



بررسی تاثیر محلولپاشی نانوکلات‌های آهن و مس بر صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل نرگس رقم جونکی (*Pseudonarcissus narcissus* cv. Jonquil)

فرشته کامیاب^{۱*} - حمید محمدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۲

چکیده

گل نرگس یکی از مهمترین گیاهان زینتی در دنیا می‌باشد. یکی از مهمترین مشکلات در تولید گیاهان زینتی، کمبود عناصر کم‌مصرف می‌باشد که در بیشتر خاک‌های قلیایی مناطق ایران وجود دارد. مس و آهن به عنوان عناصر کم‌مصرف ضروری برای رشد و نمو طبیعی گیاه در بسیاری از واکنش‌های فیزیولوژیکی دخالت دارند. جهت بررسی اثر نانوکلات‌های آهن و مس بر برخی صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل نرگس رقم جونکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور نانو کلات آهن در ۴ سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳) گرم در لیتر و نانو کلات مس در ۳ سطح (صفر، ۱ و ۲) گرم در لیتر در ۳ تکرار اجرا شد. پیازهای کشت شده در محدوده وزنی ۸-۱۰ گرم در تاریخ ۲۵ شهریور کشت شدند. کودها از شرکت نانو پژوهش تهیه شدند و محلولپاشی هر یک از این کودها به صورت جداگانه در سه مرحله انجام گرفت. مرحله اول آبان ماه زمانی که پیازها دارای سه برگ بودند و مرحله دوم دی ماه حدود یک هفته قبل از گلدهی و مرحله سوم بعد از گلدهی به فواصل ۴۵ روز یکبار صورت گرفت. صفات مختلف ارتفاع بوته، تعداد، طول و عرض برگ، وزن و قطر پیاز، تعداد، قطر و ارتفاع و قطر ساقه گل، تعداد، قطر و وزن تر و خشک گلچه، عمر گلجای و میزان غلظت مس، آهن، کلروفیل، مواد جامد محلول و پروتئین در برگ اندازه‌گیری شدند. نتایج آزمایش نشان داد که میزان غلظت آهن و مس با افزایش غلظت کاربرد این میکروالمنت‌ها در برگ افزایش یافت که نشان دهنده جذب بالای این کود نانو از طریق برگ می‌باشد. مصرف آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر بیشترین میزان رشد رویشی از جمله افزایش اندازه بوته، برگ، پیاز و پیازچه شد و دلیل اصلی این افزایش رشد جبران کمبود جذب عناصر کم مصرف در خاک قلیایی می‌باشد که با محلولپاشی از طریق برگ جبران شده است و مکانیسم‌ها و فرایندهایی که آهن و مس در انجام آنها دخالت داشته بهتر صورت گرفته‌اند. رشد زایشی مثل ارتفاع و قطر ساقه گل، تعداد، قطر و وزن تر و خشک گلچه و عمر گلجای نیز با کاربرد این نانو کود بهبود یافت که تاثیر مس بر کاهش اثرات مضر استرس در مطالعات متعدد ذکر شده است. همچنین این تیمار باعث بیشترین میزان پروتئین، کلروفیل و مواد جامد محلول در برگ‌های گل نرگس شد که افزایش کلروفیل و پروتئین می‌تواند به علت نقش اصلی آهن در ساخت کلروفیل و فعال کردن آنزیم نیترات ردوکتاز باشد. مس نیز نقش موثری در تولید تعداد زیادی آنزیم‌ها دارد که عملکردهای متابولیکی متفاوت را به عهده دارند. بنابراین نتایج این آزمایش جذب موثر این نانوکلات از طریق برگ را نشان داده و این نکته قابل توجه است که غلظت بالای مصرف این کود می‌تواند اثر منفی بر رشد داشته و باید در میزان مصرف دقت شود و محلولپاشی نانو کلات‌های آهن ۲ در هزار توام با مس ۰/۵ در هزار برای بهبود رشد رویشی و زایشی گیاه نرگس مخصوصا در خاک‌های قلیایی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پیاز، پیازچه، خاک قلیایی، عمر پس از برداشت، عناصر کم مصرف

مقدمه

یکی از مهمترین گیاهان باغی است که در بیشتر نقاط دنیا به جز مناطق گرمسیری کشت می‌شود. زمان گلدهی این گیاه از اواسط زمستان تا بهار می‌باشد (۷). گل نرگس علاوه بر اینکه یکی از مهمترین گل‌های زینتی است، به علت داشتن ترکیبات الکلوییدی دارای ارزش دارویی نیز می‌باشد (۶). یکی از مهمترین مشکلات در تولید گیاهان زینتی، تغذیه نامناسب در طول پرورش آنها می‌باشد. قلیایی بودن خاک بیشتر مناطق ایران به علت بالا بودن هدایت الکتریکی و کربنات‌های آزاد خاک منجر به مشکل کلروز آهن شده و

گل نرگس یک گیاه پیازدار از خانواده آماریلیداسه است. این گل

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی،

واحد رفسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، رفسنجان، ایران

*- نویسنده مسئول (Email: f.kamiab56@gmail.com)

۲- استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، واحد رفسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی،

رفسنجان، ایران

را در سه مرحله و در فواصل ۶۰ روز بر روی برگ های گیاه مریم محلول پاشی کردند و افزایش رشد رویشی و گلدهی را مشاهده کردند.

در سال های اخیر کاربرد نانو ذرات در کلیه عرصه ها مخصوصا کشاورزی گسترش زیادی پیدا کرده است.

فراورده های نانو شامل مخلوطی از ذره های با ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که می توانند خصوصیات فیزیکوشیمیایی مواد اولیه را تغییر دهند. به دلیل اثرات مضر که کودهای شیمیایی مرسوم به محیط زیست ایجاد می کنند، مدت هاست که استفاده از آن ها مورد سؤال قرار گرفته است و استفاده از نانو کودها می تواند به عنوان یک جایگزین مناسب برای این کودهای مرسوم باشد. کاربرد کودهای نانو باعث افزایش کارایی، کاهش مسمومیت و اثرات منفی مربوط به استفاده زیاد از حد عناصر غذایی می شود (۱۹) دیواره سلول گیاهی به عنوان یک مانع برای ورود آسان هر عامل خارجی به داخل سلول های گیاهی عمل می کند، نانوذرات که قطر منفذ کمتری نسبت به قطر منفذ دیواره سلولی دارند، به راحتی می توانند از منافذ روی دیواره عبور کنند. نانوذرات در سطح برگ از طریق منافذ روزنه ای و یا پایه های کرک وارد گیاه می شوند و سپس به بافتهای مختلف منتقل می شوند (۲۰).

آذروپور و همکاران تاثیر محلولپاشی نانو ذرات آهن را بر افزایش وزن تر محصول زعفران گزارش داده اند. زو و همکاران (۳۵) نیز کاربرد محلولپاشی اکسید آهن به صورت نانو ذره بر روی کدو حلوايي را گزارش داده و افزایش جذب، انتقال و تجمع این نانو ذره توسط گیاه به طور قابل توجهی مشاهده شده اسارش شده است. در آزمایشی دیگر گزارش شده است که محلولپاشی با نانوکلات آهن منجر به افزایش کمیت و کیفیت گل محمدی شده است (۱۵)

آزمایش های متعددی در مورد کاربرد کود های نانو در بادم زمینی (۲۱) ، نخود (۲۲)، اسفناج (۳۴) و ریحان (۲۳) گزارش شده و در همه موارد ذکر شده افزایش جذب، رشد و عملکرد وجود دارد.

با توجه به نتایج گزارش شده مبنی بر عملکرد خوب نانوکودها در گیاهان مختلف و واکنش مختلف گونه های مختلف گاهی به مواد غذایی تهیه شده به شکل نانو، این آزمایش با هدف بررسی تاثیر کاربرد کود های کلات آهن و منگنز در مقیاس نانو بر عملکرد و رشد گل نرگس طاحی شده است.

مواد و روش ها

شرایط رشدی گیاه و تیمارها

به منظور بررسی اثر محلولپاشی نانوکلات های آهن (۱۲ درصد) و مس (۱۲ درصد) بر رشد رویشی و زایشی گل نرگس، این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار

عملکرد محصولات مختلف را تحت تاثیر قرار داده است (۳۶). کمبود آهن، شایع ترین کمبود در میان گلها و گیاهان زینتی است و اثر زیادی را بر رشد رویشی و زایشی گیاهان می گذارد. آهن در تشکیل کلروفیل و متابولیسم اسید های نوکلئیک نقش اساسی دارد. از طرف دیگر نقش آهن در واکنش های تنفسی گیاه، انکارناپذیر است و باعث حفظ کیفیت گل های بریده می شود (۶).

