DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2016.106146

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۲، شماره ۱، صفحه ۱۸۸-۱۷۴ (۱۳۹۵)

تأثیر محلول‌پاشی آهن بر تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی و درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.) در برداشت‌های اول و دوم

امل مقدم[۱]، محمد محمودی سورستانی[۲*]، زهرا رمضانی[۳]، احمد فرخیان فیروزی[۴] و فرخنده اسکندری[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، پست الکترونیک: F_mahmoodi2000@yahoo.com

۳- دانشیار، گروه شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی جندی‌شاپور اهواز، ایران

۴- استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

۵- کارشناس ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۳ تاریخ اصلاح نهایی: اسفند ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۴

چکیده

ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.) یکی از مهمترین گیاهان دارویی محسوب می‌شود و متعلق به تیره نعناعیان می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی آهن بر تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی، میزان، عملکرد و اجزاء اسانس گیاه دارویی ریحان مقدس در برداشت اول و دوم، آزمایشی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهید چمران اهواز بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شش تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: شاهد (بدون محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی با کلات آهن (۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) و نانو کلات آهن (۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) بود. نتایج نشان داد که کاربرد محلول‌پاشی کود آهن بر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین تعداد (۱۹/۸) و اندازه (۱۷۳/۳ میکرومتر مربع) کرک‌های ترشحی، میزان اسانس (۲/۲٪)، عملکرد اسانس (۱۴/۷ کیلوگرم) و میزان اوژنول (۳۳/۳٪) در برداشت اول در تیمار محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان (۲/۳٪) و عملکرد (۱۲/۸ کیلوگرم در هکتار) اسانس و بیشترین میزان اوژنول (۴۱/۵٪) در برداشت دوم در تیمار محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدست آمد. کمترین میزان صفات مذکور در تیمار شاهد مشاهده گردید. البته بین تیمارهای ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. براساس نتایج موجود، برای افزایش درصد و عملکرد اسانس ریحان مقدس، محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن پیشنهاد شد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، اوژنول، ریحان مقدس (*Ocimum sanctum* L.)، کرک ترشحی، نانو کلات آهن.

مقدمه

ریحان مقدس گیاهی چندساله است که به‌صورت بوته‌ای رشد کرده و ارتفاع آن با توجه به شرایط اقلیمی محل رویش بین ۶۰-۳۰ سانتی‌متر است و دارای کرک‌های ترشحی غده‌ای می‌باشد (Pojjanapimol, 2004). از اثرات دارویی این گیاه می‌توان به درمان بیماری‌های پوستی، کبدی، اختلالات دستگاه گوارش،

ورم مفاصل، شب‌کوری، درمان دیابت و چربی خون اشاره کرد. اسانس این گیاه به فراوانی در صنایع آرایشی و بهداشتی، صنایع غذایی و عطرسازی کاربرد دارد. همچنین اسانس این گیاه دارای طیف وسیعی از فعالیت‌های بیولوژیکی ازجمله کنترل حشرات و آفات، خواص ضدباکتری، ضدقارچی و ضدمیکروبی است (Kumar *et al.*, 2012).

وسعت زیادی از خاک ایران به‌دلیل آهکی بودن دچار کمبود آهن می‌باشند. از مهمترین خصوصیات خاک‌های آهکی می‌توان به ماده آلی کم، pH بالا و غلظت زیاد بی‌کربنات اشاره کرد. در این خاک‌ها آهن ممکن است برای گیاه غیرمتحرک و غیرقابل دسترس گردد (Shariatmadari *et al.*, 2011). تغذیه برگی یکی از روش‌های تأمین عناصر معدنی مورد نیاز گیاهان است. در این روش عناصر مورد نیاز گیاه به سرعت و با کارایی نسبی بالایی مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. کلات‌های آهن مؤثرترین کود برای برطرف کردن کمبود آهن در خاک‌های آهکی می‌باشند (Khoshgoftarmanesh, 2007).

بیوسنتز اسانس به‌شدت تحت تأثیر عنصر آهن می‌باشد، به‌طوری که کمّیت و کیفیت اسانس را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Misra *et al.*, 2007). Rajab beigi و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی اثر آهن بر اسانس گیاه ریحان گزارش کردند که مصرف آهن باعث تغییر ترکیب غالب اسانس این گیاه شد. به‌طوری که ترکیب غالب اسانس این گیاه در تیمار شاهد به‌ترتیب متیل کاویکول، ژرانیول و نرول بود، در حالی که پس از تیمار با آهن درصد نسبی متیل کاویکول کاهش یافته و تقریباً برابر با درصد نسبی ژرانیول و نرول شد. همچنین Shabanzadeh و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن سبب افزایش معنی‌دار میزان اسانس گیاه دارویی سیاهدانه نسبت به تیمار شاهد می‌شود. در پژوهش دیگری، Bagheri و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن بر گل‌محمدی گزارش کردند که سه بار محلول‌پاشی گل‌محمدی با کلات آهن سبب افزایش دو برابری عملکرد و میزان اسانس نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی می‌گردد. Zehtab-Salmasi و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تیمار محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف مانند آهن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد تر و خشک و اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی نسبت به تیمار شاهد می‌گردد. Nasiri و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که مصرف عناصر کم‌مصرف ازجمله آهن و روی باعث افزایش عملکرد گل بابونه آلمانی تا ۵۷/۳٪ نسبت به تیمار شاهد شده که این خود سبب افزایش عملکرد اسانس می‌گردد.

یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو، استفاده از نانوکودها برای تغذیه گیاهان می‌باشد. نانوذرات، اتم‌ها یا مولکول‌هایی با ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند. کاهش اندازه ذرات سبب افزایش سطح مخصوص هر ذره کود، افزایش انرژی سطحی و فعالیت سطحی بیشتر در مقایسه با ذرات معمولی می‌شود که این امر می‌تواند میزان و سرعت حل شدن کودهایی را با حلالیت‌پذیری کمتر در آب افزایش دهد. نانوذرات می‌تواند به شکلی قابل توجه جذب گیاه شوند و این امر به علت اندازه بسیار کوچک ذرات و میزان نفوذ بالای آنها به سلول‌های گیاه می‌باشد (Ma *et al.*, 2012). با محلول‌پاشی نانو کود آهن با سه غلظت ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر بر گیاه همیشه‌بهار بیان شد که بیشترین عملکرد گل و اسانس با محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانو کود آهن در زمان ساقه‌دهی بدست آمد (Amuamuha *et al.*, 2012). این پژوهش با هدف تعیین بهترین غلظت کود آهن در راستای افزایش میزان و عملکرد اسانس گیاه دارویی ریحان مقدس طراحی و اجرا شد.

