

## Foliar application of seaweed extract, silicon and selenium improve growth characteristics and yield of tomatoes in different hydroponic substrates

Jalali, P.<sup>1</sup>, Roosta, H.R.<sup>2\*</sup>, Khodadadi, M.<sup>3</sup>, Mohammadi Torkashvand, A.<sup>4</sup>,  
Ghanbari Jahromi, M.<sup>5</sup>

1- Ph.D. student, Department of Horticulture and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

peyman\_jalali85@yahoo.com

2- Corresponding Author, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran.

roosta\_h@yahoo.com

3- Associate Professor, Vegetable Research Institute, Horticultural Science Research Institute, Research Organizations, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

kodadadi@yahoo.com

4- Associate Professor, Department of Horticulture and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

a-mohammadi@srbiau.ac.ir

5- Assistant Professor, Department of Horticulture and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ghanbari@srbiau.ac.ir

Received Date: 2021/01/31

Accepted Date: 2021/09/21

### Abstract

**Introduction:** The word biostimulant was apparently coined by horticulture specialists for describing substances promoting plant growth without being nutrients, soil improvers, or pesticides. The use of fresh seaweeds as source of organic matter and as fertilizer is ancient in agriculture, but biostimulant effects have been recorded only recently. Chemical elements that promote plant growth and may be essential to particular taxa but are not required by all plants are called beneficial elements. The two main beneficial elements are Se and Si, present in soils and in plants. Many effects of beneficial elements are reported by the scientific literature, which promote plant growth, the quality of plant products and tolerance to abiotic stress. This includes cell wall rigidification, osmoregulation, and reduced transpiration by crystal deposits, thermal regulation via radiation reflection, enzyme activity by co-factors, plant nutrition via interactions with other elements during uptake and mobility, antioxidant protection, interactions with symbionts, pathogen and herbivore response, protection against heavy metals toxicity, plant hormone synthesis and signaling. The aim of this study was to investigate the effect of different culture media and foliar application of some biostimulants (silicon, selenium and seaweed extract) on growth characteristics and yield of tomato (cv. Dafnis) under hydroponic condition.

**Material and methods:** This study was factorial experiment based on a completely randomized design with two factors of culture media (50% cocopeat + 50% perlite and 50% palmpeat + 50% perlite) and foliar fertilizer application (control, concentration of 10 and 20% of seaweed extract, 25 and 75 mg/L sodium silicate and 4 and 10 mg/L sodium selenite) were applied in four replications.

**Results and discussion:** The results of this experiment showed that in contrast to the interaction effect, the each of the main factors had significant effect on growth characteristics except stem diameter, number of leaf and leaf area. There was no significant difference in terms of yield and yield components between palmpeat + perlite with cocopeat + perlite. It was also found that foliar application of seaweed extract, silicon and selenium significantly improved yield and yield components compared to the control treatment. So that among the studied treatments, the highest increase in yield was obtained with application of 20 % concentration of seaweed extract as well as 75 mg/L sodium silicate.

**Conclusions:** In general, palmpeat in combination with perlite can be used as a suitable media in hydroponic cultures. Also, foliar application of seaweed (20 %), silicon (75 mg/L) and selenium (10 mg/L) had positive and significant effects on vegetative growth and yield of tomato and can be recommended in commercial tomato greenhouses.

**Keywords:** Foliar application, Palmpeat, Cocopeat, Hydroponic, Seaweed.

## کاربرد برگی عصاره جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم باعث بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گوجه‌فرنگی در بسترهای مختلف کشت بدون خاک می‌شود

پیمان جلالی<sup>۱</sup>، حمیدرضا روستا<sup>۲\*</sup>، محسن خدادادی<sup>۳</sup>، علی محمدی ترکشوند<sup>۴</sup>، مرضیه قنبری جهرمی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعی و علوم باغی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
peyman\_jalali85@yahoo.com

۲- نویسنده مسئول و استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی اراک، اراک، ایران.  
roosta\_h@yahoo.com

۳- دانشیار پژوهشگاه سبزی و صیفی، موسسه تحقیقات باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.  
kodadadi@yahoo.com

۴- دانشیار گروه زراعی و علوم باغی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
a-mohammadi@srbiau.ac.ir

۵- استادیار گروه زراعی و علوم باغی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
ghanbari@srbiau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر بسترهای مختلف کشت و کاربرد برگی سیلیسیوم، سلنیوم و عصاره‌ی جلبک دریایی بر خصوصیات رشدی و عملکرد گوجه‌فرنگی رقم دافیس در بستر کشت بدون خاک طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ انجام گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور بستر کشت در دو سطح (۵۰٪ کوکوپیت + ۵۰٪ پرلایت و ۵۰٪ پالم پیت + ۵۰٪ پرلایت) و محلول‌پاشی بهبود دهنده‌های رشد و عناصر مفید در ۷ سطح (شاهد، غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد عصاره جلبک دریایی، ۲۵ و ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات سدیم و ۴ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنیت سدیم) در چهار تکرار انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که اثر هر یک از عوامل اصلی به‌تنهایی بر خصوصیات رشدی به استثنای قطر ساقه، تعداد و شاخص سطح برگ معنی‌دار بود. اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد و اجزای عملکرد بین بستر کاشت پالم پیت + پرلایت با بستر کوکوپیت + پرلایت مشاهده نشد. همچنین مشخص گردید که محلول‌پاشی بوته‌های گوجه‌فرنگی با عصاره جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد که در بین تیمارهای مورد مطالعه، بیشترین میزان افزایش عملکرد در کاربرد غلظت ۲۰ درصد عصاره جلبک دریایی و همچنین کاربرد غلظت ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات سدیم بدست آمد. بر اساس نتایج بدست آمده، پیشنهاد می‌شود از پالم پیت به عنوان یک بستر مناسب و در دسترس در ترکیب با پرلایت به‌عنوان جایگزینی مناسب برای کوکوپیت وارداتی در کشت‌های بدون خاک استفاده کرد. همچنین محلول‌پاشی جلبک دریایی (در غلظت ۲۰ درصد)، سیلیسیوم (۷۵ میلی‌گرم بر لیتر) و سلنیوم (در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) نیز اثرات مثبت و معنی‌داری بر رشد رویشی و تولید محصول داشت که کاربرد آنها در گلخانه‌های تولید گوجه‌فرنگی توصیه می‌شود.

**کلمات کلیدی:** بهبود دهنده‌های رشد، پالم پیت، کشت بدون خاک، کوکوپیت، محلول‌پاشی.

## مقدمه

از جمله روش‌های مؤثر در راستای افزایش بهره‌وری با وجود محدودیت‌های منابع آبی و پائین بودن کیفیت خاک، تولید و کشت گیاهان به روش بدون خاک می‌باشد (فعالیان و همکاران، ۱۳۹۴). افزایش روز افزون کشت‌های گلخانه‌ای بدون خاک به این دلیل است که بستر خاکی به دلایل متعددی از جمله هزینه‌های بالا جهت آزمایش‌های اولیه تعیین میزان عناصر غذایی، عدم امکان کنترل دقیق EC، pH، بیماری‌های خاکزی، علف‌های هرز و مسائل مربوط به تناوب با موانع زیادی مواجه است (Rodríguez-Ortega et al., 2019). یکی از هزینه‌های سنگین در کشت بدون خاک، بستر کشت می‌باشد. بستر کشت، به طور مستقیم و غیر مستقیم، بر رشد گیاه و تولید محصول اثر دارد (Olle et al., 2012). با توجه به توسعه سطح زیر کشت خرما در کشور و هم‌خانوادگی این گیاه با نارگیل به عنوان منشاء کوکوپیت، گزارش شده است که پتانسیل بالایی برای استفاده از ضایعات پوسیده نخل خرما به عنوان جایگزینی برای کوکوپیت وجود دارد (Hesami et al., 2014). با در نظر گرفتن حجم وسیع ضایعات سالیانه درختان خرما در کشور، جایگزینی پالم پیت با بستر وارداتی کوکوپیت باعث کاهش وابستگی به بستر وارداتی در تولید محصولات گلخانه‌ای خواهد شد (Ghehsareh et al., 2011).

امروزه کاربرد بیش از اندازه کودهای شیمیایی در تولید محصولات گلخانه‌ای، علاوه بر تحمیل هزینه و اتلاف منابع، سبب آلودگی خاک‌ها و آب‌های زیرزمینی و سطحی می‌شود. کودهای آلی کودهای طبیعی هستند که نقش مهمی را در تغذیه گیاه و سلامت خاک به عهده دارند (Board, 2004). در سال‌های اخیر اصطلاح محرک‌های رشد در سطح وسیعی توسط محققان مورد استفاده قرار گرفته است (Calvo et al., 2014). محرک‌های رشد به مواد یا ریزجاندارانی گفته می‌شود که با هدف افزایش بازدهی تغذیه‌ای، مقاومت به تنش‌ها یا صفات کیفی گیاه

استفاده می‌شوند. وجود برخی از ترکیبات محرک رشد در برخی از گیاهان مانند جلبک‌ها باعث شده تا از عصاره این گیاهان برای تولید کودهایی استفاده شود که سبب افزایش میزان رشد و تولید در گیاهان زراعی و باغی می‌گردد (Jardin, 2015). این کودها حاوی عناصر پرمصرف، آمینو اسیدها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه هستند. کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تاخیر در پیری و بهبود تحمل به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و درجه حرارت و افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی می‌شود (Norrie and Keathley, 2006; Spann et al., 2011). گزارش شده است که کاربرد برگی جلبک دریایی طی رشد رویشی گیاه گوجه‌فرنگی و فلفل باعث افزایش اندازه، وزن و عملکرد میوه شده که این افزایش به حضور تنظیم‌کننده‌های رشدی همچون ایندول ۳- استیک اسید (اکسین)، جبرلین، کیتین و زآتین در عصاره جلبک دریایی نسبت داده شده است (Prasad et al., 2010). جلبک‌ها در غلظت‌های بالا به- عنوان عامل محدود کننده رشد ریشه و در غلظت‌های پایین به‌عنوان محرک رشد ریشه و در نهایت افزایش رشد و عملکرد عمل می‌کنند (Khan et al., 2009; Jardin, 2015). سیلیسیوم به‌عنوان یک مانع فیزیکی با رسوب روی دیواره‌های اپیدرمی و بافت‌های آوندی ساقه، غلاف برگ و پوست، در تنظیم فعالیت‌های فیزیولوژی گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کند (Siddiqui and Al-Wahaibi, 2014). گیاهانی که در بافت‌های خود از سیلیسیوم محروم می‌باشند از لحاظ ساختمانی ضعیف‌تر و در نتیجه مستعد حمله بیماری‌ها و آفات هستند. سیلیسیوم باعث افزایش رشد گیاهان و در بسیاری از موارد با تحریک رشد، افزایش در فعالیت آنزیم‌های ضد اکسنده و کاهش میزان گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) در سلول‌های گیاهی و موجب حفاظت گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود (Epstein, 2009). کاربرد سیلیسیوم در خیار سبب افزایش وزن خشک ریشه و شاخساره، طول ریشه و ارتفاع شاخساره

جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) رقم دافنيس (Dafnis) در بسترهای مختلف کشت بدون خاک، به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و سه بوته در هر تکرار، در گلخانه تجاری در شهرستان بم، استان کرمان با رطوبت ۶۰ درصد و دمای روزانه  $24 \pm 3$  و دمای شبانه  $20 \pm 3$  درجه سلسیوس طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ انجام گرفت. فاکتورهای مورد مطالعه شامل بستر کشت دو سطح (۵۰٪ کوکوپیت + ۵۰٪ پرلایت و ۵۰٪ پالم پیت + ۵۰٪ پرلایت) و محلول‌پاشی در هفت سطح (شاهد، غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد عصاره جلبک دریایی، غلظت ۲۵ و ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر سیلیکات سدیم (شرکت نفیس سیلیکات سپاهان) و غلظت ۴ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنیت سدیم (شرکت سیگما-آدریج) بود. هنگام کاشت، ابتدا بذور گوجه‌فرنگی به منظور تسریع در جوانه‌زنی خیسانده شدند و برای تولید نشا در سینی کشت حاوی کوکوپیت کشت گردیدند و پس از یک ماه (مرحله ۴ برگی) به گلدان‌های ۸ لیتری حاوی بستر کشت مورد نظر انتقال داده شدند. کوکوپیت مورد استفاده مربوط به کشور سریلانکا بود و پالم پیت از شرکت گل آذین بم تهیه گردید. طرز تهیه پالم پیت به این صورت هست که ابتدا ضایعات خرما در آسیاب درشت قطعه قطعه شده و سپس در آسیاب ریز خرد می‌شود. محصول خرد شده به استخر شستشو ریخته می‌شود تا از نمک آن کاسته شود. سپس با تامین رطوبت و شرایط هوازی برای مدت دو ماه عمل کمپوست کردن انجام می‌شود. در مرحله بعد بقایای کمپوست شده در یک بازه زمانی ۹-۶ ساعته خشک شده و در دستگاه پرس به صورت قالب‌های ۵ کیلوگرمی پرس و شکل داده شده و بسته‌بندی می‌شود. پالم‌پیت مورد استفاده دارای EC برابر ۰/۴۱۷، pH برابر ۵/۸۳، نیتروژن ۰/۷۷ درصد، فسفر ۰/۶۸، پتاسیم ۰/۰۵ درصد، آهن ۸۳۲ میلی‌گرم بر لیتر، روی ۸/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر، مس ۵/۸۳ میلی‌گرم بر لیتر و منگنز ۳۷/۷۳ میلی‌گرم بر لیتر بود.

شد (Mohaghegh *et al.*, 2010). همچنین در گوجه‌فرنگی، غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار سیلیسیوم باعث افزایش معنی‌دار وزن‌تر و هدایت مزوفیلی گیاه، فتوستت و کارایی مصرف آب و بویژه کاهش مصرف محلول غذایی در شرایط کشت بدون خاک شد (Haghighi and Mozafariyan, 2014). مطالعات اخیر حاکی از این است که گیاهان تیمار شده با سیلیسیوم می‌توانند به طور چشمگیری تنش‌های زیستی و غیرزیستی مانند فلزات سنگین، نمک، خشکی، سرما و یخ زدگی را تحمل کنند (Mohsenzadeh *et al.*, 2012).

نقش مفید سلنیوم نیز جهت رشد طبیعی و در برخی محصولات جهت مقابله با تنش‌های اکسیداتیو مورد مطالعه قرار گرفته است (Djanaguiraman *et al.*, 2005). به دلیل خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، سلنیوم در گیاهانی مانند کاهو در مقابل تنش‌های اکسیداتیوی دارای نقش حفاظتی بوده و حتی سبب بهبود رشد گیاهان می‌شود (Xue *et al.*, 2001). در آزمایشی افزودن سلنیوم به خاک سبب طولانی شدن دوره رشد رویشی در گیاه و تأخیر در شروع پیری میوه‌های گوجه‌فرنگی شد (Pezzarossa *et al.*, 1999; Jardin, 2015). مشاهده شده است که تحت شرایط تنش دمایی اغلب شاخص‌های فتوستتزی در گوجه‌فرنگی با کاربرد سلنیوم و نانوسلنیوم بهبود می‌یابد (Haghighi and Mozafariyan, 2014).

بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی امکان جایگزینی کوکوپیت پرهزینه و وارداتی با یک بستر بومی و ارزان پالم‌پیت و همچنین بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره‌ی جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم به عنوان بهبوددهنده‌های رشد گیاه بر خصوصیات رشد رویشی و محصول گوجه‌فرنگی رقم دافنيس تحت شرایط گلخانه انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

### مواد گیاهی و تیمارهای مورد مطالعه

این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره‌ی

با استفاده از نرم افزار آماری SAS (Ver. 9.2) تجزیه و توسط همین نرم افزار و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن، مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

## نتایج

بررسی خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی تحت تاثیر تیمارهای مختلف نشان داد که ارتفاع بوته بطور معنی‌داری تحت تاثیر محیط کشت و محلول‌پاشی بهبود دهنده‌های رشد قرار گرفت، ولی اثر متقابل محلول‌پاشی و بستر کشت بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. ارتفاع بوته در بستر کشت حاوی پالم‌پیت + پرلیت (۲۰۱/۵۱ سانتی‌متر) نسبت به بستر کشت حاوی کوکوپیت + پرلیت (۱۹۷/۰۲ سانتی‌متر) بیشتر بود. بیشترین ارتفاع بوته در محلول‌پاشی با عصاره ۲۰ درصد جلبک دریایی (۲۱۵/۷۵ سانتی‌متر) حاصل شد. در مقابل، ارتفاع بوته در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی)، بطور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها کمتر بود (۱۷۸/۷۵ سانتی‌متر) (جدول ۱). کاربرد مستقل عصاره جلبک دریایی ۲۰ درصد و سیلیسیوم ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش معنی‌دار طول میانگره گردید (۳۷/۹۲ سانتی‌متر). طول میانگره نیز در تیمار شاهد با تیمارهای مختلف، بطور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها کمتر بود (۳۲/۰۵ سانتی‌متر). تعداد گره نیز بطور معنی‌داری تحت تاثیر بستر کشت قرار گرفت و تعداد گره در بستر کشت حاوی پالم پیت + پرلیت (۵۶/۳۳ عدد) بطور معنی‌داری نسبت به محیط کشت حاوی کوکوپیت + پرلیت (۵۳/۸۱ عدد) بیشتر بود (جدول ۱).

براساس نتایج بدست آمده، وزن تر و خشک بوته‌های گوجه‌فرنگی رقم دافنيس به‌طور معنی‌داری با کاربرد بستر کشت پالم‌پیت + پرلیت (وزن تر ۳۳۷/۵۲ گرم و وزن خشک ۱۱۵/۹ گرم) افزایش یافت. در بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نیز بیشترین وزن تر و خشک بوته گوجه‌فرنگی تحت تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیوم (به ترتیب ۳۶۰ گرم وزن تر و ۱۲۴/۸۳ گرم وزن خشک) و

گلدان‌ها هر روز در سه نوبت به مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول غذایی هوگلند دریافت می‌کردند. برای ساخت محلول غذایی از آب تصفیه شده توسط دستگاه تصفیه آب به روش اسمز معکوس با EC آب خروجی برابر ۱۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر استفاده شد. برای تهیه عصاره جلبک دریایی، ۵۰ گرم از پودر جلبک‌های قهوه‌ای (*Nizamuddinina zanardinii*) با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۶۰ دقیقه جوشانده شده و پس از عبور از صافی، عصاره حاصل به‌صورت ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد (Sivasankari et al., 2006). سپس غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد با افزودن آب مقطر تهیه شدند. برای تیمار شاهد آب خالص استفاده شد. به‌منظور اعمال تیمارهای محلول‌پاشی، ۲۱ روز پس از انتقال نشاء، غلظت‌های مورد نظر عصاره جلبک دریایی، سلنیوم و سیلیسیوم به صورت کاربرد برگی در چهار نوبت با فاصله زمانی یک هفته انجام شد.

## صفات مورد مطالعه

صفات مورد مطالعه در این پژوهش شامل وزن تر و خشک بوته، ارتفاع بوته، طول میانگره، تعداد گره، سطح برگ، میزان کلروفیل a، b و کل، کارتنوئید، تعداد و وزن میوه و عملکرد بود. ارتفاع گیاه و طول میانگره با استفاده از متر پارچه‌ای، وزن تر و خشک بوته و وزن میوه به ازای هر بوته با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf Area meter) مدل CI 202 استفاده شد. میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید برگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (PG Instruments Limited, UK) با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد (Lichtenthaler and Buschmann, 2001).

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

پیش از آنالیز داده، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و روش Kolmogorov-Smirnov و Shapiro-Wilk مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌های نرمال

۷۵ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیوم (به ترتیب، ۳۷۲ گرم وزن تر و ۱۲۸/۶۷ گرم وزن خشک) بدست آمد (جدول ۱). سطح برگ نیز در بوته‌های گوجه‌فرنگی تیمار شده با سیلیسیوم ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، درحالی‌که حداقل سطح برگ در تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) بدست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- اثر بستر کاشت و محلول پاشی (جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم) بر خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی رقم دافنیس  
Table 1. Effect of culture media and foliar spray (seaweed, silica and selenium) on growth characteristics of tomato (var. Dafnis)

Treatments	Plant height (cm)	Internode length (mm)	Number of nodes	Plant weight (g)		Leaf area (cm <sup>2</sup> )
				Fresh	Dry	
<b>Media</b>						
Palmpeat + Perlite	201.51 a	35.44 a	56.33 a	337.52 a	112.81 b	5.81 a
Cocopeat + Perlite	197.02 b	36.32 a	53.81 b	323.71 b	115.90 a	5.82 a
<b>Fertilizer</b>						
Control	178.75 e	32.05 d	55.17 a	285.83 d	97.33 d	4.99 d
Seaweed-10	201.67 bc	37.00 ab	54.00 a	301.33 c	106.5 c	5.36 c
Seaweed-20	215.75 a	37.92 a	56.50 a	332.83 b	116.33 b	6.01 b
Si-25	205.51 abc	36.05 bc	56.33 a	360.00 a	124.83 a	6.02 b
Si-75	208.33 ab	37.92 a	54.67 a	372.00 a	128.67 a	6.41 a
Se-4	189.52 d	35.27 c	53.33 a	326.17 b	112.83 b	5.96 b
Se-10	195.33 cd	34.97 c	55.50 a	336.17 b	113.99 b	5.96 b
Media	*	ns	*	**	*	ns
Fertilizer	**	**	ns	**	**	**
Media × Fertilizer	ns	ns	ns	ns	ns	ns

در هر ستون، تیمارهایی که دارای حروف مشترک هستند، اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن ندارند. Si و Se به ترتیب، نشانه سیلیسیوم و سلنیوم می‌باشند.

In each column, the means with the same letter (s) did not significantly differ based on the Duncan test.

شده با سیلیسیوم ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر بدست آمد. میزان کلروفیل b در بوته‌های کشت شده در بستر کشت حاوی کوکوپیت+پرلیت تیمار شده با جلبک دریایی ۱۰ درصد بطور معنی‌داری بیشتر بود. کلروفیل کل نیز در اکثر تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. حداکثر میزان کلروفیل کل و کارتنوئید کل در بوته‌های گوجه-فرنگی کشت شده در بستر کشت کوکوپیت+پرلیت تیمار شده با سلنیوم ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بدست آمد (جدول ۲).

بررسی اثر متقابل بستر کشت و محلول پاشی (جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم) بر میزان رنگیزه‌های موجود در برگ گوجه‌فرنگی رقم دافنیس نشان داد که حداقل میزان کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کارتنوئید کل در بوته‌های کشت شده در بستر کشت کوکوپیت+پرلیت محلول پاشی شده با جلبک دریایی ۲۰ درصد بدست آمد. درحالی‌که بیشترین میزان کلروفیل a، در بوته‌های کشت شده در بستر کشت حاوی پالم پیت + پرلیت محلول پاشی

جدول ۲- اثر متقابل بستر کشت و محلول پاشی (جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم) بر میزان رنگیزه‌های (میلی گرم بر گرم وزن تر) موجود در برگ گوجه فرنگی رقم دافنیس

**Table 2. Interaction effect of substrate and foliar application of seaweed, silica and selenium on leaf pigments of tomato (var. Dafnis)**

Media	Fertilizer	Chlorophyll a (mg. g-1 FW)	Chlorophyll b (mg. g-1 FW)	Total Chlorophyll (mg. g-1 FW)	Carotenoid (mg. g-1 FW)
Palmpeat + Perlite	Control	0.441 cd	0.305 abc	0.747 abc	0.441 abc
	Seaweed-10	0.444 bcd	0.295 abcde	0.739 abc	0.433 abc
	Seaweed-20	0.463 abc	0.295 abcde	0.758 abc	0.44 abc
	Si-25	0.474 ab	0.278 de	0.752 abc	0.429 bc
	Si-75	0.477 a	0.276 de	0.752 abc	0.428 bc
	Se-4	0.464 abc	0.289 bcde	0.752 abc	0.434 abc
Cocopeat + Perlite	Control	0.43 de	0.315 ab	0.745 abc	0.445 abc
	Seaweed-10	0.447 abcd	0.316 a	0.763 ab	0.453 ab
	Seaweed-20	0.41 e	0.272 e	0.683 de	0.4 d
	Si-25	0.432 de	0.285 cde	0.717 cd	0.419 cd
	Si-75	0.461 abcd	0.308 abc	0.77 ab	0.451 ab
	Se-4	0.475 ab	0.301 abcd	0.777 ab	0.45 ab
	Se-10	0.470 abc	0.312 ab	0.782 a	0.458 a
Media		*	*	ns	ns
Fertilizer		**	**	*	ns
Media × Fertilizer		**	*	**	**

در هر ستون، تیمارهایی که دارای حروف مشترک هستند، اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن ندارند. Si و Se به ترتیب، نشانه سیلیسیوم و سلنیوم می‌باشند.

In each column, the means with the same letter (s) did not significantly differ based on the Duncan test.

که تعداد میوه در کاربرد سیلیسیوم ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر با افزایش معنی‌دار تعداد میوه همراه بود (۱۷/۸۳ عدد). درحالی‌که در تیمار شاهد بطور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها کمتر بود (۱۵/۳۳ عدد).

بر اساس نتایج بررسی محلول پاشی جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم بر عملکرد گوجه‌فرنگی نشان داد که در بین تیمارهای مورد بررسی، محلول پاشی بوته‌های گوجه‌فرنگی با عصاره جلبک دریایی ۲۰ درصد و سیلیسیوم ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر سبب حصول حداکثر عملکرد در بوته گوجه‌فرنگی (به ترتیب ۳۲۲۹/۳ و ۳۳۲۰/۵ گرم) و حداقل عملکرد در بوته، در تیمار عصاره جلبک دریایی ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر (۲۷۵۲ گرم) و شاهد (۲۳۰۶/۵ گرم) مشاهده گردید (جدول ۳).

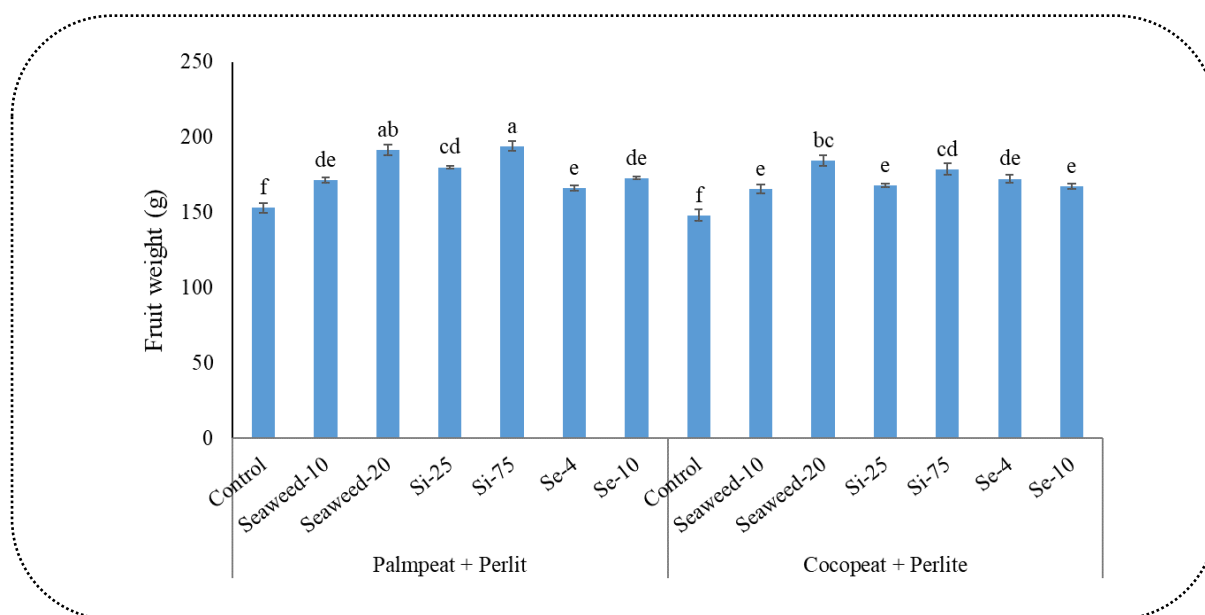
بر اساس نتایج بدست آمده، تعداد میوه در بوته تحت تاثیر نوع بستر کشت قرار نگرفت، ولی محلول پاشی عصاره جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد میوه در بوته شد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد میوه در بوته در تیمار سیلیسیوم ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد (جدول ۱).

اثر بستر کشت تنها بر صفت وزن میوه معنی‌دار بود (جدول ۱). کاربرد بستر کشت حاوی پالم پیت+پرلیت با افزایش معنی‌دار وزن میوه گوجه‌فرنگی همراه بود (۱۷۵/۶۲ گرم). همچنین در بوته‌های تیمار شده با عصاره ۲۰ درصد جلبک دریایی و ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیوم، وزن میوه افزایش معنی‌داری را نشان داد (به ترتیب ۱۸۸ گرم و ۱۸۶/۳ گرم). بررسی اثر محلول پاشی جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم بر تعداد میوه گوجه‌فرنگی نیز نشان داد

جدول ۳- اثر بستر کاشت و محلول پاشی (جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم) بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی رقم دافنیس

Table 3. Effect of culture media and fertilizer (seaweed, silica and selenium) on yield and yield component of tomato (var. Dafnis)

Treatments	Number of fruits	Yield (g per plant)
Media		
Palmpeat + Perlite	16.67 a	2936.7 a
Cocopeat + Perlite	16.95 a	2873.0 a
Fertilizer		
Control	15.33 c	2306.5 d
Seaweed-10	16.33 b	2752.0 c
Seaweed-20	17.17 ab	3229.3 a
Si-25	17.17 ab	2986.3 b
Si-75	17.83 a	3320.5 a
Se-4	16.67 b	2821.8 bc
Se-10	17.17 ab	2917.3 bc
Media	ns	ns
Fertilizer	**	**
Media × Fertilizer	Ns	ns



شکل ۱- اثر متقابل بستر کاشت و محلول پاشی (جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم) بر وزن میوه گوجه فرنگی رقم دافنیس. Si و Se به ترتیب، نشانه سیلیسیوم و سلنیوم می باشند.

Table 2. Interaction effect of culture media and fertilizer (seaweed, 0073ilica and selenium) on fruit0020weight of tomato (var. Dafnis)



ارتفاع بوته، طول میانگره و وزن تر و خشک بوته گردید. سطح برگ نیز علاوه بر تیمار عصاره ۲۰ درصد جلبک دریایی، تحت تیمارهای سلنیوم ۴ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر، عصاره ۱۰ درصد جلبک دریایی و سلیسیوم ۷۵ میلی گرم بر لیتر نیز افزایش معنی داری را نشان داد. در بررسی اثر محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی بر رشد، عملکرد و ویژگی های کیفی گوجه فرنگی گیلاسی، نتیجه گرفتند که کاربرد عصاره جلبک دریایی بطور معنی داری باعث افزایش ویژگی های رویشی شامل ارتفاع بوته گردید ( Javanmardi and Azadi, 2012). نتایج مشابهی بر روی سه گیاه خیار، کدو و گوجه فرنگی توسط شریعتمداری و همکاران (۱۳۹۰) گزارش شده است. مطالعات پیشین حاکی از آن است که استفاده از کود جلبک دریایی سبب جوانه زنی بهتر و سریع تر بذرها، رشد و گسترش بیشتر ریشه ها، به تأخیر انداختن پیری میوه ها و افزایش عمر پس از برداشت محصولات، افزایش توان و مقاومت گیاهان در مقابل تنش های زنده و غیرزنده و افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی می شود ( Norrie and Keathley, 2006) که این آثار به محرک های رشد موجود در جلبک دریایی، سایتوکنین های ترانس-زآتین، مواد اکسینی، بتائین و مواد شبه بتائین نسبت داده شده اند. گزارش شده است که عصاره جلبک های دریایی حاوی ترکیباتی مانند بتائین ها با فعالیت شبه سایتوکینینی است که باعث افزایش رشد شاخساره و ریشه می شود (Jardin, 2015). تحقیقات نشان می دهد استفاده از عصاره جلبک دریایی، باعث افزایش کلروفیل در برگ های گیاه می شود و سطح آنزیم آمیلاز را در اندام های گیاهی بالا می برد که باعث شکسته شدن قندهای غیرقابل استفاده در گیاه می گردد ( Strik et al., 2004). نتایج مشابهی بر روی گیاه شمعدانی گزارش شده است. غلظت بالاتر رنگدانه ها در مقایسه با شاهد منعکس کننده تنظیم مجدد متابولیسم کربن فتوسنتزی می باشد. همچنین وجود IBA در عصاره جلبک دریایی، سبب افزایش غلظت کلروفیل در برگ های گیاه شمعدانی شد

در بررسی اثر متقابل بستر کشت و محلول پاشی جلبک دریایی، سلیسیوم و سلنیوم بر وزن میوه گوجه فرنگی رقم دافنیس تحت شرایط گلخانه، بیشترین وزن میوه در بوته های گوجه فرنگی کشت شده در بستر کشت حاوی پالم پیت + پرلیت تیمار شده با سلیسیوم ۷۵ میلی گرم بر لیتر بدست آمد. جز در تیمار شاهد که حداقل وزن میوه را در هر دو بستر کشت دارا بود، در بین تیمارهای مورد بررسی، حداقل وزن میوه در بستر کشت پالم پیت + پرلیت در تیمار سلنیوم ۴ میلی گرم بر لیتر و در بستر کشت کوکوپیت + پرلیت در عصاره جلبک ۱۰ درصد، سلیسیوم ۲۵ میلی گرم بر لیتر و سلنیوم ۱۰ میلی گرم بر لیتر بدست آمد (شکل ۱).

## بحث

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که صفات رشدی بوته گوجه فرنگی شامل ارتفاع بوته، تعداد گره و وزن تر و خشک بوته های گوجه فرنگی در بستر کشت حاوی پالم پیت + پرلیت نسبت به بستر کشت حاوی کوکوپیت + پرلیت افزایش معنی داری را نشان دادند. Hesami و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که ضایعات پوسیده نخل خرما می تواند به عنوان یک بستر مناسب و قابل رقابت با کوکوپیت برای کشت بدون خاک توت فرنگی استفاده شود. در آزمایشی با بررسی امکان استفاده از الیاف خرما به عنوان بستر کشت و جایگزینی برای کوکوپیت گزارش کردند که پتانسیل جذب و نرخ از دست دادن رطوبت به ترتیب در کوکوپیت، پیت ماس، الیاف خرما، پرلیت و خاک کاهش می یابد ( Doaigue and Ghazanfari Moghadam, 2015).

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی، سلیسیوم و سلنیوم سبب بهبود خصوصیات رشدی بوته گوجه فرنگی نسبت به شاهد گردید که در این بین، تیمار ۲۰ درصد جلبک دریایی و سلیسیوم ۲۵ و ۷۵ میلی گرم بر لیتر سبب بهبود صفات

احتمال داده‌اند که بر جذب سایر یونها در گیاه نیز تاثیر داشته باشد (KhavariNezhad et al., 2010). افزایش میزان آنتوسیانین در برگهای ریحان محلول پاشی شده با سطوح مختلف سلنیوم گزارش شده است (Hawrylak-Nowak, 2008). اثرات مثبت سلنیوم بر افزایش شدت فتوسنتز و میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ درختان گلابی توسط لیو و همکاران (Liu et al., 2011) گزارش شده است که این نتایج با مطالعات حاصل از این پژوهش بر روی گوجه فرنگی رقم دافنیس مطابقت داشت. بررسی‌ها نشان می‌دهد که احتمالاً غلظت‌های کم سلنیوم با محافظت از آنزیم‌های کلروپلاستی، بیوستز رنگدانه‌های فتوسنتزی را افزایش می‌دهد اما با افزایش بیشتر غلظت سلنیوم، این عنصر آنزیم‌های بیوستزکننده کلروفیل را مهار کرده و از این طریق تأثیر منفی بر سنتز کلروفیل و کارتنوئید برگ می‌گذارد (Wu and Huang, 1991). همچنین عمده ترکیبات رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای ساختار نیتروژنی هستند که نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی منجر به افزایش مقدار آنها در گیاه گردد (Hajiboland and Keivanfar, 2012; Zgallai et al., 2006).

علاوه بر خصوصیات رشدی و میزان رنگیزه‌های برگ، تیمارهای محلول پاشی به طور معنی‌داری سبب بهبود تعداد میوه در بوته و عملکرد گوجه‌فرنگی رقم دافنیس شدند. به طوری که بیشترین میزان عملکرد میوه با کاربرد غلظت‌های ۲۰ درصد عصاره جلبک دریایی و همچنین غلظت ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیوم بدست آمد. علاوه بر آن، سلنیوم نیز سبب بهبود تعداد میوه در بوته و عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد که این نتایج با مطالعات پیشین مطابقت دارد (Jardin, 2015). مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مربوط به اثرات سودمند عصاره جلبک دریایی بر عملکرد گیاهان، به غلظت، نحوه کاربرد و جنس و گونه جلبک دریایی که از آن عصاره‌گیری شده، وابسته است. این ترکیبات حاوی مواد هورمونی بوده و در غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی را در گیاهان ایجاد می‌کند (Jardin, 2012).

(Krajnc et al., 2012) که با نتایج حاصل از پژوهش ما مطابقت داشت. به طوری که، عصاره جلبک دریایی با بهبود میزان رنگیزه‌های برگ، احتمالاً سبب افزایش کارایی فتوسنتز و به دنبال آن بهبود خصوصیات رشدی شده است. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش سیلیسیوم و سلنیوم سبب بهبود خصوصیات رشدی گیاه گوجه فرنگی شد که با مطالعات پیشین مطابقت دارد (Jardin, 2015). تأثیر سیلیسیوم بر عملکرد گیاه ممکن است به دلیل رسوب آن در پهنای برگ، افزایش استحکام برگ‌ها و نیز افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ باشد که از این طریق توانایی گیاه برای استفاده مؤثر از نور را بالا می‌برد (Chaoui et al., 1997). یکی از نقش‌های سیلیسیوم افزایش کارایی فتوسنتز و افزایش کلروفیل می‌باشد (Liang et al., 2015). نتایج پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد که کاربرد سیلیسیوم بویژه در غلظت ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش میزان کلروفیل a، b و کل و همچنین میزان کارتنوئید برگ گردید. گزارش شده است که تیمار سیلیسیوم باعث جلوگیری از تخریب کلروفیل در شرایط تنش می‌گردد (Tale Ahmad and Haddad, 2010). از سوی دیگر سایر محققین نیز گزارش نموده‌اند از جمله دلایل بهبود رشد گیاه با افزایش کلروفیل در تیمار سیلیسیوم مربوط به افزایش کارایی فتوسیستم II می‌باشد (Al-Aghabary et al., 2005). کاربرد سیلیسیوم محلول جهت تولید غلظت‌های بالاتر آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز در برگ لازم است. این آنزیم سوخت و ساز دی اکسید کربن را تنظیم کرده و در نتیجه کارایی تثبیت دی اکسید کربن توسط گیاهان را افزایش می‌دهد و در نهایت منجر به بهبود فتوسنتز در گیاه می‌شود (Adatia and Besford, 1986).

