



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴

صفحه‌های ۶۰۶-۵۹۵

## تأثیر محلول پاشی کلات آهن و نانوکلات آهن بر صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

امل مقدم<sup>۱</sup>، محمد محمودی سورستانی<sup>۲\*</sup>، احمد فرخیان فیروزی<sup>۳</sup>، زهرا رضانی<sup>۴</sup> و فرخنده اسکندری<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، اهواز، ایران
۳. استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، اهواز، ایران
۴. دانشیار گروه شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی جندی شاپور، اهواز، اهواز، ایران
۵. کارشناس ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۰۶

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۰۹

### چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی نانوکلات آهن و کلات آهن بر خصوصیات مورفولوژیکی، آناتومیکی و مقدار اسانس گیاه ریحان مقدس، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شش تیمار و سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز طی سال‌های ۹۲-۱۳۹۱ انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (محلول پاشی با آب مقطر)، نانوکلات آهن (۱/۵)، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) و محلول پاشی با کلات آهن (۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) بودند. محلول پاشی در مرحله شش تا هشت برگی انجام گرفت و در فواصل زمانی ۱۵ روزه تا مرحله گلدهی کامل تکرار شد. صفات مورد نظر در مرحله گلدهی کامل اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر محلول پاشی کودهای آهن بر صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد برگ، سطح برگ و وزن تر و خشک (برگ، ساقه و اندام هوایی) و همچنین مقدار اسانس معنادار شد. بیشترین و کمترین مقدار صفات مذکور به ترتیب در تیمارهای محلول پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن و تیمار شاهد مشاهده شد. با توجه اینکه تفاوت معناداری بین تیمارهای محلول پاشی ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن و همچنین ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن وجود نداشت، برای بهبود صفات مذکور محلول پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اسانس، ریحان مقدس، کلات آهن، کلروفیل، نانوکلات آهن.

## ۱. مقدمه

ریحان مقدس<sup>۱</sup> یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی چندساله از خانواده نعنائیان<sup>۲</sup> است. این گیاه در داروسازی، صنایع غذایی، عطرسازی و صنایع آرایشی کاربرد دارد. از تأثیرات دارویی این گیاه می‌توان به درمان بیماری گاستریک معده، درمان بیماری‌های کبدی، از بین بردن کرم‌های روده، درمان برونشیت، سرفه و عفونت‌های دستگاه تنفسی اشاره کرد. همچنین اسانس استخراج‌شده از آن دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت ضد میکروبی، ضد قارچی و ضد باکتری است [۱۸]. مقدار اسانس پیکر رویشی این گیاه حدود ۱/۵-۰/۵ درصد است [۲۱] و ترکیب غالب اسانس آن اوژنول (۷۰-۴۰ درصد)، متیل اوژنول (۴/۲۰ درصد)، کارواکرول (۳/۲ درصد)، کاریوفیلین (۱/۷ درصد)، استراگونول، لینالول، آکالیپتول و متیل‌کاوایکول است [۲۵].

عناصر ریزمغذی برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیازند، زیرا در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند و تأثیر مثبتی در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی و معطر دارند [۵]. گیاهان در بین همه ریزمغذی‌ها، بیشترین نیاز را به آهن دارند، زیرا این عنصر بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاست [۲۰]. با اینکه آهن فراوان‌ترین عنصر ریزمغذی در پوسته زمین است، بیشترین محدودیت را برای تولید محصولات کشاورزی ایجاد می‌کند. افزون بر یون بی‌کربنات که عامل اصلی کمبود آهن در خاک‌های آهکی است، قلیایی بودن خاک، کمبود ماده آلی، آبیاری سنگین و نیز تهویه ضعیف خاک، از عوامل دیگر کمبود عنصر آهن در خاک‌اند. مخلوط کردن عناصر ریزمغذی به صورت ترکیبات معدنی با خاک به دلیل تثبیت این عناصر در چنین خاک‌هایی اغلب با بازده جذب کم همراه است و از لحاظ

اقتصادی نیز بسیار پرهزینه است. از این‌رو، می‌توان از روش‌های جایگزین نظیر محلول‌پاشی بهره برد. عناصر ریزمغذی تأثیر اساسی در تمایز سلول، رشد و استحکام دیواره سلولی دارند و در اکثر موارد سبب مقاومت گیاهان به آفات و امراض می‌شوند. بنابراین جذب ناکافی این عناصر به‌ویژه آهن، سبب افت کیفی محصول می‌شود. محلول‌پاشی در چنین شرایطی مؤثرتر و باصرفه‌تر از مصرف کلات‌های آهن در خاک است [۱۰]. ترکیبات کلات آهن بهترین راه حل برای برطرف کردن کمبود آهن در همه خاک‌ها و به‌ویژه خاک‌های قلیایی است. کلات‌های آهن موجود در ایران، اغلب با بنیان EDTA و EDDHA هستند. آهن موجود در کلات‌های آهن با بنیان EDTA قابل جذب توسط گیاه است و در مقام مقایسه، این کلات امکان زیست‌تخریب پذیری به مراتب بهتری نسبت به سایر کلات‌های آهن دارد [۱۰].