مواد و روشها

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی آهن بر درصد و اجزای اسانس، تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی گیاه ریحان مقدس، آزمایشی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهید چمران اهواز بر پایه طرح

بلوک‌های کامل تصادفی در شش تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: شاهد (بدون محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی با کلات آهن (۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) و نانو کلات آهن (۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) بود. به‌منظور آماده‌سازی و تهیه زمین، پس از شخم عمیق قطعه زمین آزمایشی، دیسک‌زنی و تسطیح کامل انجام شد. قبل از کاشت گیاه، نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به‌طور تصادفی تهیه و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). پس از ایجاد ردیف‌های مورد نظر، زمین به سه بلوک که هر بلوک شش واحد آزمایشی داشت، تقسیم و در هر واحد آزمایشی چهار پشته به طول ۲ متر قرار داده شد. بعد از تهیه زمین، بذرها با فواصل روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر و بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر کشت شدند. محلول‌پاشی در مرحله ۶ یا ۸ برگی انجام و در فواصل زمانی ۱۵ روزه تا مرحله گلدهی کامل تکرار گردید. با توجه به تاریخ کشت (۹۲/۰۲/۰۸)، استقرار گیاه (۹۲/۰۳/۱۰) و برداشت گیاه (۹۲/۰۴/۱۵)، در مجموع گیاهان سه مرحله با تیمارهای مورد نظر محلول‌پاشی شدند. بعد از برداشت اول و زمانی که گیاه شروع به رشد مجدد کرد محلول‌پاشی گیاه با رعایت فواصل زمانی ۱۵ روز، تا رسیدن به مرحله گلدهی تمام و برداشت (۹۲/۰۵/۱۵) تکرار و در مجموع گیاهان دو بار در این مرحله محلول‌پاشی گردیدند.

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

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن	روی	منگنز	مس
					(میلی‌گرم در کیلوگرم)					
شنی- لومی	۷/۹	۷	۰/۹	۰/۰۳	۳۴	۳۵۵	۱/۸	۱/۶	۲/۶	۰/۶

اندازه‌گیری میزان آهن گیاه

برای آماده‌سازی نمونه‌های برگ از روش خاکستر خشک و برای قرائت آهن گیاه از دستگاه جذب اتمی استفاده شد (Lindsay & Norvell, 1978).

اندازه‌گیری تعداد و اندازه کرک‌ها

تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی گیاه با استفاده از میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ۲۰۰X شمارش و اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان اسانس

به‌منظور تعیین میزان (درصد) اسانس پیکره رویشی گیاه در مرحله تمام گل برداشت شده و در سایه، با رطوبت پایین و با دمای اتاق (۳۰ درجه سانتی‌گراد) خشک شد. پس از رسیدن رطوبت گیاه به ۱۵-۱۰٪، مقدار ۵۰ گرم از پیکره رویشی گیاه را به همراه ۹۰۰ میلی‌لیتر آب درون بالن ریخته و اسانس گیاه به مدت ۳ ساعت با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج گردید.

اندازه‌گیری عملکرد اسانس

برای اندازه‌گیری عملکرد اسانس، پس از رعایت اثر حاشیه‌ای به مساحت ۱ مترمربع از وسط هر کرت برداشت شد و پس از برداشت و توزین، مقدار عملکرد بیولوژیک در هر کرت و هکتار محاسبه شد. عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب میزان اسانس در عملکرد بیولوژیک تقسیم بر ۱۰۰ حاصل گردید.

آنالیز اسانس

برای تعیین کمّیت و کیفیت ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس‌ها از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی‌گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد.

مشخصات دستگاه GC

گاز کروماتوگرافی مورد استفاده مدل Varian 3800 و ستون استفاده شده CP-Sil 8-CB (به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۳۲ میلی‌متر، ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر) بود. دمای اولیه ۴۰ درجه سانتی‌گراد (با زمان نگهداری ۱ دقیقه) بود که با ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش در هر دقیقه به دمای نهایی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. درجه حرارت محفظه تزریق و آشکارساز (FID) به‌ترتیب ۲۸۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بود. گاز حامل هلیوم بود که با سرعت ۱/۵ میلی‌لیتر در دقیقه در طول ستون حرکت می‌کرد.

مشخصات دستگاه GC-MS

گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنجی جرمی از نوع Agilent مدل ۵۹۷۵ ستون HP- 5ms (به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر) بود. دمای اولیه ۴۰ درجه سانتی‌گراد (با زمان نگهداری ۱ دقیقه) بود که با ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش در هر دقیقه به دمای نهایی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. درجه حرارت محفظه تزریق و آشکارساز (FID) به‌ترتیب ۲۸۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بود. گاز حامل هلیوم بود و با سرعت ۱/۵ میلی‌لیتر در دقیقه در طول ستون حرکت می‌کرد. زمان اسکن برابر یک ثانیه، و انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت بود.

شناسایی اجزای اسانس

شناسایی طیف‌ها به کمک بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری، مطالعه طیف‌های جرمی هریک از اجزای اسانس و بررسی الگوهای شکست آنها، مقایسه آنها با طیف‌های استاندارد و استفاده از منابع معتبر انجام شد (Adams, 2007). درصد کمّی هر ترکیب براساس سطح زیر منحنی و توسط برنامه‌ریزی رایانه‌ای مشخص گردید.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

اثر محلول‌پاشی آهن بر میزان آهن گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کود آهن بر میزان آهن گیاه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) بیشترین میزان آهن در بافت برگ (۳۲۰/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در تیمار ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن مشاهده شد. تیمارهای ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن (۲۸۵/۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (۲۷۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در یک گروه قرار گرفتند و با سایر تیمارها اختلاف معنی داری نشان دادند. بعد از تیمارهای مذکور، تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن (۲۰۴/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و ۱ گرم در لیتر کلات آهن (۱۸۲/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) افزایش میزان آهن را در برگ نسبت به تیمار شاهد در پی داشتند. کمترین غلظت آهن در بافت برگ (۱۰۰/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در تیمار شاهد مشاهده شد.

