

Effect of silicon and methyl jasmonate on some morphological traits and photosynthetic parameters in common purslane (*Portulaca oleracea* L.)

Mehdi Mohammadi Azni¹, Hossein Moradi^{2*}, Kamran Ghasemi³, Pourya Biparva⁴

1- Former MSc. Student. Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran.

mehdimohamadi917@gmail.com

2- Corresponding Author and Assistant Professor of Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran.

moradiho@yahoo.com

3- Assistant Professor of Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran.

kamranghasemi63@gmail.com

4- Associate Professor of Department of Basic Sciences, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran.

p.biparva@sanru.ac.ir

Received Date: 2019/09/11

Accepted Date: 2020/05/08

Abstract

Introduction: Common purslane is one of the valuable medicinal plants for its abundant effective substances (Stephan et al., 1994). Since the use of silicon as a beneficial element (Ma et al., 2000) and methyl jasmonate as an elicitor (Creelman and Mullet, 1997) can increase some of the most desirable traits of medicinal herbs, in this study, the effect of simultaneous treatment of methyl jasmonate and silicone on different growth characteristics and photosynthetic parameters of common purslane has been investigated.

Material and methods: This research carried out in a factorial format based on complete block randomized design with two factors and three replications in greenhouse conditions. The first factor was methyl jasmonate spray at three levels (M_0 : control, M_{75} : 75 μM , M_{150} : 150 μM) and the second factor was silicon in five levels (S_0 : control, S_{f1} : fertigation of 1 μM , S_{f2} : fertigation of 2 mM, S_{s1} : spray of 1 mM, S_{s2} : spray of 2 mM) in one step, when the plants had six developed true leave. Morphological traits including stem fresh weight (g), leaf fresh weight (g), length and width of leaf (cm) stem length (cm) and root length (cm), and photosynthetic parameters including leaf relative humidity (rh), transpiration rate (E), stomatal conductance (GH₂O), carbon dioxide absorption rate (A), photosynthetic active radiation in top surface of the leaf (PARTop), photosynthetic active radiation in bottom surface of the leaf (PARBot), Ambient photosynthetic active radiation (PARamb) and photosynthetic pigments including chlorophyll a, b, total chlorophyll and carotenoids. Data analysis was performed using SAS software and comparison of meanings by Duncan's multiple range test at 1 and 5 percent probability level.

Results and discussion: The results showed that M_0S_{s2} , M_0S_{f2} , $M_{150}S_0$ and $M_{150}S_{f2}$ treatments had the highest stem length with no significant difference among each other (Table 2). The fresh weight of the stem was significantly higher in $M_{75}S_{f1}$ and $M_{150}S_0$ compared to the control and all other treatments (Table 2). $M_{75}S_{s1}$ treatment showed the least fresh weight of leaf, however, it was not significantly different with M_0S_0 and $M_{150}S_{s1}$ treatments (Table 2). Transpiration rate (E) was significantly higher in treatments using 2 mM silicium fertilizer (M_0S_{f2} , $M_{75}S_{f2}$ and $M_{150}S_{f2}$) than control (Table 4). The lowest stomatal conductance (GH₂O), was seen in $M_{150}S_0$ treatment which was significantly less than control (Table 4). The highest chlorophyll a was observed in $M_{150}S_{s1}$ treatment which had no significant difference with $M_{75}S_0$ and $M_{150}S_0$, and all three treatments were superior to control (Table 6). The highest amount of chlorophyll b was observed in the treatment of $M_{150}S_{s1}$ which showed significant difference with $M_{75}S_{s2}$ and $M_{75}S_{f1}$ (Table 6). In terms of total chlorophyll content, $M_{150}S_{s1}$ was significantly higher and the highest amount of carotenoids was observed in M_0S_{s2} (Table 6).

Conclusions: As a whole, $M_{150}S_{s1}$ treatment has been shown to improve on yield and photosynthetic traits in common purslane and it is a suitable treatment for spraying on this plant.

Keywords: carbon dioxide, carotenoid, chlorophyll, transpiration rate.

تأثیر تیمار سیلیسیوم و متیل جاسمونات بر برخی صفات مورفولوژیکی و پارامترهای فتوسنتزی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea L.*)

مهدی محمدی ازنی^۱، حسین مرادی^{۲*}، کامران قاسمی^۳، پوریا بی پروا^۴

۱- دانشجوی گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
mehdimohadi917@gmail.com

۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
moradiho@yahoo.com

۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
kamranghaseni63@gmail.com

۴- دانشیار گروه علوم پایه، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
p.biparva@sanru.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۰

چکیده

خرفه بدلیل داشتن مواد موثره فراوان به عنوان یکی از گیاهان با ارزش دارویی محسوب می‌شود. در این پژوهش آزمایشی با دو فاکتور سیلیسیوم در پنج سطح (صفر، ۱ میلی مولار کودآبیاری، ۲ میلی مولار کودآبیاری، ۱ میلی مولار محلول پاشی، ۲ میلی مولار محلول پاشی) و متیل جاسمونات در سه سطح (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میکرومولار) به صورت فاکتوریل در گلخانه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که ترکیبات تیماری متیل جاسمونات صفر+محلول پاشی سیلیسیوم ۲، متیل جاسمونات صفر+کودآبیاری سیلیسیوم ۲، متیل جاسمونات ۱۵۰+سیلیسیوم صفر و متیل جاسمونات ۱۵۰+کودآبیاری سیلیسیوم ۲ بدون اختلاف معنی دار با یکدیگر، بالاترین طول ساقه را دارا بودند. وزن تر ساقه در ترکیبات تیماری متیل جاسمونات ۷۵+کودآبیاری سیلیسیوم ۱ و متیل جاسمونات ۱۵۰+سیلیسیوم صفر به طور معنی داری نسبت به شاهد و تمامی ترکیبات تیماری دیگر بیشتر بوده است. تیمار متیل جاسمونات ۷۵+محلول پاشی سیلیسیوم ۱، کمترین میزان وزن تر برگ را نشان داد؛ هرچند با شاهد و متیل جاسمونات ۱۵۰+محلول پاشی سیلیسیوم ۱ اختلاف معنی داری نداشت. سرعت تعرق (E) در ترکیبات تیماری که کودآبیاری سیلیسیوم ۲ میلی مولار استفاده شده بود به طور معنی داری بیشتر از شاهد بود. کمترین هدایت روزنه‌ای (GH₂O)، که بطور معنی داری از شاهد کمتر بود، در ترکیب تیماری متیل جاسمونات ۱۵۰+سیلیسیوم صفر مشاهده شد. بیشترین میزان کلروفیل a در ترکیب تیماری متیل جاسمونات ۱۵۰+محلول پاشی سیلیسیوم ۱ بود که با تیمارهای متیل جاسمونات ۱۵۰ و ۷۵ تفاوت معنی داری نداشته و هر سه ترکیب تیماری نسبت به شاهد برتری داشتند. بیشترین میزان کلروفیل b در ترکیب تیماری متیل جاسمونات ۱۵۰+محلول پاشی سیلیسیوم ۱ دیده شد که اختلاف معنی داری با ترکیبات تیماری متیل جاسمونات ۷۵+محلول پاشی سیلیسیوم ۲ میلی مولار و متیل جاسمونات ۷۵+کودآبیاری سیلیسیوم ۱ میلی مولار نشان نداد. از نظر کلروفیل کل ترکیب تیماری متیل جاسمونات ۱۵۰+محلول پاشی سیلیسیوم ۱ به طور معنی داری بیشترین میزان را دارا بوده است و بیشترین میزان کاروتنوئید نیز در ترکیب تیماری محلول پاشی سیلیسیوم ۲ مشاهده شد. به طور کلی ترکیب تیماری متیل جاسمونات ۱۵۰+محلول پاشی سیلیسیوم ۱ سبب بهبود در صفات مربوط به عملکرد و پارامترهای فتوسنتزی در گیاه خرفه گردید.

