

اثر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد اسانس و ترکیبات تشکیل دهنده آن در گیاه مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera* Jamzad) در اصفهان

لیلی صفایی^{۱*}، فاطمه سفیدکن^۲، سعید دوازده امامی^۱ و داوود امین آزر^۳

^۱ بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان
^۲ بخش تحقیقات گیاهان دارویی و معطر، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰)

چکیده

مدیریت تغذیه عاملی مهم در موفقیت کشت گیاهان دارویی بوده که منجر به بهبود عملکرد کمی و کیفی آن‌ها می‌گردد. در این راستا آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار به مدت سه سال روی گیاه دارویی مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera* Jamzad) انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل، نسبت‌های مختلفی از کودهای شیمیایی NPK (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر)، کود گاوی پوسیده (۳۰ و ۶۰ تن در هکتار)، ورمی کمپوست (۵ تن در هکتار) و نیز ترکیبی از نسبت‌های مختلف کودهای شیمیایی و آلی در مقایسه با تیمار شاهد بود. اندام هوایی گیاهان در مرحله ۵۰ درصد گلدهی برداشت و پس از خشک‌شدن با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر اسانس‌گیری گردید. شناسایی ترکیب‌های اسانس با استفاده از دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) انجام شد. براساس نتایج بدست آمده حداکثر درصد و عملکرد اسانس در این گونه در سال سوم آزمایش و به ترتیب معادل ۲/۹۶ درصد و ۵۸/۰۲ کیلوگرم در هکتار بود. طبق نتایج حاصل از سال‌های آزمایش مشخص شد که تیمار تلفیقی ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به همراه ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست سال سوم، بیشترین عملکرد اسانس را به خود اختصاص داد. ۱۳ ترکیب در اسانس گیاه تشخیص داده شد که سه ترکیب تیمول (۵۶/۲-۲۶/۱۴ درصد)، گاماترینین (۳۰/۹۵-۱۲/۸ درصد) و پاراسیمن (۱۶/۸۵-۷/۲ درصد) با مجموع بیش از ۹۷ درصد حجم اسانس، بیشترین مقدار را داشتند. براساس نتایج تحقیق، عملکرد کیفی اسانس این گونه کمتر تحت تأثیر تیمارهای حاصلخیزی خاک قرار گرفت اما عملکرد کمی اسانس تحت تأثیر تغذیه تلفیقی افزایش معنی‌داری داشت که به طور غیرمستقیم باعث افزایش عملکرد کیفی اسانس نیز می‌گردد. همچنین، استفاده از کود آلی ورمی کمپوست به همراه کودهای شیمیایی جهت افزایش عملکرد اسانس این گیاه توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: تغذیه، تیمول، ماده مؤثره، مرزه

مقدمه

است که پراکنش آن از مناطق مدیترانه‌ای گزارش شده است.

جنس مرزه (*Satureja*) از خانواده نعنائیان (Lamiaceae) این جنس در ایران ۱۵ گونه گیاه علفی یک‌ساله و چندساله

Bahtiyarca Bagdat و همکاران (۲۰۱۰) اسانس این گیاه را در رویشگاه‌های ترکیه بررسی نموده و درصد اسانس را از ۰/۵ تا ۱/۸ درصد متغیر گزارش کردند. ترکیبات اصلی اسانس به ترتیب شامل کارواکرول (۴۷/۳۲ تا ۵۰/۲ درصد)، گاما-ترپینن (۱۲/۱۴ تا ۱۲/۲۲ درصد)، کارواکرول متیل اتر (۸/۲۵ تا ۱۳/۰۳ درصد)، پارا-سیمن (۹/۹۱ تا ۱۲/۶۶ درصد) و بتا-کاریوفیلن (۱/۵ تا ۲/۴۶ درصد) بوده است. Eftekhar و همکاران (۲۰۱۴) در منطقه قزوین دو ترکیب کارواکرول (۵۳/۷۴ درصد) و تیمول (۳۶/۰۳ درصد) را به عنوان ترکیبات غالب اسانس مرزه سنبله‌ای معرفی کرده‌اند که ۹۹/۱۲ درصد کل اسانس را شامل می‌شود. این گونه در مناطق مختلف دنیا از نظر مواد تشکیل‌دهنده اسانس در دو گروه قرار می‌گیرد که تیپ کارواکرول و تیپ تیمول است. غالبیت تیپ تیمول در ایران بیشتر از تیپ کارواکرول است (Bahtiyarca Bagdat et al., 2010). احسانی و همکاران (۱۳۹۶) ۱۶ ماده در اسانس *Satureja spicigera* شناسایی کردند که تیمول (۴۶/۷ درصد) بیشترین ماده جداسازی شده از این اسانس بود. دومین ماده‌ای که بالاترین مقدار را داشت پارا-سیمن (۱۸/۸ درصد) و سومین ماده گاما-ترپینن (۱۲/۹ درصد) گزارش شد. کمترین مقدار مربوط به آلفا-فلاندرن (α -Phellandrene) بود. تحقیقات قنبری عدیوی و همکاران (۱۴۰۰) در زمینه زرین گیاه (*Dracocephalum kotschyi*) نشان داد که استفاده از کود مرغی حاوی ۲۵۰ کیلوگرم ازت در هکتار با ایجاد شرایط مطلوب رشد گیاهی جایگزین مطلوبی برای کود شیمیایی است. محمدی و همکاران (۱۴۰۰) بیان نمودند که استفاده از ورمی‌کمپوست به همراه کودهای شیمیایی و زیستی جهت افزایش عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica*) توصیه می‌گردد. رحمانی و همکاران (۱۴۰۰) بالاترین عملکرد اسانس در گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) با اعمال تغذیه تلفیقی نتیجه‌گیری کردند که با روش تغذیه تلفیقی و استفاده از کودهای زیستی و آلی می‌توان به عملکرد کمی و کیفی مطلوبی در گیاه زوفا دست یافت. عوامل مختلفی در دستیابی به عملکرد مناسب اسانس و

