نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۲۵۰-۲۴۲
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 2, Summer 2016, P. 242-250
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر محلول‌پاشی نانوکلات و سولفات روی بر میزان جذب عنصر روی، شاخص‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

زهره مقیمی‌پور[۱]- محمد محمودی سورستانی[۲*]- ناصرعالم‌زاده انصاری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۸

چکیده

ریحان مقدس گیاهی بوته‌ای و چندساله از خانواده نعناعیان می‌باشد. به منظور ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی عنصر روی به دو شکل نانوکلات و سولفات بر میزان جذب آن در برگ و شاخص‌های فتوسنتزی ریحان مقدس، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهید چمران اهواز بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی با نانوکلات روی (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) و سولفات روی (۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) بود. میزان عنصر روی برگ، هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسیدکربن زیر روزنه‌ای، نرخ تعرق، نرخ فتوسنتز خالص، کارایی مصرف نور، کارائی مصرف آب و همچنین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل (a+b) و کاروتنوئید اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی کودهای روی بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به استثناء صفات دی‌اکسیدکربن زیر روزنه‌ای و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار صفات مذکور به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی و شاهد مشاهده شد. در مجموع با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی جهت افزایش میزان عنصر روی و صفات فتوسنتزی ریحان مقدس، محلول‌پاشی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ریحان مقدس، فتوسنتز خالص، کاروتنوئید کلروفیل، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

ریحان مقدس[۴] گیاهی چندساله و بوته‌ای از خانواده نعناعیان است که دارای شاخه‌هایی چهارگوش، برگ‌های ریز و بسیار معطر به رنگ سبز روشن و گل‌هایی متمایل به رنگ ارغوانی می‌باشد. این گیاه دارویی در هندوستان به نام تولسی[۵] شناخته می‌شود و بومی مناطق گرمسیری آسیا و کشورهایی همچون هند، بنگلادش و تایلند است (۳۱). از بخش‌های هوایی این گیاه در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی- بهداشتی و عطرسازی استفاده می‌شود. برگ‌های این گیاه حاوی ۱/۵-۰/۵ درصد اسانس است که ترکیبات اصلی آن اوژنول، متیل اوژنول، متیل کاویکول و ۱و۸-سینئول می‌باشد. از اثرات درمانی این گیاه می‌توان به درمان بیماری‌های پوستی، کبدی، زخم معده، اختلالات دستگاه گوارش، ورم مفاصل، شب کوری، دیابت، چربی خون، درمان تنگی نفس، استرس و بی‌خوابی اشاره کرد. همچنین از برگ این گیاه برای تقویت حافظه و اعصاب استفاده می‌شود (۱۴).

کودها ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح هستند. از میان عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، برخی از عناصر مانند روی، آهن، منگنز، بر، مس، مولیبدن و کلر به مقدار بسیار کمی مورد نیاز گیاهان بوده و بدین جهت آن‌ها را عناصر کم‌مصرف می‌نامند (۱۶). عنصر روی در مقدار کم به عنوان یک ریزمغذی ضروری برای رشد و نمو در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاه نقش دارد. این فلز تنها عنصری است که به عنوان فعال‌کننده و کوفاکتور در هر ۶ گروه آنزیمی اکسیدوردوکتاز، ترانسفراز، هیدرولاز، لیاز، ایزومراز و لیگاز نقش دارد (۲). روی همچنین عنصری ضروری جهت تولید کلروفیل، فتوسنتز، انجام عمل گرده‌افشانی، لقاح و جوانه‌زنی است. روی در بیوسنتز اکسین به عنوان یک هورمون محرک رشد نیز ایفای نقش می‌کند (۱۱). خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های آهکی به گونه‌ای است که ظرفیت بالایی برای تثبیت عناصر غذایی نظیر فسفر، آهن، روی و کاهش قابلیت جذب آن توسط گیاه دارد (۴). کاربرد محلول‌پاشی کودهای کلاته می‌تواند خصوصیات کمی و کیفی گیاه را بهبود بخشد(۲۳). مصرف عنصر روی میزان کلروفیل و فعالیت

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*-نویسنده مسئول: (Email: f_mahmoodi2000@yahoo.com

4- Holy basil
5- Tulsi

فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد و سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخه، برگ و عملکرد گیاه می‌شود (۲۴). به‌عنوان مثال با کاربرد محلول‌پاشی عنصر روی بیش‌ترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیلa،کلروفیل b، کلروفیل(a+b) و کاراتنوئیدها در گیاه دارویی مریم‌گلی آبی[1] مشاهده شده است (۲۰). تاثیر مثبت کاربرد سولفات روی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گل شمعدانی[2] نیز گزارش شده است (۹). نتایج مشابهی با کاربرد محلول‌پاشی ۴/۵ گرم در لیتر سولفات روی بر گیاه زنبق[3] مشاهده شد (۱۲). افزایش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ شاخص مناسبی از افزایش فتوسنتز و تولید در گیاه می‌باشد (۳).