اثر محلول‌پاشی آهن بر تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر محلول‌پاشی کود آهن بر تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی سطح تحتانی و فوقانی برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد کرک‌های ترشحی در سطح تحتانی برگ (۱۹/۸ عدد) مربوط به محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن بود. این تیمار با تیمارهای ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (۱۸/۰ عدد) و ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن (۱۷/۷ عدد) اختلاف معنی داری نشان نداد. کمترین تعداد کرک ترشحی سطح تحتانی برگ در تیمار شاهد (۸/۶ عدد) مشاهده شد. بیشترین تعداد کرک‌های ترشحی

سطح فوقانی برگ (۱۷/۳ عـدد) در تیمـار ۱/۵ گـرم در لیتر نانو کلات آهن مشاهده شد. بعد از این تیمار به‌ترتیب تیمارهای ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن (۱۶/۱ عـدد) و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (۱۵/۰ عدد) بیشترین تعـداد کرک را داشتند. کمترین (۸/۳ عـدد) تعـداد کـرک سـطح فوقانی برگ مربوط به تیمار شاهد بود. با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) بزرگتـرین کـرک‌هـای ترشحی در سطح تحتانی (۱۷۳/۳ میکرومتر مربع) بـرگ در گیاهان تیمار شده با ۱ گرم در لیتر نـانو کـلات آهـن مشاهده شد. البته اختلاف این تیمار با تیمارهای ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن (۱۶۶/۷ میکرومتر مربع) و ۱ گرم در لیتر کلات آهن (۱۶۶/۷ میکرومتر مربع) معنی‌دار نبود. کـوچکترین کـرک ترشـحی سـطح تحتـانی بـرگ (۶۵/۴ میکرومتر مربع) در تیمار شاهد مشـاهده گردیـد. همچنـین بزرگتـرین کـرک سـطح فوقـانی بـرگ (۱۶۳/۳ میکرومتر مربع) در تیمار ۱ گـرم در لیتـر نـانو کلات آهن مشاهده شد و این تیمار با تیمار ۱/۵ گـرم در لیتر نانو کلات آهن (۱۶۰/۶ میکرومتـر مربـع) اخـتلاف معنی داری نشان نـداد. بعـد از ایـن دو تیمـار بزرگتـرین کرک‌ها با محلول‌پاشـی ۱/۵ گـرم در لیتـر کـلات آهـن (۱۵۶/۷ میکرومتـر مربـع) بدسـت آمـد. کـوچکترین (۶۳/۳ میکرومتر مربع) کرک‌های ترشحی سـطح فوقـانی برگ در تیمار شاهد مشاهده شد.

اثر محلول‌پاشی آهن بر میزان اسانس برداشت‌های اول و دوم

اثر محلول‌پاشی کود آهن بر میزان اسانس در برداشت اول و دوم در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جـدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین میزان اسانس در برداشـت اول (۲/۲٪) و دوم (۲/۳٪) از گیاهان محلول‌پاشی شده با ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدست آمد. این تیمار با سایر تیمارها بجـز ۱/۵ گـرم در لیتر نانو کلات آهـن (۲/۱٪ در برداشـت اول و ۲/۲٪ در برداشت دوم) و ۱/۵ گرم در لیتر کـلات آهـن (۲/۱٪ در برداشت اول و ۲/۲٪ در برداشت دوم) اختلاف معنی‌داری نشان داد. در برداشت اول، محلول‌پاشی بـا ۰/۵ گـرم در لیتر نانو کلات آهن (۱/۷٪) و ۱ گرم در لیتر کلات آهـن (۱/۵٪) اختلاف معنـی‌داری را از لحـاظ میـزان اسـانس نشـان دادنـد. کمتـرین میـزان اسـانس در برداشـت اول (۰/۹٪) و دوم (۱/۰٪) در تیمار شاهد مشاهده شد.

اثر محلول‌پاشی آهن بر عملکرد اسانس برداشت‌های اول و دوم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشـان داد که اثر محلول‌پاشـی کـود آهـن بـر عملکـرد اسـانس در برداشت‌های اول و دوم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد اسانس در برداشت اول (۱۴/۷ کیلوگرم در هکتـار) و دوم (۱۲/۸ کیلـوگرم در هکتـار) بـا محلول پاشی ۱ گرم در لیتـر نـانو کـلات آهـن مشـاهده گردید. بعد از این تیمار، بیشترین میزان عملکرد اسانس با محلـول‌پاشـی ۱/۵ گـرم در لیتـر نـانو کـلات آهـن (۱۲/۲ کیلـوگرم در هکتـار در برداشـت اول و ۱۰/۹ کیلوگرم در هکتار در برداشت دوم) حاصل شد. در برداشت اول، این تیمار با تیمار ۱/۵ گرم در لیتـر کـلات آهن (۱۱/۷ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی داری نشان نـداد. دو تیمـار ۰/۵ گـرم در لیتـر نـانو کـلات آهـن (۶/۲ کیلوگرم در هکتار) و ۱ گرم در لیتـر کـلات آهـن (۴/۴ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی داری نشان دادند. در برداشت دوم، دو تیمار ۰/۵ گرم در لیتـر نـانو کـلات آهن (۵/۲ کیلوگرم در هکتار) و ۱ گـرم در لیتـر کـلات آهن (۴/۲ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنـی‌داری نشـان ندادند. کمترین عملکرد اسانس در واحد سطح در برداشت اول (۲/۳ کیلـوگرم در هکتـار) و برداشـت دوم (۲/۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد مشاهده شد.

