تحقیقات آب و خاک ایران | دوره ۵۲ | شماره ۱۰ | دی ۱۴۰۰ (ص ۲۶۰۶-۲۵۹۵)

https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2021.323976.668976

(مقاله علمی-پژوهشی)

Investigation of the Effects of Organic and Plant Culture Substrates and Silicon on Yield and Its Components in Strawberry (Fragaria ananassa) Cultivar Selva under Soilless Culture

MAHSA AZIZI YEGANEH[1], ALI ASGHAR SHAHABI[2*], ALI EBADI[3], VAHID ABDOOSI[1]

1. Department of Horticulture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran
3. Department of Horticulture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: May. 17, 2021- Revised: June. 29, 2021- Accepted: Oct. 18, 2021)

ABSTRACT

The present study was conducted to investigate the effects of culture substrate and silicon on yield and its components in strawberry cultivar Selva under soilless culture in the greenhouse of the Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center in 2019. This experiment was performed in split plots as a randomized complete block design with three replications under greenhouse conditions. The main treatment of culture substrate at four levels included 50% perlite and 50% peat moss, 70% perlite and 30% peat moss, 50% perlite, and 50% vermicompost, 70% perlite, and 30% vermicompost and sub-treatment included the application of silicon at three levels of (0, 50 and 100 mg / l) with plant nutrient solution in strawberry cultivar Selva. Evaluation of the results showed that the application of vermicompost substrate due to the increased salinity caused a significant reduction in yield and its components, but the effect of salinity on traits was different. Application of 50 mg / l of silicon caused the highest yield, total fruit number, number of leaves, chlorophyll index, vitamin C, and fresh and dry weight of roots as well as the lowest acidity of the fruit and fruitless flowers compared to the control, (by 7.01, 4.91, 6.33, 3.64, 8.87, 4.9, 9, 10.71, and 4.67% more than the treatment without application of silicon).

Keywords: Culture Substrate, Soilless Culture, Silicon, Strawberry.

* Corresponding author's Email: ali.a.shahabi@gmail.com

بررسی تأثیر بستر کشت آلی و گیاهی و عنصر سیلیسیوم بر خصوصیات عملکرد و اجزا آن در توت‌فرنگی رقم سلوا (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. Selva) تحت کشت بدون خاک

مهسا عزیزی یگانه[۱]، علی اصغر شهابی[۲*]، علی عبادی[۳]، وحید عبدوسی[۱]

۱. گروه علوم باغبانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳. گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۷- تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۴/۸- تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۷/۲۶)

چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر بستر کشت و عنصر سیلیسیوم بر عملکرد و اجزا آن در توت فرنگی رقم سلوا تحت کشت بدون خاک، در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش در قالب طرح اسپیلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار تحت شرایط گلخانه اجرا گردید. تیمار اصلی بستر کشت در چهار سطح مخلوط حجمی شامل ۵۰ درصد پرلیت و ۵۰ درصد پیت ماس، ۷۰ درصد پرلیت و ۳۰ درصد پیت ماس، ۵۰ درصد پرلیت و ۵۰ درصد ورمی کمپوست و ۷۰ درصد پرلیت و ۳۰ درصد ورمی کمپوست و تیمار فرعی کاربرد سیلیسیوم در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) همراه با محلول غذایی در پای بوته‌های توت فرنگی رقم سلوا اعمال شد. نتایج نشان داد که بستر ورمی کمپوست به دلیل افزایش شوری باعث کاهش معنی دار عملکرد و اجزا آن شد ولی تأثیر شوری روی صفات متفاوت بود. کاربرد سیلیسیوم با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر بیشترین مقدار عملکرد، تعداد کل میوه، تعداد برگ، شاخص کلروفیل، ویتامین ث و وزن تر و خشک ریشه و کمترین اسید میوه و گل بدون میوه را نسبت به شاهد داشت که تأثیر آن به‌ترتیب ۷/۰۱، ۴/۹۱، ۶/۳۳، ۳/۶۴، ۸/۸۷، ۴/۹، ۹، ۱۰/۷۱، ۴/۶۷ درصد بیشتر از تیمار بدون کاربرد سیلیسیوم بود. با توجه به نتایج این آزمایش با کاربرد غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم در محلول غذایی کشت بدون خاک توت فرنگی رقم سلوا می‌توان بدون کاهش عملکرد به جای استفاده از بستر پیت ماس وارداتی با پرلیت از بستر ورمی کمپوست داخلی با پرلیت استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، کشت بدون خاک، سیلیسیوم، توت فرنگی.

مقدمه

وقوع خشکسالی های متوالی و کاهش کمی و کیفی منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی، باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی شده است. از جمله راهکارهای مؤثر در کنترل شرایط فوق، افزایش بهروری آب با استفاده از کشت‌های گلخانه‌ای، استفاده از ارقام مقاوم به تنش‌های خشکی و شوری و کاربرد عناصر غذایی مؤثر در کاهش تنش‌های فوق از جمله سیلیسیوم در برنامه‌های تغذیه گیاهی می‌باشد. کشت‌های گلخانه‌ای و هیدروپونیک در سال‌های اخیر در ایران رشد قابل توجهی داشته است. تولید مواد غذایی به روش کشت بدون خاک به دلیل داشتن مزایایی نظیر کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد و کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و دوری از بیماریهای خاکزاد(Treftz & Omay, 2015)، جذابیت بیشتری نسبت به کشت خاکی و سنتی پیدا کرده است.

توت فرنگی با نام علمی(*Fragaria ananassa*) و از تیره Rosaceae(Kumar, 2015) یکی از محصولات مهم گلخانه‌ای در ایران و جهان محسوب می‌شود که به علت طعم خوب، رنگ و شکل خاص، ویتامین‌ها و خواص آنتی اکسیدانی (Van Develde; *et al*., 2013; Lakshmikanth *et al*.,2020; Barooah and Datta 2020 Singh *et al*., 2015 Cerezo *et al*., 2010) که دارد مورد توجه اغلب افراد قرار گرفته است.

بستر پیت ماس ماده‌ای گیاهی است که از خزه‌های اسفگنوم با تجزیه در شرایط بی هوازی مثل مرداب‌ها و باتلاق‌ها تشکیل می‌گردد. تخلخل بالا، تهویه خوب و ظرفیت نگهداری آب زیاد دارد و عاری از عوامل بیماری گیاهی بوده و منجر به رشد سریع‌تر گیاه می شود (Mohammadi Ghahsareh and Samadi, 2012). پیت ماس به‌طور گسترده‌ای به دلیل ویژگی‌ها و خاصیت فیزیکی مطلوب به عنوان بستر کشت بدون خاک استفاده

* نویسنده مسئول: ali.a.shahabi@gmail.com

می‌شود (Abul-soud *et al.*, 2015). با وجود تمامی مزایایی که برای پیت برشمرده شد در بسیاری از نقاط جهان جستجو برای یافتن موادی که جایگزین پیت شوند به شدت دنبال می شود (Papathanasiou *et al.*, 2012). از طرفی با توجه به اینکه بستر غالب کشت‌های هیدروپونیک در کشور ما از جمله توت فرنگی از مخلوط پیت ماس وارداتی و پرلیت تولید داخل می‌باشد، ضروری است در جهت تولید و یا جایگزینی نهاده‌های وارداتی با تولید داخل، واحدهای تحقیق و توسعه فعال شوند.