همچنین یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانو کودها[4] برای تغذیه گیاهان می‌باشد (۲۸). نانو ذرات اتم‌ها یا مولکول‌هایی با ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند. این درحالی است که استفاده از نانو ذرات روی در کشاورزی جنبه نوآوری بسیار بالایی دارد. افزایش کلروفیل، استقرار بهتر دانهال‌ها، گلدهی زودتر، افزایش رشد ساقه، ریشه و همچنین افزایش در میزان محصول با کاربرد نانو ذرات اکسید روی با غلظت ۱ گرم در لیتر در گیاه بادام زمینی[5] گزارش شده است (۲۷). باتوجه به نقش و اهمیت گیاهان دارویی در صنایع مختلف، نکته مهم در تولید این گیاهان، افزایش تولید بیوماس آن‌ها با کاربرد نهاده‌های کودی به روش و غلظت مناسب است. این تحقیق با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی روی به فرم‌های نانوکلات و سولفات روی با غلظت‌های مختلف، بر میزان جذب عنصر روی در برگ، شاخص‌ها (فتوسنتز خالص، دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای، تعرق، هدایت روزنه‌ای، کارائی مصرف آب، کارایی مصرف نور) و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل (a+b) و کاروتنوئید) گیاه دارویی ریحان مقدس انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی نانوکلات روی و سولفات روی بر میزان عنصر روی برگ، شاخص‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل (a+b) و کاروتنوئید) گیاه دارویی ریحان مقدس آزمایشی طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز واقع در حاشیه غربی رودخانه کارون با محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی، ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و با ۲۲/۵ متر ارتفاع از سطح دریا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار طراحی و اجرا گردید.تیمارهای آزمایش عبارت از محلول‌پاشی نانوکلات روی با غلظت صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر بودند. بدین منظور پس از شخم، دیسک‌زنی و تسطیح کامل قطعه زمین آزمایشی و قبل از کاشت گیاه، نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به طور تصادفی تهیه گردید و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد.جدول ۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد. پس از ایجاد پشته در سرتاسر زمین توسط فاروئر، زمین مورد نظر به سه بلوک که هر کدام شش واحدآزمایشی را در بر داشت تقسیم گردید، در هر واحد آزمایشی چهار پشته به طول ۲ متر قرارداده شد. قبل از کاشت بذور به منظور تامین عناصر ماکرو مورد نیاز گیاه، میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود کامل با خاک مزرعه مخلوط شد (۲۲). در اسفند ماه بذور ریحان مقدس با فواصل ۱۵ سانتی‌متری روی ردیف و ۴۰ سانتی‌متری بین ردیف در زمین اصلی کشت گردید. در طول فصل رشد، مراقبت‌های زراعی لازم از جمله وجین، مبارزه با علف‌های هرز و آبیاری زمین به صورت منظم انجام گرفت. هنگامی که گیاهچه‌ها به مرحله ۶ یا ۸ برگی رسیدند و از لحاظ استقرار در زمین کاملا تثبیت شدند، اقدام به محلول‌پاشی گیاهان با نانوکلات روی تهیه شده از شرکت خضراء (حاوی ۱۲ درصد روی) و سولفات روی (۳۶ درصد روی و ۹۹/۹ درصد خلوص) شد و این کار در فواصل زمانی ۱۵ روزه تا مرحله گلدهی کامل (۷۵ روز پس از کشت) تکرار و بطور کلی گیاهان در طول دوره مذکور سه مرتبه محلول پاشی شدند. (۲۹). محلول‌پاشی در ساعات اولیه صبح انجام و پس از آن نسبت به آبیاری مزرعه به روش جوی و پشته اقدام شد.

جهت اندازه‌گیری میزان روی برگ، آماده سازی نمونه‌های گیاه به روش خاکستر خشک (۲۱) و قرائت میزان روی با دستگاه جذب اتمی[6] انجام شد. اندازه‌گیری کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل (a+b) و کاروتنوئید برگ‌های جوان، توسعه یافته و سالم گیاه در مرحله ابتدای رشد زایشی با استفاده از استون ۸۰ درصد به روش آرنون (۱) انجام گرفت. اندازه‌گیری و ثبت خصوصیات تبادلات گازی شامل نرخ فتوسنتز خالص، دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای، نرخ تعرق و نرخ هدایت روزنه‌ای در برگ‌های جوان، توسعه یافته و سالم گیاه (برگ ششم تا هشتم)، با استفاده از محفظه برگی پارکینسون[7] (مجهز به حس‌گرهای دما و تراکم جریان فوتونی فتوسنتزی[8])

1- *Salvia farinacea*
2- *Pelargonium graveolens*
3- *Iris*sp.
4- Nano fertilizers
5- *Arachis hypogaea*

6- Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)
7-Parkinson Leaf Chamber (PLC4, ADC Co. Ltd., Hoddesdon, UK)
8-Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD)