اثر محلول‌پاشی آهن بر اجزاء اسانس برداشت‌های اول و دوم

آنالیز اسانس به‌وسیله دستگاه GC/MS (جدول های ۴ و ۵) نشان داد که ۲۶ ترکیب مختلف در اسانس ریحان مقدس وجود داشت. ترکیب غالب اسانس گیاه در برداشت اول و دوم شامل اوژنول، ۸،۱-سینئول و متیل کاویکول بود که در آنالیز نتایج حاصل از دستگاه GC بیش از ۶۵٪ اسانس ریحان مقدس را به خود اختصاص دادند. در برداشت اول محلول‌پاشی آهن سبب افزایش نسبی میزان اوژنول و کاهش میزان ۸،۱-سینئول شد. بیشترین (۳۳/۳٪) و کمترین (۲۹/۱٪) میزان اوژنول به‌ترتیب در تیمارهای ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن و تیمار ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن مشاهده گردید. میزان متیل کاویکول در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی بجز تیمار ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن، نسبت به شاهد اندکی افزایش یافت. همچنین بیشترین (۱۲/۲٪) میزان متیل کاویکول با محلول‌پاشی ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدست آمد و کمترین (۱۱٪) میزان این ترکیب با محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن بدست آمد. با توجه به جدول ۴ با افزایش غلظت آهن در کود، میزان ۸،۱-سینئول در اسانس کاهش یافت. به‌طوری که بیشترین (۲۴/۸٪) و کمترین (۲۰/۵٪) میزان ۸،۱-سینئول به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و ۱/۵ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن مشاهده شد.

در برداشت دوم نیز اوژنول، ۸،۱-سینئول و متیل کاویکول ترکیب غالب اسانس را تشکیل دادند. میزان این ترکیب‌ها در تیمار شاهد و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف آهن متفاوت بود. به‌طوری که محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن (۴۱/۵٪) و ۰/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن (۳۹/۳٪) باعث افزایش میزان اوژنول نسبت به تیمار شاهد (۳۷/۵٪) شد، ولی میزان اوژنول در تیمارهای ۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن و ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن (به‌ترتیب ۳۵/۷، ۳۳/۸ و ۳۰/۳٪) نسبت به شاهد کاهش یافت. نتایج آنالیز اسانس (جدول ۵) نشان داد که محلول‌پاشی کلات آهن میزان متیل کاویکول و ۸،۱-سینئول را در اسانس ریحان مقدس افزایش داد، در صورتی‌که محلول‌پاشی نانو کلات آهن باعث کاهش نسبی میزان این دو ترکیب در اسانس شد. بیشترین میزان متیل کاویکول و ۸،۱-سینئول (به ترتیب ۱۳/۶ و ۲۲/۴٪) به‌ترتیب در تیمارهای ۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن و ۱ گرم در لیتر کلات آهن مشاهده شد. کمترین میزان ۸،۱-سینئول (۱۷/۲٪) در محلول‌پاشی ۰/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن و کمترین میزان متیل کاویکول (۱۱/۱٪) در تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن مشاهده گردید. سایر ترکیب‌های شناسایی شده و میزان آنها برحسب درصد در جدولهای ۴ و ۵ آمده است.

۲- نتایج تجزیه واریانس صفات آناتومیکی و اسانس گیاه دارویی ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

میانگین مربعات							
تعداد کرک سطح تحتانی	اندازه کرک سطح تحتانی	تعداد کرک سطح فوقانی	اندازه کرک سطح فوقانی	میزان اسانس برداشت اول	عملکرد اسانس برداشت اول	میزان اسانس برداشت دوم	عملکرد اسانس برداشت دوم
۰/۳۴ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۴۳ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۱۱ ns	۵/۰۲ ns	۰/۰۰۷ ns	۴/۸۸ ns
۶۰/۷۷ **	۰/۰۱۴ **	۳۰/۵۱ **	۰/۰۱۷ **	۰/۷۶ **	۶۱۰/۸۳ **	۰/۷۷ **	۶۱۹/۵۵ **
۱/۸۱	۰/۰۰۱	۰/۲۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۱۱/۱	۰/۰۱۴	۱۴/۵
۹/۰۸	۹/۵۲	۳/۵۲	۷/۳۶	۴/۰۲	۴/۷۸	۶/۵۶	۵/۰۲

حتمال ۵٪ و ۱٪

۲- نتایج مقایسه میانگین‌های صفات آناتومیکی و اسانس گیاه دارویی ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*)

رک سطح ی برگ	اندازه کرک سطح تحتانی برگ (میکرومتر مربع)	تعداد کرک سطح فوقانی برگ	اندازه کرک سطح فوقانی برگ (میکرومتر مربع)	میزان اسانس برداشت اول (٪)	عملکرد اسانس برداشت اول (کیلوگرم در هکتار)	میزان اسانس برداشت دوم (٪)	عملکرد اسانس برداشت دوم (کیلوگرم در هکتار)
۸/۶	۶۵/۴ c	۸/۳ f	۶۳/۳ d	۰/۹ d	۲/۳ e	۱/۰ c	۲/۰ e
۱۰/۲	۹۱/۱ c	۱۲/۶ e	۷۶/۲ d	۱/۵ c	۴/۴ d	۱/۵ b	۴/۲ d
۱۸/۰	۱۶۶/۷ a	۱۵/۰ c	۱۵۶/۷ b	۲/۱ a	۱۱/۷ b	۲/۲ a	۹/۳ c
۱۴/۸	۱۱۳/۳ b	۱۳/۴ d	۱۰۱/۹ c	۱/۷ b	۶/۲ c	۱/۷ b	۵/۲ d
۱۹/۸	۱۷۳/۳ a	۱۶/۱ b	۱۶۳/۳ a	۲/۲ a	۱۴/۷ a	۲/۳ a	۱۲/۸ a
۱۷/۷	۱۶۶/۷ a	۱۷/۳ a	۱۶۰/۶ a	۲/۱ a	۱۲/۲ b	۲/۲ a	۱۰/۹ b

ک می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ ندارند.