یکی از بستر های آلی تولید داخل که در بخش کشاورزی بخصوص در تولید محصولات گلخانه‌ای اهمیت پیدا کرده است، ورمی کمپوست می‌باشد. ورمی کمپوست حاصل یک فرآیند بیولوژیکی ساده است که از تجزیه و فروپاشی تمام انواع ضایعات آشپزخانه، بازار، صنایع زیستی وابسته به کشاورزی، صنایع غذایی و ... به دست می‌آید که بعد از عبور از روده کرم خاکی تبدیل به یک ماده مغذی و با ارزش برای گیاهان می‌شود (Adhikary, 2012 ; Singh *et al.*, 2008). آنزیم های موجود در ورمی کمپوست حتی بعد از خروج کرم های خاکی از آن به تجزیه مواد ارگانیک ادامه می‌دهند (Olle, 2016). ورمی کمپوست به‌عنوان یک اصلاح کننده عالی خاک و بستر گلخانه ها استفاده می‌شود که تبدیل بسیاری از مواد مغذی به فرم های قابل دسترس برای گیاه از ویژگیهای منحصر به فرد آن است (Chanda, 2011). ورمی کمپوست مانند پیت ماس دارای تخلخل زیاد، تهویه، زهکشی، ظرفیت نگهداری آب زیاد و فعالیت زیاد توده میکروبی است. در آزمایشی کاربرد ورمی کمپوست عملکرد و کیفیت میوه‌های تجاری توت فرنگی را ۵۸/۶٪ افزایش داده است (Adhikary *et al*.2012). اثر سه نوع عصاره ورمی کمپوست بر رشد و عملکرد توت فرنگی رقم چندلر بررسی و مشاهده شد که ورمی کمپوست باعث افزایش سطح برگ و ماده خشک و همچنین افزایش عملکرد می‌شود (Singh *et al.*, 2008). در آزمایشی دیگر ورمی کمپوست رشد و شاخص های عملکرد توت فرنگی را به میزان قابل توجهی افزایش داد، از جمله ۳۷ درصد افزایش در برگ، ۳۷ درصد در زیست توده گیاه سبز، ۴۰ درصد در تعداد گل، ۳۶ درصد در تعداد رانرها و ۳۵ درصد در وزن میوه های قابل فروش (Arancon, 2004). در آزمایش (Singh *et al.*, 2015) ورمی کمپوست موجب رشد و افزایش عملکرد میوه توت فرنگی شد، این افزایش عملکرد به دلیل افزایش تعداد میوه در بوته، افزایش طول و عرض میوه و یا افزایش وزن توت‌ها عنوان شد.

سیلیسیوم از مواد عمده تشکیل دهنده خاک است که در کشت‌های خاکی به‌طور طبیعی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. اما در تولیدات گلخانه‌ای با محیط کشت‌های مختلف یا آبکشت و محلول‌های غذایی متداول، سیلیسیوم موجود نیست. سیلیس عنصر بسیار مفیدی برای کشت بدون خاک توت فرنگی است. حضور سیلیس در محلول غذایی و منطقه ریشه توت فرنگی تحت کشت بدون خاک، باعث افزایش مقاومت گیاه به شوری، افزایش سلامتی گیاه، مقاومت به بیماری‌ها، بهبود در عملکرد و کیفیت میوه می‌شود (Morgan, 2005). سیلیسیوم در کشت هیدروپونیک خیار[۱]، کاهو[۲]، توت فرنگی[۳]، رز[۴]، خربزه[۵]، هندوانه[۶] و در سیب[۷] به عنوان مکمل رشد و همچنین افزایش عملکرد در گیاهان زینتی به کار رفته است (Jana and Jeong, 2014). در توت فرنگی رقم سلوا کاربرد سیلیسیوم در محلول غذایی در شرایط شوری باعث کاهش اثرات منفی حاصل از شوری و افزایش شاخص‌های عملکرد نظیر تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و ریشه شد (Fatemi, 2009). علاوه بر این اثر تعدیل کننده سیلیسیوم بر شوری در لوبیا[۸]، برنج[۹]، کهور[۱۰]، گندم[۱۱]، جو[۱۲]، خیار[۱۳] و گوجه فرنگی[۱۴] مورد آزمایش قرار گرفته است (*et al.*, 2011 Naseri). کاربرد ریشه‌ای سیلیسیوم با غلظت‌های ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی گرم در لیتر در خیار به‌ترتیب باعث افزایش عملکرد میوه‌های خیار به میزان ۸/۶۰ و ۵/۸۹ درصد شد (Jarosz, 2013). نتایج تحقیقات مختلف نشان داده که سیلیسیوم میزان فتوسنتز خالص، هدایت روزنه ای، کارایی مصرف آب را افزایش و میزان تعرق را کاهش داده و مقدار میوه و میانگین وزن میوه و عملکرد را در توت فرنگی بالا برده (Li *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2019; Dehghanipoodeh *et al.*, 2018). همچنین کاربرد سیلیسیوم طی رشد زایشی و در مرحله گلدهی گیاه برنج بیشترین تأثیر را در افزایش وزن هزاردانه، عملکرد و تعداد سنبله داشت (Cuong *et al.*, 2017). افزودن ۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم به محلول غذایی سبب افزایش تعداد گل در گل رز شاخه بریده (*Rosa xhybrida Hot Lady*) هم در تیمارهای حاوی شوری و هم بدون تیمار شوری شد (Rizi *et al.*, 2012). در آزمایشی اضافه کردن سیلیسیوم میزان کلروفیل و فعالیت ریبولوز بیو فسفات کربوکسیلاز را در خیارهای رشد کرده در محلول غذایی افزایش

1 - *Cucumis sativus* L.
2- *Lactuca sativa* L.
3- *Fragaria ananassa*
4 - *Rosa*
5- *Cucumis melo* L.
6 - *Citrullus lanatus* Thunb.
7 - *Malus domestica*
8 - *Phaseolus vulgaris*
9 - *Oryza sativa*
10 -*Prosopis juliflora*
11 -*Tritcum aestivum* L.
12-*Hordeum vulgare*
13 -*Cucumis sativus* L.
14 - *Solanum lycopersicum*

داد (Shen *et al*., 2010). نتایج تحقیق Agarie *et al*. (1993) نشان داد کـه بـا کاهش مقدار سیلیسیوم، مقدار کلروفیل برگ برنج کاهش می یابد . کاربرد ۵۶ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم بر روی گوجه فرنگی در شرایط شور باعث بهبود رشد گیاه گوجه فرنگی، رنگدانه فتوسنتزی و محتوای پروتئن محلول، میزان فتوسنتز خالص و بهبود صفات موفولوژیکی ریشه در شرایط هیدروپونیک شد (Li *et al*., 2015). در آزمایشی بیشترین مقدار ویتامین ث در سیب زمینی های تیمار شده با ۲۵ تن ورمی کمپوست و ۱۰۰ درصد NPK مشاهده شد که علت را اثر افزایش عرضه عنصر روی از طریق مواد آلی که مانع فعالیت آنزیم اسید اسکوربیک اکسیداز (مسول تخریب اسید اسکوربیک) می شود بیان کردند(Shambhavi and Sharma, 2008). در آزمایش Yousefi and Asna Ashari (2016) توت فرنگی ها در غلظت ۶۰ میلی گرم در لیترسیلیسیوم نسبت به دیگر غلظت‌ها دارای مقدار بیشتر ویتامین ث بودند. تیمار ۶۳ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم باعث افزایش میزان ویتامین ث میوه‌های گوجه فرنگی شد (Stamatakis *et al*., 2003).