دارد که در مناطق مختلف کشور مانند استان‌های لرستان، خوزستان، ایلام، کرمانشاه، اصفهان، نواحی شمال شرقی، گیلان، یزد و بعضی نقاط دیگر می‌رویند. گونه‌های این جنس بیشتر در دامنه‌های کوهستانی مناطق شمال، شمال غربی، شمال شرقی، مرکزی و جنوب غربی ایران پراکندگی داشته و روی صخره‌های آهکی و یا دامنه‌های سنگلاخی رشد می‌کنند (مظفریان، ۱۳۷۵). مرزه سنبله‌ای (*Satureja spicigera*) (Jamzad) گیاهی علفی با قاعده چوبی، به ارتفاع ۲۵ تا ۶۰ سانتی‌متر، با ساقه‌های نازک و برگ‌های مترکم، انشعاب‌های زیاد سبز روشن، گل‌ها با دم‌گل نازک اغلب سفید رنگ تا صورتی رنگ، میوه فندقه تقریباً کروی، پهن و سیاه براق است (جم‌زاد، ۱۳۸۸). سرشاخه‌های گل‌دار این گیاه اثر نیرودهنده، تسهیل‌کننده عمل هضم، مقوی معده، مدر، بادشکن و به‌طور خفیف اثر قابض، ضدنزله، رفع اسهال و ضدکرم دارد. همچنین از مرزه می‌توان در رفع ضعف و حالت چنگ‌زدگی معده استفاده کرد. به‌علاوه آن را در حالت بحرانی آسم هم به‌کار می‌برند (Sefidkon et al., 2009).

براساس تحقیقات موجود، اسانس گونه *S. spicigera* حاوی تیمول (Thymol)، پارا-سیمن (P-cymene)، گاما-ترپینن (γ -terpinene) و کارواکرول (Carvacrole) است (Sefidkon et al., 2004; Rojas and Alfredo, 2000; Simon et al., 1981; Skocibusic and Bezic, 2004; Sefidkon and Jamzad, 2004; Kurkcuoglu et al., 2001). تحقیق طبایی عقدايي و همکاران (۱۳۹۷) روی جمعیت‌های مرزه سنبله‌ای جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های طبیعی و کشت شده در ایستگاه همدان‌آب سرد دماوند در شرایط دیم، نشان‌دهنده سازگاری گیاه به شرایط زراعی بود که با میانگین بازده اسانس ۲/۶۵ درصد و عملکرد اسانس ۳۶/۱۰ کیلوگرم در هکتار قابلیت خوبی را برای کشت در شرایط دیم نشان داد. براساس گزارش Gohari و همکاران (۲۰۰۶) ۴۳ ترکیب در اسانس این گونه مشاهده شده که ۹۷/۴ درصد کل اسانس را شامل می‌گردد. اسانس گیاه غنی از منوترپین‌ها بوده که ۸۹/۹ درصد اسانس را شامل می‌گردند و تیمول به‌عنوان ترکیب اصلی، ۳۷/۳ درصد اسانس را شامل شده است.

سرد (طبق روش آمبرژه)، متوسط بارندگی ۳۰ ساله: ۱۴۰ میلی‌متر، انجام شد.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با هشت تیمار تغذیه‌ای و سه تکرار روی گیاه دارویی مرزه سنبله‌ای (*S. spicigera*) اجرا شد. تیمارهای تغذیه شامل نسبت‌های مختلفی از کودهای شیمیایی NPK (۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر)، کود گاوی کاملاً پوسیده (۳۰ و ۶۰ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۵ تن در هکتار) و نیز ترکیبی از نسبت‌های مختلف کودهای شیمیایی و آلی (۳۰ تن در هکتار کود دامی به‌همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر، ۶۰ تن در هکتار کود دامی به‌همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن+ ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر) در مقایسه با تیمار شاهد (تیمار فاقد هر گونه کود) بود. فواصل کاشت روی ردیف ۷۰ سانتی‌متر و بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. زمان اعمال تیمارها فقط یک نوبت و در مرحله کاشت در زمین اصلی بود. قبل از اعمال تیمارها از خاک مزرعه نمونه‌برداری و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله عناصر پرمصرف و کم‌مصرف اندازه‌گیری گردید (جدول ۱). ورمی‌کمپوست و کود گاوی نیز آنالیز شد (جدول ۲ و ۳).

تهیه بذر گیاه از پایه‌های مرزه موجود در کلکسیون گیاهان دارویی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان انجام پذیرفت. منشاء بذر اولیه نیز شرکت دارویی خرمان در استان لرستان بود. با توجه به چندساله بودن گیاه، در سال اول اقدام به تولید نشاء در شرایط گلخانه و از طریق کشت بذور در سینی‌های کشت گردید. بستر کشت پیت‌ماس و تاریخ کاشت بذور بهمن‌ماه ۱۳۹۵ بود. انتقال نشاء در فروردین ماه ۱۳۹۶ و پس از مساعد شدن هوا به زمین اصلی انجام شد. بلافاصله پس از انتقال نشاء نسبت به آبیاری اقدام گردید. روش آبیاری به‌صورت قطره‌ای و در دو هفته اول کشت هر

مواد مؤثره موجود در آن دخالت دارد. از جمله این عوامل تغذیه مناسب گیاه است که در صورت استفاده از کودهای آلی، گامی در جهت رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار و ارائه الگوهای مناسب تغذیه‌ای نیز است. از جمله کودهای آلی می‌توان به ورمی‌کمپوست و کودهای دامی اشاره نمود. این کودها با افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه و آزادسازی تدریجی آن باعث افزایش رشد گیاه و میزان ماده خشک تولیدی می‌گردد (سعیدنژاد و رضوانی‌مقدم، ۱۳۸۸). همچنین محل مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌های خاک‌زی بوده و در این راستا نقش مهمی در بهبود ساختمان و سایر خصوصیات خاک ایفا می‌کنند (بای‌وردی و همکاران، ۱۳۷۹). استفاده از ورمی‌کمپوست به‌علت داشتن خصوصیتی مانند تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب، در کشاورزی پایدار برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی پیشنهاد می‌شود (Arancon et al., 2004; Atiyeh et al., 2002; Scheffer and Koehler, 1993).

