دوره چهارم/ شماره اول/ تابستان ۱۴۰۳/ مقاله پژوهشی/صفحات: ۱۱-۱

https://www.qafj.iauk.ac.ir

بررسی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه جعفری (*Petroselinum sativum*) با کاربرد کلات آهن و نانو کلات آهن

مرتضی محمدی[1]، الهام دانائی[2]*

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران

* نویسنده مسئول: dr.edanaee@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۸/۹، پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۴/۱۰

چکیده

آهن یکی از ریزمغذی‌های مهم در رشد و نمو گیاهان است. به‌منظور بررسی اثرات کلات آهن و نانو کلات آهن بر شاخص‌های موفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه جعفری، پژوهشی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۵ تیمار، ۳ تکرار و هر تکرار حاوی ۳ گلدان، در گلخانه تجاری واقع در شهرستان گرمسار، انجام شد. کلات آهن و نانو کلات آهن هر کدام در سه غلظت صفر، ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر در مراحل ۴ و ۶ برگی روی گیاهان محلول‌پاشی شد. نتایج صفات مورد ارزیابی نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در تیمار نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر، بود. تیمار کلات آهن ۵ گرم در لیتر، بالاترین محتوای کلروفیل کل (۵/۴۳۱۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) را داشت. بیشترین میزان آهن (۷۹/۲۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در تیمار نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر، به دست آمد. همچنین بیشترین فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (۲/۴۶ واحد آنزیم در گرم وزن تر) و پراکسیداز (۸/۴۱ واحد آنزیم در گرم وزن تر) به ترتیب در تیمارهای کلات آهن ۵ گرم در لیتر و نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر، بود. لذا با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده، استفاده از کلات آهن و نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر برای بهبود شاخص‌های موفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه جعفری، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آهن، جعفری، کلات آهن، نانو کلات آهن

مقدمه

جعفری با نام علمی *Petroselinum sativum* Mill، گیاهی از خانواده چتریان (Apiaceae)، است که در بسیاری از نقاط جهان و ایران کشت می‌شود (۱). این گیاه منبع غنی از آهن، فسفر، کلسیم، پتاسیم، منیزیم، روی، ید و ویتامین‌های A، B و C است. جعفری یکی از گیاهان پرمصرف در صنایع غذایی، دارویی، عطر و آرایشی- بهداشتی می‌باشد (۲). این گیاه طبیعت گرم و خشک دارد. در طب سنتی از برگ آن برای درمان یبوست، نفخ شکم، یرقان، قولنج، ادم، روماتیسم، مشکلات پروستات و بیماری کبدی استفاده می‌شود. روغن‌های ضروری آپیول، مریستیسین و فلاونوئیدهای آپی‌ئین و لوتئولین در جعفری وجود دارد که نقش چشمگیری در فعالیت‌های فارماکولوژیکی دارند (۳). همچنین این گیاه حاوی استرول‌های اشباع‌نشده، ساپونین‌ها، گلیکوزیدها، کارتنوئیدها، کومارین‌ها، اسید آسکوربیک، برگابتن، توکوفرول، سسکوئی‌ترپن است (۴). کاربرد بیش از اندازه کودهای شیمیایی سبب مشکلات متعددی ازجمله تغییر ساختمان خاک، کاهش نفوذپذیری خاک، آلودگی آب‌های زیرزمینی، تجمع نیترات و سمیت عناصر سنگین شده است (۵)؛ بنابراین، استفاده صحیح از عناصر غذایی در طول مراحل رشد گیاهان، علاوه بر نقش مؤثری که در افزایش عملکرد آن‌ها دارد موجب بهبود کیفیت و عملکرد نیز می‌شود (۶). همچنین شناخت عوامل تغذیه‌ای گیاه و نحوه تأثیر آن‌ها بر خصوصیات کمی و کیفی محصول از مهم‌ترین جنبه‌های موفقیت به شمار می‌رود (۷). امروزه انواع عناصر کم‌مصرف با فناوری نانو به دو شکل نانوذره و نانو کلات غنی شده‌اند تا ضمن

