

The role of nano-iron chelate concentration and application time on some morpho-physiological characteristics of Damascene Rose (*Rosa damascena*)

Abstract

In order to investigate the effect of nano-iron chelate and the time of application of this element on some morphological and physiological characteristics of *Rosa damascena*, genotype A104, a factorial experiment with a randomized complete block design was conducted in a two-year-old rose damascene farm. The first factor was different concentrations of nano-iron chelate (0, 0.5, 1, 1.5 and 2 g/l) and the second factor was application time of nano-iron chelate (0, 10 and 20 days after the beginning of the growth of plants in the growing season) with three replications. According to the results of this research, all the morphological and physiological characteristics improved with the increase of nano-iron chelate concentration. The maximum leaf width and wet and dry weight of leaves were observed at the concentration of 1.5 g/l of iron on the 20th day of spraying. The highest increase in the height of the flowering stem was related to the 20th day spraying with a concentration of 2 g/l of iron. The highest number of flowers was recorded in nano-iron chelate 1.5 g/l on the 20th day, which was not significantly different from the concentration of 2 g/l on the 20th day of spraying. The content of anthocyanin increased with the increase of iron concentration up to 1.5 g/l and decreased at the concentration of 2 g/l. A significant increase in the carotenoid content of plants treated with nano-iron chelate was observed on all days of foliage application compared to control plants. The highest concentration of iron, nitrogen, magnesium, phosphorus and potassium elements in leaves was recorded on the 20th day of the experiment in plants sprayed with 2 g/l of nano-iron chelate. According to the results of the research, foliar spraying of plants twenty days after the start of seasonal growth with 1.5 g/l of nano iron chelate is recommended to improve the morphophysiological characteristics of rose.

Key words: Anthocyanin, Chlorophyll, Flowering, Iron deficiency, Micronutrient

نقش غلظت و زمان محلول پاشی نانو کلات آهن بر برخی صفات مورفو- فیزیولوژیکی گل محمدی (*Rosa damascena*)

چکیده

به منظور بررسی اثر نانو کلات آهن و زمان محلول پاشی این عنصر بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل محمدی (*Rosa damascena*) ژنوتیپ A104، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه‌ای در روستای پچت شهرستان بهشهر با گیاهان دو ساله گل محمدی انجام گرفت. فاکتور اول غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن (عدم کاربرد، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در لیتر) و فاکتور دوم زمان کاربرد (۱، ۱۰ و ۲۰ روز پس از آغاز رشد جوانه‌ها در فصل رشد) با سه تکرار بود. طبق نتایج حاصل از پژوهش بیشتر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی با افزایش غلظت نانو کلات آهن بهبود یافتند. بیشترین عرض برگ و وزن تر و خشک برگ در غلظت ۱/۵ گرم در لیتر آهن در روز بیستم محلول پاشی مشاهده شد. بیشترین افزایش ارتفاع ساقه گل‌دهنده مربوط به محلول پاشی‌های روز بیستم بوته‌ها با غلظت ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن بود. بیشترین تعداد گل ظاهر شده در هر بوته در گیاهان تیمار شده با نانو کلات آهن ۱/۵ گرم در لیتر و در روز بیستم ثبت شد که با غلظت ۲ گرم در لیتر در روز بیستم محلول پاشی تفاوت معنی‌داری نداشت. محتوای آنتوسیانین گلبرگ با افزایش غلظت نانو کلات آهن تا ۱/۵ گرم در لیتر افزایش و در غلظت ۲ گرم در لیتر کاهش نشان داد. در نتایج بررسی کارتنوئید افزایش معناداری در محتوای کارتنوئید گیاهان تیمار شده با نانو کلات آهن در غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر در تمامی روزهای محلول- پاشی نسبت به گیاهان شاهد مشاهده شد. غلظت عناصر آهن، نیتروژن، منیزیم، فسفر و پتاسیم برگ با افزایش غلظت نانو کلات آهن افزایش نشان داد و

بیشترین مقدار این عناصر در روز بیستم محلول‌پاشی با ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن ثبت شد. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش محلول‌پاشی گیاهان بیست روز بعد از شروع رشد، با نانو کلات آهن در غلظت ۱/۵ گرم در لیتر به منظور بهبود خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گل محمدی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: آنتوسیانین، ریز مغذی، گلدهی، کمبود آهن، کلروفیل

مقدمه

گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) متعلق به خانواده Rosaceae می‌باشد. این خانواده در حدود ۱۵۰ جنس و ۱۴۰۰ گونه دارد. سابقه کشت آن در بسیاری از کشورها از جمله ایران، آمریکا، انگلستان، بلغارستان، ترکیه، ژاپن و هند گزارش شده است. گلاب حاصل از این گیاه باعث تقویت سیستم عصبی شده و خاصیت آرام‌بخش و ضد استرس دارد همچنین برای رفع بی‌خوابی و کاهش خستگی، بهبود آفت دهان، تقویت معده و ... موثر است (Poor cheraghi et al., 2020). درختچه‌ای با عمر نسبتاً طولانی که در بیشتر اراضی کوهستانی و کوهپایه‌ای کشور قابلیت و شرایط لازم برای کاشت و پرورش را دارد (Khaleghi & Khadivi, 2020). حدود ۲۵۰ هزار هکتار از اراضی کشور زیر کشت گل محمدی است. در استان مازندران سطح زیر کشت گیاهان دارویی ۱۲۰۰ هکتار است که در حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ هکتار از آن مربوط به گل محمدی می‌باشد (Khaleghi & Khadivi, 2020). در سال ۱۴۰۲ حدود ۵۱۹ تن گلبرگ و غنچه و یک میلیون ۸۵۲ تن گلاب این گیاه به کشورهای همسایه صادر شده است.

خشکی و کمبود عناصر غذایی بخصوص عناصر ریزمغذی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد و کاهش کیفیت اسانس گل محمدی است. در طی سال‌های اخیر افزایش مساحت خاک‌های قلیائی و آهکی در ایران سبب شده است تا این گیاه بیشتر تحت تاثیر کمبود عناصر ریزمغذی قرار گیرد. شناسایی ژنوتیپ‌های پربازده گل محمدی در کنار تغذیه گیاه در زمان‌های مناسب و بررسی تاثیر این عناصر بر روی بهبود صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل، در دهه‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران در سرتاسر جهان بوده است (Labban & Thallaj, 2020; Darvishpour et al., 2018). در شرایط کشت در مزرعه که عوامل مختلف زیستی و غیر زیستی در جذب عناصر غذایی تاثیرگذار می‌باشند، محلول‌پاشی عناصر غذایی بسیار حائز اهمیت است. با محلول‌پاشی مواد غذایی، این عناصر به اشکال یونی قابل جذب برای گیاه، به‌طور مستقیم از طریق روزه‌ها وارد گیاه می‌شود (Ayyoubi et al., 2023).

در بین ریزمغذی‌های مختلف، گیاهان بیشترین نیاز را به عنصر آهن دارند. این عنصر در فعالیت‌های متابولیکی از قبیل تولید رنگدانه، توسعه کلروپلاست و تثبیت نیتروژن نقش مهمی ایفا می‌کند (Cakmak et al., 2023). گزارش‌ها نشان می‌دهد کمبود عنصر آهن قابل دسترس، منجر به اختلال در رشد رویشی و گلدهی گل محمدی می‌گردد. در کمبود این عنصر کاهش اندازه گل، طول و عرض گلبرگ، تعداد گلبرگ، و عملکرد گل اتفاق می‌افتد (Cakmak et al., 2023). عواملی همچون مصرف زیاد فسفر و آهک، درجه حرارت کم یا زیاد، مقدار زیاد نیتروژن به صورت نترات، مقدار زیاد فلزات سنگین، تهویه ضعیف خاک، نسبت‌های کاتیونی نامتوازن و آلودگی ریشه به نماتدها در کاهش میزان عنصر آهن در خاک موثر هستند. عدم تعادل این عنصر در خاک، باعث کلروز در گیاه می‌شود که به دلیل کمبود کلروفیل، فواصل بین رگبرگ‌ها زرد خواهد شد (Fageria et al., 1990). تیمار گل محمدی با اشکال مختلف عنصر آهن بخصوص فرم‌های کلاته و نانوکلات‌ها منجر به افزایش معناداری در بهبود شاخص‌های کمی و کیفی گل‌های این گیاه می‌شود (Samadiyan-Sarbangholi et al., 2014).