با توجه به جدید بودن این گیاه برای سیستم زراعی استان اصفهان و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی و تأثیر سوئی که بر چرخه زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارد، این پژوهش با هدف بررسی اثر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای بر عملکرد اسانس و ترکیبات مؤثره گیاه مرزه سنبله‌ای در اصفهان به‌اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال‌های زراعی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه نجف‌آباد وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان واقع در ۲۵ کیلومتری غرب شهرستان اصفهان با مشخصات اکولوژیک عرض جغرافیایی: ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی: ۵۱ درجه شرقی، ارتفاع از سطح دریا: ۱۶۱۲ متر، حداقل درجه حرارت: ۱۷- و حداکثر درجه حرارت: ۴۰ درجه سانتی‌گراد، بافت خاک: کلی لوم، طبقه آب و هوایی: خشک

جدول ۱- آنالیز خاک محل اجرای طرح

هدایت الکتریکی	pH	کربن آلی	نیترژن کل	رس	سیلت	شن	سنگ ریزه	Na ⁺	Mg ²⁺ Ca ²⁺	Cl ⁻	So ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	کاتیون ها	آنیون ها
dS/m		%	%					Meq/l	Meq/l	Meq/l	Meq/l	Meq/l	Meq/l	Meq/l
۱/۷۵	۷/۶۴	۱/۴۴	۰/۱۴	۲۰	۲۲	۵۸	۲۰/۲۵	۲۵	۸۵	۳۶	۵۵/۲	۱۰/۸	۱۱۰	۱۰۲

جدول ۲- آنالیز کود دامی

هدایت الکتریکی	pH	رطوبت	کربن آلی	فسفر کل	پتاسیم کل	ازت کل	آهن کل	روی کل	مس کل	منگنز کل
dS/m		%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
۸/۴	۷/۸	۲/۵	۱۰/۶	۳/۶	۲/۷	۱/۰۱	۲۰۰۰۰	۹۰	۳۲	۵۲۰

جدول ۳- آنالیز کود ورمی کمپوست

هدایت الکتریکی	فسفر کل	پتاسیم کل	کلسیم	آهن کل	روی کل
dS/m	%	%	%	%	%
۱/۸۱	۱/۷۵	۰/۹۱	۱۲/۴۶	۱۱/۱	۴۳۷/۵

کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد.

کروماتوگرافی گازی (GC): مدل دستگاه Shimadzu-9A

مجهاز به دتکتور F.I.D (یونیزاسیون شعله هیدروژن) و داده‌پرداز Chromatepac بود. ستون دستگاه DB-5 به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون بود. گاز حامل هلیوم با سرعت جریان گاز ۲۲/۷، دمای محفظه تزریق ۲۶۵ درجه سانتی‌گراد و برنامه‌ریزی حرارتی ستون از دمای اولیه ۵۰ درجه تا دمای نهایی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود که در هر دقیقه ۴ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده شد.

کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی

(GC/MS): Varian 3400 متصل شده به طیف‌سنج جرمی بود که ستون مشابه با ستون مورد استفاده در دستگاه GC داشت. دتکتور "Ion Trap" گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۵۰ ml/min و انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی معادل ۷۰ الکترون بود. برنامه حرارتی ستون از ۴۰ تا ۲۲۰ درجه

سه روز یکبار و پس از استقرار گیاه به صورت هفتگی تا پایان فصل تابستان انجام شد. در دو فصل پاییز و زمستان، بسته به میزان بارش منطقه، بطور تقریبی هر ۲۰ روز یکبار آبیاری صورت گرفت. در طول دوره رشد، در زمان لازم و جین کرت‌ها انجام شد. در مردادماه و در زمان ۵۰ درصد گلدهی، اندام هوایی گیاهان هر تیمار از ۵ سانتی‌متری بالای سطح خاک برداشت و نسبت به خشک‌کردن سرشاخه آن‌ها در سایه اقدام شد. سپس گیاهان خشک‌شده توزین و براساس آن عملکرد خشک گیاه در هکتار محاسبه گردید. همچنین به منظور استخراج اسانس، ۵۰ گرم از سرشاخه خشک‌شده هر تیمار آسیاب شده و به مدت چهار ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر، اسانس‌گیری و درصد حجمی اسانس آن تعیین گردید (British Pharmacopoeia, 1988). عملکرد اسانس از طریق حاصل ضرب درصد اسانس در عملکرد خشک اندام هوایی تعیین شد. اسانس استخراج‌شده جهت انجام آنالیزهای لازم به مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور ارسال گردید. برای شناسایی ترکیب‌های اسانس از دستگاه‌های

سانتی‌گراد با سرعت ۴ C/min تنظیم شد و دمای محفظه تزریق ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد بود.

محاسبه شاخص بازداری و شناسایی ترکیب‌ها: برای محاسبه اندیس‌های بازداری ترکیب‌ها، آلکان‌های نرمال c9-c22 به دستگاه GC تزریق شد. شناسایی ترکیب‌ها با مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با طیف جرمی ترکیب‌های استاندارد، با استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه و به کمک شاخص‌های بازداری محاسبه شده و مقایسه آن‌ها با شاخص‌های بازداری استاندارد که در منابع مختلف منتشر گردیده، انجام شد. محاسبات کمی (تعیین درصد هر ترکیب) به کمک داده‌پرداز R3A-Chromatepac به روش نرمال‌کردن سطح (Area normalization method) و نادیده گرفتن ضریب‌های پاسخ (Response factors) مربوط به طیف‌ها انجام شده است.