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

Table 1- Physical and chemical properties of soil (0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	Organic carbon (%)	N (%)	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu
					($mg\ kg^{-1}$)					
لومی Loam	7.85	7.00	0.93	0.03	34	355	1.8	1.6	2.6	0.6

و دستگاه قابل حمل تجزیه‌کننده گاز فروسرخ[1] متصل به آن، انجام پذیرفت. تمامی اندازه‌گیری‌های شاخص‌های فتوسنتزی در تابش فعال فتوسنتزی طبیعی در شرایط مزرعه (۱۹۴۸-۱۸۵۷) میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه) و دی‌اکسیدکربن با غلظت ۳۵۰±۳۰ میکرومول بر مول، در ساعت ۹ تا ۱۱ صبحانجام شد. کارائی مصرف آب از تقسیم نرخ فتوسنتز خالص به نرخ تعرق و کارایی مصرف نور از تقسیم نرخ فتوسنتز خالص بر تابش فعال فتوسنتزی محاسبه گردیدند. داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شد و همبستگی آن‌ها نیز با نرم افزار SPSS تعیین گردید.

نتایج و بحث

میزان عنصر روی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان عنصر روی برگ تحت تاثیر تیمارهای کود روی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین غلظت عنصر روی (۱۱۰/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار محلول‌پاشی نانوکلات روی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر بدست آمد. این درحالی است که این تیمار با تیمارهای ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی (۱۰۷/۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی (۱۰۶/۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین غلظت عنصر روی (۲۱/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در گیاهان شاهد مشاهده شد. بین تیمار شاهد و تیمار ۱ گرم در لیتر سولفات روی (۳۵/۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی (۶۲/۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) نیز غلظت عنصر روی را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). در این آزمایش محلول‌پاشی روی سبب افزایش معنی‌دار این عنصر در برگ گیاه دارویی ریحان مقدس شد. نتایج بدست آمده با نتایج کار سایر محققین در گیاهان دارویی ریحان (۸ و ۲۹)، نعناع فلفلی (۱۰)، نعناع ژاپنی (۱۸) که با اعمال عنصر روی افزایش عنصر مذکور را در برگ گزارش کرده بودند، مشابهت دارد. حد بهینه‌ی نیاز گیاهان به روی ۲۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک برگ می‌باشد و کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک برگ، به عنوان آستانه کمبود محسوب می‌گردد (۲۵). محلول‌پاشی بابونه چشم گاوی با ۱ گرم در لیتر سولفات روی سبب افزایش عنصر روی برگ به ۲۷۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم شده است. در حالی که میزان عنصر در گیاهان شاهد ۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است (۵). میسرا و همکاران (۱۹) با اندازه‌گیری غلظت عنصر روی (Zn^{2+}) در برگ گیاه دارویی ریحان مقدس مشاهده نمودند که، بسته به ژنوتیپ مقدار عنصر مذکور از ۱۱ تا ۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم متغییر بوده است. دامنه تغییرات عنصر روی برگ در آزمایش حاضر از ۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد تا ۱۱۰/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار محلول‌پاشی نانوکلات روی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر متفاوت بود. علت افزایش میزان عنصر روی برگ با اعمال تیمار نانوکلات را می‌توان به خواص ویژه این نانو ذرات نسبت داد. نانو ذرات دارای خواص ویژه‌ای از جمله سطح ویژه، انرژی سطحی و فعالیت سطحی بیش‌تر در مقایسه با ذرات معمولی می‌باشند. این امر موجب می‌شود میزان مصرف ذرات نانو کمتر و یا واکنش در شرایط بهتری انجام گردد (۱۵). لازم به ذکر است که تفاوت تیمار ۱/۵ گرم در لیترنانوکلات روی با تیمار ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی در صفت میزان عنصر روی برگ معنی‌دار نشد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تاثیر تیمارهای کود روی قرار گرفت (جدول ۲).

کلروفیل a: همان‌گونه که در جدول ۳ نشان داده است بیش‌ترین میزان کلروفیل a برگ (۰/۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی مشاهده شد. بین تیمار مذکور با تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی (به‌ترتیب با ۰/۸۳ و ۰/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بین تیمارهای ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. صفت مذکور در تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی (۰/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) نسبت به تیمار شاهد به طور

1-Infra-red gas analyzer (LCA4, ADC Co. Ltd., Hoddesdon, UK)

معنی‌داری افزایش یافت. کمترین میزان کلروفیل a برگ (۰/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) در تیمار شاهد مشاهده شد که اختلاف آن با تیمار ۱ گرم در لیتر سولفات روی (۰/۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) معنی‌دار شد.

کلروفیل b: بیش‌ترین میزان کلروفیل b برگ (۰/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی مشاهده شد. تیمار مذکور با تیمارهای ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی (با مقادیر مشابه ۰/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی (۰/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) اختلاف معنی‌داری داشت. بین تیمارهای ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کمترین میزان صفت مذکور (۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) در تیمار شاهد مشاهده شد که اختلاف آن با تیمار ۱ گرم در لیتر سولفات روی (۰/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) معنی‌دار بود (جدول ۳).

