مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۵ ، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

تاثیر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)

حسن هداوند میرزایی[۱]، الهام دانائی[۲*]

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۲۳

چکیده

استفاده از فناوری نانو در کلیه عرصه‌ها از جمله کشاورزی در حال گسترش است. به منظور مطالعه اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه مرزه (*Satureja hortensis*)، آزمایشی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۷ تیمار شامل دو سطح نانو کلات آهن، پتاسیم و روی (۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) در ۳ تکرار انجام شد. پس از گذشت حدود ۴ هفته از زمان کشت بذر مرزه در بستر مناسب، محلول‌پاشی با نانو کلات آهن، پتاسیم و روی به مدت یک هفته هر دو روز یک‌بار انجام شد. گلدان بدون محلول‌پاشی به عنوان شاهد بود. پس از رسیدن گیاه به مرحله مناسب برداشت و عرضه به بازار مصرف، صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه مانند وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، کلروفیل کل برگ، میزان آهن، پتاسیم و روی برگ ارزیابی شد. نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر بود. بیشترین محتوای کلروفیل کل در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. بیشترین میزان آهن، پتاسیم و روی به ترتیب در تیمارهای نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر و نانو کلات روی ۶ میلی‌گرم در لیتر بود. بنابراین، با توجه به نتایج تحقیق می‌توان بیان نمود که تیمار ۶ میلی‌گرم در لیتر عناصر مورد استفاده بر بهبود صفات کمی، کیفی گیاه مرزه موثر است.

واژه‌های کلیدی: آهن، پتاسیم، روی، مرزه، نانو کلات

[*]نویسنده مسئول (e.danaee@iau-garmsar.ac.ir)

مقدمه

امروزه انواع عناصر غذایی با فناوری نانو به دو شکل نانو ذره و نانو کلات، غنی شده‌اند تا ضمن ایجاد محیطی مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها، توان رشد و تولید محصول گیاهان را تقویت کنند (Maleki Lajayer *et al.*, 2021). کاربرد نانو کودها به عنوان جایگزین کودهای مرسوم می‌تواند نقش موثری در آزادسازی تدریجی و کنترل شده عناصر غذایی برای استفاده گیاهان داشته باشد (Naderi & daneshe shahraki, 2013). همچنین سایر مزایای کاربرد نانو کودها شامل افزایش راندمان و کیفیت عناصر غذایی بدلیل سرعت جذب بالا، کاهش آبشویی و آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی و جذب بالا به دلیل آزادسازی تدریجی در طول مراحل مختلف رشد می‌باشد (Liu & Lal, 2015). مرزه (*Satureja hortensis*)، یکی از مهمترین سبزی‌ها با ارزش دارویی فراوان می‌باشد که رشد و عملکرد آن تحت تاثیر عوامل محیطی از جمله تغذیه قرار می‌گیرد (نایبجی و سوری، ۱۳۹۴). استفاده صحیح از عناصر غذایی در طی مراحل مختلف رشد گیاهان نقش موثری در افزایش کیفیت و عملکرد آن‌ها دارد. امروزه استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی مشکلات متعددی از قبیل تغییر ساختمان خاک و کاهش نفوذپذیری آن، آلودگی آب‌های زیرزمینی، تجمع نیترات و سمیت فلزات سنگین و غیر را به همراه دارد (Panahinia1 *et al.*, 2016). آهن، پتاسیم و روی از عناصر کم مصرف و پر مصرف مفید برای بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌باشند که افزودن آن‌ها به گیاهان می‌تواند نقش موثری در برطرف کردن مشکلات تغذیه‌ای گیاهان داشته باشد (Bagheri *et al.*, 2021). در پژوهشی، محلول‌پاشی نانو کودهای آهن و منیزیم روی شاخ و برگ گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) از طریق تأثیر بر محتوای کلروفیل و فتوسنتز گیاه، منجر به افزایش عملکرد شد (Mallick *et al.*, 2010). نتایج تحقیقات فتاحی سیاه‌کمری و همکاران