پس از جمع‌آوری اطلاعات مزرعه‌ای در طی سه سال زراعی، تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین صفات درصد و عملکرد اسانس با آزمون LSD انجام گردید. از نرم‌افزار SAS 9.1 جهت بررسی مقایسه میانگین داده‌ها و نرم‌افزار MSTAT-C جهت محاسبه اثر متقابل استفاده شد.

نتایج و بحث

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشخص گردید که تأثیر تیمارهای کود بر درصد و عملکرد اسانس گیاه مرزه سنبله‌ای در هر سه سال آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۴). این مسئله بیانگر آن است که در روش‌های مختلف حاصلخیزی خاک و سال‌های مختلف، صفت‌های مذکور واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهند.

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در سال اول آزمایش بیشترین درصد اسانس مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی (۳/۵٪) بود که با تیمارهای ۶۰ تن در هکتار کود دامی (۳/۴ درصد)، کود شیمیایی خالص (۳/۴ درصد) و شاهد (۳/۴ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین عملکرد اسانس نیز در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی (۶۵/۸۱ کیلوگرم در

هکتار) مشاهده شد (جدول ۵). در سال دوم آزمایش، بالاترین درصد اسانس در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (۲/۸۱ درصد) و بالاترین عملکرد اسانس نیز متعلق به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی (۴۸/۲ کیلوگرم در هکتار) بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (۴۸/۱ کیلوگرم در هکتار) نشان نداد (جدول ۵). در سال سوم آزمایش بیشترین درصد اسانس متعلق به تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بود (۳/۳۲٪) که تنها با دو تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (۲/۵۶ درصد) و شاهد (۲/۵۲ درصد) تفاوت معنی‌داری داشت. بالاترین عملکرد اسانس نیز در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (۷۲/۸۸ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۵).

عملکرد اسانس در مرزه سنبله‌ای در سال سوم و با اعمال تیمار تلفیقی ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به همراه ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست که در حقیقت تلفیقی از کودهای شیمیایی و زیستی است بیشترین مقدار را دارد. از آنجا که عملکرد اسانس در حقیقت حاصل ضرب عملکرد خشک اندام هوایی در درصد اسانس است لذا می‌توان گفت روش تغذیه تلفیقی به صورت ترکیب کود زیستی ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی به عنوان روش تغذیه مناسب گیاه جهت افزایش عملکرد کمی در این گونه می‌تواند به کار رود. از آنجا که در تیمارهای تلفیقی با استفاده از ترکیب مناسبی از کودهای شیمیایی و آلی، وضعیت خاک بهبود پیدا می‌کند و بر اثر تغذیه مناسب گیاه، رشد و میزان فتوسنتز آن افزایش می‌یابد، لذا افزایش عملکرد خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس دور از انتظار نیست. براساس گزارش‌های موجود، کود ورمی‌کمپوست

جدول ۴- تجزیه واریانس درصد و عملکرد اسانس در هشت تیمار حاصلخیزی خاک گیاه مرزه (*S. spicigera*) کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان در سال‌های زراعی ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹

منابع تغییرات	درجه آزادی	سال ۱۳۹۷		سال ۱۳۹۸		سال ۱۳۹۹	
		عملکرد اسانس	اسانس	عملکرد اسانس	اسانس	عملکرد اسانس	اسانس
تکرار	۲	۱۶/۱۹	۰/۰۵۸	۳۰/۲۹	۰/۰۱	۸/۶۱	
تیمار	۷	۴۵۲/۹**	۰/۷۱**	۲۷۰/۲**	۰/۲۳**	۲۱۱/۲**	
خطا	۱۴	۱۰/۸۹	۰/۰۳۱	۲۲/۸۲	۰/۰۳	۲۲/۳۹	
خطای کل	۲۳						

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد و عملکرد اسانس در هشت تیمار حاصلخیزی خاک گیاه مرزه (*S. spicigera*) کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان در سال‌های زراعی ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹

تیمار	سال ۱۳۹۷		سال ۱۳۹۸		سال ۱۳۹۹	
	عملکرد اسانس (Kg/ha)	اسانس (%)	عملکرد اسانس (Kg/ha)	اسانس (%)	عملکرد اسانس (Kg/ha)	اسانس (%)
control	۵۶/۲ ^b	۳/۴ ^a	۳۵/۷ ^{bc}	۲/۲ ^{cd}	۴۷/۳۶ ^c	۲/۵۲ ^b
N50, P25, K25	۵۲/۳۴ ^b	۳/۴ ^a	۴۸/۱ ^a	۲/۸۱ ^a	۶۰/۸۱ ^b	۳/۱۴ ^a
*Cow Manure30	۶۵/۸۱ ^a	۳/۵ ^a	۴۸/۳ ^a	۲/۳۳ ^{bc}	۵۵/۴۲ ^c	۲/۹۳ ^a
Cow Manure60	۴۰/۵۳ ^c	۳/۴ ^a	۴۱/۴ ^{a-c}	۲/۶۱ ^{ab}	۵۹/۳۷ ^b	۳/۲۵ ^a
Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۴۶/۲ ^c	۲/۵۱ ^b	۳۳/۶۴ ^c	۱/۸۹ ^d	۴۷/۷۵ ^c	۲/۵۶ ^b
Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۵۴/۴ ^b	۲/۴ ^b	۵۰/۴۸ ^a	۲/۶ ^{ab}	۶۳/۹ ^b	۳/۳۲ ^a
Vermi-compost (5 ton/ha)	۵۲/۷ ^b	۲/۶ ^b	۲۲/۱۶ ^d	۱/۲۹ ^e	۵۶/۶۴ ^b	۳/۰۲ ^a
Vermi-compost (5 ton/ha) + N50, P25, K25	۲۴/۷ ^d	۲/۰۳ ^c	۴۲/۹۳ ^{ab}	۲/۰۵ ^{cd}	۷۲/۸۸ ^a	۳/۰۶ ^a

حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین آنها در سطح احتمال یک درصد است.

