Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۰، شماره ۴۲، خرداد و تیرماه ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

اثر نانو کودهای آهن و روی بر برخی شاخص‌های رشدی، بیوشیمیایی و انباشت برخی عناصر ضروری در بنفشه آفریقایی

بهزاد کاویانی، شهرام صداقت حور* و شایان منتظری

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۲/۰۴)

چکیده

استفاده مناسب از مواد مغذی به‌ویژه به‌صورت کودهای آلی و نانو نقش مهمی در افزایش کمیت و کیفیت گیاهان زراعی و باغی دارد. کودهای نانو می‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی مرسوم باشند. این آزمایش به‌منظور ارزیابی اثر نانو کودهای آهن و روی بر برخی صفات گیاه بنفشه آفریقایی در سال ۱۳۹۵ در گلخانه مرکز فنی‌وحرفه‌ای امیرکلا انجام شد. گیاه‌چه‌ها در بستر حاوی کوکوپیت، پرلیت، خاک برگ جنگل و خاک چای سرندشده (به نسبت ۲:۳:۲:۱) کاشته شدند. نانو کلات آهن و روی در غلظت‌های صفر، یک و دو گرم در هزار میلی‌لیتر مورد استفاده قرار گرفتند. آبیاری (حاوی کودهای نانو) با استفاده از سرنگ ۱۰ میلی‌لیتری و به‌طور مستقیم روی سطح خاک گلدان انجام شد. اثر این نانو کودها روی کلیه صفات اندازه‌گیری‌شده در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه، طول و قطر ساقه گل‌دهنده، همچنین بیشترین تعداد برگ، تعداد ساقه گل‌دهنده و تعداد گلچه و بیشترین مقدار آهن در گیاهان تیمارشده با دو گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن به‌دست آمد. نتایج مطالعه حاضر استفاده از ۲ گرم در لیتر نانوکلات روی (۲۱ درصد) همراه با ۱ گرم در لیتر روی و نانو کلات آهن را برای افزایش صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی بنفشه آفریقایی توصیه می‌کند. در این تیمار، زمان گلدهی (۳۰ روز) سریع‌تر از سایر تیمارها و مدت زمان ماندگاری گل (۷۵ روز) بیشتر از سایر تیمارها بود.

واژگان کلیدی: *Saintpaulia ionantha*، کود آبیاری، گلدهی، نانوکلات، ماندگاری گل

مقدمه

بنفشه آفریقایی (*Saintpaulia ionantha*) از خانواده Gesneriaceae، بومی مناطق حاره آفریقا به‌ویژه تانزانیا و مناطق همجوار جنوب شرقی کنیا، با تمرکز در کوهستان‌های انگورور است. جنس بنفشه دارای شش گونه از گیاهان گل‌دار چند ساله است که در تمام سال گل می‌دهند. این گیاه اغلب به صورت گلدانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (خلیقی، ۱۳۸۹).

امروزه، برخی فناوری‌های جدید از جمله بیوتکنولوژی و نانوتکنولوژی به فناوری‌های قدیمی افزوده شده یا جایگزین آنها گردیده‌اند. یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت گل‌های گلدانی، مدیریت تغذیه گیاه است. دستیابی به منابع کودی داخلی در دسترس، ارزان و با کارآیی بیشتر با استفاده از فناوری‌های جدید از جمله کودهای نانو که بتواند ضمن اقتصادی‌تر نمودن تولید، منجر به کاهش تلفات کودی و کاهش آلودکی محیط

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: sedaghathoor@yahoo.com

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

زیست شوند، می‌تواند از اهمیت خاصی برخوردار باشد. یکی از مهم‌ترین مزایای این کودها، تقویت گیاه از طریق تأمین عناصر ضروری به‌ویژه ریزمغذی‌ها و افزایش حاصلخیزی خاک است. به‌علاوه، از طریق فناوری نانو، عناصر کم‌مصرف، شرایطی را برای تقویت محیط رشد میکروارگانیسم‌ها و همچنین شرایط مناسب برای رشد گیاه را فراهم می‌کنند. کودهای نانو، کند رها هستند (Garda- Gardea-Torresdey *et al.*, 2002; Han *et al.*, 2009). کاربرد کودهای نانو به‌ویژه کودهای نانوی تخصصی برای گروه‌های مختلف گیاهی رو به افزایش است. تغییر شکل مواد در مقیاس نانو، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و فعالیت‌های کاتالیتیک آن‌ها را تغییر می‌دهد. ناحیه سطحی ویژه اغلب مواد در مقیاس نانو، فعالیت شیمیایی و زیستی‌شان را افزایش می‌دهد. بنابراین، خواص جدید در ذرات نانو مانند حلالیت بیشتر، فعالیت شیمیایی بیشتر و توانایی نفوذ به درون غشای سلول ظاهر می‌شود. دستیابی به غلظت مناسب هر کود و روش استفاده آنها برای افزایش کمیت و کیفیت هر گیاه حائز اهمیت است. اثر مثبت کودهای نانو در افزایش کمیت و کیفیت تعدادی از گیاهان زراعی و باغی مشاهده شده است (Racuciu and Creanga, 2007; Lu *et al.*, 2010; Basiri *et al.*, 2011).

در بررسی و مقایسه دو کود کلات آهن (۱/۵، ٤/۵ و ۷/۵ کیلوگرم در هکتار) و نانوکود کلات آهن (۱، ۳ و ۵ کیلوگرم در هکتار) روی برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه ریحان (*Ocimum*)، تأثیر این کودها بر شاخص‌های رشد، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ، مقدار پروتئین و تغییرات فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ مشخص شد (پیوندی و همکاران، ۱۳۹۰a). نتایج این تحقیق نشان داد جایگزینی کود آهن تهیه‌شده با فناوری نانو در مقایسه با کودهای آهن رایج، در غلظت مناسب یا کمتر نسبت به کود آهن می‌تواند سبب افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه ریحان شود. بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در مرزه (*Satureja*) نشان داد اعمال تیمارهای مختلف کود کلات آهن و نانوکود کلات آهن، سبب افزایش معنی‌دار در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نسبت به شاهد شد (پیوندی و همکاران، ۱۳۹۰b). روش و میزان کاربرد مناسب کودها، جذب مواد غذایی را افزایش و آلودگی را کاهش می‌دهد (Ihsan *et al.*, 2007). انتخاب روش مصرف، به نوع خاک، نوع گیاه، نوع آبیاری و نوع مواد غذایی بستگی دارد (Ghormade *et al.*, 2011).