ایجاد محیطی مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها، توان گیاه را در رشد و تولید محصول تقویت کند (۸ و ۹). استفاده از فناوری نانو در تمام عرصه‌ها ازجمله کشاورزی در حال گسترش می‌باشد. نانوکودها به‌عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی را به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌کنند (۱۰). ازجمله مزایای استفاده از نانوکودها می‌توان به افزایش راندمان و کیفیت منابع غذایی به‌واسطه سرعت جذب بالا (۱۱)، کاهش قابل‌توجه آلودگی خاکی، ذخایر آبی و محصولات غذایی به واسطه کاهش آبشویی کودها، عدم اتلاف کودها توسط آبشویی و جاذب کامل کود توسط گیاه به دلیل رهاسازی عناصر غذایی کود با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد اشاره کرد (۱۲). گیاهان برای رشد مناسب به عرضه مداوم آهن نیاز دارند. آهن یکی از اساسی‌ترین عناصر تشکیل‌دهنده‌ی سیستم‌های اکسید و احیاکننده در گیاهان است و به علت توانایی در تغییر ظرفیت می‌تواند به‌عنوان یک جزء اساسی در سیستم اکسید و احیا، انتقال الکترون را تسهیل کند. این عنصر از مهم‌ترین ترکیبات آنزیم‌های مرتبط با انتقال الکترون مانند سیتوکروم، پروتئین و سولفور آهن است. همچنین جزء اصلی پروتئین‌های مرتبط با فتوسنتز و تثبیت نیتروژن و تنفس می‌باشد. بیشترین مقدار آهن در کلروپلاست برگ‌های سبز وجود دارد. کم‌تحرک بودن و جذب کم آهن یکی از دلایل مهم و اصلی برای زردی ناشی از کمبود آهن در گیاهانی است که در خاک‌های آهکی رشد می‌کنند (۱۳). استفاده از ترکیبات آهن بهترین راه‌حل برای برطرف کردن برای زردی ناشی از کمبود آهن در همه خاک‌ها و به‌خصوص خاک‌های قلیایی بوده و می‌توانند شدیدترین مشکلات تغذیه‌ای گیاهان را علاج نمایند و ازآنجاکه دامنه محدودی بین اثرات سمیت و کمبود آهن در گیاهان وجود دارد، بنابراین توجه به نوع کود آهن و میزان مصرف آن ضروری می‌باشد (۱۴). بر همین اساس، نتایج تحقیق Kobdani و همکاران (۱۴۰۰)، نشان داد که استفاده از نانو کلات آهن موجب بهبود عملکرد، درصد موسیلاژ و روغن میوه بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.)، شد (۱۱). Fatahi-Siahkamari و همکاران (۱۳۹۸)، اثر نانوکلات آهن بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و اسانس گیاه ریحان (*Ocimum basillicum* L.)، بررسی کردند و نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای نانو می‌تواند گام مؤثری در جهت بهبود عملکرد و کیفیت محصول و جایگزینی مناسب برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی باشد (۵). همچنین در رابطه با گیاه سیب (*Malus pumila*) استفاده از کلات آهن تأثیر معنی‌داری بر کیفیت و عملکرد محصول داشت (۱۵). استفاده از نانو کلات آهن در ارقام خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، موجب افزایش عملکرد شد (۱۶). نتایج تحقیق Azad و همکاران (۲۰۱۷)، نشان داد که مصرف نانو کلات آهن سبب بهبود عملکرد و سیستم فتوسنتزی گیاه بابونه (*Matricaria Chamomilla* L.)، شد (۱۷). با توجه به نقش ترکیبات آهن در بهبود کیفیت و عملکرد گیاهان، این تحقیق به‌منظور بررسی شاخص‌های رشد گیاه جعفری با کاربرد کلات آهن و نانو کلات آهن انجام گردید.

روش کار

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر شاخص‌های رشد گیاه جعفری، آزمایشی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۵ تیمار، ۳ تکرار و هر تکرار حاوی ۳ گلدان، در گلخانه تجاری واقع در شهرستان گرمسار با دوره نوری شامل ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی و درجه حرارت ۲±۲۶ و ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در طول روز و شب، اجرا شد. بذرهای جعفری (F1) خریداری شده از شرکت پاکان بذر اصفهان در گلدان‌هایی به قطر ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۶ سانتی‌متر حاوی خاک لومی شنی، کشت شد. برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در پنج نقطه به‌طور تصادفی برداشت شد و ویژگی‌های آن به شرح جدول (۱) تعیین گردید (۱۸). محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن در مراحل ۲ تا ۴ برگی و ۴ تا ۶ برگی، محلول‌پاشی به اندازه‌ای صورت گرفت که تمام

اندام هوایی گیاه خیس گردد. برای جلوگیری از جذب خاکی محلول، سطح بستر پوشانده شد. کلات آهن (Fe-EDDHA) و نانو کلات آهن (شرکت خضراء) هر کدام در سه غلظت صفر، ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر و آب مقطر به‌عنوان شاهد (غلظت صفر) بود. نمونه‌برداری و سنجش صفات، دو هفته پس از آخرین محلول‌پاشی انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

بافت خاک	pH	EC (dS.m-1)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (میلی‌گرم در گرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در گرم)	آهن (میلی‌گرم در گرم)
لومی شنی	۶/۹۵	۱/۴۱	۰/۷۲	۰/۰۸۱	۱۱	۳۲۷	۱/۴

وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه

وزن تر اندام هوایی و ریشه بلافاصله پس از برداشت و وزن خشک آن‌ها پس از ۷۲ ساعت که در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم، اندازه‌گیری شد (۱۹).