جدول ۴- اجزای اسانس گیاه دارویی ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*) در برداشت اول تحت تیمارهای محلول‌پاشی کود آهن

ردیف	زمان ثبت	نام ترکیب	شاخص بازداری	شاهد	۱ گرم در لیتر کلات آهن	۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن	۰/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن	۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن	۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن
۱	۴/۸۲	isovaleric acid	۷۸۹	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱
۲	۴/۸۶	α-pinene	۹۰۸	۱/۴	۱/۲	۱/۰	۱/۴	۱/۰	۱/۲
۳	۶/۱۲	β-phellandrene	۹۶۷	۱/۲	۱/۰	۱/۰	۱/۱	۱/۰	۰/۹
۴	۶/۷۳	camphene	۹۶۹	۰/۶	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
۵	۶/۷۹	β-pinene	۹۷۲	۲/۶	۲/۲	۲/۳	۲/۳	۲/۲	۲/۱
۶	۶/۹۷	β-myrcene	۹۸۹	۰/۸	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۶	۰/۶
۷	۷/۶۴	1,8-cineole	۱۰۳۹	۲۴/۸	۲۲/۱	۲۲/۲	۲۱/۶	۲۰/۹	۲۰/۵
۸	۷/۸۵	Z-β-ocimene	۱۰۵۲	۵/۲	۵/۰	۵/۱	۵/۱	۴/۹	۳/۹
۹	۸/۱۹	sabinene hydrate	۱۰۳۷	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۴
۱۰	۸/۶۴	linalyl acetate	۱۱۰۴	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۱۱	۹/۱۲	limonene	۱۱۳۸	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳
۱۲	۹/۸۳	terpinen-4-ol	۱۱۸۵	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
۱۳	۱۰/۰۱	α-terpinol	۱۱۹۸	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۳	۱/۳
۱۴	۱۰/۱۰	methyl chavicol	۱۲۰۷	۱۱/۴	۱۱/۸	۱۱/۹	۱۲/۰	۱۱/۰	۱۲/۲
۱۵	۱۲/۲۸	eugenol	۱۳۷۵	۳۰/۳	۳۲/۷	۳۲/۲	۲۹/۴	۳۳/۳	۲۹/۱
۱۶	۱۳/۱۴	methyl eugenol	۱۴۰۹	۱/۱	۱/۰	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۱
۱۷	۱۳/۲۷	E-caryophyllene	۱۴۳۹	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۰	۰/۹
۱۸	۱۳/۳۵	α-farnesene	۱۴۴۸	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۳
۱۹	۱۳/۴۶	β-sesquiphellandrene	۱۴۵۵	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۶
۲۰	۱۳/۵۶	β-farnesene	۱۴۶۳	۱/۷	۱/۶	۱/۸	۲/۰	۲/۰	۱/۷
۲۱	۱۳/۸۹	germacrene-D	۱۵۰۰	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۰	۱/۰
۲۲	۱۴/۱۴	bisabolol	۱۵۲۳	۵/۸	۶/۹	۶/۷	۸/۱	۷/۳	۷/۵
۲۳	۱۴/۵۳	α-bisabolene	۱۵۶۸	۴/۴	۴/۶	۴/۸	۵/۵	۵/۲	۴/۸
۲۴	۱۵/۴۱	caryophyllene oxide	۱۶۰۵	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳
۲۵	۱۵/۷۴	cyclohexene	۱۶۳۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۲۶	۱۶/۱۵	spatulenol	۱۶۷۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳
		کل		۹۷/۰	۹۶/۹	۹۷/۲	۹۷/۱	۹۷/۰	۹۲/۲

ای اسانس گیاه دارویی ریحان مقدس (***Ocimum sanctum***) در برداشت دوم تحت تیمارهای محلول‌پاشی کود آهن

	شاخص بازداری	شاهد	۱ گرم در لیتر کلات آهن	۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن	۰/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن	۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن	۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن
iso	۷۸۹	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱
α	۹۰۸	۱/۲	۱/۵	۱/۶	۱/۰	۱/۲	۱/۲
β-pi	۹۶۷	۰/۸	۱/۰	۱/۰	۰/۸	۰/۸	۰/۷
c	۹۶۹	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴
β	۹۷۲	۱/۸	۲/۳	۲/۲	۱/۷	۱/۸	۱/۷
β	۹۸۹	۰/۵	۰/۷	۰/۶	۰/۵	۰/۵	۰/۵
1,	۱۰۳۹	۱۸/۴	۲۲/۴	۲۰/۸	۱۷/۲	۱۷/۲	۱۸/۰
Z-	۱۰۵۲	۳/۴	۴/۹	۳/۵	۴/۱	۴/۶	۳/۳
sabi	۱۰۳۷	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴
lina	۱۱۰۴	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲
l	۱۱۳۸	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۳
ter	۱۱۸۵	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳
α	۱۱۹۸	۱/۰	۱/۲	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱
meth	۱۲۰۷	۱۲/۱	۱۳/۰	۱۳/۶	۱۱/۸	۱۱/۱	۱۱/۸
	۱۳۷۵	۳۷/۹	۳۳/۸	۳۰/۳	۳۹/۳	۴۱/۵	۳۵/۷
met	۱۴۰۹	۱/۰	۰/۸	۱/۱	۱/۰	۱/۰	۱/۱

ادامه جدول ۵-

	شاخص بازداری	شاهد	۱ گرم در لیتر کلات آهن	۱/۵ گرم در لیتر کلات آهن	۰/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن	۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن	۱/۵ گرم در لیتر نانو کلات آهن
E-ca	۱۴۳۹	۱/۰	۰/۸	۱/۲	۱/۰	۰/۹	۱/۲
α-	۱۴۴۸	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۴
β-sesqu	۱۴۵۵	۰/۳	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۴
β-	۱۴۶۳	۱/۶	۱/۳	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۷
ger	۱۵۰۰	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۸
b	۱۵۲۳	۷/۷	۶/۰	۸/۸	۷/۷	۶/۳	۹/۲
α-h	۱۵۶۸	۴/۶	۳/۸	۴/۷	۵/۰	۴/۳	۵/۵
caryop	۱۶۰۵	۰/۶	۰/۳	۰/۶	۰/۴	۰/۳	۰/۶
cy	۱۶۳۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲
s	۱۶۷۳	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۳
		۹۷/۰	۹۷/۵	۹۶/۹	۹۷/۴	۹۷/۳	۹۷/۱