(۱۳۹۹) نشان داد که مصرف برگی عناصر غذایی از جمله نانو کودهای آهن و روی، یکی از روش‌های مدیریتی جهت دستیابی به عملکرد بالا در تولید گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) است. همچنین استفاده از نانو کودهای آهن، پتاسیم، روی و منیزیم در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) به دلیل اندازه کوچک ذرات و توان جذب بالاتر موجب افزایش کیفیت و عملکرد گیاه شد (Rita & Animesh, 2011). در گیاهان نعناع، جعفری و ریحان نیز استفاده از عناصر آهن، پتاسیم و روی با تاثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیک متعدد منجر به افزایش وزن تر و خشک، محتوای کلروفیل کل و میزان عناصر غذایی شد (دانائی و عبدوسی، ۱۳۹۸). تحقیقات Yadegari *et al* (2017) نشان داد که کاربرد نانوکلات آهن، روی، منگنز و مس میزان وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد گل، میزان فنل، فلاونوئید و اسانس گیاه بادرنجبویه (*Melissa Officinalis* L.) را افزایش داد. با توجه به بررسی منابع صورت گرفته به نظر می‌رسد که تاکنون مطالعه جامعی در رابطه با تأثیر عناصر آهن، پتاسیم و روی به صورت نانو کلات بر خصوصیات موفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه مرزه انجام نشده است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه مرزه، انجام شد.

مواد و روش‌ها

ابتدا بذور مرزه تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان در گلدان حاوی بستر مناسب شامل خاک لومی، شن و کمپوست به نسبت ۱-۱-۱ کشت شد. سپس گلدان‌ها در گلخانه در شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۲±۲۳ درجه سانتیگراد قرارگرفتند. حدود ۴ هفته پس از زمان کشت بذور، محلول‌پاشی با نانو کلات آهن، پتاسیم و روی (۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) به مدت یک هفته هر دو روز یک‌بار انجام شد. گلدان بدون محلول‌پاشی به عنوان شاهد بود. پس از رسیدن گیاه به مرحله مناسب برداشت و عرضه به بازار مصرف، صفات مورد نظر ارزیابی شد. وزن تر اندام هوایی و ریشه بلافاصله پس

از برداشت و وزن خشک پس از ۷۲ ساعت قرارگیری در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد، با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین شد (Danaee & Abdossi, 2023). محتوای کلروفیل کل برگ‌ها با استفاده از عصاره استخراج شده از قطعات یک گرمی برگ به کمک حلال استون ۸۰ درصد، در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۶۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر (UV Visible مدل Spectro Flex 6600)، قرائت و بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر یادداشت شد (Imani & Danaee, 2023).

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

طول موج=A ,وزن نمونه =W ,حجم نمونه=V

برای اندازه‌گیری میزان آهن، پتاسیم و روی، ابتدا برگ‌ها در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت خشک شدند. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، میزان جذب توسط دستگاه جذب اتمی (Analyst 700, Perkin Elmer, U.S.A.) قرائت شد (Bagheri *et al.*, 2021). سپس میزان آهن با روش Soroori *et al* (1999)، میزان پتاسیم به روش Soroori *et al* (2021b) و میزان روی با روش Cakmak *et al* (1999) بدست آمد.

آزمایش به صورت طرح آماری کاملاً تصادفی با ۷ تیمار شامل نانو کلات آهن، پتاسیم و روی (صفر، ۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) در ۳ تکرار و هر تکرار حاوی ۳ گیاه در مجموع ۶۳ گیاه، انجام شد. آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS 23 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ و ۱ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 16 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای کلروفیل کل برگ و میزان آهن و روی در سطح آماری ۱ درصد و بر میزان پتاسیم برگ در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه مرزه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	کلروفیل کل برگ	آهن	پتاسیم	روی
تیمار	۶	۴/۳۲۲**	۰/۷۸**	۰/۱۲۶**	۰/۵۲**	۷/۷۹۷**	۲۱۴/۲۱۶**	۳۸۴/۸۸۴*	۱۶/۲۷۰**
اشتباه آزمایشی	---	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۵۷	۰/۶۸۳	۰/۹۴۲	۰/۱۱۹
ضریب تغییرات (٪)	---	۱۰/۸۵	۸/۴۱	۱۱/۵۳	۱۰/۵۴	۹/۰۲	۱۲/۷۴	۱۱/۷۹	۱۰/۵۲