نانوکودها به کودهایی اطلاق می‌شود که اندازه عنصر به‌کاررفته در آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر است. استفاده از نانوکودها افزون بر افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، موجب کاهش سمیت، به حداقل رساندن تأثیرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و همچنین کاهش دفعات کاربرد کودها می‌شود. محلول‌پاشی عنصر آهن سبب افزایش ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی و وزن تر گیاه ریحان شد [۲۶]. بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه ریحان با محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن مشاهده شد [۲۲]. نتایج مشابهی با محلول‌پاشی کود آهن بر گیاه دارویی آنیسون [۱]، نعناع فلفلی [۳] و بابونه آلمانی [۱۱] گزارش شد. همچنین مصرف کود آهن سبب افزایش مقدار اسانس گیاه دارویی سیاهدانه [۶] و گل محمدی [۱۴] شد. اثر سطوح مختلف کلات آهن و نانوکلات آهن بر گیاه ریحان بررسی شد و نانوکلات آهن با غلظت کمتر می‌تواند جایگزین کلات آهن به‌منظور افزایش رشد کمی و کیفی گیاه شود (۲).

1. *Ocimum sanctum*
2. Labiatae

## به‌زرای کشاورزی

تأثیر محلول پاشی کلات آهن و نانوکلات آهن بر صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

تکرار طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (محلول پاشی با آب مقطر)، محلول پاشی نانوکلات آهن با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر و کلات آهن با غلظت‌های ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر بودند. نانوکلات آهن از شرکت خضرا خریداری شد و دارای ۹ درصد آهن بود. کود کلات آهن از نوع Fe-EDTA (شرکت سیبا، انگلستان) و دارای ۱۳/۲ درصد آهن بود. بدین منظور پس از شخم عمیق قطعه زمین آزمایشی، دیسک‌زنی و تسطیح کامل انجام گرفت. قبل از کاشت گیاه، نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک به طور تصادفی تهیه و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد. مقدار آهن خاک مزرعه آزمایشی ۱/۸ میلی گرم در کیلوگرم بود که کمتر از حد بحرانی (۵ میلی گرم در کیلوگرم) است و خاک از نظر آهن، فقیر است (جدول ۱) [۱۱].

با توجه به تأثیر عنصر آهن در تغذیه، متابولیسم و رشد گیاهان و همچنین به دلیل اهمیت گیاه دارویی ریحان مقدس و نداشتن اطلاعات کافی درباره تغذیه آن، هدف پژوهش حاضر، بررسی تغذیه برگی با دو نوع کود آهن بر صفات مورفولوژیکی و مقدار اسانس گیاه دارویی ریحان مقدس و تعیین بهترین غلظت کاربردی است.

## ۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر محلول پاشی نانوکلات آهن و کلات آهن بر گیاه ریحان مقدس، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز طی سال‌های ۹۲-۱۳۹۱ انجام گرفت. این آزمایش در محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۲۲/۵ متر از سطح دریا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی متری)

مس	منگنز	روی	آهن	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	ازت کل	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت خاک
(mg/kg)						(%)	(%)	(ds/m)		
۰/۶	۲/۶	۱/۶	۱/۸	۳۵۵	۳۴	۰/۰۳	۰/۹۳	۷/۰	۷/۸۵	شنی - لومی

بلافاصله بعد از کشت بذور انجام گرفت. مراقبت‌های زراعی لازم از جمله وجین علف‌های هرز در زمان‌های لازم و به صورت دستی انجام گرفت. بعد از استقرار کامل گیاه، اولین محلول پاشی در مرحله شش تا هشت برگی انجام گرفت و تا مرحله تمام گل در فواصل زمانی ۱۵ روز تکرار شد و به طور کلی گیاهان در طول دوره مذکور سه بار محلول پاشی شدند.

برای تأمین عناصر مورد نیاز گیاه، قبل از کاشت بذور ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود کامل با خاک مزرعه مخلوط شد. پس از ایجاد ردیف‌های مورد نظر، زمین به سه بلوک که هر بلوک شش واحد آزمایشی را در برداشت تقسیم شد و در هر واحد آزمایشی چهار پشته به طول ۲ متر قرار داده شد. بعد از تهیه زمین، بذور با فواصل روی ردیف ۱۵ و بین ردیف ۴۰ سانتی متر کشت شدند. اولین آبیاری

## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴

## امل مقدم و همکاران

شد. سپس میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD مقایسه و همبستگی آنها نیز با نرم‌افزار SAS تعیین شد.

## ۳. نتایج و بحث

## ۱.۳. ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد محلول‌پاشی گیاهان با کود آهن سبب افزایش معنادار ارتفاع آنها نسبت به گیاهان شاهد شد، به طوری که بیشترین ارتفاع گیاه (۳۷/۲۵ سانتی‌متر) در محلول‌پاشی نانوکلات آهن با غلظت ۱ گرم در لیتر حاصل شد. این تیمار با دیگر تیمارها به جز تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۳۶/۲) سانتی‌متر) اختلاف معناداری داشت. به دنبال این دو تیمار، محلول‌پاشی کلات آهن با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر سبب افزایش معنادار ارتفاع گیاه (۳۲/۳۲ سانتی‌متر) شد و نسبت به تیمارهای ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن و ۱ گرم در لیتر کلات آهن اختلاف معنادار داشت. همچنین کمترین ارتفاع گیاه (۲۴/۷۷ سانتی‌متر) در گیاهان شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