تحقیقات نشان داده است که اعمال راهکارهای مدیریتی مناسب از جمله زمان مناسب تغذیه و کاربرد اشکال نانو و کلاته آهن می‌تواند علاوه بر افزایش کمی و کیفی گل محمدی، میزان ترکیبات فنولی را بهبود بخشد (Ali et al., 2023). کمبود آهن در ۳۰٪ از خاک‌های قابل کشت در جهان گزارش شده و همچنین در خاک‌های آهکی کمبود آهن یک مشکل اساسی به حساب می‌آید (Dayani et al., 2024). در خاک‌های منطقه مازندران نیز به دلیل بالا بودن میزان اسدیته، انحلال‌پذیری و شستشوی آهن در خاک بالا بوده و مشکل جدی در جذب آهن از خاک وجود دارد.

در طی سال‌های اخیر کشت و کار گل محمدی در استان مازندران افزایش پیدا کرده است. در بیشتر مزارع زیر کشت این گیاه، کمبود عناصر ریز مغذی از جمله آهن مشاهده می‌شود. این گیاهان رشد رویشی و عملکرد پایینی داشته و نسبت به آفات و بیماری حساس‌تر می‌باشند. انتخاب غلظت و زمان مناسب استفاده از کود آهن می‌تواند در کاهش کمبود این عنصر موثر باشد. لذا هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش غلظت‌های مختلف نانو کلات آهن و زمان محلول‌پاشی این عنصر، بر بهبود برخی صفات مورفو فیزیولوژیکی گل محمدی ژنوتیپ A104 بود.

پیشینه پژوهش

در پژوهشی روی گل محمدی محلول‌پاشی کلات آهن به میزان چهار گرم در بوته و سه بار دوره محلول‌پاشی بیشترین تاثیر را در افزایش اسانس داشت (Layeghhaghghi et al., 2016). نتیجه بررسی تاثیر آهن بر کارایی و عملکرد فتوشیمیایی سیستم فتوسنتزی دو، در گل رز نشان داد که با افزایش غلظت آهن از ۱/۵ به ۲۴ میکرومولار کارایی این سیستم افزایش داشته و بین غلظت آهن موجود در برگ با شاخص میزان سبزینه برگ و کارایی فتوشیمیایی سیستم فتوسنتز همبستگی معنی‌داری وجود دارد (Kiani, 2012). در گزارشی بیان شد گیاهان تیمارنشده با ریزمغذی‌ها بویژه نانو کلات‌های آهن، روی، بر و منگنز در مقایسه با گیاهان تیمار شده، گل‌هایی با کیفیت پایین تولید می‌کنند. همچنین پژوهشگران گزارش کردند استفاده از ریزمغذی‌ها قابلیت بهبود عملکرد کمی و کیفی اسانس از جمله سیترونلول و هنی‌کوزان را دارا می‌باشند (Layeghhaghghi et al., 2020: Ovais et al., 2016). در پژوهشی روی گیاه زعفران مشخص شد برهمکنش غلظت آهن و زمان کاربرد آن، بر تمامی صفات از جمله میزان کلروفیل، کارتنوئیدهای محلول، میزان قند محلول، پرولین گیاه و مقدار آب اشباع تاثیر معناداری دارد (Koocheki & Seyyedi, 2016).

کاربرد نانو کلات آهن به صورت محلول‌پاشی با غلظت دو میلی‌گرم در لیتر در شرایط متفاوت آبی در بیشتر ژنوتیپ‌های گیاه بابونه در بهبود عملکرد و سیستم فتوسنتزی موثر بوده است (Salehi et al., 2022). محلول‌پاشی آمینو پتاس ۲۰٪ و سولفات آهن ۳۰٪ در غلظت سه در هزار باعث افزایش معنی‌داری در سطح برگ، طول و قطر غنچه گل، طول ساقه گل‌دهنده، وزن تر و خشک گیاه و در نهایت بهبود کیفیت گل‌های شاخه بریده رز شده است (Min et al., 2017).

اگر چه وجود آهن در خاک از نظر رشد برای گیاهان ضروری است، اما بیش‌بود این عنصر نیز ممکن است به ایجاد اکسیژن فعال و در نهایت تنش اکسیداتیو منجر شود. با افزایش رادیکال‌های آزاد و تنش اکسیداتیو، بازدارندگی رشد و علائم مسمومیت در گیاه بوجود می‌آید (El-Gioushy et al., 2021). به همین دلیل تعیین غلظت مناسب عناصر غذایی از جمله آهن برای رشد گیاه از اهمیت بالایی برخوردار است. علاوه بر میزان غلظت آهن، زمان مناسب استفاده نیز در گیاه بسیار مورد اهمیت است چرا که تاریخ مصرف کود و بازه زمانی تیمارها به خصوص بعد از شروع به رشد بعد از دوره استراحت گل محمدی، می‌تواند یکی از دلایل مهم عدم تاثیر کافی عنصر آهن بر گیاه باشد. در یک بررسی کاربرد ۱۲ گرم کود آهن به فرم کلات شده در هر بوته به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد را نسبت به سایر کودهای آهن افزایش داد (Abbaszadeh, 2016). در پژوهشی محلول‌پاشی کلات آهن (چهار گرم کود در دو لیتر آب با دو بار محلول‌پاشی بر بوته) باعث افزایش عملکرد و بیشترین درصد اسانس گل محمدی گردید (Samadian et al., 2014).

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۲ به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای با گیاهان دو ساله گل‌محمدی (ژنوتیپ A104) در روستای پچت، بخش یانه سر، شهرستان بهشهر استان مازندران در موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی و ۵۳ درجه شرقی در ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. مشخصات خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است.

فاکتور اول محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف نانوکلات آهن (عدم کاربرد، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در لیتر) و فاکتور دوم زمان محلول‌پاشی نانوکلات آهن در بازه‌های زمانی ۱، ۱۰ و ۲۰ روز بعد از اولین نشانه‌های جوانه‌زنی برگ در گیاه بود. در زمان محلول‌پاشی روز یکم (پنج فروردین) جوانه‌زنی بوته‌ها شروع نشده بود. روز دهم (۱۵ فروردین) محلول‌پاشی، همراه با شروع جوانه زنی بوته‌ها بود و در روز بیستم (بیست فروردین)، برگ‌ها در حال توسعه بودند. کود نانوکلات آهن با نام تجاری خضرا از شرکت احرار شرق (دارای ۹٪ وزنی آهن و ۴٪ وزنی سایر عناصر ریزمغذی) تهیه شد. در هر کرت آزمایش ۱۵ پایه دو ساله گل‌محمدی وجود داشت. جهت یکنواخت شدن بوته‌ها، هرس قبل از جوانه‌زنی درختچه‌ها صورت گرفت. محلول‌پاشی با نانو کو آهن در سه مرحله و با فواصل ۱۰ و ۲۰ روز انجام گرفت و از آب مقطر به عنوان شاهد استفاده شد. نانو کلات آهن در غلظت‌های مورد نظر در آب حل شد و به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر روی بوته‌ها اسپری گردید تا کل بوته را پوشش دهد. محلول‌پاشی در صبح صورت می‌گرفت.

یک هفته پس از آخرین محلول‌پاشی برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری شاخص عرض برگ، ۵۰ برگ از هر بوته و برای اندازه‌گیری میانگین قطر نهج و قطر گل، از پنج گل کاملاً باز شده انتهایی شاخه اصلی نمونه برداری صورت گرفت.