بحث

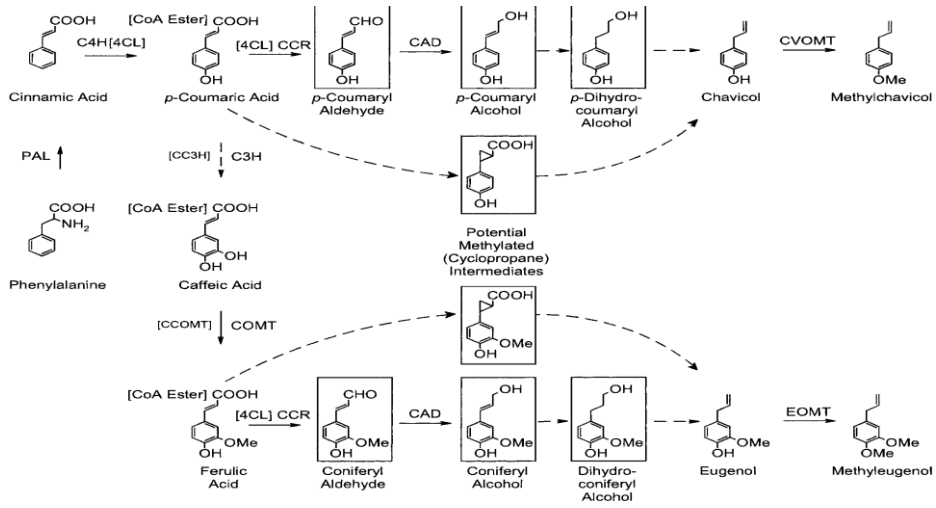
نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش غلظت آهن درون گیاه شد. از آن‌جا که وجود میزان بالای کربنات کلسیم، pH بالا و افزایش میزان شوری در خاک از جذب آهن از طریق خاک جلوگیری می‌کند، بنابراین به‌دلیل نامساعد بودن شرایط جذب آهن توسط خاک، محلول‌پاشی آهن بهترین و کارآمدترین راه برای تأمین این عنصر در گیاه می‌باشد. البته کاربرد برگی آهن به‌عنوان روشی مؤثر برای بهبود جذب و افزایش سرعت جذب آن توسط برگ و اندام هوایی ثابت شده‌است. نتایج مشابهی در رابطه با تأثیر کود آهن بر غلظت آهن گیاه وجود دارد. در پژوهشی Mousa و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که محلول‌پاشی آهن، افزایش غلظت آهن در برگ گیاه دارویی سیاهدانه را به دنبال داشت. در تحقیق دیگری Nasiri و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که مصرف سولفات آهن سبب شد غلظت عنصر آهن در گیاه دارویی بابونه آلمانی ۸۷٪ نسبت به شاهد افزایش یابد. Nadi و همکاران (۲۰۱۳) با محلول‌پاشی ۲، ۴ و ۶ گرم در لیتر نانو کلات آهن بر گیاه باقلا بیان کردند که محلول‌پاشی گیاه با ۴ گرم بر لیتر نانو کلات آهن باعث افزایش غلظت آهن در بافت گیاه شد. نتایج تحقیق حاضر هم نشان داد که کشت گیاه در شرایط خاکی نامناسب با pH و میزان شوری بالا (جدول ۱)، محلول‌پاشی گیاه با کودهای کلات آهن و نانوکلات آهن توانسته است میزان آهن مورد نیاز گیاه را تأمین کند.

این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی عنصر آهن سبب افزایش تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی شد. این امر به نوبه خود سبب افزایش میزان اسانس در ریحان مقدس شده است. محلول‌پاشی آهن باعث افزایش ظرفیت فتوسنتزی از دو طریق تأثیر مستقیم بر کلروفیل و سایر عوامل مؤثر بر فتوسنتز و همچنین غیرمستقیم از طریق افزایش سطح فتوسنتزی (برگ) می‌گردد (Rombol *et al.*, 2005). بنابراین آسمیلات‌های بیشتری به مسیرهای ساخت ترپن‌ها و فنیل پروپانوئیدها اختصاص داده می‌شود که محل تجمع آنها در کرک‌های ترشحی می‌باشد. بنابراین عوامل زیادی وجود دارد که سبب تغییر کمیت و کیفیت اسانس می‌گردد، یکی از این عوامل مصرف عناصر غذایی می‌باشد. گیاهان دارویی در طول دوره رویش برای تولید مناسب اسانس و مواد مؤثره به مقدار کافی به عناصر کم‌مصرف نیاز دارند، به‌طوری که تأمین این عناصر، میزان و عملکرد اسانس را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. اسانس‌ها از گروه شیمیایی ترپن‌ها بوده یا منشأ ترپنی دارند، که واحد سازنده ترپن‌ها ازجمله ایزوپنتیل پیروفسفات و دی‌متیل‌آلیل پیروفسفات نیاز مبرم به NADPH و ATP دارند. مطالعات نشان داده‌است که فتوسنتز و تولید فراورده‌های فتوسنتزی رابطه مستقیمی با تولید اسانس در گیاهان دارد؛ به‌طوری که همبستگی بین فتوسنتز و تولید اسانس نشان می‌دهد که گلوکز به‌عنوان پیش‌ماده مناسب برای تأمین NADPH و ATP در سنتز اسانس و به‌ویژه منوترپن‌ها عمل می‌کند. از این‌رو به نظر می‌رسد که مقدار گلوکز حاصل از فتوسنتز، سوبسترای لازم را برای تأمین انرژی و سنتز ترکیب‌های مؤثر در اسانس فراهم می‌کند (Misra *et al.*, 2007). افزایش آهن در گیاه سبب افزایش توان فتوسنتزی و افزایش پیش‌سازهای ترکیب‌های فنولی مورد نیاز برای سنتز اسانس‌ها در نتیجه افزایش تولید اسانس می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به تأثیر عناصر آهن در رشد و نمو گیاه، می‌توان یکی از دلایل بیشتر شدن میزان اسانس را افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و نقش این عنصر در ساختمان کلروپلاست دانست که این افزایش می‌تواند منجر به تولید بیشتر غده‌های ترشح کننده اسانس در برگ شود (Kumar *et al.*, 2012). اندازه‌گیری تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی با استفاده از میکروسکوپ نوری ثابت کرد که کاربرد آهن در این گیاه سبب افزایش تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی هم در سطح فوقانی هم در سطح تحتانی برگ شده‌است که این موضوع خود تأییدکننده افزایش میزان اسانس در تیمارهای کودی آهن می‌باشد. هر چند ممکن است آهن نقش مستقیمی در تغییر

