

## Study of physiological and biochemical responses of basil (*Ocimum basilicum*) to silicon spraying under salinity stress

Ebrahim Fani<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Basic Science, Behbahan Khatam Alanbia University Of Technology, Behbahan, Iran, Email: ebrahim\_710@yahoo.com

### Article Info

#### Article type:

Research Full Paper

#### Article history:

Received: 2021/11/05

Revised: 2022/05/09

Accepted: 2022/05/21

#### Keywords:

Photosynthetic pigments

Soluble protein

Soluble sugar

Stress

### ABSTRACT

**Background and objectives:** Salinity stress is one of the environmental stresses and restricts growth and production, the intensification of which in recent years has led to a significant reduction in yield in plants. About 20% of the total irrigated land in Iran (about 33 million hectares) is saline land. In Iran, about 7 million hectares of agricultural land have different degrees of salinity, which is likely to increase due to unfavorable factors such as poor drainage, evapotranspiration and improper use of groundwater resources. The first effects of salinity in plants are osmotic stress. Silicon is the second most abundant mineral compound on Earth, and its positive effects on plant tolerance to environmental stresses have been identified. Silica uptake by plants under salinity stress increases H<sup>+</sup>-ATPase and H<sup>+</sup>-Ppase activity in plasma membranes and tonoplasts, resulting in decreased sodium uptake and increased potassium uptake and altered ion division in roots and leaves of Plants. Therefore, this study was conducted to investigate the effects of silicon spraying on physiological traits of basil as an important medicinal and food plant under salinity stress.

**Materials and methods:** This experiment was performed as a factorial in a completely randomized design with 4 replications in potting conditions in Behbahan city of Khuzestan province in 2021. The first factor was salinity stress (zero and 150 mmol) and the second factor was silicon spraying (zero and 2 g / l), which was considered in accordance with the manufacturer's recommendation. In this experiment, traits such as quantum yield, number of chlorophyll meters (SPAD), chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, total chlorophyll, soluble sugar and soluble protein in basil were measured.

**Results:** Evaluation of the data showed that salinity stress reduced quantum yield, number of chlorophyll meters (SPAD), chlorophyll b, carotenoids, total chlorophyll, soluble sugar and soluble protein. The results of the present study also showed that silicon spraying, especially under salinity stress conditions, increased quantum yield, number of chlorophyll meters (SPAD), chlorophyll a, soluble sugar and soluble protein. At 150 mM salinity stress, the effect of silicon spraying compared to non-spraying on improving the effects of salinity stress on some traits such as quantum yield and soluble sugar was higher, so that the mentioned traits increased by 0.95 and 36.49 percent, respectively. The interaction of salinity and silicon spraying showed that non-stress irrigation of salinity and silicon spraying increased soluble sugar and soluble basil protein.

**Conclusion:** The results of this experiment showed the beneficial effects of silicon spraying under salinity stress. The beneficial effects of silicon appear to be more pronounced when the plant is exposed to salinity stress, although

---

---

this benefit also exists under favorable conditions.

---

Cite this article: Ebrahim F. 2022. Study of physiological and biochemical responses of basil (*Ocimum basilicum*) to silicon spraying under salinity stress. *Crop Production Journal*, 15(3), 123-136.



© The Author(s). DOI: 10.22069/EJCP.2022.19571.2459  
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

---



## بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان (*Ocimum basilicum*) به محلول‌پاشی سیلیکون در شرایط تنش شوری

ابراهیم فانی<sup>\*۱</sup>

استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء (ص) بهبهان، بهبهان، ایران، رایانامه: ebrahim\_710@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: تنش شوری یکی از تنش‌های محیطی و محدودکننده رشد و تولید بوده که تشدید آن در
مقاله کامل علمی- پژوهشی	سالیان اخیر باعث کاهش چشم‌گیر عملکرد در گیاهان گردیده است. حدود ۲۰ درصد از کل زمین‌های
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۴	آبی در ایران (حدود ۳۳ میلیون هکتار) را زمین‌های شور تشکیل می‌دهد. در ایران حدود ۷ میلیون هکتار
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۹	از زمین‌های کشاورزی دارای درجات مختلف شوری هستند که به دلیل عوامل نامطلوب مانند زهکشی
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۳۱	نامناسب، تبخیر و تعرق و استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی احتمال افزایش آن وجود دارد. اولین
واژه‌های کلیدی:	اثرات شوری در گیاهان ایجاد تنش اسمزی است. سیلیسیم دومین ترکیب معدنی در کره زمین است که
پروتئین محلول	اثرات مثبت آن در تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی مشخص شده است. جذب سیلیسیم توسط گیاهان
تنش	تحت تنش شوری، باعث افزایش فعالیت H <sup>+</sup> -ATPase و H <sup>+</sup> -Ppase در غشای پلاسمایی و تونوپلاست
رنگی‌های فتوستیزی	می‌شود که نتیجه آن کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم و تغییر تقسیم یون‌ها در ریشه‌ها و
قند محلول	برگ‌های گیاهان است. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی اثرات محلول‌پاشی سیلیکون بر صفات
	فیزیولوژیکی گیاه ریحان به عنوان یک گیاه دارویی و غذایی مهم در شرایط تنش شوری انجام شد.
	<b>مواد و روش‌ها:</b> این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در شرایط
	کشت گلخانه‌ای در شهرستان بهبهان استان خوزستان در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. عامل اول تنش شوری
	(صفر و ۱۵۰ میلی‌مولار) و عامل دوم محلول‌پاشی سیلیکون (صفر و ۲ گرم در لیتر) بود که مطابق با
	توصیه‌ی شرکت سازنده در نظر گرفته شد. در این آزمایش صفاتی مانند عملکرد کوانتومی، عدد
	کلروفیل متر (SPAD)، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، کلروفیل کل، قند محلول و پروتئین محلول در
	گیاه ریحان اندازه‌گیری شد.
	<b>یافته‌ها:</b> بررسی داده‌ها نشان داد که تنش شوری باعث کاهش عملکرد کوانتومی، عدد کلروفیل متر
	(SPAD)، کلروفیل b، کاروتنوئید، کلروفیل کل، قند محلول و پروتئین محلول شد. همچنین، نتایج
	پژوهش حاضر حاکی از آن بود که محلول‌پاشی سیلیکون به ویژه در شرایط تنش شوری باعث افزایش
	عملکرد کوانتومی، عدد کلروفیل متر (SPAD)، کلروفیل a، قند محلول و پروتئین محلول شد. در تنش
	شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، تأثیر محلول‌پاشی سیلیکون در بهبود اثرات تنش شوری بر روی برخی صفات
	مانند عملکرد کوانتومی و قند محلول بیش تر بود، به طوری که باعث افزایش صفات مذکور به ترتیب به
	میزان ۰/۹۵ و ۳۶/۴۹ درصد نسبت به عدم محلول‌پاشی گردید. اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی سیلیکون