در مرحله گلدهی کامل، ۱۰ گیاه از هر واحد آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب و صفات مورفولوژیکی آنها شامل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد برگ‌ها، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، و اندام هوایی اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین وزن خشک، نمونه‌ها ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند [۸]. برای تعیین مقدار (درصد) اسانس، پیکر رویشی گیاه در مرحله گلدهی کامل برداشت شده و در سایه، با رطوبت کم و در دمای اتاق (۳۰ درجه سانتی‌گراد) خشک شد. پس از رسیدن رطوبت گیاه به ۱۵-۱۰ درصد، ۵۰ گرم از پیکر رویشی گیاه به همراه ۹۰۰ میلی‌لیتر آب درون بالن ریخته و اسانس گیاه به مدت سه ساعت با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج شد. مقدار اسانس با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد [۲۵]:

(۱)

$100 \times (\text{وزن خشک گیاه} / \text{وزن اسانس}) = \text{میزان اسانس} (\%)$   
داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای کلات آهن بر صفات مورفولوژیکی ریحان مقدس

تیمارها محلول‌پاشی آهن (g/l)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد شاخه‌های فرعی	تعداد برگ	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	وزن تر برگ (g)	وزن خشک برگ (g)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	شاهد
شاهد	۲۴/۷۷ <sup>d</sup>	۶/۸۳ <sup>e</sup>	۱۱۴/۱۶ <sup>e</sup>	۱۶۰/۸۹ <sup>e</sup>	۷/۲۷ <sup>d</sup>	۱/۲۱ <sup>c</sup>	۱۳/۶۸ <sup>d</sup>	۲/۵۰ <sup>c</sup>	
۱ کلات	۲۷/۰۵ <sup>c</sup>	۸/۵۰ <sup>d</sup>	۱۴۴/۶۷ <sup>d</sup>	۲۲۳/۹۹ <sup>d</sup>	۹/۰۳ <sup>cd</sup>	۱/۴۴ <sup>c</sup>	۱۶/۲۷ <sup>c</sup>	۲/۹۲ <sup>c</sup>	
۱/۵ کلات	۳۲/۳۲ <sup>b</sup>	۱۲/۸۳ <sup>a</sup>	۲۳۵/۷۵ <sup>b</sup>	۳۷۰/۴۶ <sup>b</sup>	۱۵/۴۸ <sup>b</sup>	۲/۶۳ <sup>a</sup>	۲۸/۷۷ <sup>b</sup>	۴/۹۶ <sup>a</sup>	
۰/۵ نانوکلات	۲۶/۶۱ <sup>c</sup>	۹/۶۶ <sup>c</sup>	۱۷۷/۵۰ <sup>c</sup>	۲۹۰/۵۳ <sup>c</sup>	۱۱/۱۵ <sup>c</sup>	۱/۷۹ <sup>b</sup>	۲۰/۱۳ <sup>c</sup>	۳/۲۷ <sup>b</sup>	
۱ نانوکلات	۳۷/۲۵ <sup>a</sup>	۱۴/۱۶ <sup>a</sup>	۲۹۰/۷۵ <sup>a</sup>	۴۷۶/۳۲ <sup>a</sup>	۱۸/۵۲ <sup>a</sup>	۳/۰۶ <sup>a</sup>	۳۷/۵۵ <sup>a</sup>	۶/۰۳ <sup>a</sup>	
۱/۵ نانوکلات	۳۶/۲۰ <sup>a</sup>	۱۲/۶۶ <sup>a</sup>	۲۵۱/۵۸ <sup>b</sup>	۴۳۸/۸۶ <sup>a</sup>	۱۷/۰۳ <sup>ab</sup>	۲/۶۵ <sup>a</sup>	۳۳/۵۰ <sup>a</sup>	۵/۲۶ <sup>a</sup>	

در هر ستون، همه میانگین‌هایی که دست‌کم یک حرف مشترک دارند، از نظر آماری اختلاف معناداری در سطح ۰/۰۵ ندارند.

## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴

تأثیر محلول پاشی کلات آهن و نانوکلات آهن بر صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

شد. در تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن تعداد شاخه‌های جانبی نسبت به گیاهان شاهد، دو برابر افزایش یافت. بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی (۱۴/۱۶ عدد) مربوط به تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بود. این تیمار با تیمارهای ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۱۲/۶۶ عدد) و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (۱۲/۱۳ عدد) اختلاف معناداری نداشت، ولی با تیمارهای دیگر اختلاف معناداری نشان داد. گیاهان تیمار شده با ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۹/۶۶ عدد) و ۱ گرم در لیتر کلات آهن (۸/۵۰ عدد) اختلاف معناداری از نظر تعداد شاخه‌های فرعی نداشتند، ولی نسبت به شاهد، اختلاف آنها معنادار بود. کمترین تعداد انشعاب (۶/۸۳ عدد) در گیاهان شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

در تحقیقات قبلی اثر مثبت محلول پاشی کودهای آهن در افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گیاهان آنیسون [۱] و ریحان [۲۶، ۲۲] گزارش شده است که دلیل آن، تأثیر عنصر آهن بر مقدار کلروفیل برگ و غلظت اسیدایندول استیک است. این یافته‌ها با نتایج حاصل از همبستگی صفات که نشان می‌دهد افزایش ارتفاع گیاه سبب افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گیاه می‌شود، مطابقت دارد (جدول ۳).