کاربرد سلنیوم در گیاه گوجه‌فرنگی بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل و کارتنوئید موثر بوده است. محققین علت این اثرگذاری را به افزایش جذب منیزیم به واسطه حضور سلنیوم در بافت گیاهی نسبت داده‌اند و

میوه می‌شود و این افزایش به حضور تنظیم‌کننده‌های رشدی همچون ۳- ایندول استیک اسید (اکسین)، جیبرلین، کینتین و زاتین در عصاره جلبک دریایی نسبت داده شده است.

براساس نتایج حاصل از این پژوهش کاربرد سیلیسیوم و سلنیوم به‌طور معنی‌داری سبب بهبود عملکرد گوجه‌فرنگی رقم دافنيس شد. تاثیر سیلیسیوم بر عملکرد گیاه ممکن است به دلیل رسوب آن در پهنای برگ، افزایش استحکام برگ‌ها و نیز افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ باشد که از این طریق توانایی گیاه برای استفاده موثرتر از نور را بالا می‌برد. همچنین کاربرد سیلیسیوم محلول جهت تولید غلظت‌های بالاتر آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز در برگ لازم است. این آنزیم سوخت و ساز دی‌اکسیدکربن را تنظیم کرده و در نتیجه کارایی تثبیت دی‌اکسیدکربن توسط گیاهان را افزایش می‌دهد که این باعث بهبود فتوسنتز در گیاه می‌شود (Adatia and Besford, 1986). در آزمایشی با بررسی اثر سیلیسیوم بر برخی صفات رشدی دو رقم خیار در محیط کشت بدون خاک گزارش کردند که غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیسیوم از منبع سیلیکات سدیم می‌تواند به‌طور معنی‌داری خصوصیات رشدی و عملکرد خیار را نسبت به شاهد افزایش دهد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت (Mohaghegh et al., 2010).

به‌طور کلی و با توجه به رشد رویشی بهتر بوته‌های گوجه‌فرنگی در بستر پالم‌بیت+پرلیت و تولید محصول بیشتر و کیفیت بالای میوه، از این آزمایش نتیجه‌گیری می‌شود که پالم‌بیت به عنوان یک بستر مناسب می‌تواند در ترکیب با پرلیت، جایگزین بستر وارداتی و گران‌قیمت کوکوپیت شود. البته برای تولید وسیع و با کیفیت این بستر کشت در کشور باید برنامه‌ریزی دقیق صورت بگیرد و حمایت‌های لازم از طرف وزارت جهاد کشاورزی انجام شود. محلول‌پاشی جلبک دریایی، سیلیسیوم و سلنیوم نیز دارای اثرات مثبت بر رشد رویشی و تولید محصول بود که کاربرد آنها در گلخانه‌های تولید گوجه‌فرنگی توصیه می‌شود.

(2015). در این خصوص گزارش شده است که این مواد در غلظت‌های بالا به‌عنوان عامل محدود کننده رشد ریشه و در غلظت‌های پایین به‌عنوان محرک رشد ریشه و در نهایت افزایش رشد و عملکرد عمل می‌کنند (Javanmardi and Azadi, 2012). در آزمایشی با بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر رشد، عملکرد و ویژگی‌های کیفی گوجه‌فرنگی گیلاسی، نتیجه گرفتند که غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۶ میلی‌لیتر بر لیتر عصاره جلبک دریایی به ترتیب دارای بیشترین عملکرد و کیفیت برتر میوه‌ها بودند (Javanmardi and Azadi, 2012). گزارش شده که استفاده از کود جلبک دریایی باعث افزایش تشکیل میوه در بسیاری از محصولات کشاورزی می‌شود (Arthur et al., 2003). از آنجا که عملکرد به‌طور مستقیم به میزان گلدهی و تشکیل میوه وابسته است، پیشنهاد شده که افزایش میزان گل‌دهی و تشکیل میوه در اثر استفاده از کود جلبک دریایی می‌تواند نتیجه توانمند و قوی شدن گیاهان به دلیل افزایش حجم ریشه و جذب عناصر غذایی باشد (Crouch and van Staden, 1992). کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث افزایش گلدهی و تشکیل میوه در بسیاری از گیاهان می‌شود. عصاره جلبک‌های دریایی حاوی موادی است که با افزایش رشد ریشه و رشد رویشی گیاه و در نتیجه جلو انداختن مرحله نموی آن، باعث گلدهی بیشتر می‌شود (Khan et al., 2009). وجود برخی از ترکیبات محرک رشد در برخی از گیاهان مانند جلبک‌ها باعث شده تا از عصاره این گیاهان برای تولید کودهایی استفاده شود که سبب افزایش میزان رشد و تولید در گیاهان زراعی و باغی می‌گردد (حق‌پرست و فراهانی، ۱۳۹۱). این کودها با افزایش تعداد، طول و حجم ریشه‌ها باعث افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش طول، قطر، وزن میوه و عملکرد می‌شوند (Crouch and van Staden, 1992). Prasad و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد کود جلبک دریایی به صورت اسپری برگی طی رشد رویشی گیاه گوجه‌فرنگی و فلفل باعث افزایش اندازه، وزن و عملکرد