---

نشان داد که آبیاری بدون تنش شوری و محلول پاشی سیلیکون باعث افزایش قند محلول و پروتئین محلول ریحان شد.

**نتیجه گیری:** نتایج این آزمایش، نشان دهنده‌ی اثرات سودمند محلول پاشی سیلیکون در شرایط تنش شوری بود. به نظر می‌رسد زمانی که گیاه در معرض تنش شوری قرار گیرد، اثرات سودمند سیلیکون محسوس‌تر است، اگرچه تحت شرایط مطلوب، این سودمندی نیز وجود دارد.

---

استناد: ابراهیم فانی. (۱۴۰۱). بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان (*Ocimum basilicum*) به محلول پاشی سیلیکون در شرایط تنش شوری. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۵ (۳)، ۱۳۶-۱۲۳.

DOI: 10.22069/EJCP.2022.19571.2459



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

---

## مقدمه

گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) متعلق به تیره نعناعیان و بومی مناطق گرمسیری است (۱). ریحان گیاه دارویی است که اسانس استخراج شده از برگ‌ها و گل‌های آن کاربرد دارویی دارد (۲). از اسانس گیاه ریحان برای درمان بیماری‌هایی مانند سرفه و اسهال استفاده می‌شود (۳). همچنین، از قسمت رویشی ریحان که حاوی اسانس است، به عنوان طعم‌دهنده و معطرکننده مواد غذایی استفاده می‌شود (۴). گیاه ریحان دارای خواص ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی فراوان است (۵). تنش شوری یکی از تنش‌های محیطی و محدود کننده رشد و تولید بوده که تشدید آن در سالیان اخیر باعث کاهش چشم‌گیر عملکرد در گیاهان گردیده است (۶). حدود ۲۰ درصد از کل زمین‌های آبی در ایران (حدود ۳۳ میلیون هکتار) را زمین‌های شور تشکیل می‌دهد (۷). در ایران حدود ۷ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی دارای درجات مختلف شوری هستند که به دلیل عوامل نامطلوب مانند زهکشی نامناسب، تبخیر و تعرق و استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی احتمال افزایش آن وجود دارد (۸). اولین اثرات شوری در گیاهان ایجاد تنش اسمزی است (۹). مطالعات پژوهش‌گران نشان داد که گیاه ریحان تحمل متوسط به شوری دارد (۱۰). همچنین، غلظت‌های بالای نمک اثرات مخربی بر روی این گیاه دارد (۱۱). سیلیسیم دومین ترکیب معدنی در کره زمین است که اثرات مثبت آن در تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی مشخص شده است (۱۲). جذب سیلیسیم توسط گیاهان تحت تنش شوری، باعث افزایش فعالیت  $H^+$ -ATPase و  $H^+$ -Ppase در غشای پلاسمایی و تونوپلاست می‌شود که نتیجه آن کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم و تغییر تقسیم یونها در ریشه‌ها و برگ‌های این گیاهان است (۱۳). هدف از پژوهش حاضر مطالعه

اثرات محلول‌پاشی سیلیکون بر صفات فیزیولوژیکی گیاه ریحان به عنوان یک گیاه دارویی و غذایی مهم در شرایط تنش شوری است.

## مواد و روش‌ها

در این آزمایش بذره‌های گیاه ریحان در گلدان‌های پلاستیکی به نحوی کشت گردید که در نهایت در هر گلدان ۳ گیاه وجود داشت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تیمار شوری با نمک NaCl در دو سطح (صفر و ۱۵۰ میلی‌مولار) و محلول‌پاشی با کود سیلیکون که مطابق با توصیه‌ی مصرف بر روی پاکت کود در دو سطح (صفر و ۲ گرم در لیتر) بود. آزمایش در گلدان‌هایی با گنجایش ۱/۲ کیلوگرم با استفاده از خاک باغی و خاک‌برگ (نسبت ۳:۱) انجام گرفت.

تیمار محلول‌پاشی با کود سیلیکون: ابتدا در هر گلدان تعداد زیادی بذر ریحان کشت که بعد از جوانه‌زدن و استقرار گیاهچه‌ها، به ۳ بوته در هر گلدان کاهش داده شدند. بعد از رشد گیاهچه‌ها و ظهور برگ‌های حقیقی، محلول‌پاشی با کود سیلیکون (صفر و ۲ گرم در لیتر) در سه مرحله به فاصله ۳ روز انجام شد و بعد از آن به مدت ۳ هفته تیمار شوری برای گلدان‌های دارای تیمار شوری به صورت آبیاری با آب شور اعمال گردید.