نسبت به خاک‌های فاقد آن دارند. همچنین ورمی‌کمپوست ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک را نیز افزایش می‌دهد و از آب‌شویی عناصر غذایی جلوگیری می‌کند. از طرفی ورمی‌کمپوست موجب بهبود ساختمان فیزیکی خاک و بهبود رشد ریشه گیاه می‌شود (Darzi and Hajseyedhadi, 2004a). نتایج پژوهش‌های انجام‌شده بر روی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.)، بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) و انیسون (*Pimpinella anisum* L.) بهبود چشمگیر عملکرد اسانس را در اثر مصرف ورمی‌کمپوست گزارش می‌کند (Khalesro et al., 2011; Darzi and Haj Seyed Hadi and Rezaei Ghale, 2014b).

با افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه و آزادسازی تدریجی آن‌ها باعث افزایش رشد گیاه شده و میزان ماده خشک تولیدی را افزایش می‌دهد (سعیدنژاد و رضوانی‌مقدم، ۱۳۸۸). ورمی‌کمپوست که حاصل یک فرآیند هوازی است و در نتیجه تجزیه مشترک مواد آلی توسط کرم زباله یا کرم خاکی و میکروارگانیسم‌های خاکزی تولید می‌شود (Atiyeh et al., 2002) دارای آنزیم‌هایی است که موجب افزایش جامعه میکروبی خاک و نگهداری عناصر غذایی برای دوره‌های طولانی‌تر بدون اثرات منفی بر محیط می‌گردد (Padmavathiamma et al., 2008). لذا خاک‌های حاوی ورمی‌کمپوست معمولاً نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتری

جدول ۶- تجزیه واریانس درصد و عملکرد اسانس در هشت تیمار حاصلخیزی خاک گیاه مرزه (*S. spicigera*) کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹

منابع تغییرات	درجه آزادی	اسانس	عملکرد اسانس
سال	۲	۴/۰۸**	۱۸۷۸/۹**
خطا × سال	۶	۰/۰۲	۱۸/۴
تیمار	۷	۱/۲۳**	۳۴۵/۲**
سال × تیمار	۱۴	۰/۳۵**	۲۹۴/۶**
خطا	۴۲	۰/۰۳	۱۸/۷
خطای کل	۷۱		

این فاکتورها می‌تواند منجر به افزایش عملکرد اسانس تولیدی گردد (علیزاده سهزایی و همکاران، ۱۳۸۶)، لذا یکی از اصلی‌ترین دلایل تفاوت عملکرد اسانس با تحقیقات قبلی می‌تواند اثر مثبت و معنی‌دار تیمارهای اعمال شده بر عملکرد رشد رویشی و بطور غیرمستقیم بر عملکرد اسانس گیاه باشد.

اثر متقابل سال و تیمار مشخص نمود که در مجموع، تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی در سال اول بیشترین درصد اسانس را معادل ۳/۵ درصد و تیمار ۵ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بیشترین عملکرد اسانس را معادل ۷۲/۹ کیلوگرم در هکتار در سال سوم آزمایش تولید نمود (نمودار ۱ و ۲). در این تحقیق استفاده از تلفیق کودهای دامی و شیمیایی پس از تیمار تلفیق ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی باعث افزایش عملکرد اسانس شد. این مسئله در سال سوم آزمایش به خوبی قابل مشاهده است. کودهای آلی با وجود آزادسازی کند مواد غذایی در خاک، در طولانی مدت باعث بهبود خواص خاک و به دست آمدن محصولات کشاورزی سالم لازم هستند (Gomaa, 1995). کود دامی، حاوی عناصر میکرو و ماکرو لازم جهت فعالیت‌های حیاتی گیاه است (Hendawy et al., 2010). همچنین بافت خاک را بهبود می‌بخشد، ظرفیت جذب آب را بالا می‌برد و محیط مناسبی جهت گسترش ریشه فراهم می‌کند (Abou El-Magd, 2006). Attia و همکاران (۲۰۰۴) نیز افزایش درصد اسانس آویشن باغی را در اثر کاربرد کودهای

(2016). براساس نتایج رضایی مؤدب و همکاران (۱۳۹۲)، ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر تأثیری در افزایش درصد اسانس ندارند، ولی عملکرد رویشی و در نتیجه عملکرد اسانس را افزایش می‌دهند. از طرفی براساس تحقیق سعیدنژاد و رضوانی مقدم (۱۳۸۸) و آشناور و همکاران (۱۳۹۶) کاربرد مواد آلی و کودهای بیولوژیک نمی‌تواند تأثیر چندانی بر درصد اسانس زیره سبز و بابونه داشته باشد اما نقش مؤثری را در افزایش عملکرد اسانس ایفا می‌کند.

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه مرکب سال‌های آزمایش مشخص گردید اثر سال، تیمار و برهمکنش سال در تیمار بر درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه مرزه سنبله‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که در مجموع، بیشترین درصد و عملکرد اسانس این گیاه مربوط به سال سوم آزمایش و به ترتیب معادل ۲/۹۶ درصد و ۵۸/۰۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۸). در تحقیق طبایی عقدایی و همکاران (۱۳۹۷) روی جمعیت‌های *S. spicigera* جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های طبیعی و کشت شده در ایستگاه همدان‌آب سرد دماوند در شرایط دیم، میانگین بازده اسانس ۲/۶۵ درصد و عملکرد اسانس ۳۶/۱ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. از آنجا که تحقیق حاضر با اعمال تیمارهای حاصلخیزی خاک و همچنین عدم تنش آبی انجام گرفته و با توجه به اینکه عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد سرشاخه گل‌دار است و هر گونه افزایش در