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

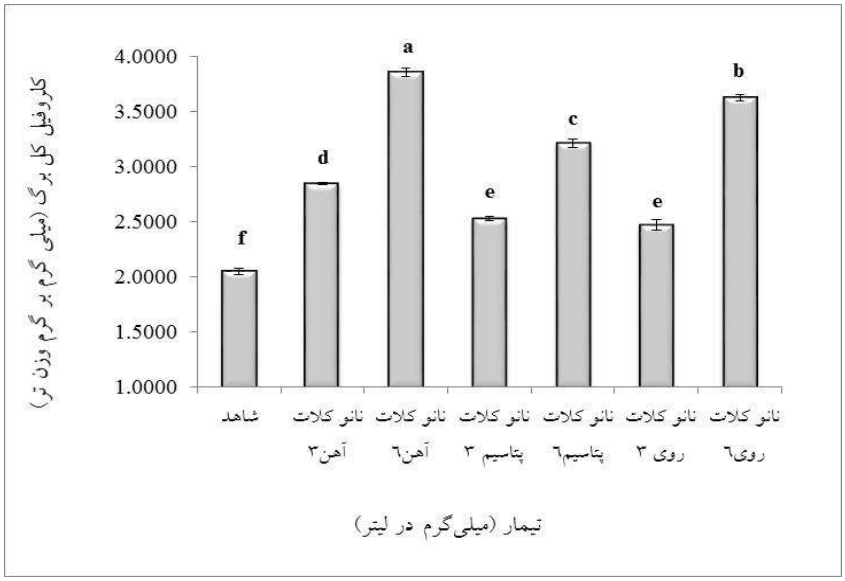
بررسی داده‌های پژوهش نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی با ۲/۴۳ گرم در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۱/۵۲ گرم در تیمار شاهد، بود. بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب با ۰/۴۱ و ۰/۲۰ گرم در تیمارهای نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر و شاهد، بدست آمد. بیشترین وزن تر ریشه با ۰/۸۳ گرم در تیمار نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۰/۶۱ گرم در تیمار شاهد، بود. بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه به ترتیب با ۰/۲۷ و ۰/۱۵ گرم در تیمارهای نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر و شاهد، بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۲- اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه گیاه مرزه

تیمار	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
شاهد	۱/۵۲^{f}	۰/۲۰^{f}	۰/۶۱^{f}	۰/۱۵^{e}
نانو کلات آهن ۳ میلی‌گرم در لیتر	۱/۹۷^{d}	۰/۳۱^{c}	۰/۶۷^{de}	۰/۱۸^{d}
نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر	۲/۴۳^{a}	۰/۴۱^{a}	۰/۷۴^{c}	۰/۲۵^{ab}
نانو کلات پتاسیم ۳ میلی‌گرم در لیتر	۱/۷۵^{e}	۰/۲۴^{e}	۰/۶۹^{d}	۰/۲۱^{c}
نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر	۲/۱۴^{c}	۰/۳۹^{ab}	۰/۸۳^{a}	۰/۲۷^{a}
نانو کلات روی ۳ میلی‌گرم در لیتر	۱/۸۹^{de}	۰/۲۷^{d}	۰/۶۴^{e}	۰/۲۰^{cd}
نانو کلات روی ۶ میلی‌گرم در لیتر	۲/۲۷^{b}	۰/۳۶^{b}	۰/۷۸^{b}	۰/۲۴^{b}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq0.05$ است

نتایج پژوهش نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل با ۳/۸۵۴۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۲/۰۴۷۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار شاهد، بود.



شکل ۱- اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر محتوای کلروفیل کل برگ گیاه مرزه (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq0.05$ است)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان آهن برگ با ۹۷/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۷۱/۴۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در تیمار شاهد، بود. بیشترین و کمترین میزان پتاسیم برگ به ترتیب با ۱۵۳/۲۹ و ۱۲۴/۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در تیمارهای نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر و شاهد، بدست آمد. بیشترین میزان روی برگ با ۷/۴۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در تیمار نانو کلات روی ۶ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۵/۰۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در تیمار شاهد، بود (جدول ۳).