کلمات کلیدی: دی اکسید کربن، سرعت تعرق، کاراتنوئید، کلروفیل.

مقدمه

افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش رشد گیاه گردید (Keramit and Daneshmand, 2012). به طور کلی میتل جاسمونات به عنوان یک محرک جهت افزایش متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی شناخته شده است. Parsa و Zeinali (۱۳۹۶) گزارش کردند که میتل جاسمونات موجب افزایش آلکالوئیدهای آتروپین و اسکوپولامین در گیاه دارویی بنگ دانه می‌گردد ولی همزمان رشد ریشه‌ها را کاهش داد.

سیلیسیوم برای تعداد محدودی از گیاهان عنصر ضروری می‌باشد اما در اکثر گیاهان به عنوان عنصر ضروری تلقی نمی‌شود (Stephan, 1994). با این حال مطالعات نشان داده است که این عنصر اثر مثبت بر رشد و عملکرد گیاهان دارد (Ma et al., 2000). Aryan و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تیمار سیلیسیوم روی گیاه شنبلله در شرایط تنش شوری دریافتند که استفاده از سیلیسیوم موجب بهبود شاخص‌های مختلف رشدی گیاه می‌گردد. Yaghubi و همکاران (۲۰۱۶) با کاربرد سیلیکات‌پتاسیم در شرایط تنش شوری توت فرنگی اعلام کردند که سیلیسیوم موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش مالون‌دی‌آلدهید و آب اکسیژنه می‌شود. رحیمی و همکاران (۱۳۹۰) طی تحقیقی بر روی تاثیر شوری و سیلیسیوم بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L) گزارش کردند عنصر سیلیسیوم در گیاه خرفه تاثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد برگ بوته، ارتفاع ساقه اصلی و شاخص سطح برگ داشته است. تاثیر سیلیسیوم بر عملکرد گیاه ممکن است به دلیل رسوب آن در پهنک و در نتیجه افزایش استحکام برگ بوده و یا بدلیل افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح باشد. همچنین مشخص شده است که کاربرد سیلیسیوم محلول جهت افزایش تولید آنزیم ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز در برگ لازم است که این آنزیم موجب افزایش راندمان تثبیت دی‌اکسید کربن و بهبود فتوسنتز می‌گردد (Adtina and Beasford, 1986).

خرفه با نام علمی *Portulaca oleracea* L. از رزشمند از خانواده *Portulacaceae* می‌باشد. این گیاه در بسیاری از کشورهای دنیا برای اهداف مختلف مانند تغذیه انسان، صنایع تبدیلی و دارویی کاربرد دارد (Stephan et al., 1994). این گیاه دارای میزان قابل توجهی دوپامین و نورآدرنالین (Dighe et al., 2008)، اسید چرب امگا ۳ (لینولیک اسید، ایکوزاپنتانوئیک اسید و دکوزاهگزانوئیک اسید)، ویتامین‌ها (آ، ث و ای)، بتاکاروتن و آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند آلفا توکوفرول، اسکوربیک اسید و گلوکوتایون می‌باشد (Simopoulos et al., 2004). دوپامین و نورآدرنالین به عنوان محرک سیستم عصبی و در درمان بیماری نارسایی قلب و به به عنوان یک ضد التهاب منتشر و موجب درمان شوک عصبی و عفونی می‌شود (Rang, Taylor. 2007 and Veena 2003). خرفه می‌تواند از بیماری‌های عفونی، قلبی عروقی و سرطان جلوگیری کند (Liu et al., 2000). همچنین از این گیاه به عنوان ضد درد و ضدالتهاب (Chan et al., 2000) ضد عفونی کننده و کاهش سمیت دیابت و کلیوی یاد می‌شود (Lee et al., 2012).

میتل جاسمونات (MJ) یک تنظیم‌کننده درونی گیاه می‌باشد که در رشد و نمو و پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی نقش مهمی دارد و به عنوان یک ملکلول پیام‌رسان در برخی از سیستم‌های انتقال پیام نقش ایفا می‌کند؛ همچنین سبب فعال شدن پاسخ‌های دفاعی گیاهی از طریق القای بیان ژن‌های دفاعی می‌شود (Creelman and Mullet, 1997). طی پژوهشی اثر میتل جاسمونات را بر عملکرد فیزیولوژیک گیاه سویا مورد بررسی قرار داده و بیان کردند که میزان اثر گذاری این هورمون رابطه مطلوبی با میزان غلظت آن دارد به طوری که در این گیاه میتل جاسمونات در غلظت‌های کم با افزایش توان دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود رشد گیاه سویا شد اما در غلظت‌های بالا موجب

در یک مرحله، زمانی که گیاهان شش برگ حقیقی داشتند، انجام شد. متیل جاسمونات به جرم مولکولی ۲۲۴/۳ گرم بر مول در دو غلظت تعریف شده ۷۵ و ۱۵۰ میکرومولار (به ترتیب ۱۶/۸۲ و ۳۳/۶۵ گرم در لیتر) به همراه شاهد که آب بود تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. سیلیسیوم مورد استفاده از منبع سیلیکات پتاسیم بوده است که حل پذیری خوبی در آب دارد لذا به منظور تهیه محلول غذایی، مقادیر ذکر شده در بالا توزین شده و در مقداری حلال آب حل شده و نهایتاً به حجم رسانده شد. جهت کاشت از گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۲۰ و با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که با خاک یکنواخت پر شده بودند (خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میزان عناصر پرمصرف خاک مزرعه در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است) استفاده شد. بذره‌های خرفه از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شده و با تراکم ۱۲ بوته در هر گلدان کاشته شد. آبیاری گیاهان به صورت آبیاری در پای بوته بعد از خشک شدن خاک سطحی گلدان انجام می‌گرفت.