جدول ۷- مقایسه میانگین درصد و عملکرد اسانس در هشت تیمار حاصلخیزی خاک گیاه مرزه (*S. spicigera*) کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹

عملکرد اسانس (Kg/ha)	اسانس (%)	تیمار
۵۴/۹ ^a	۲/۸۸ ^{cd}	control
۵۳/۸ ^a	۳/۱۳ ^a	N50, P25, K25
۵۳/۸ ^a	۲/۹۲ ^{bc}	*Cow Manure30
۴۷/۱ ^b	۳/۰۷ ^{ab}	Cow Manure60
۴۲/۵ ^c	۲/۳۳ ^e	Cow Manure 30 + N50, P25, K25
۵۶/۳ ^a	۲/۷۵ ^d	Cow Manure 60 + N50, P25, K25
۴۳/۸ ^{bc}	۲/۳ ^e	Vermi-compost (5 ton/ha)
۴۱/۰۲ ^c	۲/۲ ^e	Vermi-compost (5 ton/ha) + N50, P25, K25

حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین آنها در سطح احتمال یک درصد است.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر سال بر درصد و عملکرد اسانس در هشت تیمار حاصلخیزی خاک گیاه مرزه (*S. spicigera*) کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹

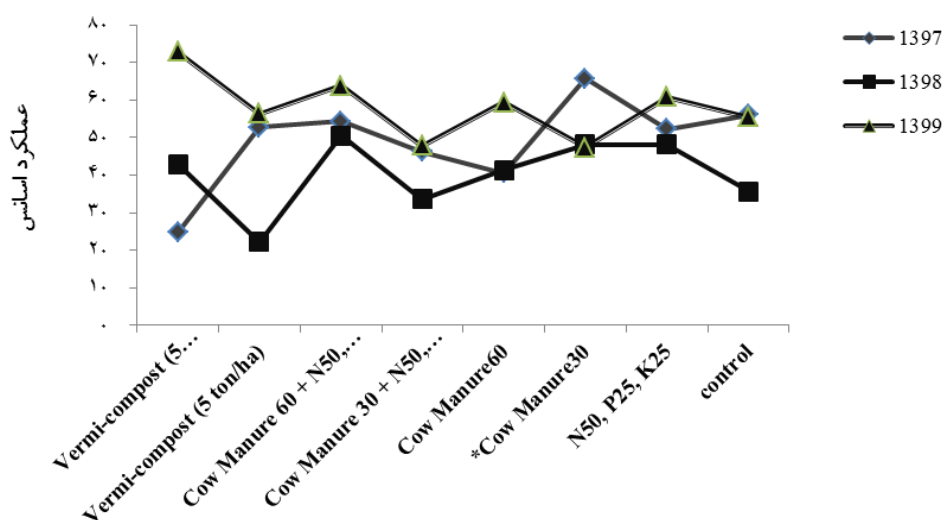
سال	اسانس (%)	عملکرد اسانس (Kg/ha)
اول	۲/۹۱ ^a	۴۹/۰۷ ^b
دوم	۲/۲۲ ^b	۴۰/۳۲ ^c
سوم	۲/۹۶ ^a	۵۸/۰۲ ^a

حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین آنها در سطح احتمال یک درصد است.

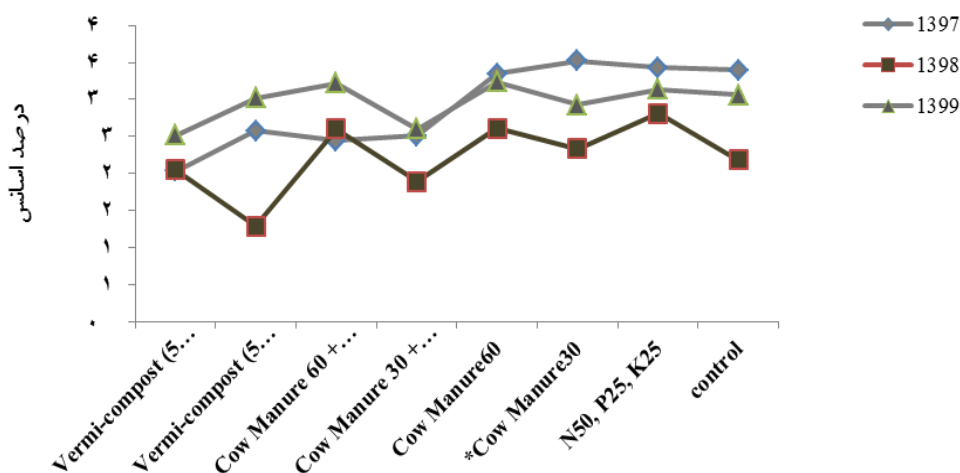
غذایی از کود دامی و همچنین کمبود عناصر پر نیازی چون نیتروژن و فسفر (سالار دینی، ۱۳۸۴) گیاه در طول دوره رشد از وضعیت مناسب تغذیه‌ای برخوردار نمی‌باشد (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۰) این مسئله دور از انتظار نیست. دلیل دیگری که می‌توان ارائه نمود این است که احتمالاً کودهای شیمیایی خالص بطور مناسبی در اختیار گیاه نبوده و بیشتر در معرض تصعید و آب‌شویی قرار داشته‌اند (ملکوتی، ۱۳۷۸؛ شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۲). از طرفی استفاده از کودهای دامی خالص نیز به دلیل کمبود برخی از عناصر پر نیاز شرایط مناسب تغذیه‌ای را برای رشد گیاه فراهم نکرده است (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۲). تجزیه اسانس در سال ۱۳۹۷ (جدول ۹)، حضور ۱۲ ترکیب شامل آلفاتون (α -Thujene)، آلفاپینن (α -Pinene)، ساینن

آلی به صورت کمپوست، کودهای مرغی و گوسفندی ارائه نموده‌اند. تحقیقات فبرری عدیوی و همکاران (۱۴۰۰) روی زرین گیاه، محمدی و همکاران (۱۴۰۰) روی مرزه خوزستانی و رحمانی و همکاران (۱۴۰۰) در گیاه زوفا نشان داد که با اعمال روش تغذیه تلفیقی و استفاده از کودهای زیستی و آلی می‌توان به عملکرد کمی و کیفی مطلوب‌تری در این گیاهان دست یافت.