کلروفیل (a+b): بیش‌ترین میزان کلروفیل (a+b)برگ (۱/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی مشاهده شد. تیمار مذکور با تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی (۰/۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی (۰/۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) در صفت مذکور اختلاف معنی‌داری داشت. بین تیمارهای ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. صفت مذکور در تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی (۰/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. کمترین میزان کلروفیل (a+b) (۰/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) برگ در تیمار شاهد مشاهده شد که اختلاف آن با تیمار ۱ گرم در لیتر سولفات روی (۰/۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) معنی‌دار بود (جدول ۳).

کاروتنوئید: بیش‌ترین میزان کاروتنوئید برگ (۰/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی مشاهده شد. تیمار مذکور با تیمار ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی (به ترتیب با ۰/۱۷ و ۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین بین تیمارهای ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی با تیمار ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی (به ترتیب با ۰/۱۵ و ۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کم‌ترین میزان کاروتنوئید (۰/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن‌تر) برگ در تیمار شاهد مشاهده شد که اختلاف آن با تیمار ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی معنی‌دار نشد (جدول ۳).

میزان عنصر روی برگ و کلروفیلa+b همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ۴). نتایج بدست آمده در این آزمایش با نتایج کار سایر محققین در گیاهان ریحان (۸ و ۲۹)، نعناع فلفلی (۱۰) و نعناع ژاپنی (۱۸) که با اعمال عنصر روی افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی را در برگ گزارش کرده بودند، مشابهت دارد. میزان کلروفیل a در برگ گیاه دارویی ریحان مقدس بسته به ژنوتیپ از ۰/۶ تا ۱/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر برگ و کلروفیل b از ۰/۲۸ تا ۰/۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر برگ متفاوت بوده است (۱۹). در آزمایش حاضر دامنه تغییرات میزان کلروفیل a از ۰/۵۸ تا ۰/۹۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر برگ و کلروفیل b از ۰/۱۴ تا ۰/۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر برگ متغییر بود. پراساد و سودهاکار (۲۷) افزایش کلروفیل، استقرار بهتر دانهال‌ها، افزایش فتوسنتز و نهایتاً افزایش در عملکرد را با کاربرد نانو ذرات اکسید روی با غلظت ۱ گرم در لیتر در گیاه بادام زمینی مشاهده کرده‌اند. همچنین در آزمایشی تاثیر کاربرد سولفات روی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی آنیسون[1] مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که غلظت ۶ گرم در لیتر سولفات روی، میزان کلروفیل a، b، a+b و کاروتنوئید را افزایش داده است (۲۴). از سویی دیگر عنصر روی از طریق اتصال به گروه سولفیدریل[2] باعث استحکام آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و ساختمان چربی غشاء سلول می‌شود. روی از طریق محافظت از گروه سولفیدریل باعث سنتز کلروفیل می‌گردد. پورفووبیلینوژن پیش ماده کلروفیل می‌باشد که برای تشکیل این ماده منیزیم و روی مورد نیاز است. در مجموع حضور عنصر روی موجب حفظ، تشکیل و تکمیل کلروفیل می‌شود (۲۶). با توجه به اینکه میزان کلروفیل در واحد سطح برگ شاخص مناسبی از فتوسنتز و تولید در گیاه است بنابراین با افزایش غلظت عنصر روی تا حد زیر سمیت، رنگیزه‌های فتوسنتزی و فتوسنتز در گیاه افزایش می‌یابد (۳).

شاخص‌های فتوسنتزی

نرخ فتوسنتز خالص: اثر محلول‌پاشی عنصر روی بر نرخ فتوسنتز خالص برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردیده است (جدول ۲). بیش‌ترین نرخ فتوسنتز خالص (۱۱/۷۵ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه) در تیمار محلول‌پاشی نانوکلات روی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر مشاهده شد. این تیمار با تیمارهای ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی (۱۱/۲۰ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه) و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی (۱۱/۱۹ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه) اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین نرخ فتوسنتز خالص (۸/۲۳ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه) در گیاهان شاهد مشاهده شد. بین تیمار شاهد و تیمار ۱ گرم در لیتر سولفات روی (۸/۷۱ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. صفت مذکور در تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی (۱۰/۰۳ میکرومول دی-

1-*Pimpinella anisum*
2- (–SH)

اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه) نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین تیمار مذکور با تیمارهای ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

نرخ هدایت روزنه‌ای برگ: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر محلول‌پاشی عنصر روی بر نرخ هدایت روزنه‌ای برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردیده است. بیش‌ترین نرخ هدایت روزنه‌ای (۳۲۲/۲۲ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) با محلول‌پاشی ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی مشاهده شد. این تیمار با تیمارهای محلول‌پاشی ۰/۵ گرم در لیتر (۳۱۷/۵۰ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه)، ۱ گرم در لیتر (۳۱۹/۲۹ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) و ۱/۵ گرم در لیتر (۳۱۵/۲۹ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) نانوکلات روی و همچنین تیمار ۱ گرم در لیتر سولفات روی (۳۰۰/۷۸ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین نرخ هدایت روزنه‌ای (۱۷۲/۰۰ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) در گیاهان شاهد مشاهده شد که اختلاف آن با تمامی تیمارهای محلول‌پاشی روی، معنی‌داری بود (جدول ۳).