جدول ۳- اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر میزان عناصر برگ گیاه مرزه

تیمار	آهن (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)	پتاسیم (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)	روی (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)
شاهد	۷۱/۴۳^{f}	۱۲۴/۳۸^{f}	۵/۰۳^{g}
نانو کلات آهن ۳ میلی‌گرم در لیتر	۸۷/۳۵^{c}	۱۳۱/۹۳^{d}	۵/۹۲^{e}
نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر	۹۷/۲۵^{a}	۱۴۶/۲۵^{b}	۷/۱۹^{b}
نانو کلات پتاسیم ۳ میلی‌گرم در لیتر	۷۸/۶۴^{e}	۱۳۵/۷۱^{c}	۵/۵۴^{f}
نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر	۸۹/۲۶^{c}	۱۵۳/۲۹^{a}	۶/۸۷^{c}
نانو کلات روی ۳ میلی‌گرم در لیتر	۸۳/۷۴^{d}	۱۲۸/۶۴^{e}	۶/۲۹^{d}
نانو کلات روی ۶ میلی‌گرم در لیتر	۹۴/۶۸^{b}	۱۴۴/۲۸^{b}	۷/۴۱^{a}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq0.05$ است

برخی عناصر غذایی پرمصرف مانند پتاسیم و کم‌مصرف مانند آهن و روی برای رشد گیاه ضروری هستند. آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد همه گیاهان است و در صورت کمبود آن، کلروفیل به مقدار کافی در سلول‌های برگ ایجاد نمی‌شود. همچنین آهن در فرآیندهای اکسیداسیون و احیاء نقش دارد و با تغییر ظرفیت موجب انتقال الکترون می‌شود که این نقش در متابولیسم گیاهی بسیار مهم است. وجود آهن در سنتز پروتئین لازم است و از آنجائی که نقش عمده آهن در سنتز پروتئین‌های همراه کلروفیل است، کمبود آن موجب از کار افتادن کلروفیل می‌شود که به همین علت رنگ زرد ناشی از کمبود آهن رخ می‌دهد (دانائی و عبدوسی، ۱۳۹۸). پتاسیم اهمیت ویژه‌ای در برگ‌های جوان نوک ریشه و بافت‌های مریستمی دارد و تقریباً در تمام فرآیندهای متابولیسمی گیاه مانند فتوسنتز، ساخت کربوهیدارت‌ها، احیای نیترات، ساخت اسیدآمینه و پروتئین دخالت دارد. همچنین پتاسیم در باز و بسته شدن سلول‌های روزنه نیز مهم بوده و موجب تقویت رشد ریشه می‌شود (Bagheri *et al.*, 2021). روی وظایف مهمی را در گیاهان به عهده دارد، این عنصر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها در گیاهان دخالت

دارد. فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز به سرعت در اثر کمبود روی کاهش می‌یابد. کربنیک آنهیدراز در سیتوپلاسم و کلروپلاست تجمع می‌یابد و به تثبیت CO_2 در فتوسنتز کمک می‌نماید. روی نقش متابولیکی زیادی را در گیاه ایفا می‌کند که قابل توجه‌ترین آن‌ها به صورت جزئی در ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها مانند هیدروناژ، پروتئیناز، پپتیدازها و فسفوهیدرولازها است (Rita & Animesh, 2011). آهن، پتاسیم و روی در فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی مانند فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها، تولید هورمون‌های رشد، جذب آب، فرآیند اکسیداسیون و احیاء، تشکیل کلروفیل و غیره دخالت داشته و کمبود آنها می‌تواند موجب عدم توازن عناصر غذایی در گیاه و نهایتاً کاهش کمیت و کیفیت محصول شود. در شرایطی که خاک زراعی دارای کمبود عناصر غذایی کم مصرف یا پرمصرف باشد، می‌توان از محلول‌پاشی برگی این عناصر در اوایل دوران رشد رویشی گیاه استفاده نمود که موجب افزایش رشد و عملکرد شود. در پژوهش حاضر نیز استفاده از فرم نانو کلات عناصر موجب بهبود وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای کلروفیل کل برگ و میزان آهن، پتاسیم و روی برگ شد. تحقیقات Jafari *et al* (2014) نشان داد که استفاده از نانو کلات آهن در گیاه شوید (*Anethum graveolens*) موجب افزایش جذب آهن شد که می‌تواند به دلیل نقش آهن در ساخت پروتئین‌های هِم (پیش نیاز ساخت کلروفیل) و پروتئین‌های آهن و گوگرددار مانند فردوکسین باشد. میزان جذب پتاسیم با کاربرد نانو کلات پتاسیم در گندم (*Triticum aestivum* L.) افزایش یافت، زیرا وجود غلظت کافی نانو کلات پتاسیم منجر به توسعه ریشه و در نتیجه جذب و فراهمی پتاسیم گردید (Tavan *et al.*, 2014). تحقیقات فتاحی سیاه‌کمری و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد تیمار نانو کلات روی سبب بهبود وزن تر و محتوای کلروفیل دو توده محلی گیاه دارویی (*Ocimum basillicum* L.) گردید. در گیاه بادرشبو نیز آهن نقش کلیدی در فتوسنتز و در نتیجه