از عوامل دیگری که می توانند در کمبود آهن در گیاهان دخیل باشند شامل کمبود آهن در خاک، مصرف زیاد فسفر و آهن، مقدار زیاد فلزات سنگین مثل روی، مس و منگنز، درجه حرارت کم یا زیاد، مقدار زیاد نیتروژن به صورت نترات، تهویه ضعیف، نسبت های کاتیونی نامتوازن و آلودگی ریشه به نماتدها می باشد (۸). تحقیقات اخیر نشان داده است که مقدار اندکی از عناصر غذایی کم مصرف که از طریق محلول پاشی به گیاهان داده می شوند، موجب افزایش معنی دار عملکرد گیاهان می گردند. محلول پاشی وقتی مورد توجه قرار می گیرد که رفع کمبود عناصر غذایی از راه ریشه امکان پذیر نباشد. بنابراین در شرایط مزرعه که فاکتورهای مختلف مؤثر در جذب عناصر غذایی بسیار متغیر هستند، محلولپاشی می تواند به عنوان یک روش سریع برای رفع کمبود با اهمیت باشد و به عنوان یک روش نسبتاً جدید و بحث بر انگیز در تغذیه گیاهان باشد. روستا و محسنیان (۲۰۱۲) نشان دادند که محلولپاشی منابع مختلف آهن (Fe-DTPA, Fe-EDDHA, FeSO₄) روی گیاه فلفل سبب افزایش رشد رویشی، عملکرد و رنگ گیری بهتری میوه در سیستم آکواپونیک و هیدروپونیک گردید و همچنین کلروفیل کل، کاروتنوئیدها و قندهای محلول افزایش یافت. در آزمایشی دیگر همین محقق دو منبع آهن (نانو کلات آهن و Fe-EDDHA) در سیستم کشت بدون خاک گیاه فلفل در شرایط قلیائی به کار برد و نشان داد که ابتدا کلات آهن و سپس نانو کلات آهن بهترین منبع آهن در این شرایط می باشد (۲۹). مس نیز یک میکروالمنت می باشد که دارای نقش ساختاری در پروتئین های تنظیم کننده و در انتقال الکترون در فتوسنتز، پاسخ به استرس های اکسیداتیو، تنفس میتوکندری، متابولیسم دیواره سلولی، سیگنال های هورمونی نقش دارد و از طرف دیگر کو فاکتور بسیاری آنزیم ها مثل سوپراکسید دسموتاز، سیتوکروم اکسیداز، آمینواکسیداز و پلی فنل اکسیداز می باشد (۲۴). همچنین مس در بیوسنتز و فعالیت اتیلن در رساندن گل و میوه، نقش اساسی دارد و باعث شادابی و طراوت گیاه می گردد (۱۲).

تحقیقات بعمل آمده توسط کومار و چاتوپادبای (۱۴) بر روی گل مریم نشان داده است که کاربرد کودهای سولفات روی، سولفات مس و سولفات آهن به صورت تیمارهای ریش ای و در مقادیر ۱۰، ۱۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار روی رشد و شاخص های عملکردی تاثیر چشم گیری داشته است. بارمان و پی (۲) چهار نوع کود سولفات آهن، روی، مس و منگنز

شهریور کشت شدند. تجزیه خاک نشان داد که خاک مزرعه دچار کمبود نیتروژن است و بر اساس محاسبات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به کرت‌ها اضافه شد، ماده آلی خاک نسبتاً پایین بوده و کود دامی به میزان ۴۰ تن در هکتار قبل از کاشت به زمین زراعی داده شد. کودها پس از بررسی و تایید مقیاس آن توسط شرکت کارآفرینی و فناوری ایران (کارگزار ستاد ویژه نانو) و آزمایشگاه تجزیه خاک پژوهشگاه پسته رفسنجان از شرکت نانو پژوهش خریداری شدند. تیمارهای محلولپاشی بر اساس درصد آهن و مس موجود در کودها، میزان نیاز گیاه و نتایج آنالیز خاک طراحی شدند. محلولپاشی هر یک از این کودها به صورت جداگانه در سه مرحله انجام گرفت. مرحله اول آبان ماه زمانی که پیازها دارای سه برگ بودند و مرحله دوم دی ماه حدود یک هفته قبل از گلدهی و مرحله سوم بعد از گلدهی به فواصل ۴۵ روز یکبار صورت گرفت.

در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه آزاد رفسنجان واقع در منطقه اسد آباد با شوری خاک ۷ دسی زیمنز بر متر در سال ۱۳۹۴ انجام شد. موقعیت جغرافیایی منطقه ۳۰' ۴۴" شمالی و ۵۶' ۵۰" ۶" شرقی با ارتفاع ۱۷۸۰ متر از سطح دریا دارای اقلیمی خشک و زمستان نسبتاً سرد و تابستان گرم و خشک با حداکثر دمای ۴۲ درجه سلسیوس در تابستان و حداقل ۳- درجه سلسیوس در زمستان و میانگین میزان بارندگی ۱۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. در این آزمایش فاکتور آهن در چهار سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳) گرم در لیتر و فاکتور مس در سطح سطح (صفر، ۱، ۲) گرم در لیتر در نظر گرفته شد. آزمایش در ۱۲ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. پیازها در کرت‌هایی به عرض دو متر در طول پنج متر کشت شدند. پیازهای کشت شده در محدوده وزنی ۸-۱۰ گرم بودند و در هر کرت در هشت ردیف به فاصله ۲۰ سانتی-متر و فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر، در عمق ۱۵ سانتی‌متر در تاریخ ۲۵

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی دانشگاه آزاد رفسنجان.

Table 1- Chemical analysis of experimental farm Soil (Azad University, branch Rafsanjan, Asad Abad).

بافت خاک Texture soil	pH	پتاسیم Absorbable potassium (mg/kg)	فسفر Absorbable phosphorus (mg/kg)	نیتروژن کل Total nitrogen N (%)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/m)	عمق Depth (cm)
Sandy-clay شنی رسی	7.7	239	13.8	0.03	0.8	6	7	0-30

اندازه‌گیری پارامترهای مرفولوژیکی

اندازه‌گیری‌ها شامل تعداد برگ، طول و عرض برگ، ارتفاع ساقه گل دهنده که جهت اندازه‌گیری ارتفاع ساقه گل دهنده، ارتفاع آن از بالای یقه تا انتهای خوشه گل با استفاده از خط کش اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تعداد گلچه‌های هر خوشه، پس از رشد کامل ساقه گل‌دهنده و پس از برداشت ساقه‌ی گل، شمارش گلچه‌ها صورت گرفت. برای اندازه‌گیری قطر گلچه، گلچه پایی که از همه بزرگ‌تر می‌باشد، پس از اینکه تقریباً بطور کامل باز شدن با استفاده از خط کش، اندازه طول دو گلبرگ روبروی هم، از انتهای یکی تا انتهای دیگری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قطر شاخه گل از کولیس استفاده گردید و بدین گونه که قطر شاخه از سه نقطه، یعنی نزدیک طوقه، وسط شاخه گل و ناحیه زیر اولین گلچه اندازه‌گیری شد، سپس سه اندازه را با هم جمع کرده و میانگین گرفته شد. میانگین این سه بعنوان اندازه قطر شاخه‌ی گل لحاظ گردید.

برای اندازه‌گیری عمر انباری گل‌ها، گل‌ها پس از برداشت بلافاصله به آزمایشگاه با دمای بین ۲۱-۲۴ درجه سانتیگراد که رطوبت نیز در حد معمول بود، انتقال داده شدند و در آنجا درون لیوان‌های بزرگی که برای هر نوع کود و هر غلظتی یک لیوان جداگانه در نظر گرفته شده بود، نگهداری شده تا عمر پس از برداشت آن‌ها اندازه

گیری شود. در صورتیکه تعداد گلچه‌های پیر شده بیشتر از گلچه‌های باز شده باشد پایان عمر انباری محاسبه گردید. برای تعیین وزن تر و خشک گلچه‌ها، ابتدا وزن تمام گلچه‌های هر خوشه اندازه‌گیری سپس میانگین آنها محاسبه گردید و برای تعیین وزن خشک نیز تمام نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و میانگین هر گلچه محاسبه گردید.

در پایان اردیبهشت پیازها از دو ردیف وسطی هر کرت به صورت خشکه کنی خارج شدند و وزن و قطر پیاز مادری و تعداد پیاز دختری، وزن و قطر آنها محاسبه گردید. اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی

عناصر آهن و مس در برگ

عناصر غذایی آهن و مس در این آزمایش به وسیله دستگاه جذب اتمی به روش جونز و همکاران (۹) اندازه‌گیری شدند و برای تهیه عصاره، ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه خشک شده و آسیاب شده از برگ گیاه را وزن کرده و سپس در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها تبدیل به خاکستر شدند. سپس ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال به هر نمونه اضافه گردید و در نهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانیده شد. این عصاره به

طور مستقیم جهت اندازه‌گیری عناصر آهن و مس به کار رفت.