هدف از این تحقیق این بود که با کاربرد سیلیسیوم در محلول غذایی کشت بدون خاک توت فرنگی رقم سلوا، شوری بستر ورمی کمپوست را کاهش داده تا بتوان بهترین نسبت بستر کشت (ورمی کمپوست/ پرلیت) را در مقایسه با بستر کشت (پیت ماس/ پرلیت) انتخاب و بعنوان جایگزین مناسب برای آن معرفی کرد. که در این صورت توانسته باشیم وابستگی کشور را از نظر وارد کردن بستر کشت وارداتی و پر هزینه پیت ماس در سیستم کشت هیدروپونیک توت فرنگی کاهش داده و بستر کشت ورمی کمپوست را که به راحتی و کمترین هزینه در داخل کشور قابل دستیابی است، جایگزین آن کنیم بطوری که بیشترین عملکرد و کیفیت محصول را نیز به همراه داشته باشیم.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر بستر کشت و عنصر سیلیسیوم بر عملکرد و اجزا آن در توت فرنگی رقم سلوا در سال ۹۸-۱۳۹۷ در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان به‌صورت کشت هیدروپونیک انجام شد. در آماده سازی مخلوط-های حجمی، به‌منظور رفع شوری احتمالی بستر کشت ورمی کمپوست آبشویی بر روی این بستر صورت گرفت. روی بستر کشت پرلیت و پیت ماس هیچ گونه عملیاتی صورت نگرفت. نشاهای توت فرنگی از کردستان خریداری شدند. آزمایش در قالب طرح اسپیلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در۳ تکرار در نظر گرفته شد. تیمار اصلی بستر کشت در چهار سطح شامل مخلوط حجمی ۵۰ درصد پرلیت و ۵۰ درصد پیت ماس (S_1)، مخلوط حجمی ۷۰ درصد پرلیت و ۳۰ درصد پیت ماس (S_2)، مخلوط حجمی ۵۰ درصد پرلیت و ۵۰ درصد ورمی کمپوست(S_3) و مخلوط حجمی ۷۰ درصد پرلیت و ۳۰ درصد ورمی کمپوست (S_4) و تیمار فرعی کاربرد سیلیسیوم در سه سطح شامل صفر (Si_1)، ۵۰ میلی گرم در لیتر (Si_2) و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر (Si_3) همراه با محلول غذایی در پای بوته های توت فرنگی رقم سلوا اعمال شد. برای کشت گلدان هایی با قطر دهانه ۱۸ سانتی متر استفاده شد. در تاریخ اول آبان سال ۱۳۹۷ گلدان ها با نسبت های ذکر شده بستر کشت پر شدند. برای کاهش سطح تبخیر و تعرق نشاءها در هنگام انتقال و مراحل بعدی فقط برگ‌های انتهایی باقیمانده و سایر برگ‌ها بریده شد. ریشه‌ها به مدت ۲ ثانیه در محلول قارچ کش کاپتان + مانکوزب قرار گرفت و بلافاصله تعداد سه نشاء در هر گلدان کشت شد. دمای محیط (حداکثر دمای گلخانه در روز ۲۵ و در شب ۱۸ درجه سانتی گراد) تنظیم و رطوبت اشباع برای تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. محلول غذایی (جدول ۱) مورد نیاز بوته ها همراه با افزودن سیلیسیوم در غلظت های ذکر شده در بشکه های ۱۰۰ لیتری تهیه و هم زمان با آبیاری روزانه در اختیار بوته ها قرار گرفت. بعد هر مرحله تغذیه گلدانها هدایت الکتریکی (Ec)[1] زه آب خارج شده از گلدانها در هر بستر به‌وسیله Ec متر مدل CON500 بر حسب دسی زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد. با توجه به هدایت الکتریکی زه‌آب خارج شده از بسترها، تقریباً هفته ای یک بار آبشویی از گلدان‌ها (هم پیت ماس و هم ورمی کمپوست) انجام می‌شد. طی فصل رشد همزمان با ظهور اندام‌های مختلف گیاه تا تولید میوه صفات مورد نظر اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن کل میوه ها و وزن تر و خشک ریشه ها از ترازوی دیجیتال مدل Electronic Compact Scale SF_400C، شاخص کلروفیل از کلروفیل متر مدل Konica Minolta SPAD 502 Plusاستفاده شد. تعداد برگ، میوه و گل بدون میوه شمارش شدند. در اندازه‌گیری اسیدیته پس از تهیه عصاره میوه‌ها، اسیدیته به‌وسیله تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن pH به ۸/۱ استفاده شد وطبق فرمول زیر به صورت درصد اسید سیتریک بیان گردید(Vahdat *et al*., 2012).

$$\text{اسیدیته کل} = \frac{\text{مقدار سود مصرفی} \times 0.064}{\text{حجم نمونه}}$$

ویتامین ث به وسیله تیتراسیون با یدور پتاسیم طبق فرمول زیر محاسبه شد. (shafiee, 2010).

1 - Electrical conductivity

$$\frac{100\times 0.88\times \text{یدید پتاسیم مصرفی}}{\text{حجم آب میوه}} = \frac{\text{میلی گرم ویتامین } c}{100 \text{ گرم عصاره میوه}}$$

آنالیز داده ها با نرم افزار MSTAT C انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد

جدول شماره ۱- جدول عناصر غذایی کشت بدون خاک توت فرنگی در یک بستر عمومی (Morgan ,2005)

مرحله رشد	میلی گرم در لیتر												شوری ds/ m
	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	
رشد سبزینگی	۲۰۷	۶۵	۱۸۴	۵۸	۲۲۱	۷۷	۶/۵	۲/۶	/۲۵	۰/۷	۰/۰۷	۰/۰۵	۲
رشد میوه	۱۸۲	۸۲	۳۰۱	۵۸	۱۴۸	۷۷	۶/۵	۲/۶	۰/۲۵	۰/۷	۰/۰۷	۰/۰۵	

نتایج و بحث

عملکرد

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمار بستر وکاربرد سیلیسیوم بر عملکرد توت فرنگی رقم سلوا در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). با توجه به هدایت الکتریکی اندازه گیری شده از زه‌آب خارج شده از گلدان‌های کشت، مخلوط‌های حجمی حاوی ورمی کمپوست نسبت به مخلوط‌های حجمی حاوی پیت ماس شورتر (جدول ۳ و شکل ۴) و عملکرد کمتری داشتند (جدول ۳). کاربرد سیلیسیوم به مقدار ۵۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش معنی دار عملکرد به میزان ۷/۰۱ درصد نسبت به شاهد (غلظت صفر سیلیسیوم) شد (جدول ۴). نتیجه این آزمایش با نتایج سایر محققین مبنی بر اثر معنی دار سیلیسیوم بر عملکرد توت فرنگی (Dehghani poodeh *el al*., 2018; Fatemi *et al*., 2009)، خیار (Mohaghegh *et al*., 2010; Mom Rashpour *et al*.,2018)، گوجه فرنگی (Li *et al*.,2015) در شرایط هیدرونیک مطابقت دارد. نقش‌های متعددی را می‌توان به سیلیسیوم در افزایش عملکرد نسبت داد از جمله افزایش عملکرد ناشی از کاربرد سیلیسیوم به دلیل نقش مفید این عنصر بر بهبود پارامتر های رشد و نموی و پتانسیل فتوسنتزی (Mom Rashpour *et al*.,2018) و یا تأثیر سیلیسیوم بر عملکرد گیاه به دلیل رسوب آن در پهنای برگ، افزایش استحکام برگ‌ها و افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ که از این طریق توانایی گیاه برای استفاده مؤثر تر از نور را بالا می برد (Cherif *et al*., 1992) و یا اثرات مفید سیلیسیوم در بازجذب، ایجاد تعادل و حرکت مینرال‌ها و مواد مغذی مثل Mn, Fe و K در درون گیاه و کاهش سمیت مواد غیر مغذی مثل Na و Al و فلزات سنگین (Savvas and Ntatsi, 2015) می باشد. با اینکه بسترهای کشت ورمی کمپوست از لحاظ آماری عملکردی کمتر از بسترهای کشت پیت ماس داشتند لکن این تفاوت به لحاظ مقدار عددی ناچیز بود و با کاربرد سیلیسیوم (۵۰ میلی گرم در لیتر) می‌توان این مقدار را هم جبران کرد.