بهبود شاخص‌های رشد گیاه داشت (Yousefzadeh *et al.*, 2016).

Bagheri *et al* (2021) بیان کردند استفاده از فرم نانو آهن، پتاسیم و روی به دلیل جذب حداکثری عناصر موجب بهبود وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در گیاه نعناع فلفی (*Mentha piperita*) گردید. دانائی و عبدوسی (۱۳۹۸) نتیجه گرفتند تیمار آهن و پتاسیم با تاثیر بر ساخت پیش سازهای کلروفیل و بهبود شرایط تغذیه‌ای سبزی‌های برگی بر بهبود میزان این عناصر در گیاهان موثر بود.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی تاثیر مثبتی بر صفات مورد ارزیابی داشت. بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوای کلروفیل کل و میزان آهن در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. بیشترین وزن تر و خشک ریشه و میزان پتاسیم در تیمار نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر بود. بیشترین میزان روی در نانو کلات روی ۶ میلی‌گرم در لیتر، به دست آمد. لذا، با توجه به نتایج حاضر استفاده از غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر عناصر مورد استفاده را برای بهبود صفات کمی، کیفی گیاه مرزه پیشنهاد می‌شود.

منابع

دانائی، ا و. و، عبدوسی. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر فعالیت آنزیمی و ارزش غذایی برخی سبزی‌های برگی. علوم غذایی و تغذیه، ۱۶(۲): ۴۵ - ۵۴.

فتاحی سیاه‌کمری، س.، ح. آروئی، م. عزیزی‌ارانی، و ع، صالحی‌ساردویی. ۱۳۹۹. اثر کودهای نانو کلات (آهن و روی) و کود نیتروژن (زیستی و شیمیایی) بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد اسانس دو توده محلی گیاه دارویی *Ocimum basillicum* L. فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۸(۱): ۱۰۶ تا ۱۱۸.

نایبجی، م. و م.ک. سوری. ۱۳۹۴. بررسی رشد و عملکرد گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) تحت تاثیر کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک در راستای تولید ارگانیک. مجله دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ۳۸ (۳): ۹۳ - ۱۰۳.

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

Maleki Lajayer, H., S. Soltanzadeh-Pormehr, M. Torabigiglou, Y. Poorbeyrami Hir, and E, Chamani. 2021. 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, 4(2): 147-160.

Mallick, S., G. Sinam, R.K. Mishra, and S, Sinha. 2010.Interactive effects of Cr and Fe treatments on plants growth, nutrition and oxidative status in *Zea mays* L. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 987-995.

Mengel, K. and E.A, Kirkby. Principles of Plant Nutrition, 5th edn. 1973. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Naderi, A. and O. Daneshe Shhahraki. 2013. Application of Nanotechnology to Optimize the Formation of Chemical Fertilizers. Nanotechnology Monthly, 4(20): 22-165.

Panahinia, M., M. Sanikhani, and A, Kheiri. 2016. Morphological Characteristics and essential oil production of sweet basil (*ocimum basilicum* L.) under application of nitrogen and iron. Journal of

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in vulgaris. Plant Physiology, **24**(1):1.

Bagheri, H., A. Ladan Moghadam, E. Danaee, and V, Abdossi. 2021. Morphophysiological and phytochemical changes of *Mentha piperita* using calcium, potassium, iron and manganese nano-fertilizers. European Journal of Horticulture Sciencd, 86(4): 419–430.