اندازه‌گیری عملکرد کوانتومی (Fv/Fm): با دستگاه کلروفیل فلئورومتر (مدل Pocket PEA, Hansatech, Instruments Ltd., King's Lynn, Norfolk, England)، عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) توسط دستگاه اندازه‌گیری شد (۱۴). برگ‌های گیاه در محفظه کلروفیل فلئورومتر قرار داده شد و عدد مربوط به عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) بر روی دستگاه ظاهر و یادداشت گردید.

سنجش مقدار قند محلول: ۲ میلی لیتر اتانول خالص به ۰/۰۲ گرم برگ خشک و سائیده شده اضافه گردید و سپس ۰/۵ میلی لیتر از محلول حاصل را برداشته و بر روی آن ۱ میلی لیتر فنل ۵ درصد اضافه و به خوبی ترکیب شد. بعد از آن ۴ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه و بعد از نیم ساعت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز، غلظت قندهای محلول بر حسب میلی گرم بر گرم وزن خشک مشخص شد (۱۶).

سنجش مقدار پروتئین محلول: استخراج پروتئین از برگ گیاهان انجام گرفت، بدین صورت که ۰/۱ گرم از برگ گیاه درون هاون چینی بر روی یخ با بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار و ۶/۸pH کاملاً سائیده شد. سپس عصاره‌های استخراج شده به مدت ۳۰ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. از محلول رویی جهت اندازه‌گیری میزان پروتئین‌های محلول استفاده شد. اندازه‌گیری پروتئین کل طبق روش برادفورد صورت گرفت (۱۷).

### نتایج و بحث

**عملکرد کوانتومی ( $F_v/F_m$ ):** مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱)، برهم‌کنش سطوح تنش شوری و سطوح محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بر میزان عملکرد کوانتومی ( $F_v/F_m$ ) معنی‌دار بود. مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارها نشان داد که که میزان عملکرد کوانتومی ( $F_v/F_m$ ) در تنش شوری و محلول‌پاشی سیلیکون، ۰/۹۵ درصد نسبت به شرایط تنش شوری و عدم محلول‌پاشی سیلیکون بیش‌تر بود (شکل ۱). کاربرد سیلیکون باعث بهبود میزان عملکرد کوانتومی در شرایط تنش شوری شد. تنش شوری باعث ایجاد تنش اسمزی در گیاه می‌شود که در نتیجه

اندازه‌گیری عدد SPAD: برای تعیین غلظت نسبی کلروفیل برگ (عدد SPAD) از دستگاه کلروفیل‌متر (مدل CCM- 200 plus, Opti- Sciences Inc, NH., USA) استفاده شد. قسمت‌های بین پهنک و رگبرگ میانی برگ‌های گیاه بین دو گیره کلروفیل‌متر قرار داده شد و دو گیره را فشار داده تا با برگ بین آن‌ها بر روی هم قرار ر گیرند. بعد از چند ثانیه که صدای بوق شنیده شد گیره‌ها را رها کرده و عدد ظاهر شده بر روی صفحه دستگاه یادداشت شد.

اندازه‌گیری فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی: ۰/۱ گرم از نمونه تازه برگ‌گی در هاون چینی ریخته و با ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد به خوبی سائیده شدند. بعد از سائیده شدن نمونه‌ها درون لوله ریخته و با استون ۸۰ درصد حجم را به ۱۰ میلی لیتر رسانده و سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ را به بالن شیشه‌ای منتقل کرده و مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و مقدار جذب به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کارتنوئید توسط اسپکتروفتومتر قرائت گردید و با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل‌های a، b، کارتنوئید و کلروفیل کل بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد (۱۵).

رابطه ۱:

$$\text{Chl.a} = (12.25A663 - 2.79A646)$$

رابطه ۲:

$$\text{Chl.b} = (21.21A646 - 5.1 A663)$$

رابطه ۳:

$$\text{Car} = (1000A470 - 1.82 \text{ Chl.a} - 85.02 \text{ Chl.b}) / 198$$

رابطه ۴:

$$\text{ChlT} = \text{Chla} + \text{Chlb}$$

تنش شوری و محلول پاشی سیلیکون، میزان کلروفیل a  $30/88$  درصد بیش تر از زمانی بود که در تنش شوری محلول پاشی انجام نشد که نشان دهنده تأثیر مثبت و معنی دار محلول پاشی سیلیکون در شرایط تنش شوری بر روی میزان کلروفیل a بود (شکل ۲). مطالعات خواجه و همکاران (۲۰۱۵) بر روی اثرات کم آبی و محلول پاشی سیلیکون بر رنگیزه های فتوسنتزی گیاه گندم (*Triticum aestivum*) در منطقه سیستان باعث به دست آمدن نتایج مشابه با این تحقیق گردید (۲۲). در رابطه با کلروفیل b، نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) نشان داد که اثرات سطوح تنش شوری و سطوح محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل b معنی دار بود. مقایسه میانگین بین صفات نشان داد که در شرایط بدون تنش شوری میزان کلروفیل b  $5/80$  و در شرایط تنش شوری  $3/71$  بود که نشان دهنده اثر منفی تنش شوری بر میزان کلروفیل b بود (جدول ۲). حسنوند و همکاران (۲۰۱۷)، در مطالعه ای با عنوان تأثیر سیلیسیم بر روی پارامترهای آناتومیکی و بیوشیمیایی گیاه شمعدانی معطر (*Pelargonum graveolens*) تحت تنش شوری دریافتند که برخی سطوح محلول پاشی سیلیسیم باعث کاهش میزان کلروفیل b نسبت به شرایط عدم محلول پاشی می شوند که ناشی از اثر منفی غلظت محلول به کار رفته بر روی میزان کلروفیل b است (۲۳). بنابراین، در مطالعه ای حاضر نیز، کاهش میزان کلروفیل b در شرایط محلول پاشی در مقایسه با عدم محلول پاشی می تواند به دلیل تأثیر منفی غلظت به کار رفته برای محلول پاشی (۲ گرم در لیتر) باشد و اگر در مطالعات آینده غلظت های دیگری مورد آزمایش قرار گیرند، ممکن است اثرات مثبت محلول پاشی سیلیسیم بر میزان کلروفیل b آشکار گردد (جدول ۲). مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱)، اثرات سطوح محلول پاشی در