کلروفیل کل

برای سنجش محتوای کلروفیل کل، ۰/۳ گرم نمونه از برگ گیاه در حلال استون ۸۰ درصد، سائیده شد. سپس میزان جذب در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV Visible مدلSpectro Flex 6600)، قرائت گردید و درنهایت برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ، بیان شد (۲۰).

$$Chl=(20.2\times(A_{645}) +8.02\times(A_{663})) \times V/ (1000\times W)$$

طول‌موج: A، وزن نمونه: W، حجم نمونه: V

آهن

از بافت‌های گیاهی تمیز شده که در داخل آون با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت به‌صورت کامل خشک شده‌اند، برای اندازه‌گیری میزان آهن توسط دستگاه جذب اتمی (Analyst 700, Perkin Elmer, USA) استفاده گردید. میزان آهن بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک به دست آمد (۱۵).

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

عصاره آنزیم از ۱ گرم برگ گیاه تهیه شد. سپس ۱ میلی‌لیتر از محلول حاوی بافرفسفات (۵۰ میلی‌مولار با pH ۷/۸)، متیونین (۹/۹ میلی‌مولار)، NBT(۵۷ میکرومولار) و تریتیون (۰/۰۲۵ درصد) به ۲۰ میکرولیتر عصاره آنزیم، اضافه گردید. با اضافه کردن ریبوفلاوین (۱۰ میکرولیتر) و قرار دادن نمونه‌ها در جعبه حاوی ۲ لامپ فلوئورسنت برای ۷ دقیقه، واکنش صورت گرفت. میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۶۰ نانومتر، قرائت و برحسب واحد آنزیم در گرم وزن تر برگ بیان شد (۲۱).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

ابتدا ۲ میلی‌لیتر تامپون استات (۰/۲ مولار با pH معادل ۵)، ۰/۴ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه (۳ درصد) و ۰/۲ میلی‌لیتر بنزیدین محلول در الکل ۵۰ درجه ۰/۰۱ مولار مخلوط شد و سپس به آن ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیم اضافه گردید. میزان جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، قرائت و درنهایت بر حسب واحد آنزیم در گرم وزن تر برگ به دست آمد (۲۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر شاخص‌های رشد گیاه جعفری

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	کلروفیل کل	آهن	سوپراکسید دیسموتاز	پراکسیداز
تیمار	۴	۵۶/۵۷۲**	۱۱/۲۴۷**	۲۳/۱۶۹**	۶/۳۲۸*	۲۷/۱۹۳**	۳۴/۶۱۸*	۷/۸۲۵**	۳۷/۲۵۶*
خطا	۱۰	۰/۸۴۱	۰/۲۲۶	۰/۴۶۳	۰/۰۹۷	۰/۵۱۸	۰/۵۸۷	۰/۱۶۹	۰/۶۳۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۰/۲۳	۹/۴۱	۹/۷۵	۱۰/۵۳	۹/۴۶	۹/۶۸	۱۱/۳۷	۱۰/۴۹

**، *، ns به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

تجزیه‌وتحلیل آماری

داده‌های حاصل از انجام آزمون‌ها، با نرم‌افزار SAS (ver 9.1)آنالیز شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ و ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، محتوای کلروفیل کل، میزان آهن و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتازدر سطح ۱ درصد و بر وزن خشک ریشه و فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین وزن تر اندام هوایی به ترتیب در تیمار نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر (۱۳/۲۷ گرم) و تیمار شاهد (۸/۱۴ گرم) بود. تیمار نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر با ۲/۷۵ گرم، بیشترین و تیمار شاهد با ۱/۴۸ گرم، کمترین وزن خشک اندام هوایی را داشتند. بیشترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب در تیمار نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر با ۴/۶۳ گرم و ۱/۵۸ گرم بود. کمترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب با ۲/۷۴ گرم و ۰/۶۹ گرم در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳). فراهمی عناصر غذایی از طریق تأثیر بر فرآیندهای رشد گیاهان، می‌تواند موجب افزایش عملکرد و بهبود رشد شود (۲۳). Amaliotis و همکاران (۲۰۰۲)، گزارش کردند که بین غلظت آهن و عملکرد گیاه یک رابطه خطی معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که در اثر مصرف آهن، محتوای کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه افزایش می‌یابد و این مسئله سبب افزایش سطح کربن‌گیری و درنتیجه میزان ماده خشک تولیدی در گیاه می‌شود (۲۴). نتایج آزمایش Singhو همکاران (۲۰۰۳)، نشان داد که مصرف ترکیبات آهن‌دار موجب افزایش عملکرد گیاه علف لیمو (*Cymbopogon flexuosus*) می‌گردد (۲۵). در آزمایشی مصرف نانوذرات آهن موجب افزایش رشد طولی لوبیا (*Vigna sinensis*) گردید که این به دلیل سطح مخصوص نانوذرات آهن و قابلیت جذب و تحرک بیشتر در گیاه است (۲۶). همچنین Pourebrahimi و همکاران (۲۰۱۴)، بیان کردند که به نظر می‌رسد محلول‌پاشی نانو کلات آهن سبب دسترسی بهتر به عناصر غذایی، افزایش فتوسنتز و ماده‌سازی در گیاهان می‌شود و افزایش فتوسنتز و ماده‌سازی موجب افزایش چشمگیر وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی می‌گردد (۲۳). نتایج Jabeenو همکاران (۲۰۱۱)، در