نرخ تعرق برگ: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر محلول‌پاشی عنصر روی بر نرخ تعرق برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردیده است. بیش‌ترین نرخ تعرق (۲/۸۶ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) با محلول‌پاشی نانوکلات روی با غلظت ۰/۵ گرم در لیتر بدست آمد. این تیمار با تیمارهای محلول‌پاشی روی از جمله تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی (۲/۸۰ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه)، ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی (۲/۷۸ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه)، ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی (۲/۷۷ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) و ۱ گرم در لیتر سولفات روی (۲/۷۴ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین نرخ تعرق (۲/۱۶ میلی‌مول آب بر مترمربع در ثانیه) در گیاهان شاهد مشاهده شد که اختلاف آن با تمامی تیمارهای محلول‌پاشی روی، معنی‌داری بود (جدول ۳).

کارایی مصرف نور در برگ: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر محلول‌پاشی عنصر روی بر کارایی مصرف نور برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردیده است. بیش‌ترین میزان کارایی مصرف نور (۶/۱۰ میکرومول دی اکسیدکربن بر میکرومول فوتون) با محلول‌پاشی نانوکلات روی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر بدست آمد. این درحالی است که این تیمار با تیمارهای ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی (۵/۲۶ میکرومول دی اکسیدکربن بر میکرومول فوتون)، ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی (۵/۷۶ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میکرومول فوتون) و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی (۵/۸۱ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میکرومول فوتون) اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین کارایی مصرف نور (۴/۴۶ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میکرومول فوتون) در تیمار شاهد مشاهده شد که با تیمارهای ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی و ۱ گرم در لیتر سولفات روی (۴/۶۶ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر میکرومول فوتون) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

نرخ فتوسنتز خالص در گیاه ریحان مقدس بسته به ژنوتیپ از ۶/۵ تا ۷/۴ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه می‌باشد (۱۹). در تحقیق حاضر دامنه تغییرات نرخ فتوسنتز خالص در برگ از ۸/۲۳ تا ۱۱/۷۵ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه متفاوت بود. برای تمامی رنگیزه‌های فتوسنتزی اندازه‌گیری شده با صفت فتوسنتز خالص همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بدست آمد (جدول ۴). ضمن آن‌که همبستگی مثبت و معنی‌داری میان برخی از صفات فیزیولوژیکی با یکدیگر وجود داشت. به‌عنوان مثال صفت کارایی مصرف نور با فتوسنتز خالص همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد (r= ۰/۹۱) داشت. همبستگی میان فتوسنتز خالص با صفات تعرق، هدایت روزنه‌ای نیز مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال ۵ درصد) شد. صفت هدایت روزنه‌ای با تعرق همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد (r= ۰/۹۵) داشت. افزایش فتوسنتز در گیاهان با محلول‌پاشی روی از جهات مختلفی مورد بحث قرار گرفته است. کاهش مقاومت روزنه‌ای در شرایط روی کافی، سبب افزایش هدایت روزنه‌ای، جذب دی‌اکسیدکربن، تعرق و نهایتا فتوسنتز می‌شود. روی موجب حفظ پتاسیم مورد نیاز سلول‌های نگهبان روزنه و در نتیجه بازشدن روزنه‌ها می‌گردد (۷). تغییر در نسبت اکسین و یون کلسیم درون برگ به‌عنوان عامل تعدیل کننده باز شدن روزنه‌ها شناخته می‌شود. در شرایط عدم تامین میزان کافی عنصر روی برای گیاهان، سنتز هورمون اکسین و جذب یون کلسیم در گیاهان کاهش یافته و در نتیجه آن، روزنه‌ها بسته شده و میزان هدایت روزنه‌ای، تعرق و فتوسنتز کم می‌شود (۳۰). علاوه بر آن، عنصر روی بر آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز اثر می‌گذارد. این امر می‌تواند به صورت افزایش فعالیت کربنیک‌آنهیدراز، فسفواینول پیرووات کربوکسیلاز، روبیسکو کربوکسیلاز (تا ۵۹ درصد افزایش نسبت به شاهد) و افزایش احیا فریسیانید[1] و 2,6-DCPIP در کلرپلاست باشد (۱۳). عنصر روی نقش مهمی در فعالیت آنزیم کربنیک‌آنهیدرازدر گیاهان دارد. آنزیم کربنیک‌آنهیدراز واجد شش اتم روی در هر مولکول است و در سیتوپلاسم و کلروپلاست یافت می‌شود. کربنیک آنهیدراز واکنش آبدارشدن گاز کربنیک را کاتالیز می‌کند، لذا باعث تسهیل فراهمی دی‌اکسیدکربن در مکان تثبیت می‌شود و به فراهم شدن دی اکسیدکربن برای فتوسنتز کمک می‌کند.