نتیجه بررسی حاضر با نتایج بررسی تأثیر کاربرد نانوکلات آهن بر ارتفاع ریحان همخوانی دارد. در تحقیقات قبلی، بهترین غلظت نانوکلات آهن برای افزایش ارتفاع این گیاه ۱ گرم در لیتر است [۲۲]. همچنین کاربرد کود آهن در شرایط شوری سبب کاهش غلظت عناصر سدیم و کلر، در نتیجه بهبود رشد گیاه در این نوع خاک‌ها می‌شود [۱۶]. از آنجا که شکل‌گیری کلروفیل بدون حضور آهن میسر نیست، کمبود یا غیرفعال شدن آهن در گیاهان سبب کاهش کلروفیل و در نتیجه کاهش رشد می‌شود [۱۳]. به طور کلی، افزایش ارتفاع به واسطه کود آهن مربوط به تأثیر این عنصر در فتوسنتز است که سبب افزایش ساخت کلروفیل در برگ‌ها می‌شود و در نتیجه، فتوسنتز افزایش می‌یابد و مواد فتوسنتزی بیشتری به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها وارد می‌شود و در نهایت ارتفاع گیاه افزایش پیدا می‌کند [۱۱].

## ۲.۳. تعداد شاخه‌های جانبی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای کود آهن بر تعداد شاخه‌های جانبی در سطح احتمال ۱ درصد معنادار

جدول ۳. جدول همبستگی برخی صفات مورد مطالعه گیاه دارویی ریحان مقدس

ردیف	صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	ارتفاع گیاه	۱								
۲	تعداد برگ	۰/۹۷**	۱							
۳	تعداد شاخه‌های فرعی	۰/۸۷**	۰/۹۲**	۱						
۴	سطح برگ	۰/۹۶**	۰/۹۸**	۰/۹۱**	۱					
۵	وزن تر برگ	۰/۹۵**	۰/۹۸**	۰/۹۲**	۰/۹۲**	۱				
۶	وزن خشک برگ	۰/۹۰**	۰/۹۶**	۰/۹۰**	۰/۹۳**	۰/۹۸**	۱			
۷	وزن تر اندام هوایی	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۸۹**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۵**	۱		
۸	وزن خشک اندام هوایی	۰/۹۲**	۰/۹۷**	۰/۹۰**	۰/۹۶**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۷**	۱	
۹	میزان اسانس	۰/۸۷**	۰/۹۱**	۰/۹۵**	۰/۹۳**	۰/۹۰**	۰/۹۰**	۰/۸۹**	۰/۹۰**	۱

ns، \* و \*\*: به ترتیب نبود تفاوت معنادار، و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴

## امل مقدم و همکاران

منجر می‌انجامد. آهن و روی بیشترین اثر را در افزایش سطح برگ نسبت به دیگر عناصر کم‌مصرف دارند [۹]. با توجه به جدول همبستگی صفات، همبستگی مثبت و معناداری در سطح احتمال ۱ درصد بین ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی وجود دارد و با افزایش تعداد شاخه‌های جانبی تعداد برگ نیز افزایش می‌یابد (جدول ۳).

## ۴.۳. سطح برگ

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای کود آهن بر سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد. بیشترین سطح برگ (۳۲/۴۷۶ سانتی‌متر مربع) در تیمار محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن مشاهده شد که با دیگر تیمارها به‌جز تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۸۶/۴۳۸ سانتی‌متر مربع) اختلاف معناداری نشان داد. محلول‌پاشی گیاهان با کلات آهن ۱/۵ گرم در لیتر بعد از دو تیمار مذکور سطح برگ کمتری (۴۶/۳۷۰ سانتی‌متر مربع) داشت. کمترین سطح برگ در تیمار شاهد (۸۹/۱۶۰ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد (جدول ۲).

نتایج تحقیق حاضر با نتایج آزمایش‌های قبلی مطابقت دارد. کاربرد سطوح مختلف نانوکلات آهن سبب افزایش معنادار سطح برگ در دو رقم اسفناج شد [۱۹]. نتایج مشابهی در نعنای فلفلی [۳] و همیشه‌بهار [۲۴] گزارش شده است. عناصر غذایی نظیر آهن با افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه در نتیجه افزایش کلروفیل برگ سبب افزایش سرعت رشد، ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی، اندازه برگ و نیز افزایش تعداد و سطح برگ گیاه می‌شود [۱۵]. نتایج جدول همبستگی نیز این مطلب را تأیید می‌کند، به‌طوری‌که همبستگی مثبت و معناداری بین صفات مذکور با سطح برگ وجود داشت (جدول ۳).

از طرف دیگر، بین این صفت و صفاتی از قبیل سطح برگ و وزن تر و خشک برگ، همبستگی معناداری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد، به این معنا که با افزایش اندام‌های فتوسنتزکننده تعداد شاخه‌های جانبی نیز افزایش می‌یابد.

## ۳.۳. تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر محلول‌پاشی آهن بر تعداد برگ ریحان مقدس در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد. بیشترین تعداد برگ (۷۵/۲۹۰) در تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن مشاهده شد که این تیمار با تیمارهای دیگر اختلاف معناداری نشان داد. محلول‌پاشی با ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۵۸/۲۵۱ برگ) و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (۷۵/۲۳۵) اختلاف معناداری نداشتند، ولی در مقایسه با ۱ گرم در لیتر کلات آهن تعداد برگ بیشتری (۶۶/۱۴۴) تولید کردند و اختلاف معناداری نشان دادند. همچنین کمترین تعداد برگ (۱۶/۱۱۴) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲).

