

Effect of nano-iron chelate and cycocel on growth parameters of poinsettia

Behzad Kaviani^{1*} and Naser Negahdar²

¹Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

²Hyracan Agricultural Science and Biotechnology Research Institute, Amol, Iran

*Corresponding author; Assistant Professor (Ph.D.), E-mail: b.kaviani@yahoo.com

Introduction

Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) from the family Euphorbiaceae is used as potted and cut flower and has great importance in floriculture industry. Appropriate application of nutrients and plant growth regulators has an important role in increasing the quantity and quality of crops. The successful application of various nanoplateforms in medicine under *in vitro* conditions has generated some interest in agro-nanotechnology. This technology holds the promise of controlled release of agrochemicals and site-specific targeted delivery to improve efficient nutrient utilization and enhanced plant growth. Nanoencapsulation shows the benefit of more efficient use and safer handling of pesticides with less exposure to the environment. Thus, nanofertilizers can be substituted for conventional fertilizers. The role of iron in the activity of some enzymes such as catalase, peroxidase and cytochrome oxidase has been demonstrated. Iron is present as a cofactor in the structure of many enzymes. The results of some studies showed that in the absence of micro-nutrients elements, the activity of some antioxidant enzymes decreased, which resulted in increased sensitivity of plants to environmental stresses. The use of nano-iron fertilizer is an appropriate solution to remove this problem. Some growth retardants such as cycocel, paclobutrazol, bayleton and daminozide reduced the plant growth. Growth reduction in some ornamental plants enhances their overall quality and marketing. Cycocel is one of the most important growth retardants which inhibits gibberellin biosynthesis and activity in plant. Today, a range of artificially made growth-reducing compounds are used in the floriculture industry. The effect of plant growth retardants, depends on the time and method of application, concentration, species and varieties type, type of target organ and environmental and physiological conditions. Plant growth retardants reduce the division and elongation of stem cells. These compounds also reduce stem length and growth by having a negative effect on gibberellin structure. Therefore, the present study investigated the effect of different levels of nano-iron fertilizer and different concentrations of cycocel on growth and development of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.).

Materials and Methods

These experiments were carried out based on a randomized completely block design in three replications to evaluate the effect of various levels of nano iron chelated fertilizer and cycocel on growth parameters of *Euphorbia pulcherrima*. Cuttings with a height of 15 to 20 cm, each with 3 nodes, were prepared from the mother plant of poinsettia. Cuttings were placed in water within 24 hours for exudation of latex. Then, cuttings were planted in perlite for rooting. After rooting (60-65 days), cuttings were transferred into substrates including cocopeat, municipal compost and soil in ratio of 1:1:1. Poinsettia cuttings were grown in pots. Treatments include nano-iron fertilizer (0, 0.9, 1.8, 3.6 and 4.5 g l⁻¹) and cycocel (0, 500, 1000, 1500 and 3000 mg l⁻¹). Application of EDTA-based nano-iron chelate as foliar spray was performed on plants at the beginning of the experiment and 30 days later, as well as the use of cycocel 30 days after the start of the experiment as foliar spray. Stem height, internode length, node number, root

length, root number, root volume, leaf number, leaf surface, leaf total chlorophyll content, iron content in leaf and the number and longevity of bracts were evaluated.

Results and Discussion

Results showed that the least plant height and the most leaf number, root length, root volume, the number and longevity of bracts were obtained in treatments of 1.8 g l⁻¹ nano-iron chelate without or with the concentration of 1000 mg l⁻¹ cycocel. In some traits such as root volume and chlorophyll content, the minimum amount was calculated in the maximum of nano-iron chelate and cycocel concentrations. Suitable root characters were severely reduced through the use of 3000 mg l⁻¹ cycocel. Overall, the most suitable treatment, especially for reduction of stem height and enhancing some vegetative traits (such as leaf number) and flowering (such as bract longevity) was 1.8 g l⁻¹ nano-iron chelate along with 1000 mg l⁻¹ cycocel. Similar results were reported in some species. Studies on some ornamental plants have shown that with increasing concentration of cycocel, plant height was reduced. This study confirms other research studies. The present study shows that cycocel plays an effective role in changing the weight of the aerial and underground parts of plants, as well as leaf iron and chlorophyll. Plant growth retardants increase the content of cytokinin which leads to increased levels of leaf chlorophyll.

Keywords: Foliar spray, Plant growth regulators, Flowering, Soilless culture, Fertilization

اثر نانو کلات آهن و سایکوسل بر شاخص‌های رشدی بنت قنسول

بهزاد کاویانی*^۱ و ناصر نگهدار^۲

^۱گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

^۲موسسه‌ی تحقیقاتی علوم کشاورزی و بیوتکنولوژی هیرکان، آمل، ایران

*نویسنده‌ی مسئول: b.kaviani@yahoo.com

چکیده

استفاده‌ی مناسب از مواد مغذی و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، نقش مهمی در افزایش کمیت و کیفیت گیاهان زراعی و باغی دارد. کودهای نانو می‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی مرسوم باشند. کاهش رشد در برخی گیاهان زینتی توسط کاهنده‌های رشد مانند سایکوسل کیفیت کلی آنها را افزایش می‌دهد. در این پژوهش، به منظور ارزیابی اثر مقادیر مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل بر شاخص‌های رشدی گیاه زینتی بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima* Willd.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل نانو کلات آهن در ۵ غلظت (۰، ۰/۹، ۱/۸، ۳/۶ و ۴/۵ گرم در لیتر) و سایکوسل نیز در ۵ غلظت (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. در پژوهش حاضر، صفات ارتفاع ساقه، طول میان‌گره، تعداد گره، طول، تعداد و حجم ریشه، تعداد برگ، سطح برگ، میزان کلروفیل کل، میزان آهن برگ و تعداد و طول عمر براکته‌های رنگی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که کمترین ارتفاع ساقه و بیشترین تعداد برگ، سطح برگ، طول ریشه، حجم ریشه، تعداد و ماندگاری براکته‌های رنگی، در تیمار ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون یا با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به دست آمد. کمترین حجم ریشه و کمترین مقدار کلروفیل کل، در تیمار حاوی ۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل (بالاترین غلظت نانو کلات آهن و سایکوسل استفاده‌شده) مشاهده شد. رشد ریشه در غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل کاهش یافت. در مجموع، مناسب‌ترین تیمار به ویژه برای کاهش ارتفاع ساقه و افزایش برخی صفات رویشی (مانند تعداد برگ) و گلدهی (مانند ماندگاری براکته)، تیمار ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل بود.

واژه‌های کلیدی: اسپری برگی، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، کشت بدون خاک، کوددهی، گلدهی

مقدمه

گیاه زینتی بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) در سراسر جهان به عنوان گل کریسمس شناخته می‌شود. بنت قنسول از خانواده‌ی فرفیون (*Euphorbiaceae*)، اهمیت زیادی در صنعت گیاهان زینتی به عنوان گیاه گلدانی و شاخه‌بریده دارد (۳۹). گیاهان خانواده‌ی فرفیون دارای گل‌آذین ویژه‌ای به نام سیاتیوم (*Cyathium*) هستند. یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت گل‌های شاخه‌بریده و گلدانی، مدیریت تغذیه‌ی گیاه می‌باشد. دستیابی به منابع کودی داخلی در دسترس، ارزان و با کارایی بیشتر، با استفاده از فناوری‌های جدید که بتوانند ضمن اقتصادی‌تر نمودن تولید، منجر به کاهش تلفات کودی و کاهش آلودگی محیط زیست شوند، می‌تواند از اهمیت خاصی برخوردار باشد (۳۸).

بعد از تعریف واژه‌ی نانو تکنولوژی توسط Richard Feynman، رویکردهای گسترده‌ای در زمینه‌ی گیاهان باغی و بیوتکنولوژی توسعه یافته است (۱۰). استفاده از نانو تکنولوژی با مزایا و معایبی همراه است. یکی از مزایای عمده‌ی این تکنولوژی، کاربرد آن در طراحی کودهای نانو می‌باشد که جوانه‌زنی و رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۰). ذرات نانو به عنوان موادی که حداقل در یک بعد کمتر از ۱۰۰ نانومتر قطر دارند، طبقه‌بندی می‌شوند (۳). طراحی و مهندسی اصولی ذرات نانو با کاربردهای متنوع که آنها را از مواد مشابه در حالت طبیعی متمایز می‌کند طی دهه‌های اخیر آغاز شده است. ذرات نانو ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی متفاوتی از جمله شکل، اندازه، ثبات، خلوص، خواص سطحی، و خواص الکتریکی، حرارتی و نوری نسبت به ترکیبات مشابه طبیعی دارند (۴۴). در دهه‌های اخیر ذرات نانو در محصولات مختلف صنعتی و خانگی استفاده شده‌اند. فناوری نانو، فرصت‌های جدیدی را به منظور افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط زیست به وجود آورده است. به کمک این فناوری، امکان تولید محصولات با ارزش افزوده‌ی بالاتر و حذف مسمومیت محیطی وجود دارد (۱۲). از مزایای کودهای نانو و برتری آنها بر کودهای شیمیایی مرسوم می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: (۱) افزایش جذب عناصر غذایی با قابلیت رهاسازی آرام عناصر؛ (۲) کاهش هزینه؛ (۳) جلوگیری از تجمع نمک‌های محلول در اطراف ریشه و جلوگیری از صدمات وارده به گیاه؛ (۴) کاهش تبدیل شکل قابل استفاده به شکل نامطلوب یا غیر قابل استفاده عناصر در اثر واکنش‌های معمول در خاک؛ (۵) کاهش تلفات ناشی از شستشوی عناصر غذایی در اطراف ریشه و متعاقباً کاهش آلودگی محیط زیست.

استفاده از ذرات نانو آهن، جذب مواد معدنی و ویژگی‌های رشدی میخک از جمله ارتفاع گیاه و طول ریشه را تحت تأثیر قرار داد (۳۶). مطالعه‌ی پیوندی و همکاران (۳۸) در مقایسه‌ی بین تأثیر نانو کلات آهن با کلات آهن معمولی بر پارامترهای رشد ریحان نشان داد که نانو کلات آهن برخی پارامترهای رشدی مانند وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی، طول ریشه، میزان کلروفیل و پروتئین‌های برگ را تغییر داد. نقش آهن به‌عنوان کوفاکتور در فعالیت برخی آنزیم‌ها نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم اکسیداز نشان داده شده است (۵). نتایج مطالعات حاکی از آن است که در شرایط کمبود عناصر ریزمغذی، فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان کاهش یافته و بنابراین حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد. افزودن آهن در شکل‌های غیر کلات به برخی خاک‌ها تأثیر زیادی در فراهم آوردن آهن برای گیاه ندارد، زیرا آهن آزاد به سرعت هیدراته شده و به صورت هیدروکسیدهای آهن رسوب می‌کند و قابل استفاده نیست (۲۳، ۲۴). استفاده از ترکیبات کلات آهن، بهترین راه حل برای رفع این مشکل است. با وجود فراوان بودن مطالعات در ارتباط با اثر کود آهن روی گیاهان، پژوهش در حوزه‌ی اثر کود نانو آهن روی گیاهان، بسیار اندک است.