1-Ferricyanide

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات میزان عنصر روی برگ، شاخص‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

Table 2- ANOVA of the zinc content and photosynthetic pigments and parameters of holy basil (*Ocimum sanctum*)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Freedom degree	Mean Square										
		روی Zinc	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b	کارتنوئید Carotenoid	فتوسنتز خالص Net photosynthesis	زیر Co_2 روزنه‌ای CO_2 under stomata	تعرق Transpiration	هدایت روزنه ای Stomatal conductance	کارایی مصرف آب Water use efficiency	کارایی مصرف نور Light use efficiency
بلوک Block	2	5.13 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.0008 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	0.21 ^{ns}	239.9 ^{ns}	0.004 ^{ns}	1.71 ^{ns}	0.424 ^{ns}	0.058 ^{ns}
تیمار Treatment	5	4731.19 **	0.07 **	0.008 **	0.12 **	0.001 **	13.49 **	82211.9 ^{ns}	6.182 **	0.287 **	34.56 ^{ns}	23.30 **
خطا Error	10	148.25	0.0002	0.0003	0.00009	0.0001	1.25	1138.8	0.129	0.003	0.605	0.485
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		16.43	2.03	12.87	3.36	7.38	10.92	3.50	15.82	13.89	16.25	11.32

^{ns} و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

^{ns} and ** show not significant, significant at 1% level, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات میزان عنصر روی برگ، شاخص‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

Table 3- Mean comparison of the zinc content and photosynthetic pigments and parameters of holy basil (*Ocimum sanctum*)

تیمار روی Zinc Treatments		میزان روی Zinc content ($mg.kg^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.kg^{-1}$ fresh weight)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.kg^{-1}$ fresh weight)	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b ($mg.kg^{-1}$ fresh weight)	کاروتنوئید Carotenoid ($mg.kg^{-1}$ fresh weight)	فتوسنتز خالص Net photosynthesis ($\mu m\ CO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	تعرق Transpiration ($mm\ H_2O.m^{-2}.s^{-1}$)	هدایت روزنه ای Stomatal conductance ($mm\ H_2O.m^{-2}.s^{-1}$)	کارایی مصرف نور Light use efficiency ($\mu m\ CO_2.\ \mu m\ photon^{-1}$)
	control	21.37c	0.58e	0.14 d	0.72e	0.13c	8.23c	2.16b	172b	4.46b
سولفات روی Zinc sulfate	1 $g.l^{-1}$	35.70c	0.69d	0.18c	0.87d	0.15bc	8.71c	2.74a	300.87a	4.66b
	1.5 $g.l^{-1}$	106.27a	0.82b	0.24b	1.06b	0.14bc	11.19ab	2.77a	322.22a	5.81a
نانوکلات روی Zinc nano chelate	0.5 $g.l^{-1}$	62.90b	0.73c	0.23b	0.96c	0.17ab	10.03b	2.86a	317.50a	5.26ab
	1 $g.l^{-1}$	107.90a	0.83b	0.23b	1.06b	0.16ab	11.20ab	2.78a	316.29a	5.76a
	1.5 $g.l^{-1}$	110.53a	0.99a	0.30a	1.29a	0.18a	11.75a	2.80a	315.29a	6.10a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P<0.05$) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentnsaccording to Duncan multiple range tests ($P<0.05$)

جدول ٤- همبستگی صفات میزان عنصر روی برگ، شاخص‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان مقدس(*Ocimum sanctum*)

Table 4- correlation between zinc content of leaf with photosynthetic pigments and parameters of holy basil (*Ocimum sanctum*)

No.	Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	میزان روی Zinc content	1										
2	کلروفیل a Chlorophyll a	**0.87	1									
3	کلروفیل b Chlorophyll b	**0.80	**0.94	1								
4	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b	**0.86	**0.99	**0.97	1							
5	کاروتنوئید Carotenoid	**0.75	**0.80	**0.63	**0.77	1						
6	هدایت روزنه ای Stomatal conductance	**0.54	0.39^{ns}	*0.52	*0.50	*0.49	1					
7	CO_2 زیر روزنه ای CO_2 under stomata	**0.51	0.27^{ns}	0.26^{ns}	0.26^{ns}	0.11^{ns}	0.40^{ns}	1				
8	تعرق Transpiration	**0.56	*0.52	*0.51	*0.52	*0.47	**0.95	*0.47	1			
9	فتوسنتز خالص Net photosynthesis	**0.91	**0.87	**0.87	**0.88	**0.63	*0.47	0.99**	*0.49	1		
10	کارایی مصرف آب Water use efficiency	0.43^{ns}	-0.32^{ns}	-0.36^{ns}	-0.35^{ns}	-0.09^{ns}	-0.44^{ns}	*0.52	-**0.56	**0.80	1	
11	کارایی مصرف نور Light use efficiency	**0.84	**0.83	**0.81	**0.83	*0.52	0.36^{ns}	**0.91	0.29^{ns}	**0.59	-*0.47	1