نقش سلول‌های اپیدرم نداشته باشد ولی افزایش اندازه کرک ترشحی الزاماً به معنی افزایش تعداد سلول‌های کرک ترشحی نمی‌باشد بلکه به‌دلیل افزایش تجمع میزان اسانس در فضای زیرکوتیکولی کرک ترشحی است که رابطه مستقیمی با میزان فتوسنتز گیاه دارد (Misra *et al*., 2007). Ahl و Mahmoud (۲۰۱۰) بیان کردند که مصرف PPM ۲۵۰ از عناصر کم‌مصرف شامل آهن و روی باعث افزایش میزان اسانس در گیاه دارویی ریحان می‌شود. Heidari و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که محلول‌پاشی گیاه دارویی نعناع فلفلی با عناصر کم‌مصرف سبب افزایش دو برابری عملکرد و میزان اسانس می‌شود. با بررسی تأثیر عنصر آهن بر گیاه زنیان گزارش شد که مصرف این عنصر سبب افزایش ترکیبات آروماتیک و میزان اسانس در این گیاه می‌شود (Abd El-Wahab, 2008).

حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه نقش عمده‌ای در اعتلای کمّی و کیفی متابولیت‌های ثانویه دارد (Misra *et al*., 2007). در شرایط محیطی یکسان، فراهم کردن عناصر غذایی ازجمله آهن سبب افزایش رشد گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد و سطح برگ و در نهایت افزایش عملکرد گیاه می‌شود. از آنجا که عملکرد اسانس حاصل‌ضرب میزان اسانس در عملکرد پیکره رویشی گیاه می‌باشد، با افزایش صفات مذکور عملکرد اسانس نیز افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان داده‌است به دلیل اینکه گلوکز به‌عنوان پیش‌ماده مناسب در سنتز اسانس و به‌ویژه مونوترپن‌ها مطرح است، فتوسنتز و تولید فراورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (Niakan *et al*., 2004). از این‌رو چنین به نظر می‌رسد که آهن از طریق افزایش تولید کلروفیل (Rombol *et al*., 2005)، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی و به تبع آن افزایش تعداد و اندازه کرک‌های ترشحی و بیوسنتز ترپن‌ها و در نهایت افزایش عملکرد اسانس شده است (Misra *et al*., 2007). از طرفی ضمن افزایش رشد رویشی، تعداد و سطح برگ‌ها نیز افزایش یافته و عملکرد اسانس نیز افزایش یافته است. از این‌رو با بهبود اجزای عملکرد اسانس، میزان اسانس تولیدی در واحد سطح نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. عملکرد اسانس تحت تأثیر بازده اسانس می‌باشد، به‌نحوی که در بررسی حاضر افزایش میزان اسانس سبب افزایش عملکرد اسانس در واحد سطح شد. با وجود اینکه میزان اسانس در برداشت دوم تا حدودی نسبت به برداشت اول افزایش یافت ولی عملکرد اسانس در برداشت دوم تا حدودی نسبت به برداشت اول کاهش پیدا کرد. دلیل این امر طولانی بودن فصل رشد و مساعد بودن دمای هوا برای رشد در برداشت اول بود. بنابراین گیاه فرصت بیشتری برای رشد داشته و برگ‌های بیشتری تشکیل و در نتیجه عملکرد خشک گیاه افزایش و به تبع آن عملکرد اسانس نیز افزایش یافت (Heidari *et al*., 2008). گزارش شده که مصرف عناصر کم‌مصرف ازجمله آهن سبب افزایش ۱/۵ تا ۲ برابری عملکرد اسانس گیاه نعناع نسبت به تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) می‌گردد (Pande *et al*., 2011). در بررسی دیگری روی گیاه شوید مشخص شد که کاربرد عناصر کم‌مصرف باعث افزایش عملکرد و میزان اسانس می‌گردد (Mirshekari, 2012).

در این آزمایش، اوژنول بیشترین درصد اسانس را تشکیل داد. با توجه به شکل ۱، فنیل‌پروپانوئیدها از فنیل‌آلانین مشتق می‌شوند که ابتدا در اثر دآمیناسیون به‌وسیله آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) به اسید ترانس سینامیک تبدیل می‌شوند. سپس توسط سینامات-۴ هیدروکسیلاز، اسید *p*-کوماریک به‌وجود می‌آید. اسید *p*-کوماریک در طی مراحلی به متیل کاویکول و اوژنول تبدیل می‌شود (Gang *et al*., 2001). اگر مسیر در جهت سنتز اوژنول هدایت شود میزان متیل کاویکول در ترکیب اسانس کاهش می‌یابد که این، دلیل کاهش متیل کاویکول در ترکیب اسانس ریحان مقدس در تحقیق حاضر می‌باشد.



شکل ۱- مسیر سنتز اوژنول (شیکمیک اسید) (**Gang *et al.*, 2001**)

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولان محترم دانشگاه شهید چمران اهواز به‌دلیل حمایت مالی از این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Abd El-Wahab, M.A., 2008. Effect of some trace elements on growth, yield and chemical constituents of *Trachyspermum ammi* L. (Ajowan) plants under Sinai conditions. Journal of Agriculture Biology, 4(6): 717-724.
- Adams, R.P., 2007. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Allured, Carol Stream, IL, USA, 804p.
- Ahl, H.S.A., and Mahmoud, A.A., 2010. Effect of zinc and iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. Ozean Journal of Applied Sciences, 3(1): 97-111.
- Amuamuha, L., Pirzad, A. and Hadi, H., 2012. Effect of varying concentration and time of nano iron foliar application on the yield and essential oil of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3(10): 2085-2090.
- Bagheri, A., Rahmani, A. and Abbaszadeh, B., 2013. The effect of iron chelate foliar application on damask rose. Annals of Biological Research, 4(4): 53-55.
- Gang, D.R., Wang, J., Dudareva, N., Nam, K.H., Simon, J.E., Lewinsohn, E. and Pichersky, E., 2001. An investigation of the storage and biosynthesis of phenylpropenes in sweet basil. Journal of Plant Physiology, 125: 539-555.
- Heidari, F., Zehtab-Salmasi, S., Javanshir, A., Aliari, H. and Dadpoor, M.R., 2008. The effects of application of microelements and plant density on morphological traits of peppermint (*Mentha piperita* L.). Agricultural Research: Water, Soil and Plants in Agriculture, 8(1): 119-131.
- Khoshgoftarmanesh, A.M., 2007. Principles of Plant Nutrition. Esfahan University Publications, Esfahan, 455p.
- Kumar, P.K., Kumar, M.R., Kavitha, K., Singh, J. and Khan, R., 2012. Pharmacological actions of *Ocimum sanctum*-review article. International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry, 1(3): 406-411.
- Lindsay, W.L.M. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42(3): 421-428.
- 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(16): 3053-3061.
- Mirshekari, B., 2012. Seed priming with iron and boron enhances germination and yield of dill (*Anethum graveolens*). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36(1): 27- 33.