مقدار آب سلول ها را کاهش داده و طویل شدن سلول ها را با مشکل مواجه می کند (۱۸). نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط تنش شوری، محلول پاشی سیلیکون اثرات منفی شوری بر روی میزان میزان عملکرد کوانتومی را کاهش داد (شکل ۱). **عدد کلروفیل متر (SPAD):** نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱)، نشان داد که بین سطوح تنش شوری از لحاظ عدد کلروفیل متر در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری وجود داشت. مقایسه میانگین بین صفات نشان داد که شرایط بدون تنش شوری با  $8/68$  بیش ترین و شرایط تنش شوری با  $7/27$  کم ترین مقادیر عدد کلروفیل متر را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). اثرات مثبت محلول پاشی سیلیسیم ممکن است به دلیل نقش آن در حفاظت از دستگاه فتوسنتزی باشد. امیری و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعاتی دریافتند که محلول پاشی سیلیسیم به علت افزایش غلظت کلروفیل می تواند دلیلی برای افزایش عدد کلروفیل متر در شرایط تنش خشکی باشد (۱۹). لی و همکاران (۲۰۰۴) و کائو و همکاران (۲۰۰۶) طی تحقیقاتی به ترتیب بر روی نوعی چمن (*Paspalum vaginatum*) و گونه های گیاه گلپسین (*Glycine soja, Glycine tomentella and Glycine tabacina*) نشان دادند که تنش شوری در بیش تر موارد باعث کاهش عدد کلروفیل متر و فتوسنتز در گیاه می شود (۲۰، ۲۱). در توجیه این اثرات می توان بیان کرد که تنش شوری اثرات منفی بر روی جذب مواد غذایی از ریشه گیاه دارد که محلول پاشی سیلیسیم تا حدودی این اثرات منفی را کاهش می دهد. **رنگیزه های فتوسنتزی:** مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده ها برای کلروفیل a (جدول ۱)، برهم کنش سطوح تنش و سطوح محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین برهم کنش سطوح تنش شوری و سطوح محلول پاشی نشان داد که در

سطح احتمال یک درصد بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار بود. مقایسه میانگین صفات نشان داد که میزان کاروتنوئید در شرایط بدون تنش شوری ۴/۸۴ و در شرایط تنش شوری ۴/۷۱ بود (جدول ۲). همچنین، محلول‌پاشی در مقایسه با عدم محلول‌پاشی اثر مثبتی بر میزان کاروتنوئید داشت (۲۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش شوری و محلول‌پاشی سیلیکون بر عملکرد کوانتومی، عدد کلروفیل متر، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، کلروفیل کل، قند محلول و پروتئین محلول در گیاه ریحان.

Table 1- Analysis of variance for salt stress and spraying silicone effects on quantum yield, number of chlorophyll meters, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, total chlorophyll, soluble sugar and soluble protein in basil plant.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد کوانتومی Quantum yield (F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> )	عدد کلروفیل متر Number of chlorophyll meters	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a (mg/g.fw)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg/g.fw)
Stress (a)	تنش	1	0.00105**	7.9806*	0.00094 <sup>ns</sup>	17.3638**
Silicon (b)	سیلیکون	1	0.00015 <sup>ns</sup>	0.0306 <sup>ns</sup>	0.0956 <sup>ns</sup>	24.9100**
a × b	تنش × سیلیکون	1	0.00075**	0.6006 <sup>ns</sup>	0.2325*	1.2814 <sup>ns</sup>
Error	اشتباه	12	0.000064	1.1927	0.0357	0.4989
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	1.021	13.68	17.33	14.84

جدول ۱- ادامه.

Table 1- Continued.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Carotenoid (mg/g.fw)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Total of chlorophyll (mg/g.fw)	قند محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) Soluble sugars (mg/g.dw)	پروتئین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Protein (mg/g.fw)
Stress (a)	تنش	1	0.0654 <sup>ns</sup>	17.6211**	120.8460**	0.5205 <sup>ns</sup>
Silicon(b)	سیلیکون	1	8.0386**	21.9141**	604.5943**	0.4556 <sup>ns</sup>
a × b	تنش × سیلیکون	1	0.4505 <sup>ns</sup>	2.6058*	78.1544*	0.0135*
Error	اشتباه	12	0.84666510	0.5013	8.3936	6.2433
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	19.26	12.09	14.20	25.04

\*، \*\* و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ درصد و عدم معنی‌داری هستند.

\*، \*\* and ns are significant at the level 0.05, 0.01 and not significant, respectively.