نتایج و بحث

پس از انجام کلیه مراحل آزمایش نتایج بدست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که در این نتایج تاثیر تیمارهای مختلف محلولپاشی نانو کلات های آهن و مس بر کلیه صفات کمی و کیفی مشخص گردید و بر اساس جداول (۲ و ۳) برای هر کدام از صفات به صورت جداگانه بحث گردید. اثر متقابل کاربرد نانو کلات های آهن و مس بر صفات ارتفاع بوته، قطر و وزن پیازچه، درصد گل‌های باز شده و غلظت پروتئین، کلروفیل و مس برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و بر سایر صفات عمر پس از برداشت، ارتفاع و قطر ساقه گل، طول، عرض و تعداد برگ، تعداد، وزن تر، وزن خشک و قطر گلچه، وزن و قطر پیاز اصلی، تعداد پیازچه و غلظت مواد جامد محلول و آهن برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

صفات رویشی

ارتفاع گیاه

جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع گیاه ۳۶ سانتیمتر در تیمار آهن ۲ و ۳ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر و کمترین ارتفاع ۲۲ سانتیمتر در تیمار شاهد مشاهده شده است و افزایش غلظت آهن از ۲ به ۳ گرم در لیتر و مس از ۰/۵ به ۱ گرم در لیتر باعث افزایش ارتفاع گیاه نشد (جدول ۴).

تعداد برگ

کمترین تعداد برگ در تیمار شاهد چهار عدد بود که با کاربرد توام ۲ گرم در لیتر کود نانو آهن و ۰/۵ گرم در لیتر کود مس به بیشترین تعداد ۶/۳ رسید (جدول ۴).

طول و عرض برگ

جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین طول برگ ۳۴ سانتیمتر در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر بوده که با تیمار توام آهن ۳ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری نداشته است. کمترین طول برگ ۱۹ سانتیمتر در تیمار شاهد مشاهده شده است. بیشترین عرض برگ ۲/۲۳ سانتیمتر در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر و کمترین آن در شاهد ۱/۳ سانتیمتر مشاهده شد. افزایش غلظت آهن از ۲ به ۳ گرم در لیتر و مس از ۰/۵ به ۱ گرم در لیتر باعث کاهش عرض برگ شد اما این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۴).

مواد جامد محلول برگ

اندازه‌گیری به روش اسموگی (۳۱) انجام گرفت. ۰/۵ گرم وزن تر برگ ابتدا در ۵۰۰ اتانول ۹۵ درصد و سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد ساییده شده بعد به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۳۵۰۰ سانتریفیوژ شد. سپس ۰/۲ میلی لیتر از محلول رویی با ۶ میلی لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی گرم آنترون به علاوه ۱۰۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) مخلوط گردیده و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۹۵ درجه قرار داده شد تا واکنش انجام و رنگی شود. سپس میزان جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت و مقدار قندهای محلول محاسبه گردید.

پروتئین برگ

اندازه‌گیری پروتئین به روش برادفورد (۴) انجام گرفت. یک گرم از بافت تازه گیاهی در یک هاون چینی محتوی ۵ میلی لیتر بافر تریس-HCl، ۰/۰۵ مولار ساییده شد و به لوله سانتریفیوژ منتقل شده و پس از ۱۰ دقیقه سکون به مدت ۲۵ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند و محلول رویی برای اندازه‌گیری پروتئین به کار رفت. ۰/۱ میلی لیتر از عصاره پروتئینی به همراه ۵ میلی لیتر محلول بیوره مخلوط و سریع ورتکس شده و پس از ۲۵ دقیقه میزان جذب نور در طول موج ۵۹۵ نانومتر تعیین گردید.

کلروفیل کل برگ

اندازه‌گیری کلروفیل به روش مدنر (۱۷) صورت گرفت. یک گرم از برگ در هاون چینی قرار داده و با ۲۰ میلی لیتر استن (۸۰ درصد) له گردید. سپس به مدت ۵ دقیقه با دور ۵۰۰۰ سانتریفیوژ گردید. محلول رویی با استن ۸۰ درصد به ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد و جذب محلول در طول موج های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید و با استفاده از فرمول زیر کلروفیل کل اندازه‌گیری گردید.

$$\text{کلروفیل کل (mg/g)} = \left[(20.2 \times OD_{645}) + (8.02 \times OD_{663}) \right] \times \left[\frac{V}{1000W} \right]$$

V: حجم استون مصرف شده
W: وزن تر نمونه (گرم)

محاسبات آماری

داده ها توسط نرم افزار SAS با ورژن ۵ تجزیه شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطوح ۵ درصد صورت گرفت.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر متقابل محلولپاشی نانو کلات های آهن و مس بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل نرگس رقم چونگی
Table3- ANOVA for the effect of foliar treatments of Fe and Cu nano chelates on some morphological and physiological traits of *Narcissus tazeta* cv. Jonkuil

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares										
		وزن پیاز اصلی Weight of Main Bulb	قطر پیاز اصلی Diameter of Main Bulb	تعداد پیازچه Number of Bulblet	قطر پیازچه Diameter of Bulblet	وزن پیازچه Weight of Bulblet	پروتئین برگ Leaf Protein	کلروفیل برگ Leaf Chloroph yll	ماده جامد محلول برگ Total Soluble Solid	غلظت مس در برگ Cu Concentrat ion in Leaf	غلظت آهن در برگ Fe Concentratio n in Leaf	
بلوک Replicate	2	0.42 ^{ns}	1.42 ^{ns}	0.4 ^{ns}	0.15 ^{ns}	1.42 ^{ns}	400.2 ^{ns}	37.66 ^{ns}	11.15 ^{**}	0.18 ^{ns}	1.52 ^{ns}	
نانو کلات آهن Fe Nano chelate (a)	3	641.6 ^{**}	65.59 ^{**}	13.59 ^{**}	8.6 [*]	8.69 [*]	50.29 [*]	19.99 [*]	60.9 ^{**}	5.59 ^{**}	46 ^{**}	
نانو کلات مس Cu Nano chelate (b)	2	3727 ^{**}	300.9 ^{**}	305.69 ^{**}	11.69 [*]	10.79 [*]	60.49 [*]	17.65 ^{**}	55.4 ^{**}	95.59 ^{**}	6576 ^{**}	
a×b	6	14.59 ^{**}	2.19 ^{**}	8.19 ^{**}	8.1 [*]	6.19 [*]	81.69 [*]	29.86 [*]	75.59 ^{**}	3.29 [*]	191 ^{**}	
خطا Error	22	4.5	0.5	1.5	2.5	2	37.09	12.25	1.76	1.15	43	
ضریب تغییرات CV (%)		13	1.9	14	14	13	14.4	14.9	9.2	19.4	9.1	

** , * به ترتیب نشان دهنده تاثیر معنی دار در سطح یک و پنج درصد و ns ، عدم تاثیر معنی دار است
*** , ** represents effects significant at probability levels of 0.05 and 0.01 respectively; ns means non-significant

گرم در لیتر به بیشترین مقدار یعنی ۱۰۰ گرم رسید که در مقایسه با شاهد ۵۰ گرم اضافه وزن مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین قطر پیاز ۴ سانتیمتر در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر مشاهده شد که با تیمار آهن ۳ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر تفاوت معنی داری نداشت و کمترین آن ۳ سانتیمتر در تیمار شاهد مشاهده شده است (جدول ۴).

تعداد، قطر و وزن پیازچه

بیشترین تعداد پیازچه ۷/۳ عدد در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر مشاهده شد که با تیمار آهن ۱ و ۳ گرم در لیتر به همراه ۰/۵ گرم در لیتر از مس تفاوت معنی داری نداشت و کمترین تعداد پیازچه ۳/۵ عدد در شاهد مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین قطر پیازچه ۱۸/۴ میلیمتر در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر مشاهده شد که با تیمار آهن ۳ گرم در لیتر به همراه ۰/۵ گرم در لیتر از مس تفاوت معنی داری نداشت و کمترین قطر پیازچه ۱۰ میلیمتر در شاهد مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین وزن پیازچه ۲۲/۲ گرم در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر مشاهده شد که با تیمار آهن ۱ و ۳ گرم در لیتر به همراه ۰/۵ گرم در لیتر از مس تفاوت معنی داری نداشت و کمترین وزن پیازچه ۱۶/۱ گرم در شاهد مشاهده شد (جدول ۴).