گروهی از تنظیم‌کننده‌ها، مانند سایکوسل (۲-کلرواتیل، تری‌متیل-آمونیم کلراید)، پاکلوبوترازول، فلورپرمیدول، بایلتون، یونی‌کونازول و دامینوزاید، کندکننده‌ی رشد هستند (۱۴، ۳۹). کاهش ارتفاع و افزایش تعداد شاخه‌های جانبی یا

ممانعت از رشد طولی ساقه به منظور توسعه‌ی بیشتر گل و در نتیجه تعداد بیشتر گل‌آذین اهمیت ویژه‌ای در صنعت گلکاری دارد (۲۵). کنترل ارتفاع گیاهان نقش مهمی در کاهش فضای نگهداری، انتقال آنها و هزینه دارد و گیاهان را از نظر بازارپسندی مطلوب‌تر می‌کند (۲۵). کاهش رشد طولی شاخه‌ی برخی از گیاهان زینتی با استفاده از کاهنده‌های رشد گیاهی به منظور افزایش تمایل مصرف‌کنندگان اتفاق افتاده است (۳۱، ۵۸). محلول‌پاشی برگی و کاربرد خاکی این کاهنده‌ها، عمومی‌ترین و مؤثرترین روش‌های استفاده در گیاهان زینتی هستند (۴۲). امروزه، انواع مختلفی از این ترکیبات در کشاورزی (به‌ویژه در باغبانی و در صنعت گیاهان زینتی) مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی گیاهان زینتی، در صورتی که ارتفاع کمتری داشته باشند، جذاب‌تر به نظر می‌رسند و حمل و نقل آنها آسان‌تر است. تأثیر کاهنده‌های رشد گیاهی، بستگی به زمان و روش کاربرد، غلظت، نوع گونه و رقم، نوع اندام هدف و شرایط محیطی و فیزیولوژیکی دارد (۲۸). کاهنده‌های رشد گیاهی، تقسیم سلولی و طولی شدن بخش‌های هوایی گیاه را به تأخیر می‌اندازند و همچنین با محدود کردن ساخت جیبرلین‌ها، طول میان‌گره‌ها و رشد رویشی را کاهش می‌دهند (۳۲، ۳۵). عمومی‌ترین و قابل استفاده‌ترین گروه از کاهنده‌های رشد، ترکیبات آمونومی مانند سایکوسل، کلرید کلرومکوات، کلرید جیوه، آمو ۱۶۱۸، فسفون D و بروماید پای‌پریدیدیم هستند که از بیوستنز جیبرلین ممانعت می‌کنند. این فرآیند توسط ممانعت از فعالیت سیتوکروم اکسیژنازها که میان‌کنش‌ها بین انت-کائورن و انت-کائونوئیک اسید را کاتالیز می‌کنند و باعث ممانعت از طولی شدن سلول‌های گیاهی می‌شود، انجام می‌شود (۴۰). کاهنده‌های رشد گیاهی به ویژه سایکوسل به منظور کاهش ارتفاع تعدادی از گیاهان زینتی و افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی آنها توسط برخی محققان مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱۳، ۱۴، ۱۷، ۲۵، ۲۹، ۳۵، ۴۵). سایر کاهنده‌ها نیز برای کنترل ارتفاع و گلدهی برخی گیاهان زینتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۲۵، ۱۸، ۳۹). از برخی کاهنده‌های رشد از جمله فلورپریمیدول، دامینوزاید، پاکلوبوترازول، یونی‌کونازول و کلرید کلرومکوات برای فشردتر و کوتاه‌تر کردن بنت قنسول استفاده شده است (۴، ۸، ۳۹). شاخه‌های بنت قنسول تیمار شده با فلورپریمیدول، حدود ۴۰ درصد کوتاه‌تر از گیاهان شاهد بودند. همچنین، سطح برگ، طول دم‌برگ و وزن تر و خشک کاهش اما میزان کلروفیل و دوام برگ افزایش یافت (۳۹). این محقق معتقد است، عمومی‌ترین، سریع‌ترین و ارزان‌ترین روش کنترل ارتفاع بنت قنسول و فشردتر کردن آن، کاربرد کاهنده‌های رشد است.

با توجه به جدید بودن فناوری نانو و روند رو به رشد مطالعات در این فناوری، گزارش‌های زیادی درباره‌ی اثر این کود روی شاخص‌های رشد و نمو گیاهان وجود ندارد. آگاهی از مصرف بهینه‌ی عناصر ضروری (پرمصرف و کم‌مصرف) نقش مؤثری بر افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان، به‌ویژه گیاهان زینتی دارد. گیاه بنت قنسول از جمله گیاهان زینتی است که مطالعه‌ی روی اثر کودهای نانو روی آن انجام نشده است. مطالعه روی اثر کاهنده‌های رشد بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک بنت قنسول اندک است. کنترل ارتفاع این گیاه برای تولیدکنندگان سخت است و بدون استفاده از برخی روش‌های کنترل، رشد آن در گلخانه زیاد است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، تغییر مثبت کمیت و کیفیت گیاه زینتی بنت قنسول با استفاده از نانو کلات آهن و سایکوسل است. در صورت مناسب بودن این عوامل می‌توان آنها را جایگزین کودهای شیمیایی مرسوم نمود و از آلودگی خاک، آب و محیط زیست کاست.

مواد و روش‌ها

از گیاه مادری بنت قنسول، قلمه‌هایی به ارتفاع ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر، هر یک دارای ۳ گره تهیه شد. قلمه‌ها به علت داشتن شیرابه (لاتکس) به مدت ۲۴ ساعت داخل آب قرار داده شدند. بعد از این مدت، قلمه‌ها برای ریشه‌دهی در

پرلیت کشت گردیدند (شکل ۱). پس از ریشه‌دار شدن (۶۰-۶۵ روز)، قلمه‌ها به بسترهای کشت منتقل شدند. به این منظور، تعدادی گلدان تهیه شد و داخل آنها به نسبت مساوی از کوکوپیت، کمپوست زباله شهری و خاک زراعی ریخته شد. ابعاد گلدان‌ها ۱۰ × ۱۲ × ۱۲ سانتی‌متر و حجم بستر کاشت، ۲ کیلوگرم بود. قلمه‌های بنت قنسول به عنوان نمونه‌های گیاهی درون گلدان‌ها کاشته شدند (شکل ۲).

نسبت‌های متفاوتی از کود نانو کلات آهن به عنوان اولین فاکتور آزمایش و غلظت‌های مختلف سایکوسل نیز به عنوان فاکتور دوم تهیه شدند. مصرف نانو کلات آهن با بنیان EDTA به صورت محلول‌پاشی روی بوته‌ها در شروع آزمایش و ۳۰ روز بعد، همچنین استفاده از سایکوسل نیز ۳۰ روز پس از شروع آزمایش به صورت محلول‌پاشی انجام گرفت. سطوح فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از: غلظت‌های ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر از سایکوسل و غلظت‌های ۰، ۰/۹، ۱/۸، ۳/۶ و ۴/۵ گرم در لیتر از کود نانو کلات آهن (جدول ۱).

بررسی‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی (CBD) در ۳ تکرار انجام شدند. آزمایش دارای ۷۵ بلوک بود و در هر بلوک از ۳ گلدان استفاده شد که در مجموع ۲۲۵ گلدان مورد استفاده قرار گرفت. کرت‌ها، گلدان‌های حاوی کودهای نانو کلات آهن و سایکوسل بودند. گیاهان در گلخانه با دمای ۲۲-۲۴ درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت ۸۵ درصد و نور طبیعی رشد داده شدند. طول کل دوره‌ی آزمایشی از ابتدا تا انتها حدود ۱۵۰ روز بود.

صفات اندازه‌گیری‌شده شامل ارتفاع ساقه، طول میان‌گره، تعداد گره، طول ریشه، تعداد ریشه، حجم ریشه، تعداد برگ، سطح برگ، میزان کلروفیل کل برگ، میزان آهن برگ، تعداد گل (براکته‌های رنگی) و طول عمر (ماندگاری) براکته‌ها بودند.

اندازه‌گیری صفات طولی اندام‌ها با یک خط‌کش انجام شد. تعداد اندام‌ها با شمارش آن‌ها و با چشم غیرمسلح صورت گرفت. برای اندازه‌گیری طول میان‌گره‌ها، در هر نمونه، طول سومین میان‌گره از پایین، محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری حجم ریشه، ابتدا ریشه‌ها از خاک خارج شدند و کاملاً در زیر جریان آب لوله‌کشی شسته شدند. در یک استوانه‌ی مدرج مقداری آب تا یک حجم خاص ریخته شد و ریشه‌ی گیاه تا محل یقه در داخل ظرف قرار داده شد. اختلاف حجم اندازه‌گیری‌شده آب، حجم ریشه را نشان داد.

برای اندازه‌گیری سطح برگ از کاغذ شطرنجی استفاده شد (شکل ۳). هر برگ روی سطح کاغذ گذاشته شد و دور آن با قلم مشخص گردید. مساحت یک مربع در کاغذ اندازه‌گیری شد و در تعداد مربع‌های اشغال‌شده توسط برگ ضرب گردید. عدد حاصل مساحت برگ است. مساحت سطح برگ هر تکرار از میانگین مساحت ۱۰ برگ به دست آمد.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل، ۰/۵ گرم برگ داخل هاون قرار گرفت و بعد از افزودن ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن، کاملاً کوبیده شد. عصاره‌ی سبز رنگ به دست آمده، با قیف و کاغذ صافی، داخل استوانه‌ی مدرج ۵۰ میلی‌لیتری صاف گردید. تفاله‌های باقی‌مانده روی قیف به هاون برگردانده شد و ۱۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه و کوبیده شد. مجدداً عصاره‌ی به دست آمده صاف شد و تفاله‌های باقی‌مانده دوبار به ترتیب با ۱۰ و ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کوبیده و صاف شدند. در انتها، عصاره با استون ۸۰ درصد به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول‌های

به دست آمده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج (A) ۶۶۰ و ۶۴۲/۵ نانومتر قرائت شدند. غلظت رنگدانه بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید (۳۴).

$$\text{غلظت کل (mg/g F.W.)} = 7.12 (A660) - 16.80 (A642.5)$$

برای اندازه‌گیری مقدار آهن، ۰/۳ گرم گیاه خشک‌شده در دمای ۷۵ درجه‌ی سانتی‌گراد آون به مدت ۲۴ ساعت، در ۳ میلی‌لیتر از مخلوط اسیدها (۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک + ۶ گرم اسید سالیسیلیک + ۱۸ میلی‌لیتر آب مقطر) ریخته شد و عمل هضم روی هیتر انجام گردید. پس از بی‌رنگ شدن نمونه‌ها، نمونه‌ی به دست آمده با استفاده از کاغذ صافی، صاف شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. مقدار آهن نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی به دست آمد.