نتیجه تحقیق حاضر با نتایج پژوهش‌های قبلی در زمینه کودهای آهن همخوانی دارد، به‌طوری‌که در یک تحقیق با کاربرد نانوکلات آهن بر اسفناج<sup>۱</sup> تعداد برگ گیاه نسبت به شاهد ۳۱ درصد افزایش یافت [۱۹]. کاربرد نانوکلات آهن سبب افزایش معنادار تعداد برگ‌های ریحان [۲۲] و همیشه‌بهار<sup>۲</sup> [۲۴] شد. با مصرف کود آهن فعالیت سیستم فتوسنتزی افزایش می‌یابد که سبب افزایش سرعت رشد، ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی و افزایش تعداد برگ می‌شود [۷]. از آنجا که آهن در سیستم‌های فتوسنتزی برای تنفس و ساخت کلروفیل تأثیر دارد، سبب افزایش فتوسنتز در برگ‌ها می‌شود که به تولید برگ‌های بیشتر در گیاه

1. *Spinacia oleracea* L.2. *Calendula officinalis* L.

تأثیر محلول پاشی کلات آهن و نانوکلات آهن بر صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

### ۵.۳. وزن تر و خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اختلاف معناداری بین تیمارها از لحاظ وزن تر و خشک برگ وجود داشت. بیشترین وزن تر برگ (۱۸/۵۲ گرم) به گیاهان تیمار شده با ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن و کمترین وزن تر برگ (۷/۲۷ گرم) به تیمار شاهد تعلق داشت. تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن اختلاف معناداری از نظر وزن تر برگ نداشتند (به ترتیب ۱۷/۰۳ و ۱۵/۴۸ گرم). همچنین تیمارهای ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن و ۱ گرم در لیتر کلات آهن (به ترتیب ۱۱/۱۵ و ۹/۰۲ گرم) نیز اختلاف معناداری نداشتند.

کاربرد کودهای حاوی آهن سبب افزایش معناداری وزن خشک برگها نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین وزن خشک برگ (۳/۰۶ گرم) مربوط به گیاهان تیمار شده با ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بود. این تیمار با تیمارهای ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۲/۶۵ گرم) و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (۲/۶۳ گرم) اختلاف معناداری نداشت، ولی با دیگر تیمارها اختلاف معناداری نشان داد. بعد از تیمارهای مذکور، محلول پاشی گیاهان با نانوکلات آهن ۰/۵ گرم در لیتر سبب افزایش وزن خشک برگ (۱/۷۹ گرم) نسبت به تیمار کلات آهن ۱ گرم در لیتر (۱/۴۴ گرم) و شاهد شد. کمترین وزن خشک برگ (۱/۲۱ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد.

نتیجه حاضر با یافته‌های دیگر محققان در گیاه ریحان مطابقت دارد [۲]. محلول پاشی آهن سبب افزایش جذب آن توسط برگ می‌شود و در نتیجه کمبود این عنصر رفع می‌شود و تجمع ماده خشک در گیاه افزایش می‌یابد. با توجه به اسیدیته زیاد خاک محل آزمایش، جذب آهن از خاک توسط ریشه دچار مشکل شد و گیاه نسبت به جذب آهن از طریق محلول پاشی واکنش خوبی نشان داد که سبب افزایش تجمع ماده خشک گیاه شد. افزایش وزن خشک

گیاه در تیمارهای کود آهن به علت افزایش فتوسنتز در نتیجه افزایش غلظت کلروفیل به ویژه کلروفیل a و نیز افزایش فعالیت فسفوانول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز دی فسفات کربوکسیلاز و نیز افزایش مقدار آهن و منگنز و تأثیر مثبت این عناصر در فتوسیستم I و II و در مجموع افزایش فتوسنتز است [۱۰، ۷]. افزایش فتوسنتز گیاه، سبب افزایش صفات مورفولوژیکی نظیر ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی می‌شود که صفات مذکور در افزایش وزن تر و خشک برگ به دلیل افزایش تعداد و سطح برگ دخیل اند از آنجا که کود آهن توانست تعداد برگ را نسبت به شاهد افزایش دهد و همچنین به دلیل تأثیر این عنصر در افزایش سطح برگ، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش سطح برگ سبب افزایش وزن خشک برگ می‌شود که نتایج نیز چنین افزایشی را در وزن خشک برگ نشان می‌دهد. نتایج همبستگی بین صفات، دلیل ارائه شده را تأیید می‌کند، به طوری که همبستگی مثبت و معناداری بین صفات اندازه برگ، تعداد و سطح برگ با وزن تر و خشک برگ وجود داشت (جدول ۳).

### ۶.۳. وزن تر و خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمارهای آهن بر وزن تر و خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن تر اندام هوایی (۳۷/۵ گرم) مربوط به تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بود و به جز با تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۳۳/۵۱ گرم) با سایر تیمارها اختلاف معناداری نشان داد. تیمارهای ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۲۰/۱۳ گرم) و ۱ گرم در لیتر کلات آهن (۱۶/۲۷ گرم) اختلاف معناداری با هم نداشتند. کمترین وزن تر اندام هوایی (۱۳/۶۸ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

## به زراعی کشاورزی

## امل مقدم و همکاران

نتایج حاصل از جدول همبستگی که نشان می‌دهد افزایش تعداد برگ، اندازه برگ، وزن تر و خشک برگ و ساقه و همچنین افزایش تعداد انشعابات سبب افزایش وزن تر و خشک کل گیاه می‌شود، تأیید می‌شود (جدول ۳).