آهن به‌عنوان کوفاکتور در ساختمان بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مشارکت دارد. 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 به‌صورت هیدروکسیدهای آهن رسوب می‌کند و قابل استفاده نیست (Abadia *et al.*, 2011). خلج و همکاران (۱۳۹۹) دریافتند که تیمار آهن (به هر دو شکل نانو و معمولی) همراه با تیمار نانو منیزیم موجب برتری در تمام صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی نسب به شاهد شد. استفاده از ترکیبات کلات آهن، بهترین راه حل برای رفع این مشکل است. نانو کود کلات آهن دارای کمپلکس منحصر به فردی است که دارای ۹ درصد آهن محلول در آب است. روی به‌عنوان یک عنصر غذایی در گیاهان در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه نقش کاتالیزوی و یا ساختمانی دارد. اثر نانو کود کلات آهن روی عملکرد برنج بجز وزن هزار دانه معنی‌داری بود (ملکی فراهانی و عقیقی شاهوردی، ۱۳۹٤). آگاهی از مصرف بهینه عناصر ضروری (پرمصرف و کم‌مصرف) نقش مؤثری بر افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان، به‌ویژه گیاهان زینتی دارد. بنفشه آفریقایی از جمله گیاهان زینتی است که مطالعه‌ای روی اثر کودهای نانو روی آن انجام نشده است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، افزایش کمیت و کیفیت بنفشه آفریقایی با استفاده از کود نانوی آهن و روی بود. در صورت مناسب‌بودن این کودها می‌توان آنها را جایگزین کودهای شیمیایی مرسوم نموده و از آلودگی خاک، آب و محیط زیست کاست.

مواد و روش‌ها

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

نمونه گیاهی و بستر کشت: جهت بررسی تأثیر نانو کودهای آهن و روی بر برخی صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه بنفشه آفریقایی کاشته شده در بستر حاوی پرلیت، کوکوپیت، خاک برگ و خاک چای از روش کوددهی محلول در آب آبیاری استفاده شد. آزمایش در سال ۱۳۹۵ در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با نه تیمار و سه تکرار در گلخانه مرکز فنی‌وحرفه‌ای امیرکلا انجام شد. نمونه گیاه بنفشه آفریقایی رقم 'Cool Blue' به‌صورت گیاهچه سه تا چهار برگی از گلخانه‌ای در اطراف شهر تنکابن تهیه شد و به گلخانه مرکز فنی‌وحرفه‌ای الزهرا (س) واقع در شهرستان امیرکلا با مختصات "۵۰٫٤ '۳٦ °۳٦ شمالی و ً۳٦٫۲ '۳۸ °۵۲ شرقی ارتفاع از سطح دریا ۱۱- متر منتقل گردید.

پس از انتقال گیاهان به گلخانه، گیاهان در گلدان‌های دارای ترکیبی از بستر خاکی شامل کوکوپیت بلوکی سریلانکا، پرلیت متوسط، خاک برگ جنگل و خاک چای سرند شده به نسبت حجمی ۲:۳:۲:۱ کاشته شدند. پس از کاشت، گیاهان با محلول کودی کامل پتاس بالای فلورتیس (جدول ۱) به میزان ۲ در هزار با روش محلول در آب آبیاری به مقدار ۳۰ میلی‌لیتر به‌ازای هر گلدان تغذیه گردیدند. گیاهان در شرایط نوری لامپ فلورسنت ترکیب نور زرد و سفید در رژیم ۲٤ ساعته روشنایی (تا حدود ۳۰ روز یعنی قبل از آغاز تولید گل) و در درجه حرارت‌های کمینه، بیشینه طبق جدول ۲ زیر در گلخانه یکطرفه با پوشش پلی‌کربنات دولایه قرار داده شدند. بعد از این مدت، از رژیم روشنایی معمولی در گلخانه استفاده گردید. ترکیب خاکی استفاده‌شده در این آزمایش دارای pH برابر با ٦/٦۳ (اندازه‌گیری‌شده با pH-متر مدل Jenway 3510) و EC برابر با ۲/۳ دسی‌زیمنس بر متر (اندازه‌گیری‌شده با هدایت‌سنج مدل Jenway 4510) بود. مقادیر عناصر کودهای نانو به شرح جدول ۳ بود.