برای اندازه‌گیری وزن تر برگ ۵۰ برگ از هر بوته به صورت تصادفی انتخاب و میانگین وزن تر برگ‌ها در ۳ تکرار با ترازوی حساس دیجیتالی ثبت شد. برای تعیین وزن خشک برگ، ابتدا نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۴۸ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با ترازو توزین انجام شد. برای تعیین محتوای نسبی آب برگ ابتدا ۳ گرم برگ در آب مقطر غوطه‌ور شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری و سپس وزن شدند. نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفته و مجدداً توزین شدند (Smart & Bingham, 1974). برای اندازه‌گیری آنتوسیانین ابتدا یک گرم از بافت گلبرگ در ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (۹۹ میلی‌لیتر متانول و یک میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک) در هاون کوبیده شد. عصاره به دست آمده به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد. سپس در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه و دور ۴۰۰۰ قرار گرفتند. نمونه‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-1800 pc) در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت شدند (Strack & Wray, 1989). برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل از یک برگ بزرگ با دستگاه پانچ، شش دیسک به قطر شش میلی متری تهیه شد. روی نمونه‌ها ۸ میلی‌لیتر متانول ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در نهایت جذب عصاره با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۵۲ و ۶۶۵ نانومتر قرائت شد (Lichtentaller & Welburn, 1983). برای اندازه‌گیری فنل کل ۰/۲۵ گرم نمونه برگ در یک میلی-لیتر متانول ۸۰٪ کوبیده شدند عصاره‌ها به مدت ۴۸ ساعت روی شیکر قرار گرفتند سپس به مدت چهار دقیقه سانتریفیوژ انجام گرفت. به ۲۰ میکرومول از عصاره‌ها ۱۰۰ میکرومول فولین و ۱۱۶۰ میکرومول آب مقطر اضافه شد و به مدت ۵ دقیقه استراحت داده شدند. سپس ۳۰۰ میکرومول سدیم کربنات به عصاره اضافه شد و نیم ساعت در حمام بخار قرار گرفتند. در نهایت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، قرائت نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانو متر انجام شد (Ainsworth & Gillespie, 2007). به منظور اندازه‌گیری برخی از عناصر موجود در برگ، ۵۰ نمونه برگ از هر تیمار تهیه شد و پس از شستشوی نمونه‌ها، محتوای نیتروژن کل طبق روش (Gallaher et al., 1976) بررسی شد. ۰/۳ گرم از نمونه خشک آسیاب شده در لوله هضم ریخته شد و کاتالیزور به میزان ۱/۱ گرم و سولفوریک اسید غلیظ (۵ میلی‌لیتر) اضافه شد. نمونه‌ها به مدت دو ساعت در دستگاه هضم قرار گرفتند و در نهایت با دستگاه کج‌لادل درصد

نیترژن قرائت شد. عنصر پتاسیم برگ طبق روش (Cox et al., 1999) به وسیله شعله‌سنجی و دستگاه فلیم فتومتر تعیین شد. برای اندازه‌گیری فسفر برگ به نیم میلی‌لیتر عصاره هضم، آسکوربیک اسید و پتاسیم آنتی مولی تارتارات اضافه شد و در نهایت میزان فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۶۶۰ نانومتر قرائت شد (Karp et al., 2012). میزان آهن برگ با روش (Katyal & Sharma (1980 و غلظت عنصر منیزیم برگ با روش (Black et al., (2008 اندازه‌گیری شد. ارزیابی آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS; Ver 20 و آزمون مقایسه میانگین توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیوشیمیایی نمونه خاک استفاده شده در آزمایش

بافت خاک	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	ماده آلی (درصد)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	سدیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)
لومی شنی	۵۹	۲۹	۱۱	۵/۴۱	۷/۸۴	۱/۷۳	۴۴۰	۱۶۳	۴/۰۳

یافته‌های پژوهش

صفات مورفولوژیکی

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده و برهمکنش غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن، بر صفات عرض برگ، وزن تر و خشک برگ، طول گل، طول گل آذین و قطر ساقه گلدهنده معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش غلظت آهن از صفر تا ۱/۵ گرم بر لیتر افزایش معناداری در عرض برگ، وزن تر و خشک برگ و طول گل آذین مشاهده شد. بیشترین عدد مربوط به این صفات در تیمار نانو کلات آهن در غلظت ۱/۵ گرم در لیتر در روز بیستم محلول‌پاشی بود (جدول ۳). بطوریکه عرض برگ، طول ساقه گلدهنده در گیاهان تیمار شده با ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن در روز بیستم در مقایسه با عدم کاربرد آهن در روز اول، به ترتیب ۲۵٪ و ۲۷٪ افزایش نشان داد. طول گل آذین در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر آهن در روز بیستم با غلظت ۲ گرم در لیتر آهن در روز بیستم تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین افزایش ارتفاع ساقه گلدهنده مربوط به محلول‌پاشی‌های روز بیستم بوته‌ها با غلظت ۲ گرم در لیتر آهن بود که با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر در روز بیستم تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر برخی صفات مورفولوژیکی در گل محمدی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عرض برگ	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	طول گل	طول گل آذین	قطر ساقه گلدهنده
غلظت (A)	۲	۱/۵۸**	۵/۷۵*	۲/۳۱**	۱۱/۴۱**	۱۸/۳۳**	۰/۰۶*

زمان (B)	۴	۰/۲۹**	۰/۳۲**	۰/۲۸*	۰/۶۵**	۹/۵۷**	۰/۰۳**
A*B	۸	۰/۱۳**	۰/۱۲**	۰/۱۰**	۰/۲۲**	۱/۳۲**	۰/۰۱۴**
خطا		۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۴
ضریب تغییرات (%)		۱/۵۹	۱/۸۴	۱/۸۷	۱/۸۴	۳/۷۰	۱/۶۷

ns و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر برخی صفات مورفولوژیکی در گل محمدی

آهن (گرم در لیتر)	روز محلول - پاشی	عرض برگ (سانتی متر)	وزن تر برگ (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	طول گل (سانتی متر)	طول گل آذین (سانتی متر)	قطر ساقه گلدهنده (سانتی متر)
عدم کاربرد	روز اول	۱/۸۰ ^e	۴/۳۵ ^j	۲/۷۰ ⁱ	۶/۸۰ ^j	۱۲/۱۳ ^{ef}	۰/۳۵ ^{de}
	۱۰	۱/۷۰ ^f	۴/۲۰ ^l	۲/۶۰ ^j	۶/۶۰ ^k	۱۱/۲۵ ^f	۰/۳۰ ^{ef}
	۲۰	۱/۸۰ ^e	۴/۰۰ ^m	۲/۴۰ ^k	۶/۴۰ ^l	۱۱/۷۷ ^{ef}	۰/۲۳ ^f
۰/۵	روز اول	۱/۶۷ ^f	۴/۳۰ ^k	۲/۶۰ ^j	۷/۵۰ ⁱ	۱۲/۲۰ ^{ef}	۰/۲۷ ^{ef}
	۱۰	۱/۸۰ ^e	۴/۶۰ ⁱ	۲/۸۰ ^h	۸/۰۰ ^h	۱۲/۶۰ ^{def}	۰/۳۰ ^{ef}
	۲۰	۲/۰۰ ^d	۴/۸۰ ^h	۳/۰۰ ^g	۸/۳۰ ^f	۱۳/۲۰ ^{cde}	۰/۴۰ ^{cd}
۱	روز اول	۱/۸۰ ^e	۵/۰۰ ^g	۲/۸۰ ^h	۸/۱۰ ^g	۱۲/۵۰ ^{def}	۰/۳۰ ^{ef}
	۱۰	۲/۰۰ ^d	۵/۲۰ ^f	۳/۱۰ ^f	۸/۳۰ ^f	۱۳/۰۰ ^{cde}	۰/۳۵ ^{de}
	۲۰	۲/۲۰ ^c	۵/۴۰ ^e	۳/۳۰ ^e	۸/۷۰ ^d	۱۴/۰۰ ^{bcd}	۰/۴۵ ^{bc}
۱/۵	روز اول	۲/۱۵ ^c	۵/۶۰ ^c	۳/۵۰ ^c	۹/۰۰ ^c	۱۴/۰۰ ^{bcd}	۰/۴۰ ^{cd}
	۱۰	۲/۳۰ ^b	۵/۸۰ ^b	۳/۶۰ ^b	۹/۱۰ ^b	۱۴/۴۰ ^{bc}	۰/۴۰ ^{cd}
	۲۰	۲/۴۰ ^a	۶/۰۳ ^a	۳/۸۰ ^a	۹/۳۰ ^a	۱۶/۴۳ ^a	۰/۵۰ ^{ab}
۲	روز اول	۲/۰۵ ^d	۵/۵۰ ^d	۳/۳۰ ^e	۸/۵۰ ^e	۱۳/۰۰ ^{cde}	۰/۴۵ ^{bc}
	۱۰	۲/۱۵ ^c	۵/۶۰ ^c	۳/۴۰ ^d	۸/۷۰ ^d	۱۴/۰۰ ^{bcd}	۰/۵۰ ^{bc}
	۲۰	۲/۳۰ ^b	۵/۸۰ ^b	۳/۶۰ ^b	۹/۰۰ ^c	۱۵/۰۰ ^{ab}	۰/۵۰ ^a

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری با همدیگر در سطح احتمال یک درصد آزمون توکی ندارند.