آفتـابگردان (۲۷) و Zayed و همکـاران (۲۰۱۱)، در برنج (۲۸) نیز حاکی از افزایش وزن تر و خشـک گیـاه درنتیجه‌ی دسترسی بـه اشـکال مختلـف آهـن اسـت. نتایج این تحقیق نیز نشـان داد کـه وزن تـر و خشـک اندام هوایی و ریشه گیاه جعفری با استفاده از کـلات و نانو کلات آهن افزایش یافت که کاربرد نانو کلات آهن به دلیل فراهمی و در دسترس قرار دادن بیشتر عنصـر غذایی آهن، نسـبت بـه کـلات معمـولی دارای برتـری داشت.

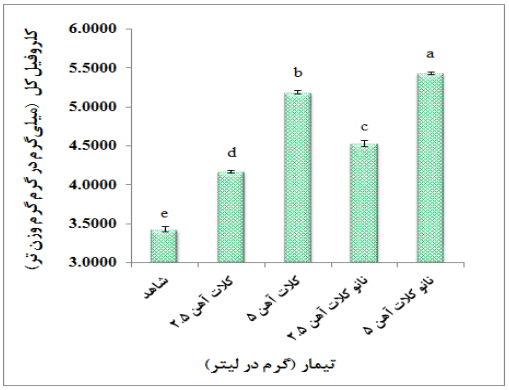
جدول ۳- تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر شاخص‌های رشد گیاه جعفری

تیمار (گرم در لیتر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
شاهد (عدم محلول‌پاشی)	۸/۱۴^{e}	۱/۴۸^{e}	۲/۷۴^{e}	۰/۶۹^{d}
کلات آهن ۲/۵	۱۰/۹۳^{c}	۱/۹۳^{c}	۳/۲۷^{d}	۰/۹۳^{c}
کلات آهن ۵	۱۲/۶۵^{b}	۲/۴۳^{b}	۴/۳۱^{b}	۱/۴۳^{a}
نانو کلات آهن ۲/۵	۱۰/۴۸^{d}	۱/۷۶^{d}	۳/۶۵^{c}	۱/۱۵^{b}
نانو کلات آهن ۵	۱۳/۲۷^{a}	۲/۷۵^{a}	۴/۶۳^{a}	۱/۵۸^{a}

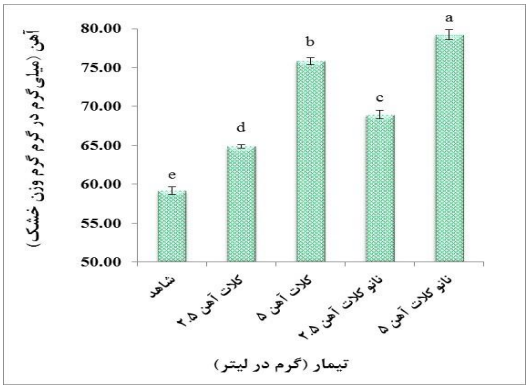
حروف یکسان بیانگر عدم اخـتلاف معنـی‌دار در سـطح $P\leq$۰/۰۵ است.