تعداد کل میوه

اثر بستر های کشت به کار رفته بر تعداد کل میوه ها در سطح احتمال پنج درصد و تأثیر کاربرد سیلیسیوم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مخلوط های حجمی حاوی ورمی کمپوست شوری بیشتری نسبت به مخلوط‌های حجمی حاوی پیت ماس داشتند (جدول ۳ و شکل ۴) لذا بیشترین تعداد میوه در بستر های حاوی پیت ماس مشاهده شد. با کاهش میزان ورمی کمپوست در نسبت حجمی ۷۰ درصد پرلیت و ۳۰ درصد ورمی کمپوست نسبت به ۵۰ درصد پرلیت و ۵۰ درصد ورمی کمپوست و کاهش شوری در این نسبت نیز تعداد میوه افزایش یافت (جدول ۳). کاربرد ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم به طور معنی داری نسبت به شاهد و کاربرد ۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم دارای مقدار میوه کمتری بود. در کاربرد سیلیسیوم به میزان ۵۰ میلی گرم در لیتر در محلول غذایی تعداد کل میوه ها با اینکه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت ولی در حدود ۴/۹۱ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۴). نتیجه این آزمایش با نتایج محققین دیگر که نشان دادند سیلیسیم باعث افزایش تعداد میوه در توت فرنگی(Miyake and Takahashi,1986)، تعداد دانه در خوشه در برنج (Cuong *et al*., 2017)و تعداد گل در گل رز شاخه بریده *Rosa xhybrida Hot Lady* (Rizi *et al*., 2012) می شود مطابقت دارد. تعداد میوه بوته ها نیز یکی دیگر از اجزای عملکرد و مرتبط با میزان فتوسنتز که متابولیسم اولیه گیاه است و انرژی لازم برای رشد و نمو از جمله تولید میوه را فراهم می کند، است که در این آزمایش تحت تأثیر کاربرد سیلیسیوم قرار گرفت. پاسخ‌های مثبت فتوسنتز به منبع سیلیسیوم یا از نقش محافظتی سیلیسیوم در کلروپلاست یا افزایش غلظت رنگدانه‌های مربوط به جذب نور و یا هر دو آنها نشأت می گیرد Savvas and Ntatsi, (2015). به‌علاوه حفظ تعادل مطلوب آب و مواد مغذی توسط سیلیسیوم (Liu *et al*., 2019) از دیگر عوامل افزایش تعداد میوه

محسوب می شود. در این آزمایش غلظت زیاد سیلیسیوم (۱۰۰ میلی گرم در لیتر) در برخی صفات رشدی بی اثر و یا مانند صفت تعداد میوه دارای کمترین اثر رشدی بود که دلیل آن ایجاد حالت قلیایی زیاد در غلظت های بالای سیلیسیوم است که با نتیجه تحقیق (Rizi *et al*.,2012) یکسان است.

تعداد برگ

اثر مخلوط‌های حجمی بر تعداد برگ بوته‌ها در سطح احتمال پنج درصد و اثر سیلیسیوم بر تعداد برگ بوته‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). بوته‌های کشت شده در مخلوط-های حجمی حاوی پیت ماس دارای تعداد برگ بیشتری نسبت به بوته های کشت شده در مخلوط‌های حجمی حاوی ورمی کمپوست بودند (جدول ۳) که ناشی از اختلاف شوری این دو بستر بود. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی زه‌آب خارج شده از گلدان-های کشت نشان داد که مخلوط‌های حجمی حاوی ورمی کمپوست نسبت به مخلوطهای حجمی حاوی پیت ماس شوری بیشتری دارند (جدول ۳ و شکل ۴). کاربرد سیلیسیوم به میزان ۵۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش تعداد برگ شد ولی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۴). این میزان افزایش در تعداد برگ ۶/۳۳ درصد بیشتر از تعداد برگ‌ها در شاهد بود. کاربرد سیلیسیوم در افزایش میزان فتوسنتز (Li *et al*., 2015; Liu *et al*., 2019; Dehghanipoodeh *et al*., 2018) و به دنبال آن افزایش رشد رویشی و تولید تعداد برگ امری واضح است. اثر مثبت سیلیسیوم در افزایش رشد رویشی در خیار هیدروپونیک(Mohaghegh *et al*., 2010)، توت فرنگی (Hajiboland *et al*., 2017) و افزایش تعداد و سطح برگ در توت فرنگی (Fatemi *et al*., 2009) گزارش شده است. سیلیسیوم با افزایش محتوای کلروفیل، افزایش کارایی فتوشیمیایی PSII موجب افزایش میزان فتوسنتز خالص و بهبود رشد رویشی می شود (Li *et al*., 2015). علاوه بر این افزایش تعداد برگ‌ها ممکن است مربوط به بهبود وضعیت آب بوته‌ها باشد که می‌توان به نقش سیلیسیوم در افزایش گسترش ریشه و افزایش جذب آب که باعث افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه می‌شود و مرتبط با افزایش فتوسنتز است، نسبت داد (Savvas and Ntatsi, 2015) که در نهایت منجر به افزایش رشد رویشی از جمله افزایش در تعداد برگ می‌شود.

شاخص کلروفیل

اثر مخلوط های حجمی بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود ولی اثر عنصر سیلیسیوم بر این صفت معنی دار نشد. همچنین اثرات متقابل تیمارهای فوق بر میزان شاخص کلروفیل در سطح احتمال پنج در صد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل بستر و کاربرد سیلیسیوم بر روی میزان شاخص کلروفیل گیاه توت فرنگی نشان داد که کاربرد سیلیسیوم در سطح ۵۰ میلی گرم در لیتر در مخلوط حجمی ۵۰ درصد پرلیت و ۵۰ درصد پیت ماس بیشترین شاخص کلروفیل را داشت (شکل ۱) که مقدار ۳/۶۴ درصد بیشتر از شاهد در همین بستر بود. در این صفت نیز ورمی کمپوست تا حدی نزدیک به پیت ماس بود (شکل ۱). اثر مثبت ورمی کمپوست بر روی محتوای کلروفیل احتمالاً به دلیل مواد مغذی قابل دسترس N، P ، Mg، Fe در ورمی‌کمپوست می‌باشد که نقش مهمی در شکل گیری کلروفیل و دستگاه فتوسنتزی بازی می‌کند که *et al*., 2012 Papathanasiou و Olle, 2016 نیز همین نظر را دارند. این موضوع در نتایج تحقیقات مربوط به لیلیوم (Mirakalaei *et al*., 2013) و خیار (Azarmi *et al*., 2009) نیز قابل مشاهده است. در اثر متقابل وجود سیلیسیوم در کاربرد ۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم باعث افزایش میزان شاخص کلروفیل شد که با نتایج محققین دیگر مبنی بر اثر مثبت سیلیسیوم بر میزان فتوسنتز در گوجه فرنگی (Haghighi and Mozafariyan,2012; Liu *et al*., 2019)، خیار (Mom Rashpour *et al*., 2018) و توت فرنگی (Dehghanipoodeh *et al*., 2018) همخوانی داشت. علت آن ممکن است ناشی از نقش سیلیسیوم در افزایش کارایی مصرف آب و بهبود محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر افزایش فشار تورژسانس، افزایش اندازه برگ و افزایش میزان فتوسنتز باشد.

ویتامین ث

اثر مخلوط های حجمی بر میزان ویتامین ث در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد. کاربرد سیلیسیوم بر روی این صفت اثر معنی داری نداشت. اثرات متقابل تیمار های فوق بر میزان محتوای ویتامین ث میوه توت فرنگی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد(جدول ۲). بررسی اثر متقابل کاربرد بسترها و عنصر سیلیسیوم نشان داد که کاربرد ۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم در مخلوط‌های حجمی حاوی ورمی کمپوست بیشترین مقدار ویتامین ث را داشت که این مقدار در مخلوط حجمی ۷۰ درصد پرلیت و ۳۰ درصد ورمی کمپوست در حدود ۸/۸ درصد و در مخلوط حجمی ۵۰ درصد پرلیت و ۵۰ درصد ورمی کمپوست در حدود ۱۳/۶۵ درصد بیشتر از شاهد بود(شکل ۲). نتیجه آزمایش حاضر با نتایج محققین دیگر مبنی بر افزایش ویتامین ث در بستر ورمی کمپوست در گوجه فرنگی (Ahirwar and Hussain *al*., 2015)، سیب‌زمینی (Shambhavi and Sharma,2008) هم‌خوانی دارد. اسید اسکوربیک فرم فعال زیستی ویتامین ث است که

محتوای آن می‌تواند با شرایط رشد و ذخیره سازی و ژنتیک رقم تغییر کند (Van De Velde *et al.*, 2013) همچنین محتوای ویتامین ث متأثر از تغذیه گیاه، فراهم بودن آب و شدت نور است (Zaller, 2007). ورمی کمپوست محیط وسیعی را برای حفظ مواد غذایی و فعالیت‌های میکروبی فراهم می آورد و بیشترین مواد مغذی و قابل دسترس نظیر نیترات، فسفات، کلسیم و پتاسیم تبادلی را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Singh *et al.*, 2008). دارا بودن عناصر میکرو مثل آهن، روی، مس و منگنز و همچنین ظرفیت بالای نگهداری آب و مواد غذایی (Tabatabai, 2013)، در آن را می توان از دلایل بالا بودن میزان ویتامین ث در این بستر دانست. مطابق نتیجه آزمایش حاضر در آزمایشاتی کاربرد سیلیسیوم باعث افزایش میزان ویتامین ث در میوه های گوجه فرنگی (Stamatakis *et al.*, 2003) و توت فرنگی (Yousefi and Asna Ashari, 2016) شد. اثر مثبت سیلیسیوم در افزایش ویتامین ث در میوه های توت فرنگی احتمالاً به دلیل افزایش کربوهیدرات‌ها و بیشتر شدن ذخایر کربوهیدراتی و در نتیجه تشکیل بیشتر ویتامین ث می باشد(Yousefi and Asna Ashari, 2016).