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر برخی صفات مورفولوژیکی در گل محمدی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد گل در بوته	تعداد گلبرگ	طول نهج خشک گل در بوته	وزن تر گل در بوته
غلظت (A)	۲	۵۴۱/۸۱*	۲۴/۰۱*	۱/۷۲**	۱۸/۳۳**
زمان (B)	۴	۵/۵۵**	۲۶/۷۱**	۱۷/۲۹**	۹/۵۷**
A*B	۸	۴/۵۹**	۱۲/۹۲**	۰/۴۲**	۰/۰۰۲**
خطا		۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۰۰۸۲
ضریب تغییرات (%)		۴/۲۱	۲/۸۴	۱/۹۱	۳/۲۲

ns و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر برخی صفات مورفولوژیکی در گل محمدی

غلظت آهن (گرم در لیتر)	روز محلول پاشی	تعداد گل در بوته	تعداد گلبرگ	طول نهج (سانتی متر)	وزن خشک گل در بوته (گرم)	وزن تر گل در بوته (گرم)
عدم کاربرد	روز اول	۹/۰۰ ^h	۳۴/۲۵ ^h	۰/۴۲ ⁱ	۹/۹۰ ^g	۱۳/۸۰ ⁱ
	۱۰	۷/۲۵ ⁱ	۲۲/۵۰ ⁱ	۰/۵۰۰ ^{hi}	۱۱/۰۰۰ ^g	۱۴/۳۰ ^{hi}
	۲۰	۶/۲۵ ^j	۲۰/۲۵ ^j	۰/۵۵ ^{gh}	۹/۳۷ ^g	۱۵/۸۵ ^{ef}
	روز اول	۸/۰۰ ⁱ	۲۶/۰۰ ^g	۰/۵۰ ^{hi}	۱۱/۰۰ ^f	۱۳/۸۰ ⁱ
	۱۰	۹/۰۰ ^h	۲۸/۰۰ ^f	۰/۶۰ ^{fgh}	۱۱/۳۰ ^{ef}	۱۴/۳۰ ^{hi}
	۲۰	۱۰/۰۰ ^g	۳۰/۷۵ ^d	۰/۶۵ ^{efg}	۱۱/۸۰ ^{de}	۱۵/۸۵ ^{ef}
۰/۵	روز اول	۱۰/۲۵ ^{fg}	۲۹/۰۰ ^{ef}	۰/۶۰ ^{f-h}	۱۱/۱۷ ^{ef}	۱۴/۸۰ ^{gh}
	۱۰	۱۱/۲۵ ^{de}	۳۰/۰۰ ^{de}	۰/۶۷ ^{d-f}	۱۱/۸۰ ^{de}	۱۵/۳۰ ^{fg}
	۲۰	۱۲/۰۰ ^{cd}	۳۲/۰۰ ^c	۰/۷۵ ^{de}	۱۲/۳۰ ^{bcd}	۱۶/۸۵ ^{cd}
	روز اول	۱۱/۵۰ ^{de}	۳۲/۰۰ ^c	۰/۷۷ ^{cd}	۱۲/۳۰ ^{bcd}	۱۶/۳۰ ^{de}
	۱۰	۱۲/۵۰ ^{bc}	۳۳/۷۵ ^b	۰/۸۷ ^{bc}	۱۲/۵۷ ^{abc}	۱۷/۰۵ ^{bc}
	۲۰	۱۳/۷۰ ^a	۳۶/۰۰ ^a	۱/۰۰ ^a	۱۳/۰۰ ^a	۱۸/۴۵ ^a
۱/۵	روز اول	۱۱/۰۰ ^{ef}	۳۰/۰۰ ^{de}	۰/۶۵ ^{efg}	۱۲/۰۰ ^{cd}	۱۶/۸۰ ^{ef}
	۱۰	۱۲/۰۰ ^{cd}	۳۲/۰۰ ^c	۰/۷۵ ^{de}	۱۲/۲۰ ^{bed}	۱۶/۳۰ ^{de}
	۲۰	۱۳/۰۰ ^{ab}	۳۴/۰۰ ^b	۰/۹۰ ^{ab}	۱۲/۷۷ ^{ab}	۱۷/۶۰ ^b
۲	روز اول	۱۱/۰۰ ^{ef}	۳۰/۰۰ ^{de}	۰/۶۵ ^{efg}	۱۲/۰۰ ^{cd}	۱۶/۸۰ ^{ef}
	۱۰	۱۲/۰۰ ^{cd}	۳۲/۰۰ ^c	۰/۷۵ ^{de}	۱۲/۲۰ ^{bed}	۱۶/۳۰ ^{de}
	۲۰	۱۳/۰۰ ^{ab}	۳۴/۰۰ ^b	۰/۹۰ ^{ab}	۱۲/۷۷ ^{ab}	۱۷/۶۰ ^b

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری با همدیگر در سطح احتمال یک درصد آزمون توکی ندارند.

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر ساده و برهمکنش غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر تعداد گل و گلبرگ، طول نهج و وزن تر و خشک گلبرگ معنی دار بود. بیشترین تعداد گل ظاهر شده در هر بوته مربوط به محلول پاشی در روز بیستم با تیمار نانو کلات آهن در غلظت ۱/۵ گرم در لیتر بود که تفاوت معنی داری با غلظت ۲ گرم در لیتر در روز بیستم محلول پاشی نداشت (جدول ۵). افزایش ۳۴ درصدی در تعداد گل در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن در روز بیستم در مقایسه با عدم کاربرد تیمار کودی در روز اول مشاهده شد. همچنین در همه غلظت‌های نانو کلات آهن افزایش تعداد گل از روز اول تا روز بیستم ثبت شد. تعداد گلبرگ نیز روند مشابهی با تعداد گل در بوته نشان داد بطوریکه در روز بیستم محلول پاشی در تمامی غلظت‌های نانو کلات آهن، افزایش در تعداد گلبرگ مشاهده شد. افزایش ۳۳ درصدی در گیاهان تیمار شده با ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن در مقایسه با عدم کاربرد این تیمار در روز اول ثبت شد (جدول ۵).

بیشترین طول نهج مربوط به تیمار ۱/۵ گرم بر لیتر نانو کلات آهن در روز بیستم محلول پاشی بود که با غلظت ۲ گرم در لیتر در روز بیستم تفاوت معنی داری نشان نداد (جدول ۵). کمترین طول نهج مربوط به عدم کاربرد آن در روز اول بود. طول نهج در محلول پاشی آهن از روز اول تا روز بیستم روند افزایشی نشان داد.

مطابق با نتایج به دست آمده افزایش معناداری در وزن تر و خشک گل با افزایش غلظت نانو کلات آهن تا ۱/۵ گرم در لیتر مشاهده شد. در روز بیستم محلول پاشی گیاهان تیمار شده با ۱/۵ و ۲ گرم در لیتر آهن دارای بیشترین وزن تر بودند. وزن تر و خشک

گل در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن در روز بیستم محلول پاشی به ترتیب ۲۵ و ۲۳ درصد افزایش در مقایسه با عدم کاربرد آهن در روز اول نشان داد (جدول ۵).

صفات فیزیولوژیکی

اثر ساده و برهمکنش غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر محتوای آنتوسیانین، کارتنوئید، کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و فنل کل معنی دار بود (جدول ۶). محتوای آنتوسیانین با افزایش غلظت آهن تا ۱/۵ گرم در لیتر افزایش و در غلظت ۲ گرم در لیتر کاهش نشان داد. محتوای آنتوسیانین در روز بیستم آزمایش در گیاهان تیمار شده با ۱/۵ گرم در لیتر در حداکثر بود. همچنین با افزایش زمان محلول پاشی از روز اول تا روز بیستم، میزان آنتوسیانین در تمامی غلظت های نانو کلات آهن افزایشی بود (جدول ۷). در نتایج بررسی کارتنوئید افزایش معناداری در محتوای کارتنوئید گیاهان تیمار شده با نانوکلات آهن در غلظت های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر از روز اول تا بیستم محلول پاشی نسبت به گیاهان شاهد مشاهده شد. بیشترین محتوای کارتنوئید در هر سه دوره محلول-پاشی مربوط به غلظت ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن بود (جدول ۷). میزان کارتنوئید در روز بیستم در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن ۳۸ درصد در مقایسه با عدم کاربرد این تیمار در روز بیستم افزایش نشان داد.