## ۷.۳. مقدار اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر محلول پاشی کود آهن بر مقدار اسانس در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد. بیشترین مقدار اسانس (۲/۱۷ درصد) از گیاهان محلول پاشی شده با ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن به دست آمد (شکل ۱). این تیمار با تیمارهای دیگر به جز ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۲/۰۵ درصد) و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (۲/۱۰ درصد) اختلاف معناداری نشان داد. بعد از تیمارهای مذکور، به ترتیب تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۱/۶۷ درصد) و ۱ گرم در لیتر کلات آهن (۱/۴۸ درصد) سبب افزایش میزان اسانس نسبت به تیمار شاهد شدند. کمترین میزان اسانس (۰/۹۴ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد.

بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۶/۰۳ گرم) متعلق به تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بود. این تیمار با تیمارهای ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۵/۲۶ گرم) و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (۴/۹۶ گرم) اختلاف معناداری نداشت. کمترین وزن خشک اندام هوایی (۲/۵ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

محلول پاشی گیاه گشنیز با کود آهن سبب افزایش عملکرد شاخ و برگ و افزایش وزن کل گیاه می‌شود [۲۷]. تأثیر مثبت عناصر کم‌مصرف از جمله آهن به دلیل افزایش غلظت کلروفیل است و مصرف کود آهن با افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخ و برگ می‌شود [۷]. تحقیق در ریحان نشان داد که نانوکلات آهن در مقایسه با کلات آهن اثر بیشتری بر مقدار کلروفیل گیاه دارد [۲]. با اعمال تیمارهای کود آهن، شرایط تغذیه‌ای گیاه بهبود می‌یابد. افزایش وزن اندام هوایی گیاه می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی باشد که خود سبب افزایش تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ و ساقه می‌شود [۲]. این یافته‌ها با



شکل ۱. اثر تیمار کود آهن بر میزان و عملکرد اسانس ریحان مقدس

## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴

۶۰۲



تأثیر محلول پاشی کلات آهن و نانوکلات آهن بر صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

رویشی، رشد و توسعه برگ‌ها را نیز بهبود بخشید. در نتیجه با افزایش تعداد و سطح برگ، مقدار اسانس نیز در تیمارهای محلول پاشی آهن افزایش یافت.

## ۸.۳. عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر محلول پاشی کود آهن بر عملکرد اسانس در برداشت اول در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد. بیشترین عملکرد اسانس در محلول پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۱۴/۷۴ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. این تیمار با دیگر تیمارها به جز تیمار محلول پاشی ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۱۲/۲۲ کیلوگرم در هکتار) و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (۱۱/۷۲ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معناداری داشت. دو تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۶/۳۲ کیلوگرم در هکتار) و ۱ گرم در لیتر کلات آهن (۴/۴۲ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معناداری داشتند. کمترین عملکرد اسانس (۲/۳۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۱).

عملکرد اسانس ریحان مقدس رشد کرده در هند در ژنوتیپ‌های مختلف بین ۰/۶ تا ۵/۳ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است [۲۸]. مصرف عناصر کم مصرف از جمله آهن می‌تواند سبب افزایش یک‌ونیم تا دو برابری عملکرد اسانس گیاه نعنای نسبت به تیمار شاهد (بدون محلول پاشی) شود [۲۳]. از آنجا که عملکرد اسانس حاصل ضرب مقدار اسانس در عملکرد پیکره رویشی گیاه است، با افزایش صفات مذکور، عملکرد اسانس نیز افزایش می‌یابد. به دلیل اینکه گلوکز، پیش ماده مناسب در سنتز اسانس و به ویژه مونوترپن‌هاست، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد [۱۲]. از این رو به نظر می‌رسد آهن از طریق افزایش تولید کلروفیل، سبب افزایش بافت‌های فتوسنتزی و به تبع آن افزایش تعداد کرک‌های ترشحی و بیوسنتز مونوترپن‌ها

عوامل زیادی وجود دارد که سبب تغییر کمیت و کیفیت اسانس می‌شود که یکی از آنها مصرف عناصر غذایی است. گیاهان دارویی در طول دوره رویش برای تولید مناسب اسانس و مواد مؤثره به مقدار کافی عناصر ریزمغذی نیاز دارند، به طوری که تأمین این عناصر، مقدار و عملکرد اسانس را تا حد زیادی افزایش می‌دهد [۶]. اسانس‌ها از گروه شیمیایی ترپن‌ها هستند یا منشأ ترپنی دارند؛ واحد سازنده ترپن‌ها از جمله ایزوپنتیل پیروفسفات<sup>۱</sup> و دی‌متیل آلایل پیروفسفات<sup>۲</sup> نیاز مبرم به NADPH و ATP دارند. فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی رابطه مستقیمی با تولید اسانس در گیاهان دارد. همبستگی بین فتوسنتز و تولید اسانس نشان می‌دهد که گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب برای تأمین NADPH و ATP در سنتز اسانس و به ویژه مونوترپن‌ها عمل می‌کند [۱۷]. به نظر می‌رسد که مقدار گلوکز حاصل از فتوسنتز، سوبسترای لازم را برای تأمین انرژی و سنتز ترکیب‌های مؤثر در اسانس فراهم می‌کند. افزایش آهن در گیاه، سبب افزایش توان فتوسنتزی و افزایش پیش سازهای ترکیبات فنولی مورد نیاز برای سنتز اسانس‌ها و در نتیجه افزایش تولید اسانس می‌شود [۱۷].