## منابع

- Adatia, M.H., and Besford, R.T. 1986. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. *Annals of Botany*; 58(3): 343-51.
- Al-aghabary, K., Zhu, Z., and Shi, Q. 2005. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of plant nutrition*, 27(12), 2101-2115.
- Arthur, G. D., Stirk, W. A., Van Staden, J., and Scott, P. 2003. Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annum*. *South African journal of botany*, 69(2), 207-211.
- Board N. 2004. *Biofertilizer and Organic Farming*. National Institute of Industrial Reserch, New Delhi: 620 pp.
- Butler, J.D. and Oebker, N.F. 1962. *Hydroponics as a hobby: growing plants without soil*. Circular; 844.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil* 383, 3–41.
- Chaoui, A., S. Mazhoudi, M.H. Ghorbal and E.L. Ferjani. 1997. Cadmium and zinc induction of lipid peroxidation and effects on antioxidant enzyme activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Sci.* 127: 139-147.
- Crouch, I. and J. van Staden. 1992. Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *Journal of Applied Phycology*; 4: 291-296.
- Djanaguiraman, M., Devi, D. D., Shanker, A. K., Sheeba, J. A., and Bangarusamy, U. 2005. Selenium—an antioxidative protectant in soybean during senescence. *Plant and Soil*, 272(1), 77-86.
- Doaguie, A.R. and Ghazanfari Moghadam, A. 2015. The Application of date palm fibers as growth medium and optimization of moisture content and holding capacity by response surface methodology.
- Epstein E. 2009. Silicon: its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology* 155(2):155-160.
- Haighighi, M.: Mozafarivan, M. 2014. Effect of Si and nano-Si on growth, morphological, and photosynthetic attributes of tomato in hydroculture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse*. 5 (3): 37-48.
- Hajiboland R., and Keivanfar N. 2012. Selenium supplementation stimulates vegetative and reproductive growth in canola (*Brassica napus* L.) plants. *Acta Agriculturae Slovenica* 99(1): 13-19.
- Hawrylak-Nowak, B. 2008. Changes in anthocyanin content as indicator of maize sensitivity to selenium. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 1232-1242.
- Hesami, A., Khorami, S. S., Amini, F., and Kashkooli, A. B. 2012. Date-peat as an alternative in hydroponic strawberry production. *African Journal of Agricultural Research*, 7(23): 3453-3458.
- Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196: 3–14.
- Javanmardi, J., and Azadi, H. 2012. Effects of foliar spray of seaweed extract on growth, yield and qualitative characteristics of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme). *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 13(3): 283-290.
- Journal of Science and Technology of Greenhouse*, 5(4): 1-14.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J. and Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4): 386-399.
- Khavarinejad R., Goshegir Z., and Sadatmand S. 2010. Interaction effect of selenium and molybedon on pigment photosynthesis of tomato. *Journal of Plant Science Researches* 17(1): 14-23.
- KhavariNezhad, R.A., Goshegir, Z., Sa'adatman, S. 2010. The effects of Selenium-Molybdenum interaction on contents of Photosynthetic Pigments in tomato (*Lycopersicom esculentum* Mill.). *Journal on Plant Science Researches*, 5(1): 14-23.

- Kocabas I, Kaplan M, Kurkcuglu M, Baser K H C. 2010. Effects of different organic manure applications on the essential oil components of Turkish sage (*Salvia fruticosa* Mill.). *Asian Journal of Chemistry*; 22(2): 1599-1605.
- Krajnc, A. U., Ivanus, A., Kristl, J., and Susek, A. 2012. Seaweed extract elicits the metabolic responses in leaves and enhances growth of Pelargonium cuttings. *European Journal of Horticultural Science*, 77: 170-81.
- Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H. and Song, A. 2015. Silicon in agriculture from theory to practice. Springer, pp: 182.
- Lichtenthaler, H. K., and Buschmann, C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 1(1), F4-3.
- Liu Q.L., Wang D., Wu G.L., Hao G.W., Hao Y.Y., and Sun S. 2011. Effects of selenium on leaf senescence and antioxidase system in *Pyrus bretschneider* Dangshan Suli. *Acta Horticulturae Sinica* 38: 2059-2066.
- Mohaghegh, P. Shirvani, M. Ghasemi. S. 2010. Silicon Application Effects on Yield and Growth of Two Cucumber Genotypes in Hydroponics System. *Journal of Science and Technology of Greenhouse*, 1(1): 35-39.
- Mohsenzadeh, S., Shahrtash, M., and Teixeira da Silva, J. A. (2012). Silicon improves growth and alleviates toxicity of cadmium in maize seedlings. *Plant stress*, 6(1), 39-43.
- Norrie, J. and J. Keathley. 2006. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. *Acta Horticulturae*, 727: 243-245.
- Olle, M., Ngouajio, M. and Siomos, A. 2012. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review. *Agriculture* 99(4): 399-408.
- Pezzarossa, B., Malorgio, F., and Tonutti, P. 1999. Effects of selenium uptake by tomato plants on senescence, fruit ripening and ethylene evolution. *Biology and biotechnology of the plant hormone ethylene II*, 275-276.
- Prasad, K., A.K. Das, M.D. Oza, H. Brahmhatt, A.K. Siddhanta, R. Meena, K. Eswaran, M.R. Rajyaguru and P.K. Ghosh. 2010. Detection and quantification of some plant growth regulators in a seaweed-based foliar spray employing a mass spectrometric technique sans chromatographic separation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 4594-4601.
- Roosta, H.R. 2014. Effect of ammonium: nitrate ratios in the response of strawberry to alkalinity in hydroponics. *Journal of Plant Nutrition*, 37: 1676-1689.
- Siddiqui, M.H. and Al-Whaibi, M.H. 2014. Role of nano-SiO<sub>2</sub> in germination of tomato (*Lycopersicon esculentum* seeds Mill.). *Saudi journal of biological sciences* 21(1):13-17.
- Sivasankari, S., Venkatesalu, V., Anantharaj, M. and Chandrasekaran, M. 2006. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. *Bioresource Technology* 97: 1745-1751.
- Spann, T.M., Road, E.S., Alfred, L., and Little, H.A. 2011. Applications of a commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* increases drought tolerance in container-grown 'Hamlin' sweet orange nursery trees. *HortScience*, 46: 577-582.
- Tale Ahmad, S. and Haddad, R. 2010. Effect of Silicon on Antioxidant Enzymes Activities and Osmotic Adjustment Contents in Two Bread Wheat Genotypes under Drought Stress Conditions. *Seed and Plant Production*, 26(2): 207-225.
- Vernieri P, Borghesi E, Tognoni F, Serra G, Ferrante A, Piagessi A. 2006. Use of bio stimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. *Acta Horticulturae*, 718: 477-484.
- Wu L., and Huang Z.Z. 1991. Chloride and sulfate salinity effects on selenium accumulation by Tall Fescue. *Crop Science* 31: 114-118.
- Xue T, Hartikainen H, Piironen V. 2001. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *Plant and soil*. 237(1): 55-61.
- Zgallai H., Steppe K., and Lemeur R. 2006. Effects of different levels of water stress on leaf water potential, stomatal resistance, protein and chlorophyll content and certain anti oxidative enzymes in tomato plants. *Journal of Integrative Plant Biology* 48(6): 679-685.