محتوای کلروفیل کل در روز بیستم محلول پاشی در ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن، در حداکثر بود با این حال تفاوت معناداری با غلظت ۲ گرم در لیتر در روز بیستم محلول پاشی و ۱/۵ گرم در لیتر در روز دهم محلول پاشی نداشت. کمترین کلروفیل در روز بیستم محلول پاشی و در گیاهان تیمار نشده با نانو کلات آهن ثبت شد (جدول ۷). افزایش ۲۸ درصدی در محتوای کلروفیل برگ گیاهان تیمار شده با نانو کلات آهن در روز بیستم محلول پاشی، در مقایسه با عدم کاربرد این تیمار در محلول پاشی روز بیستم مشاهده شد.

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر برخی صفات فیزیولوژیکی در گل محمدی

منابع تغییرات	درجه آزادی	آنتوسیانین	کارتنوئید کلروفیل کل	محتوای نسبی آب برگ	فنل کل
غلظت (A)	۲	۶/۴۸**	۲/۱۴*	۰/۰۴۴**	۳۱۰۵/۷۱*
زمان (B)	۴	۰/۱۱*	۰/۲۰**	۰/۰۰۷*	۲۲۱/۰۴*
A*B	۸	۰/۰۵**	۰/۰۵**	۰/۰۰۳**	۱۱۵/۰۶*
خطا		۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰۰۱
ضریب تغییرات (%)		۱/۳۰	۱/۶۰	۱/۸۰	۴/۹۰

ns و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر برخی صفات فیزیولوژیکی در گل محمدی

غلظت آهن (گرم در لیتر)	روز محلولپاشی	آنتوسیانین (میکرومول بر گرم وزن نمونه تازه گل)	کارتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر گل)	کلروفیل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب برگ (%)	فنل کل (میکروگرم بر گرم وزن تازه گل)
عدم کاربرد	روز اول	۰/۴۸ ^m	۲/۳۰ ^j	۰/۷۵ ^g	۵۴/۰۰ ^k	۱۱۰/۲۳ ^l
	۱۰	۰/۳۱ ⁿ	۲/۱۷ ^k	۰/۷۱ ^h	۵۱/۰۰ ^l	۱۱۱/۲۳ ⁿ
	۲۰	۰/۲۶ ^o	۲/۱۰ ^l	۰/۶۸ ^h	۵۰/۰۰ ^m	۹۸/۲۷ ^o
۰/۵	روز اول	۰/۶۸ ^l	۲/۴۰ ⁱ	۰/۷۵ ^g	۵۴/۰۰ ^k	۱۱۰/۲۳ ^m
	۱۰	۰/۷۱ ^k	۲/۵۰ ^h	۰/۷۸ ^{fg}	۵۸/۰۰ ^j	۱۴۲/۲۳ ^j
	۲۰	۰/۸۴ ^j	۲/۷۰ ^f	۰/۸۱ ^{cdef}	۶۱/۲۵ ^h	۱۲۰/۲۷ ⁱ
۱	روز اول	۰/۹۸ ⁱ	۲/۶۰ ^g	۰/۷۹ ^{ef}	۶۰/۰۰ ⁱ	۱۱۵/۲۳ ^k
	۱۰	۱/۰۲ ^h	۲/۸۰ ^e	۰/۸۱ ^{def}	۶۲/۰۰ ^g	۱۴۰/۸۵ ^h
	۲۰	۱/۱۱ ^g	۳/۰۰ ^d	۰/۸۵ ^{bc}	۶۵/۰۰ ^e	۱۳۰/۲۷ ^f
۱/۵	روز اول	۲/۰۲ ^c	۳/۱۰ ^c	۰/۸۲ ^{cde}	۶۶/۰۰ ^d	۱۴۰/۲۳ ^d
	۱۰	۲/۱۴ ^b	۳/۲۰ ^b	۰/۸۷ ^{ab}	۷۰/۰۰ ^b	۱۵۷/۸۵ ^b
	۲۰	۲/۲۸ ^a	۳/۴۰ ^a	۰/۹۰ ^a	۷۳/۰۰ ^a	۱۵۰/۲۷ ^a
۲	روز اول	۱/۵۶ ^f	۳/۰۰ ^d	۰/۸۱ ^{c-f}	۶۳/۵۰ ^f	۱۳۰/۲۳ ^g
	۱۰	۱/۷۴ ^e	۳/۱۰ ^c	۰/۸۴ ^{bcd}	۶۸/۰۰ ^c	۱۴۰/۲۷ ^e
	۲۰	۱/۹۸ ^d	۳/۲۰ ^b	۰/۸۷ ^{ab}	۷۰/۰۰ ^b	۱۴۰/۲۷ ^c

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری با همدیگر در سطح احتمال یک درصد آزمون توکی ندارند.

در بررسی شاخص محتوای نسبی آب برگ و فنل مشاهده گردید با افزایش غلظت نانو کلات آهن تا ۱/۵ گرم در لیتر در تمامی روزهای محلولپاشی محتوای نسبی آب و فنل در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داشته است. بیشترین محتوای نسبی آب و فنل مربوط به تیمار نانو کلات آهن ۱/۵ گرم در لیتر در روز بیستم محلولپاشی بوده است که در مقایسه با شاهد در حدود ۲۶ درصد افزایش نشان دادند (جدول ۷).

صفات مربوط به عناصر آهن، منیزیم، نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۸) اثر ساده و برهمکنش غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر غلظت عناصر آهن، منیزیم، نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ معنی دار بود. بیشترین میزان آهن در برگ گیاهانی ثبت شد که با بیشترین غلظت نانو کلات آهن (۲ گرم در لیتر) در روز دهم و بیستم محلولپاشی شده بودند، بطوریکه افزایش ۳۴ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند. میزان عنصر منیزیم با افزایش غلظت نانو کلات آهن از ۰/۵ تا ۲ گرم در لیتر افزایش نشان داد. بیشترین غلظت این عنصر مربوط به تیمار ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن در روز بیستم محلولپاشی بود که افزایش ۳۵ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد داشت (جدول ۹). از روز اول محلولپاشی تا روز بیستم در تمامی غلظت‌های مورد آزمایش نانو کلات آهن، غلظت عنصر نیتروژن برگ افزایش نشان داد. حداکثر غلظت نیتروژن در روز بیستم محلولپاشی با غلظت ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن بود که افزایش ۱۷ درصدی در مقایسه با شاهد داشت. با افزایش غلظت نانو کلات آهن از ۱ تا ۲ گرم در لیتر در تمامی روزهای محلولپاشی، افزایش در غلظت

عنصر فسفر مشاهده شد. در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۲۰ درصدی در میزان عنصر فسفر در گیاهان تیمار شده با ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن در روز بیستم ثبت شد.

افزایش میزان پتاسیم در گیاهان تیمار شده با غلظت ۱ تا ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن در تمامی روزهای محلول پاشی در مقایسه با عدم کاربرد این کود بود. حداکثر پتاسیم در غلظت ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن در روز بیستم محلول پاشی ثبت شد (جدول ۹).

جدول ۸. تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر غلظت عناصر موجود در برگ گل محمدی

منابع تغییرات	درجه آزادی	آهن	منیزیم	نیترژن	فسفر	پتاسیم
غلظت (A)	۲	۰/۰۴*	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۲**	۰/۲۴*
زمان (B)	۴	۰/۰۰۱*	۰/۰۸**	۰/۰۷**	۰/۰۶*	۰/۰۴*
A*B	۸	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۲**	۰/۰۱**	۰/۰۲*	۰/۰۳*
خطا		۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱
ضریب تغییرات (%)		۱/۹۰	۱/۵۰	۱/۶۰	۱/۷۰	۲/۹۰

ns و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر غلظت و زمان کاربرد نانو کلات آهن بر میزان عناصر مورد بررسی در گل محمدی