کاربرد توام کود نانو آهن (۲ گرم در لیتر) و مس (۰/۵ گرم در لیتر) باعث افزایش وزن پیاز مادری در حدود ۵۰ گرم در مقایسه با شاهد شد و همچنین قطر پیاز نیز ۱ سانتیمتر افزایش یافت. افزودن آهن به صورت محلولپاشی باعث افزایش جذب توسط برگ‌ها شده است که در نتیجه افزایش غلظت آهن در برگ‌ها از یک طرف منجر به افزایش میزان کلروفیل و از طرف دیگر افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز شده و در نتیجه میزان آسمیلات‌های تولیدی افزایش و در نتیجه اندازه و قطر پیاز مادری در اثر ذخیره مواد غذایی افزایش یافته است. افزایش اندازه پیاز در گیاهان پیازدار بسیار مهم می‌باشد زیرا پیازهای بزرگ‌تر گلهی‌ا زودتر با کیفیت بالاتر دارند (۱۱). نتایج آزمایش بارمان و در (۳) نیز نتایج این تحقیق را تایید می‌کند. از عوامل کمی دیگر که در کشت و کار گیاهان پیازدار از اهمیت بالایی برخوردار است، تعداد پیازچه‌های دختری است. بنابراین عاملی که بتواند تعداد پیازچه را افزایش دهد اهمیت زیادی دارد. همانطوریکه که در این آزمایش، کاربرد توام مس و آهن مخصوصا در غلظت‌های متوسط بیشترین تعداد پیازچه با بیشترین قطر ایجاد کرد. با توجه به اینکه رشد و نمو اندام‌های ظاهر شده از پیاز نرگس در مراحل اولیه اساسا وابسته به میزان اندوخته موجود در پیاز مادری است، بنابراین پیازهای درشت تر نرگس به دلیل داشتن اندوخته

با توجه به نتایج این آزمایش اثر متقابل محلولپاشی نانو کلات‌های آهن و مس در افزایش رشد رویشی (ارتفاع گیاه و تعداد و اندازه برگ) گل نرگس در مقایسه با شاهد دارای تفاوت معنی دار بوده است. باتوجه به اینکه خاک مورد نظر دارای pH قلیایی بوده و در این شرایط جذب عناصر کم مصرف از خاک مشکل می‌باشد، با محلولپاشی این عناصر و جذب از طریق برگ نیاز گیاه به طور موقت رفع شده است و منجر به افزایش رشد رویشی گردیده است. همانطور که می‌دانیم آهن در فعالیت‌های فیزیولوژیکی متعددی از قبیل فتوسنتز، تنفس، ساخت دی ان ا و تشکیل هورمون نقش دارد که این موارد ذکر شده بیانگر نقش مهم این عنصر در تغذیه گیاه می‌باشد (۲۶). از طرف دیگر مس نیز یک عنصر ضروری برای گیاه است که نقش‌های متعددی برای گیاه دارد که می‌توان مشارکت این عنصر در تنفس، مقاومت در برابر تنش‌های اکسیداتیو، سیگنال‌های هورمونی، دیواره سلولی و سیستم انتقال الکترون در فتوسنتز را نام برد (۲۴). بنابراین عنصری تاثیرگذار بر افزایش رشد و نمو گیاه می‌باشد.

حکم آبادی و همکاران (۱۰) نشان دادند که کاربرد کلات آهن بر روی نهال‌های پسته باعث افزایش سطح برگ و محتوای کلروفیل شده است. احتمالا با کاربرد این میکروالمنتها مخصوصا آهن فرایندهای فیزیولوژیکی مثل کلروفیل سازی فعال شده و در نهایت اندازه برگ افزایش می‌یابد. البته این نکته قابل توجه است که افزایش غلظت عنصر مس به ۱ گرم در لیتر در این آزمایش، ارتفاع و تعداد و اندازه برگ را به طور معنی داری کاهش داد. این کاهش رشد رویشی به دلیل افزایش غلظت این میکروالمنت می‌باشد که اثر سمی دارد و افزایش غلظت آن ممکن است منجر به توقف رشد گیاه و جلوگیری از بسیاری از فرایندهای سلولی مثل انتقال الکترون فتوسنتزی شود (۲۴). همچنین با افزایش غلظت مس در برگ‌ها میزان غلظت آهن با افزایش کاربرد آهن افزایش نیافت که به نظر می‌رسد در غلظت مس بالا جذب آهن از غشاء کاهش می‌یابد (۱۶). نیز در این رابطه نشان دادند که با افزایش غلظت مس در محلول غذایی، غلظت این عنصر در گیاه ذرت زیاد اما رشد کاهش یافت که دلیل آن را کاهش نفوذپذیری غشاء و کاهش جذب عناصری مانند آهن دانست. روستا و پور ابراهیمی (۲۰۱۵) نشان دادند که Fe-EDDHA رشد نهال‌های فلفل در شرایط قلیایی به طور قابل توجهی افزایش داد.

همچنین در ارتباط با کود نانو آهن افزایش تا غلظت ۲ گرم در لیتر باعث افزایش رشد رویشی شد. در حالیکه در غلظت ۳ گرم در لیتر افزایش رشدی مشاهده نشد.

وزن و قطر پیاز اصلی

وزن پیاز اصلی در اثر کاربرد توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵

غذایی و تولید انرژی بیشتر منجر به تولید ریشه بیشتر می‌شوند (۲۵) افزایش می‌یابد که از نظر اقتصادی بسیار مقرون به صرفه است. و در نتیجه گیاه حاصل قویتر می‌شود و تعداد پیازچه و اندازه آن نیز

جدول ۴- اثر متقابل غلظت‌های متفاوت نانوکلات‌های آهن×مس بر برخی خصوصیات رویشی گل نرگس رقم جونکی

Table 4- Interaction effect of different concentrations of Fe ×Cu nano chelates on some vegetative traits of *Narcissus tazeta* cv. Jonkuil

صفات مورفولوژیکی morphological traits									
وزن پیازچه	قطر پیازچه	تعداد پیازچه	قطر پیاز اصلی	وزن پیاز اصلی	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	ارتفاع گیاه	میکرو نانو کلات
Weight of bulb let (g)	Diameter of bulblet (mm)	Number of bulblet	Diameter of main bulb (cm)	Weight of main bulb (g)	Width of leaf (cm)	Width of leaf (cm)	Number of leaf	Height of Plant (cm)	Micro nano chlate (g L ⁻¹)
16.1 d	10 d	3.5 cd	3 d	50 e	19 e	1.3 d	4 c	22 g	Cu 0
17 c	11.2cd	3.8c	3.2 d	60 d	21 ed	1.4 cd	4.4 c	25 f	Cu 0.5
16 d	9 d	3.5 cd	3 d	50 e	20 e	1.5c	4.5 c	27 e	Cu 1
18 bc	12.1 c	4c	3.4 c	65 d	23 d	1.5c	4.9 c	29 d	Cu 0
21 a	15.2 b	6.2 ab	3.7b	90 b	27 c	1.9 ab	5.3 b	32 c	Cu 0.5
18 bc	13c	4 c	3.5 c	64 c	25 cd	1.8 b	5.4 b	32 c	Cu 1
18.9 b	12.2 c	4 c	3.4 c	70 c	24 d	1.7 b	5.3 b	30d	Cu 0
22.2 a	18.2 a	7.3a	4 a	100 a	34 a	2.2 a	6.3 a	36 a	Cu 0.5
19 b	14 b	5b	3.6 b	70 c	30 b	1.9 ab	5.7 b	34 b	Cu 1
19 b	12 c	4.1 c	3.6 b	71 c	25 cd	1.9 ab	5 bc	29 d	Cu 0
20 ab	18.1 a	7 a	3.8 a	90 b	33 a	2 a	6.1a	36 a	Cu 0.5
17 c	13.8 bc	5b	3.5 c	74 c	29 b	2 a	5.6b	34 b	Cu 1

برای هر صفت میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند

Different letter(s) in each row indicates significant differences according to Duncan's multiple range tests at P < 0.01

میلی متر در شاهد مشاهده شد.

صفات زایشی

ارتفاع و قطر ساقه و عمر پس از برداشت گل

جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع و قطر ساقه گل به ترتیب ۱۹/۹ سانتیمتر و ۸ میلی‌متر در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر و کمترین ارتفاع و قطر نیز به ترتیب ۱۳ سانتیمتر و ۵ میلی‌متر در تیمار شاهد مشاهده شده است بیشترین عمر پس از برداشت ۸ روز در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر مشاهده شد و کمترین آن در شاهد ۳ روز مشاهده گردید.