وزن تر و خشک ریشه

اثر بسترهای کشت بر صفات وزن تر و خشک ریشه معنی دار نبود. کاربرد سیلیسیوم بر روی صفت وزن تر ریشه در سطح احتمال پنج درصد و در صفت وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثرات متقابل تیمارهای فوق بر وزن تر ریشه‌ای توت فرنگی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). در اثر متقابل کاربرد سیلیسیوم در سطح ۵۰ میلی گرم در لیتر در مخلوط حجمی ۳۰ درصد ورمی کمپوست و ۷۰ درصد پرلیت بیشترین مقدار را داشت (شکل ۳) که مقدار ۴/۹ درصد بیشتر از شاهد در همین بستر بود. در وزن خشک ریشه کاربرد سیلیسیوم به میزان ۵۰ میلی گرم در لیتر ۹ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۴). نتایج مشابه مبنی بر اثر معنی دار ورمی‌کمپوست بر افزایش رشد ریشه در گل اطلسی (*et al*. , Hamidpour 2012) و وزن ریشه‌های گوجه فرنگی (Gholamnejad Nasirabadi *et al.*, 2011) گزارش شده است. نتیجه آزمایش حاضر همچنین با نتایج یافته های سایر محققین در خصوص اثر معنی دار سیلیسیوم بر افزایش وزن تر ریشه توت فرنگی (Dehghani poodeh *et al.*, 2018) و وزن خشک ریشه توت فرنگی (*et al.*, 2017 Hajiboland) مطابقت دارد. نقش مثبت ورمی کمپوست دراین مورد را این طور می توان توجیه کرد گیاهانی که در بستر ورمی کمپوست هستند توانایی بیشتری در جذب مواد مغذی ماکرو و میکرو ضروری دارند و منجر به بهبود رشد ریشه می شود. وجود مواد مؤثر در رشد گیاهان مانند هورمون‌های رشد گیاه (اکسین) و اسیدهای هیومیک نیز به عنوان یک عاملی که می‌تواند منجر به تکثیر و طویل شدن ریشه‌های ثانویه و افزایش طول کل سطح ریشه شود نیز در این امر مؤثر است (Papathanasiou *et al.*, 2012). سیلیسیوم در شرایط تنش شوری باعث حفظ یکپارچگی ساختار دیواره سلول‌های ریشه و همچنین باعث القای ریشه های مویین برای جذب مواد مغذی و معدنی در محیط کشت هیدروپونیک می شود. علاوه بر این بروز ریشه های مویین به جذب بیشتر آب کمک می کنند(Liu *et al.*, 2019).

اسید میوه

مخلوط های حجمی بر میزان اسید میوه در سطح احتمال پنج درصد و کاربرد عنصر سیلیسیوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین اسیدیته مربوط به میوه‌هایی بود که در مخلوط حجمی ۷۰ درصد پرلیت و ۳۰ درصد پیت ماس و مخلوط حجمی ۷۰ درصد پرلیت و ۳۰ درصد ورمی کمپوست کشت شده بودند (جدول ۳). کاربرد ۵۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم کمترین اسیدیته را داشت (جدول۴) که این مقدار کاهش در حدود ۱۰/۷۱ درصد نسبت به شاهد بود. کاهش میزان اسیدیته میوه ها ممکن است به دلیل افزایش میزان مواد جامد محلول و یا عنصر بور که در تبدیل سریع متابولیت‌ها به قند و مشتقات آن نقش دارد باشد که با نظر Hanumanthaiah *et al.*, (2015) که در مورد میوه موز بیان کرده بودند یکسان است. آن‌ها همچنین کاهش میزان اسیدیته به دلیل افزایش مواد جامد محلول را در *Bangalore blue grapes* گزارش کردند. میزان مواد جامد محلول در آزمایش حاضر با اینکه از نظر آماری معنی دار نبود ولی از نظر مقدار، کاربرد سیلیسیوم باعث افزایش میزان TSS شد که می تواند عامل کاهش اسیدیته در میوه های توت فرنگی باشد. محققین دیگر نیز افزایش مواد جامد محلول به واسطه سیلیسیوم را در خیار (Jarosz , 2013) و گوجه فرنگی (Stamatakis *et al.*, 2003) اعلام کردند.

گل بدون میوه

اثر بستر های کشت بر روی صفت گل بدون میوه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. کاربرد سیلیسیوم در این صفت معنی دار نشد (جدول ۲). مخلوط حجمی ۷۰ درصد پرلیت و ۳۰ درصد ورمی کمپوست کمترین تعداد گل بدون میوه را نسبت به سه مخلوط حجمی دیگر داشت (جدول۳). با اینکه کاربرد سیلیسیوم از نظر آماری معنی دار نبود ولی از نظر مقدار عددی کاربرد ۵۰

میلی گرم در لیتر سیلیسیوم کمترین میزان گل بدون میوه را داشت (جدول۴). محصولات در طی رشد ممکن است در معرض چندین تنش غیر قابل پیش بینی قرار بگیرند. در تولید گل به نظر می رسد سیلیسیوم به‌عنوان یک تقویت کننده، باعث بهبود کیفیت گل و ظاهر کلی گیاهان زینتی می‌شود (Savvas and Ntatsi, 2015). در این آزمایش با اینکه تمام گلدان‌ها تحت شرایط یکسان از نظر گردافشانی بودند، بسترهای حاوی ورمی کمپوست تعداد گل‌های به میوه تبدیل نشده کمتری نسبت به بسترهای حاوی پیت ماس داشتند. ممکن است گل های بسترهای حاوی ورمی کمپوست مقدار گرده بیشتر و یا گرده های زایا و زیوای بیشتری نسبت به گل های بسترهای حاوی پیت ماس تولید کرده باشند که در این خصوص نقش عنصر بور را نمی توان نادیده گرفت. بور در گیاه می تواند به افزایش عمر دانه گرده و نتیجتاً افزایش مدت زمان گردافشانی مؤثر، افزایش سرعت در جوانه زنی دانه گرده، تسریع رشد لوله گرده و همچنین بهبود تقسیم سلولی کمک کند (Eeini, 2012). در آزمایشی که Pant *et al*.(2012) روی Pak Choi(*Brassica rapa*) انجام دادند، نشان دادند که کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش محتوای بور در بافت های گیاه نسبت به شاهد شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس بستر و عنصر سیلیسیوم بر روی برخی صفات توت فرنگی رقم سلوا (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. Selva)