Cakmak, I., A. Tolay, H. Ozdemeir, and C.I. King. 1999. Differences in zinc efficiency among and within diploid, tetraploid and hexaploid wheats. Annals of Botany, 163-171.
Danaee, E. and V, Abdossi. 2016. Evaluation of the effect of plant growth substances on longevity of gerbera cut flowers cv. Sorbet. Iranian Journal Plant Physioogyl, 7 (1): 1943- 1947.

Imani, A. and E. Danaee. 2023. The effect of *Aloe vera* and Citosan gel as an oral coating on the quality properties and shelf life of tomato (*Solanum lycopersicum*) during storage. Journal of Food Biosciences and Technology, 13(3): 19-26.

Jafari, F., A. Gholchin, and S. Shafiei. 2014. Effect of foliar application of nitrogen and amino chelated iron on growth and yield of *Anethum graveolens*. Science and Technology of Greenhouse Culture, 5(17): 1-12.

Yadegari, M. 2017. Effects of Zn, Fe, Mn and Cu Foliar Application on Essential Oils and Morpho-Physiological Traits of Lemon Balm (*Melissa Officinalis* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20(2): 485-495.

Yousefzadeh, S., H. Naghdi Badi, N. Sabaghnia, and M. Janmohammadi. 2016. The Effect of Foliar Application of Nano-iron Chelate on Physiological and Chemical Traits of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Medicinal. Plants, 15(60): 152-160.

Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 26(4): 158-166.

Rita, P. and D.K, Animesh. 2011. An updated overview on peppermint (*Mentha piperita* L.). Internatinal Research Journal Pharmecy, 2: 1–10.

Soroori, S., E. Danaee, Kh. Hemmati, and A, Ladan Moghadam. 2021a. Effect of foliar application of proline on morphological and physiological traits of *Calendula officinalis* L. under drought stress. Journal of ornamental plants, 11(1): 13-30.

Soroori, S., E. Danaee, Kh. Hemmati, and A.R, Ladan Moghadam. 2021b. 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, 23 (6): 1339-1353.

Tavan, T., M. Niakan, and A. Norinia. 2014. Effect of Nano Potassium Fertilizer on Growth Factors, Photosynthetic System and Extent Wheat plant protein (*Triticum aestivum* L.) cultivar 9191 N. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 9 (35): 61-71.

Effect of foliar application of iron, potassium and zinc nano chelate on morphophysiological traits in Summer savory (*Satureja hortensis* L .)

H. Hadavand Mirzaee[1], E. Danaee[2]*

1. M.Sc. graduated, Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran.
2. Associated Professor, Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran.

Abstract

The use of nanotechnology is expanding in all fields, including agriculture. In order to study the effect of foliar application of iron, potassium and zinc nano chelate on the morphophysiological characteristics of savory plant (*Satureja hortensis*), an experiment was conducted in the form of a completely randomized statistical design with 7 treatments including two levels of iron, potassium and zinc nano chelate (3 and 6 mg/liter) in 3 replications. After about 4 weeks have passed since the cultivation of savory seeds in a suitable Media, foliar spraying with nano chelate of iron, potassium and zinc was done once every two days for a week. The pot without foliar spraying was used as a control. After the plant reached the appropriate stage of harvesting and marketing, the morpho-physiological traits of the plant such as fresh and dry weight of shoot and root, total chlorophyll of leaf, iron, potassium and zinc content of the leaf were evaluated. The results showed that the highest fresh and dry weight of the shoot was in iron nano chelate 6 mg/liter treatment and the highest fresh and dry weight of the root was in potassium nano chelate 6 mg/liter treatment. The highest total chlorophyll content was obtained in iron nano chelate of 6 mg/liter treatment. The highest amounts of iron, potassium and zinc were respectively in iron nano chelate 6 mg/liter, potassium nano chelate 6 mg/liter and zinc nano chelate 6 mg/liter treatments. Therefore, according to the results of the research, the treatment concentration of 6 mg/liter of the used elements can be recommended to improve the quantitative and qualitative traits of the savory plant.

Keywords: Iron, Nano chelate, Potasium, *Satureja hortensi*, Zinc

* Corresponding Author (e.danaee@iau-garmsar.ac.ir)