تعداد و قطر گلچه‌ها

بیشترین تعداد گلچه ۸ عدد در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر مشاهده شد که با تیمار آهن ۱ و ۳ گرم در لیتر به همراه ۰/۵ گرم در لیتر از مس تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین تعداد گلچه ۵ عدد در شاهد مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین قطر گلچه ۱/۶ میلی متر در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر مشاهده شد که با تیمار آهن ۳ گرم در لیتر به همراه ۰/۵ گرم در لیتر از مس تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین قطر گلچه ۰/۸

وزن تر و خشک گلچه‌ها

جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین وزن تر و خشک گلچه‌ها به ترتیب ۱/۱ و ۰/۱۲ گرم در تیمار توام آهن ۲ گرم در لیتر و مس ۰/۵ گرم در لیتر و کمترین وزن تر و خشک ۰/۷ و ۰/۰۶ گرم در تیمار شاهد مشاهده شده است.

صفات مورفولوژیکی مربوط به گل مثل ارتفاع و قطر ساقه گل و تعداد، قطر، وزن تر و خشک گلچه‌ها به طور معنی‌داری مخصوصا در تیمار ۲ گرم در لیتر آهن و ۰/۵ گرم در لیتر مس افزایش یافت. همانطور که می‌دانیم، افزایش تعداد گلچه و اندازه آن در گلاذین یکی از مهمترین فاکتورهای افزایش بازپسندی گل نرگس است که تمپرنی و همکاران (۳۲) گزارش داده‌اند که فراهم کردن عناصر کم مصرف نقش موثری در افزایش گلدهی زعفران دارد. با توجه به نتایج آزمایش خاک و بالا بودن pH خاک مورد استفاده در این آزمایش و از طرف دیگر کارایی بالای نانو کلات‌ها در جذب توسط غشاء، محلولپاشی این ترکیبات باعث افزایش وزن تر و خشک گلچه‌ها شده

گل‌های بریده در حدود ۵ روز در مقایسه با شاهد شد. با توجه به اینکه مس کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های کلیدی در مسیرهای متابولیکی مختلف است، بنابراین گیاهی که کمبود نداشته باشد، گل‌های با کیفیت بالاتر و عمر پس از برداشت طولانی‌تر تولید خواهد کرد. همچنین مس نقش مهمی در افزایش مقاومت در برابر بسیاری از استرس‌های محیطی دارد و به عنوان کوفاکتور آنزیم سوپراکسیدودسموتاز شناخته شده که این آنزیم رادیکال‌های آزاد اکسیژن را از بین می‌برد. همچنین مس به عنوان بازدارنده آنزیم فیل‌الانین امونیوم لیاژ است که این آنزیم در واکنش‌های مربوط به محل برش در ساقه‌های گل بریده نقش دارد (۱۳). نقش آهن در تولید کلروفیل انکارناپذیر است و گل‌هایی که از بوته‌های دارای کلروفیل بیشتر تولید شده‌اند، دارای میزان مواد ذخیره بیشتری می‌باشند که عمر آنها را افزایش می‌دهد از طرف دیگر آهن نقش مهمی در واکنش‌های تنفسی گیاه نیز دارد (۶).

است که خود حاکی از موثر بودن عنصر آهن و نقش کلیدی آن در فرایند آنابولیکی و تنفس می‌باشد (۳۶). عنصر آهن با توجه به نقشی که در تشکیل کلروفیل و متابولیسم اسیدهای نوکلئیک دارد، باعث افزایش ارتفاع و قطر ساقه گل دهنده و همچنین اندازه گل‌آذین شده است. از طرف دیگر با توجه به نقش آهن در افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز و مس در افزایش فعالیت آنزیم‌های مختلف مثل سیتوکروم اکسیداز، متابولیسم گیاه افزایش یافته و میزان اسیمیلایسیون برگ افزایش و کیفیت گل حاصل از هر پیاز به طور قابل توجهی افزایش یافته است (۳۳). از طرف دیگر مس در چرخه‌های انتقال الکترون در گیاه نقش دارد و در مسیرهای متابولیکی تولید ATP نیز نقش دارد (۲۴). این آزمایش نشان داد که تغذیه مناسب آهن و مس قبل از برداشت بر روی کیفیت پس از برداشت گل‌های بریده شده بسیار موثر می‌باشد. به طوریکه که کاربرد دو نانوکلات آهن (۲ میلی گرم در لیتر) و مس (۰/۵ گرم در لیتر) باعث افزایش عمر

جدول ۵- اثر متقابل غلظت‌های متفاوت نانوکلات‌های آهن × مس بر برخی خصوصیات زایشی گل نرگس رقم جونکی

Table 5- Interaction effect of different concentrations of Fe × Cu nano chelates on some reproductive traits of *Narcissus tazeta* cv. Jonkuil

میکرو نانو کلات Micro nano chelate (گرم در لیتر)		ارتفاع ساقه گل Height of flower stem (cm)	قطر ساقه گل Diameter of flower stem (mm)	تعداد گلچه Number of florete	قطر گلچه (cm)	عمر پس از برداشت گل Postharvest life (day)	وزن تر گلچه fresh weigh of Floret (g)	وزن خشک گلچه dry weigh of Floret (g)
Fe (0)	Cu 0	13 e	5 d	5.1 c	0.8 d	3 cd	0.7 d	0.065d
	Cu0.5	14 d	5.5 d	6 b	0.9cd	4 cd	0.8 c	0.078cd
	Cu 1	12.2e	5 d	5.2 c	0.8 d	4 c	0.7 d	0.07d
Fe (1)	Cu 0	14.8 c	6 cd	5.7 bc	0.9cd	4 c	0.8 c	0.08c
	Cu 0.5	16.5 bc	7.2 b	7.7 a	1.3b	7 ab	0.95 b	0.09bc
	Cu 1	13.5 d	5.8 cb	5.5bc	1 c	6 b	0.82c	0.09bc
Fe (2)	Cu 0	15 c	6.5 c	5.9 b	1.1c	4 c	0.9b c	0.04 bc
	Cu 0.5	19.9 a	8 a	8 a	1.6 a	8 a	1.1 a	0.12a
	Cu 1	15 c	6.1 cd	5.5 bc	1 c	6 b	0.88 bc	0.09bc
Fe (3)	Cu 0	16.1 bc	6.5 c	6 b	1 c	6 b	0.9 bc	0.1 b
	Cu 0.5	17 b	7.3 b	7.8 a	1.5 a	6 b	0.95 b	0.1 b
	Cu 1	14 e	6 cd	5.6 bc	0.9cd	6 b	0.89 bc	0.09 bc

برای هر صفت میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی دار نیستند. Different letter(s) in each row indicates significant differences according to Duncan's multiple range tests at $p < 0.01$

میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت مس در تیمارهای مس (۰) گرم در لیتر تقریباً ۳ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد.

غلظت عنصر آهن

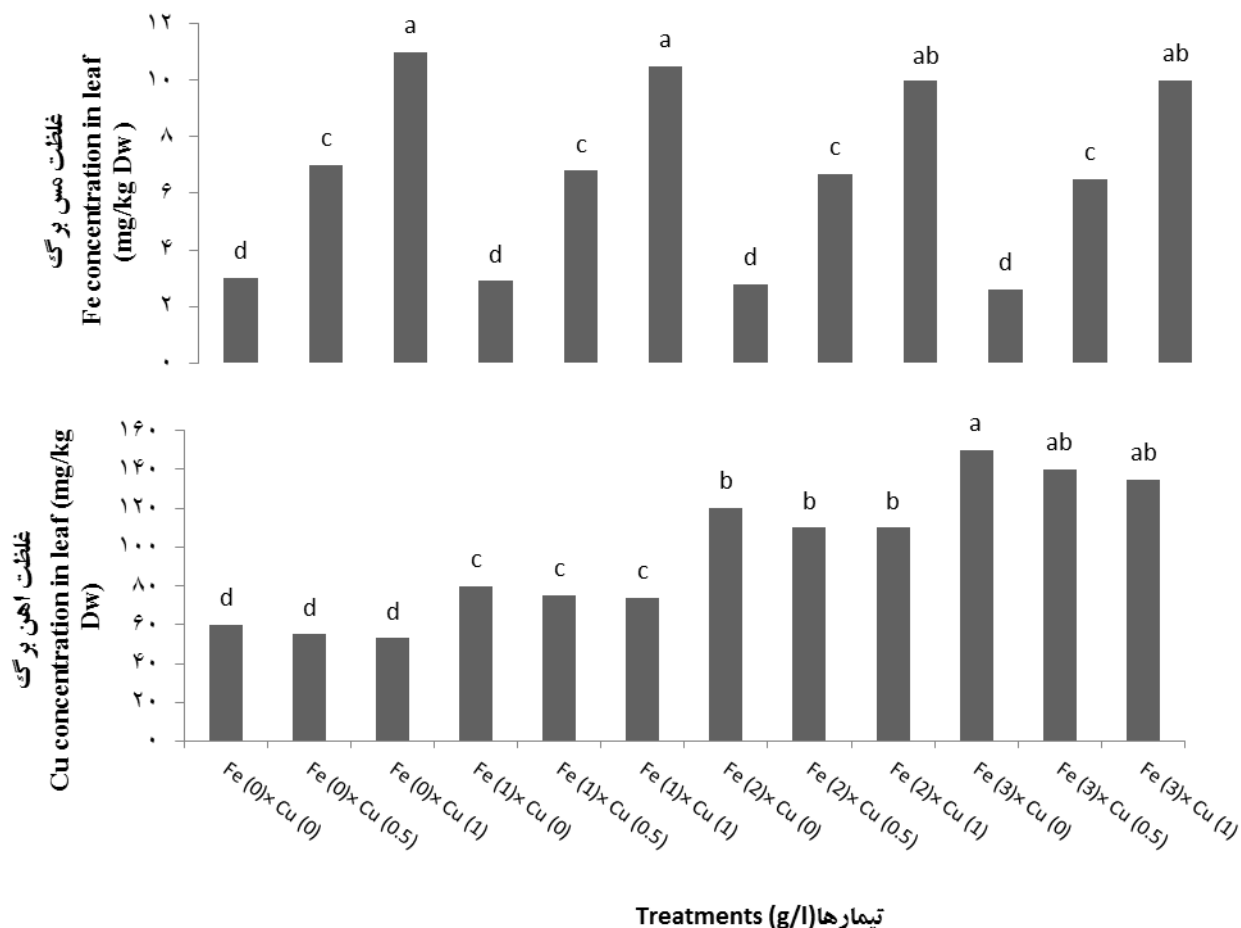
شکل ۱ نشان می‌دهد که غلظت آهن در برگ‌ها با افزایش