- Misra, A., Dwivedi, S., Srivastava, A.K., Tewari, D.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): 1-5.
- Mousa, G.T., El-Sallami, I.H. and Ali, E.F., 2003. Response of *Nigella sativa* L. to foliar application of gibberellic acid, benzyladenine, iron and zinc. Assiut Journal of Agricultural of Science (Egypt), 32: 141-156.
- Nadi, E., Aynehband, A. and Mojaddam, M., 2013. Effect of nano-iron chelate fertilizer on grain yield, protein percent and chlorophyll content of faba bean (*Vicia faba* L.). International Journal of Biosciences, 3(9): 267-272.
- Nasiri, Y., Zehtab-Salmasi, S., Nasrullahzadeh, S., Ghassemigholezani, K., Najafi, N. and Javanmard, A., 2013. Evaluation of foliar spray of ferrous sulfate and zinc sulfate on yield and nutrients concentration of aerial parts in german chamomile. Journal Sustainable Agriculture and Production Science, 23(3): 105-115.
- Niakan, M., Khavarynejad, R.A. and Rezaee, M.B., 2004. Effect of different rates of N/P/K fertilizer on leaf fresh weight, dry weight, leaf area and oil content in *Mentha piperita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 20(2): 131-148.
- Pande, P., Chand, S. Pandey, A. and Patra, D.D., 2011. Effect of sole and conjoint application of iron and manganese on herb yield, nutrient uptake, oil quality vis-a-vis their optimal level in spearmint (*Mentha spicata* Linn. Emend. Nathh.Cv. Arka). Indian Journal of Natural Product and Resources, 2(2): 242-249.
- Pojjanapimol, S., 2004. Characterization of Aroma Impact Compounds in Fresh, Heated and Dried Holy Basil (*Ocimum sanctum*) Leaves. Kasetsart University, 280p.
- Rajab beigi, A., Ghanati, F. and Sefidkon, F., 2007. Effect of iron on the oil content of basil. Journal of Science, 33(4): 49-53.
- Rombol, A.D., Gogorcena, Y., Larbi, A., Morales, F., Baldi, E., Marangoni, B., Tagliavini, M. and Abad, J., 2005. Iron deficiency-induced changes in carbon fixation and leaf elemental composition of sugar beet (*Beta vulgaris*) plants. Plant and Soil, 271: 39-45.
- Shabanzadeh, Sh., Ramroudi, M. and Galavi, M., 2012. Influence of micronutrients foliar application on seed yield and quality traits of black cumin in different irrigation regimes. Journal of Crop Production and Processing, 1(2):79-89.
- Shariatmadari, M.H., Zamani, Gh.R. and Sayari, M.H., 2011. Effects of salinity and iron foliar application on leaf area index, light absorption and its relationship with grain yield. Iranian Journal of Field Crop Research, 9(2): 285-293.
- Zehtab-Salmasi, S., Heidari, F. and Alyari, H., 2008. Effect of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperata* L.). Plant Science Research, 1(1): 24-28.

Effects of iron foliar application on the number and size of glandular trichomes and essential oil content and composition of holy basil (*Ocimum sanctum* L.) at first and second harvests.

E. Moghadam[1], M. Mahmoodi Sourestani[2*], Z. Ramazani[3], A. Farrokhian Firoozi[4] and F. Eskandari[5]

1- MSc. Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2- Corresponding author, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, E-mail: F_mahmoodi2000@yahoo.com
3- Department of Medicinal Chemistry, Colleges of Pharmacy, Jundishapour University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
4- Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
5- MSc., Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: October 2014 Revised: March 2015 Accepted: April 2015

Abstract

Holy basil (*Ocimum sanctum* L.), belonging to Lamiaceae family, is one of the most important medicinal plants. In order to evaluate the effect of foliar application of iron on the number and size of glandular trichomes and essential oil content, yield and composition of holy basil, an experiment was conducted at the research farm of Department of Horticultural Science, Shahid Chamran University of Ahvaz based on randomized complete block design, with six treatments and three replications. The treatments were control, nano iron chelate (0, 0.5, 1 and 1.5 $g.L^{-1}$) and iron chelate (1 and 1.5$g.L^{-1}$) fertilizers. Results showed that the effect of foliar application of iron fertilizers on all measured traits of holy basil was significant ($p\geq0.01$).The highest number (19.76) and size (173.33μm^2) of glandular trichomes, essential oil content (2.17%) and yield (14.74 $kg.ha^{-1}$), and eugenol (33.27%) at first harvest were observed in plants sprayed with 1 $g.l^{-1}$ nano iron chelate. The highest oil content (2.33%) and yield (12.75 $kg.ha^{-1}$) and eugenol (41.51%) at second harvest were obtained in plant sprayed with 1 $g.L^{-1}$ nano iron chelate. The lowest values of mentioned traits were obtained in control plant. Overall, since there was no significant difference between 1 and 1.5 $g.L^{-1}$ nano iron chelate treatments, foliar application of plant with 1$g.L^{-1}$ nano iron chelate is recommended for increasing morphological traits of holy basil.

Keywords: Essential oil, eugenol, holy basil (*Ocimum sanctum* L.), glandular trichomes, nano iron chelate.