از آنجایی که استفاده از سیلیسیوم به عنوان یک عنصر مفید در تغذیه و استفاده از متیل جاسمونات به عنوان یک محرک می‌تواند سبب افزایش برخی از صفات مطلوب گیاه دارویی خرفه شوند، بنابراین در این پژوهش بررسی اثر همزمان تیمار متیل جاسمونات و تغذیه سیلیسیوم بر خصوصیات مختلف رشدی و فتوسنتزی گیاه دارویی خرفه مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. فاکتور اول محلول‌پاشی متیل جاسمونات در سه سطح (M₀: صفر، M₇₅: ۷۵ و M₁₅₀: ۱۵۰ میکرومولار) و فاکتور دوم سیلیسیوم در پنج سطح (S₀: صفر، S_{f1}: ۱ میلی‌مولار کود آبیاری، S_{f2}: ۲ میلی‌مولار کود آبیاری، SS₁: ۱ میلی‌مولار محلول‌پاشی، SS₂: ۲ میلی‌مولار محلول‌پاشی)

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک بستر مورد آزمایش

Table 1. Physicochemical characteristics of soil used in this experiment

Sand%	Silt%	Clay%	TEXT.S	Organic carbon (%)	pH	EC(mS)	TNV%
49	34	17	Loam	3.256	7.56	1.36	34.5

جدول ۲- عناصر غذایی موجود در خاک بستر مورد آزمایش

Table 2. Nutritional elements of soil used in this experiment

Total nitrogen (%)	Phosphorus (mg.kg-1)	Potassium (mg.kg-1)	Magnesium (mg.kg-1)	Iron (mg.kg-1)	Manganese (mg.kg-1)	Zinc (mg.kg-1)	Copper (mg.kg-1)
0.32	63	595	440	3.26	6.28	4.42	1.2

(A)، تابش فعال فتوسنتزی بالای برگ (PAR_{top})، تابش فعال فتوسنتزی پایین برگ (PAR_{bot}) و تابش فعال فتوسنتزی محیط (PAR_{amb}) توسط دستگاه فتوسنتز متر Portable Gas Exchange & Fluorescence System (GFS- 3000, Walz, German) در یک روز آفتابی با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد بین ساعت ۹:۱۵ تا ۱۰:۳۰ اندازه‌گیری شدند (Nwugo and Huerta, 2008).

صفات مورفولوژیکی شامل وزن تر ساقه و وزن تر برگ توسط ترازوی دیجیتال دقیق با واحد گرم، همچنین طول و عرض برگ، طول ساقه و طول ریشه با خط‌کش و با واحد سانتی‌متر، همگی در مرحله ۸ برگ کاملاً توسعه یافته مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. پارامترهای فتوسنتزی نیز شامل درصد رطوبت نسبی برگ (rh)، سرعت تعرق (E)، هدایت روزنه‌ای (GH₂O)، نرخ جذب دی اکسید کربن

تیماری $M_{150}S_0$ و $M_{75}S_{F1}$ بالاترین میزان طول برگ را داشتند (جدول ۴). همچنین در صفت عرض برگ $M_{150}S_0$ برتری معنی داری نسبت به سایر ترکیبات تیماری دیده شد هرچند اختلاف با ترکیب تیماری $M_{150}S_{F1}$ معنی دار نبوده است (جدول ۴). غلظت بالای سیلیسیوم به تنهایی با هر دو روش کود آبیاری و محلول پاشی (M_0S_{F2} و M_0S_{S2})، غلظت بالای متیل جاسمونات به تنهایی ($M_{150}S_0$) و غلظت بالای کود آبیاری سیلیسیوم به همراه غلظت بالای متیل جاسمونات ($M_{150}S_{F2}$) بدون اختلاف معنی دار با یکدیگر، بالاترین طول ساقه را دارا بودند (جدول ۴). از نظر میزان طول ریشه ترکیبات تیماری $M_{150}S_{F1}$ و M_0S_{S2} برتری معنی داری نسبت به سایر ترکیبات تیماری داشتند (جدول ۴). وزن تر ساقه در ترکیبات تیماری $M_{75}S_{F1}$ و $M_{150}S_0$ به طور معنی داری نسبت به تمامی ترکیبات تیماری دیگر بیشتر بوده است (جدول ۴). ترکیب تیماری $M_{75}S_{S1}$ کمترین میزان وزن تر برگ را نشان داد؛ هرچند با ترکیبات تیماری $M_{150}S_{S1}$ و M_0S_0 اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۴). وزن خشک ساقه در تیمار $M_{75}S_0$ به طور معنی داری بیشتر از تمامی تیمارهای دیگر بود (جدول ۴). براساس نتایج ذکر شده، محلول پاشی غلظت بالای متیل جاسمونات به تنهایی ($M_{150}S_0$) سبب افزایش طول برگ، عرض برگ، طول ساقه و ارتفاع گیاه شده است. که نشان دهنده این است طول و عرض برگ تحت تاثیر غلظت بالا و متوسط متیل جاسمونات قرار گرفته اند. از آنجایی که فقط برگ های جوان برای اندازه گیری انتخاب شدند این اثر رشد متیل جاسمونات می تواند مربوط به نقش متیل جاسمونات در رشد ریشه های موئین و تنظیم جذب عناصر باشد (Zhang et al., 2018). در پژوهشی بر روی نعنای فلفلی بیان شده است استفاده از غلظت ۶۰ میکرو مولار متیل جاسمونات موجب افزایش سطح برگ گردید (وطن خواه و همکاران ۱۳۹۵). با نتایج حاصل از این پژوهش همسو می باشد.

جهت اندازه گیری میزان رنگرزه های فتوسنتزی ابتدا ۰/۵ گرم از وزن برگ تازه را در ۵ میلی لیتر استون ۸۰ درصد سایده و پس از سانتریفوژ با دور ۱۳۰۰۰ در دمای چهار درجه به مدت ۱۵ دقیقه، مایع رویی جدا گردیده و اندازه گیری طیف نور جذبی محلول با دستگاه اسپکتوفتومتر مدل (UV-1800 PC) در طول موج های ۶۶۳، ۶۴۵، ۶۴۶، و ۴۷۰ نانومتر انجام گرفت. در نهایت با استفاده از روابط زیر مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئیدها محاسبه شد (Arnon., 1949).