روش مصرف کودهای نانو: آبیاری (حاوی کودهای نانو) به‌طور مستقیم در سطح خاک گلدان انجام پذیرفت. مقدار کود مصرفی به‌ازای هر گلدان ۳۰ میلی‌لیتر بود. نانوکلات روی ۲۱ درصد به میزان صفر، ۱ و ۲ گرم در لیتر آب مصرف گردید. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: شاهد (T1)، یک گرم در لیتر ترکیب نانوکلات روی و آهن (T2)، ۲ گرم در لیتر ترکیب نانوکلات روی و آهن (T3)، یک گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد (T4)، یک گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با یک گرم نانوکلات روی و آهن (T5)، یک گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با ۲ گرم نانوکلات روی و آهن (T6)، دو گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد (T7)، دو گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با یک گرم نانوکلات روی و آهن (T8) و دو گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با ۲ گرم نانوکلات روی و آهن (T9). کوددهی به‌طور هفتگی از آبان‌ماه تا دی‌ماه ادامه داشت. فاکتورهای رشد نیز به‌طور هفتگی اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده: شاخص‌های مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، گستردگی تاج، قطر دمبرگ، طول دمبرگ، تعداد گلچه، تعداد ساقه گل‌دهنده، طول ساقه گل‌دهنده، قطر ساقه گل‌دهنده و اندازه‌گیری مقدار عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، منگنز، روی و آهن بودند. پس از پایان آزمایش (۱۰ تا ۱٤ روز پس از گلدهی)، از هر نمونه از ردیف برگ‌های مسن متوسط و جوان سه برگ وزن تر و خشک آن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. اندازه‌گیری درصد ازت کل گیاه به روش تیتراسیون بعد از تقطیر و با کمک کجلدال (مدل K9840) انجام شد. آمونیم حاصل از عمل هضم در محیط قلیایی و به کمک حرارت تقطیر شده و در ظرف حاوی اسید بوریک در حضور معرف جمع‌آوری و با اسید سولفوریک تیتر گردید و مقدار ازت کل با استفاده از رابطه مربوطه بدست آمد (امامی، ۱۳۷۵). اندازه‌گیری فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر خوانده شد (امامی، ۱۳۷۵). اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم به روش نشر شعله‌ای، اندازه‌گیری درصد منیزیم و کلسیم گیاه و عناصر ریزمغذی (آهن، منگنز، روی و مس) به روش جذب اتمی شعله‌ای صورت پذیرفت (امامی، ۱۳۷۵).

محاسبات آماری: آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

جدول ۱- مشخصات کود فلورتیس پتاس بالا

N	P	K	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Mg
۷	۱۲	۳۸	۰/۱٦۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰٤	۰/۰۲	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۳۵	۲

واحد همه اعداد، درصد است.

جدول ۲- میانگین دمای دوره آزمایش

ماه‌های آزمایش	کمینه	بیشینه	میانگین
مهر	۱۲	۳۱	۲۰
آبان	۱۱	۲۵	۱۷
آذر	۹	۲٦	۱٦
دی	۱۳	۲۱	۱۷

جدول ۳- درصد عناصر تشکیل‌دهنده نانوکلات کامل (۱۲/۵ درصد)

Fe	Zn	Cu	Mg	Mn	B	Mo
۵/۲۵	۳	۰/۵	۱/۱٤	۱/۲۵	۰/۵	۰/۵

واحد همه اعداد، درصد است.

و مقایسه میانگین داده‌ها با روش توکی و رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

اثر نانوکلات‌های روی و آهن بر شاخص‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی: نتایج حاصل از تغییر شاخص‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان تیمارشده با غلظت‌های مختلف نانوکلات روی و ترکیبی از نانوکلات روی و آهن در جدول ٤ ارائه شده است. بیشترین تغییرات مثبت شاخص‌های مورفولوژیک در گیاهان تیمارشده با دو گرم در لیتر نانوکلات همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن مشاهده گردید. بیشترین ارتفاع گیاه (۱۲٤/۷۵ میلی‌متر)، بیشترین طول (۳٤/۱۲ میلی‌متر) و قطر (۰/۳٦ میلی‌متر) ساقه گل‌دهنده، همچنین بیشترین تعداد برگ (٤۰/۳۷)، بیشترین تعداد ساقه گل‌دهنده (٤/۸۷) و بیشترین تعداد گلچه (۳۲/۸۷) در گیاهان تیمارشده با دو گرم در لیتر نانوکلات روی همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن بدست آمد. مقدار افزایش این شاخص‌ها در گیاهان تیمارشده با غلظت‌های کودی فوق نسبت به گیاهان شاهد (تیمارنشده) بین ۲ تا ٦ برابر بود (جدول ٤). اثر نانو کودهای آهن و روی بر شاخص‌های گلدهی نسبت به شاخص‌های رویشی مشهودتر بود، به‌طوری‌که تمام تیمارهای کودی تعداد ساقه گل‌دهنده و تعداد گلچه را نسبت به شاهد افزایش داده‌اند. بر این اساس از بین تمام تیمارها، کمترین تعداد ساقه گل‌دهنده (۱/۸۷) و کمترین تعداد گلچه (۵/۸۷) در گیاهان تیمارنشده با نانو کودهای آهن و روی (شاهد) محاسبه شد (جدول ٤). تعداد گلچه در گیاهان تیمارشده با دو گرم در لیتر نانوکلات روی همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن شش برابر بیشتر از گیاهان شاهد بود.

بیشترین گستردگی تاج (۱۹۱/۱۲ میلی‌متر)، بیشترین طول دمبرگ (۷۹/۱۲ میلی‌متر) و بیشترین قطر دمبرگ (٤/٦۲ میلی‌متر)، به‌ترتیب در گیاهان تیمارشده با یک گرم در لیتر نانوکلات روی همراه با ترکیب دو گرم نانوکلات روی و آهن، یک گرم در لیتر از ترکیب نانوکلات روی و آهن و شاهد

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف نانوکودهای آهن و روی روی صفات مورفولوژیک گیاه بنفشه آفریقایی