منابع تغییرات s.o.v	درجه آزادی (DF)	خطا (E)	عملکرد	تعداد کل میوه	تعداد برگ	شاخص کلروفیل	ویتامین ث	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	اسیدیته	گل بدون میوه	هدایت الکتریکی بستر ها
تکرار (بلوک)	۲	۶	۱۲۹/۸۰^{ns}	۲/۶۷^{ns}	۲/۸۳^{ns}	۱/۹۸^{ns}	۱/۴۳^{ns}	۶۸/۳۱^{ns}	۶/۹۴^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۱/۶۵^{ns}	۰/۰۱^{ns}
بستر	۳	۶	۲۹۷/۰۱**	۲/۸۹*	۷/۴۷*	۳/۳۷*	۷۹/۱۴*	۳۲/۵۰^{ns}	^{ns}۱/۴۱	۰/۰۱*	۷/۴۸**	۰/۱۹**
سیلیسیوم	۲	۱۶	۵۱/۳۵**	۲/۸۵**	۳/۹۵**	۰/۰۶^{ns}	۵/۴۳^{ns}	۱۵/۲۴*	۳/۴۰**	۰/۰۹**	۰/۲۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
اثر متقابل	۶	۱۶	۱۳/۸۹^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۰/۸۹^{ns}	۳/۷۰*	۴۷/۶۰*	۱۴/۰۸**	^{ns}۰/۸۳	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۶۷^{ns}	۰/۰۱**
ضریب تغییرات	-	-	۷٪/۱۴	۱۲٪/۷۵	۷٪/۴۷	۲٪/۵۹	۶٪/۶۳	۵٪/۴۲	۷٪/۷۳	۵٪/۵۴	۱۹٪/۵۶	۵٪/۳۷

***معنی دار در سطح ۰/۰۵ **معنی دار در سطح ۰/۰۱ ns غیر معنی دار**

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر بستر بر برخی صفات توت فرنگی رقم سلوا (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv.Selva)

بستر ها	عملکرد (gr)	تعداد کل میوه	تعداد برگ	وزن خشک ریشه (gr)	اسیدیته (mg/100g)	گل بدون میوه	هدایت الکتریکی بسترها ds/ m
S_1	۳۹/۱۸^{a}	۵/۵۹^{a}	۹/۴۴^{a}	۰/۹۶^{a}	۰/۹۰^{a}	۴/۲۹^{ab}	۱/۲۹^{b}
S_2	۳۸/۴۵^{a}	۵/۶۴^{a}	۸/۷۲^{ab}	۱/۰۲^{a}	۰/۸۱^{b}	۵/۲۰^{a}	۱/۱۹^{c}
S_3	۲۸/۷۸^{b}	۴/۴۴^{b}	۷/۵^{b}	۱/۰۳^{a}	۰/۸۶^{ab}	۳/۵۱^{bc}	۱/۵۴^{a}
S_4	۲۸/۹۸^{b}	۴/۹۷^{ab}	۷/۷۰^{b}	۱/۰۷^{a}	۰/۸۱^{b}	۳/۱۳^{c}	۱/۳۶^{b}

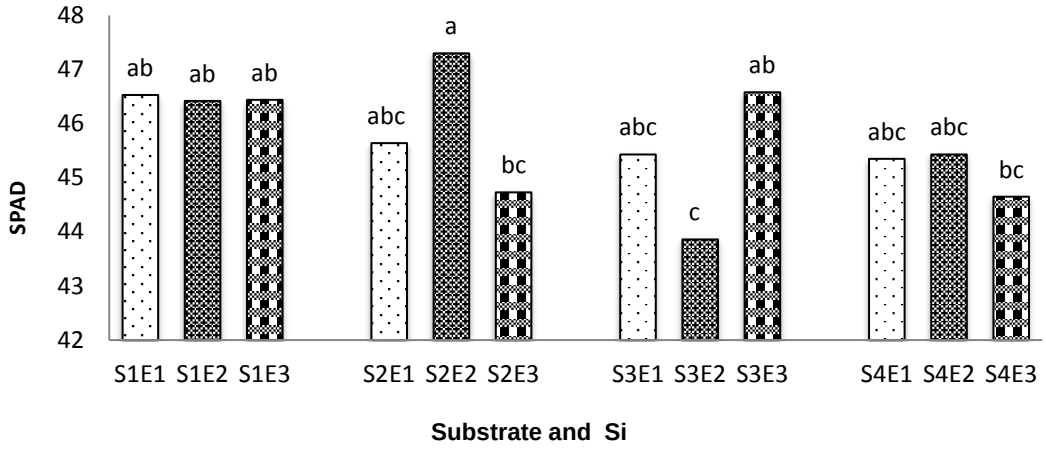
حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار

(پرلیت ۵۰٪ + پیت ماس ۵۰ =S_1)، (پرلیت ۷۰٪ + پیت ماس ۳۰٪ =S_2)، (پرلیت ۵۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ =S_3) و (پرلیت ۷۰٪ + ورمی کمپوست ۳۰٪ =S_4).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر کاربرد سیلیسیوم بر برخی صفات توت فرنگی رقم سلوا (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. Selva)

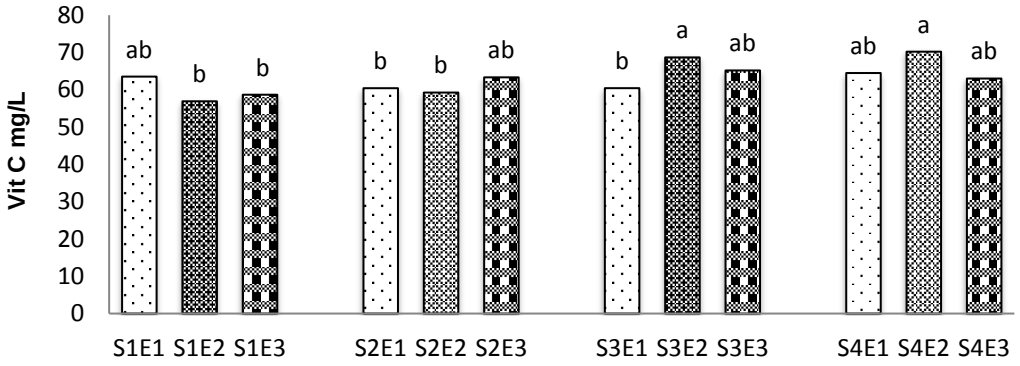
سیلیسیوم	عملکرد	تعداد کل میوه	تعداد برگ	وزن خشک ریشه (gr)	اسیدیته (mg/100g)	گل بدون میوه
E_1	۳۳/۶۵^{b}	۵/۳۰^{a}	۸/۳۷^{a}	۱/۰۰^{b}	۰/۸۴^{b}	۴/۰۷^{a}
E_2	۳۶/۰۱^{a}	۵/۵۶^{a}	۸/۹۰^{a}	۱/۰۹^{a}	۰/۷۵^{c}	۳/۸۸^{a}
E_3	۳۱/۸۹^{b}	۴/۶۲^{b}	۷/۷۵^{b}	۰/۹۷^{b}	۰/۹۳^{a}	۴/۱۵^{a}

حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار (E_1: Si= 0)، (E_2: Si= 50 ppm) و (E_3: Si=100 ppm)



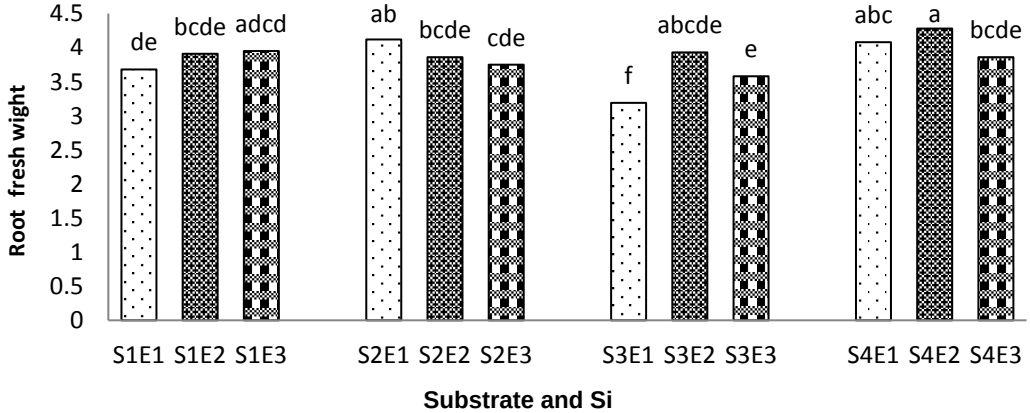
شکل ۱- شاخص کلروفیل توت فرنگی رقم سلوا (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. Selva) در بستر های کشت مختلف تحت تأثیر سطوح مختلف سیلیسیوم

(E_1: (S_1= ۵۰٪ پرلیت + ۵۰٪ پیت ماس)، (S_2= ۳۰٪ پرلیت + ۷۰٪ پیت ماس)، (S_3= ۵۰٪ پرلیت + ۵۰٪ ورمی کمپوست) و (S_4= ۳۰٪ پرلیت + ۷۰٪ ورمی کمپوست). (E_2: Si= 50 ppm)، (E_3: Si=100 ppm) و (Si= 0))



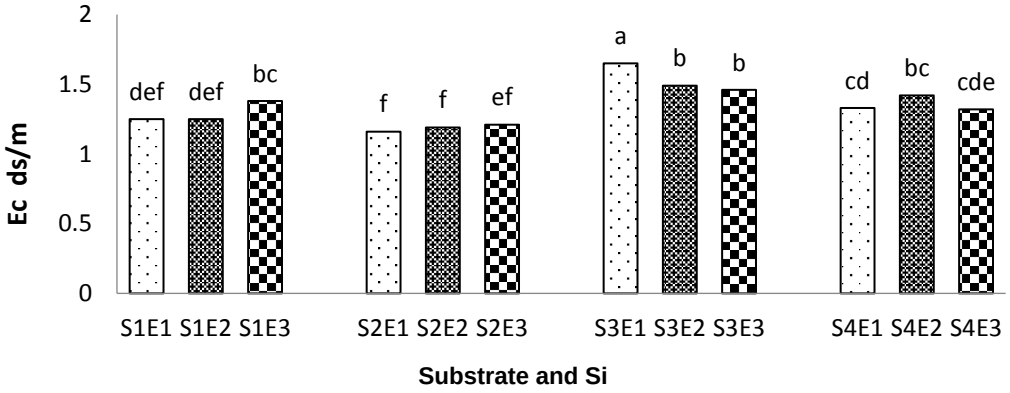
شکل ۲ : ویتامین ث توت فرنگی رقم سلوا (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. Selva) در بستر های کشت مختلف تحت تأثیر سطوح مختلف سیلیسیوم

(E_1: (S_1= ۵۰٪ پرلیت + ۵۰٪ پیت ماس)، (S_2= ۳۰٪ پرلیت + ۷۰٪ پیت ماس)، (S_3= ۵۰٪ پرلیت + ۵۰٪ ورمی کمپوست) و (S_4= ۳۰٪ پرلیت + ۷۰٪ ورمی کمپوست). (E_2: Si= 50 ppm)، (E_3: Si=100 ppm) و (Si= 0))



شکل ۳- وزن تر ریشه توت فرنگی رقم سلوا(*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. Selva) (در بستر های کشت مختلف تحت تأثیر سطوح مختلف سیلیسیوم.

(E_1: (S_1= ۵۰٪ پرلیت + ۵۰٪ پیت ماس)، (S_2= ۳۰٪ پرلیت + ۷۰٪ پیت ماس)، (S_3= ۵۰٪ پرلیت + ۵۰٪ ورمی کمپوست) و (S_4= ۳۰٪ پرلیت + ۷۰٪ ورمی کمپوست). (E_2: Si= 50 ppm)، (E_3: Si=100 ppm) و (Si= 0))



شکل ۴- هدایت الکتریکی بسترهای مختلف کشت توت فرنگی رقم سلوا (*Fragaria ×ananassa* Duch. cv. Selva) تحت تأثیر سطوح مختلف سیلیسیوم. (پرلیت ۵۰٪ + پیت ماس ۵۰ =S_1)، (پرلیت ۷۰٪ + پیت ماس ۳۰٪ =S_2)، (پرلیت ۵۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪= S_3) و (پرلیت ۷۰٪ + ورمی کمپوست ۳۰٪ =S_4). (E_1: Si=0)، (E_2: Si= 50 ppm) و (E_3: Si=100 ppm)

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج مطالعه حاضر چون بسترهای حاوی ورمی کمپوست بطور کلی شوری بیشتری نسبت به بسترهای حاوی پیت ماس دارند باعث کاهش معنی‌دار برخی از صفات از جمله عملکرد شدند. نتایج نشان داد که با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیسیوم در محلول غذایی می‌توان در جهت کاهش شوری حاصل از ورمی کمپوست برآمد و بدون کاهش عملکرد از بستر ورمی کمپوست تولید داخل که کم هزینه و قابل دسترس است بجای بستر کشت گران قیمت و وارداتی پیت ماس که بستر کشت اصلی در اکثر محصولات گلخانه ای است استفاده نمود. علاوه بر این ورمی کمپوست در صفاتی مثل ویتامین ث بیشترین مقدار ویتامین ث را داشت. همچنین کمترین اسیدیته و گل بدون میوه را نسبت به سایر بسترها داشت. بنابراین به عنوان مناسبترین بستر جایگزین پیت ماس بر اساس نتایج این تحقیق می توان مخلوط حجمی (پرلیت ۷۰٪ + ورمی کمپوست ۳۰٪ =S_4) را به همراه استفاده از سیلیسیوم به میزان ۵۰ میلی گرم در لیتر برای عملکرد و اجزا وابسته به آن و علاوه بر آن در صفاتی مثل ویتامین ث و شاخص کلروفیل بستر(پرلیت ۵۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ =S_3) به همراه ۱۰۰ میلی گرم در لیتر سیلیسیوم در محلول غذایی پیشنهاد داد.

سپاس‌گزاری

تحقیق حاضر بخشی از رساله دکتری می باشد. بدین وسیله از مساعدت و پشتیبانی دکتر حمید ملاحسینی عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان بخش آب و خاک تشکر و قدر دانی می شود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Abul-Soud, M.A., Emam, M.S.A. and Abd El-Rahman Noha, G. (2015). The Potential Use of Vermicompost in Soilless Culture for Producing Strawberry . *International Journal of Plant & Soil Science.* 8(5): 1-15.

Adhikary, S. (2012). Vermicompost: The story of organic gold: A Review. *Agricultural Sciences.* 3(7): 905- 917. Ahirwar, CH.S. and Hussain A.(2015). Effect of Vermicompost on Growth, Yield and Quality of Vegetable Crops. *International Journal of Applied And Pure Science and Agriculture.* 1(8): 49-56.

Agarie, S., Uchida, H., Agata, W., Kubota, F. and Kaufman, P.B. (1993). Effect of silicon on growth, dry matter production and photosynthesis in rice plant (*Oryza stiva*). Crop Prod. Improve. Technol. 34: 225-234.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzer, J.D. (2004). Influence of Vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. *Bioresour Technology*. 93:145-153.

Azarmi, R., Giglou, M.T. and Taleshmikail, R.D.(2009). Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology*. 7 (14):2397–2401.

Barooah, A. and Shekhar Datta H.(2020). Response of nutrient management on growth, yield and quality of strawberry: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* . 9(5): 3222-3228.

Cerezo, A.B., Cuevas, E., Winterhalter , P., Garcia-Parrilla, M.C. and Troncoso, A.M .(2010). Isolation, identification, and antioxidant activity of anthocyanin compounds in Camarosa strawberry. *Food Chemistry*. 123(3) :574–582.

Chanda, G.K., Bhunia, G. and Kumar Chakraborty,

And Type Of Substrate On Yield And Chemical Composition Of Leaves And Fruit Of Cucumber. *Journal of Elementology*. 18(3):403-414.

Kumar, N., Rama, R.B. and Kumar Mishra p.(2015): Effect of vermicompost and Azotobacter on quality parameters of strawberry (Fragaria × ananassa Duch)CV Sweetcharlie. *International Journal of Agricultural Science and Research*.5(4): 269-276

Lakshmikanth, H., Madaiah, D. and Sudharani, N. (2020). Effect of Different Pot Culture Media on Biochemical and Quality Parameters of Strawberry in Vertical System. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* . 9(7): 678-684.