میلی گرم کلروفیل a در هر گرم برگ تر =

$$\{(12.7 \times A_{663}) - (2.69 \times A_{645})\} \times V / W \times 1000$$

میلی گرم کلروفیل b در هر گرم برگ تر =

$$\{(22.9 \times A_{645}) - (4.69 \times A_{663})\} \times V / W \times 1000$$

میلی گرم کلروفیل کل در هر گرم برگ تر =

$$\{(20.2 \times A_{646}) + (8.02 \times A_{663})\} \times V / W \times 1000$$

میلی گرم کاروتنوئید در هر گرم برگ تر =

$$\{(1000 \times A_{470}) - (1.8 \times \text{cla}) - (85.02 \times \text{clb})\} \times V / W \times 1000$$

آنالیز داده های این آزمایش نیز با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها از طریق آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد. عدد اسپد چطور اندازه گیری شد؟؟؟

نتایج و بحث

اجزای عملکرد

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که اثر ساده هر دو فاکتور متیل جاسمونات و سیلیسیوم بر تمامی صفات مورفولوژیکی گیاه خرفه به جز وزن تر و خشک برگ معنی دار بوده است (جدول ۳). اثر متقابل تیمار متیل جاسمونات و سیلیسیوم نیز بر صفات طول برگ، عرض برگ، طول ساقه، طول ریشه، وزن تر ساقه، وزن تر برگ و وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد ولی وزن خشک برگ معنی داری را نشان نداد (جدول ۳). براساس جدول مقایسه میانگین ترکیبات

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر سیلیسیوم و متیل جاسمونات بر صفات مورفولوژیکی خرفه

Table 3. Variance analysis of the effect of silicon and methyl jasmonate on morphological traits purslane

Source of Variation	df	Mean Square							
		leaf length	leaf width	Stem length	length Root	Fresh weight of stem	Fresh weight of leaves	Dry weight of stem	Dry weight of stem
Methyl jasmonate	2	0.5*	0.8**	17.6**	4.5**	1.3*	0.003 ^{ns}	0.01**	0.2 ^{ns}
Silicon	4	1.64**	0.4**	7.4**	3.4**	2.2**	0.01**	0.006**	0.3 ^{ns}
Methyl jasmonate* Silicon	8	1.07**	0.1**	20.9**	22.4**	6.6**	0.01**	0.006**	0.5 ^{ns}
Block	2	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.05 ^{ns}
Error	28	0.17	0.03	1.5	0.72	0.27	0.001	0.007	0.03
CV%		8.44	8.3	5	17.6	18.1	12.7	14	10.1

ns, * and ** indicate statistical non-significant, significance at 5% and 1% level of confidence, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سیلیسیوم و متیل جاسمونات بر صفات مورفولوژیکی خرفه

Table 4. Mean comparison of silicon and methyl jasmonate on morphological traits of purslane

Treatments	leaf length (cm)	leaf width (cm)	Stem length (cm)	Root length (cm)	Fresh weight of stem (g)	Fresh weight of leaves (g)	Dry weight of stem (g)**	Dry weight of leaves (g)ns
S ₀ M ₀	4.9 ^{bc}	1.9 ^f	24.4 ^{cd}	3.9 ^{cde}	2.2 ^{def}	0.20 ^{ed}	8.7 ^{cde}	25.6 ^a
S _{s1} M ₀	5.2 ^{bc}	2.1 ^{ef}	23.1 ^{def}	3.6 ^{cde}	2.7 ^{cd}	0.25 ^{bcd}	8.2 ^{ed}	32.0 ^a
S _{s2} M ₀	4.9 ^{bc}	2.2 ^{cdef}	27.6 ^{ab}	10.0 ^a	2.5 ^{de}	0.30 ^{abc}	9.6 ^{bcd}	9.4 ^a
S _{f1} M ₀	5.1 ^{bc}	2.0 ^{fg}	26.3 ^{bc}	4.5 ^{bcd}	2.0 ^{def}	0.25 ^{bcd}	12.0 ^b	7.8 ^a
S _{f2} M ₀	5.3 ^b	2.2 ^{def}	27.0 ^{ab}	5.0 ^{bc}	3.5 ^{bc}	0.33 ^a	8.6 ^{cde}	8.1 ^a
S ₀ M ₇₅	5.0 ^{bc}	2.4 ^{cd}	25.3 ^{bcd}	6.1 ^b	2.4 ^{de}	0.32 ^{ab}	19.8 ^a	6.6 ^a
S _{s1} M ₇₅	3.9 ^d	1.7 ^g	21.1 ^f	6.0 ^b	1.5 ^{ef}	0.16 ^e	8.6 ^{cde}	6.8 ^a
S _{s2} M ₇₅	4.5 ^{bcd}	2.2 ^{def}	24.3 ^{cd}	2.9 ^{ef}	2.4 ^{def}	0.31 ^{ab}	8.4 ^{ed}	7.7 ^a
S _{f1} M ₇₅	6.0 ^a	2.6 ^{bc}	26.5 ^{bc}	3.7 ^{cde}	5.5 ^a	0.36 ^a	8.0 ^{ed}	12.1 ^a
S _{f2} M ₇₅	4.4 ^{cd}	2.0 ^{fg}	21.5 ^f	4.7 ^{bcd}	2.1 ^{def}	0.24 ^{cd}	10.5 ^{bcd}	8.5 ^a
S ₀ M ₁₅₀	6.1 ^a	3.0 ^a	26.8 ^{ab}	4.8 ^{bcd}	5.6 ^a	0.35 ^a	9.6 ^{bcd}	8.3 ^a
S _{s1} M ₁₅₀	4.0 ^d	2.1 ^{ef}	26.1 ^b	2.8 ^{ef}	2.3 ^{def}	0.20 ^{ed}	10.6 ^{bcd}	5.4 ^a
S _{s2} M ₁₅₀	5.0 ^{bc}	2.5 ^{bcd}	23.8 ^{de}	2.0 ^f	2.7 ^{cd}	0.32 ^{ab}	9.0 ^{cd}	7.1 ^a
S _{f1} M ₁₅₀	5.1 ^{bc}	2.8 ^{ab}	22.0 ^{ef}	8.8 ^a	1.4 ^f	0.24 ^{cd}	6.4 ^e	2.2 ^a
S _{f2} M ₁₅₀	5.3 ^b	2.4 ^{cde}	29.0 ^a	3.2 ^{def}	3.9 ^b	0.36 ^a	11.0 ^{bc}	6.7 ^a

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P≤0.01).