کلروفیل کل و میزان آهن

نتایج نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل کل در تیمـار کـلات آهـن ۵ گـرم در لیتـر (۵/۴۳۱۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کمتـرین در تیمـار شـاهد (۳/۴۲۷۴ میلی‌گرم در گـرم وزن تـر) بـود (شـکل ۱). همچنین بیشترین و کمترین میزان آهن به ترتیـب در تیمار نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر (۷۹/۲۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) و تیمار شاهد (۵۹/۱۷ میلی‌گـرم در گرم وزن خشـک) بـود (شـکل ۲). در بـین عناصـر کم‌مصرف، گیاهان بـه آهـن نیـاز بیشـتری دارنـد کـه ممکن اسـت بـه صـورت یـون فریـک (Fe^{3+}) یـا فـرو (Fe^{2+}) جـذب شـود، البتـه بـه دلیـل بیشـتر بـودن محلولیت یون فرو، جذب آن نیز بیشتر می باشد (۲۹). کمبود آهن موجب از بین رفـتن همزمـان کلروفیـل و تخریب ساختمان کلروپلاست مـی‌شـود کـه درنتیجـه منجر به بروز زردی سطح کل برگ به‌جـز رگبـرگ‌هـا می‌گردد. این علائم ابتدا در برگ‌های جـوان و قسـمت بالای ساقه مشاهده می‌شود و به تدریج کل گیـاه را در برمی‌گیرد. همچنین کمبود آهن سبب تغییر غلظـت و میزان آهن در بافت‌های گیاهی مـی‌گـردد کـه رابطـه نزدیکی با عملکرد گیاهان دارد (۳۰). مهم‌ترین عواملی سبب کمبود آهن در گیاهان می‌شوند شامل بالا بودن pHخـاک، سـطح بـالای آهـک، زیـاد بـودن غلظـت بی‌کربنات محلول در خاک، کمبود مـواد آلـی، نـاتوانی ریشه گیاهان در جذب آهن و رطوبت زیاد خاک اسـت (۳۱). به‌طـورکلی آهـن نقـش مسـتقیمی در سـاختار کلروفیل، تثبیـت نیتـروژن و فتوسـنتز دارد و کـاربرد اشکال مختلـف آهـن سـبب افـزایش میـزان آهـن در بافت‌های گیاهی و افزایش محتوای کلروفیل می‌گـردد (۳۲). در این تحقیق محتوای کلروفیل و میـزان آهـن در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های مختلف کلات آهن و نانو کلات آهن، بیشـتر از تیمـار شـاهد بـود کـه بـا نتایج Rustaو همکاران (۲۰۱۷)، هم‌راستا می‌باشد که نشان داد در فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annum* L.) استفاده از کلات آهن و نانو کلات آهن با تأمین ذخایر عناصر غذایی کافی بـرای گیـاه سـبب افـزایش میـزان آهن و محتوای کلروفیل میوه می‌شود (۳۳) و نیـز، بـا دستاوردهای Izadiو همکاران (۲۰۱۸) که بیان کردند با بهبود دسترسی گیـاه مـاش (*Vigna Radiata* L. Wilczek) به آهن، میزان ایـن عنصـر کـم‌مصـرف بـا استفاده از نانو کلات آهن افزایش یافت (۳۴)، مطابقت دارد.



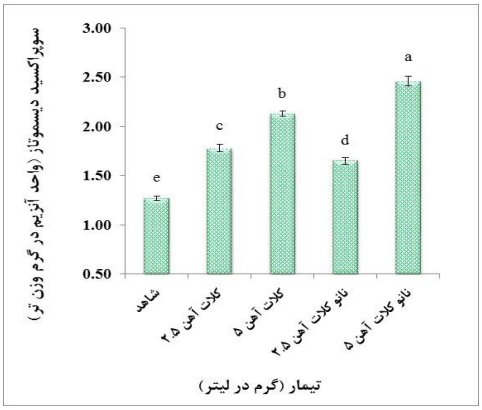
شکل ۱- تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر محتوای کلروفیل کل



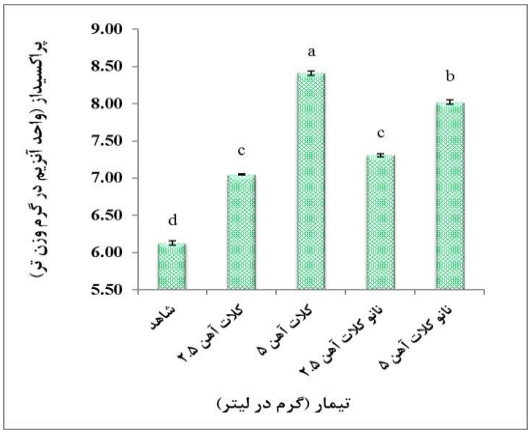
شکل ۲- تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر میزان آهن

آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز

نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به ترتیب در تیمار نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر (۲/۴۷ واحد آنزیم در گرم وزن تر) و کمترین در تیمار شاهد (۱/۲۶ واحد آنزیم در گرم وزن تر) بود. بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز با ۸/۴۱ واحد آنزیم در گرم وزن تر در تیمار کلات آهن ۵ گرم در لیتر و کمترین با ۶/۱۳ واحد آنزیم در گرم وزن تر در تیمار شاهد به دست آمد (شکل‌های ۳ و ۴). در برخی گزارش‌ها ذکر شده است که کمبود آهن موجب کاهش فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز می‌گردد که این امر سبب کاهش شدید نرخ فتوسنتزی گیاه و کاهش عملکرد، می‌شود (۳۵)؛ زیرا آهن نقش مستقیمی در فعالیت آنزیم‌ها و چرخه انتقال الکترون دارد (۳۱) و به‌عنوان فعال‌کننده آنزیم‌ها و یا کوفاکتور در ساخت کلروفیل عمل می‌کند که در فتوسنتز گیاه مؤثر است. فراهمی این عنصر با تأثیر بر متابولیسم گیاه می‌تواند نقش مؤثری در فعالیت آنزیم‌ها، داشته باشد (۳۲). نتایج این تحقیق نیز، نشان داد محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن در گیاه جعفری، سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز شد. مطابق با یافته‌های Yousefzadeh و همکاران (۲۰۱۶)، کاربرد کلات آهن و نانو کلات آهن با فراهمی و تسهیل دسترسی به عناصر غذایی در گیاهان موجب بهبود فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) شد (۳۶). همچنین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با استفاده از ترکیبات مختلف آهن به دلیل بهبود رشد و کیفیت گیاهان، افزایش یافت (۳۷). نتایج تحقیقات Nasiri و همکاران (۲۰۱۰)، حاکی از آن است که استفاده از کلات آهن و نانو کلات آهن در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) با آزادسازی دقیق عناصر غذایی و بهبود دسترسی گیاهان به آن‌ها سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز، گردید (۳۸).



شکل ۳- تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز



شکل ۴- تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج بررسی همبستگی صفات مورد ارزیابی نشان داد که بین تمام صفات همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۱ یا ۵ درصد وجود دارد. وزن تر ریشه با فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۵ درصد و بقیه صفات با یکدیگر، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۱ درصد دارند (جدول ۴).

جدول ۴- تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر شاخص‌های رشد گیاه جعفری

	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	آهن برگ	کلروفیل کل	سوپراکسید دیسموتاز	پراکسیداز
وزن تر اندام هوایی	۱							
وزن خشک اندام هوایی	+۰/۹۱۶**	۱						
وزن تر ریشه	+۰/۸۷۱**	+۰/۷۶۸**	۱					
وزن خشک ریشه	+۰/۷۹۶**	+۰/۸۹۷**	+۰/۹۱۲**	۱				
آهن برگ	+۰/۸۲۲**	+۰/۸۹۲**	+۰/۹۲۴**	+۰/۷۸۵**	۱			
کلروفیل کل برگ	+۰/۹۰۵**	+۰/۸۷۶**	+۰/۷۵۳**	+۰/۸۳۶**	+۰/۹۲۳**	۱		
سوپراکسید دیسموتاز	+۰/۷۸۷**	+۰/۷۵۹**	+۰/۶۱۳*	+۰/۷۸۱**	+۰/۷۵۴**	+۰/۷۹۸**	۱	
پراکسیداز	+۰/۷۴۸**	+۰/۷۸۲**	+۰/۷۶۱**	+۰/۷۹۴**	+۰/۸۶۲**	+۰/۷۷۶**	+۰/۷۵۱**	۱

**، * و ns به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد،۵ درصد و غیرمعنی‌دار

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، میزان آهن و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار نانو کلات آهن ۵ گرم در لیتر، به دست آمد. بیشترین محتوای کلروفیل کل و فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار کلات آهن ۵ گرم بود. درمجموع می‌توان بیان کرد که محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن نقش مؤثری در بهبود شاخص‌های رویشی و افزایش فعالیت آنزیمی گیاه جعفری داشت. این تأثیر در گیاهان تیمار شده با نانو کلات آهن محسوس‌تر از تیمارهای کلات آهن بود. لذا کاربرد کود آهن به صورت نانو کلات به دلیل استفادهٔ کمتر از این منبع کودی و عملکرد تولیدی بیشتر در مقایسه با کلات معمولی توصیه می‌شود.

References

1. Barati S, Lahouti M, Cheniany M. Effects of molybdenum stress on antioxidant system performance of parsley seedlings (*Petroselinum sativum* L.) under laboratory condition. Iranian Journal of Horticultural Science. 2021; 52(2): 281-291. [In Persian]

2. Jamali S, Shaifan H, Sajadi F. Effect of irrigation with conjunctive caspian seawater and fresh water on yield and yield components of parsley (*Petroselinum crispum* Mill). Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2018; 6(11): 935-946. [In Persian]

3. Cheraghi J, Krishchi P, Nasri S, Borbor M. The Effect of Ethanolic extracts of *petroselinum crispum* leaves on histopathological and activity of liver enzymes in streptozotocin-induced diabetic rats. scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2015; 23(7): 190-202. [In Persian]

4. Khani M.R, Bigdeli R, Vazini H, Notghi P. The effect of leaf extract of parsley (*Petroselinum crispum*) on serum levels of gonadotropins and testosterone hormones in male rats receiving leads acetate. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences and Health Services. 2018; 40(2):33-39. [In Persian]

5. Fatahi-Siahkamari S, Arouei H, Azizi Arani M, Salehi Sardoei A. Effect of nano chelates (iron and zinc) and nitrogen (biofertilizer and chemical fertilizer) on some morphophysiological characteristics and essential oil yield of two basil populations. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants. 2020. 8(1): 106-118. [In Persian]

6. Panahinia M, Sanikhani M, Kheiri A. Morphological Characteristics and essential oil production of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under application of nitrogen and iron. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production. 2016; 26(4): 158-166.