بررسی پاسخ های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی... / ابراهیم فانی

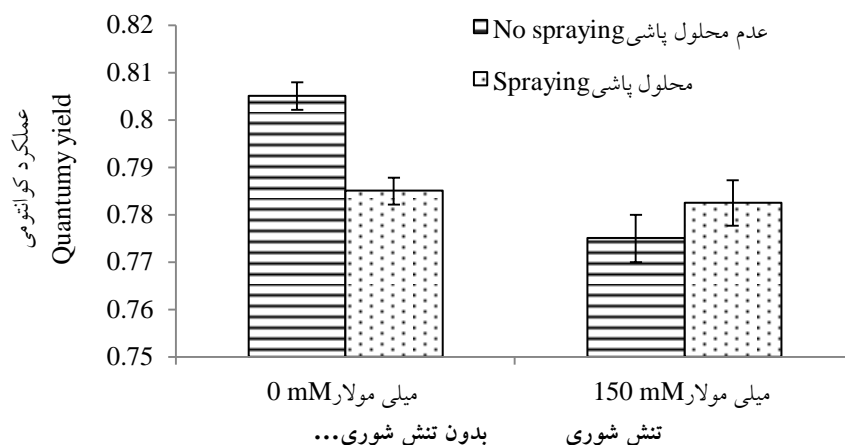
جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش شوری و محلول پاشی سیلیکون بر عدد کلروفیل متر، کلروفیل b و کاروتنوئید در گیاه ریحان.

Table 2- Mean comparison of main effects of salinity stress and silicon spraying on number of chlorophyll meters, chlorophyll b and carotenoid in Basil plant.

Treatment	تیمار	عدد کلروفیل متر number of chlorophyll meters (SPAD)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg/g.fw)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر) Carotenoid (mg/g.fw)
Salt stress (mM)	تنش شوری (میلی مولار)			
	0	8.68 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	4.84 <sup>a</sup>
	150	7.27 <sup>b</sup>	3.71 <sup>b</sup>	4.71 <sup>a</sup>
Spraying (g.L <sup>-1</sup> )	محلول پاشی (گرم بر لیتر)			
	0	8.02 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	5.48 <sup>a</sup>
	2	7.93 <sup>a</sup>	3.51 <sup>b</sup>	4.06 <sup>b</sup>

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means within each column of each section followed by the same letter are not significantly different at  $P < 0.05$  by LSD test.

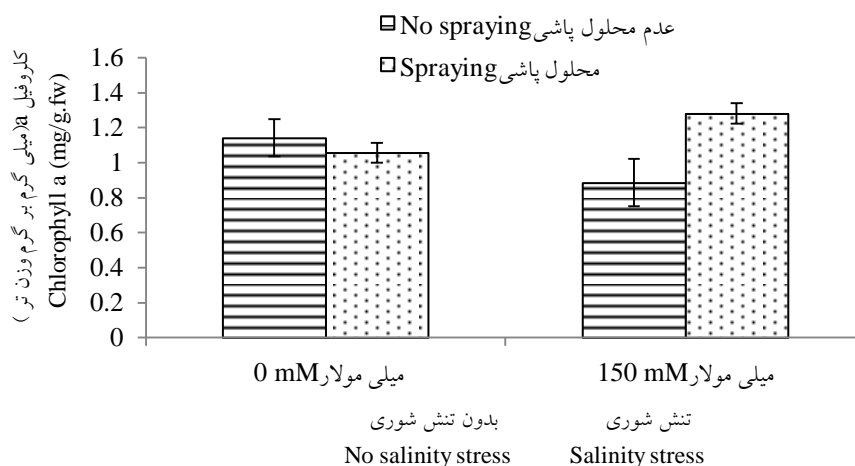


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سیلیکون بر عملکرد کوانتومی.

Figure 1- Comparison of the mean interaction of salinity and silicon on quantum yield.

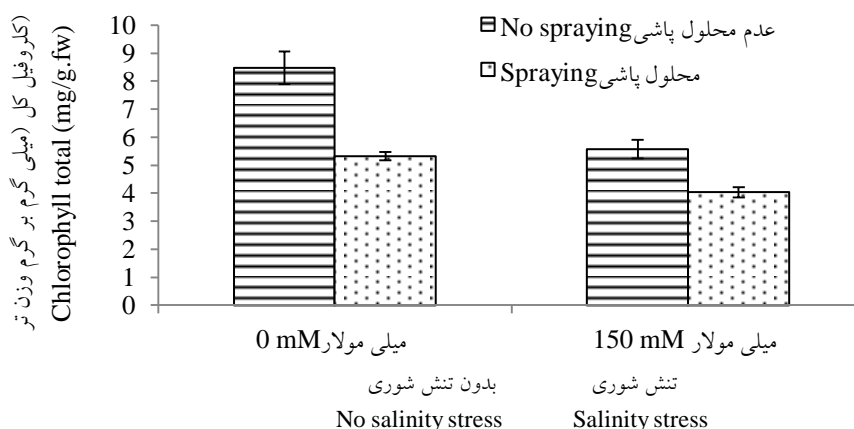
بدون تنش شوری و تنش شوری مطابق با تحقیقات حسونند و همکاران (۲۰۱۷) را می توان به غلظت به کار رفته (۲ گرم در لیتر) نسبت داد (۲۳). تیمار سیلیسیم می تواند با افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی گیاه از طریق کنترل سیستم انتقال الکترون در بین فتوسیستم ها و همچنین، جلوگیری از تجمع ROS سبب کاهش اثرات مضر تنش بر میزان رنگیزه های فتوسنتزی شود (۲۴).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، برهم کنش تنش شوری و محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر میزان کلروفیل کل تأثیر معنی داری داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین برهم کنش تنش شوری و محلول پاشی نشان داد که میزان کلروفیل کل در شرایط بدون تنش شوری ۶/۹۰ و در شرایط تنش شوری ۴/۸۰ بود که به خوبی اثرات منفی شوری بر میزان کلروفیل کل را نشان داد (شکل ۳). عدم اثر مثبت محلول پاشی سیلیسیم بر میزان کلروفیل کل در شرایط



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سیلیکون بر کلروفیل a.

Figure 2- Comparison of the mean interaction of salinity and silicon on chlorophyll a.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سیلیکون بر کلروفیل کل.