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** show not significant, significant at 5% and 1% levels, respectively

فعالیت این آنزیم جهت اندازه‌گیری فتوسنتز خالص مورد استفاده قرار می‌گیرد و کمبود روی سبب کاهش آن و نهایتاً کاهش فعالیت فتوسیستم نوری II، واکنش هیل[1] و فتوفسفوریلاسیون غیرچرخه‌ای می‌شود (۱۷). فرهاط و همکاران (۶) تاثیر عنصر روی بر فتوسنتز را به علت افزایش نرخ احیاء فتوشیمیایی، فعالیت ساختار کلرپلاست، افزایش انتقال الکترون‌های فتوسنتزی و در نهایت افزایش فتوسنتز می‌دانند. همچنین افزایش هورمون اکسین در اثر کاربرد روی موجب افزایش سطح برگ و به‌تبع آن افزایش سطح فتوسنتز کننده و تثبیت دی‌اکسیدکربن می‌گردد (۵).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده، محلول‌پاشی عنصر روی بر گیاه دارویی ریحان مقدس می‌تواند سبب افزایش میزان عنصر روی برگ، شاخص‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی این گیاه گردد. در آزمایش حاضر همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد میان افزایش میزان عنصر روی برگ با افزایش کلروفیل وجود داشت که در نهایت منجر به افزایش فتوسنتز شد (جدول ۴). بنابراین برتری تیمار کود شیمیایی روی در خاک آزمایشی که هدایت الکتریکی بالایی نیز داشت، می‌تواند به دلیل تأمین عنصر ریزمغذی روی مورد نیاز گیاه و تاثیر آن بر بیوسنتز کلروفیل و در نهایت بالا بردن نرخ فتوسنتزگیاه باشد (۳۲). ضمن آنکه وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار میان صفات میزان عنصر روی برگ، شاخص‌ها (نرخ فتوسنتز خالص، نرخ تعرق، نرخ هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف نور) و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل (a+b) و کاروتنوئید) گیاه دارویی ریحان مقدس، خود تأییدی بر این مدعاست. تاثیر مثبت نانو کلات روی نسبت به سولفات روی می‌تواند به دلیل، اندازه کوچک‌تر این نانو ذرات (۴۰ نانومتر) و ویژگی‌های منحصر به فرد آن مانند افزایش سطح مخصوص هر ذره کود، افزایش انرژی سطحی و فعالیت سطحی بیش‌تر در مقایسه با ذرات معمولی باشد. همچنین به دلیل حلالیت و قابلیت فراهمی بیش‌تر و رهایش تدریجی ذرات نانو نسبت به کود معمولی، این مواد به آسانی در دسترس گیاه قرار گرفته و می‌تواند نیاز گیاه را به عناصر ریزمغذی تأمین نماید (۲۲). بیش‌ترین