7. Ahmadi L, Ghobadi M, Saeidi M, Ghaderi J. The effect of supplemental irrigation, time and methods of Fe fertilizer application on qualitative and quantitative traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research. 2019; 10(2): 119-131. [In Persian]

8. Maleki Lajayer H, Soltanzadeh-pormehr S, Torabi- giglou M, Poorbeyrami Hir Y, Chamani E. Effects of pre-treatment with salicylic acid and silicon nanoparticles on germination, growth and physiological indices of savory (*Satureja hortensis*) seeds under lead heavy metal stress. Journal of Vegetables Sciences. 2021; 4(2): 147-160. [In Persian]

9. Ghani A, Mohtashami S, Jamalian S. Morphological and biochemical responses of summer savory (*Satureja hortensis* L.) to chelated plus nano fertilizer application. Journal of Vegetables Sciences. 2021; 4(2): 81-96. [In Persian]

10. Naderi A, Daneshe Shhahraki O. Application of nanotechnology tooptimize the formation of chemical fertilizers. Nanotechnology Monthly. 2013; 4(20): 22-165.

11. Kobdani A, Piri I, Tavassoli A. Effect of iron nano-chelate fertilizer on quantity and quality yield of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in condition of drought stress. Journal of Vegetables Sciences. 2021; 5(1): 109-123. [In Persian]

12. Liu R, Lal R. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the Total Environment. 2015; 514: 131-139.

13. Hosseinifard S.J, Sedaghati N, Mohammadi Mohammadabadi A, Alipour H, Nikooei Dastjerdi M.R. Effects of Fe foliar spraying from sulphate and chelate resources on yield and quality of pistachio (*Pistacia vera* L. cv. Owhadi) Trees Fruit in Kerman Province. Pistachio Science and Technology. 2020; 4(8): 43-60.

14. Bayati F, Ayne Band A, Fateh E. effect of nano fertilizer values and times on yield and yield components of *Brassica napus* L. Iranian Journal of Field Crops Research. 2015; 12(4): 805-812.

15. Mirakhorli T, Oraghi Ardebili Z, Ladan-Moghadam A, Danaee E. Nitric oxide improved growth and yield in soybean (*Glycine max*) by mediating physiological, anatomical, and transcriptional modifications. Journal of

Plant Growth Regulation (JPGR). 2022; 41: 13311-1343.
16. Mahdi nezhad N, Jamalpour H, Fakheri B, Azad H. The study of the response of some physiological characteristics and grain yield of purslane cultivars to drought stress and foliar application of chelated nano iron. Journal of Plant Environment Physiology. 2019; 14(54): 74-89. [In Persian]
17. Azad godjebigloo H, Fakheri B, Mehdi Nejhad N, Parmoon, G. Response of different irrigation on nano iron chelated to chamomile genotypes. Journal of Crop Ecophysiology. 2017; 11(3): 565-584. [In Persian]
18. Alhverdizadeh S, Danaee E. Effect of humic acid and vermicompost on some vegetative indices and proline content of *Catharanthus roseous* under low water stress. Environment and Water Engineering. 2023; 9(1): 141-152. [In Persian]
19. Danaee E, Abdossi V. Phytochemical and morphophysiological responses in basil (*ocimum basilicum* l.) plant to application of polyamines. Journal of medicinal plants. 2017; 18(1): 125-134. [In Persian]
20. Soroori S, Danaee E, Hemmati Kh, Ladan Moghadam A. The metabolic response and enzymatic activity of *Calendula officinalis* L. to foliar application of spermidine, citric acid and proline under drought stress and in a post harvest condition. Journal of Agriculture Scince and Technology. 2021; 23 (6): 1339-1353.
21. Abdossi V, Danee E. Effects of Some Amino Acids and Organic Acids on Enzymatic Activity and Longevity of *Dianthus caryophyllus* cv. Tessino on at Pre-Harvest Stage. Journal of Ornamental Plants. 2019; 9(2): 93-104.
22. Dareini H, Abdossi V, Danaee E. Effect of some essential oils on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera Jamesonii* cv. Sorbet). European Journal of Experimental Biology. 2014; 4(3): 276-280.
23. Pourebrahimi M, Roosta H.R, Hamidpour M. Interactive effect of sodium bicarbonate and different Fe sources on micronutrients concentration in bell pepper plants. Journal Science and Technolgy Greenhouse Culture. 2014; 5 (17): 27-38.
24. Amaliotis D, Velemis D, Bladenopoulou S, Karapetsas N. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. Acta Horticulture. 2002; 567: 447-450.
25. Singh R.K, Singh R.P, Singh R.S. Effect of iron on herbage and oil yield of lemon grass (*Cymbopogon flexuosus*). Crop Research. 2003; 26: 185-187.
26. Khalaj H, Baradarn Firouzabadi M, Delfani M. Effect of nano iron and magnesium chelate fertilizers on growth and grain yield of *Vigna sinensis* L. Journal of Plant Process and Function. 2019; 9(35): 160-177. [In Persian]
27. Jabeen N, Ahmad R. Effect of foliar-applied boron and manganese on growth and biochemical activities in sunflower under saline conditions. Pakistan Journal of Botany. 2011; 43 (2): 1271-1282.
28. Zayed B.A, Salem A.K.M, Sharkawy H, El M. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza Sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. World Journal of Agricultural Sciences. 2011; 7 (2): 179-84.
29. Shiemshi D. Leaf chlorosis and stomatal aperture. New Phytologist. 2007; 166: 455-461.
30. Rout G.R, Sahoo S. Role of iron in plant growth and metabolism. Reviews in Agricultural Science. 2015; 3: 1-24.
31. Alvarez-Fernandez A, Melgar J.C, Abadia J, Abadia A. Effects of moderate and severe iron deficiency chlorosis on fruit yield, appearance and composition in pear (*Pyrus communis* L.) and peach (*Prunus persica* L. Batsch). Experimental Botany. 2011; 71: 280–286.
32. Mahdavikia H, Mahna N. In vitro evaluation of iron-deficiency tolerance in an endemic putative apple rootstock. Research in Plant Biology. 2012; 2(6): 23-29.
33. Rusta H.R., Rezakhanejad D, Ragami M, Ismailizadeh M. Comparison of the effect of nano iron chelate with iron chelate on the growth and physiological characteristics of two varieties of sweet pepper in alkaline conditions in soilless cultivation system. 2017; 8(1):35-54.