تیمارها / صفات	تعداد برگ	گستردگی تاج (mm)	طول دمبرگ (mm)	ارتفاع گیاه (mm)	قطر دمبرگ (mm)	تعداد گلچه
شاهد	٢٢/٧٥ ^{c}	١١٩/٨٧ ^{d}	٥٠/٠٠ ^{d}	١١١/٦٢ ^{ab}	٤/٦٢ ^{a}	٥/٨٧ ^{f}
نانوکلات روی و آهن ١	٢٠/٦٢ ^{c}	١٠٩/٦٢ ^{d}	٧٩/١٢ ^{a}	١٢٦/١٢ ^{a}	٣/٤٧ ^{d}	١٥/٥٠ ^{d}
نانوکلات روی و آهن ٢	١٢/٣٧ ^{d}	١٠٠/٥٠ ^{d}	٤٧/٨٧ ^{d}	٧٥/٢٥ ^{c}	٣/٧٥ ^{c}	٢٣/٨٧ ^{c}
نانوکلات روی ١	٣٧/٥٠ ^{ab}	١٧٦/٦٢ ^{ab}	٥٩/٦٢ ^{b}	١١١/٥٠ ^{ab}	٣/٧٥ ^{c}	٢٤/٥٠ ^{c}
نانوکلات روی ١+ نانوکلات روی و آهن ١	١٦/٣٧ ^{d}	١٢٥/٢٥ ^{c}	٥٣/٣٧ ^{c}	٩٨/٨٧ ^{b}	٣/٥٦ ^{d}	١٢/٢٥ ^{e}
نانوکلات روی ١+ نانوکلات روی- آهن ٢	٢٦/٢٥ ^{b}	١٩١/١٢ ^{a}	٥٩/٧٥ ^{b}	١١٠/٧٥ ^{ab}	٤/٠٠ ^{b}	٢١/٣٧ ^{c}
نانوکلات روی ٢	٢٢/٨٣ ^{c}	١٨٥/٨٧ ^{ab}	٥٦/٠٠ ^{b}	٩٨/٥٠ ^{b}	٣/٥٠ ^{d}	٢٩/٨٧ ^{b}
نانوکلات روی ٢+ نانوکلات روی- آهن ١	٤٠/٣٧ ^{a}	١٢٤/٧٥ ^{c}	٦٩/٣٧ ^{ab}	١٢٤/٧٥ ^{a}	٣/٦٢ ^{c}	٣٢/٨٧ ^{a}
نانوکلات روی ٢+ نانوکلات روی- آهن ٢	١٤/٢٥ ^{d}	١٥٩/٣٧ ^{b}	٦٤/٦٢ ^{ab}	١٠٠/٢٥ ^{b}	٣/٦٢ ^{c}	٢٢/٧٥ ^{c}

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، از نظر آماری معنی‌دار نیستند.

ادامه جدول ٤-

تیمارها / صفات	قطر ساقه گلدهنده (mm)	طول ساقه گلدهنده (mm)	تعداد ساقه گلدهنده	وزن تر (g)	وزن خشک (g)
شاهد	٠/١١ ^{f}	١٥/٥٠ ^{e}	١/٨٧ ^{d}	١٣/٢ ^{d}	٢/٠ ^{d}
نانوکلات روی و آهن ١	٠/١٨ ^{d}	١٦/٧٥ ^{e}	٣/٨٧ ^{ab}	١٦/٨ ^{c}	١/٥ ^{d}
نانوکلات روی و آهن ٢	٠/١٨ ^{d}	١٣/١٢ ^{f}	٢/٦٢ ^{c}	٨/٥ ^{f}	١/٠ ^{e}
نانوکلات روی ١	٠/١٦ ^{e}	٢٥/٢٥ ^{b}	٣/٢٥ ^{b}	٢٢/٠ ^{a}	٥/١ ^{a}
نانوکلات روی ١+ نانوکلات روی و آهن ١	٠/١٨ ^{d}	١٨/٠٠ ^{d}	٣/٠٠ ^{b}	١١/١ ^{e}	١/٢ ^{e}
نانوکلات روی ١+ نانوکلات روی- آهن ٢	٠/٢٠ ^{c}	٢٢/٣٧ ^{c}	٢/٣٧ ^{c}	١٩/٤ ^{b}	٣/٥ ^{b}
نانوکلات روی ٢	٠/٢٩ ^{b}	٦/٣٧ ^{g}	٢/٨٧ ^{c}	١٩/٥ ^{b}	٣/٤ ^{b}
نانوکلات روی ٢+ نانوکلات روی- آهن ١	٠/٣٦ ^{a}	٣٤/١٢ ^{a}	٤/٨٧ ^{a}	٢٠/٠ ^{b}	٣/٠ ^{c}
نانوکلات روی ٢+ نانوکلات روی- آهن ٢	٠/٢٨ ^{b}	١٨/٥٠ ^{d}	٣/٦٢ ^{b}	١٢/٢ ^{d}	٢/٨ ^{c}

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، از نظر آماری معنی‌دار نیستند.

بدست آمد (جدول ٤). تیمار دو گرم نانوکلات روی و آهن کمترین تأثیر را روی افزایش اغلب شاخص‌ها در گیاهان تیمار شده داشت.

همانطور که از جدول ٤ مشخص است روند افزایشی در شاخص‌های وزن تر و خشک گیاه در همه غلظت‌های نانوکلات‌های روی و آهن و شاهد مشاهده نشد. بیشترین وزن تر (٢٢/٠٠ گرم) و وزن خشک (٥/١٠ گرم) گیاه، در گیاهان تیمارشده با یک گرم در لیتر نانوکلات روی ٢١ درصد بدست آمد. از طرف دیگر، کمترین وزن تر (٨/٥٠ گرم) و وزن خشک (١/٠٠ گرم) گیاه، در گیاهان تیمارشده با دو گرم در لیتر از ترکیب نانوکلات روی و آهن بدست آمد (جدول ٤).

اثر نانوکلات‌های روی و آهن بر میزان عناصر معدنی برگ: نتایج حاصل از میزان جذب و انباشت عناصر مختلف در برگ‌های گیاهان تیمارشده با غلظت‌های مختلف کودهای

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف نانوکودهای آهن و روی بر عناصر معدنی گیاه بنفشه آفریقایی