Li, H., Zhu, Y. and Gong, H. (2015). Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress of tomato seedling grown under sand culture . Review. *Acta Physiologiae Plantarum* .37(71):1-9.

Liu, B., Soundararajan, P. and Manivannan, A. (2019).Mechanisms of Silicon-Mediated Amelioration of Salt Stress in Plants. *Plants*.8(307):1-13.

Mirakalaei, S. M. M., Ardebill, Z.O. and Mostafavi, M. (2013). The effects of different organic fertilizers on the growth of lilies (*Lillium longiflorum*). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 4:181–186.

Miyake, Y. and Takahashi, E. (1986). Effect of Silicon on the Growth and Fruit Production of Strawberry Plants in a Solution Culture. *Soil Science and Plant Nutrition*, 32(2). 321-326.

Mohaghegh, P., Shirvani, M. And Ghasemi, S. (2010). Effect of Silicon Application on Growth and Yield of Two Cucumber Cultivars in Hydroponic System. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Cultivation*.1 (1) .35-40. (In Farsi).

Mohammadi Ghahsareh, A., and Samadi, N. 2012. Plant nutrition and soilless culture. *Isfahan Publishing, Islamic Azad University, Khorasgan Branch*. P: 365.

Mom Rashpour, A., Nazari Deljoo, M. J. and Haghshenas, M. (2018). Growth and Developmental Responses, Yield and Quality of Greenhouse Cucumber to Silicon Foliar Application. *Greenhouse Science and Techniques*. 9(3): 13-21(In Farsi).

Morgan, L. (2005). Translation: Tehranifar, A. and Vahdati, N.(2010). Strawberry soilless culture. A practical and scientific guide. *Publications University of Mashhad.*

Naseri, M., Arvi, S., Nemati, and Kafi, M. (2011). Effect of different levels of salinity and silicon on biomass production, and sodium and potassium content of shoots of Trigonella foenum- graceum L. *Journal of Water and Soil*. 26(2): 508-514(In Farsi)..

Olle, M.(2016).The effect of vermicompost based growth substrates on Tomato growth. *Journal of Agricultural Science*. 38-41.

Papathanasiou, F., Papadopoulos, I., Tsakiris, I. and Tamoutsidis, E.(2012). Vermicompost as a soil

S.(2011). The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants. *Journal of Horticulture and Forestry*.3(2):42-45.

Cherif, M., Benhamou, N., Menzies, J.G. and Bélanger R.R.(1992). Silicon-induced resistance in cucumber plants against Pythium ultimum. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 41(6): 411-425.

Cuong, T. X., Ullah, H., Datta, A. and Hanh, T.C. (2017). Effects of Silicon-Based Fertilizer on Growth, Yield and Nutrient Uptake of Rice in Tropical Zone of Vietnam . Rice Science. 24(5):283-290.

Dehghanipoodeh, S., GHobadi, C., Baninasab, B., GHeysari, M. and SHiranibidabadi, S.(2018). Effect of Silicon on Growth and Development of Strawberry under Water Deficit Conditions. *Horticultural Plant Journal*. 4 (6): 226–232.

Eeini, M.(2012). Effect of boron, calcium and potassium on quantitative and qualitative properties of strawberry fruit Gavita cultivar. Master Thesis of Islamic Azad University, Khorasgan Branch.

Fatemi, L., S. J. Tabatabai, and A. Fallahi.(2009). Effect of silicon on growth and yield of strawberry under salinity stress. *Journal of Horticultural Sciences* (*Agricultural Sciences and Industries*). 23(1) :88-95 (In Farsi).

Gholamnejad Nasirabadi, S., Aroei, h., and Nemati, H.(2011). Investigation of the effect of coco peat and vermicompost ratios as a culture substrate and emergence substrate and some quantitative and qualitative properties of seedling of *Capsicum annuum* L. . *Journal of Horticultural Sciences.* 25(4) : 375-379 (In Farsi).

Haghighi, M. and Mozafariyan, M. (2012). Evaluation of vegetative, morphological and photosynthetic changes of tomatoes due to silicon and nanosilicon added to the nutrient solution. *Science and technology of greenhouse crops.* 5(19).37-47(In Farsi).

Hajiboland , R., Moradtalab, N., Eshaghi, Z. and Feizy, J.(2017). Effect of silicon supplementation on growth and metabolism of strawberry plants at three developmental stages. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science.*17 1-18

Hamidpour, M., S., Fathi, S. and Rusta, H.(2012). Effect of zeolite and vermicompost on growth characteristics and concentration of some elements of petunia. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Crops*. 4(13): 95-102 (In Farsi).

Hanumanthaiah, M.R., Kulapatihipparagi , Vijendrakumar, R.C., Renuka, D.M., Kiran Kumar, K. and Santhosha, K.V.(2015):Effect Of Soil And Foliar Application Of Silicon On Fruit Quality Parameters Of Banana cv. Neypoovan Under Hill Zone. *Plant Archives* . 15(1):. 221-224.

Jana, S. and Jeong, B.R.(2014). Silicon: The most under-appreciated element in horticultural crops. *Horticultural Research* . 4(1):1-19.

Jarosz, Z. (2013). The Effect Of Silicon Application

supplement to improve growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment* . 10(2):677–682 .

Rizi, S., Babalar, S., Kalantari, S., and Okhovat, M. (2012). Effect of silicon in hydroponic substrate on quantitative and qualitative traits of cut rose (*Rosa xhybrida, Hot Lady*). *Journal of Horticultural Sciences*. 44(3): 245-255(In Farsi).

Savvas, D. and Ntatsi, G. (2015). Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae.* 1-16.

Shafiee, M., Taghavi, T.S. and Babalar, M.(2010). Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry .*Scientia horticulturae*. 124(1):40-45.

Shambhavi, SH. And Sharma, R.P.(2008): Influence Of Vermicompost On Potato (Solanum Tuberosum) In Wet Temperate Zone Of Himachal Pradesh. *Indian journal of plant physiology*. 13(2):185-190.

Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Eneji, Z., Li, A.E. and Li, J (2010). Silicon effects on photosynthesis and parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet -B radiation. *Journal of Plant Physiolgy*.167(15):1248-1252.

Singh, R., Sharma, R.R., Kumar, S., Gupta, R.K. and Patil, R.T. (2008). Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa Duch*). *Bioresour Technol*. 99(17) :8507–8511.

Singh, A.K., Beer, K. and Kumarpal, A.(2015). Effect of vermicompost and Biofertilizers on StrawberryI: Growth, Flowering and Yield. *Annals of Plant and Soil Research*. 2:196-199.

Stamatakis, A., Papadantonakis, N., Savvas, D., Lydakis-Simantiris , N. and Kefalas, P.(2003). Effects of Silicon and Salinity on Fruit Yield and Quality of Tomato Grown Hydroponically . *Acta Horticulturae*. 609(18):141-147.

Tabatabai, S.(2013). Production of vermicompost. Agricultural Education and Extension Publications, p. 102 (In Farsi).

Treftz, C. and Omaye, S. T. (2015).Nutrient Analysis of Soil and Soilless trawberries and Raspberries Grown in a Greenhouse. *Food and Nutrition Sciences*. 6(9): 805-815.

Vahdat, Sh., Qasem ,Nejad, R. Fotuhi Qazvini, M. Shiri, S. and Khodaparast, A.(2012). Effect of different concentrations of aloe vera gel on maintaining post-harvest quality of strawberry fruit. *Food Industry Research*. 22 (3):271-285 (In Farsi).

Van DeVelde, F., Tarola, A.M., Güemes, D. and Pirovani, M.E.(2013).Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Camarosa and Selva Strawberries (*Fragaria × ananassa Duch*). *Foods.* 2 (2):120-131.

Yousefi, R. Asna Ashari, M.(2016). Effect of micro and nanoparticles of silicon dioxide (SiO2) on some qualitative properties and nutrients of (*Fragaria ananassa Duch)*. *Journal of Plant Production Research*. 23(3): 97-113 (In Farsi).

Zaller, J. G.(2007). Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulture*. 112(2):191-199.