم نشان می دهد که تیمارهای شوری سبب کاهش معنی دار در میزان پتاسیم اندام هوایی و افزایش معنی دار سدیم اندام هوایی گیاه شد (شکل ۲و۳). در واقع سیلسیوم 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 مقدار سدیم با افزایش شوری در گونه آتریپلکس نومولاریا[1] افزایش یافت در حالیکه مقدار پتاسیم کاهش یافت (۹). برگ های لوبیا مقدار پتاسیم بیشتری در شرایط شوری کمتر(۳۰ میلی مولار) نسبت به شوری بیشتر (۶۰ میلی مولار) داشتند (۲۶).

سدیم می تواند منجر به اختلال در فعالیت و عمل غشای سلولی شود و پتانسیل انتقال یون های غذایی را تحت تأثیر خود قرار دهد. اثرات آنتاگونیستی و کاهش جذب پتاسیم توسط یون سدیم در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است (۸ و ۲۶). ارتباط معکوس بین تجمع سدیم و فتوسنتز نیز توسط یئو و همکاران (۲۴) در گیاه برنج نشان داده شده است. همچنین این محققان نشان دادند که میزان سدیم تابعی از زمان و شدت اعمال شوری است.

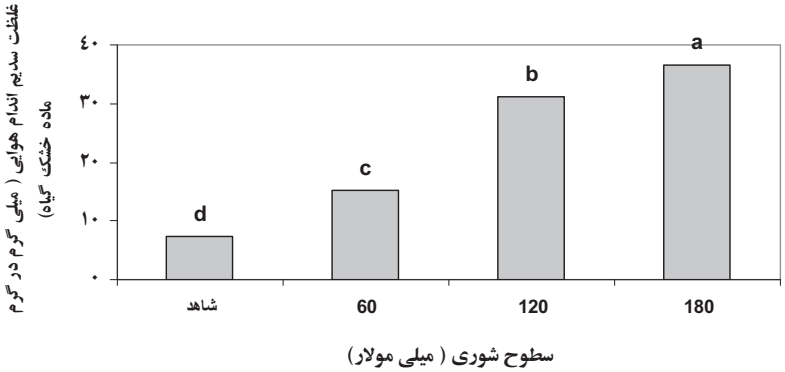
یکی از عوامل مهم تحمل به شوری در گیاهان حفظ و نگهداری خاصیت جذب انتخابی نسبت پتاسیم به سدیم تحت تنش شوری است (۱۱). مارسنر (۱۸) گزارش کرده است چون بخش زیادی از سدیم از طریق غیر فعال بوسیله گیاهان جذب می شود و فرآیند جذب آن متأثر از جریان تعرق می باشد درنتیجه کاهش جذب سدیم می‌تواند ناشی از تاثیر سیلسیوم روی میزان تعرق باشد. جذب سیلسیوم همبستگی مثبت با جذب پتاسیم و همبستگی منفی با جذب سدیم دارد. جذب پتاسیم و انتقال آن یک فرآیند فعال است که نیاز به ATP دارد (۱۸). مکانیزم اثر سیلسیوم بر جذب پتاسیم در گیاه در شرایط تنش شوری ممکن است به علت فعال شدن آنزیم H-ATPase در غشاءسلولی باشد (۱۵).

مقایسه میانگین داده های حاصل از اثر متقابل سیلسیوم و شوری نشان داد سیلسیوم روند نفوذپذیری غشاءسلولی را در شرایط تنش شوری بهبود می دهد (جدول۴).

جدول۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات تأثیر سیلسیوم و شوری بر غلظت عناصر اندام هوایی گیاه دارویی شنبلیله

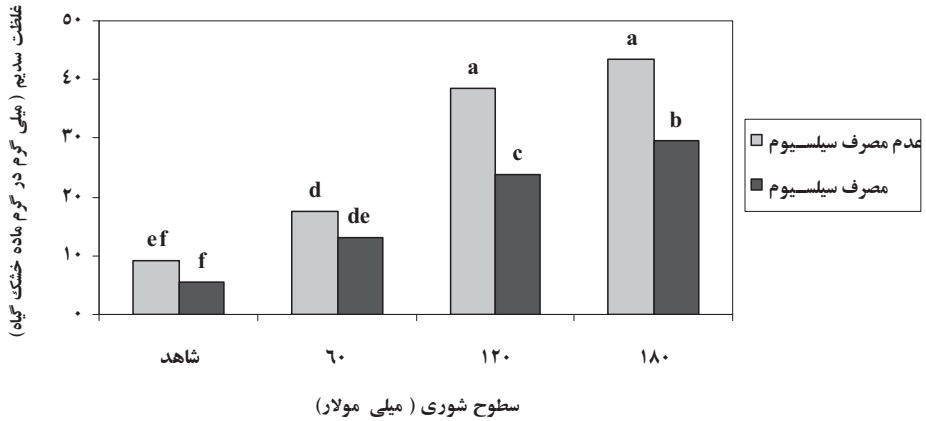
منابع تغییر	درجه آزادی	سدیم بخش هوایی	پتاسیم بخش هوایی
شوری	۳	۱۱۰۶/۵۸۴**	۱۱۳/۶۶۸**
سیلسیوم	۱	۵۰۴/۵۳۳**	۰/۶۰۲ns
شوری × سیلسیوم	۳	۵۳/۶۰۳ns	۳/۰۳۳ns
خطا	۱۶	۳۲/۹۷۰	۲/۴۳۳
کل	۲۳		