تیمارها / عناصر	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	روی	منگنز	مس
	(درصد)				(ppm)			
شاهد	۰/۲۵^{ab}	۱/۳۷^{a}	۰/۳۵^{ab}	۰/۲۳^{bc}	۹۲/۵۰^{e}	۳۵/۶۰^{d}	۱۰۶/۰۰^{c}	۱۰/۵۰^{abc}
نانوکلات روی- آهن ۱	۰/۴۶^{ab}	۱/۵۱^{a}	۰/۳۱^{bc}	۰/۳۱^{ab}	۱۱۰/۰۰^{e}	۵۹/۵۰^{c}	۱۷۲/۰۰^{bc}	۸/۸۰^{abc}
نانوکلات روی- آهن ۲	۰/۴۸^{ab}	۱/۲۶^{a}	۰/۱۴^{e}	۰/۱۱^{d}	۲۸۱/۰۰^{b}	۱۸۱/۰۰^{a}	۴۳۱/۰۰^{a}	۸/۵۰^{abc}
نانوکلات روی ۱	۰/۳۱^{ab}	۱/۲۱^{a}	۰/۲۵^{bcd}	۰/۲۱^{bcd}	۹۷/۷۰^{e}	۱۸/۱۰^{d}	۶۳/۱۰^{c}	۱۶/۰۰^{a}
نانوکلات روی ۱+ نانوکلات روی- آهن ۱	۰/۲۳^{ab}	۱/۴۵^{a}	۰/۱۷^{de}	۰/۱۸^{cd}	۱۸۸/۰۰^{d}	۳۸/۱۰^{cd}	۱۱۲/۰۰^{c}	۱۵/۰۰^{ab}
نانوکلات روی ۱+ نانوکلات روی- آهن ۲	۰/۵۲^{a}	۱/۴۰^{a}	۰/۴۳^{a}	۰/۳۹^{a}	۲۶۶/۰۰^{b}	۱۱۵/۰۰^{b}	۲۴۱/۰۰^{b}	۷/۰۰^{c}
نانوکلات روی ۲	۰/۳۸^{ab}	۱/۴۲^{a}	۰/۱۷^{de}	۰/۲۸^{bc}	۱۰۷/۵۰^{e}	۱۶/۲۰^{d}	۹۷/۵۰^{c}	۷/۵۰^{bc}
نانوکلات روی ۲+ نانوکلات روی- آهن ۱	۰/۲۴^{ab}	۱/۳۳^{a}	۰/۲۸^{bc}	۰/۲۶^{bc}	۳۰۶/۰۰^{a}	۳۶/۰۰^{cd}	۱۱۰/۰۰^{c}	۸/۰۰^{bc}
نانوکلات روی ۲+ نانوکلات روی- آهن ۲	۰/۱۸^{b}	۱/۲۹^{a}	۰/۲۱^{cde}	۰/۲۱^{bcd}	۲۱۲/۰۰^{c}	۳۹/۳۰^{cd}	۱۱۰/۰۰^{c}	۸/۵۰^{abc}

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، از نظر آماری معنی‌دار نیستند.

نانوی آهن و روی و گیاهان شاهد در جدول ۵ ارائه شده است. براساس این داده‌ها، بیشترین مقدار عناصر فسفر (۰/۵۲ درصد)، کلسیم (۰/۴۳ درصد) و منیزیم (۰/۳۹ درصد) و کمترین مقدار مس (ppm ۷/۰۰) در برگ گیاهان تیمارشده با یک گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با ترکیب دو گرم نانوکلات روی و آهن مشاهده گردید. تیمار دو گرم در لیتر از ترکیب نانوکلات روی و آهن موجب تجمع بیشترین مقدار روی (ppm ۱۸۱/۰۰) و منگنز (ppm ۴۳۱/۰۰) و کمترین تجمع کلسیم (ppm ۰/۱۴) و منیزیم (ppm ۰/۱۱) شد. بیشترین میزان پتاسیم (۱/۵۱ درصد) و مس (ppm ۱۶/۰۰) به‌ترتیب از برگ گیاهان تیمارشده با یک گرم در لیتر از ترکیب نانوکلات روی و آهن و یک گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد استخراج شد. درنهایت بیشترین مقدار آهن (ppm ۳۰۶/۰۰) از برگ گیاهان تیمارشده با دو گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن بدست آمد (جدول ۵).

اثر نانوکلات‌های روی و آهن بر زمان آغاز گلدهی و مدت زمان ماندگاری گل‌ها: زمان آغاز گلدهی ارتباط بسیار تنگاتنگی با میزان نانوکلات‌های آهن و روی داشت (جدول ۶ و شکل ۱). تفاوت‌ها در آغاز گلدهی کاملاً معنی‌دار است. بر این اساس، سریع‌ترین زمان گلدهی (۳۰ روز بعد از کاشت) در گیاهان تیمارشده با دو گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن همچنین دو گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با ترکیب دو گرم نانوکلات روی و آهن آغاز شد. زمان آغاز گلدهی برای گیاهان تیمارنشده (شاهد) ۶۰ روز بعد از کاشت بود که به‌عنوان بیشترین زمان در نظر گرفته می‌شود. سایر تیمارها گلدهی را در زمان مشابه یعنی ۴۵ روز بعد از کاشت تحریک کردند (جدول ۶). دوام و ماندگاری تمام گل‌ها، تقریباً تا ۷۵ روز بعد از گلدهی بود، که با توجه به نتایج می‌توان گفت بیشترین و کمترین مدت زمان ماندگاری گل‌ها، به‌ترتیب ۳۵ و ۱۵ روز بود. گل‌های موجود در گیاهان تیمارشده با دو گرم در لیتر نانوکلات روی همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن به وضوح شاداب‌تر و پررنگ‌تر بودند.

بحث

یافته‌های این پژوهش، بیانگر نقش مثبت نانوکلات آهن و روی در تغییر برخی شاخص‌های رویشی، گلدهی، فیزیولوژیکی و انباشت برخی عناصر ضروری در بنفشه آفریقایی است. مصرف آهن و روی یکی از روش‌های مدیریتی جهت دستیابی به عملکرد بالا و ارتقای کیفی گیاهان است. نتایج این تحقیق نشان داد که با مصرف توأم این عناصر،

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

جدول ٦- زمان آغاز گلدهی در تیمارهای مختلف

تیمارها	شاهد	نانوکلات روی و آهن ۱	نانوکلات روی و آهن ۲	نانوکلات روی ۱	نانوکلات روی ۱+ نانوکلات روی و آهن ۱	نانوکلات روی ۱+ نانوکلات روی و آهن ۲	نانوکلات روی ۲	نانوکلات روی ۲+ نانوکلات روی و آهن ۱	نانوکلات روی ۲+ نانوکلات روی و آهن ۲
زمان (روز)									
۱۵	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۳۰	–	–	–	–	–	–	–	+	+
٤۵	–	+	+	+	+	+	+	–	–
٦۰	+	–	–	–	–	–	–	–	–

-: عدم گلدهی، +: زمان آغاز گلدهی

شکل ۱- گیاهان تیمارشده و تیمارنشده بنفشه آفریقایی در مرحله گلدهی، چپ) گیاه شاهد، وسط) دو گرم در لیتر نانوکلات روی همراه با ترکیب دو گرم نانوکلات روی و آهن، و راست) دو گرم در لیتر نانوکلات روی همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن.