اندازه‌گیری‌ها، ۱۲۰ روز بعد از اعمال تیمارها انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام شد. مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت.

نتایج

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی ارتفاع ساقه

سایکوسل اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد روی ارتفاع ساقه داشت. اثر نانو کلات آهن و اثر متقابل نانو کلات آهن و سایکوسل روی ارتفاع معنی‌دار نبود (جدول ۲). ارتفاع ساقه در بنت قنسل، تحت تأثیر تیمارهای مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل متغیر بود (جدول ۳، ۴ و ۵). کمترین ارتفاع ساقه (۲۹/۸۳ سانتی‌متر) در گیاهان تیمار شده با غلظت ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل همچنین ۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل ثبت شد. بیشترین ارتفاع ساقه (۴۹/۴۶ سانتی‌متر) در گیاهان تیمار شده با غلظت ۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل به دست آمد (جدول ۵، شکل ۴). سایکوسل در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، کمترین ارتفاع (۳۱/۰۴ سانتی‌متر) و در غلظت صفر، بیشترین ارتفاع (۴۶/۴۳ سانتی‌متر) را سبب شد (جدول ۳). ارتفاع ساقه در گیاهان تیمار شده با ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل تفاوت چندانی نداشت. غلظت ۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن، کمترین ارتفاع (۴۲/۶۰ سانتی‌متر) و ۴/۵ گرم در لیتر بیشترین ارتفاع (۴۹/۴۶ سانتی‌متر) ساقه را تحریک کردند (جدول ۴).

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی طول میان‌گره

کمترین طول میان‌گره (۲/۶۰ سانتی‌متر) در گیاهان تیمار شده با غلظت ۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل ثبت شد. بیشترین طول میان‌گره (۴/۳۳ سانتی‌متر) در گیاهان تیمار شده با غلظت ۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل به دست آمد (جدول ۵). ارتباطی بین افزایش غلظت نانو کلات آهن و تغییر طول میان‌گره گیاهان مشاهده نشد. نانو کلات آهن اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد روی طول میان‌گره گیاه داشت. اثر سایکوسل و اثر متقابل نانو کلات آهن و سایکوسل روی طول میان‌گره معنی‌دار نبود (جدول ۲).

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی تعداد گره

اثر متقابل نانو کلات آهن و سایکوسل روی تعداد گره گیاه بنت قنسل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد گره (۲۴/۸۳ و ۲۴/۳۰) به ترتیب در گیاهان کشت‌شده در بستر حاوی ۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و گیاهان کشت‌شده در بستر حاوی ۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به دست آمد (جدول ۵). نتایج حاصل نشان می‌دهد که نقش نانو کلات آهن روی افزایش تعداد گره در ساقه بسیار مهم‌تر از نقش سایکوسل است. جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۲) نیز گویای این مطلب است. از طرف دیگر، کمترین تعداد گره (۱۸/۳۷ و ۱۸/۳۰) به ترتیب در گیاهان کشت‌شده در بستر حاوی ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و گیاهان کشت‌شده در بستر حاوی ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به دست آمد (جدول ۵). این نتیجه بیانگر این موضوع است که برای افزایش تعداد گره در این گیاه باید از غلظت بالای نانو کلات آهن استفاده شود. استفاده از غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به همراه غلظت بالای نانو کلات آهن برای تحریک تشکیل گره مناسب است.

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی تعداد برگ

از بین غلظت‌های مختلف کود نانو کلات آهن، غلظت ۱/۸ گرم در لیتر، بیشترین تعداد برگ (۳۸/۴۰) را القا کرد. همچنین از بین غلظت‌های مختلف سایکوسل، بیشترین تعداد برگ (۴۳/۸۵) در بستر بدون سایکوسل به دست آمد (جدول ۳ و ۴). در مجموع، بیشترین و کمترین تعداد برگ (به ترتیب ۴۹/۲۳ و ۲۴/۳۳) در گیاهان تیمار شده با غلظت ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل بدون نانو کلات آهن مشاهده شدند (جدول ۵، شکل ۵). نتایج حاصل نشان داد که می‌توان از نانو کلات آهن به تنهایی برای افزایش تعداد برگ استفاده کرد، زیرا تعداد ۴۶/۰۳ و ۴۵/۱۳ برگ در هر گیاه تیمار شده با ۱/۸ و ۳/۶ گرم در لیتر کود نانو کلات آهن تولید شد (جدول ۴). نانو کلات آهن و سایکوسل به تنهایی اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد روی تعداد برگ گیاه بنت قنسل داشتند. اثر متقابل نانو کلات آهن و سایکوسل روی تعداد برگ معنی‌دار نبود (جدول ۲).

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی سطح برگ

گیاهان تیمار شده با غلظت‌های مختلف سایکوسل، سطح برگ کوچک‌تری در مقایسه با شاهد داشتند (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین تیمارهای سایکوسل، بستر کاشت حاوی بالاترین غلظت سایکوسل (۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با میانگین سطح برگ ۱۰/۴۹ سانتی‌متر مربع، کاهش قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد با میانگین سطح برگ ۱۷/۸۸ داشت (جدول ۳). با افزایش غلظت سایکوسل، سطح برگ نیز کاهش یافت. مقایسه‌ی میانگین تیمارهای نانو کلات آهن نشان داد که بستر کاشت حاوی ۱/۸ گرم در لیتر از این کود، بیشترین سطح برگ با میانگین ۱۵/۳۲ سانتی‌متر مربع را القا کرد (جدول ۴). جدول مقایسه‌ی میانگین اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل (جدول ۵) نشان داد که بیشترین سطح برگ (۱۹/۵۵ سانتی‌متر مربع) در تیمار ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن فاقد سایکوسل مشاهده شد. تیمار ۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با میانگین ۹/۷۹ سانتی‌متر مربع، دارای کمترین میزان سطح برگ بود (جدول ۵). نتایج نشان داد که در اغلب تیمارهای حاوی غلظت‌های بالای نانو کلات آهن و سایکوسل، کاهش سطح برگ مشاهده شد. جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۲) آشکار کرد که اثر متقابل نانو

کلات آهن و سایکوسل روی سطح برگ معنی‌دار نبود، در حالی که اثر نانو کلات آهن در سطح پنج درصد و اثر سایکوسل در سطح یک درصد معنی‌دار بودند.

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی تعداد ریشه

از بین غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن، غلظت $3/6$ گرم در لیتر بهترین اثر را روی افزایش تعداد ریشه ($8/67$) داشت (جدول ۴). در تیمار $4/5$ گرم در لیتر نانو کلات آهن و شاهد، کمترین تعداد ریشه (به ترتیب با $7/58$ و $7/84$ ریشه) مشاهده شد. از بین غلظت‌های مختلف سایکوسل، 1000 میلی‌گرم در لیتر، بیشترین اثر را روی افزایش تعداد ریشه ($8/52$) داشت (جدول ۳). در تیمار 3000 میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، کمترین تعداد ریشه ($7/72$) مشاهده شد. از بین تمام تیمارهای مورد بررسی، تیمار $3/6$ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل با القای $9/46$ ریشه در گیاه، و تیمار $0/9$ گرم نانو کلات آهن همراه با 3000 میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با القای $6/63$ ریشه در گیاه، به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد ریشه را داشتند (جدول ۵). اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی تعداد ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل این دو معنی‌دار نبود (جدول ۲).

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی طول ریشه

اثر متقابل نانو کلات آهن و سایکوسل روی صفت طول ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). جدول ۵ نشان می‌دهد که تیمار $1/8$ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با 1000 میلی‌گرم در لیتر سایکوسل با القای $23/57$ سانتی‌متر ریشه در گیاه، مناسب‌ترین تیمار برای تحریک بیشترین طول ریشه بود. از طرف دیگر، کمترین طول ریشه ($14/66$ سانتی‌متر) در گیاهان کشت‌شده در بستر حاوی $4/5$ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با 500 میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به دست آمد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که هر دوی نانو کلات آهن و سایکوسل نقش مؤثری روی افزایش طول ریشه دارند. جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۲) نیز بیانگر این مطلب است.

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی حجم ریشه

اثر ساده و متقابل غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی حجم ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۲). کمترین حجم ریشه ($1/26$ میلی‌لیتر)، در تیمار $4/5$ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با 3000 میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و بیشترین حجم آن ($2/23$ میلی‌لیتر) در تیمار $1/8$ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون مشارکت سایکوسل به دست آمد (جداول ۴ و ۵). جداول ۳ و ۴ نشان می‌دهند که محیط‌های فاقد نانو کلات آهن و سایکوسل و محیط‌های بالاترین غلظت این دو ترکیب، اثر مناسبی روی افزایش حجم ریشه نداشتند.



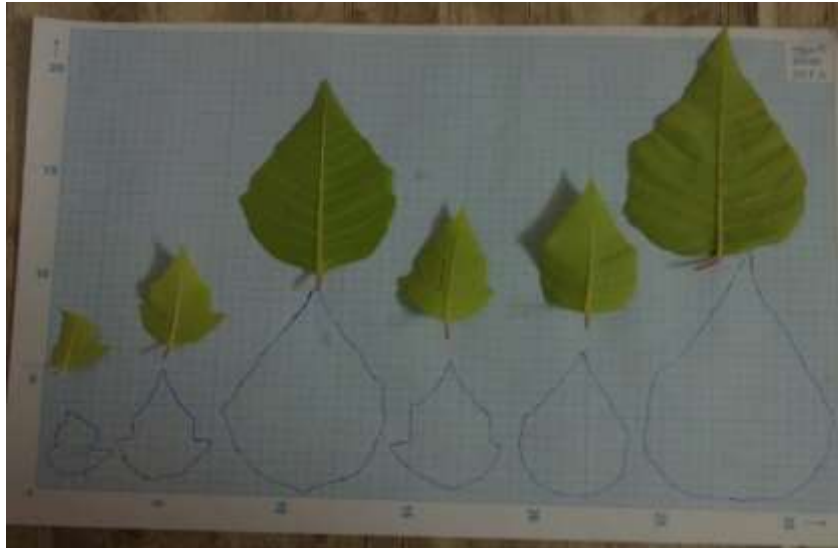
شکل ۱- قلمه‌های ساقه‌ی بنت قنسول کشت‌شده در بسترهای کاشت حاوی پرلیت (شکل سمت چپ) برای ریشه‌زایی و تصویر یک قلمه‌ی ریشه‌دارشده (شکل سمت راست).

Figure 1- Poinsettia stem cuttings cultured in planting beds containing perlite (left) for rooting and a rooted cutting (right).



شکل ۲- کشت قلمه‌های ریشه‌دارشده بنت قنسول در بستر کاشت حاوی نسبت مساوی از کوکوپیت، کمپوست زباله شهری و خاک زراعی برای رشد و نمو. بعد از ۳ ماه (شکل سمت چپ) و بعد از ۶ ماه (شکل سمت راست).

Figure 2- Cultivation of poinsettia rooted cuttings in planting bed containing equal amount of cocopeat, municipal compost and field soil for growth and development. After 3 months (left) and after 6 months (right).