در افزایش رشد رویشی و تولید زیست توده بیشتر بوده است بطوریکه در ترکیب تیماری M₇₅S_{f1} طول برگ، وزن

همچنین نتایج نشان داد که زمانیکه متیل جاسمونات استفاده نشده و یا به مقدار کم استفاده شده، نقش سیلیسیوم

تیماری $M_{150}S_0$ بوده است. (جدول ۶). ترکیبات تیماری $M_{75}S_{f1}$ و $M_{75}S_{f2}$ دارای کمترین نرخ جذب دی اکسید کربن بوده ولی کاربرد سیلیسیوم بصورت محلول پاشی در ترکیبات تیماری $M_{75}S_{s1}$ و $M_{150}S_{s1}$ بیشترین میزان این نرخ را داشتند (جدول ۶). نرخ بالای جذب دی اکسید کربن در این دو تیمار می تواند با جذب برگی سیلیسیوم مرتبط باشد چرا که این دو تیمار بطور معنی داری دارای سیلیسیوم برگ بیشتری نسبت به تمامی تیمارهای دیگر بودند (شکل ۱).

تشعشعات فعال فتوسنتزی در سطح برگ (PAR top) به طور معنی داری در ترکیب تیماری M_0S_{s1} بیشتر از سایر ترکیبات تیماری بود ولی تشعشعات فعال فتوسنتزی محیط (PAR amb) در M_0S_{s1} و $M_{150}S_{f1}$ کمترین مقدار بوده است (جدول ۶). نتایج بدست آمده همچنین نشان داد که تشعشعات فعال فتوسنتزی زیر برگ (PAR bot) به طور معنی داری در گیاهان M_0S_0 ، M_0S_{s1} و M_0S_{f2} کمترین مقدار را داشته است (جدول ۶). براساس نتایج بدست آمده ترکیب تیماری کودآبیاری سیلیسیوم با غلظت ۲ میلی مولار صرف نظر از تیمار متیل جاسمونات سرعت تعرق را افزایش معنی داری داده لذا کاربرد سیلیسیوم از طریق کودآبیاری توانسته است با باز نگه داشتن روزنه ها موجب حفظ تعرق گردد (۶/۳۳ میلی مول بر متر مربع در ثانیه در تیمارهای Sf2 در مقابل ۳/۳ میلی مول بر متر مربع در ثانیه در تیمارهای بدون سیلیسیوم) که در نتیجه جذب مواد معدنی و کارایی بالاتر گیاه را در پی خواهد داشت. گزارش شده است که سیلیسیوم می تواند باعث افزایش فتوسنتز خالص، هدایت روزنه ای، کارایی فتوسیستم دو و دی اکسید کربن خالص در گیاه گردد (Amador et al., 2007). کمترین میزان هدایت روزنه ای در ترکیب تیماری $M_{150}S_0$ مشاهده شد که همراستا با کاهش قابل توجه میزان تعرق در این ترکیب تیماری بوده است که می تواند یکی از مهمترین عوامل پایین بودن فتوسنتز در این ترکیبات تیماری باشد (Lu et al., 2009). از آنجایی که تیمار پایین سیلیس در

تر برگ و وزن تر ساقه، در ترکیب تیماری M_0S_{s1} طول ساقه، طول ریشه و وزن تر برگ و در ترکیب تیماری M_0S_{f1} طول ساقه و وزن تر برگ نسبت به شاهد به طور معنی داری بیشتر بود که نقش سیلیسیوم را در این رابطه نشان می دهد. افزایش رشد در ترکیبات تیماری مذکور با افزایش پارامترهای فتوسنتزی همراه نبود لذا احتمالاً دلیل افزایش رشد ناشی از تیمار سیلیسیوم بیش از آنکه به فتوسنتز مرتبط باشد به یک سازوکار فیزیکی مربوط می شود. سیلیسیوم حداقل از دو طریق موجب افزایش رشد رویشی گیاه می گردد: نخست با افزایش کارایی آب و افزایش محتوای نسبی برگ باعث افزایش فشار تورژسانس و افزایش اندازه برگ می شود (Fatemi et al., 1388). مکانیسم دوم اینکه سیلیسیوم با رسوب در بافت اپیدرمی برگ باعث افزایش ضخامت برگ و به دنبال آن باعث افزایش وزن تر برگ می گردد (Ma and Takahashi, 2002). همراستا با این نتایج، افزایش وزن تر برگ گیاه بنت گراس خزننده (*Creeping bentgrass*)، زوشیا (*Zoysia grass*) و داودی تحت تاثیر تیمار سیلیسیوم گزارش شده است (Linjuan et al 1999; Carvalho-; Zanao, 2012).

پارامترهای فتوسنتزی

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده سیلیسیوم بر تمامی پارامترهای فتوسنتزی اثر معنی دار بوده است ولی اثر ساده فاکتور متیل جاسمونات تنها بر رسانایی روزنه نسبت به بخار آب، تابش فعال فتوسنتزی بالا و پایین برگ و تابش فعال فتوسنتزی محیط برگ معنی دار بود (جدول ۵). اثر متقابل تیمار متیل جاسمونات و سیلیسیوم نیز بر تمامی پارامترهای فتوسنتزی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۵). سرعت تعرق (E) در ترکیبات تیماری که کودآبیاری سیلیسیوم ۲ میلی مولار استفاده شده بود (M_0S_{f2} و $M_{75}S_{f2}$ و $M_{150}S_{f2}$) به طور معنی داری بیشتر از شاهد بود (جدول ۶). کمترین هدایت روزنه ای (GH_2O) که بطور معنی داری از شاهد کمتر بوده است مربوط به ترکیب

غیاب متیل جاسمونات (M_0S_{S1}) همزمان با افزایش تشعشعات فتوسنتزی سطح برگ باعث کاهش تشعشعات فعال فتوسنتزی محیط، گردید لذا میتوان اینگونه نتیجه گیری نمود که محلول پاشی سیلیسیوم عامل اصلی افزایش تشعشعات فعال فتوسنتزی سطح برگ بوده است.

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس اثر سیلیسیوم و متیل جاسمونات بر پارامترهای فتوسنتزی گیاه خرفه

Table 5. Variance analysis of silicon and methyl jasmonate on photosynthetic parameters of purslane

Source of Variation	df	Mean Square						
		Relative water capacity	Transpiration rate (E)	Stomatal conductivity GH_2	CO ₂ assimilation (A)	Photosynthetic active radiation in top of the leaf	Photosynthetic active radiation in buttonnm of the leaf	Photosynthetic active radiation in atmosphere
Methyl jasmonate	2	3.2 ^{ns}	1.7 ^{ns}	3943 [*]	3.5 ^{ns}	57778 ^{**}	233.7 ^{**}	96057 ^{**}
Silicon	4	7.2 ^{**}	11.4 ^{**}	12503 ^{**}	54.5 ^{**}	15614 ^{**}	45.1 ^{**}	124776 ^{**}
Silicon* Methyl jasmonate	8	3.9 ^{**}	5.08 ^{**}	9428 ^{**}	39.5 ^{**}	71553 ^{**}	53.1 ^{**}	93334 ^{**}
Block	2	1.1 ^{ns}	0.7 ^{ns}	231.6 ^{ns}	0.09 ^{ns}	621.8 ^{ns}	5.03 ^{ns}	1056.1 ^{ns}
Error	28	1.1	1.7	954	1.9	3250	9.8	2256
CV%		2.09	28.4	21.8	9.5	11.9	9.9	8.9

ns, * and ** indicate statistical non-significant, significance at 5% and 1% level of confidence, respectively.