Figure 3- Comparison of the mean interaction of salinity and silicon on chlorophyll total.

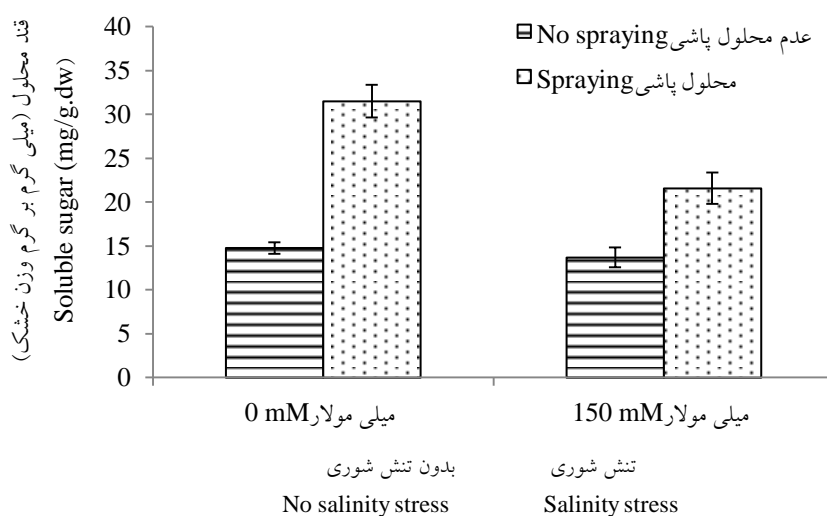
درصد بیش تر بود که نشان دهنده‌ی اثرات مثبت کاربرد سیلیسیم در مقایسه با عدم کاربرد آن در هر دو شرایط بدون تنش شوری و تنش شوری بود (شکل ۴). سوتیروفولوس (۲۰۰۷) نشان داد که تجمع متابولیت‌هایی مانند کربوهیدرات‌ها یکی از پاسخ‌های احتمالی گیاهان به تغییرات پتانسیل اسمزی خارجی می‌باشد (۲۵). کاتور و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند که افزایش قندهای محلول در شرایط تنشی با تأثیر بر پتانسیل اسمزی، در حفظ سلامت و عملکرد غشاهای سلولی که در شرایط تنش دچار آسیب می‌شوند، نقش

قند محلول: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱)، برهم‌کنش سطوح تنش شوری و محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر میزان قند محلول معنی‌دار بود. مقایسه میانگین برهم‌کنش سطوح تنش شوری و محلول پاشی نشان داد که در شرایط بدون تنش شوری و محلول پاشی، میزان افزایش قند محلول ۵۳/۰۷ درصد بیش تر از شرایط بدون تنش شوری و عدم محلول پاشی بود. همچنین، در شرایط تنش شوری، میزان افزایش قند محلول در حالت محلول پاشی نسبت به عدم محلول پاشی ۳۶/۴۹

سیلیسیم بود (شکل ۵). نتایج به دست آمده اثرات مثبت محلول پاشی سیلیسیم را بر میزان پروتئین محلول نسبت به عدم محلول پاشی سیلیسیم در گیاه ریحان در هر دو شرایط بدون تنش شوری و تنش شوری نشان داد. نعیمی و همکاران (۲۰۱۲)، در مطالعاتی نشان دادند که در شرایط تنشی مانند تنش خشکی، محتوای پروتئین کل به دلیل واکنش پروتئین با رادیکال های آزاد و در نتیجه کاهش سنتز پروتئین کاهش یافت (۳۰). همچنین، ستایش مهر و گنجعلی (۲۰۱۳) نشان دادند که تنش خشکی تأثیر معنی داری بر میزان پروتئین های محلول اندام های هوایی و ریشه شویید (*Anethum graveolens*) داشت (۳۱). تحقیقات برسانی و همکاران (۲۰۰۱) بر روی گیاه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) تحت تنش شوری، نشان داد که محلول پاشی سالیسیلیک اسید باعث افزایش میزان پروتئین گردید (۳۲). از اثرات مثبت سیلیسیم در شرایط تنش شوری، حفظ سیالیت غشای سلولی است و فعالیت  $H^+$ -ATPase را در غشای پلاسمایی افزایش می دهد (۳۳). تحمل به شوری در گیاهانی مانند خیار (*Cucumis sativus*) و اسفناج (*Spinacia oleracea*) طی مطالعاتی توسط تونا و همکاران (۲۰۰۸) و هاشمی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است (۳۴ و ۳۵). لس و جلیلی (۲۰۰۸) و سوتیلوو و فمیو (۲۰۰۵)، در مطالعاتی نشان دادند که کاربرد سیلیکون نقش مهمی در تعدیل ۲-اگزوگلوکوتارات برای متابولیسم اسیدهای آمینه ایفا می کند (۳۶ و ۳۷). تجمع رادیکال های آزاد اکسیژن سبب آسیب اکسیداتیو به پروتئین ها می شود (۳۸). تیمار سیلیسیم با افزایش میزان موادی مانند کربوهیدرات ها و پروتئین ها باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش شوری می شود که با نتایج مشاهده شده در گیاه ریحان مطابقت دارد (۳۹).