شکل ۳- روش اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از کاغذ میلی‌متری.

Figure 3- measurement method of leaf surface using millimeter paper.

جدول ۱- انواع تیمارها و نماد آنها. از نماد تیمارها در طراحی جداول بعدی استفاده شده است. تیمارها شامل غلظت‌های مختلف سایکوسل، نانو کلات آهن و سایکوسل به‌همراه نانو کلات آهن هستند. در مجموع ۲۵ تیمار مورد استفاده قرار گرفت.

Table 1- Type of treatments and their symbol. Treatments symbol has been used to design the next tables. Treatments include different concentrations of cycocel, nano-iron chelate, and cycocel together with nano-iron chelate. Totally, 25 treatments have been used.

نماد تیمار (N: نانو کلات آهن، S: سایکوسل)	نوع تیمار
Treatment symbol (N: nano-iron chelate, S: cycocel)	Treatment type
N ₁ S ₁	شاهد (بدون نانو کلات آهن و سایکوسل در بستر ماسه)
N ₁ S ₂	فاقد نانو کلات آهن و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل
N ₁ S ₃	فاقد نانو کلات آهن و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل
N ₁ S ₄	فاقد نانو کلات آهن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل
N ₁ S ₅	فاقد نانو کلات آهن و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل
N ₂ S ₁	۰/۹ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل
N ₂ S ₂	۰/۹ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل
N ₂ S ₃	۰/۹ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل
N ₂ S ₄	۰/۹ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل
N ₂ S ₅	۰/۹ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل

N ₃ S ₁	۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل
N ₃ S ₂	۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₃ S ₃	۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₃ S ₄	۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₃ S ₅	۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₄ S ₁	۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل
N ₄ S ₂	۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₄ S ₃	۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₄ S ₄	۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₄ S ₅	۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₅ S ₁	۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل
N ₅ S ₂	۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₅ S ₃	۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₅ S ₄	۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل
N ₅ S ₅	۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل

جدول ۲- تجزیه‌ی واریانس اثر مقادیر مختلف کود نانو کلات آهن و غلظت‌های مختلف سایکوسل روی صفات ارتفاع ساقه، طول میان‌گره، تعداد گره، تعداد برگ، سطح برگ و تعداد ریشه‌ی گیاه بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima*).

Table 2- Analysis of variance of the effect of different levels of nano-iron chelate fertilizer and different concentrations of cycocel on stem height, internode length, node number, leaf number, leaf surface and root number in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.)

میانگین مربعات							
MS							
تعداد ریشه	سطح برگ	تعداد برگ	تعداد گره	طول میان‌گره	ارتفاع ساقه	درجه آزادی	منابع تغییرات
Root number	Leaf surface	Leaf number	Node number	Internode length	Stem height	df	S.o.V
2.07**	27.90*	221/92**	65.85**	1.62**	67.90ns	4	کود نانو (N)
							Nano fertilizer (N)
2.77**	120.13**	714/89**	3.83ns	0.55ns	428.00**	4	سایکوسل (S)
							Cycocel (S)
0.67ns	7.48ns	70.92ns	15.62*	0.29ns	53.40ns	16	N × S
0.41	8.38	54.58	7.62	0.37	35.10	48	خطای آزمایش
							Error
7.88	21.36	22.29	12.40	17.14	15.19	-	ضریب تغییرات (%)
							C.V. (%)

** و * : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و ۵ درصد، ns: عدم تفاوت معنی دار.

** and * : there is a significant difference in the probability level of 1 and 5%, respectively; ns: No significant difference

ادامه‌ی جدول ۲- تجزیه‌ی واریانس اثر مقادیر مختلف کود نانو کلات آهن و غلظت‌های مختلف سایکوسل روی صفات طول ریشه، حجم ریشه، مقدار آهن و کلروفیل کل برگ و تعداد و ماندگاری براکته‌های بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima*).

Table 2- Continued. Analysis of variance of the effect of different levels of nano-iron chelate fertilizer and different concentrations of cycocel on root length, root volume, content of leaf iron and chlorophyll and number and permanent of bracts in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.)

میانگین مربعات							
MS							
ماندگاری براکته‌ها	تعداد براکته‌های رنگی	مقدار کلروفیل کل	مقدار آهن برگ	حجم ریشه	طول ریشه	درجه آزادی	منابع تغییرات
Bracts longevity	Coloured bracts number	Total chl. content	Leaf iron content	Root volume	Root length	df	S.o.V
41.55ns	10.02**	9.26**	40.87**	3413.33ns	58.42**	4	کود نانو (N)
							Nano fertilizer (N)
37.48ns	25.84**	2.44**	328.10**	810.00ns	10.48*	4	سایکوسل (S)
							Cycocel (S)
49.69ns	2.22ns	4.31**	537.60**	2248.33ns	7.16*	16	N × S
52.27	1.91	0.15	4.48	1783.11	3.83	48	خطای آزمایش
							Error
12.99	23.43	9.91	3.09	26.17	12.02	-	ضریب تغییرات (%)
							C.V. (%)

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و ۵ درصد، ns: عدم تفاوت معنی دار.

** and *: there is a significant difference in the probability level of 1 and 5%, respectively; ns: No significant difference

جدول ۳- مقایسه‌ی میانگین اثر غلظت‌های مختلف سایکوسل روی ارتفاع ساقه، طول میان‌گره، تعداد گره، تعداد برگ، سطح برگ و تعداد ریشه‌ی گیاه بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima*)[†].

Table 3- Mean comparison of the effect of different concentrations of cycocel on stem height, internode length, node number, leaf number, leaf surface and root number in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.)

تیمارها	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	طول میان‌گره (سانتی‌متر)	تعداد گره	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	تعداد ریشه
Treatments	Stem height (cm)	Internode length (cm)	Node number	Leaf number	Leaf surface (cm ²)	Root number
N ₁ S ₁	46.43a	3.93a	30.30a	30.30a	17.88a	8.71a
N ₁ S ₂	40.41b	4.10a	25.56a	25.56a	13.98b	7.92b
N ₁ S ₃	31.04c	3.63a	24.46a	24.46a	13.77b	8.52a
N ₁ S ₄	38.91b	3.33a	22.86a	21.93a	11.64c	7.93b
N ₁ S ₅	38.35b	3.06a	21.93a	22.86a	10.49c	7.72b

[†]حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD را نشان می‌دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 0.05 level by LSD test.

ادامه‌ی جدول ۳- مقایسه‌ی میانگین اثر غلظت‌های مختلف سایکوسل روی طول ریشه، حجم ریشه، مقدار آهن و کلروفیل کل برگ و تعداد و ماندگاری براکت‌های رنگی بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima*)[†].

Table 3- Continued. Mean comparison of the effect of different concentrations of cycocel on root length, root volume, content of leaf iron and chlorophyll and number and permanent of bracts in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.)

تیمارها	طول ریشه (سانتی‌متر)	حجم ریشه (میلی لیتر)	مقدار آهن برگ (میلی‌گرم در لیتر)	مقدار کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	تعداد براکت‌های رنگی	ماندگاری براکت‌ها (روز)
Treatments	Root length (cm)	Root volume (ml)	Leaf iron content (mg l ⁻¹)	Total chl. content (mg g ⁻¹ F.W.)	Coloured bracts number	Bracts longevity (day)

N ₁ S ₁	15.92abc	1.43a	65.43d	4.23a	8.71a	50.00a
N ₁ S ₂	15.53c	1.36a	69.96b	4.21a	7.92b	49.66a
N ₁ S ₃	17.33a	1.56a	75.48a	3.76b	8.52a	58.00a
N ₁ S ₄	17.04a	1.66a	68.25c	4.23a	7.93b	56.33a
N ₁ S ₅	15.62bc	1.40a	63.29e	3.33c	7.72b	55.33a

†حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD را نشان می دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 0.05 level by LSD test.

جدول ۴- مقایسه‌ی میانگین اثر مقادیر مختلف کود نانو کلات آهن روی ارتفاع ساقه، طول میان گره، تعداد گره، تعداد برگ، سطح برگ و تعداد ریشه‌ی گیاه بنت فنسول (*Euphorbia pulcherrima*)[†].

Table 4- Mean comparison of the effect of different levels of nano-iron chelate fertilizer on stem height, internode length, node number, leaf number, leaf surface and root number in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.)

تیمارها	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	طول میان گره (سانتی متر)	تعداد گره	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی متر مربع)	تعداد ریشه
Treatments	Stem height (cm)	Internode length (cm)	Node number	Leaf number	Leaf surface (cm ²)	Root number
N ₁ S ₁	46.10a	4.01a	25.03a	31.72bc	13.53abc	7.84c
N ₂ S ₁	47.80a	3.96bc	20.84cd	30.47bc	12.84bc	8.01bc
N ₃ S ₁	46.16a	3.92c	19.73d	38.40a	15.32a	8.43ab
N ₄ S ₁	42.60a	3.60bc	22.23bc	35.86ab	14.31ab	8.67a
N ₅ S ₁	49.46a	4.33ab	23.47ab	29.27c	11.75c	7.85c

†حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD را نشان می دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 0.05 level by LSD test.

ادامه‌ی جدول ۴- مقایسه‌ی میانگین اثر مقادیر مختلف کود نانو کلات آهن روی طول ریشه، حجم ریشه، مقدار آهن و کلروفیل کل برگ و تعداد و ماندگاری براکته‌های رنگی بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima*)[†].

Table 4- Continued. Mean comparison of the effect of different levels of nano-iron chelate fertilizer on root length, root volume, content of leaf iron and chlorophyll and number and longevity of bracts in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.)

تیماها Treatments	طول ریشه (سانتی متر) Root length (cm)	حجم ریشه (میلی لیتر) Root volume (ml)	مقدار آهن برگ (میلی گرم در لیتر) Leaf iron content (mg l ⁻¹)	مقدار کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر) Total chl. content (mg/g F.W.)	تعداد براکته‌های رنگی Coloured bracts number	ماندگاری براکته‌ها (روز) Bracts longevity (day)
N ₁ S ₁	14.16c	1.43a	90.86a	3.29c	5.33bc	50.00a
N ₂ S ₁	15.63b	1.56a	56.97d	3.63b	6.10ab	55.66a
N ₃ S ₁	19.39a	2.23a	50.75e	4.72a	6.96a	61.33a
N ₄ S ₁	16.83b	1.90a	64.23c	4.87a	6.26ab	61.00a
N ₅ S ₁	15.43c	1.30a	79.61b	3.25c	4.87c	56.66a

† حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD را نشان می‌دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 0.05 level by LSD test.

جدول ۵- مقایسه‌ی میانگین اثر متقابل مقادیر مختلف کود نانو کلات آهن و غلظت‌های مختلف سایکوسل روی ارتفاع ساقه، طول میان‌گره، تعداد گره، تعداد برگ، سطح برگ و تعداد ریشه‌ی گیاه بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima*)[†].

Table 5- Mean comparison of the effect of different levels of nano-iron chelate fertilizer and different concentrations of cycocel on stem height, internode length, node number, leaf number, leaf surface and root number in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.)