در مجموع سه سال آزمایش، استفاده از کود شیمیایی خالص یا کود آلی به تنهایی به اندازه تلفیق این دو کود مؤثر نبوده است. از آنجا که در روش تغذیه مبتنی بر کودهای شیمیایی خالص، به دلیل آزادسازی سریع عناصر غذایی در خاک، گیاه فقط در ابتدای رشد وضعیت مطلوبی خواهد داشت و در روش تغذیه ارگانیک نیز به دلیل آزادسازی آهسته عناصر



نمودار ۱- تغییرات عملکرد اسانس مرزه سنبله‌ای در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹



نمودار ۲- تغییرات درصد اسانس مرزه سنبله‌ای در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹

گاما- ترپینن (۲۷/۶۱ درصد) متعلق به تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم، پارا- سیمن (۱۴/۰۱ درصد) در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت به همراه ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و کارواکرول در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی (۷/۵ درصد) بود. در سال ۱۳۹۸، نیز علاوه بر دوازده ترکیب فوق، دو ترکیب ۱،۸ سینئول (1,8- cineole) و لیمونن (Limonene) در اسانس مشاهده شد که همچنان تیمول، گاما- ترپینن، پارا- سیمن و کارواکرول چهار ترکیب اصلی و غالب اسانس بودند.

(Sabinene)، آلفا ترپینن (α -Terpinene)، پاراسیمن (p-Cymene)، گاماترپینن (γ -Terpinen)، ترپینولن (Terpinolene)، تیمول، کارواکرول، ای کاروفیلین (e-Caryophyllene)، بتاپینن (β -Pinene) و متیل اتر تیمول (Methyl ether thymol) را در اسانس مرزه سنبله‌ای نشان داد. چهار ترکیب اصلی و غالب اسانس، تیمول (۴۴/۴-۵۵/۶ درصد)، گاماترپینن (۱۸/۳-۲۷/۶ درصد)، پاراسیمن (۹/۱-۱۴/۰ درصد) و کارواکرول (۲/۹-۷/۵ درصد) بودند که تقریباً ۹۴ درصد اسانس را تشکیل دادند. بیشترین درصد ترکیب تیمول (۵۵/۶ درصد) در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی،

جدول ۹- ترکیبات تشکیل دهنده اسانس (*S. spicigera*) کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان تحت تیمارهای حاصلخیزی خاک طی سال زراعی ۱۳۹۷

ردیف	تیمار	آلفاتوژن	آلفاپینن	سابینن	آلفاترپینن	پاراسیمن	گاماترپینن
۱	Vermi-compost (5 ton/ha) + N50, P25, K25	۱/۷	۰/۲	۰	۳/۳	۱۰/۱	۲۶/۱
۲	Vermi-compost (5 ton/ha)	۱/۹	۰/۸	۰	۳/۰	۱۱/۴	۲۶/۶
۳	Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۲/۰	۰/۸	۲/۶	۳/۱	۱۱/۲	۲۷/۶
۴	Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۱/۵	۰/۶	۱/۹	۲/۸	۱۰/۹	۲۲/۰
۵	Cow Manure60	۱/۳	۰/۶	۱/۸	۲/۳	۹/۱	۱۸/۹
۶	Cow Manure30	۱/۱	۰/۵	۱/۸	۲/۲	۱۰/۷	۱۸/۳
۷	N50, P25, K25	۱/۶	۰/۷	۲/۰	۲/۷	۱۴/۰	۲۳/۸
۸	control	۱/۵	۰/۶	۲/۰	۲/۸	۹/۹	۲۳/۹
	نمایه بازداری	۹۳۷/۵۵	۹۴۹/۲۸	۹۸۰/۶۵	۱۰۰۷/۴	۱۰۴۳/۶۱	۱۰۵۵/۸۳

ادامه جدول ۹-

ردیف	تیمار	ترپینولن	تیمول	کارواکرول	ای کاریوفیلن	بتاپینن	متیل اتر تیمول
۱	Vermi-compost (5 ton/ha) + N50, P25, K25	۰/۲	۴۵/۵	۴/۸	۱/۴	۲/۳	۱/۶
۲	Vermi-compost (5 ton/ha)	۰/۲	۴۵/۴	۳/۰	۱/۶	۲/۲	۰/۲
۳	Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۰/۲	۴۴/۴	۳/۲	۱/۰	۰/۲	۱/۹
۴	Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۰/۲	۵۰/۴	۳/۷	۱/۹	۰/۲	۱/۹
۵	Cow Manure60	۰/۲	۵۵/۶	۴/۹	۱/۷	۰/۲	۱/۱
۶	Cow Manure30	۰/۳	۵۱/۶	۷/۵	۱/۶	۰/۲	۲/۰
۷	N50, P25, K25	۰/۲	۴۵/۴	۳/۴	۲/۰	۰/۲	۱/۶
۸	control	۰/۲	۵۰/۷	۳/۶	۱/۴	۰/۲	۱/۵
	نمایه بازداری	۱۰۸۶/۴۲	۱۳۲۷/۵۷	۱۳۳۴/۹۴	۱۴۸۰/۱۲	۱۰۰۷/۹۴	۱۲۶۸/۸۴

۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم مشاهده شد. دومین ترکیب غالب اسانس گاما- ترپینن بود که از ۲۲/۸۱ درصد در تیمار شاهد تا ۳۰/۹۵ درصد در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست تغییر نشان داد. سومین ترکیب به پارا- سیمن تعلق داشت که بالاترین میزان آن در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (۱۳/۸۳ درصد) بدست آمد. چهارمین ترکیب نیز کارواکرول بود که بیشترین مقدار آن در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست به همراه ۵۰ کیلوگرم در