جدول ۶- مقایسه اثر سیلیسیوم و متیل جاسمونات بر پارامترهای فتوسنتزی گیاه خرفه

Table 6. Mean comparison of silicon and methyl jasmonate on photosynthetic parameters of purslane

Treatments	Relative water capacity (%)	CO ₂ assimilation (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Transpiration rate (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Stomatal conductivity (GH_2O) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Photosynthetic active radiation in top of the leaf ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Photosynthetic active radiation in buttonnm of the leaf ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Photosynthetic active radiation in atmosphere ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
S ₀ M ₀	50.1 ^{abc}	13.9 ^{cde}	3.5 ^{bcd}	104 ^e	508 ^{bc}	26.6 ^{fg}	595 ^{bc}
S _{S1} M ₀	50.2 ^{abc}	12.4 ^{ef}	4.1 ^{abc}	200 ^a	871 ^a	26.6 ^{fg}	141 ^f
S _{S2} M ₀	47.4 ^d	16.3 ^{bc}	3.2 ^{cd}	75 ^{cd}	453 ^{bde}	32.3 ^{cdef}	646 ^{abc}
S _{F1} M ₀	50.6 ^{abc}	11.3 ^{ef}	4.3 ^{abc}	174 ^{ab}	398 ^{cde}	28.3 ^{ef}	248 ^e
S _{F2} M ₀	51.7 ^{ab}	16.3 ^{bc}	6.2 ^a	206 ^a	474 ^{bcd}	22.0 ^g	585 ^{bcd}
S ₀ M ₇₅	50.5 ^{abc}	17.6 ^b	5.0 ^{abc}	204 ^a	484 ^{bcd}	36.8 ^{abc}	573 ^{cd}
S _{S1} M ₇₅	51.6 ^{ab}	21.0 ^a	5.0 ^{abc}	204 ^a	378 ^{de}	37.5 ^{ab}	618 ^{abc}
S _{S2} M ₇₅	51.6 ^{ab}	15.2 ^{bcd}	3.5 ^{bcd}	77 ^{cd}	441 ^{bde}	30.9 ^{cdef}	635 ^{abc}
S _{F1} M ₇₅	49.8 ^{bc}	9.9 ^{fg}	3.2 ^{cd}	89 ^{cd}	551 ^b	29.0 ^{ef}	671 ^{ab}
S _{F2} M ₇₅	51.0 ^{abc}	7.7 ^g	6.5 ^a	197 ^a	531 ^b	36.0 ^{abc}	507 ^d
S ₀ M ₁₅₀	50.3 ^{abc}	12.0 ^{ef}	1.4 ^d	38 ^d	507 ^{bc}	41.3 ^a	581 ^{bcd}
S _{S1} M ₁₅₀	52.0 ^a	20.0 ^a	5.2 ^{abc}	123 ^{cd}	348 ^{ef}	30.0 ^{def}	616 ^{abc}
S _{S2} M ₁₅₀	49.4 ^c	15.2 ^{bcd}	5.5 ^{abc}	165 ^{ab}	508 ^{bc}	35.3 ^{bcd}	689 ^a
S _{F1} M ₁₅₀	49.0 ^{cd}	12.7 ^{de}	5.9 ^{ab}	131 ^{ab}	464 ^{bcd}	30.0 ^{def}	163 ^f
S _{F2} M ₁₅₀	51.9 ^{ab}	14.9 ^{cd}	6.3 ^a	167 ^{ab}	255 ^f	33.4 ^{bde}	659 ^{abc}

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.01).

رنگیزه‌های فتوستتزی

به‌طور معنی‌داری بیشترین میزان را دارا بوده است و بیشترین میزان کاروتنوئید نیز در ترکیب تیماری M_0S_2 مشاهده شد (جدول ۸). از آنجایی‌که ترکیب تیماری $M_{150}S_1$ از نظر کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل برتری معنی‌داری بر سایر ترکیبات تیماری داشت لذا می‌توان گفت که تیمار همزمان تغذیه سیلیسیوم به روش محلول‌پاشی و غلظت بالای متیل جاسمونات می‌تواند موجب افزایش رنگیزه‌های فتوستتزی خرفه گردد. گزارش شده است که متیل جاسمونات باعث ترمیم رنگیزه‌های فتوستتزی از جمله کلروفیل *a* در گیاهان می‌شود (Piotrowska et al., 2009). در پژوهشی دیگر مشخص شد که استفاده از متیل جاسمونات در حضور نور تشکیل کلروفیل *a* و کلروفیل *b* را تحریک می‌کند (Ueda & Saniwski, 2006). سیلیسیوم نیز با افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش اکسیداسیون در غشای تیلاکوئید شده و باعث افزایش کلروفیل *a* و *b* و کلروفیل کل برگ می‌شود (Watanabe et al., 2002). همچنین Locarno و همکاران ۲۰۱۱ بیان کردند سیلیسیوم باعث افزایش میزان کلروفیل کل در گل رز شده است.

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده متیل جاسمونات و سیلیسیوم بر تمامی رنگیزه‌های فتوستتزی شامل کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل معنی‌دار بوده است و در خصوص کاروتنوئید تنها اثر ساده سیلیسیوم معنی‌دار شد و اثر ساده متیل جاسمونات بر این صفت معنی‌دار نبوده است (جدول ۷). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر متقابل سیلیسیوم و متیل جاسمونات بر شاخص اسپد، کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در سطح یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۷). عدد اسپد در ترکیب تیماری $M_{150}S_{f1}$ به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر ترکیبات تیماری بیشتر بوده است (جدول ۸). بیشترین میزان کلروفیل *a* در ترکیب تیماری $M_{150}S_1$ بوده است که با ترکیبات تیماری متیل جاسمونات بدون سیلیسیوم ($M_{150}S_0$ و $M_{75}S_0$) تفاوت معنی‌داری نداشته و هر سه ترکیب تیماری نسبت به شاهد برتری داشتند (جدول ۸). همانند کلروفیل *a*، بیشترین میزان کلروفیل *b* در ترکیب تیماری $M_{150}S_1$ دیده شد که اختلاف معنی‌داری با ترکیبات تیماری $M_{75}S_{f1}$ و $M_{75}S_2$ نشان نداد (جدول ۸). از نظر کلروفیل کل ترکیب تیماری

