اثر محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم بر خصوصیات کمی، کیفی، رشد و گلدهی جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

ناصر علی‌پور [۱] و الهام دانائی [۲*]

۱- کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران،

n.alipoor.16027@hotmail.com

۲*- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران،

dr.edanaee@yahoo.com

*نویسنده مسئول: الهام دانائی

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۷

Effect of potassium, Selenium and calcium spray on qualitative and quantitative traits, growth and flowering in Tagetes erecta

Naser Alipoor[1] and Elham Danaee[2*]

1- MS.c, Department of Horticulture, Agriculture college, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, n.alipoor.16027@hotmail.com

2*- Assistant Professor, Department of Horticulture, Agriculture college, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, dr.edanaee@yahoo.com

*Corresponding author: Elham Danaee

Received: July 2018 Accepted: October 2018

چکیده

پژوهش حاضر جهت بررسی اثر محلول‌پاشی پتاسیم، سلنیوم و کلسیم بر خصوصیات کمی، کیفی، رشد و گلدهی جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)، به صورت طرح آماری کاملاً تصادفی با هفت تیمار، سه تکرار و هر تکرار حاوی سه گلدان، در مجموع ۶۳ گلدان اجرا شد. تیمارها شامل نانوکلات پتاسیم و کلسیم هر کدام با دو سطح ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر، نانوکلات سلنیوم با دو سطح ۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر و گلدان بدون محلول‌پاشی بعنوان شاهد، بود. محلول‌پاشی گلدان‌ها سه مرتبه به فاصله ۱۰ روز از مرحله چهار تا شش برگی گیاه و در پایه‌های یکسان انجام شد. نمونه‌برداری و ارزیابی صفات حدود ۱۰ روز پس از آخرین محلول‌پاشی انجام گردید. صفات کمی، کیفی و آنزیمی گیاه مانند وزن تر گل، وزن خشک گل، تعداد گل، ارتفاع گیاه، شاخص ثبات غشاء سلول، کارتنوئید گلبرگ، کلروفیل کل برگ، پروتئین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، میزان پتاسیم، سلنیوم، کلسیم برگ و ماندگاری گل روی بوته ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که تیمار Nano Ch K 60ppm بیشترین تأثیر را بهبود صفاتی مانند وزن تر گل، وزن خشک گل، شاخص ثبات غشاء سلول و میزان پتاسیم برگ داشت. تیمار Nano Ch Se 6ppm بیشترین اثر را در میزان پروتئین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و میزان سلنیوم برگ نشان داد. تیمار Nano Ch Ca 60ppm بیشترین تأثیر را بهبود صفاتی مانند تعداد گل، ارتفاع گیاه، کارتنوئید گلبرگ، کلروفیل کل برگ، میزان کلسیم برگ و ماندگاری گل روی بوته داشت. همچنین بین صفات مورد ارزیابی مانند وزن تر گل، وزن خشک گل، تعداد گل، ارتفاع گیاه، شاخص ثبات غشاء سلول، کارتنوئید گلبرگ، کلروفیل کل برگ، پروتئین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، میزان پتاسیم، سلنیوم، کلسیم برگ و ماندگاری گل روی بوته ارزیابی از نظر آماری، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۱٪ مشاهده شد. اما تعداد گل و ارتفاع گیاه با کارتنوئید گلبرگ و کلروفیل کل برگ، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان داد.

کلمات کلیدی: پتاسیم، جعفری، سلنیوم، سوپراکسید دیسموتاز، کلسیم

Abstract

To study the Effect of potassium, selenium and calcium spray on qualitative and quantitative traits, growth and flowering in *Tagetes erecta*, factorial experiment in a completely randomized design with 7 treatments, 3 replication and each treatment with 3 pots, a total 63 pots were conducted. Treatments includ potassium and calcium nanochelate each with 2 level, 30 and 60 ppm, selenium with 2 level, 3 and 6 ppm and No spraying pot were used as controls. Spraying pots 3 times within 10 days from step 4 to 6 leaves of the plant and in the same plants was conducted. Sampling and evaluation of traits were done about 10 days after spraying. quantitative, qualitative and enzymatic traits such as fresh weight of flower, dry weight of flower, number of flower, plant length, cell membrane stability index, carotenoid of petals, total chlorophyll of leaves, protein, superoxide dismutase enzymes activity, potassium, selenium and calcium in leaf and flower life on plant were evaluated. The results showed that Nano Ch K 60ppm treatment had the most effect on the improvement of traits such as flower fresh weight, flower dry weight, cell membrane stability index and potassium in leaf. Nano Ch Se 6ppm treatment had the most effect on the improvement of traits such as protein, superoxide dismutase enzymes activity and selenium in leaf.Nano Ch Ca 60ppm treatment had the most effect on the improvement of traits such as number of flower, plant length, carotenoid of petals, total chlorophyll of leaves, calcium in leaf and flower life on plant. Also, the correlation between some traits such as flower fresh weight, flower dry weight, number of flower, plant length, cell membrane stability index, carotenoid of petals, total chlorophyll of leaves, protein, activity of superoxide dismutase enzymes, potassium, selenium and calcium in leaf and flowering on plant statistically significant and positive at 1% level was observed. But number of flower and plant length with carotenoid of petals and total chlorophyll of leaves, showed the positive and significant correlation at 5% level.

Keywords: Calcium, Potassium, *Tagetes erecta*, Selenium, Superoxid dismutase.

مقدمه و کلیات

گل جعفری (*Tagets* spp.) یکی از گل‌های قدیمی است که از سال‌های پیش کاشت و پرورش آن در ایران معمول بوده است. امروزه ارقام جدید آن کشت و کار می‌شود. در ارقام جدید گل‌ها بسیار درشتند، شاخه‌ها و برگ‌های زیبای جعفری نیز در باغ جلب نظر می‌کند. مبدأ پیدایش آن مکزیک و آمریکای جنوبی است. گیاه یکساله و دارای برگ‌های مرکب بوده گل‌های آن به رنگ زرد لیمویی، زرد، کرم، طلایی و نارنجی قهوه‌ای دیده می‌شود. برگ‌های جعفری بوی خوبی ندارد و امروزه در به‌نژادی این گل گزینش برای ارقامی صورت می‌گیرد که برگ‌های آنها بو نداشته باشد. این گیاه آفتاب دوست است و در نقاط آفتابی و گرم رشد خوبی دارد. در دماهای کمتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد رشد کند شده و گیاهان کلروزه می‌شوند. در شدت‌های بالای نور، طول روزهای بلند اثر بازدارنده کمتری بر گلدهی در مقایسه با شدت‌های پایین نور دارد. نسبت به قوی بودن زمین حساسیت از خود نشان نمی‌دهد ولی زمین‌های مرغوب و قوی موجب می‌شود که بوته رشد خوبی داشته و در نتیجه گل‌های درشت تولید کند (قاسمی‌قهساره و کافی، ۱۳۸۶). عناصر غذایی قابل استفاده برای ریشه‌ی گیاهان به عوامل زیادی بستگی دارد مانند آب و هوا، گونه‌ی گیاهی، نوع پایه، نوع خاک، رطوبت خاک، اکسیژن خاک، pH خاک و مجموع عناصر غذایی موجود در خاک. روش جذب عناصر بطورکلی به صورت جذب غیرفعال و جذب فعال می‌باشد (سالاردینی، ۱۳۷٤). پتاسیم یک فلز قلیایی است که در ترکیب هیچ کدام از اجزای سلولی یافت نمی‌شود. این عنصر اهمیت ویژه‌ای در برگ‌های جوان نوک ریشه و بافت‌های مریستمی دارد همچنین پتاسیم تقریباً در تمام فرآیندهای متابولیسمی گیاه نقش دارد مانند فتوسنتز، ساخت کربوهیدارت‌ها، احیای نیترات، ساخت اسید آمینه و پروتئین دخالت دارد. همچنین پتاسیم مانند فعال‌کننده تعدادی آنزیم‌های گیاهی عمل می‌کند و نقش مهمی در تنظیم تنفس و وضعیت آب سلول‌های گیاهی دارد. پتاسیم در باز و بسته کردن سلول‌های روزنه نیز مهم است، همچنین موجب تقویت رشد ریشه می‌شود در تقسیم سلولی نیز مؤثر است. زمانیکه تأمین آب برای گیاه مشکل شود، پتاسیم موجود در اندام‌های مسن به قسمت‌های در حال رشد حرکت می‌کند. به همین دلیل کمبود پتاسیم ابتدا در برگ‌های مسن ظاهر می‌شود (معزاردلان و ثواقبی، ۱۳۷٦). سلنیوم یک عنصر شبه‌فلز و به‌دلیل نزدیکی با گوگرد خواصی مشابه با این عنصر دارد. نقش سلنیوم در گیاهان به‌عنوان یک عنصر ضروری هنوز مورد بحث است و در غلظت‌های بالا برای گیاه سمی می‌باشد. علائم ناشی از سمیت سلنیوم در گیاهان شامل کاهش رشد، کلروزه شدن، پژمرده و خشک شدن برگ‌ها، کاهش سنتز پروتئین و مرگ پیش از بلوغ گیاه است. با این وجود غلظت‌های پایین سلنیوم اثرات سودمندی بر متابولیسم سلول‌های گیاهی دارد و با توجه به شواهد، کاربرد خاکی یا محلول‌پاشی سلنیوم می‌تواند رشد، عملکرد و کیفیت محصولات را افزایش دهد (Xu *et al.*, 2003). کلسیم به عنوان یکی از عناصر پرمصرف و از اجزای مهم سازنده دیواره سلولی است. کلسیم خارج سلولی نقش مهمی در ساختمان دیواره سلولی و در وظایف غشاء سلولی دارد. مشکل کلسیم جذب آن توسط گیاه نبوده، بلکه انتقال آن در داخل گیاه است، بدین مفهوم که کلسیم به دلیل تثبیت در واکوئل و غشاء سیتوپلاسمی از طریق آوند آبکشی نمی‌تواند به گل

برسد، بنابراین باید فقط از طریق آوند چوبی به اندام مورد نظر حرکت کند. کلسیم منجر به افزایش قطر گل و بهبود خصوصیات کیفی آن شده و کاربرد کلسیم همچنین منجر به افزایش وزن تر اولیه گل‌ها و تأخیر در کاهش وزن تر آنها می‌شود (ملکوتی، ۱۳۷۵). ساری‌زاده و عبدوسی در سال ۱۳۹٤، در آزمایشی اثر محلول‌پاشی کودهای نانوسیلیسیم و نانوکلسیم با سطوح ppm ۱۰، ۲۰ و ٤۰ و شاهد (آب مقطر) در سه تکرار، در دو مرحله روی بوته‌ها در مرحله پیش از بر داشت در گل داوودی خوشه‌ای، بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تمام صفات، بیشترین مقادیر خود را در تیمار کلسیم ppm ٤۰ نشان دادند. میزان سیلیسیم برگ هم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد، اما بیشترین میزان خود را در تیمار سیلیسیم ppm ٤۰ نشان داد. قشنگ و دانائی در سال ۱۳۹۲ در پژوهشی دیگر تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کلسیم و سیلیسیم بر صفات کمی و کیفی گل ژربرا رقم Sorbet ارزیابی نمودند. محلول‌پاشی نانو کود سیلیسیم و کلسیم با غلظت ۱۰، ۲۰ و ٤۰ میلی‌گرم در لیتر بصورت هفت تیمار با سه تکرار و هر تکرار حاوی سه گیاه، انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد نانو کلسیم و سیلیسیم موجب بهبود کلیه صفات کمی و کیفی در گل ژربرا شد. ناظریه و اردبیلی نیز در سال ۱۳۹٦، اثر نیتریک اکسید و سلنیوم بر خصوصیات تکوینی، رشدی و فیزیولوژیک نعناع فلفلی را در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی که در آن نیتریک اکسید (سدیم نیتروپروساید منبع تولیدکننده NO) در دو سطح شامل (صفر و ۵۰ میکرومولار) و نانوسلنیوم در سه سطح (صفر، ۲ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) به صورت محلول‌پاشی به صورت یک روز در میان به مدت دو ماه در سه تکرار، بررسی نمودند. نتایج نشان داد با افزایش غلظت سلنیوم، وزن تر بخش هوایی، ارتفاع، سطح برگ، طول و عرض برگ ابتدا به صورت معنی‌داری با غلظت سلنیوم ۲، افزایش و با غلظت سلنیوم ۲۰، کاهش یافت، بیشترین میزان صفات فوق در تیمار سلنیوم ۲ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین فعالیت آنزیم در تیمار سلنیوم ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل با افزایش غلظت سلنیوم ۲ میلی‌گرم بر لیتر ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت، در حالی که در غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش نشان داد. در مطالعه‌ای Azeezahmed و همکاران در سال 2016 اثر غلظت‌های مختلف نیتروژن و پتاسیم بر رشد و گلدهی گل داوودی در سیستم هیدروپونیک بررسی نمودند. تیمارها شامل نیتروژن در پنج سطح ppm ۵۰،۱۰۰،۱۵۰،۲۰۰،۲۵۰ و پتاسیم در پنج سطح ppm ٤۰،۸۰،۱۲۰،۱٦۰،۲۰۰ در مرحله رویشی و در مرحله زایشی (گلدهی) نیز نیتروژن در پنج سطح ppm ٤۰،۸۰،۱۲۰،۱٦۰،۲۰۰ و پتاسیم در پنج سطح ppm ٦۰،۱۱۰،۱٦۰،۲۱۰،۲٦۰ بود. نتایج نشان داد که عملکرد گل داوودی با افزایش غلظت ترکیبات، بهبود یافت. غلظت مواد مغذی $N_{250}+ k_{200}$ در مرحله رویشی و $N_{200}+k_{260}$ در مرحله زایشی بیشترین تعداد گل و بوته را تولید نمود.

فرآیند پژوهش

پژوهش حاضر در گلخانه‌ای تجاری در شهرستان کرج در بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ انجام شد. بذر گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*) از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری و در گلخانه‌ای تجاری کشت شد. پژوهش بصورت طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار، سه تکرار و هر تکرار حاوی سه گیاه، در

مجموع ٦٣ گلدان اجرا شد. تیمارها شامل نانوکلات پتاسیم و کلسیم هر کدام با دو سطح ۳۰ و ٦۰ میلی‌گرم در لیتر، نانوکلات سلنیوم با دو سطح ۳ و ٦ میلی‌گرم در لیتر و گلدان بدون محلول‌پاشی بعنوان شاهد، بود. محلول‌پاشی گلدان‌ها سه مرتبه به فاصله ۱۰ روز از مرحله چهار تا شش برگی گیاه و در پایه‌های یکسان انجام شد. نمونه‌برداری و ارزیابی صفات حدود ۱۰ روز پس از آخرین محلول‌پاشی انجام گردید.

وزن تر گل= در این آزمایش وزن تر در روز معین توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین گردید (Clickle and Reid, 2002).

وزن خشک گل= در این آزمایش وزن خشک در روز معین پس از ۷۲ ساعت قرارگیری در دمای ٦۰ درجه‌سانتیگراد، توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین گردید (Clickle and Reid, 2002).

تعداد گل= تعداد گل‌ها و نیز غنچه‌های موجود در هر نمونه به صورت چشمی شمارش گردید.

ارتفاع گیاه= ارتفاع گیاه به کمک خط‌کش از سطح خاک تا بلندترین قسمت گیاه، اندازه‌گیری گردید.

شاخص ثبات غشاء سلول= جهت محاسبه شاخص ثبات غشاء سلول، ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر را در فالکون ریخته و سپس ۰/۵ گرم گلبرگ خرد شده به آن اضافه گردید. نمونه‌ها در بن ماری ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ٦۰ دقیقه قرارداده شدند و پس از خروج نمونه‌ها از بن ماری میزان EC توسط دستگاه EC متر قرائت گردید که میزان EC_1 بدست آمد. سپس فالکون‌ها را به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو ۱۲۰ درجه سانتیگراد با فشار ۱/۲ اتمسفر قرارداده و پس از سرد شدن، میزان EC_2 قرائت شد. در نهایت برای محاسبه شاخص ثبات غشاء سلول، اعداد حاصل در فرمول زیر جایگزین گردید (Singh *et al.*, 2008).

$$MSI = \{1 - (EC_1 / EC_2)\} \times 100$$

کارتنوئید گلبرگ= اندازه‌گیری طبق روش مستوفی و نجفی (۱۳۸٤) انجام گردید. ابتدا ۰/۳ گرم گلبرگ با ترازو، اندازه‌گیری و سپس با **cc** ۵ استون ۸۰٪ در هاون ساییده و عصاره بدست آمده در فالکون ریخته و عصاره‌های بدست آمده به مدت ۲٤ ساعت در دمای ٤ درجه‌سانتیگراد در یخچال قرارگرفته، بعد از ۲٤ ساعت فاز بالایی جدا و در کووت ریخته و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ٤۸۰ و ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید. داده‌های بدست آمده در فرمول ذیل قرار گرفته و میزان کارتنوئید نمونه‌ها محاسبه شد.

$$Car = 7/6\ (A480\ nm) - 1/49(A510\ nm)$$

A: میزان جذب نور

کلروفیل کل برگ= جهت سنجش کلروفیل کل برگ از روش Arnon در سال ۱۹٤۹ انجام گردید. ابتدا قطعات ۰/۳ گرمی از برگ را جدا و در حلال استون ۸۰ درصد در داخل هاون چینی سائیده و ترکیب حاصل به مدت ۲٤ ساعت در دمای ٤ درجه‌سانتیگراد قرارداده شد. سپس جذب در طول موج‌های ٦٤۵ و ٦٦۳ قرائت گردید و محاسبه محتوای کلروفیل از فرمول زیر انجام و در نهایت بصورت میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بیان شد.

$$Ch = 20/2(A645\ nm) + 8/02\ (A645\ nm)$$

A: میزان جذب نور

V: حجم استون نهایی

پروتئین= اندازه‌گیری پروتئین با استفاده از روش Bradford (۱۹۷٦) انجام شد در این روش برای تعیین مقادیر پروتئین از منحنی استاندارد حاصل از

غلظت‌های معین پروتئین استفاده گردید. برای استخراج عصاره پروتئینی ۰/۰۵ گرم از ماده خشک گیاهی وزن و **cc** ٤ از بافر تریس اسیدکلریدریک به آن اضافه شد. سپس نمونه‌ها روی شیکر به مدت ۲۰ دقیقه ورتکس گردیدند. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در ۵۰۰۰ دور سانتریفیوژ شدند و فاز بالایی جدا گردید که حاوی پروتئین کل است. برای اندازه‌گیری پروتئین به روش برادفورد به **cc** ۰/۱ عصاره پروتئینی از هر نمونه، **cc** ۵ محلول برادفورد اضافه شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه ورتکس و سپس جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر یادداشت گردید.

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز= ابتدا تهیه عصاره آنزیم بر اساس روش Ezhilmathi و همکاران در سال ۲۰۰۷ از یک گرم گلبرگ انجام گرفت و سپس فعالیت آنزیم بر اساس بازداشتن احیاء فتوشیمیایی Nitro-blue tetrazolium (NBT) به روش Bayer and Fridovich در سال ۱۹۸۷ اندازه‌گیری گردید. در این روش ۱ میلی‌لیتر از محلول محتوی، 50 mM از K-phosphate buffer (pH 7.8) و 9.9 mM از L-methionine و ۵۷ µM از NBT و 0.025% (v/v) Triton X-100 به یک تیوب شیشه‌ایی کوچک افزوده و ۲۰µL از نمونه اضافه شد. واکنش با اضافه نمودن 10 µL riboflavin solution (4.4 mg 100 ml) و قراردادن تیوب‌ها در جعبه حاوی دو لامپ فلورسنت برای ۷ دقیقه انجام و نمونه موازی شاهد با استفاده از بافر به جای نمونه اجرا شد و سپس جذب در طول موج ۵٦۰ نانومتر خوانده و نمونه شاهد به عنوان بلانک استفاده شد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بر اساس واحد آنزیم بر گرم وزن تر گلبرگ بیان گردید. یک واحد آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به مقداری از آنزیم مورد نیاز برای ۵۰٪ بازدارندگی احیاء NBT در طول موج ۵٦۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر گفته می‌شود.

پتاسیم= پتاسیم موجود در برگ طبق روش Mengel and Kirkby در سال ۱۹۷۳ اندازه‌گیری و به صورت درصد بیان گردید.

سلنیوم= سلنیوم از روش اسپکتروفتومتری با معرف ٤- متیل ارتوفنیلن دی‌آمین اندازه‌گیری شد Kartal *et al.*, 2010).

کلسیم= کلسیم موجود در برگ طبق روش Mengel and Kirkby در سال ۱۹۷۳ اندازه‌گیری و به صورت درصد بیان گردید.

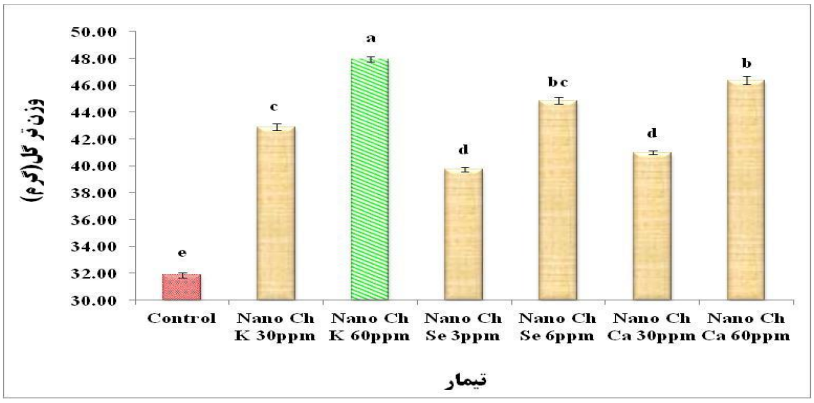
ماندگاری گل روی بوته= ماندگاری گل روی بوته از زمان باز شدن گلبرگ خارجی گل‌ها تا پژمردگی یا رنگ پریدگی گل‌ها محاسبه گردید و به صورت روز بیان شد (Ezhilmathi, 2007).

اطلاعات مورد نظر پس از اندازه‌گیری وارد نرم‌افزار Excel شد. سپس آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ و ۵٪ ارزیابی گردید. برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که اثر تیمار بر وزن تر گل، وزن خشک گل، شاخص ثبات غشاء سلول، کارتنوئید گلبرگ، کلروفیل کل برگ، میزان پروتئین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پتاسیم برگ، سلنیوم برگ، کلسیم برگ و ماندگاری گل روی بوته در غلظت‌های مختلف تیماری در سطح ۱٪ و بر تعداد گل و ارتفاع گیاه در غلظت‌های مختلف تیماری در سطح ۵٪، معنی‌دار شد.

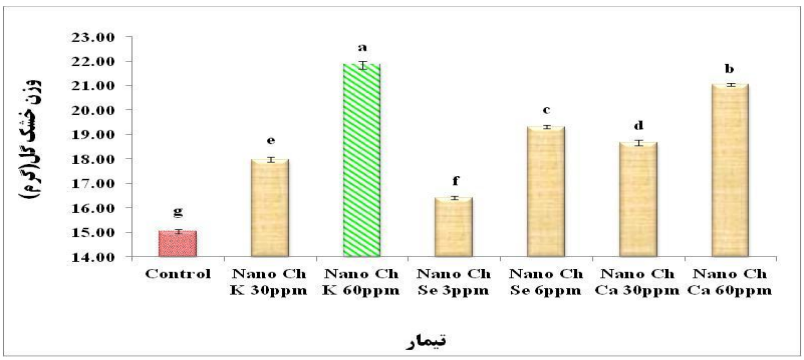
وزن تر گل= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، وزن تر گل افزایش یافت. تیمار Nano Ch K 60ppm با ٤٧/٩٤ گرم، بیشترین و تیمار Control با ۳۱/۸۷ گرم، کمترین وزن تر گل را داشتند (نمودار ۱).



نمودار ۱: تغییرات وزن تر گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 1: The variations of fresh weight in *Tagetes erecta*

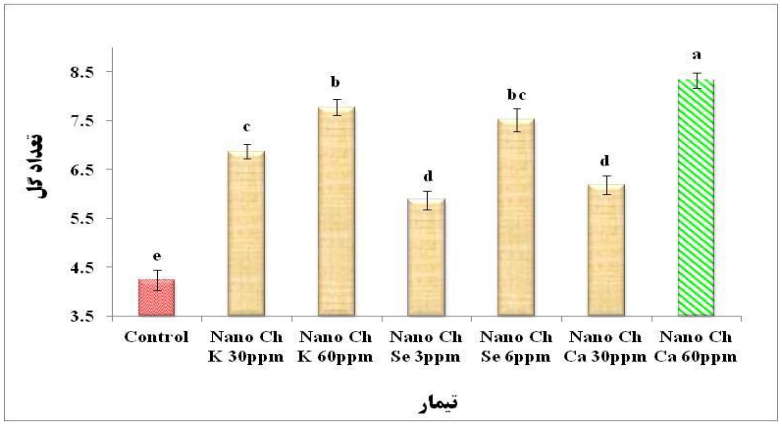
وزن خشک گل= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، وزن خشک گل افزایش یافت. تیمار Nano Ch K 60ppm با ٢١/٨٤ گرم، بیشترین و تیمار Control با ۱۵/۰۲ گرم، کمترین وزن خشک گل را داشتند (نمودار ۲).



نمودار ۲: تغییرات وزن خشک گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 2: The variations of dry weight in *Tagetes erecta*

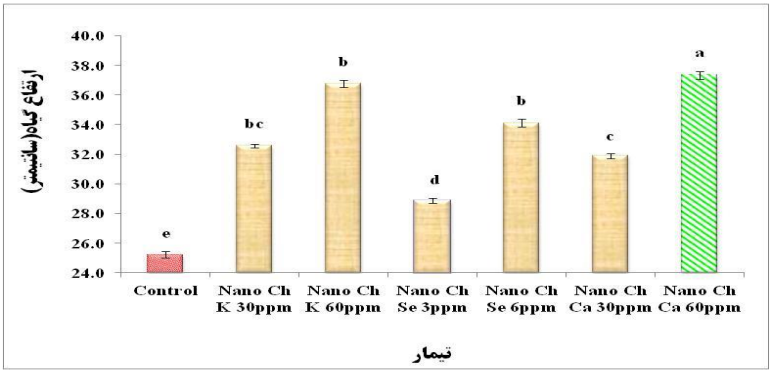
تعداد گل= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، تعداد گل افزایش یافت. تیمار Nano Ch Ca 60ppm با ۸/۳ عدد، بیشترین و تیمار Control با ٤/٢ عدد، کمترین تعداد گل را داشتند (نمودار ۳).



نمودار ۳: تغییرات تعداد گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 3: The variations of flower number in *Tagetes erecta*

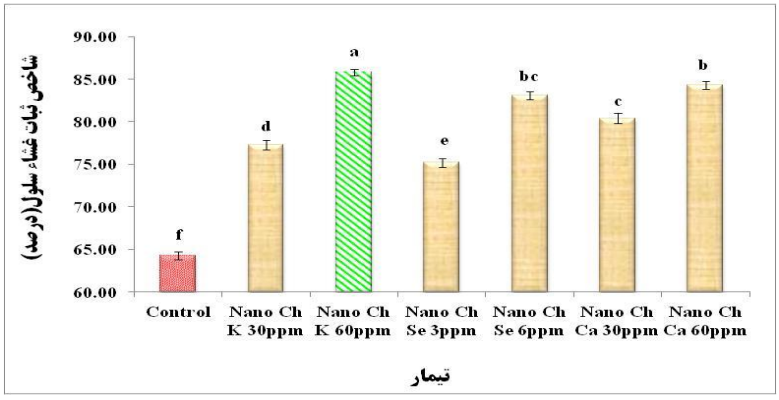
ارتفاع گیاه= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، ارتفاع گیاه افزایش یافت. تیمار Nano Ch Ca 60ppm با ۳۷/۳ سانتیمتر، بیشترین و تیمار Control با ۲۵/۲ سانتیمتر، کمترین ارتفاع گیاه را داشتند (نمودار ٤).



نمودار ٤: تغییرات ارتفاع گیاه جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 4: The variations of plant henght in *Tagetes erecta*

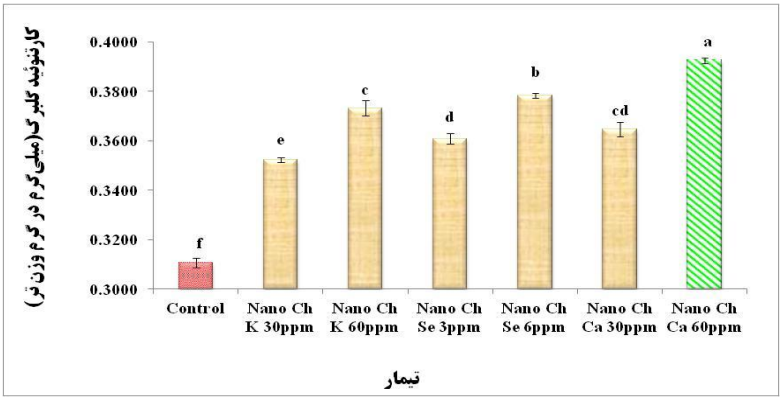
شاخص ثبات غشاء سلول= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، شاخص ثبات غشاء سلول افزایش یافت. تیمار Nano Ch K 60ppm با ۸۵/۸۱ درصد، بیشترین و تیمار Control با ٦٤/٢٦ درصد، کمترین شاخص ثبات غشاء سلول را داشتند (نمودار ٥).



نمودار ٥: تغییرات شاخص ثبات غشاء سلول گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 5: The variations of cell membrane stability index in *Tagetes erecta*

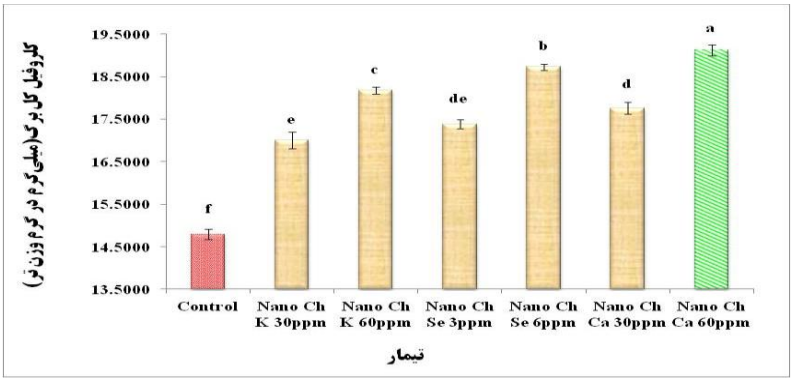
کارتنوئید گلبرگ= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، کارتنوئید گلبرگ افزایش یافت. تیمار Nano Ch Ca 60ppm با ۰/۳۹۲٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر، بیشترین و تیمار Control با ۰/۳۱۰٦ میلی‌گرم در گرم وزن تر، کمترین کارتنوئید گلبرگ را داشتند (نمودار ٦).



نمودار ٦: تغییرات کارتنوئید گلبرگ جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 6: The variations of petal cartenoied content in *Tagetes erecta*

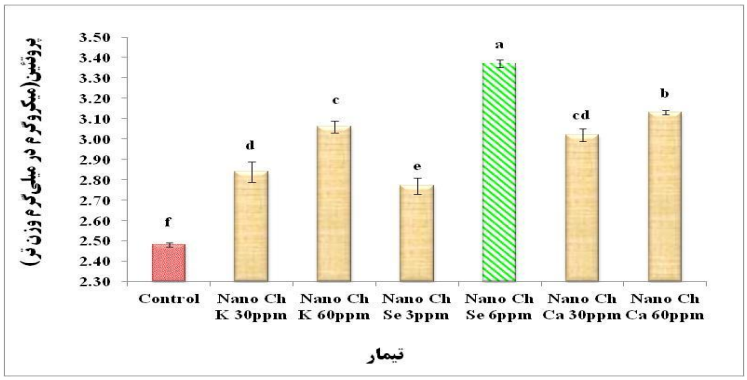
کلروفیل کل برگ- با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، کلروفیل کل برگ افزایش یافت. تیمار Nano Ch Ca 60ppm با ۱۹/۱۲۱۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر، بیشترین و تیمار Control با ۱٤/۷۸۹۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر، کمترین کلروفیل کل برگ را داشتند (نمودار ۷).



نمودار ۷: تغییرات کلروفیل کل برگ جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 7: The variations of total leaf chlorophyll content in *Tagetes erecta*

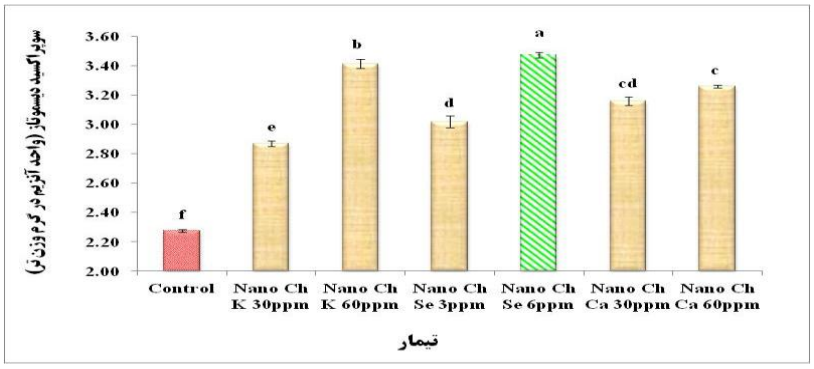
پروتئین= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، میزان پروتئین افزایش یافت. تیمار Nano Ch Se 6ppm با ۳/۳۷ میکروگرم در میلی‌گرم وزن تر، بیشترین و تیمار Control با ۲/٤۸ میکروگرم در میلی‌گرم وزن تر، کمترین میزان پروتئین را داشتند (نمودار ۸).



نمودار ۸: تغییرات پروتئین گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 8: The variations of petal's protein in *Tagetes erecta*

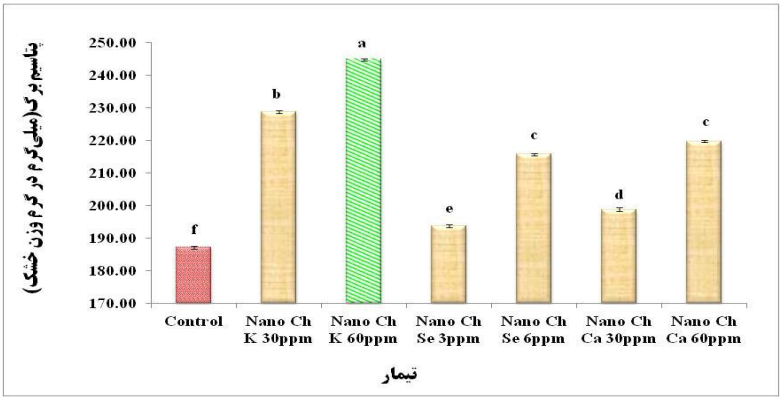
آنزیم سوپراکسید دیسموتاز= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش یافت. تیمار Nano Ch Se 6ppm با ۳/٤۷ واحد آنزیم در گرم وزن تر، بیشترین و تیمار Control با ۲/۲۸ واحد آنزیم در گرم وزن تر، کمترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را داشتند (نمودار ۹).



نمودار ۹: تغییرات فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 9: The variations of SOD activity in *Tagetes erecta*

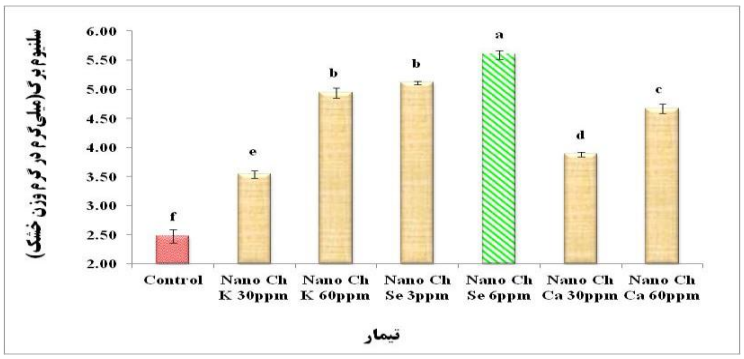
پتاسیم برگ= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، میزان پتاسیم برگ افزایش یافت. تیمار Nano Ch K 60ppm با ۲٤٤/۷۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک، بیشترین و تیمار Control با ۱۸۷/۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک، کمترین میزان پتاسیم برگ را داشتند (نمودار ۱۰).