به نظر می‌رسد با توجه به تأثیر عنصر آهن در رشد و نمو گیاه، می‌توان یکی از دلایل بیشتر شدن مقدار اسانس را افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و تأثیر این عنصر در ساختمان کلروپلاست دانست که این افزایش ممکن است به تولید بیشتر غده‌های ترشح کننده اسانس در برگ منجر شود [۱۷]. از آنجا که غده‌های ترشح کننده اسانس ریحان مقدس بیشتر در برگ‌ها قرار دارند، هر عاملی که سبب افزایش تعداد و سطح برگ‌ها شود، مقدار اسانس را نیز افزایش می‌دهد. در تحقیق حاضر، کود آهن با بهبود رشد

1. Isopentyl pyrophosphate
2. Dimethylallyl pyrophosphate

## به زراعی کشاورزی

## امل مقدم و همکاران

دسته‌های آوندی، سلول‌های مزوفیل و آپوپلاست شود و تأثیر بیشتری بر گیاه بگذارد [۴]. بنابراین با توجه به دلایل یادشده و نیز هزینه کمتر نانوکلات آهن نسبت به کلات آهن، برای افزایش و بهبود صفات مذکور، محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن پیشنهاد می‌شود. در مجموع، نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد استفاده از کودهای آهن تهیه‌شده با فناوری نانو نسبت به کودهای کلاته‌شده رایج در مقادیر کمتر می‌تواند افزایش رشد و بهبود عملکرد اسانس ریحان را سبب شود.

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه شهید چمران اهواز جهت حمایت مالی از پژوهش حاضر تشکر قدردانی می‌شود.

## منابع

۱. پیرزاد ع ل، طوسی پ و درویش زاده ر (۱۳۹۲) اثر محلول‌پاشی عناصر آهن و روی بر صفات گیاهی و میزان اسانس آنیسون. علوم زراعی ایران. ۱۵(۱): ۲۳-۱۲.
۲. پیوندی م، پرنده ه و میرزام (۱۳۹۰) مقایسه تأثیر نانوکودکلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ریحان (*Ocimum basilicum*). تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی - ملکولی. ۱(۴): ۸۹-۸۹.
۳. حیدری ف، زهتاب سلماسی ز، جوانشیر ع، آلیاری ه و دادپور م ر (۱۳۸۷) تأثیر عناصر ریزمغذی و تراکم بوته بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperata*). پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ۸(۱): ۱۳۱-۱۱۹.

و در نهایت، افزایش عملکرد اسانس شد. از طرف دیگر، ضمن افزایش رشد رویشی، تعداد و سطح برگ‌ها و نیز عملکرد اسانس افزایش می‌یابد. از این رو با بهبود اجزای عملکرد اسانس، مقدار اسانس تولیدی در واحد سطح نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تجزیه خاک منطقه که نشان می‌دهد مقدار عنصر آهن در خاک کم بوده و شرایط قلیایی و آهکی بر منطقه آزمایش حاکم است، به نظر می‌رسد جذب و فراهمی این عنصر از خاک با مشکل مواجه شده و محلول‌پاشی به‌طور مؤثری سبب افزایش جذب برگی این عنصر شده است (جدول ۱). محلول‌پاشی عنصر آهن بر گیاه دارویی ریحان مقدس می‌تواند سبب افزایش صفات مورفولوژیکی، آناتومیکی و مقدار اسانس این گیاه شود. برگ‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین اندام گیاهی برای عمل فتوسنتز از تأثیر مهمی برخوردارند. با افزایش تعداد و سطح برگ، گیاه می‌تواند از نور کافی برای ساخت مواد غذایی بهره‌گیرد و فتوسنتز افزایش پیدا کند؛ در نتیجه شاخص‌های مذکور نیز افزایش می‌یابد. بهترین نتایج با محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن به‌دست آمد و در بیشتر موارد، این تیمار با تیمارهای محلول‌پاشی ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن اختلاف معناداری نشان نداد. نانوکلات آهن تأثیر بیشتری نسبت به کلات آهن معمولی بر جذب آهن توسط گیاه داشت. دلیل احتمالی این امر، تحرک‌پذیری، حلالیت و واکنش‌پذیری بیشتر و نیز اندازه کوچک‌تر نانوکلات نسبت به کلات معمولی است که این امر جذب آهن توسط گیاه را تسهیل می‌بخشد [۹]. همچنین نانوکلات آهن قادر است راحت‌تر و به میزان بیشتری در برگ گیاه نفوذ کند و از طریق کوتیکول و روزنه‌ها جذب و با طی کوتاه‌ترین مسیر ممکن وارد

## به‌زراعی کشاورزی

تأثیر محلول پاشی کلات آهن و نانوکلات آهن بر صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