افزایش چشمگیری در عملکرد زایشی بنفشه آفریقایی صورت گرفت. مقدار مصرف دو گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن باعث ارتقای اغلب شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیک مثل تعداد برگ، تعداد گلچه، تعداد ساقه گلدهنده و مقدار پتاسیم و آهن شد.

کاربرد کودهای نانو در انگور (*Vitis vinfera* L.) ویژگی‌های رویشی از جمله رشد برگ را افزایش داد (Sabir *et al.*, 2014). بررسی روی اسپاتیفیلوم (*Spathyphyllum illusion*) نشان داد که تیمار کود نانوی آهن موجب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شد (Mohamadipoor *et al.*, 2013). بیشترین تعداد برگ در اسپاتیفیلوم در گیاهان شاهد دیده شد و کود نانوی آهن، تولید تعداد کمتر برگ را باعث شد. نتایج مشابه توسط پیوندی و همکاران (۱۳۹۰a) در ریحان (*Ocimum basilicum*) گزارش گردید. نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه ما هم‌خوانی ندارد، زیرا در بسیاری از تیمارها رشد اندام‌های رویشی از شاهد بیشتر بودند. نتایج مشابه با یافته‌های این تحقیق در مطالعه Ferrarezi و همکاران (۲۰۰۷) روی مرکبات (*Citrus*) بدست آمد. به‌طوری‌که تمام

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

ویژگی‌های رویشی این گیاه با کاربرد کود نانوی آهن نسبت به شاهد افزایش یافت. مطالعه پیوندی و همکاران (۱۳۹۰b) در مورد اثر نانو کود کلات آهن در مرزه (*Satureja hortensis*) نشان داد که تغییرات مورفولوژیک بارزی بین گیاهان تیمارشده و شاهد وجود ندارد. نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه اخیر هم‌خوانی ندارد، زیرا در بسیاری از تیمارها رشد اندام‌های رویشی از شاهد بیشتر بودند. در مطالعه رجب‌بیگی و همکاران (۱۳۸٦) روی ریحان (*Ocimum basilicum*) نیز با مصرف آهن تغییرات مورفولوژیک بارزی مشاهده نشد، اما طول ساقه در تمامی گروه‌های تیمارشده، نسبت به گروه شاهد، ۱/۵ درصد کاهش یافت. ملکی فراهانی و عقیقی شاهوردی (۱۳۹٤) نشان دادند که نانوکلات آهن، صفات کمی و کیفی را در گیاه زعفران تغییر داد. یافته‌های ایشان با یافته‌های تحقیق حاضر منطبق است. مطالعه Bozorgi (۲۰۱۲) روی اثر نانو کود کلات آهن به‌صورت محلول‌پاشی در بادنجان (*Solanum melongena* L.) نشان داد که این کود به‌صورت معنی‌داری تمام صفات را تغییر داد. به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع گیاه و تعداد شاخه در بادنجان با مصرف نانوکلات آهن به‌صورت محلول‌پاشی بدست آمد و کمترین ارتفاع و تعداد شاخه تحت تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی با کود نانوکلات آهن) حاصل شد. نتایج مشابهی در گیاهان مختلف بدست آمد (Abbas *et al.*, 2009; Sheykhbaghlu *et al.*, 2010) محلول‌پاشی روی و روی و آهن (با هم) موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص برداشت سویا شد (جلیلی شش‌بهره و همکاران، ۱۳۹۲). نانو کود آهن حتی در غلظت‌های کم (۵ میکرولیتر) هم می‌تواند سبب افزایش رشد گیاه پریوش شود (عسکری و همکاران، ۱۳۹۳).

مطالعه پیوندی و همکاران (۱۳۹۰a) در ارتباط با مقایسه اثر نانو کود کلات آهن روی گیاه ریحان 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 می‌شود. این محققان نشان دادند که تفاوت در میانگین وزن تر اندام‌های هوایی، وزن خشک ساقه و وزن تر و خشک برگ‌ها و ریشه در تیمارهای مختلف معنی‌دار بود. مطالعه Sabir و همکاران (۲۰۱٤) روی انگور نشان داد که کود نانو، وزن تر و وزن خشک برگ را نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج مشابهی توسط (پیوندی و همکاران، ۱۳۹۰b) روی ریحان گزارش شد. در ارتباط با اثر کودهای حاوی ریزمغذی‌ها روی گیاه ذرت (*Zea mays*) نشان داده شد که این کودها بر فعالیت متابولیک گیاه، سرعت رشد گیاه، عمر برگ، وزن خشک و سایر ویژگی‌های فیزیولوژیکی اثر مثبت داشت (ساجدی و اردکانی، ۱۳۸۷). مطالعه Mazaherinia و همکاران (۲۰۱۰) روی گندم (*Triticum*) نشان داد که با افزایش آهن در خاک، میزان این عنصر در گیاه افزایش یافت. در مطالعه حاضر، ارتباط مثبتی بین افزایش کود نانو در خاک با افزایش عناصر مختلف مشاهده نشد. تنها استثنا در این رابطه غلظت آهن بود، به‌طوری‌که میزان آهن در تمام گیاهان تیمار-شده با نانوکلات‌های آهن و روی از شاهد بیشتر بود.