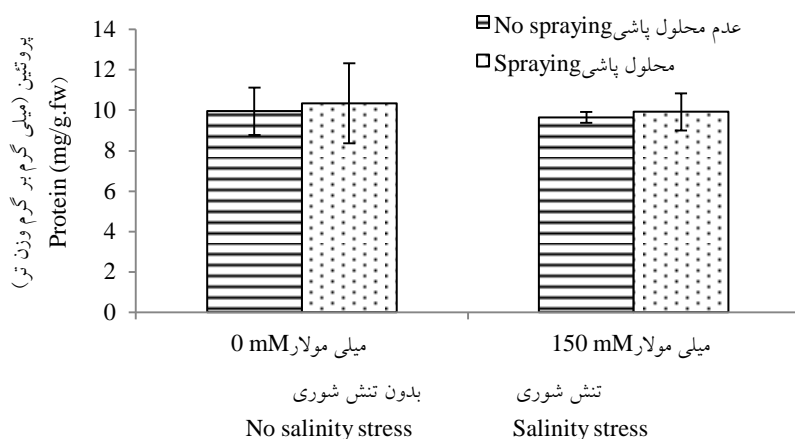
دارند (۲۶). مطالعات شالاتا و نومان (۲۰۰۱) نشان دادند که موادی مانند آسکوربیک اسید با توانایی پاکسازی رادیکال های آزاد و کاهش اثرات منفی آن ها، از آسیب های اکسیداتیو ناشی از تجمع انواع گونه های اکسیژن فعال بر آنزیم های چرخه کالوین می کاهد و باعث عملکرد مناسب آنزیم های این چرخه و در نتیجه تولید بیش تر کربوهیدرات ها می گردد (۲۷). آگاربه و همکاران (۱۹۹۸) گزارشی ارائه نمودند که نشان دهنده ی تأثیر سیلیسیم بر افزایش پلی ساکارید های دیواره سلولی، افزایش نسبت پلی ساکاریدها به کل کربوهیدرات ها و بهبود ساختار دیواره سلولی بود که در نهایت موجب تأثیرات مثبت سیلیسیم در شرایط تنش گردید (۲۸). مطالعه ماتینچنکوف (۲۰۰۸) در ارتباط با اثر سیلیسیم فعال بر روی مقاومت به شوری در گیاهان منتج به نتایجی مانند بهبود فعالیت فوستتزی، افزایش نسبت انتخاب پتاسیم در برابر سدیم، افزایش فعالیت آنزیم ها، افزایش مواد محلول در آوند چوبی، کاهش جذب سدیم توسط گیاهان و حفاظت مکانیکی در برابر سمیت عناصر سنگین شد (۲۹).

پروتئین محلول: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم کنش سطوح تنش شوری و محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد بر میزان پروتئین محلول معنی دار بود، اما سطوح تنش شوری و سطوح محلول پاشی سیلیسیم تأثیر معنی داری بر میزان پروتئین محلول نداشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین برهم کنش سطوح تنش شوری و محلول پاشی نشان داد که در شرایط بدون تنش شوری، میزان پروتئین محلول در حالت محلول پاشی سیلیسیم ۳/۸۶ درصد بیش تر از حالتی بود که محلول پاشی سیلیسیم انجام نشد (شکل ۵). همچنین، در شرایط تنش شوری، میزان پروتئین محلول در حالت محلول پاشی سیلیسیم ۲/۸۱ درصد بیش تر از حالت عدم محلول پاشی



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سیلیکون بر قند محلول.

Figure 4- Comparison of the mean interaction of salinity and silicon on soluble sugar.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سیلیکون بر پروتئین محلول.

Figure 5- Comparison of the mean interaction of salinity and silicon on soluble protein.

سیلیکون محسوس تر است، اگرچه تحت شرایط مطلوب نیز این سودمندی وجود دارد. بنابراین، زمانی که گیاه در معرض انواع تنش‌ها به‌خصوص تنش شوری قرار بگیرد، محلول‌پاشی به‌وسیله سیلیکون می‌تواند در تخفیف اثرات تنش موثر باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج حاصل از این پژوهش، نشان‌دهنده اثرات سودمند محلول‌پاشی سیلیکون در شرایط تنش شوری بود. به نظر می‌رسد زمانی که گیاه در معرض تنش شوری قرار گیرد، اثرات سودمند

### References

1. Panahinia, M., Sanikhani, M. and Kheiri, A. 2016. Morphological Characteristics and essential oil production of sweet basil (*ocimum basilicum* L.) under application of nitrogen and iron.
2. Simon, J.E., Morales, M.R., Phippen, W.B., Vieira, R.F., and Hao, Z. 1999. Basil: a source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb. In: Perspectives on New Crops and New Uses. (Eds. Janick).