ns : عدم تفاوت معنی دار * : تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد ** : تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد



شکل ۲- اثر تنش شوری بر غلظت سدیم اندام هوایی گیاه شنبلیله

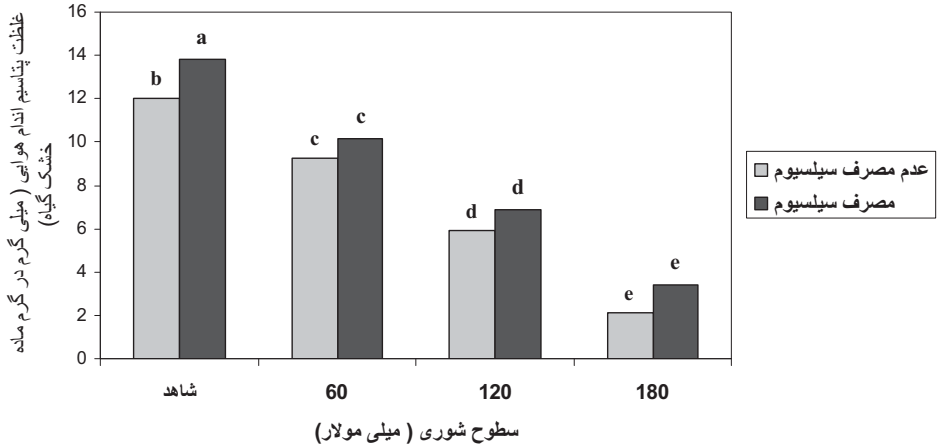
1- *Atriplex nummularia* L.



شکل۳- تأثیر کاربرد سیلسیوم بر غلظت سدیم اندام هوایی گیاه شنبلیله در شرایط تنش شوری

جدول٤- مقایسه میانگین تأثیر کاربرد سیلیس بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک شنبلیله

صفات	عدم کاربرد سیلسیوم	کاربرد سیلسیوم
درصد پایداری غشاء	۶۱/۵ a	۶۵/۷۱ a
غلظت سدیم برگ	۲۷/۱۸ a	۱۸/۰۱ b
غلظت پتاسیم برگ	۷/۷۸ a	۸/۱۰ a



شکل ٤- تأثیر کاربرد سیلسیوم بر غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاه شنبلیله در شرایط تنش شوری

طبق نظر زهیو و همکاران (۲۵) سیلسیوم نفوذپذیری غشاء پلاسمایی را کاهش داده و همچنین پراکسیدشدن غشاءپلاسمایی و سلامت آن را در شرایط شوری حفظ می‌کند و در نتیجه سمیت شوری را کاهش داده و رشد گیاه را بهبود می‌دهد.

زوکارینی (۲۶) گزارش نمود سیلسیوم رشد لوبیا را در شرایط تنش شوری با کاهش میزان نشت الکترولیت در برگ ها بهبود داد. رسوب سیلسیوم در دیواره سلولی در فرم اکسیدسیلسیوم باعث استحکام دیواره سلولی شده و مانع انتقال نمکها به اندام هوایی گیاه درشرایط شوری می‌شود.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشانگر اثرات سودمند کاربرد سیلسیوم بر گیاه شنبلیله در شرایط تنش شوری می باشد. هرچند اثرات سودمند سیلسیوم در شرایط تنش چشمگیرتر به نظر می رسد. کلید این امر کاهش جذب، انتقال و انباشتگی یون سدیم در بافت های حساس

شنبلیله می باشد که نشان دهنده نقش سیلسیوم در پایداری سلول و حفظ انسجام غشاهای زیستی است. از این نظر کاربرد سیلسیوم، خصوصاً زمانیکه گیاه شنبلیله در معرض انواع تنش های مختلف قرار گرفته، مورد توجه است.

منابع

۱- امید بیگی ر. ۱۳۸۳. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم، چاپ سوم انتشارات آستان قدس رضوی. صفحه ۲۷۵.