تیماها	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	طول میان‌گره (سانتی متر)	تعداد گره	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی متر مربع)	تعداد ریشه
--------	-------------------------	--------------------------	-----------	-----------	--------------------------	------------

Treatments	Stem height (cm)	Internode length (cm)	Node number	Leaf number	Leaf surface (cm ²)	Root number
N ₁ S ₁	46.10a	3.93a	30.30a	45.76a	18.34a	8.20a
N ₁ S ₂	40.16a	4.10a	25.57b	33.43a	14.84a	7.33a
N ₁ S ₃	30.83a	3.63a	24.46bcd	27.00a	12.62a	8.56a
N ₁ S ₄	33.96a	3.33a	21.93b-h	24.33a	10.11a	7.46a
N ₁ S ₅	34.06a	3.06a	22.87b-g	28.06a	11.74a	7.66a
N ₂ S ₁	47.80a	3.96a	24.30bcd	41.06a	16.89a	8.76a
N ₂ S ₂	38.43a	3.30a	19.63e-h	32.49a	13.89a	8.53a
N ₂ S ₃	29.83a	3.03a	20.30d-h	24.66a	10.52a	7.76a
N ₂ S ₄	37.10a	3.00a	21.17b-h	27.13a	11.12a	8.36a
N ₂ S ₅	42.36a	3.03a	18.80fgh	27.00a	11.76a	6.63a
N ₃ S ₁	46.16a	3.96a	18.37gh	46.03a	19.55a	8.86a
N ₃ S ₂	40.20a	3.16a	18.30h	40.70a	16.67a	8.10a
N ₃ S ₃	29.80a	2.65a	18.37gh	49.23a	16.22a	8.70a
N ₃ S ₄	40.16a	2.95a	20.83c-h	26.30a	10.35a	8.10a
N ₃ S ₅	37.60a	3.33a	22.77b-h	29.73a	12.80a	8.40a
N ₄ S ₁	42.60a	3.60a	20.30d-h	45.13a	18.91a	9.46a
N ₄ S ₂	43.56a	3.30a	23.33b-e	35.06a	13.73a	8.50a
N ₄ S ₃	29.80a	2.60a	22.60b-h	43.63a	16.82a	9.23a

N ₄ S ₄	40.70a	3.60a	21.67b-h	27.83a	11.04a	7.83a
N ₄ S ₅	40.20a	3.30a	23.27b-f	27.62a	11.02a	8.33a
N ₅ S ₁	49.46a	4.33a	21.97b-h	41.23a	16.74a	8.26a
N ₅ S ₂	39.66a	3.93a	23.37b-e	25.03a	10.73a	7.16a
N ₅ S ₃	34.93a	3.73a	24.83bc	26.96a	10.65a	8.36a
N ₅ S ₄	42.63a	3.53a	22.90b-f	24.97a	9.79a	7.90a
N ₅ S ₅	37.50a	3.02a	24.30bcd	28.13a	10.86a	7.56a

†حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD را نشان می دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 0.05 level by LSD test.

ادامه ی جدول ۵- مقایسه ی میانگین اثر متقابل مقادیر مختلف کود نانو کلات آهن و غلظت های مختلف بسایکوسول روی طول ریشه، حجم ریشه، مقدار آهن و کلروفیل کل برگ و تعداد و ماندگاری براکته های رنگی بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima*)[†].

Table 5- Continued. Mean comparison of the effect of different levels of nano-iron chelate fertilizer and different concentrations of cycocel on root length, root volume, content of leaf iron and chlorophyll and number and longevity of bracts in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.)

تیمارها Treatments	طول ریشه (سانتی متر) Root length (cm)	حجم ریشه (میلی لیتر) Root volume (ml)	مقدار آهن برگ (میلی گرم در لیتر) Leaf iron content mg l ⁻¹)	مقدار کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر) Total chl. content (mg/g F.W.)	تعداد براکته های رنگی Coloured bracts number	ماندگاری براکته ها (روز) Bracts longevity (day)
N ₁ S ₁	14.46fgh	1.43a	61.86gh	3.09i-l	7.55a	50.00a
N ₁ S ₂	13.80h	1.36a	112.40a	3.46hij	5.55a	49.66a

N ₁ S ₃	14.83e-h	1.56a	94.42bc	2.65lmn	4.45a	58.00a
N ₁ S ₄	13.86gh	1.66a	88.50d	2.95i-m	4.15a	56.33a
N ₁ S ₅	13.83h	1.40a	97.17b	4.28ef	5.07a	55.33a
N ₂ S ₁	15.00e-h	1.56a	52.39k	4.85de	8.21a	55.66a
N ₂ S ₂	15.13e-h	1.60a	45.76lm	2.35mn	6.50a	56.00
N ₂ S ₃	15.03e-h	1.33a	79.93e	4.45ef	4.95a	61.00a
N ₂ S ₄	15.93d-h	1.70a	65.26g	4.03fgh	5.43a	56.66a
N ₂ S ₅	17.06c-g	1.53a	41.50n	2.51lmn	5.40a	54.33a
N ₃ S ₁	20.33b	2.23a	48.00l	3.59ghi	9.15a	61.33a
N ₃ S ₂	17.16b-f	1.53a	51.76k	5.35cd	8.14a	62.33a
N ₃ S ₃	23.57a	2.13a	52.98ik	5.56c	8.20a	62.33a
N ₃ S ₄	19.93bc	1.40a	42.45mn	4.25ef	4.38a	51.00a
N ₃ S ₅	15.93d-h	1.63a	58.55hi	4.84de	4.95a	52.66a
N ₄ S ₁	15.36d-h	1.90a	72.58f	6.39ab	8.02a	61.00a
N ₄ S ₂	16.90c-h	1.76a	69.83f	6.61a	6.37a	56.00a
N ₄ S ₃	18.00b-e	2.00a	63.57g	2.77k-n	7.26a	50.00a
N ₄ S ₄	18.50bcd	1.53a	58.77hi	5.77bc	5.05a	51.66a
N ₄ S ₅	15.36d-h	1.63a	56.40ij	2.82j-n	4.60a	57.00a
N ₅ S ₁	14.43fgh	1.30a	92.33c	3.02i-l	6.89a	56.66a

N ₅ S ₂	14.66fgh	1.76a	70.12f	3.52ghi	4.16a	54.33a
N ₅ S ₃	15.20e-h	1.53a	86.50d	.37ijk	4.49a	54.33a
N ₅ S ₄	16.96c-h	1.83a	86.28d	4.15fg	4.15a	50.33a
N ₅ S ₅	15.90d-h	1.26a	62.83g	2.19n	4.68a	57.00a

†حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD را نشان می دهد.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 0.05 level by LSD test.



شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف روی ارتفاع گیاه. از چپ به راست: گیاه شاهد، گیاه تیمارشده با ۰/۹ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل، گیاه تیمارشده با ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل، و گیاه تیمارشده با ۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل.

Figure 4- Effect of different treatments on plant height. From left to right: control plant, plant treated with 0.9 g l⁻¹ nano-iron chelate and 1000 mg l⁻¹ cycocel, plant treated with 1.8 mg l⁻¹ nano-iron chelate without cycocel, and plant treated with 3.6 mg l⁻¹ nano-iron chelate without cycocel.



شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف روی تعداد برگ. گیاه شاهد (چپ) و گیاه تیمارشده با ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل.

Figure 5- Effect of different treatments on leaf number. Control plant (left) and plant treated with 1.8 g l⁻¹ nano-iron chelate without cycocel.



شکل ۶- اثر تیمارهای مختلف روی تعداد براکته. از راست به چپ: گیاه شاهد، گیاه تیمارشده با 0.9 mg l^{-1} گرم در لیتر نانو کلات آهن و 500 mg l^{-1} میلی گرم در لیتر سایکوسل، و گیاه تیمارشده با 1.8 g l^{-1} گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل.

Figure 6- Effect of different treatments on bract number. From right to left: control plant, plant treated with 0.9 mg l^{-1} nano-iron chelate and 500 mg l^{-1} cycocel, and plant treated with 1.8 g l^{-1} nano-iron chelate without cycocel.

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی تعداد براکته‌های رنگی

تأثیر سطوح مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی تعداد براکته‌های رنگی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در بین سطوح مختلف نانو کلات آهن، بیشترین تعداد براکته‌های رنگی ($6/96$) در تیمار $1/8$ گرم در لیتر به دست آمد (جدول ۴). در بین سطوح مختلف سایکوسل، بیشترین تعداد براکته‌های رنگی ($8/71$) در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳). از مجموع تمام تیمارها، بیشترین تعداد براکته‌های رنگی ($9/15$) در تیمار حاوی $1/8$ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون مشارکت سایکوسل مشاهده شد (جدول ۵، شکل ۶). کمترین تعداد براکته‌های رنگی ($4/15$) در تیمارهای 1500 میلی‌گرم در لیتر سایکوسل بدون مشارکت نانو کلات آهن و تیمار $4/5$ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با 1500 میلی‌گرم در لیتر سایکوسل مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین غلظت نانو کلات آهن ($4/5$ گرم در لیتر) همراه با تمام غلظت‌های سایکوسل، همچنین تیمارهای فاقد نانو کلات آهن، حداکثر تأثیر را روی کاهش تعداد براکته‌های رنگی داشتند (جدول ۵).

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی ماندگاری براکته‌های رنگی

تأثیر سطوح مختلف نانو کلات آهن، سایکوسل و اثر متقابل آن‌ها روی ماندگاری براکته‌های رنگی معنی‌دار نبود (جدول ۲). در بین سطوح مختلف نانو کلات آهن، بیشترین ماندگاری براکته‌های رنگی ($61/33$ روز) در تیمار $1/8$ گرم در لیتر به دست آمد (جدول ۴). در بین سطوح مختلف سایکوسل، بیشترین ماندگاری براکته‌های رنگی ($58/00$ روز) در تیمار 1000 میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۳). از مجموع تمام تیمارها، بیشترین ماندگاری براکته‌های رنگی ($62/33$)

روز) در تیمار حاوی ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با هر دو غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل ثبت شد (جدول ۵). همچنین، کمترین ماندگاری براکته‌ها در تیمارهای فاقد نانو کلات آهن و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل (۴۹/۶۶ روز)، شاهد (۵۰/۰۰ روز)، تیمار ۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل (۵۰/۰۰ روز) و تیمار ۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل (۵۰/۳۳ روز) مشاهده شد (جدول ۵).