نمودار ۱۰: تغییرات میزان پتاسیم برگ جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 10: The variations of leaf potacium in *Tagetes erecta*

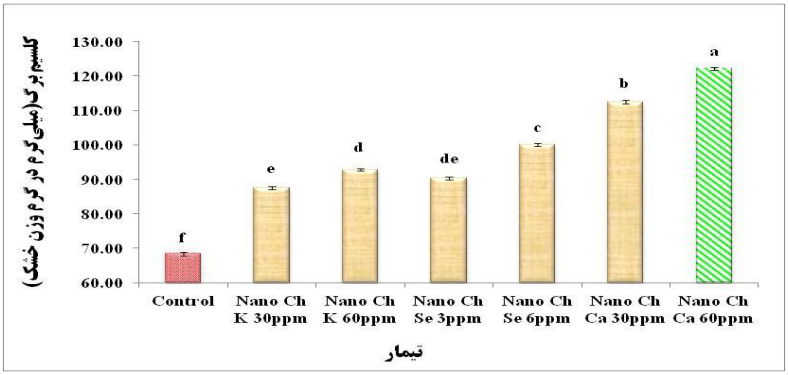
سلنیوم برگ= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، میزان سلنیوم برگ افزایش یافت. تیمار Nano Ch Se 6ppm با ۵/۵۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک، بیشترین و تیمار Control با ۲/٤۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک، کمترین میزان سلنیوم برگ را داشتند (نمودار ۱۱).



نمودار ۱۱: تغییرات میزان سلنیوم برگ جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 11: The variations of leaf selenium in *Tagetes erecta*

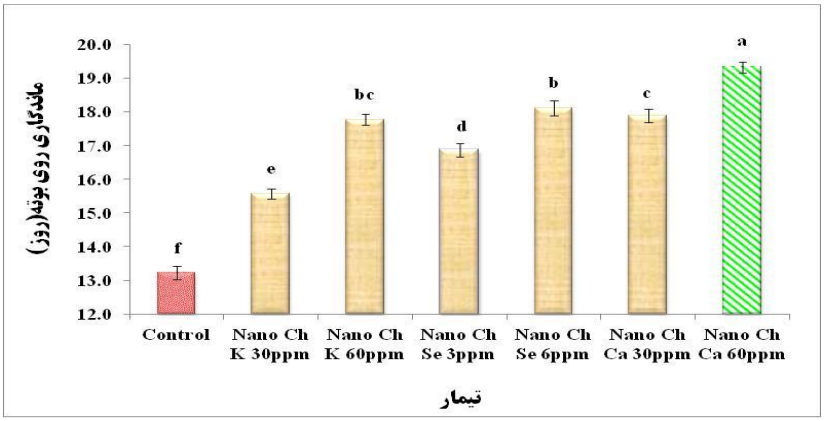
کلسیم برگ= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، میزان کلسیم برگ افزایش یافت. تیمار Nano Ch Ca 60ppm با ۱۲۲/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک، بیشترین و تیمار Control با ٦۸/٤۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک، کمترین میزان کلسیم برگ را داشتند (نمودار ۱۲).



نمودار ۱۲: تغییرات میزان کلسیم برگ جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*)

Fig 12: The variations of leaf calcium in *Tagetes erecta*

ماندگاری گل روی بوته= با افزایش نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم، ماندگاری گل روی بوته افزایش یافت. تیمار Nano Ch Ca 60ppm با ۱۹/۳ روز، بیشترین و تیمار Control با ۱۳/۲ روز، کمترین ماندگاری گل روی بوته را داشتند (نمودار ۱۳).



نمودار ۱۳: تغییرات ماندگاری گل جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*) روی بوته

Fig 13: The variations of flower longevity in *Tagetes erecta*

نتایج حاصل از پژوهش با یافته‌های حبیبی و همکاران (۱۳۹۵)، پیرامون تأثیر کاربرد غلظت‌های مختلف سلنات سدیم در محیط کشت هیدروپونیک و کاربرد برگی ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر این عنصر در شرایط مزرعه روی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L)، بنی‌جمالی و همکاران (۱۳۹۲)، پیرامون اثر سطوح مختلف کلسیم محلول غذایی را بر عملکرد کمی و کیفی گل رز رقم Vendentta در شرایط بدون خاک، قشنگ و دانائی (۱۳۹۲)، تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کلسیم و سیلیسیم بر صفات کمی و کیفی گل ژربرا رقم Sorbet، کیانی و میرزاشاهی (۱۳۸۹)، پیرامون تأثیر محلول‌پاشی پیش از برداشت با مقادیر مختلف کلسیم بر عملکرد کمی و کیفی گل رز و جلالی و دانائی (۱۳۹٤)، پیرامون اثر غلظت‌های مختلف کودهای کلسیم و سیلیسیم بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل رز رقم Magic red، مطابقت داشت. برخی عناصر غذایی پرمصرف از جمله پتاسیم، سلنیوم و کلسیم برای رشد گیاهان ضروری هستند. پتاسیم اهمیت ویژه‌ای در برگ‌های جوان نوک ریشه و بافت‌های مریستمی دارد و تقریباً در تمام فرآیندهای متابولیسمی گیاه از جمله احیای نیترات، ساخت اسیدآمینه، فتوسنتز، ساخت کربوهیدارت‌ها و پروتئین دخالت دارد. پتاسیم مانند فعال‌کننده تعدادی آنزیم‌های گیاهی عمل نموده و نقش مهمی در تنظیم تنفس و وضعیت آب سلول‌های گیاهی دارد. همچنین در باز و بسته شدن سلول‌های روزنه نیز مهم بوده و موجب تقویت رشد ریشه می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۷۵). سلنیوم به‌طور غالب به شکل سلنات توسط ریشه گیاهان جذب می‌شود، در حالی‌که سلنیت و ترکیبات آلی سلنیومی نیز به راحتی جذب می‌شوند. حلالیت بیشتر سلنات نسبت به سلنیت نقش مهمی در انتقال و متابولیسم سلنیوم در گیاه دارد، بنابراین تیمار گیاه با سلنات موجب انتقال عمده به برگ‌ها می‌شود، اما در گیاه تیمار شده با سلنیت، سلنیوم اساساً در ریشه تجمع یافته و میزان کمی به اندام‌های هوایی انتقال می‌یابد. غلظت‌های بالای این عنصر برای گیاهان سمی و علائم ناشی از سمیت شامل کاهش رشد، کلروزه شدن، پژمرده و خشک شدن برگ‌ها، کاهش سنتز پروتئین و مرگ پیش از بلوغ گیاه است. با این