1-Hill Reaction

مقادیر صفات اندازه‌گیری شده در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات روی ثبت گردید ولی با توجه عدم وجود اختلاف معنی‌دار با تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی و ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی از نظر اغلب صفات اندازه‌گیری شده، جهت بهبود فعالیت فتوسنتزی گیاه ریحان مقدس تیمار ۱/۵ گرم در لیتر سولفات روی توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر حمایت مالی از این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1- Arnon D.I. 1989. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, Plant Physiology, 24: 1-15.
2- Auld D.S. 2001. Zinc coordination sphere in biochemical zinc sites, Biometals, 14: 271–313.
3- Azizi G., Alimardani, L. and Syahmarghay A. 2011. The relationship between the number on chlorophyll content meter with chlorophyll content, photosynthesis and leaf nitrogen content in soybean (*Glycine max*), Journal of Plant Science Research, 23 (3): 34-40. (in Persian)
4- Derakhshani Z., Hassani A., Sadaghiani M.H.R., Hassanpouraghdam M.B., Khalifani, H. and Dalkani M. 2011. Effect of zinc application on growth and some biochemical characteristics of costmary (*Chrysanthemum balsamita*), Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42 (20): 2493-2503.
5- Derakhshani Z., Hassani A., Sefidkon F., Rasouli Sadaghiani M.H., Hassanpouraghdam, M.B. and Gheibi S.A. 2011.Effects of soil and foliar application of zinc on some growth characteristics and essential oils of costmary (*Tanacetum Balsamita* L.), Journal of Horticultural Science and Technology, 12 (2): 99-103. (in Persian)
6- Farahat M.M., SoadIbrahim M.M., Lobna, S. and El-Quesni F. 2007. Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Cupressus sempervirens* to foliar application of ascorbic acid and zinc at Nubaria, Soil Science, 3(4): 496-500.
7- Fateh H., Siosemardeh, A.M. and Sharafi S. 2012. Effect of drought stress on photosynthesis and physiological characteristics of barley, International Journal of Farming and Allied Sciences, 1(2): 33-42.
8- Gohari G., Hassanpouraghdam M., Dadpour, M. and Shirdel M. 2013.Influence of Zn foliar application on growth characteristics and essential oil yield of basil (*Ocimum basilicum* L.) under salinity stress, Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture.4 (15):15-24. (In Persian with English abstract)
9- Hasnaa S., Ayad, F. and Abdalla M.S.A. 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of Geranium (*Pelargonium graveolens*), World Journal of Agricultural Science, 6(5): 601-608.
10- Heidari F., Zehtab Salmasi S., Javanshir A., Aliari, H. and Dadpoor M.R. 2008. The effects of application microelements and plant density on yield and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24 (1): 1-9. (in Persian).
11- Kaya C., and Higgs D. 2002. Response of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L) culture at low zinc, Scientia Horticulture, 93: 53–64.
12- Khalifa R.K.M., Shaaban, S.H.A., and Rawia A. 2011. Effect of foliar application of zinc sulfate and boric acid on growth, yield and chemical constituents of Iris plants, Ozean Journal of Applied Sciences, 4(2): 1-16.
13- Kumar K., Rao K.V., and Rao N.V. 1988. Studies on growth and activity of photosynthetic enzymes in *Sorghum bicolor* as influenced by micronutrients, Indian National Science Academy, 54(1): 54-79.
14- Kumar P., Rupesh Kumar M., Kavitha K., Jagadeesh S., and Rawoof Kh. 2012. Pharmacological actions of *Ocimum sanctum*, Indian Perfumer, 1(3): 404-416.
15- Ma X., Lee J.G., Deng, Y. and Kolmakov A. 2012. Interactions between engineered nanoparticles and plants: Phytotoxicity, uptake and accumulation, Science of the Total Environment, 408: 3053–3061.
16- Malakouti M.J., and Tehrani M.M. 2007. The Role of Microelements in Enhancing Performance and Improving the Quality of Agricultural Products. 3 th Edi. Tarbiat Modares University Pub., Tehran. (in Persian)
17- Marscher H. 2011. Mineral Nutrition of High Plant. 3th ed. Academic press.
18- Misra A., and Sharma S. 1991. Critical Zn concentration for essential oil yield and menthol concentration of Japanese mint, Nutrient Cycling in Agroecosystems, 29(3): 261-263.
19- Misra A., Dwivedi S.A., Srivastava K.D., Tewari K., Khan A., and Kumar R. 2007. Analysis of growth, physiology, photosynthesis, essential monoterpene oil(s) yield and quality in *Ocimum sanctum* L genotypes, Bioscience Research, 4(1): 01-05.
20- Nahed G.A., and Balbaa L.K. 2007. Influence of tyrosine and zinc on growth, flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea*, Journal of Applied Sciences Research, 3(11): 1479-1481.
21- Norvell W.A., and Lindsy W.L. 1969. Reaction of EDTA coplexes of Fe, Zn, Mn and Cu with soils, Soil Science, 33: 86-91.

22- Omidbaigi R. 2005. Production and Processing of Medicinal Plant.Vol. 2 ed. 4.Astan Quds Razavi Pub. Mashad. (in Persian)
23- Peyvandi M., Parande, H. and Mirza M. 2011. Comparison of nano Fe chelate with Fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *Ocimum basilicum*, New Cellular and Molecular Biotechnology Journal, 1 (4):89-98. (in Persian)
24- Pirzad A.R., Tousi P., and Darvishzadeh R. 2013. Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.), Iranian Journal of Crop Sciences, 15(1): 12-23. (in Persian with English abstract)
25- Plank C.O. 1989. Plant Analysis Handbook for Georgia. University of Georgia Cooperative Extension Services, pp: 60-64.
26- Powell S.R. 2000. The antioxidant properties of zinc, Journal of Nutrition, 130: 1447-1449.
27- Prasad T., and Sudhakar P. 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of Peanut (*Arachis hypogaea*), Journal of Plant Nutrition, 35: 905–927.
28- Rezaei R., Hosseini S.M., Shabanali Fami H., and Safa L. 2010. Identification and analysis of barriers to development of nanotechnology in agriculture, Science and Technology Policy, 2 (1): 17-26. (in Persian)
29- Said Al-Ahl H. and Mahmoud A. 2010. Effect of zinc and iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum*) under salt stress, Ozean Journal of Applied Sciences, 3(1): 97-111.
30- Sharmal P.N., Tripathi, A. and Bisht S.S. 1995. Zinc requirement for stomatal opening in Cauliflower. Plant Physiology, 107: 751-754.
31- Singh V., Amdekar S., and Verma O. 2011. *Ocimum sanctum* bio-pharmacological activities, Webmedcentral Pharmacology, 1(10): 1–7.
32- Weisany W., Rahimzadeh S., and Sohrabi Y. 2012. Effect of biofertilizers on morphological, physiological characteristic and essential oil content in basil (*Ocimum basilicum* L.), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28 (1): 73-87. (in Persian with English abstract)