۲- حجازی ا.، شاهوردی م. و آردفروش ج. ۱۳۸۳. روش های شاخص در تجزیه گیاهی. چاپ اول انتشارات دانشگاه تهران.

۳- علیزاده ا. ۱۳۷۸. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات امام رضا (ع) مشهد.

4- Agurie S., Agara W., Kubota F., and Kaufman P.B. 1992. Physiological role of Silicon in Photosynthesis and dry matter production in rice plants, Crop Science, 61: 200-206.

5- Ahmad R., Zaheer S.H., and Ismail S. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Tritium aestivum* L.),Plant Science ,85: 43 50.

6- Al-Aghabary K., Zhu Z., and Shi Q.H. 2004. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and anti oxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress, Journal of Plant Nutrient, 27: 2101-2115.

7- Bradbury M., and Ahmad R. 1990. The effect of silicon on the growth of *Prosopis julifora* growing in saline soil, Plant Soil, 125: 71-74.

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: 641-664

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 ScientificConference, Pol'ana nad Detvou, Slovakia, September 17 - 20, 2007.

13- Liang Y.C., Shen Q.R., Shen Z.G., and Ma T.S. 1996. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars, Journal Plant Nutrient, 19: 173-183.

14- Liang Y.C., and Ding R.X. 2002. Influence of silicon on micro distribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants, Science China, 45: 298-308.

15- Liang Y.C. 1998. Effects of Si on leaf ultra structure, chlorophyll content and photosynthetic activity in barley under salt stress, Pedosphere, 8: 289-296.

16- Liang Y.C. 1999. Effects of silicon on enzyme activity, and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress, Plant Soil, 209: 217-224.

17- Liang Y., Sun W., Zhu Y.G., and Christie P. 2007. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: Areview, Environmental Pollution, 147: 422- 428.

18- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, Academic Press, 2nd Edition, London, Pp 674.

19- Matoh T., Kairusmee P., and Takahashi E. 1986. Salt- induced damage to rice plants and alleviation effect of silicate, Soil Science Plant Nutrient, 32: 295-304.

20- Murillo B., Yamaguchi S., Rueda E., Avila N., Garcia J.L., Lopez R., Troyo E., and Nieto A. 2007. Influence of Calcium Silicate on Growth, Physiological Parameters and Mineral- Nutrition in Two Legume Species under Salt Stress, Agronomy & Crop Science,193: 413-421.

21- Niknam V., Razavi N., Ebrahimzadeh H., and Sharifizadeh B. 2006. Effect of NaCl on Biomass, Protein and Contents, and antioxidant Enzymes in seedlings and calli of two Trigonella species, Biologia Plant Arum, 50 (4): 591-596.

22- Tester M., and Davenport R. 2003. Na tolerance and Na transport in higher plants, Annals of Botany, 91: 503-527.

23- Yang Y.W., Newton R.J., and Miller F.R. 1990. Salinity tolerance in sorghum I. Whole plant response to sodium chloride in S.bicoloran and S. halepence, Crop Science, 30: 775-781.

24- 24-Yeo A.R., Flowers S.A., Rao G., Welfare K., Senanayake N., and Flowers T.J. 1999. Silicon reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) in saline Conditions and this is a counted for by a reduction in the transpirational bypass flow, Plant Cell Environment, 22: 559-565.

25- Zhu Z.J., Wei G.Q., Li J., Qian Q.Q., and Yu J.Q. 2004. Silicon alleviates salt stress and increas es antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.) ,Plant Science,167: 527-53

26- Zuccarini P. 2008. Effect of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress, Biologia Plantarum, 52(1): 157-160.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 508-514

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۵۱۴-۵۰۸

Effect of Salinity and Silicon Application on Biomass Accumulation, Sodium and Potassium Content of Shoots of Fenugreek (*Trigonella foenum- graceum* L.)

M. Nasseri[1]*- H. Aroiee[2]- S.H. Nemati[3]- M. Kafi [4]

Received: 23-10-2011
Accepted: 3-3-2012

Abstract

In order to study the effect of salinity and silicon application on biomass of shoots and root of fenugreek (*Trigonella foenum- graceum* L.), a greenhouse experiment was conducted at Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad using completely randomized desgin with ten replications. Employed two factors consisted of four levels of salinity using NaCl (0.0, 60, 120 and 180 mM) and two levels of silicon (0.0 and 1.5 mM sodium silicate). Shoot and fruit and root biomass and K content in shoots significantly decreased with increasing salinity, while Na content significantly increased with increasing salinity. Application of silicon imposed a positive effect on preventing high accumulation of Na and increased K content in shoots.

Keywords: Salt stress, Cell membrane stability

1,2,3- PhD Student and Assistant Professors, Departement of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*-Corresponding Author Email: mahboobeh_naseri@yahoo.com)
4- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad