

تأثیر سیلیس در کاهش اثرات تنش شوری در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)

- حسین آرویی، عضو هیئت علمی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
- محبوبه ناصری، دانشجوی دکتری علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)
- سید حسین نعمتی، عضو هیئت علمی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
- محمد کافی، عضو هیئت علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۹۱
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۳۵۴۶۱۸۹۵۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول: Mahboobeh_Naseri@yahoo.com

چکیده:

به منظور بررسی تأثیر کاربرد سیلیکات سدیم بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ده تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح شوری آب آبیاری (۱۸۰، ۱۲۰، ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم و شاهد) و دو سطح سیلیس (شاهد یا عدم مصرف و کاربرد سیلیکات سدیم با غلظت ۱/۵ میلی مولار) بودند. صفات اندازه گیری شده شامل طول ساقه، تعداد برگ، تعداد انشعاب، تعداد گره، فاصله میانگره، سطح سبز، شاخص کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک میوه، وزن هزار دانه، میزان کلروفیل a و b، محتوای آب نسبی برگ (RWC)، پایداری غشاء سلولی و پارامترهای کلروفیل فلورسانس بودند. نتایج نشان داد که شوری اثر کاهنده معنی داری بر روی شاخص‌های رشد و نمو گیاه داشت. کاربرد سیلیس باعث افزایش ۱۱، ۹ و ۸ درصدی کلروفیل a در غلظت های ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی مولار شوری نسبت به گیاهان شاهد شد. همچنین سیلیس باعث افزایش ۱۶ و ۱۹ درصدی وزن خشک اندام هوایی به ترتیب در غلظت های ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم نسبت به گیاهان شاهد شد. به طور کلی استفاده از سیلیکات سدیم موجب بهبود صفات رشدی شنبلیله نسبت به عدم مصرف آن در شرایط شوری شد.

کلمات کلیدی: پایداری غشاء سلولی، شنبلیله، کلروفیل فلورسانس، محتوای آب نسبی برگ

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:104 pp: 165-172

Effects of Silicon on Salinity tolerance in fenugreek(*Trigonella foenum- graecum* L.)

By:

- H. Arouiee, Scientific Staff of Ferdowsi University
- M. Nasseri, (Corresponding Author; Tel: 09354618953), Ph.D. student of Ferdowsi University
- H. Neamati, Scientific Staff of Ferdowsi University
- M. Kafi, Scientific Staff of Ferdowsi University

Received: May 2012

Accepted: December 2012

In order to study the effects of sodium silicate on some traits of quality and quantity of Fenugreek plant (*Trigonella foenum- graecum* L.) under salinity condition a greenhouse trial was arranged in factorial experiment based on completely randomized design with ten replications at 2009 in the faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Experimental treatments were included four levels of salinity (0, 60, 120, 180 mM Sodium chloride) and two levels of silicate (control or non-use and sodium silicate concentration 1/5 mM). Growth parameters such as plant height leaf number, number of branch and node, shoot, fruit and root dry weight, chlorophyll index, RWC, chlorophyll content and chlorophyll fluorescence parameters were measured. The result showed that salinity reduced all growth variables but silicate supplementation however partly overcomes this growth reduction. Application of sodium silicate leads to improved green surface, chlorophyll index and chlorophyll content. In general, application of sodium silicate improved growth variables under salt stress conditions.

key Words: Cell membrane stability, Fenugreek, chlorophyll fluorescence, Relative water content

پروتئین و متابولیسم چربی و انرژی تحت تأثیر واقع می شوند. شوری بر روی خصوصیات فیزیولوژی، مورفولوژی، آناتومی، ترکیبات شیمیایی، میزان آب بافت گیاهان موثر می باشد. میزان این تأثیر به نوع گیاه، ترکیب املاح، بافت خاک و حتی روش آبیاری بستگی دارد. اگر چه اصلاح خاک از طریق آبیاری و زهکشی برای مقابله با شوری خاک بکار برده می شوند، اما این روشها معمولاً مقرون به صرفه یا عملی نیستند و راهکارهای دیگری بایستی توسعه یافته و بکار برده شوند. یکی از راههای کاهش اثرات تنش شوری استفاده از موادی است که توانایی تعدیل اثرات مخرب شوری را دارا می باشند. از جمله مواد مطرح در این زمینه سیلیس می باشد. سیلیس دومین عنصر فراوان هم در پوسته زمین و هم در خاکها می باشد، با این وجود هنوز در فهرست عناصر ضروری برای گیاهان قرار نگرفته است (Liang, et al., 2007). سیلیس موجود در خاک از اسید سیلیسیک در محلول 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. اگر چه سیلیس بعنوان یک عنصر ضروری در تغذیه گیاهان عالی مورد توجه قرار نگرفته است، اما ثابت شده است جهت رشد و نمو سالم بسیاری از گونه های گیاهی، بخصوص گیاهان گرامینه مفید است. مطالعات متعدد نشان می دهد که این عنصر اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد گیاه دارد (سیدلر فاطمی و همکاران، ۱۳۸۸). گزارش های متعددی از کاهش اثرات تنش های متعدد از جمله سمیت فلزات سنگین، خشکی و شوری با تغذیه سیلیس مناسب وجود دارد. پیوست و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کرده اند که کاربرد سیلیس باعث بهبود تحمل به تنش شوری

مقدمه

رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا توسط تنشهای محیطی زنده و غیر زنده متعدد محدود می گردد. در بین تنشهای غیر زنده وارده به گیاهان، تنشهای کمبود آب، شوری و دما در سطح گسترده می باشند. شور شدن آب و خاک یکی از مهمترین عوامل محیطی محدود کننده برای تولید محصول به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک جهان می باشد. تنش شوری مهمترین تنش غیر زیستی برای گیاهان است، زیرا علاوه بر کاهش محصول، باعث کاهش میزان آب شیرین و زمین های قابل استفاده برای کشاورزی می شود. شوری پتانسیل آب محیط ریشه را کاهش داده و کم شدن توان جذب آب را سبب می شود. به علاوه با افزایش شوری در محیط ریشه جذب و انتقال یون های سمی به بافتهای گیاهی افزایش می یابد که کاهش جذب عناصر ضروری، به هم خوردن توازن یونی و سمیت ناشی از انباشتگی یونهای سدیم و کلر را به دنبال دارد (بندانی و عبدل زاده، ۱۳۸۵)

شنبليله (*Trigonella foenum- graecum* L.) گیاهی از تیره نخود است. مواد موثره این گیاه کاهش دهنده قند خون، ضد التهاب و نرم کننده است. در فارما کوپه های معتبر از دانه های شنبليله به عنوان دارو یاد شده است و خواص درمانی آن مورد تأکید قرار گرفته است در صنایع دارویی از مواد موثره دانه های این گیاه هورمونهای جنسی، کورتیکو استروئیدها، ویتامین د و گلیکوزیدهای قلبی تهیه می شود (امید بیگی، ۱۳۸۳). در آغاز پیشرفت تنش شوری در درون گیاه، تمامی فرایندهای عمده از قبیل فتوسنتز، سنتز

درصد خسارت - ۱ = درصد پایداری غشاء
مقدار کلروفیل a و b در نمونه های برگ بر مبنای روش طیف سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه گیری شد. برای این منظور ۲ نمونه از برگهای کاملاً توسعه یافته و جوان هر تکرار در پایان مرحله گلدهی تهیه و به سرعت به آزمایشگاه منتقل شدند. از هر نمونه برگ ۵۰ میلی گرم توزین شد و در ۱۰ میلی لیتر اتانول ۹۸٪ قرار داده شدند. نمونه ها در سرعت ۱۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ و مقدار کلروفیل a در طیف جذبی ۶۶۶ نانومتر و مقدار کلروفیل b در ۶۵۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت و به کمک فرمول لیچن تالر و ولبرن بر اساس میلی گرم کلروفیل در گرم برگ تر محاسبه شدند.
بر مبنای معادلات ۲ و ۳:

$$\text{Chl.a (mg ml}^{-1}\text{)} = 15.65(A_{666}) - 7.340(A_{653})$$

$$\text{Ch.b (mg ml}^{-1}\text{)} = 27.05(A_{653}) - 11.21(A_{666})$$

A میزان جذب در طول موج مورد نظر می باشد.

ارزیابی مقدار خسارت وارد شده به سیستم فتوسنتزی گیاه از طریق اندازه گیری پارامترهای مختلف فلورسانس از کلروفیل شامل: F0 (حداقل فلورسانس در زمانی که مراکز واکنش فتوسیستم II باز هستند، Fm (حداکثر فلورسانس از کلروفیل در زمانی که مراکز واکنش فتوسیستم II بسته هستند)، Fv (تغییرات فلورسانس) و Fv/Fm (کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II) با استفاده از دستگاه فلورومتر انجام شد. تنش های محیطی از جمله تنش شوری باعث کاهش حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II می شوند. از اینرو مقدار کاهش عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) و یا ثابت تغییرات فلورسانس (Fv = Fm - F0) در بازه زمانی به عنوان معیاری از درجه تحمل و مقاومت به تنش مورد استفاده قرار می گیرد.

پارامترهای اندازه گیری شده شامل موارد ذیل بودند:

فلورسانس کمینه: F0

فلورسانس بیشینه: Fm

بیشینه پتانسیل کارایی کوانتومی فتوسیستم II: $Fv/Fm = (Fm - F0)/Fm$
پس از رسیدن میوه های شنبلیله یعنی ۱۱۰ روز پس از کاشت گیاهان برداشت شدند. پس از برداشت گیاهان به داخل آزمایشگاه منتقل شدند. صفات کمی مانند طول ساقه، فاصله میانگره و وزن خشک ریشه، اندام هوایی و میوه اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری وزن خشک، نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت. آنالیز واریانس داده ها برای سطوح مختلف فاکتورها در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار Mstat-C برآورد شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. نمودارها نیز با کمک برنامه Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط کشت تأثیر معنی داری بر خصوصیات رشد و نمو گیاه داشت.

نتایج نشان داد شوری بر روی صفات طول ساقه و فاصله میانگره اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد دارد. کمترین میزان طول ساقه و فاصله میانگره در تیمار ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم به میزان به ترتیب ۵/۷۹۰ و ۱/۰۶ سانتیمتر مشاهده شد (جدول ۲).

در گیاه کاهوپچ می شود. نتایج مشابهی نیز در گیاه گندم برای کاربرد سیلیس در شرایط تنش شوری گزارش شده است (Liang, et al., 2007). سیلیس در القای کاهش میزان تعرق و ممانعت از مسیره های فرعی تعرق شرکت می کند. افزایش جذب و انتقال K⁺ و کاهش جذب و انتقال Na⁺ از ریشه به اندام های هوایی جو از طریق تحریک القای سیلیس در H⁺ ATPase غشا پلاسمایی ریشه تحت تنش شوری انجام می گیرد (Liang, et al., 2007). اضافه کردن سیلیس نفوذپذیری غشا پلاسمایی سلول های برگ را کاهش می دهد و بطور معنی داری ساختار فوقانی کلروپلاست ها را که خسارت زیادی در اثر NaCl اضافی با ناپدید شدن غشا دو لایه و فرو ریختن گران در غیاب سیلیس را بهبود می بخشد (Liang, et al., 2007). سیلیس سیستم آنتی اکسیدانسی در گیاهان را تحریک کرده، یون های فلزات سمی را با خود ترکیب یا رسوب می دهد در فرآیند های جذب تأثیرگذار است و جایگذاری یونهای فلزی درون گیاه را انجام می دهد. با توجه به اینکه در حال حاضر تنش شوری مهمترین تنش غیر زیستی بوده این پژوهش با هدف ارزیابی اثر تغذیه با سیلیس در افزایش مقاومت به شوری گیاه شنبلیله انجام شد.

مواد و روشها

این مطالعه در سال ۸۹-۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. طرح آزمایشی کاملاً تصادفی و در قالب فاکتوریل بود. فاکتور اول شوری در ۴ سطح (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم) و فاکتور دوم سیلیس بصورت سیلیکات سدیم در دو سطح (۵، ۱۰ میلی مولار) همراه ۱۰ تکرار بود. در این آزمایش از بذر گیاه شنبلیله استفاده گردید. جهت ضد عفونی بذور از محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت دو دقیقه استفاده شد و بلافاصله بعد از آن بذور با آب مقطر شسته شدند سپس بذرها در گلدان های پلاستیکی به ابعاد ۳۰×۴۰ و به عمق ۲۵ سانتی متر که محتوی پیت، شن و پرلیت به نسبت ۱:۱:۱ بودند کشت شدند. از مرحله ۴ برگی تیمارهای شوری اعمال شدند. تیمارهای شوری به صورت تدریجی (روزانه ۳۰ میلی مولار کلرید سدیم) اعمال گردید. جهت جلوگیری از تجمع نمک، گلدان ها هفته ای یکبار با آب فراوان آبیاری گردیدند. بعد از رشد گیاهان و در مرحله گلدهی شاخص کلروفیل سنج با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج (SPAD 502, Minolta, Japan) و در برگهای توسعه یافته اندازه گیری شد. برای تعیین پایداری غشای سیتوپلاسمی از روش اندازه گیری نشت الکترولیتی استفاده شد. برای این کار تعداد ۱ برگ از هر گلدان انتخاب و در ویال های حاوی آب دوبار تقطیر شده قرار می گیرند. سپس نمونه ها روی شیکر قرار گرفته و بعد از ۲۴ ساعت نشت الکترولیتی با استفاده از دستگاه EC متر اندازه گیری (EC_۱) شد. به منظور اندازه گیری میزان کل نشت الکترولیتی ها در اثر مرگ سلول، ویال ها به مدت نیم ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد اتوکلاو قرار داده شد. سپس نمونه ها به محیط آزمایشگاه منتقل شده و بعد از رسیدن دمای نمونه ها به دمای محیط، دوباره نشت الکترولیتی های نمونه ها اندازه گیری شد (EC_۲).

$$\text{درصد خسارت} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100 = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$$

T1 و T2، به ترتیب EC نمونه تیمار قبل و بعد از اتوکلاو و C1 و C2، به ترتیب EC نمونه شاهد قبل و بعد از اتوکلاو می باشد.

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات تأثیر شوری و سیلیس بر خصوصیات مورفولوژیک شنبليله

صفات	خطا	اثر متقابل	شوری	سیلیس
طول ساقه	۶/۶۹	۳/۳۵۲ ^{ns}	۳۲/۸۵۶ ^{**}	۲۳/۷۶۲ ^{ns}
فاصله میانگره	۰/۱۰۵	۰/۰۶۸ ^{ns}	۲/۴۸ ^{**}	۰/۳۷۸ ^{ns}
تعداد گره	۱/۴۷۲	۰/۸۸۳ ^{ns}	۴/۰۱۷ [*]	۴/۰۵ ^{ns}
تعداد برگ	۷۶۳/۶۰۱	۱۷/۶۴۱ ^{ns}	۴۰۶۲/۴۰۷ ^{**}	۷۶۳/۶۰۱ ^{ns}
تعداد انشعاب	۰/۹۵۶	۰/۹۳۳ ^{ns}	۶/۱۸۳ ^{**}	۱/۸۰ ^{ns}
سطح سبز	۱۳۷۵/۶	۳۱۴/۹۱۳ ^{ns}	۱۷۶۴۷/۷۴ ^{**}	۱۲۸۸/۰۱ ^{ns}
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 : no significant (عدم تفاوت معنی دار)

* : تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

** : تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد

و کاربرد سیلیس حاکی از افزایش تعداد گره در هر بوته با کاربرد سیلیس در همه سطوح شوری بود. بطوریکه کاربرد سیلیس در تیمارهای شاهد، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم به ترتیب باعث افزایش تعداد گره به میزان ۰/۷، ۰/۲ و ۰/۹ شد (جدول ۳).

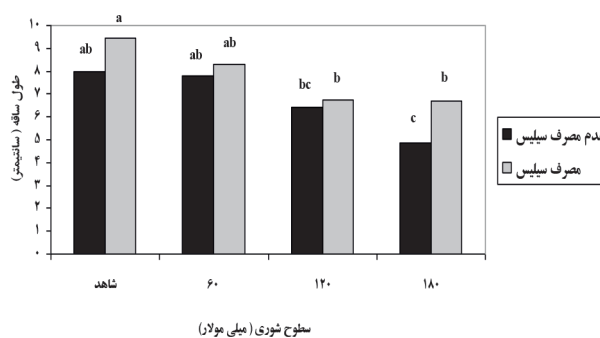
بیشترین میزان سطح سبز گیاه (۱۳۷ سانتیمتر مربع) در تیمار شاهد بدست آمد. در واقع با افزایش غلظت کلرید سدیم سطح سبز کاهش یافت (جدول ۲). تحقیقات نشان داده است که افزایش غلظت نمک منجر به اختلال در فرآیند فتوسنتز می شود و به دنبال آن رشد اندام هوایی کاهش می یابد (سرمدنیا و همکاران، ۱۳۷۸).

در این آزمایش سیلیس باعث افزایش سطح سبز گیاه در همه سطوح شوری شد (جدول ۳). تحقیقات بر روی گیاه لوبیا نشان داده است که بکارگیری سیلیس در شرایط شوری ۳۰ و ۶۰ میلی مولار باعث افزایش درصد سطح برگ این گیاه می شود. بطوریکه با کاربرد ۱/۵ میلی مولار سیلیس درصد سطح برگ گیاه از ۷۰٪ و ۴۵٪ در شوری ۳۰ و ۶۰ میلی مولار به ترتیب به ۸۷٪ و ۶۱٪ می رسد (Zuccarini, 2008). سیلیس با کاهش تعرق گیاه و یا رسوب در زیر سلولهای اپیدرم برگ و ساقه باعث کاهش اتلاف آب از کوتیکول می شود. در نتیجه باعث حفظ و نگهداری آب در سلول و افزایش فشار تورژسانس می شود و باعث افزایش سطح سبز گیاه می شود. رسوب کریستالهای سیلیکات در سلولهای اپیدرمی مانعی را برای کاهش آب از کوتیکولها ایجاد می کند (Liang, et al., 2007).

مقایسه میانگین داده ها (جدول ۲) نشان می دهد با افزایش شوری، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و میوه شنبليله کاهش یافت، به طوریکه بیشترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی، میوه و ریشه در تیمار شاهد و کمترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی، میوه و ریشه در تیمار ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم بود. کاهش رشد، سریعترین پاسخ گیاه به تنش شوری است (سیدلفاطمی و همکاران، ۱۳۸۸).

وجود سیلیس در بستر کشت گیاهان شنبليله و در شرایط تیمارهای شوری و بدون شوری باعث افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی، میوه و ریشه گیاهان به طور معنی داری شد (جدول ۳).

تنش شوری از طریق سمیت یونها و تنش اسمزی باعث کاهش رشد گیاهان می شود که معمولاً بصورت کاهش در طول، سطح و یا حجم اندام های مختلف گیاه، کاهش در تجمع ماده خشک و یا افت سرعت رشد نسبی گیاه مشاهده می شود. مصرف سیلیس باعث افزایش ۰/۱۴ و ۱/۰۵ سانتیمتری به ترتیب در طول ساقه و فاصله میانگره نسبت به گیاهان شاهد بدون مصرف سیلیس، شد (جدول ۳). در همه سطوح شوری مورد مطالعه، سیلیس باعث افزایش طول ساقه و فاصله میانگره شد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر کاربرد سیلیس بر طول ساقه شنبليله در شرایط تنش شوری

تعامل بین یونهای سدیم و سیلیس آزاد ترکیبی را ممکن است ایجاد کند که انتقال سدیم را به قسمتهای هوایی گیاه کاهش می دهد (Liang, et al., 2007). از طرف دیگر ممکن است سیلیس باعث افزایش جذب K⁺ در شرایط تنش شوری و مانع جذب سدیم شده، بنابراین سمیت شوری را در گیاه کاهش می دهد و باعث بهبود رشد گیاه در شرایط شوری می شود (Liang, et al., 2007).

شوری باعث کاهش تعداد گره در هر بوته شد. بطوریکه بیشترین تعداد گره در تیمار شاهد (۶/۵۵) و کمترین تعداد گره (۵/۵۵) در تیمار ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم حاصل شد (جدول ۲). شوری میزان انرژی لازم برای حفظ حالت طبیعی گیاه را افزایش داده و در نتیجه انرژی کمتری برای نیازهای رشدی گیاه باقی می ماند. میانگین های مربوط به اثر متقابل شوری

جدول ۲ مقایسه میانگین های تأثیر سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی شنبليله

غلظت شوری (میلی مولار)	طول ساقه (سانتیمتر)	فاصله میانگره (سانتیمتر)	تعداد گره	تعداد برگ	تعداد انشعاب	سطح سبز (سانتیمتر مربع)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	وزن خشک میوه (گرم در بوته)	وزن هزار دانه (گرم)
۰	۸/۷۴ ± ۰/۸۲ a	۱/۸ ± ۰/۱ a	۶/۵۵ ± ۰/۳۸ a	۱۴۲/۱ ± ۸/۷ a	۵/۲۵ ± ۰/۳ a	۱۳۷ ± ۱۱/۷ a	۲/۵۵ ± ۰/۴ a	۱/۳۰ ± ۰/۱۷ a	۰/۸۷ ± ۰/۱۲ a	۹/۵۳ ± ۰/۳۸ a
۶۰	۸/۰۴ ± ۰/۸۲ ab	۱/۴ ± ۰/۱ b	۶/۴۰ ± ۰/۳۸ a	۷۴/۸ ± ۸/۷ b	۴/۴۵ ± ۰/۳ b	۱۳۴ ± ۱۱/۷ a	۱/۶۱ ± ۰/۴ b	۱/۰ ± ۰/۱۷ ab	۰/۸۰ ± ۰/۱۲ a	۸/۷۲ ± ۰/۳۸ b
۱۲۰	۶/۵۹ ± ۰/۸۲ bc	۱/۲ ± ۰/۱ c	۶/۰ ± ۰/۳۸ ab	۶۲/۵ ± ۸/۷ b	۴/۲۵ ± ۰/۳ b	۸۸/۶ ± ۱۱/۷ b	۱/۲۸ ± ۰/۴ b	۰/۸ ± ۰/۱۷ b	۰/۵۷ ± ۰/۱۲ bc	۶/۹۲ ± ۰/۳۸ c
۱۸۰	۵/۷۹ ± ۰/۸۲ c	۱/۰ ± ۰/۱ c	۵/۵۵ ± ۰/۳۸ b	۳۶/۲ ± ۸/۷ c	۳/۹۵ ± ۰/۳ b	۸۰/۳ ± ۱۱/۷ b	۱/۲۰ ± ۰/۴ b	۰/۷ ± ۰/۱۷ b	۰/۴۸ ± ۰/۱۲ c	۵/۵۵ ± ۰/۳۸ d

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

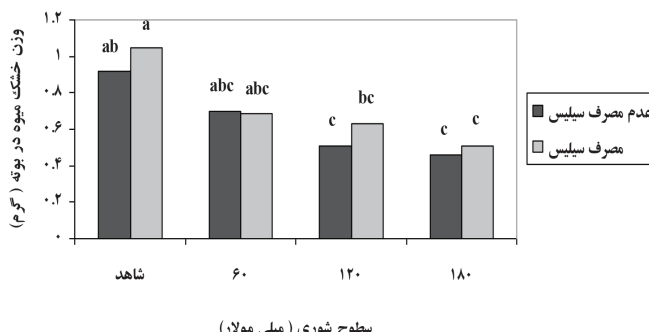
شوری باعث کاهش اثر سمیت شوری شده و رشد گیاه را بهبود می دهد (Zhu et al, 2004).

بیشترین (۵۰/۹) و کمترین (۶۱/۴) شاخص کلروفیل به ترتیب در تیمارهای شاهد و ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم حاصل شد (جدول ۵). مطالعات صورت گرفته در برخی گیاهان نشان داده است که شوری تا دامنه مشخصی باعث افزایش میزان کلروفیل برگ به دلیل مکانیسم های تحمل به تنش از قبیل کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت برگ که نتیجه آن افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ است، می شود. لیکن با افزایش بیش از اندازه شوری و اثرات سوء آن بر ساختار کلروفیل و در نتیجه تخریب کلروپلاستها میزان کلروفیل کاهش می یابد. مقایسه میانگین داده های حاصل از اثر متقابل شوری و سیلیس حاکی از افزایش شاخص کلروفیل در همه سطوح شوری با کاربرد سیلیس بود بطوریکه بیشترین شاخص کلروفیل (۶۴/۶) از تیمار شاهد همراه با سیلیس حاصل شد که نسبت به شاهد ۶/۴۴ افزایش نشان داد و کاربرد سیلیس در همه سطوح شوری به ترتیب به میزان ۴/۴، ۳/۵۴ و ۴/۲۱ باعث افزایش شاخص کلروفیل شد (جدول ۶).

گزارش شده که سیلیس استحکام برگها را افزایش و پیری برگ را به تأخیر انداخته و میزان کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو و سرعت فتوسنتز را افزایش می دهد (Liang, et al., 2007).

همچنین افزایش میزان کلروفیل a, b و نسبت کلروفیل a به b در تیمارهای شوری با کاربرد ۱/۵ میلی مولار سیلیس مشاهده شد (جدول ۶). بطوریکه بیشترین مقدار کلروفیل a, b در تیمار گیاهان شاهد با مصرف سیلیس به ترتیب به میزان ۵/۲۱ و ۷/۵۳ میلی گرم در گرم ماده خشک برگ حاصل شد که نسبت به گیاهان شاهد بدون مصرف سیلیس ۱/۲۶ و ۲/۰۷ میلی گرم افزایش نشان داد و با کاربرد سیلیس در بقیه سطوح شوری (۱۸۰، ۱۲۰ و ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم) میزان کلروفیل a به ترتیب ۰/۳۵۳، ۰/۷۹ و ۰/۸۹ میلی گرم و میزان کلروفیل b، 09/1، 354/0 و ۱ میلی گرم در گرم ماده خشک افزایش یافت (جدول ۶). کاربرد سیلیس در محیط رشد گیاه باعث کاهش نفوذپذیری غشاء پلاسمایی سلولهای برگ شده و ساختار کلروپلاست ها را که آسیب زیادی در اثر سمیت کلرید سدیم (ناپدید شدن غشاء دو لایه و فروریختن گرانا) دیدند، بهبود می بخشد. یعنی سیلیس روی ساختار و کارکرد غشای پلاسمایی موثر است (Zhu et al., 2004). نتایج این آزمایش با یافته های (et al Levent Tuna (2008) که تأثیر کاربرد سیلیس را بر دو رقم گندم در شرایط شوری بررسی کرده اند مطابقت داشت.

این یافته ها با نتایج آزمایش et al Gong (۲۰۰۵) که افزایش در وزن تر و خشک گیاه جو در شرایط بدون شوری با کاربرد سیلیس مشاهده کرده اند، مطابقت دارد. مکانیزم احتمالی برای رشد بهتر محصول در حضور سیلیس در شرایط شوری ممکن است به علت افزایش کارایی مصرف آب و بهبود محتوای رطوبت نسبی گیاه در حضور سیلیس باشد (پیوست و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۲: اثر کاربرد سیلیس بر میزان وزن خشک میوه شنبليله در شرایط تنش شوری

et al Savvas (۲۰۰۹) افزایش عملکرد و تعداد میوه در هر بوته گیاه کدوی زوشینی در شرایط تنش شوری با کاربرد ۱ میلی مولار سیلیس در محلول غذایی مشاهده کرده اند. آنها بیان نموده اند که بخشی از این بهبود رشد و عملکرد در شرایط تنش شوری مربوط به تأثیر سیلیس بر فتوسنتز می باشد.

پایداری غشاء سلولی در گیاهان شنبليله تحت تأثیر تنش شوری تفاوت معنی داری ($P < 0.05$) نشان داد. (جدول ۴) و با افزایش غلظت کلرید سدیم میزان پایداری غشاء سلولی کاهش یافت. این مقدار برای تیمارهای شاهد، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم به ترتیب برابر ۶۷/۴۹، ۶۱/۳۲، ۶۲/۲۲، ۵۵/۲۴ بود (جدول ۵). اما با کاربرد سیلیس در شرایط بدون تنش و با تنش شوری پایداری غشاء افزایش یافت بطوریکه بیشترین میزان پایداری غشاء در تیمار شاهد همراه با سیلیس یعنی برابر ۷۱/۳۹ بود و در غلظتهای بعدی کلرید سدیم همراه با سیلیس، پایداری غشاء به ترتیب برابر ۶۵/۵، ۶۳/۳۴، ۶۲/۶۱ بود که این افزایش پایداری غشاء سلولی با کاربرد سیلیس از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول ۶). نتایج بدست آمده از اندازه گیری پایداری غشاء سلولی تحت شرایط تنش شوری نشان می دهد که سیلیس ممکن است بوسیله کاهش در نفوذپذیری غشاء سلولی و همچنین ممانعت از پراکسید شدن غشاء پلاسمایی و پایداری آن در شرایط تنش

مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد بیشترین و کمترین میزان درصد رطوبت نسبی ۵۵ و ۶۶/۵ درصد به ترتیب در تیمار شاهد با مصرف سیلیس و شوری ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم بود (جدول ۵). در واقع کاربرد سیلیس باعث بهبود وضعیت آب گیاه می شود و رطوبت نسبی برگ را افزایش می دهد (شکل ۵). نتایج سایر محققان حاکی از کاهش میزان نسبی آب برگ در گیاهان مختلف در شرایط تنش شوری است (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۰؛ عابدی و نیریزی، ۱۳۸۱). در شرایط تنش شوری، گیاه برای حفظ توان اسمزی جهت جذب آب به تجمع نمک یا سنتز ترکیبات آلی مثل قندها و اسیدهای آمینه می پردازد

آنها افزایش میزان کلروفیل a، b و نسبت کلروفیل a به b را در گیاهان گندم تحت شرایط شوری با کاربرد سیلیس مشاهده کرده اند. بیشترین میزان درصد رطوبت نسبی برگ (۶۵/۰۹ درصد) در گیاهان تیمار شاهد مشاهده شد. کمترین مقدار این صفت (۵۶/۹ درصد) در تیمار ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم بود (جدول ۵). کاهش محتوای رطوبت نسبی در نتیجه کاهش دسترسی به آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک است. در واقع با افزایش سطح شوری میزان رطوبت نسبی در برگ کاهش یافت، این کاهش در ابتدا به علت بسته شدن روزنه ها و کاهش فتوسنتز با افزایش شوری به دلیل توقف انتقال الکترون و ممانعت نوری در چرخه فتوسنتز می باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سیلیس بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی شبلیله

غلظت شوری (میلی مولار)	سیلیس (میلی مولار)	فاصله میانگره (سانتیمتر)	تعداد گره	تعداد برگ	تعداد انشعاب	سطح سبز (سانتیمتر مربع)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	وزن هزار دانه (گرم)
۰	۰	۱/۷۹ ± ۰/۱۵ ab	۶/۱ ± ۰/۵۴ ab	۱۳۹ ± ۱۲/۳ a	۵/۳ ± ۰/۴۴ a	۱۳۱ ± ۱۶/۶ a	۲/۱۱ ± ۰/۵۵ ab	۱/۰۷ ± ۰/۲۴ ab	۹/۴۳ ± ۰/۵۴ a
۱/۵	۱/۵	۱/۹۷ ± ۰/۱۵ a	۷ ± ۰/۵۴ a	۱۴۵ ± ۱۲/۳ a	۵/۲ ± ۰/۴۴ ab	۱۴۲ ± ۱۶/۶ a	۳ ± ۰/۵۵ a	۱/۵۴ ± ۰/۲۴ a	۹/۶۴ ± ۰/۵۴ a
۶۰	۰	۱/۴۸ ± ۰/۱۵ b	۶/۳ ± ۰/۵۴ ab	۷۰/۷ ± ۱۲/۳ b	۴/۳ ± ۰/۴۴ bc	۱۳۰ ± ۱۶/۶ a	۱/۷۲ ± ۰/۵۵ b	۰/۹۴ ± ۰/۲۴ b	۸/۶۸ ± ۰/۵۴ a
۱/۵	۱/۵	۱/۴۵ ± ۰/۱۵ b	۶/۵ ± ۰/۵۴ a	۷۹ ± ۱۲/۳ b	۴/۶ ± ۰/۴۴ abc	۱۳۷ ± ۱۶/۶ a	۱/۵ ± ۰/۵۵ b	۱/۰۶ ± ۰/۲۴ ab	۸/۷۶ ± ۰/۵۴ a
۱۲۰	۰	۱/۱۷ ± ۰/۱۵ bc	۶ ± ۰/۵۴ ab	۶۰/۷ ± ۱۲/۳ bc	۳/۸ ± ۰/۴۴ c	۹۰ ± ۱۶/۶ b	۱/۱۷ ± ۰/۵۵ b	۰/۷۶ ± ۰/۲۴ b	۶/۸۴ ± ۰/۵۴ a
۱/۵	۱/۵	۱/۳۳ ± ۰/۱۵ b	۶ ± ۰/۵۴ ab	۶۴/۴ ± ۱۲/۳ bc	۴/۷ ± ۰/۴۴ abc	۸۸ ± ۱۶/۶ b	۱/۴ ± ۰/۵۵ b	۰/۹۷ ± ۰/۲۴ b	۶/۹۹ ± ۰/۵۴ a
۱۸۰	۰	۰/۹۴ ± ۰/۱۵ c	۵/۲ ± ۰/۵۴ b	۳۳ ± ۱۲/۳ d	۳/۹ ± ۰/۴۴ c	۷۲ ± ۱۶/۶ b	۱/۰۷ ± ۰/۵۵ b	۰/۶۴ ± ۰/۲۴ b	۵/۴۲ ± ۰/۵۴ a
۱/۵	۱/۵	۱/۱۸ ± ۰/۱۵ bc	۵/۹ ± ۰/۵۴ ab	۳۳/۵ ± ۱۲/۳ cd	۴ ± ۰/۴۴ c	۸۸ ± ۱۶/۶ b	۱/۳۲ ± ۰/۵۵ b	۰/۶۵ ± ۰/۲۴ b	۵/۶۸ ± ۰/۵۴ a

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

جدول ۴: تجزیه واریانس میانگین مربعات تأثیر سیلیس و شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی شبلیله

صفات	خطا	اثر متقابل	شوری	سیلیس
کلروفیل a	۱/۷۱۵	۱/۳۲۲ ^{ns}	۱۹/۷۵۳ ^{**}	۱۰/۸۳۵ ^{**}
کلروفیل b	۱/۳۲۳	۰/۰۸۲ ^{ns}	۱۱/۸۶۹ ^{**}	۵/۴۲۳ [*]
نسبت کلروفیل a/b	۰/۲۰۵	۰/۱۲۸ ^{ns}	۰/۱۰۶ [*]	۰/۵۸۴ ^{ns}
محتوای رطوبت نسبی	۳۹/۱۸۳	۳۹/۷۲۱ ^{ns}	۲۷۲/۷۴۲ ^{**}	۱۶/۴۱۳ ^{ns}
پایداری غشاء سلولی	۱۳۱/۰۶	۳۲/۵۵۳ ^{ns}	۳۷۷/۹۳۲ [*]	۳۴۳/۴۵۱ ^{ns}
شاخص کلروفیل	۲۶/۶۶	۷/۷۴۷ ^{ns}	۴۲۹/۳۲۹ ^{**}	۴۳۲/۹۱۵ ^{**}
F0	۲۲۵۹/۲۴	۱۳۸۴/۶ ^{ns}	۱۴۳۳۷/۱ ^{**}	۳۲۸۹/۶ ^{ns}
Fm	۳۱۱۹۷/۶۷	۹۷۵۳۰/۰۳ [*]	۱۱۱۲۲۲۸/۶ ^{**}	۱۴۷۹۲۰ [*]
Fv	۲۱۲۶۷/۹	۸۷۳۱۲/۰۴ ^{**}	۸۷۵۵۳۰/۵ ^{**}	۱۹۵۳۲۷/۶۱ ^{**}
Fv/Fm	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸ ^{**}	۰/۳۴ ^{**}	۰/۰۲۶ ^{**}
درجه آزادی	۷۲	۳	۳	۱

ns: no significant (عدم تفاوت معنی دار)

*: تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

** : تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد

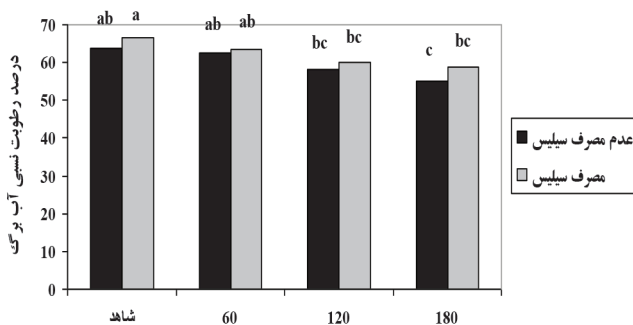
جدول ۵: مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه دارویی شنبلیله

غلظت شوری (میلی مولار)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم برگ تازه)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم برگ تازه)	نسبت کلروفیل a/b	درصد رطوبت نسبی برگ	درصد پایداری غشاء	شاخص کلروفیل
۰	۶/۷۹ ± ۰/۴۱ a	۴/۸۵ ± ۰/۳۶ a	۱/۶۸ ± ۰/۱۴ a	۶۵ ± ۱/۹۷ a	۶۹/۴ ± ۳/۶ a	۶۱/۴ ± ۱/۶۳ a
۶۰	۵/۴۶ ± ۰/۴۱ b	۴/۳۸ ± ۰/۳۶ b	۱/۴۸ ± ۰/۱۴ ab	۶۳ ± ۱/۹۷ a	۶۳/۴ ± ۳/۶ ab	۵۹/۶ ± ۱/۶۳ a
۱۲۰	۵/۲۲ ± ۰/۴۱ b	۳/۸۱ ± ۰/۳۶ b	۱/۵۱ ± ۰/۱۴ a	۵۹ ± ۱/۹۷ b	۶۲/۷ ± ۳/۶ ab	۵۸/۸ ± ۱/۶۳ a
۱۸۰	۴/۳۹ ± ۰/۴۱ c	۳/۰۷ ± ۰/۳۶ c	۱/۲۱ ± ۰/۱۴ a b	۵۶ ± ۱/۹۷ ab	۵۸/۹ ± ۳/۶ b	۵۵/۹ ± ۱/۶۳ b

غلظت شوری (میلی مولار)	غلظت پتاسیم برگ	F0 (فلورسانس کمینه)	Fm (فلورسانس بیشینه)	Fv (تغییرات فلورسانس)	Fv/Fm (کارایی فتوسنتزی فتوسیستم II)
۰	۱۲/۹ ± ۰/۷ a	۴۰۰ ± ۱۵ a	۵۵/۹ a	۴۶/۲ a	۱۱۰۹ ± ۰/۱۴ a
۶۰	۹/۷ ± ۰/۷ b	۳۵۵ ± ۱۵ b	۵۵/۹ b	۴۶/۲ b	۱۱۲۷ ± ۰/۱۴ b
۱۲۰	۶/۴ ± ۰/۷ c	۳۳۷ ± ۱۵ b	۵۵/۹ b	۴۶/۲ b	۱۰۹۳ ± ۰/۱۴ bc
۱۸۰	۲/۷ ± ۰/۷ d	۳۵۶ ± ۱۵ b	۵۵/۹ c	۴۶/۲ c	۹۵۹ ± ۰/۱۴ 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.

مقدار Fv معمولا بوسیله تنش های محیطی مانند گرما، یخ زدگی و شوری که باعث صدمه به تیلاکوئیدها می گردند کاهش می یابد (Anonymous, 2005) که در تحقیق حاضر هم نیز این نتایج بدست آمد. کاربرد سیلیس باعث بهبود پارامتر Fm در شرایط تنش شوری شد. از بررسی مقایسه میانگین های داده های Fv و Fv/Fm نیز نتایج مشابه حاصل شد یعنی کاربرد سیلیس باعث افزایش این پارامترها شد. بطوریکه بیشترین مقدار پارامترهای Fv و Fv/Fm در تیمار شاهد با مصرف سیلیس حاصل شد که نسبت به گیاهان شاهد بدون مصرف سیلیس به ترتیب به میزان ۱۶٪ و ۲۶٪ بیشتر بود. البته کاربرد سیلیس در همه غلظت های کلرید سدیم استفاده شده در این تحقیق باعث افزایش میزان این دو پارامتر شد (جدول ۶). تنش های محیطی که باعث تغییرات ساختاری در سطح رنگدانه های فتوسیستم II می شوند، مقدار F0 (فلورسانس کمینه) را تحت تأثیر قرار می دهند (Anonymous, 2005). به نظر می رسد کاربرد سیلیس نفوذپذیری غشاء پلاسمایی سلولهای برگ را کاهش داده و ساختار کلروپلاست ها را که خسارت زیادی در اثر شوری دیده اند، بهبود می بخشد که نتایج این آزمایش گویای این مطلب می باشد.



شکل: ۵- تأثیر کاربرد سیلیس بر میزان رطوبت نسبی آب برگ شنبلیله در شرایط تنش شوری

به همین علت در چنین شرایطی میزان نسبی آب برگ بر اثر افزایش غلظت نمک به شدت کاهش می یابد سیلیس در دیواره های سلول ها رسوب کرده و با ماکرو ملکول های آلی (شامل سلولز، پکتین) ترکیب شده و ترکیبات کلوئیدی بی شکل را با سطح جذب بالا تشکیل می دهد در نتیجه کارایی مصرف آب را افزایش می دهد (سید لر فاطمی و همکاران، ۱۳۸۸). مقایسه میانگین اثر ساده شوری بر درصد پایداری غشاء سلولی نشان داد غلظت بالای نمک (۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم) باعث افزایش معنی داری در میزان این صفت شد (جدول ۶). در واقع شوری باعث افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی می شود (Cai et al., 2008). داده های حاصل از اثر متقابل سیلیس و شوری نشان داد سیلیس نفوذپذیری غشاء سلولی را در شرایط تنش شوری حفظ می کند (جدول ۶). طبق نظر Zhu et al (۲۰۰۴) سیلیس نفوذپذیری غشاء پلاسمایی را کاهش داده و همچنین پراکسید شدن غشاء پلاسمایی و سلامت آن را در شرایط شوری حفظ می کند و در نتیجه سمیت شوری را کاهش داده و رشد گیاه را بهبود می دهد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که کاربرد سیلیس از طریق کاهش نفوذپذیری غشاء سلولی باعث کاهش اثرات تنش شوری شده و به حفظ ساختمان غشاء سلولی کمک می کند.

نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به پارامترهای فلورسانس کلروفیل (F0, Fm, Fv, Fv/Fm) در جدول ۴ ارائه شده است. با افزایش غلظت شوری میزان پارامترهای مورد بررسی کاهش یافت (جدول ۵) بطوریکه بیشترین و کمترین مقدار پارامترهای (۳/۴۰ و ۳۵۵) F0، (۱۵۰۹/۲ و ۹۵۹/۸) Fm، (۶۲۲/۴ و ۱۱۰۸/۹) Fv و (۰/۷۳۵ و ۰/۶۳۸۴) Fv/Fm به ترتیب در تیمارهای گیاهان شاهد و بیشترین غلظت کلرید سدیم (۱۸۰ میلی مولار) حاصل شد. مقدار Fv برابر است با (F0 - Fm) و همچنین مقدار Fv/Fm هر دو تحت تأثیر مقدار Fm قرار دارند و با افزایش سطح شوری این دو پارامتر هم کاهش می یابند.

- pots under drought. *Plant Science*, 169: 313-321.
10. Levent Tuna, A., Kaya, C., Higgs, D., Murillo Amador, B., Aydemir, S., and Girgin, A. 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62: 10-16.
 11. Liang, Y., Sun, W., Zhu, Y.G., and Christie, P. 2007. Mechanisms of silicon mediated alleviation of a biotic stresses in higher plants: a review. *Environmental Pollution*, 147:422-428.
 12. Savvas, D., Manos, G., Kotsiras, A and Souvaliotis, S. 2002. Effect of silicon and nutrient-induced salinity on yield, flower quality and nutrient uptake of gerbera grown in a closed hydroponic system. *Journal. Applied Botanic*, 76: 153-158.
 13. 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.
 14. 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.

نتیجه گیری

در این آزمایش مشاهده شد شوری موجب کاهش معنی دار همه صفات مورفولوژیکی (ارتفاع ساقه، تعداد گره، فاصله میانگره، تعداد انشعاب، تعداد برگ، سطح سبز، شاخص کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک میوه، وزن خشک ریشه و وزن هزار دانه) و صفات فیزیولوژیکی (میزان کلروفیل a و b، پایداری غشاء سلولی، محتوای رطوبت نسبی برگ و پارامترهای کلروفیل فلورسانس) مورد اندازه گیری شد. نتایج حاصل از این تحقیق، نشانگر اثرات سودمند سیلیس در شرایط تنش شوری بر گیاه شنبلله بود. کلید این امر کاهش جذب، انتقال و انباشتگی یون سدیم در بافت های حساس می باشد که به نظر می رسد به علت نقش سیلیس در پایداری دیواره سلول و حفظ انسجام غشاء سلولهای ریشه باشد. هر چند روشن ساختن این امر پژوهش های بیشتر در بیوشیمی و ساختار دیواره و غشاء سلولی را می طلبد. این آزمایش آشکار می سازد که افزودن کودهای سیلیکاته به خاک های شور ممکن است اثرات تنش شوری را در گیاه شنبلله تخفیف دهد. اگرچه اثرات مفید سیلیس تحت شرایط مطلوب نیز محسوس بود، ولی به نظر می رسد زمانی که گیاه در معرض شرایط تنش قرار می گیرد، اثرات سودمند سیلیس چشمگیرتر است.

پاورقی ها

1. Relative water content

منابع مورد استفاده

۱. امید بیگی، ر.، ۱۳۸۳. تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد سوم، چاپ سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، صفحه ۲۷۵.
۲. بندانی، م.، عبدل زاده، ا. ۱۳۸۵. اثر تغذیه سیلیکون در تحمل به شوری گیاه پوکسینلیا دیتنس (*Puccinellia distans*). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، (۱۴): ۱۱۹-۱۱۱.
۳. پیوست، غ. ع.، زارع، م. ر. و سمیع زاده، ح. ا. ۱۳۸۷. اثر متقابل سطوح مختلف سیلیسیم بر رشد کاهو پیچ تحت شرایط کشت در سیستم لایه نازک محلول غذایی (NFT). مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه علوم باغبانی، ۱ (۲۲): ۷۹-۸۶.
۴. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.
۵. سرمدنی، غ. ۱۳۷۲. اهمیت تنشهای محیطی در زراعت. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج.
۶. سید لرفاطمی، ل.، طباطبایی، س. ج.، فلاحی، ا. ۱۳۸۸. اثر سیلیسیوم بر رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۱: ۹۵(۲۳)-۸۸.
7. Anonymous. 2005. Sugar beet News Letter, No. 3. Sugar Beet Seed Research Institute, Karaj, Iran (In Persian).
8. Cai, K., Gao, D., Luo, S., Zeng, R., Yang, J., and Zhu, X. 2008. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. *Physiology Plant*, 134:324-333.
9. Gong, H., Zhu, X., Zhu, X., Chen, K., Wang, S and Zhang, C. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plant in