۱۱. نصیری ی، زهتاب سلماسی س، نصراله زاده ص و، قاسمی گلغذانی ک، نجفی ن و جوانمرد ع (۱۳۹۲) ارزیابی اثر محلول پاشی سولفات آهن و روی بر عملکرد گل بابونه آلمانی و غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی بابونه آلمانی. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳(۳): ۱۱۵-۱۰۵.
12. Ahmed A, Farooqi AA and Bojappa KM (1998) Effect of nutrients and spacing on growth, yield and essential oil content in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Indian Perfumer. 32: 301-305.
13. Anderson W and Parkpian B (1984) Plant availability of an iron waste product utilized as an agricultural fertilizer on calcareous soil. Plant Nutrition. 7: 223-233.
14. Bagheri A, Rahmani A and Abbaszadeh B (2013) The effect of iron chelate foliar application on damask rose. Biological Research. 4(4): 53-55.
15. Borlina MN, Bovi OM, Granja NP and Carmello QA (2001) Essential oil production and quality of *Mentha graveolens* L. in nutrient solution. Acta Horticulture. 548: 181-188.
16. Delgado IC and Sanchez- raya AJ (2007) Effects of sodium chloride and mineral nutrients on initial stages of development of sunflower life. Soil Science and Plant Analysis. 38(15/16): 2013-2027.
17. Dubey VS, Bhalla R and Lithra R (2003) Sucrose mobilization in relation to essential oil biogenesis during palmarosa (*Cymbopogon martini* Roxb. Wats. var. motia) inflorescence development. Boisciences. 28(4): 479-487.
۴. رزازی ع، لبافی م، نظران م و خلج ح (۱۳۸۹) تأثیر نانو کود کلات آهن بر عملکرد زعفران. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. پژوهشکده علوم محیطی. دانشگاه شهید بهشتی تهران. ۲۵۰۷-۲۵۰۵.
۵. رمودی م، کیخاژاله م، گلوی م، ثقه الاسلامی م و برادران ر (۱۳۹۰) اثر محلول پاشی و رژیم های آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفزه (*Plantago ovate* Forsk). بوم شناسی کشاورزی. ۲۳(۲): ۲۱۹-۲۲۶.
۶. شعبان زاده ش، رمودی م و گلوی م (۱۳۹۰) تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه و ویژگی های کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در رژیم های مختلف آبیاری. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۱): ۸۹-۷۹.
۷. کوچکی ا و بنایان م (۱۳۷۳) فیزیولوژی محصولات زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد. ۳۸۰ ص.
۸. گوهری غ ر، حسن پور اقدام م ب، دادپور م ر و شیردل م (۱۳۹۱) تأثیر محلول پاشی سطوح مختلف روی بر ویژگی های رشد و عملکرد اسانس ریحان (*Ocimum basilicum*) در تنش شوری. علوم و فنون کشت های گلخانه ای. ۴(۱۵): ۲۳-۱۵.
۹. مظاهری نیاس و آستارایی ع (۱۳۸۹) بررسی اثر مصرف اکسید آهن (نانو و معمولی) همراه با کمپوست گرانوله گوگردی بر غلظت آهن و رشد گیاه گندم رقم آتیلا. پژوهش های زراعی. ۸(۵): ۸۶۱-۸۵۵.
۱۰. ملکوتی م ج و طهرانی م (۱۳۷۸) نقش ریزمغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تأثیر کلان). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ۲۹۹ ص.

18. Ekta S, Sheel SH, Jaya D and Swapnil SH (2012) Diversified potentials of *Ocimum sanctum* Linn (Tulsi): An exhaustive survey. Scholars Research Library. 2(1): 39-48.
19. Ladan Moghadam A, Vattani H, Baghaei N and Keshavarz N (2012) Effect of different levels of fertilizer nano iron chelates on growth and yield characteristics of two varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.): varamin 88 and viroflay. Research Applied Sciences, Engineering and Technology. 4(12): 4813-4818.
20. Moog PR, Kooij AM, Bruggeman W, Schiefelbein JW and Kuiper PJC (1995) Responses to iron deficiency in *Arabidopsis thaliana*: The turbo iron reductase does not depend on the formation of root hairs and transfer cells. Plant Physiology. 195: 505-513.
21. Nahak G, Pattanaik PK and Sahu R (2011) Antibacterial evaluation of ethanolic extracts of four *Ocimum* species against E. coli and Salmonella abaeetuba. International Pharmaceutical and Biological Archives. 2(4): 1236-1242.
22. Nazari M, Mehrafarin A, Naghdi Badi H and Khalighi-sigaroodi F (2012) Morphological traits of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) as influenced by foliar application of methanol and nano-iron chelate fertilizers. Scholars Research Library. Annals of Biological Research. 3(12): 5511-5514.
23. Pande P, Chand S, Pandey A and Patra DD (2011) Effect of sole and conjoint application of iron and manganese on herb yield, nutrient uptake, oil quality via-a-ais their optimal level in spearmint (*Mentha spicata* Linn. Emend. Nathh.cv. Arka). International Journal of Natural Product and Resources. 2(2): 242-249.
24. Pirzad A and Shokrani F (2012) Effects of iron application on growth characters and flower yield of *Calendula officinalis* L. under water stress. World Applied Sciences. 18(9): 1203-1208.
25. Pojjanapimol S (2004) Characterization of aroma impact compounds in fresh, heated and dried holy basil (*Ocimum sanctum*) Leaves. Kasetsart University, Graduate School, Ph.D. Dissertation.
26. Said-Al Ahl HAH and Abeer AM (2010) Effect of zinc and /or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. Ozean Applied Sciences. 3(1): 97-111.
27. Singh S and Jat NL (2002) Effect of phosphorus and zinc fertilization on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Agricultural Research. 23(4): 734-736.
28. Zheljzakov V, Cantrell C, Evans W, Ebelhar W and Coker C (2008) Yield and composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum sanctum* L. grown at four locations. Horticulture Science. 43(3): 737-741.