عنصر روی، رشد و گلدهی را در گیاهان تنظیم می‌کند. روی، متابولیسم کلسیم را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. کمبود روی علائم مختلفی از جمله رشد ضعیف شاخه‌ها را به‌دنبال دارد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از میزان دو گرم عنصر روی نسبت به یک گرم در تغییر شاخص‌های رویشی و گلدهی مؤثرتر بود. مطالعه Tarafdar و همکاران (۲۰۱٤) روی گیاه ریش‌پری (*Pennisetum americanum*) نشان داد که ارتفاع گیاه و طول شاخه با کاربرد کود نانوی عنصر روی نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شدند. به‌عنوان مثال، رشد بهتر نخود (*Cicer*) در پاسخ به کاربرد ذرات نانوی روی نسبت به شاهد مشاهده گردید (Pandey *et al.*, 2010). عنصر روی، غلظت برخی اکسین‌ها را در گیاه افزایش می‌دهد. نتایج بدست آمده از اثر عنصر روی بر شاخص‌های مختلف گیاه در تحقیق حاضر با نتایج بدست آمده در برخی گیاهان دیگر همخوانی دارد (Erdal *et al.*, 2002). جهت افزایش صفات مورفولوژیک گیاه دارویی ریحان مقدس، محلول‌پاشی با غلظت ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی پیشنهاد شده است (مقیمی‌پور و همکاران،

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

۱۳۹۴).

عناصر موجود در خاک نسبت به یکدیگر اثرات آنتاگونیستی و سینرژیستی دارند. Sabir و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که کود نانوی حاوی یک درصد آهن، میزان عناصر دیگر مانند روی، منگنز و به‌ویژه آهن را در برگ‌ها افزایش دادند. این اثر سینرژیسمی در برخی مطالعات دیگر نیز مشخص گردید (Liu *et al.*, 2005). نتایج برخی بررسی‌های دیگر برخلاف این یافته‌ها بود، به‌طوری‌که Poni و همکاران (۲۰۰۳) و Arrobas و همکاران (۲۰۱٤) تفاوت چندانی در میزان غلظت عناصر ازت، فسفر و پتاسیم در برگ گیاهان تیمارشده با کود نانو و شاهد مشاهده نکردند. مطالعه Mazaherinia و همکاران (۲۰۱۰) روی گندم نشان داد که با افزایش آهن در خاک، میزان این عنصر در گیاه افزایش یافت. این نتیجه کاملاً با نتیجه بدست آمده توسط ما همخوانی دارد. متغیربودن نتایج به عوامل مختلفی از جمله نوع گیاه، شرایط محیطی و عوامل فیزیکوشیمیایی بستگی دارد (Sabir *et al.*, 2014; Abadia *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری

استفاده نانوکلات‌های روی و آهن بر اغلب شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در این تحقیق اثر مثبتی داشت. یافته‌های پژوهش حاضر استفاده از دو گرم در لیتر نانوکلات روی ۲۱ درصد همراه با ترکیب یک گرم نانوکلات روی و آهن را برای ارتقای شاخص‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی بنفشه آفریقایی توصیه می‌کند. در این تیمار؛ زمان آغاز گلدهی سریع‌تر از بقیه تیمارها و ماندگاری گل‌ها بیشتر از بقیه تیمارها بود. گل‌های تولیدشده در گیاهان تیمارشده با این غلظت نانوکلات‌های روی و آهن از نظر ظاهری مناسب‌تر از بقیه بودند.

منابع

امامی، ع. (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی مؤسسه تحقیقات آب و خاک. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ۵۸-۲۸.

پیوندی، م.، پرنده، ه. و میرزا، م. (۱۳۹۰a) مقایسه تأثیر نانوکلات آهن بر پرامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ریحان. تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی مولکولی ۱: ۹۸-۸۹.

پیوندی، م.، کمالی جامکانی، ز. و زهرا میرزا، م. (۱۳۹۰b) تأثیر نانوکلات آهن با کلات آهن بر رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مرزه *Satureja hortensis*. تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی مولکولی ۲: ۳۲-۲۵.

جلیلی شش‌بهره، م.، موحدی دهنوی، م. و هاشمی جزی، س. (۱۳۹۲) بهبود عملکرد کمی و کیفی سویا با محلول پاشی عناصر روی و آهن در شرایط تنش خشکی. فصلنامه تولیدات گیاهی ۳٦: ۱۲۲-۱۱۱.

خلج، ح.، برادران فیروزآبادی، م. و دلفانی، م. (۱۳۹۹) تأثیر محلول‌پاشی کود نانوکلات آهن و منیزیم بر رشد و عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۹: ۱۷۷-۱٦۱.

خلیقی، ا. (۱۳۸۹) گلکاری: پرورش گیاهان زینتی ایران. انتشارات روزبهان.

رجب‌بیگی، ا.، قناتی، ف.، سفیدکن، ف. و عبدالملکی، پ. (۱۳۸٦) بررسی تأثیر آهن بر محتوای اسانس گیاه ریحان. مجله علوم دانشگاه تهران ٤: ۵۳-٤۹.

ساجدی، ن. ع. و اردکانی، م. ر. (۱۳۸۷) اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، روی و آهن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ٦: ۱۰۹-۹۹.

عسکری، م.، امیرجانی م. ر. و صابری، ط. (۱۳۹۳) بررسی اثرات نانوکود آهن بر رشد برگ، مقدار کربوهیدرات و آنتی‌اکسیدان‌های پریوش *Catharanthus roseus*. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۷: ۵٦-٤۳.

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

مقیمی‌پور، ز.، محمودی سورستانی، م.، عالم‌زاده انصاری، ن. و رمضانی، ز. (۱۳۹٤) بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکلات روی و سولفات روی بر خصوصیات مرفولوژیکی گیاه دارویی ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*). تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی) ۳۸: ۵۳-٤۱.

ملکی فراهانی، س. و عقیقی شاهوردی، م. (۱۳۹٤) بررسی تأثیر کاربرد نانوکود آهن در مقایسه با کلات آن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران زراعی. مجله به‌زراعی کشاورزی ۱۷: ۱٦۸-۱۵۵.