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی مقدار آهن برگ

مقدار آهن برگ، ۱۶ هفته بعد از اعمال تیمارها اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل در جداول ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است. مقایسه‌ی مقدار آهن در برگ نشان داد که کمترین مقدار آهن (۴۱/۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر) در گیاهان تیمار شده با ۰/۹ گرم در لیتر نانو کلات آهن به همراه ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به دست آمد. با نگاهی به نتایج حاصل، مشخص می‌شود که بیشتر گیاهانی که با غلظت‌های ۰/۹ و ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن همراه با تمام غلظت‌های سایکوسل تیمار شدند، کمترین مقدار آهن را در برگ‌های‌شان داشتند. بیشترین مقدار آهن (۸۶/۲۸ و ۸۶/۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر) در گیاهان تیمار شده با ۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن به همراه ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به دست آمد. تاثیر سطوح مختلف نانو کلات آهن، سایکوسل و اثر متقابل آن‌ها روی مقدار آهن برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و سایکوسل روی کلروفیل کل برگ

جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر نانو کلات آهن، سایکوسل و اثر متقابل نانو کلات آهن و سایکوسل روی کلروفیل کل برگ، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در ارتباط با بررسی اثر متقابل نانو کلات آهن و سایکوسل روی مقدار کلروفیل کل، در میان تیمارهای آزمایشی، تیمار ۳/۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن به همراه ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، مؤثرترین تیمار برای افزایش مقدار کلروفیل کل (۶/۶۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در برگ‌ها بود (جدول ۵). کمترین مقدار کلروفیل کل (۲/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در بالاترین غلظت کود نانو کلات آهن و سایکوسل (۴/۵ گرم و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد (جدول ۵). غلظت بهینه‌ی نانو کلات آهن برای تحریک ساخت کلروفیل کل، ۳/۶ گرم در لیتر و غلظت بهینه‌ی سایکوسل برای تحریک ساخت کلروفیل کل، ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول ۳ و ۴).

بحث

نتایج حاصل از پژوهش حاضر، بیانگر نقش نانو کلات آهن و سایکوسل در تغییر برخی شاخص‌های رشد رویشی، گلدهی و فیزیولوژیکی بنت قنسول است، به طوری که این تغییرات در شاخص‌های ارتفاع ساقه، طول میان‌گره، تعداد و سطح برگ، تعداد و طول ریشه، تعداد براکته و مقدار آهن و کلروفیل برگ، معنی‌دار بود. مطالعه‌ی کمالی جامکانی و همکاران (۲۳) روی اثر نانو کود کلات آهن در گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) نشان داد که تغییرات مورفولوژیکی بارزی بین گیاهان تیمار شده و شاهد وجود ندارد. اندازه‌گیری طول اندام هوایی و ریشه، افزایش معنی‌داری را در ارتفاع اندام هوایی در تیمار شاهد نسبت به تیمار نانو کود آهن نشان داد. در مطالعه‌ی حاضر، بیشترین ارتفاع ساقه‌ی بنت قنسول

در گیاهان تیمار شده با غلظت ۴/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون سایکوسل به دست آمد. نتیجه مشابهی توسط Ngan و همکاران (۳۶) روی میخک ("*Dianthus caryophyllus* Express golem") گزارش شد، به طوری که گیاهان تیمار شده با ذرات نانو آهن، دارای ارتفاع بلندتر، طول و تعداد ریشه‌ی بیشتر و وزن تر و خشک بیشتری نسبت به گیاهان شاهد بودند. در مطالعه‌ی رجب‌بیگی و همکاران (۴۳) روی ریحان (*Ocimum basilicum*) نیز تغییرات مورفولوژیکی بارزی مشاهده نشد، اما اندازه‌گیری طول ساقه نشان داد که در تمامی گروه‌های تیمار شده، رشد گیاهان نسبت به گروه شاهد، ۱/۵ درصد کاهش یافت. مطالعه‌ی بزرگی (۶) روی اثر نانو کود کلات آهن به صورت اسپری در بادنجان (*Solanum melongena* L.) نشان داد که این کود به صورت معنی‌داری تمام صفات را تغییر داد. این محقق نشان داد که بالاترین ارتفاع گیاه (۱۱۲/۳ سانتی‌متر) و تعداد شاخه در گیاه (۳/۰۵) با کاربرد ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن به صورت اسپری به دست آمد. کوتاه‌ترین ارتفاع (۸۷/۲۱ سانتی‌متر) و کمترین تعداد شاخه (۲/۶۵) در تیمار شاهد (بدون اسپری برگی کود نانو کلات آهن) مشاهده شد. نتایج مشابهی در برخی گیاهان از جمله سویا به دست آمد (۱۳، ۵۲). مطالعه‌ی پیوندی و همکاران (۳۸) در ارتباط با مقایسه‌ی اثر نانو کود کلات آهن روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) نشان داد که جای‌گزینی کود آهن تهیه‌شده با فناوری نانو در مقایسه با کودهای رایج آهن در غلظت مناسب یا کمتر، سبب افزایش رشد کمی و کیفی ریحان شد. بیشترین طول ریشه در پژوهش حاضر در غلظت ۱/۸ گرم در لیتر به دست آمد، که نتیجه‌ی به دست آمده مشابه نتایج حاصل از تحقیق انجام‌شده توسط پیوندی و همکاران (۳۸) می‌باشد.

با افزایش غلظت نانو کود کلات آهن، محتوای کلروفیل نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل برگ‌ها در مطالعه‌ی حاضر در غلظت ۳/۶ گرم در لیتر به دست آمد. اگرچه، افزایش در مقدار کلروفیل برگ ریحان در تیمارهای مختلف کود آهن و نانو کود آهن در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود (۳۸). این مطالعه آشکار کرد که کمترین مقدار کلروفیل برگ‌ها در گیاهان تیمار شده با بالاترین غلظت نانو کلات آهن تشکیل شد. افزایش آهن ممکن است با کاهش محتوای کلروفیل و فتوسنتز همراه شود و به کاهش رشد منتهی گردد (۷). آهن زیاد باعث تولید رادیکال آزاد در گیاه می‌شود. آهن همچنین منجر به تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن می‌گردد که تجزیه و کاهش رنگدانه‌ها به ویژه کلروفیل‌ها را به دنبال دارد. از طرف دیگر، گونه‌های فعال اکسیژن تولیدشده، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا را تحریک می‌کنند و باعث افزایش پراکندگی تیلاکوئیدها می‌شوند. کاهش میزان کلروفیل می‌تواند به عنوان یک رویکرد دفاعی در جهت کاهش الکترون‌های برانگیخته ناشی از کلروفیل و در نتیجه کاهش تولید رادیکال‌های حاصل از آن می‌باشد (۲۴).

ساجدی و اردکانی (۴۶) نشان دادند که کودهای عناصر کم‌مصرف بیشتر در فعالیت‌های تاریکی تأثیرگذار هستند و به طور غیر مستقیم با افزایش سرعت رشد گیاه، سطح جذب، دوام برگ و فتوسنتز، باعث افزایش وزن خشک گیاه شد و روی سایر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، تأثیر کمی داشته است. مطالعه‌ی مظاهری‌نیا و همکاران (۳۳) روی گندم نشان داد که با افزایش آهن در خاک، میزان این عنصر در گیاه افزایش یافت. این نتیجه کاملاً با نتیجه‌ی به دست آمده از این پژوهش مغایرت دارد، به طوری که در مطالعه‌ی حاضر، بیشترین مقدار آهن در برگ گیاهان شاهد مشاهده شد. البته در گیاهان تیمار شده با بالاترین غلظت نانو کلات آهن در بستر کشت (۴/۵ گرم در لیتر)، مقدار آهن هر چند از گیاهان شاهد کمتر بود، ولی از سایر تیمارهای نانو کلات آهن به طور قابل‌توجهی بیشتر بود.

در برخی از گیاهان زینتی، کنترل اندازه‌ی رشد رویشی و کاهش اندازه‌ی گیاه به منظور افزایش قابلیت فروش، ضروری است. این کار باید بدون اعمال اثرات جانبی مضر به ویژه روی کیفیت کلی باشد. اندازه‌ی مناسب برای بیشتر گیاهان گلدانی، ۲۰-۳۰ سانتی‌متر است، اما این ارتفاع با توجه به اندازه‌ی ظرف، مقبولیت بازار و گونه‌ی گیاهی متغیر است (۹). سایکوسل یک کندکننده‌ی رشد گیاهی مهم است. در حال حاضر، سایکوسل یکی از کنترل‌کننده‌های رشد گیاهی در فریبون‌ها (مانند بنت قنسول) و داودی است (۹). مطالعه‌ی غلام‌پور و همکاران (۱۴) روی کلم زینتی (*Brassica oleracea*) نشان داد که با افزایش غلظت سایکوسل، ارتفاع گیاه کاهش یافت. همه‌ی تیمارهای سایکوسل رشد گیاهان تیمار شده را نسبت به گیاهان شاهد کاهش دادند. این محققان نشان دادند که تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، کوتاه‌ترین گیاهان (۱۰/۷۹ سانتی‌متر) را تولید کردند، که نسبت به گیاهان شاهد (۱۵/۲۰ سانتی‌متر) کوتاه‌تر بودند. با افزایش غلظت سایکوسل، طول ساقه نیز کاهش یافت. تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، کوتاه‌ترین ارتفاع ساقه (۲/۰۳ سانتی‌متر) را القا کردند، که نسبت به گیاهان شاهد (۲/۸۵ سانتی‌متر) کوتاه‌تر بودند. نتایج مشابهی در تحقیق حاضر مشاهده شد، به طوری که بالاترین ارتفاع ساقه در گیاهان شاهد دیده شد و با افزایش سایکوسل تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، طول ساقه کاهش یافت. یکی از مهم‌ترین کاربردهای کاهنده‌های رشد گیاهی، افزایش کیفیت گیاهان به ویژه در گیاهان زینتی از طریق کاهش رشد رویشی است. میزان تأثیرگذاری کاهنده‌های رشد گیاهی به عواملی از جمله نوع گونه و رقم، نوع کاهنده، زمان کاربرد، تعداد دفعات کاربرد، روش استفاده و غلظت آن‌ها دارد (۳۹). برخی محققان معتقدند که استفاده‌ی خاکی (آغشته‌کردن یا خیساندن خاک) کاهنده‌های رشد گیاهی نسبت به کاربرد محلول‌پاشی باعث رشد یکنواخت‌تر گیاهان می‌شود (۸، ۳۱). نتایج تحقیقات برخی محققان دیگر اشاره به مناسب‌تر بودن محلول‌پاشی برگی نسبت به کاربرد خاکی دارد (۳۹، ۴۱، ۴۲). علت اصلی این تفاوت را می‌توان در تفاوت گونه‌ای جستجو کرد. ارتفاع و قطر ساقه، سطح و وزن خشک برگ و غلظت رنگدانه‌ها در برگ و براکت بنت قنسول، بعد از دومین کاربرد خاکی کلرید کلرومکوات و دامینوزاید تغییر یافتند (۳۱). کاراتر بودن این کاهنده‌ها بعد از تکرار استفاده به تعداد دو یا سه بار، در همیشه بهار نیز گزارش شد (۲۱). اگرچه، برخی مطالعات کارایی این کاهنده‌ها را بعد از اولین کاربرد گزارش کردند (۲۷). ارتفاع ساقه و سطح براکت در بنت قنسول بعد از کاربرد کاهنده‌های رشد کاهش یافت، اما غلظت رنگدانه‌های کلروفیل در برگ و کاروتنوئید در براکت افزایش یافت (۱۶، ۳۱، ۳۷). برخی محققان معتقدند که افزایش میزان کلروفیل در برگ‌های تیمار شده با کاهنده‌های رشد به دلیل وجود سلول‌های کوچک‌تر و بنابراین کلروفیل غلیظ‌تر درون این سلول‌ها است (۵۵). کاهش در سطوح برگ و براکت می‌تواند پیامد ممانعت از هر دوی تقسیم و طول‌شدن سلول بعد از کاربرد کاهنده‌های رشد باشد (۳۱). غلظت مناسب کاهنده‌های رشد گیاهی در بیشتر مطالعات بین ۱۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است (۱۵، ۳۰، ۳۱). در پژوهش حاضر، مؤثرترین و مناسب‌ترین غلظت سایکوسل برای ارتقای ویژگی‌های کمی و کیفی بنت قنسول، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. کاهش ارتفاع گیاه توسط کاربرد سایکوسل در بسیاری از گونه‌های گیاهی از جمله داودی، رز و برگ‌بیدی مشاهده شده است (۱۳، ۱۷، ۲۵، ۴۵). Karlović و همکاران (۲۵) کاهش ارتفاع را در داودی (*Chrysanthemum cv. 'Revert'*) بعد از کاربرد هر چهار غلظت ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و دامینوزاید روی آن‌ها نسبت به شاهد گزارش کردند. در پژوهش حاضر، کاهش ارتفاع بنت قنسول در همه‌ی غلظت‌های استفاده‌شده‌ی سایکوسل مشاهده نشد. هاشم‌آبادی و زرچینی (۱۷) نشان دادند که حداقل ارتفاع گیاه (۲۹/۹۳ سانتی‌متر) در رز با استفاده از ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به دست آمد. طول ساقه در گیاهان شاهد، ۳۵/۷۰ سانتی‌متر بود. این محققان، کاهش قابل توجه در طول ساقه را بعد از استفاده از سایکوسل نشان دادند. صفری و همکاران (۴۷) با اسپری سایکوسل روی گیاه رز (*Rosa damascena*) نشان دادند که ۳۰۰۰