34. Izadi Y, Modares Sanavey S.A.M. Effect of nano iron and manganese fertilizers on mung bean growth and yield in water deficit stress condition. Iranian Journal of Field Crops Research. 2018; 16(3): 651-664. [In Persian]
35. Ahmadi L, Ghobadi M, Saeidi M, Ghaderi J. The effect of supplemental irrigation, time and methods of Fe fertilizer application on qualitative and quantitative traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research. 2019; 10(2): 119-131. [In Persian]
36. Yousefzadeh S, Naghdi Badi H, Sabaghnia N, Janmohammadi M. The effect of foliar application of nano-iron chelates on physiological and chemical traits of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Medicinal. Plants. 2016; 15(60): 152-160. [In Persian]
37. Peyvandi M, Parandeh H, Mirza M. Comparison of nano Fe and Fe chelate fertilizers on the quality and the quantity of *Ocimum basilicum* L. essential oil. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 2015; 31(2): 185-193. [In Persian]
38. Nasiri Y, Zehtab-Salmasi S, Nasrullahzadeh S.N, Najafi N, Ghassemi-Golezani K. Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 2010; 4(17): 1733 – 37. [In Persian]

Vol.4/No.1/ Summer 2024/Pages: 1-11 https://www.qafj.iauk.ac.ir

Investigating the morphophysiological and biochemical indicators of parsley (*Petroselinum sativum*) using iron chelate and iron nano-chelate

Morteza Mohamadi[1], Elham Danaee[2*]

1- M.Sc,Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran

2- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran

Corresponding author: dr.edanaee@yahoo.com

Received: 31/10/2023, Accepted: 30/06/2024

Abstract

Iron is one of the important micronutrients in the growth and development of plants. In order to investigate the effects of iron chelate and nano-iron chelate on the morphophysiological and biochemical indicators of parsley, an experiment was conducted in the form of a completely randomized statistical design with five treatments, three replications and each replication containing three pots, in a commercial greenhouse located in Garmsar city. Iron chelate and iron nano-chelate were sprayed on the plants in three concentrations of 0, 2.5 and 5 g/L in 4 and 6 leaf stages. The results of the evaluated traits showed that the highest fresh and dry weight of shoots and roots were in nano iron chelate 5 g/L treatment. Iron chelates 5 g/L treatment had the highest total chlorophyll content. The highest amount of iron (79.23 mg/g dry weight) was obtained in nano iron chelate, 5 g/L treatment. Also, the highest activities of peroxidase and superoxide dismutase enzymes were in iron chelate 5 g/L and nano iron chelate 5 g/L treatments, respectively. Therefore, according to the results of the present research, the use of iron chelate and nano-iron chelate of 5 g/L is recommended to improve the morphophysiological and biochemical indicators of parsley.

Keywords: Iron, Iron Chelate, Iron Nano Chelate, Parsley.