صفات فیزیولوژیکی غلظت عنصر مس

شکل ۱ نشان می‌دهد که غلظت مس در برگ‌ها با افزایش غلظت کود نانو مس به طور معنی‌داری افزایش یافته است. بالاترین غلظت مس برگ در تیمار آهن (۰) و مس (۱) گرم در لیتر تقریباً ۱۱

به منظور بررسی قابلیت جذب این کلات ها از برگ پس از کاربرد این نانو کلات ها میزان غلظت هریک از عناصر آهن و مس در برگ ها اندازه گیری شدند و نتایج نشان دادند که با افزایش غلظت محلولپاشی، غلظت این عناصر در برگ ها افزایش یافت.

غلظت کود نانو آهن به طور معنی داری افزایش یافته است. بالاترین غلظت آهن برگ در تیمار آهن (۳) و مس (۰) گرم در لیتر تقریباً ۱۴۸ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت مس در تیمارهای آهن (۰) گرم در لیتر تقریباً ۴۸ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شد.



شکل ۱- اثر متقابل کاربرد غلظت های متفاوت کلات های آهن و مس بر غلظت مس و آهن برگ گل نرگس رقم چونکی Jonkuil leaf

حروف لاتین متفاوت در بالای ستون ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه ای دانکن است
Columns with same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test

و تیمار آهن ۱ گرم در لیتر بدون مس باعث افزایش معنی دار کلروفیل برگ شدند. اما بین این تیمارها اختلاف معنی داری وجود نداشت. بیشترین کلروفیل در برگ ۱۳۰۰ میکرو بر میلی گرم وزن تر مربوط به تیمار آهن ۱ و ۲ گرم در لیتر به همراه مس ۰/۵ گرم در لیتر بوده و کمترین میزان کلروفیل ۷۹۰ میکرو بر میلی گرم وزن خشک که مربوط به شاهد بوده است.

مواد جامد محلول

شکل ۴ نشان می دهد که تمام تیمارها به جز تیمار های فاقد آهن به طور معنی داری میزان مواد جامد محلول را در برگ افزایش

پروتئین

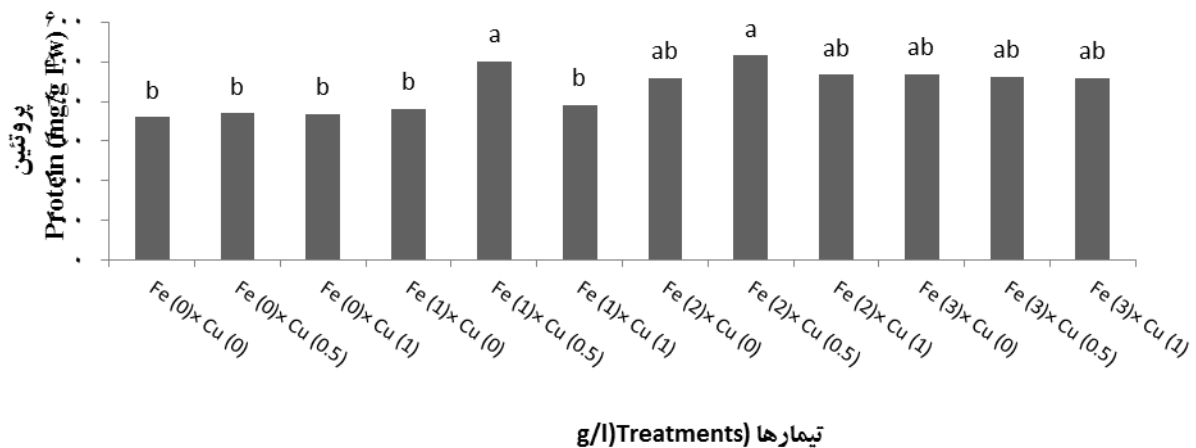
شکل ۲ نشان می دهد که همه تیمارها به جز تیمارهای فاقد آهن و تیمارهای آهن ۱ گرم در لیتر به همراه ۰ و ۱ گرم در لیتر مس باعث افزایش معنی دار پروتئین برگ شدند. بیشترین پروتئین در برگ ۵۰۰ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار آهن ۱ و ۲ گرم در لیتر به همراه مس ۰/۵ گرم در لیتر بوده و کمترین میزان پروتئین ۳۸۰ میلی گرم بر گرم که مربوط به شاهد بوده است.

کلروفیل

شکل ۳ نشان می دهد که همه تیمارها به جز تیمارهای فاقد آهن

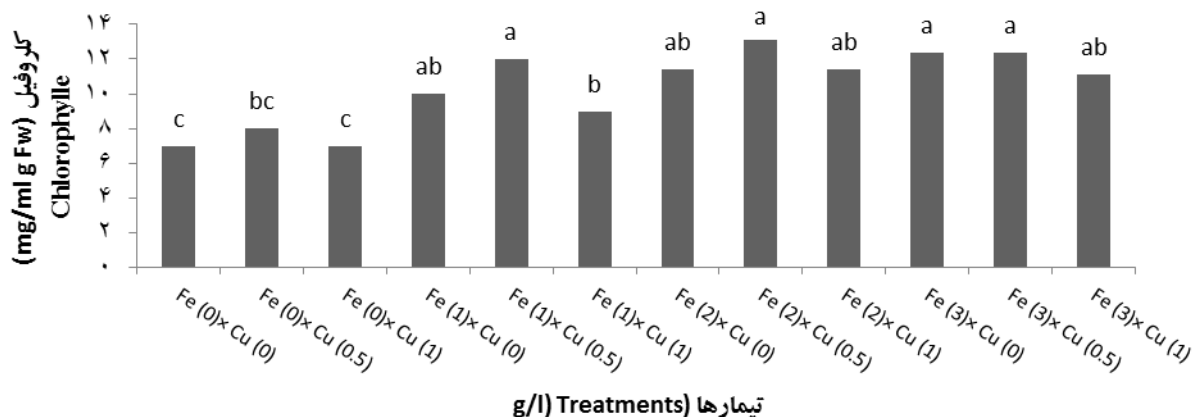
میزان این سه ترکیب کاهش یافت. نقش مهم آهن در ساخت کلروفیل و فتوسنتز انکارناپذیر است و در کمبود آهن کلروفیل به اندازه کافی ساخته نمی‌شود و کم‌رنگی یا کلروز برگ مشاهده می‌شود و کاهش کلروفیل برگ منجر به کاهش ماده‌سازی و کاهش رشد رویشی و زایشی گیاه می‌شود. همچنین پروتئین‌هایی مثل سیتو کروم و فرودکسین دارای آهن می‌باشند و سیتو کروم از ترکیبات مهم در سیستم انتقال الکترون در کلروپلاست می باشد و از طرف دیگر عنصر آهن نقش مهمی در فعال کردن آنزیم نیترات ردوکتاز دارد که باعث احیای نیترات به آمونیوم می‌شود و آمونیوم برای ساخت اسیدهای آمینه و تولید پروتئین‌ها استفاده می‌شود (۵).