میلی گرم در لیتر سایکوسل، طول ساقه را حدود ۵ سانتی متر نسبت به شاهد بیشتر کاهش داد. مطالعه‌ی طاهرپذیر و هاشم‌آبادی (۵۴) روی برگ بیدی (*Zinnia elegans*) و مطالعه‌ی شعاع کاظمی و همکاران (۵۳) روی همیشه بهار (*Calendula officinalis*) نشان داد که ۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل، باعث کاهش ارتفاع گیاهان تیمار شده، نسبت به گیاهان شاهد شد. در مطالعه‌ی دیگر نیز سایکوسل (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر) ارتفاع گیاه برگ بیدی را کاهش داد (۲۰). مطالعات روی چند گیاه زینتی نشان داد که غلظت بیشینه و بهینه‌ی سایکوسل برای کاهش ارتفاع گیاهان، ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر است (۱۴، ۱۹، ۲۲، ۴۹). سایکوسل همچنین ارتفاع گیاهان را در فریفون (*Euphorbia*) و گل کاغذی (*Bougainvillea*) (۵۱)، رز (*Rosa*) (۴۷) و شمعدانی (*Pelargonium*) کاهش داد.

پژوهش حاضر نشان داد که سایکوسل نقش مؤثری روی تغییر مقدار آهن و کلروفیل برگ داشت. کاهنده‌های رشد گیاهی علاوه بر تأثیر روی ارتفاع گیاهان، روی صفات دیگری از جمله خصوصیات مورفولوژیک اجزای گل و براکت و برخی صفات فیزیولوژیک نیز اثر دارند (۸، ۳۹). مطالعه‌ی غلام‌پور و همکاران (۱۴) روی کلم زینتی (*Brassica oleracea*) نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل بعد از ۶۰ روز (۱۸/۵۰) و با غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بعد از ۹۰ روز (۲۰/۱۴) به دست آمد. کاهنده‌های رشد گیاهی، مقدار سیتوکینین را افزایش می‌دهند که خود، افزایش میزان کلروفیل برگ را به دنبال دارد (۴۵). مطالعه‌ی حاضر آشکار کرد که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل در برگ‌های تیمار شده با سایکوسل، به ترتیب در گیاهان تیمار شده با غلظت ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر ساخته شد. مطالعات نشان داده‌اند که کاهنده‌های رشد گیاهی به ویژه ترکیبات آمونیومی مانند سایکوسل می‌توانند فتوسنتز خالص را تغییر دهند (۹). برخی گزارش‌ها نشان دادند که کاهنده‌های رشد گیاهی می‌توانند روی میزان تعرق برگ‌ی نیز اثرگذار باشند (۲، ۴۸). این اثرگذاری از تأثیر این ترکیبات روی بیوسنتز و میزان اسید آسبیزیک ناشی می‌شود (۵۰، ۵۷).

مطالعه‌ای روی اثر متقابل سایکوسل و نانو کلات‌ها روی گیاهان انجام نشده است. ذرات نانو به چند طریق مانند فراهم کردن ریزمغذی‌ها، تنظیم بیان ژن‌ها و دخالت در مراحل مختلف فرآیندهای اکسیداتیو و فرآیندهای انتقال الکترون میتوکندریایی و کلروپلاستی در متابولیسم گیاه مداخله می‌کنند (۴۴). برخی مطالعات، اثر کودهای نانو روی مورفولوژی گیاه را نشان داده است (۴۴). ذرات نانو مانند نانو ذرات آهن، نقره، مس و روی می‌توانند اثرات منفی و مثبت روی گیاهان داشته باشند. چند مطالعه نشان داده است که اثر منفی ذرات نانو روی گیاهان به صورت کاهش رشد و کاهش تولید است (۲۶، ۵۶). غلظت بالای آهن می‌تواند سرعت تقسیم سلولی را کاهش دهد. سایکوسل نیز یک کندکننده‌ی رشد است که روی تقسیم و طول شدن سلول نقش دارد. بنابراین، اثر متقابل سایکوسل و نانو کلات آهن می‌تواند به صورت کاهش رشد در بنت قنسول نمایان گردد. از طرف دیگر، مهم‌ترین اثر مثبت ذرات نانو در گیاهان این است که آنها به عنوان محرک‌های رشد عمل می‌کنند (۱۱). سایکوسل در غلظت بالا می‌تواند اثر معکوس داشته باشد، بنابراین، افزایش تعداد گره و طول ریشه می‌تواند نمایانگر این اثرات متقابل باشد. البته تناقض‌های زیادی هم در ارتباط با نقش‌های آنها در گیاهان وجود دارد. مهم‌ترین عوامل ایجادکننده‌ی این تناقضات، میزان مصرف و نوع گیاه هستند. یکی از اثرات شناخته‌شده‌ی ذرات نانو، اثر روی ساخت رنگدانه‌های گیاهی است. فراهم کردن میزان مناسب آهن طی کاربرد ذرات نانوی آهن می‌تواند باعث ساخت کلروفیل بیشتر در برگ گردد. آهن در مقادیر زیاد منجر به تولید رادیکال‌های فعال آزاد می‌گردد که کاهش رنگدانه‌ها به ویژه کلروفیل‌ها را به دنبال دارد. آهن در غلظت بهینه، تبدیل منیزیم-پروتوپورفیرین به

پروتوکلروفیلید و ساخت کلروفیل را تسریع می‌کند. چگونگی اثر متقابل ذرات نانوی آهن و سایکوسل روی میزان کلروفیل به طور کامل مشخص نیست.

نتیجه‌گیری کلی

نانویوتکنولوژی به عنوان یک فن جدید، نقش مؤثری در ارتقای کمی و کیفی گیاهان زراعی و باغی داشته است. جای‌گزینی کودهای نانو با کودهای شیمیایی باعث آسیب کمتر به محیط زیست شده است. کیفیت کلی برخی گیاهان زینتی توسط کاهنده‌های رشد مانند سایکوسل افزایش یافته است. مطالعه‌ی حاضر نشان داد که ارتقای کمی و کیفی بسیاری از ویژگی‌های گیاه زینتی بنت قنسول با استفاده از تیمارهای ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدون یا با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل اتفاق افتاد. از نظر اقتصادی، استفاده از ۱/۸ گرم در لیتر نانو کلات آهن برای تولید گیاهان بنت قنسول فشرده‌تر دارای برگ‌ها و براکته‌های بیشتر با بازارپسندی بهتر توصیه می‌شود. استفاده از سایکوسل و سایر کاهنده‌های رشد گیاهی در غلظت‌ها و روش‌های کاربرد مختلف (محلول‌پاشی و خاکی) برای افزایش بازارپسندی گیاهان زینتی پیشنهاد می‌گردد. فشرده‌تر کردن گیاهان نیاز آبی آنها را کاهش می‌دهد که از نظر کشاورزی حائز اهمیت است. در آینده فناوری نانو کمک بیشتری به انسان در ارتباط با تولید بیشتر و با کیفیت‌تر گیاهان زراعی-باغی همراه با مصرف کمتر مواد اولیه خواهد کرد.

منابع

- 1- Abbas G., Khan M.Q., Khan M.J., Hussain F., and Hussain I. 2009. Effect of iron on the growth and yield contributing parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Animal and Plant Science* 19 (3): 135–139.
- 2- Abdul Jaleel C., Manivannan P., Sankar B., Kishorekumar A., Sankari S., and Panneerselvam R. 2007. Paclobutrazol enhances photosynthesis and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. *Process Biochemistry* 42 (11): 1566–1570.
- 3- Auffan M., Rose J., Bottero J.Y., Lowry G.V., Jolivet J.P., and Wiesner M.R. 2009. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. *Nature Nanotechnology* 4: 634–641.
- 4- Bailey D.A., and Miller W.B. 1991. Poinsettia developmental and postproduction responses to growth retardants and irradiance. *HortScience* 26 (12): 1501–1503.
- 5- Blakrishman K. 2000. Peroxidase activity as an indicator of the iron deficiency banana. *Indian Journal of Plant Physiology* 5: 389–391.
- 6- Bozorgi H.R. 2012. Study effects of nitrogen fertilizer management under nano iron chelate foliar spraying on yield and yield components of eggplant (*Solanum melongena* L.). *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science* 7 (4): 233-237.
- 7- Chatterjee C., Gopal R., and Dube B.K. 2006. Impact of iron stress on biomass, yield, metabolism and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Scientia Horticulture* 108: 1–6.
- 8- Currey C.J., and Lopez R.G. 2011. Early flurprimidol drench applications suppress final height of four poinsettia cultivars. *HortTechnology* 21 (1): 35–40.
- 9- Fathi Gh., Esmaeilpour B., and Jalilvand P. 2012. Plant Growth Regulators, Principle and Application. *Jahad-e-daneshgahi of Mashhad Press* 279 p. (In Persian).
- 10- Feregrino-Perez A.A., Magana-López E., Guzmán C., and Esquivel K. 2018. A general overview of the benefits and possible negative effects of the nanotechnology in horticulture. *Scientia Horticulturae* 238 (19): 126–137.