Abadia, J., Vazquez, S., Rellan-Alvarez, R., El-Jendoubi, H., Abadia, A., Alvarez-Fernandez, A. and Lopez-Millan, A. F. (2011) Towards knowledge based correction of iron chlorosis. Plant Physiology and Biochemistry 49: 471-482.

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 Sciences 19: 135-139.

Arrobas, M., Ferreira, I. Q., Freitas, S., Verdial, J. and Rodrigues, M. A. (2014) Guidelines for fertilizer use in vineyards based on nutrient content of grapevine parts. Scientia Horticulturae 172: 191-198.

Basiri, Y., Zarei, H. and Mashayekhi, K. (2011) Effect of nano-silver treatments on vase life of cut flowers of carnation *Dianthus caryophyllus* cv. 'White Liberty'. Journal of Advanced Laboratory Research in Biology 1: 49-55.

Bozorgi, H. R. (2012) Study effects of nitrogen fertilizer management under nano iron chelate foliar spraying on yield and yield components of eggplant (*Solanium melongena* L.). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science 7: 233-237.

Erdal, I., Yilmaz, A., Taban, S., Eker, S., Torun, B. and Cakmak, I. (2002) Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. Journal of Plant Nutrition 25: 113-127.

Ferrarezi, R. S., Bataglia, O. C., Furlani, P. R. and Schammass, E. A. (2007) Iron sources for Citrus rootstock development grown on pine bark/vermiculite mixed substrate. Scientia Agricola 64: 520-531.

Gardea-Torresdey, 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 Letters 2: 397-401.

Ghormade, V., Deshpande, M. and Paknikar, K. M. (2011) Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. Biotechnology Advances 29: 792-803.

Han, Z., Chen, S. and Hu, X. (2009) Controlled-release fertilizer encapsulated by starch/polyvinyl alcohol coating. Desalination 240: 21-26.

Ihsan, M., Mahmood, A., Mian, M. A. and Cheema, N. M. (2007) Effect of different methods of fertilizer application to wheat after germination under rainfed conditions. Journal of Agricultural Research 45: 277-281.

Liu, X., Zhang, F., Zang, S., He, X., Wang, R., Feng, Z. and Wang, Y. (2005) Responses of peanut to nano-calcium carbonate. Plant Nutrition and Fertilizer 11: 385-389.

Lu, P., Cao, J., He, S., Liu, J., Li, H., Cheng, G., Ding, Y. and Joyce, D. C. (2010) Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star flowers. Postharvest Biology and Technology 57: 196-202.

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 Sciences Journal 7: 36-40.

Mohamadipoor, R., Sedaghathoor, S. and Mahboub Khomami, A. (2013) Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of *Spathyphyllum illusion*. European Journal of Experimental Biology 3: 232-240.

Pandey, A. C., Sanjay, S. S. and Yadav, R. S. (2010) Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. Journal of Experimental Nanoscience 6: 488-497.

Poni, S., Quartieri, M. and Tagliavini, M. (2003) Potassium nutrition of cabernet sauvi-gnon grapevines (*Vitis vinifera* L.) as affected by shoot trimming. Plant and Soil 253: 341-351.

Racuciu, M. and Creanga, D. (2007) TMA-OH coated magnetic nano-particles internalized in vegetal tissues. Romanian Journal of Physics 52: 395-396.

Sabir, A., Yazara, K., Sabira, F., Karaa, Z., Atilla Yazicib, M. and Goksu, N. (2014) Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. Scientia Horticulturae 175: 1-8.

Sheykhbaghlu, R., Sedghi, M., Tajbakhsh Shishevan, M. and Seyed Sharifi, R. (2010) Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean. Notulae Scientia Biologicae 2: 112-113.

Tarafdar, J. C., Raliya, R., Mahawar, H. and Rathore, I. (2014) Development of zinc nanofertilizer to enhance crop production in pearl millet (*Pennisetum americanum*). Agricultural Research 3: 257-262.

Effect of Fe and Zn Nano-fertilizers on some growth, biochemical parameters and accumulation of some essential elements in *Saintpaulia ionantha*

Behzad Kaviani, Shahram Sedaghat Hoor * and Shayan Montazeri

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran

(Received: 26/11/2020, Accepted: 22/02/2021)

Downloaded from jispp.iut.ac.ir at 13:07 IRST on Sunday September 26th 2021

Abctract

Appropriate application of nutrients especially as organic and Nano-fertilizers has an important role in increasing the quantity and quality of crops. Meanwhile, Nano-fertilizers can be substituted for conventional fertilizers. This experiment was carried out in greenhouse of Technical and Professional Centre of Amirkala in order to evaluate the effects of Fe and Zn Nano-fertilizers on some traits of *Saintpaulia ionantha* in 2016. The plantlets were cultivated in the bed containing cocopeat, perlite, jungle humus and sieved tea soil (in ratio of 1:2:3:2). Fe and Zn Nano-fertilizers were used in concentrations of 0.00, 1.00 and 2.00 g/l. Irrigation (containing Nano-fertilizers) was done using a 10 ml syringe and directly on the pot surface soil. The effects of these Nano-fertilizers were significant at 0.05 probably level on all traits. Results showed that the highest plant height, pedicle length and diameter, also maximum leaf number, pedicle number and floret number as well as the highest content of Fe were obtained in plants treated with 2 g/l of Zn Nano-chelate 21% together with the combination of 1 g of Fe and Zn Nano-chelates. The results of present study recommend the use of 2 g/l of Zn Nano-chelate 21% together with 1 g/l of Fe and Zn Nano-chelates to enhance morphological and biochemical parameters of African violet. In this treatment, duration time until flowering (30 days) was faster than the other treatments and flower longevity (75 days) was longer than the other treatments.

Key words: African violet, Fertilizer-irrigation, Flowering, Nanochalate, Flower longevity

Corresponding author, Email: sedaghathoor@yahoo.com