دادند به طوریکه بیشترین میزان مواد جامد محلول ۱۹ و ۱۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک به ترتیب در تیمارهای آهن ۲ و ۳ گرم در لیتر به همراه مس ۰/۵ گرم در لیتر بوده که با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند و کمترین میزان مواد جامد محلول ۶ میلی‌گرم بر وزن خشک در تیمار فاقد آهن و مس ۱ گرم در لیتر مشاهده شد. این آزمایش نشان داد که فاکتورهای فیزیولوژیکی مثل میزان کلروفیل، پروتئین و قندهای محلول با کاربرد نانوکلات‌های آهن و مس در برگ‌ها افزایش یافت. با افزایش غلظت کاربرد نانو کلات آهن به ۲ گرم در لیتر، میزان کلروفیل، پروتئین و قندهای محلول به طور معنی‌داری افزایش یافت اما در کاربرد ۳ گرم در لیتر کلات آهن



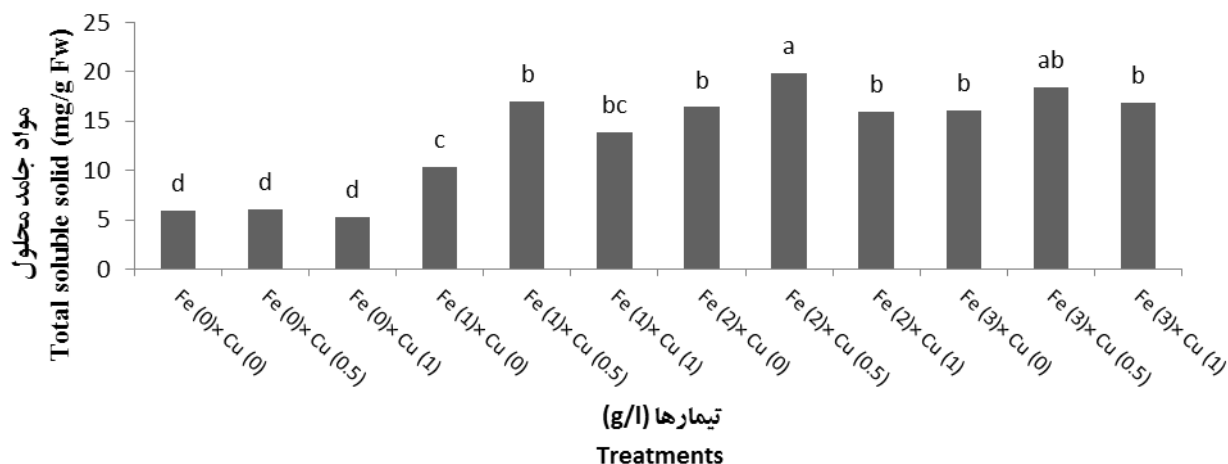
شکل ۲- اثر متقابل غلظت‌های متفاوت نانو کلات‌های آهن × مس بر غلظت پروتئین برگ گل نرگس رقم جونکی
 Figure 2- Interaction effect of different concentrations of Fe × Cu nano chelates on protein content of *Narcissus tazeta* cv. Jonkuil leaf

حروف لاتین متفاوت در بالای ستونها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن است
 Columns with same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test



شکل ۳- اثر متقابل غلظت‌های متفاوت نانو کلات‌های آهن × مس بر غلظت کلروفیل برگ گل نرگس رقم جونکی
 Figure 3- Interaction effect of different concentrations of Fe × Cu nano chelates on chlorophyll content of *Narcissus tazeta* cv. Jonkuil leaf

حروف لاتین متفاوت در بالای ستونها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن است
 Columns with same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test



شکل ۴- اثر متقابل غلظت‌های متفاوت نانو کلات‌های آهن × مس بر غلظت مواد جامد محلول برگ گل نرگس رقم جونکی
 Figure 4- Interaction effect of different concentrations of Fe × Cu nano chelates on total solid solution content of *Narcissus tazeta* cv. Jonkuil leaf

حروف لاتین متفاوت در بالای ستونها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن است
 Columns with same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test

سنترپروتئین و تنظیم اکسین‌ها در گیاه دارند (۳۰).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که جذب موثر نانو کلات‌های آهن و مس از طریق برگ گل نرگس صورت گرفته و محلولپاشی با نانو کلات‌های آهن ۲ در هزار توام با مس ۰/۵ در هزار برای بهبود رشد رویشی و زایشی این گل مخصوصاً در خاک‌های قلیایی توصیه می‌شود. البته این نکته قابل توجه است که غلظت بالای مصرف این کودها می‌تواند اثر منفی بر رشد داشته و باید در میزان مصرف دقت لازم صورت گیرد.

کاربرد مس در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کلروفیل، پروتئین و قندهای محلول افزایش داد. اما افزایش غلظت مس به ۱ گرم در لیتر به علت اثرات سمی و کاهش جذب آهن باعث کاهش معنی‌دار این ترکیبات در برگ شد. افزایش کلروفیل همچنین می‌تواند به دلیل نقش مس باشد که مقدار بسیار کم در تولید کلروفیل، پروتئین، کربوهیدرات‌ها دخالت دارد (۲۴).
 ضرورت مس برای رشد طبیعی و تولید مثل در گیاهان به میزان زیادی به سبب وجود مس به عنوان تشکیل دهنده چندین پروتئین و تعداد زیادی آنزیم می‌باشد که عملکردهای متابولیکی متفاوت اما مهم را به عهده دارند. این پروتئین‌های در برگیرنده مس نقش‌های کلیدی مثل تنفس، فتوسنتز، متابولیسم فنل، لیگنین‌سازی،

منابع

- 1-Azarpour E., Asghari J., Bozorgi H.R. and Kamalpour G. 2013. Foliar Spraying of *Ascophyllum nodosum* Extract, Methanol and Iron Fertilizers on Fresh Flower Cover yield of Saffron plant (*Crocus sativus* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5 (17): 1854-1862.
- 2-Barmen D. and Pale P. 1993. A note of effects of micronutrients on growth and yield of tuberose. Horticulture Journal, 6 (1): 69-70.
- 3-Barman D. and De L. 1997. Efficacy of split application of nitrogen on growth and yield of tuberose. Journal of Hill Research, 10 (1): 67-68.
- 4-Bradford M. N. 1979. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding. Annual Biochemistry, 72: 248-254.
- 5- Campbeel W.H. 1999. Nitrate reductase, structure, function and regulation. Annual Review Plant Physiol Plant Molecular Biology, 50: 277-303
- 6-De L.C. and Dhiman K.R. 2001. Effect of leaf manures, potassium and GA3 on growth, flowering and longevity of tuberose. Journal of Ornamental Horticulture, 4(1): 50-52.
- 7-Dole J. and Wilkins H., 1996. Floriculture (principle and species). Prentice Hall Press, USA.
- 8-Fageria N.K., Baligar V.C. and Wright R.J. 1990. Iron nutrition of plants: An overview on the chemistry and physiology of its deficiency and toxicity. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 25(4): 553-570