غلظت آهن (گرم در لیتر)	روز محلول پاشی	آهن (%)	منیزیم (%)	نیترژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)
عدم کاربرد	روز اول	۰/۲۵ ^k	۰/۵۸ ⁱ	۱/۵۸ ⁱ	۱/۲۸ ⁱ	۱/۳۸ ⁱ
	۱۰	۰/۲۴ ^l	۰/۵۶ ^j	۱/۵۶ ^j	۱/۲۶ ^j	۱/۳۶ ^j
	۲۰	۰/۲۲ ^m	۰/۴۸ ^l	۱/۴۸ ^l	۱/۱۸ ^m	۱/۲۸ ^m
۰/۵	روز اول	۰/۲۶ ^j	۰/۴۲ ^m	۱/۴۲ ^m	۱/۱۰ ⁿ	۱/۲۰ ⁿ
	۱۰	۰/۲۷ ⁱ	۰/۷۲ ^k	۱/۵۲ ^k	۱/۲۰ ^l	۱/۳۰ ^l
	۲۰	۰/۲۹ ^h	۰/۵۸ ⁱ	۱/۵۸ ⁱ	۱/۲۵ ^k	۱/۳۵ ^k
۱	روز اول	۰/۳۱ ^g	۰/۵۸ ⁱ	۱/۵۸ ⁱ	۱/۳۵ ^f	۱/۴۵ ^f
	۱۰	۰/۳۳ ^f	۰/۶۱ ^h	۱/۶۱ ^h	۱/۳۱ ^h	۱/۴۱ ^h
	۲۰	۰/۳۳ ^e	۰/۷۲ ^f	۱/۷۲ ^f	۱/۴۴ ^d	۱/۵۴ ^d
۱/۵	روز اول	۰/۳۴ ^d	۰/۶۳ ^g	۱/۶۳ ^g	۱/۳۳ ^g	۱/۴۳ ^g
	۱۰	۰/۳۵ ^c	۰/۷۴ ^d	۱/۷۴ ^d	۱/۴۴ ^d	۱/۵۴ ^d
	۲۰	۰/۳۷ ^b	۰/۸۹ ^b	۱/۸۹ ^b	۱/۵۶ ^b	۱/۶۶ ^b
۲	روز اول	۰/۳۷ ^b	۰/۷۳ ^e	۱/۷۳ ^e	۱/۴۱ ^e	۱/۵۱ ^e
	۱۰	۰/۳۸ ^a	۰/۸۴ ^c	۱/۸۴ ^c	۱/۵۴ ^c	۱/۶۴ ^c
	۲۰	۰/۳۸ ^a	۰/۹۰ ^a	۱/۹۰ ^a	۱/۶۰ ^a	۱/۷۰ ^a

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری با همدیگر در سطح احتمال یک درصد آزمون توکی ندارند.

بحث

عناصر ریزمغذی برای رشد و نمو گیاهی ضروری است. این مواد با دخالت در واکنش‌های مرتبط با رشد و نمو گیاه سبب بهبود خصوصیات کمی و کیفی می‌شوند (Jayakumar et al., 2024). نانوذرات نسبت سطح به حجم بالایی داشته و به دلیل داشتن ذره-های یکسان استفاده از آنها بسیار کاربردی‌تر می‌باشد (El-Mahrouk et al., 2024). نانوکودها علاوه بر افزایش بهره‌وری، سبب به حداقل رسانیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و همچنین کاهش دفعات کودپاشی می‌شوند (El-Mahrouk et al., 2024).

در پژوهش حاضر محلول‌پاشی نانو کلات آهن بویژه در غلظت ۱/۵ گرم در لیتر و در روز بیستم بعد از شروع رشد جوانه‌زنی بوته در فصل بهار، سبب بهبود قابل‌توجه و مورد انتظار در صفات مورفو-فیزیولوژیکی گیاه شد. در این پژوهش محلول‌پاشی با گذشت زمان و در روز بیستم تاثیر معنی‌داری بر بهبود بیشتر صفات مورد بررسی در مقایسه با روز اول و دهم محلول‌پاشی نشان داد. احتمالاً با گذشت زمان با توجه به افزایش سطح و افزایش توان فتوسنتزی گیاه، قابلیت بوته‌ها در جذب و به‌کارگیری نانوکلات آهن افزایش یافته است. همچنین بهبود بیشتر صفات در روز بیستم محلول‌پاشی احتمالاً مربوط به افزایش درجه حرارت هوا، به‌دنبال آن افزایش تعریق در گیاه و در نهایت افزایش جذب نانوکلات آهن از روزنه‌های آبی و هوایی می‌باشد (Ayyat et al., 2023). به طور مشابهی نتایج پژوهشی نشان داد محلول‌پاشی برگی کلات آهن، سبب بهبود پارامترهای مورفو-فیزیولوژیکی از قبیل تعداد برگ، ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه گل‌دهنده و قطر گل در گیاه ژبراً شد (Mirzaee Esgandian et al., 2020). همچنین در پژوهشی دیگر محلول‌پاشی گلابول رقم میرلا بوسیله عناصر ریزمغذی آهن، روی و مس، سبب بهبود خصوصیات رشدی و کیفیت گلچه‌ها گردید (Fahad et al., 2014). محلول‌پاشی بوته‌های سه ساله گل رز، بوسیله نانوکلات روی، آهن و سولفات مس، سبب تحریک تولید شاخه‌های ثانویه، افزایش طول جوانه، قطر گل، تعداد گلبرگ و تعداد گل گردید (Ahmad et al., 2010).

در نتایج پژوهش حاضر بهبود رشد در صفات مورفولوژیکی مورد بررسی از جمله اندازه گلبرگ، نهنج گل، برگ، طول و قطر ساقه گل‌دهنده مشاهده شد. می‌توان چنین بیان کرد کاربرد آهن به صورت محلول‌پاشی باعث افزایش جذب این عنصر توسط برگ‌ها شد، با افزایش غلظت آهن در برگ، افزایش میزان کلروفیل اتفاق افتاد. بنابراین به‌دلیل افزایش رنگدانه کلروفیل، افزایش در فتوسنتز صورت می‌گیرد که سبب بهبود خصوصیات مورفولوژیکی در گیاه می‌گردد. همچنین گزارش شده است افزایش غلظت آهن سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز می‌گردد و در نتیجه مقدار آسمیلات‌های تولیدی در گیاه افزایش یافته و سبب بهبود رشد گیاه می‌شوند (Shahrajabian et al., 2023).

در بررسی تاثیر محلول‌پاشی آهن (کلات آهن: ۱ و ۱/۵ گرم بر لیتر و نانو کلات آهن: ۰/۵، ۱/۱۵ گرم بر لیتر)، بر عملکرد گیاه ریحان، بیشترین میزان عملکرد گیاه در برداشت اول در تیمار محلول‌پاشی یک گرم بر لیتر نانوکلات آهن بدست آمد. همچنین نانوکلات آهن ۱ گرم بر لیتر سبب تولید بالاترین میزان اسانس، عملکرد اسانس و میزان ماده موثره اوژنول در برداشت دوم شد (Danaee & Abdossi, 2021). در پژوهشی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد گل محمدی در ۲۰ ژنوتیپ مورد بررسی قرار دادند. تجزیه همبستگی نشان داد که میان برخی از صفات مورد مطالعه، نظیر تعداد گل در بوته و عملکرد گل، رابطه معنادار و مثبتی وجود دارد (Shahrajabian et al., 2023).

در پژوهش حاضر با کاربرد آهن افزایش در محتوای رنگدانه‌های کلروفیل، آنتوسیانین و کارتنوئید مشاهده شد. گزارش شده است با کاربرد آهن مقدار رنگدانه‌های غیرآنزمی افزایش می‌یابد و از تخریب رنگدانه کلروفیل جلوگیری می‌شود که غیرمستقیم بر میزان افزایش آنتوسیانین و کارتنوئید موثر می‌باشد (Khan et al., 2024).

در آزمایشی تاثیر کودهای درشت مغذی و ریز مغذی بر کمیت و کیفیت گل محمدی در شرایط مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. کاربرد ۱۲ گرم کود نانوکلات آهن بصورت محلول‌پاشی در هر بوته به‌طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد گیاه را نسبت به سایر فرم‌های

کودی آهن افزایش داد (Khan et al., 2024). عملکرد ۱۲ ژنوتیپ گل محمدی در سه کشت دیم، آبی و دیم همراه با مالچ به همراه محلول پاشی یک گرم در لیتر نانوکلات آهن مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج بدست آمده اندازه، وزن تر و آنتوسیانین گلبرگ در هر سه شرایط کشت، ارتباط مستقیمی با محلول پاشی نانوکلات آهن داشت. صفات تعداد گل در هکتار، عملکرد اسانس در هکتار، ارتفاع بوته اگرچه به طور مستقیم در افزایش عملکرد نقش نداشتند ولی به طور غیرمستقیم از طریق افزایش وزن تر گلبرگ در افزایش عملکرد گل محمدی نقش مهمی داشتند. بنابراین، می توان از آنها به عنوان شاخصی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد گل استفاده نمود (Pérez et al., 2023). در پژوهش دیگر کود سولفات آهن ۴۰٪ و کود دامی بر اندازه گل و میزان رشد بوته های گل محمدی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود آهن در ترکیب با ۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۴۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به همراه ۱۵ تن در هکتار کود دامی، رشد و عملکرد خوبی را در بوته های گل محمدی تامین می نماید (Hamed et al., 2022).