3. Gohari, G.h., Nepour- Aghdam., M.B., Dadpour, M.R. and Shairde, M. 2017. The effect of different levels of zinc spraying on growth parameters and essential oil yield of basil (*Ocimum basilicum* L.) under salinity stress conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 4: 15. 15-32. (In Persian)
4. Archangi, A. and Khodambashi, M. 2014. The effect of salinity on morphological characteristics, essential oil content and ion accumulation of basil (*Ocimum basilicum*) under hydroponic conditions. Journal. Science Technology Greenhouse Cultures. 5: 17. 125- 138. (In Persian)
5. Labra, M., Miele. M., Ledda, B., Grassi, F., Mazzei, M. and Sala, F. 2004. Morphological characterization, essential oil composition and DNA genotyping of *Ocimum basilicum* L. cultivars. Plant Sci. 167: 4. 725-731.
6. Lianju, M., Yueying, L., Cuimei, Y., Yan, W., Xuemei, L., Na, L., Qiang, C. and Ning, B. 2011. Alleviation of exogenous oligochitosan on wheat seedlings growth under salt stress. Protoplasma. 249: 2. 393-399.
7. Zaman, M., Shahid, S.A. and Heng, L. 2018. Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using NUCL SCI TECH, Springer, 183 p.
8. Momeni, A. 2010. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. Soil Res. J. 24: 3. 203-215. (In Persian)
9. Khan, M.A. and Weber, D. J. 2006. Ecophysiology of high salinity tolerant plants (Tasks for Vegetation Science). Springer, Netherlands, 399 p.
10. Herrera, E. 2005. Soil test interpretation. Guide A-122. New Mexico State Univ. 72: 125-153.
11. Bernstein, N., Kravchik, M. and Dudai, N. 2009. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum*) in relation to alteration of morphological development. Ann. Appl. Biol. 156: 2. 167-177.
12. Ma, J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. J. Soil Sci. Plant Nutr. 50: 1. 11-18.
13. Linag, Y., Sun, W., Zhu, Y.G. and Christie, P. 2007. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. Environ. Pollut. 147: 2. 422-428.
14. Kalaji, H.M., Govindjee, B., Bosac, K., Koscielniak, J. and Zuk-Gólaszewska, K. 2011. Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO<sub>2</sub> assimilation of two syrian barley landraces. Environ. Exp. Bot. 73: 64-72.
15. Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extract in different solvents. Biochem. Soc. Trans. 11: 5. 591-592.
16. Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.
17. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 12. 248-254.
18. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59: 651-681.
19. Amiri, A., Bagheri, A.A., Khajeh, M., Najafabadipour, F. and Yadollahi, p. 2014. Effect of silicon spraying application on yield and activity of safflower antioxidant enzymes in low irrigation conditions. J A R 5: 4. 361-372.
20. Lee, G., Carrow, R.N. and Duncan, R.R. 2004. Photosynthetic responses to salinity stress of halophytic seashore paspalum ecotypes. Plant Sci. 166: 6. 1417-1425
21. Kao, W.Y., Tsai, T.T., Tsai, H.C. and Shi, C.N.. 2006. Response of three *Glycine* species to salt stress. EEB. 56: 120-125
22. Khajeh, M., Mosavinik, M., Siroosmehr, A., Yadoalahi- Dehcheshmeh, P., and Amiri, A. 2015. Effects of water stress and spraying silicone on wheat yield and photosynthetic pigments in Sistan. Crop Physiol. 26: 7. 5-19. (In Persian)
23. Hasanvand, F., Rezaeinejad, A. and Feizian, M. 2017. The effect of silicon on

- some anatomical and biochemical parameters of aromatic geraniums (*Pelargonium graveolens*) under salinity stress. HS. 30- : 4. 723-732.
24. Bukhat, S., Manzoor, H., Athar, H. U. R., Zafar, Z. U., Azeem, F. and Rasoul, S. 2020. Salicylic acid induced photosynthetic adaptability of *Raphanus sativus* to salt stress is associated with antioxidant Capacity. J. Plant Growth Regul. 39 : 2. 1-14.
  25. Sotiropoulos, T.F. 2007. Effect of NaCl and CaCl<sub>2</sub> on growth and contents of minerals, chlorophyll, proline and sugars in the apple rootstock M4 cultured *in vitro*. Biol. Plant. 51: 1. 177-180.
  26. Kaur, S., Gupta, A.K. and Kaur, N. 2000. Effect of GA<sub>3</sub>, kinetin and indole acetic acid on carbohydrate metabolism in chickpea seedlings germinating under water stress. Plant Growth Regul. 30: 61-70.
  27. Shalata, A. and Neumann, P.M. 2001. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. J. Exp. Bot. 52: 364. 2207-2211.
  28. Agarie, S., Hanaoka, N., Ueno, O., Miyazaki, A., Kubota, F. and Agata, W., 1998. Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa* L.), monitored by electrolyte leakage. Plant Prod. Sci. 1: 2. 96-103.
  29. Matichenkov, V.V. 2008. Silicon deficiency and Functionality in Soils. Crops and Food. 2th International Conference on Soil and Compost Eco-Biology. Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.
  30. Naeemi, M., Ali- Akbari, Gh., Shirani-Rad, A.H., Hassanloo, T. and Abbas-Akbari, Gh. 2012. Effect of zeolite application and selenium spraying on water relations traits and antioxidant enzymes in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under water deficit stress conditions. J. Crop Improv. 14 : 1. 67-81. (In Persian)
  31. Setayesh-Mehr, Z. and Ganjali, A. 2013. Effects of Drought Stress on Growth and Physiological characteristics of Dill (*Anethum graveolens* L.). J. Hortic. Sci. Biotechnol. 27 : 1. 27- 35.
  32. Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, M.A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. Plant Physiol. 126: 3. 1024-1030.
  33. Liang, Y., Zhang, W., Chenc, Q., Liu, Y. and Ding, R. 2006. Effect of exogenous silicon (Si) on H<sup>+</sup>-ATPase activity, phospholipids and fluidity of plasma membrane in leaves of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). Environ. Exp. Bot. 57: 3. 212-219.
  34. Hashemi, A., Abdolzadeh, A. and Sadeghipour, H. R. 2010. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L.. J. Plant. Nutr. Soil Sci. 56: 244-253.
  35. Tuna, A.L., Kaya, C., Higgs, D., Murillo-Amador, B., Girgin, A.R. and Aydemir, S. 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. Environ. Exp. Bot. 62: 10-16.
  36. Less, H. and Galili, G. 2008. Principal transcriptional programs regulating plant amino acid metabolism in response to abiotic stresses. Plant Physiol. 147: 1. 316-330.
  37. Sweetlove, L.J. and Fernie, A.R. 2005. Regulation of metabolic networks: Understanding metabolic complexity in the systems biology era. New Phytol. 168: 1. 9-24.
  38. Taïbi, K., Taïbi, F., Abderrahim, L.A., Ennajah, A., Belkhodja, M. and Mulet, J. M. 2016. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. S. Afr. J. Bot. 105: 306-312.
  39. Rizwan, M., Ali, S., Ibrahim, M., Farid, M., Adrees, M., Bharwana, S.A., Zia-ur-Rehman, M., Qayyum, M.F. and Abbas, F. 2015. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants: a review. Environ. Sci. Pollut. Res. 22: 20. 15416-15431.