وجود غلظت‌های پایین سلنیوم اثرات سودمندی بر متابولیسم سلول‌های گیاهی دارد و می‌تواند رشد، عملکرد و کیفیت محصولات را افزایش دهد (Xu *et al.*, 2003). کلسیم یکی از عناصر غذایی مهم جهت رشد و توسعه ریشه و و ظایف آن است که به‌عبارت دیگر عرضه مطلوب آن موجب تحریک رشد ریشه‌های موئین و توسعه سیستم ریشه، بهبود رشد، افزایش فتوسنتز می‌شود. همچنین این عنصر موجب افزایش میزان هیدرات کربن و در نتیجه توسعه پیگمان های سلولی و سنتز آنتوسیانین می‌شود. کلسیم را عامل افزایش قند و نهایتاً افزایش آنتوسیانین می‌دانند. کلسیم موجب افزایش استحکام دیواره سلولی و تحمل گیاه در برابر تخریب سلولی ناشی از عوامل بیماریزا می‌گردد، پکتات‌کلسیم نیز از مواد تشکیل‌دهنده لایه‌های میانی دیواره سلولی است. همچنین کلسیم کوفاکتور آنزیم‌های آمیلاز و ATP-ase بوده و در پایداری و مقاومت مکانیکی دیواره سلولی نقش دارد (معزاردلان و ثواقبی، ۱۳۷٦).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از پژوهش نشان داد:

- تیمار Nano Ch K 60ppm بیشترین تأثیر را بهبود صفاتی مانند وزن تر گل، وزن خشک گل، شاخص ثبات غشاء سلول و میزان پتاسیم برگ داشت.
- تیمار Nano Ch Se 6ppm بیشترین اثر را در میزان پروتئین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و میزان سلنیوم برگ نشان داد.
- تیمار Nano Ch Ca 60ppm بیشترین تأثیر را بهبود صفاتی مانند تعداد گل، ارتفاع گیاه، کارتنوئید گلبرگ، کلروفیل کل برگ، میزان کلسیم برگ و ماندگاری گل روی بوته داشت.

منابع

۱) بنی‌جمالی، س. م و. ح، بیات. ۱۳۹۲. تأثیر مقادیر مختلف آمونیوم و کلسیم محلول غذایی بر وضعیت تغذیه‌ای، عملکرد و کیفیت گل رز (*Rosa hybrida* L.) در سیستم هیدروپونیک. فصلنامه علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال چهارم، شماره ۱۳.

۲) جلالی، م و. ا، دانائی. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کلسیم و سیلیسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل رز. هشتمین کنگره علوم باغبانی ایران.

۳) حبیبی، ق. قربانزاده، پ و. م، عابدینی. ۱۳۹۵. تأثیر سلنیوم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. دوره ۳۲. شماره ٤.

٤) ساری‌زاده، ع. ا و. و، عبدوسی. ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی کودهای نانوسیلیسیم و نانوکلسیم در مرحله پیش از بر داشت در گل داوودی خوشه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار.

۵) سالاردینی، ع ا. ۱۳۷٤. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۲۱ صفحه.

٦) قشنگ، ا و. ا، دانائی. ۱۳۹۲. مطالعه تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کلسیم و سیلیسیم بر آنزیم‌های مختلف، سومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی.

۷) کافی، م و. م، قاسمی‌قهساره. ۱۳۸٦. گلکاری علمی و عملی. انتشارات آییژ تهران.

۸) کیانی، ش و. ک، میرزاشاهی. ۱۳۸۹. تأثیر تغذیه برگی قبل از برداشت با مقادیر و منابع مختلف کلسیم بر عملکرد و کیفیت گل بریده رز رقم ایلونا. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. سال ۲، شماره ۷.

۹) مستوفی، ی. و. نجفی، ف. ۱۳۸٤. روش‌های آزمایشگاهی تجزیه‌ای در علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳٦ صفحه.

۱۰) معزاردلان، م و. غ. ر، ثواقبی فیروزآبادی. ۱۳۷٦. تغذیه درختان میوه. انتشارات موسسه نشر جهاد. صفحه ۲۵۹.

۱۱) ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ایران.

۱۲) ناظریه، ح و. ز، اوراقی‌اردبیلی. ۱۳۹۶. بررسی اثر بکارگیری نیتریک اکسید و نانو سلنیوم اکسید بر رشد، تکوین و فیزیولوژی گیاه نعناع فلفلی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار.

13) Arnon, D .I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in vulgaris. Plant Physiol., 24(1):1–15.

14) Azeezahmed, S. K. Dubey, R. K. Kukal, S. S. and V. P, Sethi. 2016. Effect of different nitrogen-potassium concentrations on growth and flowering of chrysanthemum in a drip hydroponic system. Journal of Plant Nutrition.

15) Bayer, W. F. and I, Fridovich.1987. Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in condition. Annals Biochem. 161: 559–566.

16) Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

17) Celikel, F. G. and M. S, Reid. 2002. Postharvest handling of stock(*Matthiola incana*). Hort Sci. 37(1): 144-147.

18) Ezhilmathi, K. singh, V. Arora, P. and R. K, Sairam. 2007. Effect of 5-sulfocalicylic acid on antioxidant in relation to vase life of gladiolus cut flower. Plant Growth Regul. 51: 99-108.

19) Kartal, S. Oymak, T. and S, TokalTolu. 2010. Spectrophotometric determination ofselenium (IV) with 4-methyl-*o*phenylenediamine based on piazseleno formation. J Analytical Chemistry, 1221-1227.

20) Mengel, K. and E. A, Kirkby. 1973. Principles of Plant Nutrition. 5th 30 - Edition. Kluwer Academic Publishers, Drodrecht, The Netherlands.

21) Singh, A. Kumar, J and P, Kumar. 2008. Effect of plant growth regulators and sucrose on post harvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of *Gladiolus*. J. Plant Growth Regul., 55: 221-229.

22) Xu, J. Yang, F. Chen, L. Hu, Y and Q, Hu. 2003. Effect of selenium on increasing the antioxidant activity of tea leaves harvested during the early spring tea producing season. Journal of agricultural and food chemistry, 51(4), 1081-1084.