در پژوهش حاضر در بررسی شاخص محتوای نسبی آب مشاهده گردید با افزایش غلظت نانوکلات آهن تا ۱/۵ گرم در لیتر در تمامی روزهای محلول پاشی محتوای نسبی آب در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داشته است. این افزایش آب نسبی احتمالاً به دلیل افزایش پتانسیل اسمزی سلول ها، افزایش محتوای کربوهیدرات محلول در گیاه به دلیل افزایش فتوسنتز، افزایش سطح برگ، افزایش تعریق در گیاه و در نهایت افزایش جذب آب به دلیل افزایش غلظت آهن در گیاه بوده است (Pinton et al., 1999). در آزمایش حاضر کاربرد نانو کلات آهن بویژه در روز بیستم سبب افزایش غلظت عناصر آهن، منیزیم، نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ در مقایسه با تیمار شاهد گردید. همبستگی مثبتی بین افزایش عناصر موجود در برگ و صفات مورفوفیزیولوژیکی مورد بررسی وجود داشته است. مطابق با یافته های پژوهش حاضر کاربرد کودهای شیمیایی حاوی آهن در گل محمدی رقم ماسکو اردارا بر درصد تجمع عناصر در برگ تاثیر معنی داری داشته است (Kasem et al., 2023). در پژوهشی دیگر روی دو ژنوتیپ گل محمدی، گیاهان تیمار شده با عناصر ریز مغذی دارای بالاترین عناصر در گلبرگ بودند (Kumar et al., 2023). در پژوهشی روی گل محمدی گزارش شد میزان نیتروژن برگ های تیمار شده با مقادیر مختلف نانوکلات آهن بیشتر از گیاهان شاهد بوده است (González-García et al., 2023).

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر غلظت ۱/۵ گرم در لیتر نانو کود آهن در روز بیستم محلول پاشی تاثیر معنی داری در مقایسه با دیگر غلظت ها و زمان های مورد استفاده در بهبود بیشتر صفات مورفولوژیکی از جمله تعداد گل، طول گلبرگ، اندازه نهج و برگ داشت. در غلظت ۲ گرم در لیتر نانو کلات آهن بیشترین غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، فسفر، آهن و منیزیم در گیاه ثبت شد. با توجه به اینکه در بیشتر مزارع کشت گل محمدی در استان مازندران کمبود عناصر ریز مغذی وجود دارد بنابراین پیشنهاد می شود محلول پاشی با کود نانو کلات آهن در غلظت ۱/۵ گرم در لیتر بعد از جوانه زنی بوته ها و در شروع توسعه برگ ها صورت گیرد.

منابع

- ایوبی، احمد؛ عیسوند، حمیدرضا؛ حیدری، سعید و موسوی فرد، صادق (۱۴۰۲). بررسی تاثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن و روی بر عملکرد کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.). *پژوهش‌های زعفران*، ۱۱ (۱): ۶۶-۷۸.
- پورچراغی، حسین؛ مهربابی، فاطمه و صفدری، علی (۱۳۹۸). خواص درمانی گل محمدی؛ یک مطالعه موردی. پنجمین کنگره کشوری کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان.
- حسن‌پور اقدم، محمدباقر؛ ابراهیم‌زاده، اصغر؛ اعظمی، محمدعلی؛ ملکیان، ستار؛ صالح زاده، مهرداد و وجودی مهربانی، لمیا (۱۴۰۱). تاثیر موقعیت جوانه و تنظیم کننده‌های رشد بر ریزافزایی گل محمدی. *ه علوم و فنون باغبانی ایران*، ۲۳ (۳): ۴۸۵-۴۹۶.
- صمدیان ساربانقلی، وحیده؛ طبائی عقدائی، سید رضا؛ عباس‌زاده، بهلول و لباسچی، محمد حسین. ۱۳۹۳. اثر کودهای تلفیقی و محلول پاشی کلات آهن بر عملکرد کمی گل محمدی. *بوم شناسی گیاهان زراعی*، ۱۰ (۱): ۷۳-۸۱.
- صمدیان ساربانقلی، وحیده؛ عباس‌زاده، بهلول؛ سفیدکن، فاطمه و یارنیا، مهرداد (۱۴۰۱). اثر کودهای زیستی بر خصوصیات مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge) تحت شرایط تنش آبیاری در مراحل مختلف رشد. *تحقیقات گیاهان دارویی ایران*، ۴۰ (۱): ۱۴۲-۱۵۴.
- عباس‌زاده، بهلول (۱۳۹۶). واکنش کمی و کیفی گل محمدی (*Rosa damascene* Mill.) به کاربرد عنصرهای غذایی. *علوم باغبانی ایران*، ۴۸ (۴): ۹۲۱-۹۳۲.
- Ahmad, I., Khan, M. A., Qasim, M., Ahmad, R., & Randhawa, M. A. (2010). Growth, yield and quality of *Rosa hybrida* L. as influenced by various micronutrients. *Pakistan Journal of Agriculture Science*, 47(1), 5-12.
- Ainsworth, E. A., & Gillespie, K. M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature protocols*, 2(4), 875-877.
- Ayyat, A. M., Hewidy Mahmoud Ramadan, M., Gahory, A., & Abdel-Mola, M. (2023). Biochar Combined with Foliar Application of Chelated and Nano Iron Enhanced Qualitative and Quantitative Attributes of *Polianthes tuberosa* L. Plants. *Egyptian Journal of Horticulture*, 50(1), 17-33.
- Black, J. R., Epstein, E., Rains, W. D., Yin, Q. Z., & Casey, W. H. (2008). Magnesium-isotope fractionation during plant growth. *Environmental Science & Technology*, 42(21), 7831-7836.
- Cakmak, I., Brown, P., Colmenero-Flores, J. M., Husted, S., Kutman, B. Y., Nikolic, M., & Zhao, F. J. (2023). Micronutrients. In *Marschner's Mineral Nutrition of Plants* (pp. 283-385). Academic Press.
- Cox, A. E., Joern, B. C., Brouder, S. M., & Gao, D. (1999). Plant available potassium assessment with a modified sodium tetraphenylboron method. *Soil Science Society of America Journal*, 63(4), 902-911.
- Danaee, E., & Abdossi, V. (2021). Effect of foliar application of iron, potassium, and zinc nano-chelates on nutritional value and essential oil of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Food & Health Journal*, 4 (4), 13-20.
- Darvishpour, S., Hosseini, A., Davoodi, A., Salehifar, E., Akbari, J., & Azadbakht, M. (2018). A review on medicinal plants used for nausea and vomiting in Persian medicine. *Global Journal of Medical Research*, 18(1), 29-45.
- Dayani, S., Mazaheri-Tirani, M., & Hosseini, R. (2024). 14 Physiological of Plants to Nanoparticles Responses and Chelating Agents. *Advanced Nanotechnology in Plants: Methods and Applications*, 213.
- El-Gioushy, S. F., Ding, Z., Bahloul, A. M., Gawish, M. S., Abou El Ghit, H. M., Abdelaziz, A. M., & Zewail, R. M. (2021). Foliar application of nano, chelated, and conventional iron forms enhanced growth, nutritional status, fruiting aspects, and fruit quality of washington navel orange trees (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Plants*, 10(12), 2577.
- El-Mahrouk, E. S. M., Atef, E. A. M., Gabr, M. K., Aly, M. A., Głowacka, A., & Ahmed, M. A. (2024). Application of ZnO NPs, SiO₂ NPs and date pollen extract as partial substitutes to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers for sweet basil production. *Plants*, 13(2), 172.