جدول ۷- جدول تجزیه واریانس اثر سیلیسیوم و متیل جاسمونات بر صفات بیوشیمیایی خرفه
Table 7. Variance analysis of silicon and methyl jasmonate on biochemical traits of purslane

Source of Variation	df	Mean Square				
		SPAD	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Carotenoids
Methyl jasmonate	2	2.9**	132.0**	9.9*	188.4**	67149.5 ^{ns}
Silicon	4	7.1**	22.6**	7.1*	2.5**	254788.9**
Methyl jasmonate* Silicon	8	17.9**	35.1**	14.8**	68.3**	155525.7**
Block	2	0.18 ^{ns}	1.8 ^{ns}	2.2 ^{ns}	9.2 ^{ns}	11280.5 ^{ns}
Error	28	0.2	5.03	1.8	5.05	22243
CV%		1.2	18.8	29.9	15.05	17.2

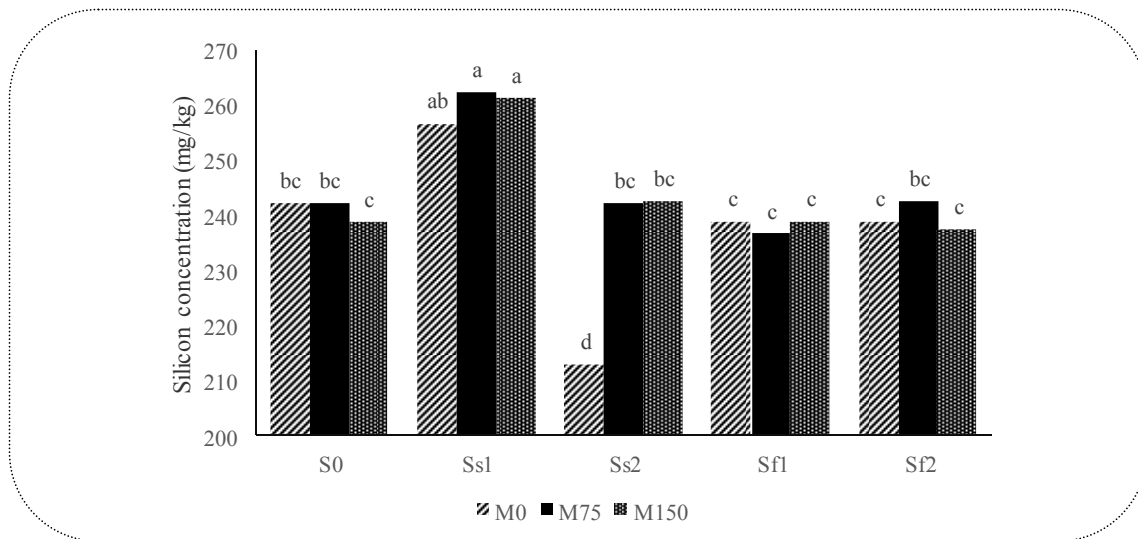
ns, * and ** indicate statistical non-significant, significance at 5% and 1% level of confidence, respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر سیلیسیوم و متیل جاسمونات بر صفات فیتوشیمیایی خرفه

Table 8. Mean comparison of silicon and methyl jasmonate on phytochemical traits of purslane

Treatments	SPAD	Chlorophyll a (mg g-1 FW)	Chlorophyll b (mg g-1 FW)	Total chlorophyll (mg g-1 FW)	Carotenoids (mg g-1 FW)
S ₀ M ₀	38 ^{cd}	11.7 ^{cd}	4.0 ^{def}	15.8 ^{def}	751 ^{def}
S _{s1} M ₀	38 ^c	9.6 ^{efg}	3.1 ^{ef}	12.8 ^g	696 ^{def}
S _{s2} M ₀	35 ^{ij}	8.4 ^{fg}	2.6 ^{ef}	11.1 ^g	1402 ^a
S _{f1} M ₀	38 ^{cd}	14.7 ^{abcd}	6.1 ^{bc}	21.1 ^{bc}	917 ^{bcd}
S _{f2} M ₀	39 ^b	9.5 ^{efg}	2.2 ^f	11.3 ^g	487 ^f
S ₀ M ₇₅	36 ^{fg}	17.7 ^{ab}	4.7 ^{def}	22.6 ^b	1067 ^b
S _{s1} M ₇₅	37 ^{ef}	7.2 ^g	4.8 ^{ede}	10.3 ^g	548 ^f
S _{s2} M ₇₅	37 ^{def}	11.5 ^{def}	7.9 ^{ab}	16.5 ^{def}	957 ^{bcd}
S _{f1} M ₇₅	34 ^j	5.8 ^g	7.9 ^{ab}	13.9 ^{efg}	579 ^{ef}
S _{f2} M ₇₅	37 ^{ede}	11.9 ^{cd}	4.3 ^{def}	16.4 ^{def}	854 ^{bcd}
S ₀ M ₁₅₀	36 ^{gh}	16.3 ^{ab}	3.2 ^{ef}	19.7 ^{bcd}	1030 ^{bc}
S _{s1} M ₁₅₀	37 ^{def}	18.4 ^a	9.2 ^a	27.8 ^a	726 ^{def}
S _{s2} M ₁₅₀	35 ^{hi}	13.5 ^{bcd}	3.4 ^{ef}	17.1 ^{cde}	917 ^{bcd}
S _{f1} M ₁₅₀	42 ^a	15.8 ^{abc}	3.5 ^{def}	19.4 ^{bcd}	1056 ^b
S _{f2} M ₁₅₀	34 ^j	15.8 ^{abc}	6.0 ^{bcd}	22.0 ^b	939 ^{bcd}

Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.01).



شکل ۱- اثر متقابل سیلیسیوم و متیل جاسمونات بر میزان سیلیسیوم برگ گیاه خرفه (ستون با حروف مشترک دارای اختلاف معنی داری در سطح یک درصد نمی باشد)

Figure 1. Interaction effect of Si and MJ treatments on the leaf silicon concentration of purslane. Different lowercase letters represent significant differences between treatments (P<0.01).

منابع

رحیمی، ز. م. کافی، ا. نظامی، و ح. ر. خزاعی. ۱۳۹۰. تاثیر سطوح شوری و سیلیسیم بر برخی ویژگیهای مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea* L.). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۳): ۳۵۹-۳۷۴.

Adtina, M. H. and Beasford, R. T. 1986. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. *Annals of Botany*. 58: 343-351.

Amador, B. M., S. Yamada., T. Yamaguchi., E. R. Puente, N. A. Serrano, J. L. Hernandez, R. L. aguilar Amador, E. T. Dieguez, and A. N. Garibay. 2007. Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 193: 413-421.