- 9-Jones, J.R., Wolf, J.B. and Mills, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling Preparation Analysis and Interpretation Guide. Micro Macro Publishing Inc. Athens, Georgia, USA.
- 10-Hokm Abadi H., Heideri nezhad A., Barfie R., Nazaran M., Abutalebi A. 2006. A new iron chelate introduction and effect of photosynthesis of pistachio. 27th International Horticultural Congress, Seoul. Korea, August. 13-19.
- 11-Hosseini M., Sadeghian B., Aghamiri S.A. 2004. Influence of foliar fertilization on yield of saffron (*Crocus sativus* L.): I International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology [in Persian with English Summary].
- 12-Hyrayama T. and Alensn G. M. 2000. Ethylene captures a metal. Metal ions are involved in ethylene perception and signal transduction. Plant cell physiology, 41: 548-555
- 13-Kim S. H. and Kronstad G.W. and Ellis B.E. 1996. Purification and characterization phenyl alanine ammonia lyase from *Ustilago maydis*. Phyto Chemistry, 43: 351-357.
- 14-Kumar M. and Chattopadby T.K. 2001. Effect of zinc, copper and iron fertilization on tuberose. Journal of Interacademia, (5): 180-185.
- 15-Layegh haghghi M., Hassanpour Asil M. and Abbaszadeh B. 2016. Effect of nano chelated iron on essential oil percentage and essential oil compounds of Rosa damascene Mill. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32 (1): 138-147
- 16- Lidon F. 1997. Effect of copper toxicity on growth, uptake and translocation of metal in corn plant. Plant Science, 16: 1449-1464.
- 17-Meidner, H. 1984. Class experiments in plant physiology. British Library Cataloguing in Publication Data, London:
- 18-Moraes-Cerdeira R.M., Burandt C.L., Bastos J.K., Nanayakkara D., Mikell J., Thurn J. and McChesney J.D., 1997. Evaluation of four Narcissus cultivars as potential sources for galanthamine production. Planta Medica, 63(5): 472-474.
- 19-Naderi M.R. and Danesh-Shahraki A. 2013. Nano fertilizers and their roles in sustainable agriculture. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(19): 2229-2232.
- 20-Nair R., Varghese S.H., Nair B.G. Maekawa, T. Yoshida Y. and Sakthi Kumar D. 2010. Review: Nano particulate material delivery to plants. Plant Science, 179: 154-163.
- 21-Prasad T.N.V.K.V., Sudhakar P., Sreenivasulu Y., Latha P., Munaswamy V., Raya Reddy K., Sreeprasad T.S., Sajanalal P.R. and Pradeep T. 2012. Effect of nanoscaleszink oxide on the germination, growth and yield of peanut. Journal Plant Nutrition., 35(1): 905-927.
- 22-Pandey A.C., Sanjay S.S. and Yadav R.S. 2010. Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of cicerarietinum L. J Exp Nano. 5, 488-497. metabolism of growing Spinach. Biological Trace Element Research, 110: 179-190.
- 23-Peyvandi M., Parande H. and Mirza M. 2011. Comparison of nano Fe chelate with Fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzyme activity of *Ocimum basilicum*. Biotechnology Journal, 4(2): 89-99 (In Farsi)
- 24-Raven J.A., Evans M. C.W and Corb R.E. 1999. The role of the trace metals in photosynthetic electron transport in O_2 evolving organism. Photosynthesis Research, 60: 116- 149.
- 25-Renaue B., Nebauer S.G., Sanchez M. and Molina R.V. 2012. Effect of corm size and water stress on photosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron. Industrial Crops and Products, 39: 40-46.
- 26-Rivero R.C., Rodriguez Z.R. and Romero C.E. 2003. Effect of storage condition on nutrient retention in several varieties of potatoes. Food Chemistry, 80: 445-450.
- 27-Roosta, H.R. and Mohsenian M. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. Scientia. Horticulturae, 146: 182-191.
- 28- Roosta H.R. and Pourebrahimi M. 2015. Effects of bicarbonate and different Fe sources on vegetative growth and physiological characteristics of bell pepper (*Capsicum annum* L.) plants in hydroponic system. Journal of Plant Nutrition, 38(3): 397-416.
- 29-Roosta H.A., Rzakhani D., Raghmi M.R., Esmailizadeh M. 2017. Comparison of the effect of nano Fe chelate with Fe-chelate on growth and physiological characteristics of two cultivars of pepper under alkaline conditions in soilless culture system Journal of Science & Technology Greenhouse Culture, 8 (1): 35-54
- 30-Shorrocks V.M. and Alloway B.J. 1988. Copper in plant, Animal and Human nutrition. International Copper Research Association, 99 P.
- 31-Somogy M. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry, 195:19-29.
- 32-Temprini O., Rea R., Colla G. and Rouphael Y. 2009. Evaluation of saffron production in Italy: effect of age of saffron field and plant density. Journal of food, Agriculture and Environment, (1): 19-23.
- 33-Van Assche F. and clijsters H. 1990. Effects of enzymes activity in plants. Plant cell and Environment Journal, 13: 195-206.
- 34-Yang F., Hong F.S., You W. J., Liu C., Goa F.Q., Wu C., Yang P. 2006. Influence of nano anaase TiO_2 on the nitrogen metabolism of growing Spinach. Biological Trace Element Research, 110: 179-190.
- 35-Zhu H., Han J., Xiao J.Q., Jin, Y. 2008. Uptake, translocation and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. Journal of Environmental Monitoring, 10(11): 713-717.
- 36-Zhang F. and Zuo Y. 2011. Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops Journal Plant

Soil, 339: 83-93.

37-Raven J.A., Evans M.C.W. and Korb R.E. 1999. The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O₂-evolving organisms. *Photosynthesis Research*, 60: 111-149.



Evaluation of the Effects of Fe and Cu Nano Chelates on some Morphological and Physiological Characteristics of Narcissus (*Pseudonarcissus narcissus* Cv. Jonquil)

F. Kamiab^{1*} - H. Mohamadi²

Received: 27-06-2018

Accepted: 23-06-2019

Introduction: Narcissus is one of the most important ornamental plants in the world. The deficiency of microelements is a major problem limiting the production of ornamental plants under high-pH soils in most regions of Iran. Cu and Mn are essential microelements for the growth and development of plants as they are involved in many physiological reactions. Fe is involved in the synthesis of chlorophyll and many enzymes, respiration, and nucleic acid metabolism. Cu is a cofactor for numerous enzymes and is also involved in ethylene biosynthesis and activity, respiration, photosynthesis, regulatory proteins, cell membrane metabolism, and hormone signals. The deficiency of microelements, especially Fe, influences productive and reproductive growth of ornamental plants. Thus, this experiment aimed to evaluate the uptake rate of Cu and Mn nano-chelates and their effects on some morphological and physiological Characteristics of 'jonquil' narcissus.

Materials and Methods: This study was carried out in the research garden of Agriculture Faculty of Rafsanjan University in 2015 in factorial experiment based on randomized complete block design with two factors of Fe at four levels of 0, 1, 2 and 3 (g/l) and Cu at three levels of 0, 1 and 2 (g/l) in three replications. The weight of the cultivated bulbs were about 8-10 g. They were planted in eight rows spaced 20 cm with on-row spacing of five cm at the depth of 15 cm in each plot in August. According to soil analysis, 40 tons of manure and 100 tons of urea per ha were applied. The nano fertilizer was purchased from Nano-research Biozar Company. Foliar application was done three times: 1- when the plants had three leaves, 2- before flowering and 3- after flowering at 45-day intervals. Different parameters were recorded including plant height, number of leaves, width and length of leaves, number of main bulb, main bulb weight and diameter, bulblet diameter and weight, flowering stem height and diameter, number of florets, florets diameter, fresh and dry weight of florets, flower vase life, Cu and Fe concentration, protein, chlorophyll and total soluble solids. Foliar spraying was done three times at the intervals of 45 days.

Results and Discussion: The results showed that the concentration of Cu and Fe in the leaves were enhanced with increase in the rate of each nano-chelate, implying high uptake rate of these nano-chelate by leaves in this plant. The application of Fe (2g/l) and Cu (0.5 g/l) resulted in the highest vegetative growth such as plant height, number of leaves, leaf width and length, number of main bulb, main bulb weight and diameter, and bulblet diameter and weight. High pH in experimental soil caused low absorption of micro elements in this condition. This deficiency was compensated with foliar application of nano-chelates and as a result, the Fe and Cu involved processes were improved in them. On the other hand, enhanced Fe and Cu concentrations in leaves could cause more photosynthesis and higher level of assimilation in plants. Likewise, these elements influence some enzymatic activity such as peroxidase, catalase and **cytochrome oxidase**; consequently, more vegetative growth was observed. Reproductive growth such as flowering stem height and diameter, number of florets, floret diameter and fresh and dry weight and flower vase life were improved in this experiment. The control of abiotic stress is one of the most important roles of Cu and also it is cofactor of **superoxide dismutase** that has been known as a free radical scavenger in plants that could increase quantitative and qualitative traits of flower. This treatment resulted in the highest amount of protein, chlorophyll and total soluble solids in the leaves of narcissus. Fe is one of the essential elements for chlorophyll synthesis. It also has an important role in activating nitrate reductase enzyme that uses ammonium to synthesize proteins. Cu is involved in the synthesis of proteins and enzymes that have major roles in such processes as respiration, photosynthesis, phenol metabolism, lignifications

1 -Young Researchers and Elite club, Assistant Professor, Department of horticulture, Faculty of agriculture, Rafsanjan Branch, Islamic Azad University, Rafsanjan, Iran

(*- Corresponding Author Email: f.kamiab56@gmail.com)

2 -Assistant Professor, Department of horticulture, Faculty of agriculture, Rafsanjan Branch, Islamic Azad University, Rafsanjan, Iran

and auxin regulation in plants. Thus, the results of this experiment showed that these nano-chelates were absorbed considerably by leaves of narcissus and they are suitable for foliar application. It should be noted that higher concentration of this fertilizer in this experiment has toxic effects. It is suggested that 2g/l Fe plus 0.5 g/l Cu were used to improve vegetative and reproductive growth of 'jonquil' narcissus, especially in high-pH soils.

Keywords: Alkaline soil, Bulb, Bulblet, Micro element, Vase life