- Fahad, S., Ahmad, M., Akbar Anjum, M., & Hussain, S. (2014). The effect of micronutrients (B, Zn and Fe) foliar application on the growth, flowering and corm production of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) in calcareous soils. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(7), 1671-1682.
- 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.
- Gallaher, R. N., Weldon, C. O., & Boswell, F. C. (1976). A semiautomated procedure for total nitrogen in plant and soil samples. *Soil Science Society of America Journal*, 40(6), 887-889.
- González-García, I., Riaño, B., Molinuevo-Salces, B., & García-González, M. C. (2023). Effect of alkali and membrane area on the simultaneous recovery of nitrogen and phosphorous from digestate by membrane technology and chemical precipitation. *Sustainability*, 15(5), 39-59.
- Hamed, B., Ghasemi Pirbalouti, A., & Rajabzadeh, F. (2022). Responses to morpho-physiological, phytochemical, and nutritional characteristics of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) to the applied of organic and chemical fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53(17), 2156-2169.
- Jayakumar, S., Abhangrao, A. K., Sarje, R. A., Gupta, R., Pathania, S., & Sree, B. V. (2024). Critical Analysis on Effect of Micronutrients on Flowering Plants: A Review. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(6), 776-782.
- Karp, H., Ekholm, P., Kemi, V., Itkonen, S., Hirvonen, T., Närkki, S., & Lamberg-Allardt, C. (2012). Differences among total and in vitro digestible phosphorus content of plant foods and beverages. *Journal of Renal Nutrition*, 22(4), 416-422.
- Kasem, M., El-Banna, M. F., & El-Shawa, G. M. (2023). Calcium Nanoparticles Intermixed with Salicylic Acid Affect Enzymes Activities and Postharvest Attributes of Cut Rose (*Rosa hybrida* Cv. *Black Magic*). *Journal of Plant Production*, 14(2), 85-95.
- Katyal, J. C., & Sharma, B. D. (1980). A new technique of plant analysis to resolve iron chlorosis. *Plant and Soil*, 55, 105-119.
- Khaleghi, A., & Khadivi, A. (2020). Morphological characterization of Damask rose (*Rosa* × *damascena* Herrm.) germplasm to select superior accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67, 1981-1997.
- Khan, S. U., Khan, M. S., Wang, H., Qian, M., Javed, T., Fahad, S., & Lu, K. (2024). Harnessing nanobiotechnology for drought stress: transforming agriculture's future; what, why and how?. *Environmental Science*: 7, 11-23.
- Kiani, S.H. (2012). Effects of iron on efficiency and map of photosystem II photochemical yield of rose flower using chlorophyll fluorescence imaging. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 2(4): 25-35
- Koocheki, A., & Seyyedi, S. M. (2016). Effects of corm size, organic fertilizers, Fe-EDTA and Zn-EDTA foliar application on nitrogen and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.) in a calcareous soil under greenhouse conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 8(4), 461-467.
- Kumar, N., Samota, S. R., Venkatesh, K., & Tripathi, S. C. (2023). Global trends in use of nano-fertilizers for crop production: Advantages and constraints—A review. *Soil and Tillage Research*, 228, 105645.
- Labban, L., & Thallaj, N. (2020). The medicinal and pharmacological properties of Damascene Rose (*Rosa damascena*): A review. *International Journal of Herbal Medicine*, 8, 33-37.
- Layeghhaghighi, M., Hassanpour Asil2 and B. Abbaszadeh. 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): 138-146. (In Persian)
- Min, L.U., Huaming, A.N., & Daoping, W.A.N. G. (2017). Characterization of amino acid composition in fruits of three *Rosa roxburghii* genotypes. *Horticultural Plant Journal*, 3(6), 232-236.
- Mirzaee Esgandian, N., Jabbarzadeh, Z., & Rasouli-Sadaghiani, M. H. (2020). Investigation on some morphological and physiological characteristics of *Gerbera jamesonii* as affected by humic acid and nano-calcium chelate in hydroponic culture conditions. *Journal of Ornamental Plants*, 10(1), 1-13.
- Pérez, M.C.L., Labrada, F.P., García, Y.G., & Maldonado, A. J. (2023). Nano-Based methods for the improvement of postharvest technologies and increased shelf life of minimally processed food. In *Postharvest Nanotechnology for Fresh Horticultural Produce* (pp. 422-454). CRC Press.
- Pinton, R., Cesco, S., Santi, S., Agnoloni, F., & Varanini, Z. (1999). Water-extractable humic substances enhance iron deficiency responses by Fe-deficient cucumber plants. *Plant and Soil*, 210, 145-157.

- Shahrajabian, M.H., Marmitt, D.J., Cheng, Q., & Sun, W. (2023). Natural antioxidants of the underutilized and neglected plant species of Asia and South America. *Letters in Drug Design & Discovery*, 20(10), 1512-1537.
- Salehi, R., Maleki, A., Mirzaei, M., Rangin, A., & Mirzaei, A. (2022). The Effect of Foliar Application of Iron and Proline Nanoparticles on Biochemical, Physiological and Agronomic Traits of Quinoa Plant in Different Cultivation Dates. *Research On Crop Ecophysiology*, 17(2), 130-146.
- Smart, R.E., & Bingham, G.E. (1974). Rapid estimates of relative water content. *Plant physiology*, 53(2), 258-260.
- Strack, D., & Wray, V. (1989). Anthocyanins. In *Methods in plant biochemistry* (Vol. 1, pp. 325-356). Academic Press.
- Ovais, M., Khalil, A.T., Ayaz, M., & Ahmad, I. (2020). Metal oxide nanoparticles and plants. In *Phytonanotechnology*, (pp. 123-141). Elsevier.

The role of nano-iron chelate concentration and application time on some morpho-physiological characteristics of Damascene Rose (*Rosa damascena*)

Extended Abstract

Introduction

Damascene Rose (*Rosa damascene*) belongs to the rose family. This plant is cultivated in many regions of Iran and the world due to its wonderful aroma and great variety of genotypes. The lack of nutrients, especially micronutrients, is one of the most important factors in reducing the yield and quality of rose essential oil. In recent years, the increase in the area of alkaline soils in Iran has caused this plant to be more affected by the lack of micronutrient elements. Among the different micronutrients, plants need iron the most. This element plays an important role in metabolic activities such as pigment production, chloroplast development, nitrogen fixation and enzyme activities. Reports show that the lack of available iron leads to disruption in vegetative growth and flowering of roses. Although the presence of iron in the soil is necessary for plant growth, its excess may lead to the creation of active oxygen and eventually oxidative stress. With the increase of free radicals and oxidative stress, growth inhibition and poisoning symptoms occur in the plant. For this reason, it is very important to determine the appropriate concentration of nutrients, including iron, for plant growth. The aim of the present study was to investigate the role of different concentrations of nano-iron chelate and the time of application of this element on the improvement of some morpho-physiological traits of Damascene Rose.

Materials and Methods

This research was conducted as a factorial randomized complete block design in three replications in Pachet village, Mazandaran province, in a two-year-old Damascene Rose farm. The first factor is foliar application of different concentrations of nano-iron chelate (0, 0.5, 1, 1.5 and 2 g/l) and the second factor is the application time of nano-iron chelate (0, 10 and 20 days after the start of plant growth). Spraying was done in three stages with intervals of 0, 10 and 20 days. Distilled water was used as a control. There were 15 plants in each plot. In order to make the bushes uniform, pruning was done before the sprouting of the shrubs. One week after the last foliar application, some morphological and physiological traits including number of flowers, inflorescence length, leaf width, leaf fresh and dry weight, anthocyanin content, chlorophyll, phenol and elements of iron, nitrogen, calcium, phosphorus and magnesium were investigated.

Results and Discussion

According to the results of this research, all the morphological, physiological traits and concentration of food elements improved with the increase of iron concentration. The maximum leaf width and wet and dry weight of leaves were observed at the concentration of 1.5 g/l of iron on the 20th day of spraying. The highest increase in the height of the flowering stem was related to the 20th day spraying with a concentration of 2 g/l of iron. The highest number of flowers was recorded in iron nanochelate 1.5 g/l on the 20th day, which was not significantly different from the concentration of 2 g/l on the 20th day of spraying. The content of anthocyanin increased with the increase of iron concentration up to 1.5 g/l and decreased at the concentration of 2 g/l. A significant increase in the carotenoid content of plants treated with iron nanochelate was observed on all days of foliar spraying compared to control plants. The highest concentration of iron, nitrogen, magnesium, phosphorus and potassium elements in leaves was recorded on the 20th day of the experiment in plants sprayed with 2 g/l of nano-iron chelate. In the results of the

present study, growth improvement in morphological traits was observed. Iron foliar application increased the amount of chlorophyll. Therefore, due to the increase of chlorophyll pigment, photosynthesis and as a result the morphological characteristics of the plant improved. It has also been reported that increasing the concentration of iron in the leaf increases the activity of peroxidase and catalase enzymes, and as a result, the amount of produced assimilates increases and improves plant growth. In the present study, the relative water content increased with increasing the concentration of iron nanochelate up to 1.5 g/liter in all days of spraying. This increase was probably due to the increase in the osmotic potential of the cells and the content of soluble carbohydrates in the plant

Conclusion

According to the results of the present research, in order to improve the morpho-physiological characteristics of the Damascene Rose, it is recommended to spray the plants twenty days after the start of growth, with nano-iron chelate, especially at a concentration of 1.5 g/l.

پایان کارشناسی ارشد