Arnon, D. I, 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts; polyphenol-oxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiol.* 24, 1-15.

Aryan, H., M. Naseri, and S.H. Nemati. 1393. The Effect of Silica on Reducing the Effects of Salinity in Fenugreek. *Agriculture Research (Research & Development)*, No. 104. 172-165.

Carvalho-Zanão, M. P, L. A. Zanao junior, J. G. Barbosa, J. A. S. Groosi, and V. T. Avila. 2012. Yield and shelf life of chrysanthemum in response to the silicon application. *Horticultura Brasileira* 30: 403-408.

Chan, K., M. W. Islam, M. Kamil, R. Radhakrishnan, M. N. Zakaria, and M. Habibullah. 2000. The analgesic and anti-inflammatory effects of *Portulaca oleracea* L. subsp. *Sativa* (Haw.) Celak. *J. Ethnopharmacol.* Dec; 73 (3):445- 451.

Dighe, V., O. Dhotre, P. S. Gaurang, and A. Gursale. 2008. Quantification of Dopamine in *Portulaca oleracea* Linn. by High-Performance Thin-Layer Chromatography. *Journal of Planar Chromatography*, 3: 183–186.

Epstein, E, 1994. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc Natl Acad Sci USA* 91: 11-17.

Fatemi Seidler, L., S. Tabatabai, and A. Fallahi. 1388. Effect of silicon on growth and yield of strawberry plant in conditions of salt stress *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Industries)* 23: 88-95

Goyal, A. 2012. Crop Plant. Chapter 2: Silicon the non-essential beneficial plant nutrient to enhanced drought tolerance in wheat. Utah State University. Pp. 1-240

Keram, B., and F. Daneshmand. 2012. Dual role of methyl jasmonate in physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) plant. *Journal of Plant Process and Function* 1(1): 26-38 (in Persian).

Korndorfer, G.H. and I. Lepsch. 2001. Effect of silicon on plant growth and crop yield. In: *Silicon in Agriculture*. (ed. Datnoff, L.E., Snyder, G. H. and Korndorfer, G. H.) . 133-147. Elsevier, Amsterdam.

Lee, A.S., Y. J. Lee, S. M. Lee, J. J. Yoon, J. S. Kim, D. G. Kang. 2012. An aqueous extract of *Portulaca oleracea* ameliorates diabetic nephropathy through suppression of renal fibrosis and inflammation in diabetic db/db mice. *The American Journal of Chinese Medicine*, 40(3): 495-510

Linjuan, Z., J. Junping, W. Lijun, L. Min. and Z. Fusoo. 1999. Effects of the silicon on the seedling growth of creeping bentgrass and zoysiagrass. In: *Conference Silicon in Agriculture*, Fort Lauderdale, Florida, USA.

Liu, L., P. Howe, Y.F. Zhou, Z.Q. Xu, C. Hocart, and R. Zhang. 2000. Fatty acids and β carotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. *J. Chromat. A.* 893: 207-213

Locarno, M., C. G. Fochi, and P. D. O. Paiva. 2011. Influence of silicate fertilization on chlorophylls of rose leaves. *Ciência e Agrotecnologia* 35: 287-290

Lu, K. X., B. H. Cao, X. P. Feng, Y. He, and D. A. Jiang. 2009. Photosynthetic response of salt-tolerant and sensitive soybean varieties. *Photosynthetica* 47: 381-387.

Ma, J. F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plant to biotic and abiotic stresses. *Soil Sci.* 50:11-18.

Ma, J. F. and E. Takahashi. 2002. Soil, fertilizer and plant silicon research in Japan. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Nwugo, C. C. and A. J. Huerta. 2008. Effects of silicon nutrition on cadmium uptake, growth and photosynthesis of rice plants exposed to low-level cadmium. *Plant Soil.* 311: 73-86.

Parsa, M. and A. Zeinali. 2016. Effect of jasmonic acid and methyl jasmonate elisitors on the amount of atropine and scopolamine tropan alkaloids in hair and root roots of plant tissue culture. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 30 (4).74-59

Piotrowska, A., A. Bajguz, B. Godlewska Zylkiewicz, and R. Czerpak. 2009. Jasmonic acid modulator of lead toxicity in aquatic plant *Wolffia arrhizal* (Lemnaceae). *Environmental and Experimental Botany* 66: 507-513.

Popova, L., E. Ananieva, V. Hristova, K. Christov, K. Georgieva, V. Alexieva, and Z.H. Stoinova. 2003. Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 18: 133-152.

Rang, H.P. 2003. "Churchill Livingstone". Pharmacology. Edinburgh ISBN 0-443- 07145-4.167.

Romero-Aranda, M. R., O. Jurado, and J. Cuartero. 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology* 163: 847-855.

Salunkhe, D.K. and S.S. Kadam. 1998. Handbook of Vegetable Science and Technology. Marcel Dekker, INC. 727.

Savvas, D., D. Giotis, E. Chatzieustratiou, M. Bakea, and G. Patakioutas. 2009. Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. *Environmental and Experimental Botany* 65: 11-17

Simopoulos, A.P. 2004. Omega-3 fatty acids and antioxidants in edible wild plants. *Biol. Res.* 37: 263-277.

Stephan, J.M, 1994. Purslane. Fact sheet HS-651. Florida Cooperative Extension Service Institute of Food and Agriculture Sciences. University of Florida. 7 pp.

Ueda, J. and M. Saniewski. 2006. Methyl jasmonate-induced stimulation of chlorophyll formation in the basal part of tulip bulbs kept under natural light conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Reserch* 14: 199-210.

Vatankhah, E., B. Kalantari, and B. Andalibi. 2015. Effect of methyl jasmonate on some physiological and biochemical responses of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salt stress. *Plant Functioning Process*.5(17).157-171.

Veena, V. and C. G. Taylor. 2007. "Agrobacterium rhizogenes: Recent developments and promising applications". In *Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 43: 383-403

Watanabe, S., T. Fujiwara, T. Yoneyama, and H. Hayashi. 2002. Effects of silicon nutrition on metabolism and translocation of nutrients in rice plants. *Developments in Plant and Soil Sciences* 92: 174-175.

Yaghubi, K.h., N. Ghaderi, Y. Vafae, and T. Javadi. 2016. Potassium silicate alleviates deleterious effects of salinity on twostrawberry cultivars grown under soilless pot culture. *Scientia Horticulturae*, 213: 87-95.

Zhang, D.J., Yang Y.J., Liu C.Y., Zhang F., and Wu Q.S. 2018. Root Hair Growth and Development in Response to Nutrients and Phytohormones. In: *Root Biology*, pp. 65-84.