- 11- Fraceto L.F., Grillo R., de Medeiros G.A., Scognamiglio V., Rea G., and Bartolucci C. 2016. Nanotechnology in agriculture: which innovation potential does it have? *Frontiers in Environmental Science* 4 (20): 1–5.
- 12- Garda-Torredey J.L., Parsons J.G., Gomez E., Peralta-Videa J., Troiani H.E., Santiago P., and Jose Yacaman M. 2002. Formation and growth of Au nanoparticles inside live alfalfa plants. *Nano Letter* 2 (4): 397–401.
- 13- Garner W. 2004. PGR General Uses and Overview. *Technical Service 800*: 4556–4647.
- 14- Gholampour A., Hashemabadi D., Sedaghatthoor Sh., and Kaviani B. 2012. Controlling Ornamental cabbage and kale (*Brassica oleracea*) growth via cycocel. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants* 2 (2): 103–112.
- 15- Gibson J.L., and Whipker B.E. 2003. Efficacy of plant growth regulators on growth of vigorous *Osteospermum* cultivars. *HortTechnology* 13: 132–135.
- 16- Gopi R., Jaleel C.A., Sairam R., Lakshmanan G.M.A., Gomathinayagam M., and Panneerselvam R. 2007. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on biomass, electrolyte leakage, lipid peroxidation and antioxidant potential of *Daucus carota* L. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 60: 180–186.
- 17- Hashemabadi D., and Zarchini M. 2010. Effect of some plant growth regulators on growth and flowering of *Rosa hybrida* "Poison". *Plant Omics Journal* 3 (6): 167–171.
- 18- Hayashi T., Heins R.D., Cameron A.C., and Carlson W.H. 2001. Ethephon influences flowering, height, and branching of several herbaceous perennials. *Scientia Horticulturae* 91 (3-4): 305–324.
- 19- Hedayat M. 2001. Application of growth retardants in greenhouse. First National Scientific and Practical Symposium on Flowers and Ornamental Plants of Iran. *Jahad-e-Keshavarzi, Iran* (In Persian).
- 20- Hojjati M., Etemadi N., and Baninasab B. 2009. Effect of paclobutrazol and cycocel on vegetative growth and flowering of *Zinnia elegans*. *Agricultural Science and Technology of Natural Research* 47: 649–656 (In Persian).
- 21- Jerzy M., and Schroeter A. (2004). The dynamics of growth and flowering of marigold cultivated from trans-plants treated with different retardants used to leaves and directly to peat-substrate. *Acta Scientiarum Polonorum-Horturom Cultus* 3: 11–23.
- 22- Joyce G., Latimer H., Scoggins L., and Thomas J. 2004. Using plant growth regulators on containerized herbaceous perennials. *Virginia State University*.
- 23- Kamali Jamkani Z., Peyvandi M., and Mirza M. 2011. Comparison of the effect of iron Nano-chelate and iron-chelate fertilizer on antioxidant activities of *Satureja hortensis*. *First International Congress on Agricultural Modern Issues*, 1–5 (In Persian).
- 24- Kamali Sarvestani M., Shariati M., and Madadkar Haghjoo M. 2013. Effect of iron on cellular division, intra-cellular β -carotene and chlorophyll synthesis in *Dunaliella*, a unicellular green algal. *Cell and Tissue Journal*, 5 (2): 207–215 (In Persian).

- 25- Karlović K., Vršek I., Šindrak Z., and Židovec V. 2004. Influence of growth regulators on the height and number of inflorescence shoots in the *Chrysanthemum* cultivar Revert. *Agricultural Conspectus Science* 69: 63–66.
- 26- Landa P., Cyrusova T., Jerabkova J., Drabek O., Vanek T., and Podlipna R. 2016. Effect of metal oxides on plant germination: phytotoxicity of nanoparticles, bulk materials, and metal ions. *Water, Air, and Soil Pollution* 227, 448.
- 27- Larsen R.U., and Lieth J.H. 1993. Modeling shoot elongation retardation due to daminozide in *Chrysanthemum*. (<http://lieth.ucdavis.edu/Research/MumRet/B9MOD1.htm>).
- 28- Latimer J.G., Scoggins H.L., and Banko T.J. 2001. Using plant growth regulators on containerized herbaceous perennials. Virginia Technology Publication, No. 430-103, Blacksburg, VA.
- 29- Leclerc M., Caldwell C.D., and Lade R.R. 2006. Effect of plant growth regulators on propagule formation in *Hemerocallis* spp. and *Hosta* spp. *HortScience* 47: 651–653.
- 30- Lewis K.P., Faust J.E., Sparkman J.D., and Grimes L.W. 2004. The effect of daminozide and chlormequat on the growth and flowering of poinsettia and pansy. *HortScience* 39: 1315–1318.
- 31- Lodeta K.B., Ban S.G., Perica S., Dumičić G., and Bučan L. 2010. Response of poinsettia to drench application of growth regulators. *Journal of Food Agriculture and Environment* 8 (1): 297–301.
- 32- Magnitskiy S.V., Pasian C.C., Bennett M.A., and Metzger J.D. 2006. Controlling plug height of verbena, celosia, and pansy by treating seeds with paclobutrazol. *HortScience* 47: 158–167.
- 33- Mazaherinia S., Astaraei A.R., Fotovat A., and Monshi A. 2010. Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. *World Applied Science Journal* 7 (1): 36–40.
- 34- Mazumdar B.C., and Majumder K. 2003. Methods on physicochemical analysis of fruits. University College of Agriculture, Calcutta University 136–150.
- 35- Megersa H.G., Lemma D.T., and Banjawu D.T. 2018. Effects of plant growth retardants and pot sizes on the height of potting ornamental plants: A short review. *Journal of Horticulture* 5 (1): 1–6.
- 36- Ngan H.T.M., Tung H.T., Le B.V., and Nhut D.T. 2020. Evaluation of root growth, antioxidant enzyme activity and mineral absorbability of carnation (*Dianthus caryophyllus* “Express golem” cultured in two culture systems supplemented with iron nanoparticles. *Scientia Horticulturae* 272 (15): 109612.
- 37- Niu G., Heins R., and Carlson W. 2002. Using paclobutrazol to control height of poinsettia ‘Freedom’. *HortTechnology* 12: 232–236.

- 38- Peyvandi M., Parande H., and Mirza M. 2011. Comparison of Nano Fe chelate with Fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *Ocimum basilicum*. *New Cellular and Molecular Biotechnology* 1 (4): 89–99.
- 39- Pobudkiewicz A. 2014. Influence of growth retardant on growth and development of *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. *Acta Agrobotanica* 67 (3): 65–74.
- 40- Pobudkiewicz A., and Nowak J. 1992. Effect of flurprimidol and silver thiosulfate (STS) on the growth and flowering of “Prima” lilies grown as pot plants. *Acta Horticulturae* 325: 193–198.
- 41- Pobudkiewicz A., Nowak J., Podwyszyńska M., and Przybyła A. 2000. The effect of growth retardants on growth and flowering of dwarf alstroemeria. *Acta Agrobotany* 53 (2): 77–83.
- 42- Pobudkiewicz A., and Treder J. 2006. Effects of flurprimidol and daminozide on growth and flowering of oriental lily “Mona Lisa”. *Scientia Horticulturae* 110 (4): 328–333.
- 43- Rajabbeigi A., Ghanati F., Sefidkon F., and Abdolmaleki P. 2008. Evaluation of the effect of iron on the content of *Ocimum basilicum*. *Science Journal*, 4: 49–53 (In Persian).
- 44- Rastogi A., Zivcak M., Sytar O., Kalaji H.M., He X., Mbarki S., and Brestic M. 2017. Impact of metal and metal oxide Nanoparticles on plant: A critical review. *Frontiers in Chemistry* 5 (78): 1–16.
- 45- Rossini Pinto A.C., Rodrigues Td.J.D, Leits C.I., and Barbosa J.C. 2005. Growth retardants on development and ornamental quality of potted. “Liliput” *Zinnia elegans* JACQ. *Scientia Agriculture* 62: 337–345.
- 46- Sajedi N.A., and Ardakani M.R. 2009. Effect of different concentrations of nitrogen, zinc and iron on physiologic parameters of fodder in Markazi province. *Iranian Journal of Agronomy Researches* 6 (1): 99–109 (In Persian).
- 47- Saffari V.R., Khalighi A., Lesani H., Babalar M., and Obermaier J.F. 2004. Effect of different plant growth regulators and time of pruning on yield components of *Rosa damascena* Hill. *International Journal of Agriculture and Biology* 6 (6): 1040–1042.
- 48- Schuch U.K. 1994. Response of chrysanthemum to uniconazole and daminozide applied as dip to cuttings or as foliar spray. *Journal of Plant Growth Regulation* 13 (3): 115–121.
- 49- Schwartz M.A., Payne R.N., and Sites G. 1985. Residual effect of chlormequat on garden performance in sun and shade of seed and cutting-propagated cultivars of geraniums. *HortScience* 20: 368–370.
- 50- Setha S., and Kondo S. 2009. Abscisic acid levels and antioxidant activity are affected by an inhibitor of cytochrome P450 in apple seedlings. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 84: 340–344.
- 51- Shekari F., Ebrahimzadeh A., and Esmaeilpour B. 2004. *Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture*. Zanjan University Press, Iran (In Persian).

- 52- Sheykhbaglou R., Sedghi M., Tajbakhsh Shishevan M., and Seyed Sharifi R. 2010. Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean. *Nutrition Science and Biology* 2 (2): 112–113.
- 53- Shoa Kazemi Sh., Hashemabadi D., Mohammadi Torkashvand A., and Kaviani B. 2014. Effect of cycocel and daminozide on vegetative growth, flowering and the content of essence of pot marigold (*Calendula officinalis*). *Journal of Ornamental Plants* 4 (2): 107–114.
- 54- Taherpazir S., and Hashemabadi D. 2016. The effect of cycocel and pot size on vegetative growth and flowering of *Zinnia* (*Zinnia elegans*). *Journal of Ornamental Plants* 6 (2): 107–114.
- 55- Thakur R., Sood A., Nagar P.K., Pandey S., Soboti R.C., and Ahuja P.S. 2006. Regulation of growth of liliun plantlets in liquid medium by application of paclobutrazol or ancymidol, for its amenability in a bioreactor system: Growth parameters. *Plant Cell Reports* 25: 382–391.
- 56- Tripathi D.K., Singh S., Singh S., Srivastava P.K., Singh V.P., Singh S., et al. 2017. Nitric oxide alleviates silver nanoparticles (AgNps)-induced phytotoxicity in *Pisum sativum* seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 110: 167–177.
- 57- Ulger S., Akdesir O., Demiral S., Atmaca A. 2010. Investigation of the effects of external daminozide application on endogenous hormone levels in “Memecik” olive trees. *Acta Horticulturae* 884: 153–156.
- 58- Warner R.M., and Erwin J.E. 2003. Effect of plant growth retardants on stem elongation of hibiscus species. *HortTechnology* 13: 293–296.