در این سال بیشترین ترکیب تیمول با مقدار ۵۶/۱۵ درصد در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد. گاما- ترپینن (۲۵/۱۱ درصد) متعلق به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی، پارا- سیمن (۱۶/۸۵ درصد) در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی و کارواکرول در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (۹/۴ درصد) مشاهده شد (جدول ۱۰). در سال ۱۳۹۹ علاوه بر ترکیبات شناسایی شده در دو سال قبل، بتافلاندرن (β -Phelandrene) نیز در اسانس موجود بود (جدول ۱۱). بالاترین میزان تیمول (۴۸/۲۲ درصد) در تیمار

جدول ۱۰- ترکیبات تشکیل دهنده اسانس (*S. spicigera*) کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان تحت تیمارهای حاصلخیزی خاک طی سال زراعی ۱۳۹۸

ردیف	تیمار	آلفاتوژن	آلفایینن	سایینن	آلفاترپینن	پاراسیمن	لیمونن	اسینتول
۱	Vermi-compost (5 ton/ha)+N50, P25, K25	۱/۷	۰/۸	۲/۱	۳/۵	۱۱/۴	۰/۴	۰/۲
۲	Vermi-compost (5 ton/ha)	۱/۱	۰/۵	۱/۴	۲/۵	۱۰/۶	۰/۲	۰/۲
۳	Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۱/۳	۰/۶	۱/۹	۲/۹	۱۱/۳	۰/۳	۰/۲
۴	Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۱/۳	۰/۷	۱/۹	۲/۸	۱۳/۶	۰/۳	۰/۲
۵	Cow Manure60	۱/۴	۰/۷	۱/۵	۲/۹	۱۶/۹	۰/۴	۰/۲
۶	Cow Manure30	۱/۴	۰/۷	۲/۰	۳/۲	۱۰/۵	۰/۳	۰/۲
۷	N50, P25, K25	۱/۳	۰/۷	۱/۸	۲/۹	۱۴/۲	۰/۳	۰/۲
۸	control	۱/۴	۰/۷	۱/۸	۳/۰	۱۰/۱	۰/۳	۰/۲
	نمایه بازداری	۹۳۷/۵۵	۹۴۹/۲۸	۹۸۰/۶۵	۱۰۰۷/۴	۱۰۴۳/۶۱	۱۱۱۵/۴۴	۱۰۲۸

ادامه جدول ۱۰-

ردیف	تیمار	گاماترپینن	ترپینولن	تیمول	کارواکرول	ای کاریوفیلن	متیل اتر تیمول
۱	Vermi-compost (5 ton/ha)+N50, P25, K25	۲۴/۵	۰/۳	۴۷/۷	۳/۱	۱/۱	۲/۲
۲	Vermi-compost (5 ton/ha)	۱۸/۵	۰/۶	۵۶/۲	۳/۵	۰/۷	۲/۲
۳	Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۲۰/۷	۰/۲	۴۶/۲	۹/۴	۱/۱	۲/۷
۴	Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۲۲/۱	۰/۳	۴۸/۳	۳/۵	۱/۰	۱/۸
۵	Cow Manure60	۱۲/۸	۰/۳	۵۳/۹	۴/۶	۱/۲	۱/۹
۶	Cow Manure30	۲۵/۱	۰/۳	۴۷/۴	۲/۹	۱/۶	۲/۶
۷	N50, P25, K25	۱۶/۷	۰/۵	۵۱/۶	۳/۸	۱/۷	۱/۵
۸	control	۲۴/۵	۰/۲	۴۹/۵	۳/۷	۰/۹	۱/۶
	نمایه بازداری	۱۰۵۵/۸۳	۱۰۸۶/۴۲	۱۳۲۷/۵۷	۱۳۳۴/۹۴	۱۴۸۰/۱۲	۱۲۶۸/۸۴

هکتار ازت + ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر + ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و معادل ۲۶/۷ درصد حاصل شد.

تحقیقات موجود نیز نشان داده که تیمول (۰/۲۵/۱)، پاراسیمن (۰/۲۲/۱)، گاماترپینن (۰/۱۳/۷) و کارواکرول (۰/۴) به عنوان ترکیبات غالب در اسانس گونه *S. spicigera* است (Sefidkon et al., 2004; Rojas and Alfredo, 2000; Simon et al., 1981; Skocibusic and Bezic, 2004; Sefidkon and et al., 2001). لازم به ذکر است که Bahtiyarca Bagdat و همکاران (۲۰۱۰) ترکیبات اصلی اسانس این گیاه در ترکیه را به ترتیب شامل کارواکرول (۴۷/۳۲)

تا ۵۰/۲ درصد)، گاماترپینن (۱۲/۱۴ تا ۱۲/۲۲ درصد)، کارواکرول متیل اتر (۸/۲۵ تا ۱۳/۰۳ درصد)، پاراسیمن (۹/۹۱ تا ۱۲/۶۶ درصد) و بتا کاریوفیلن (۱/۵ تا ۲/۴۶ درصد) گزارش نموده‌اند. در این تحقیق همچنین ذکر شده است که مرزه سنبله‌ای دو تیپ مختلف شامل تیپ تیمول و تیپ کارواکرول دارد. لذا به نظر می‌رسد مرزه سنبله‌ای موجود در ایران بیشتر از نوع تیپ تیمول است که ترکیب غالب آن تیمول است.

حداکثر مقدار ترکیب تیمول به عنوان ترکیب اصلی و غالب اسانس گونه *S. spicigera* در سال اول آزمایش در تیمار ۶۰

جدول ۱۱- ترکیبات تشکیل دهنده اسانس (*S. spicigera*) کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان تحت تیمارهای حاصلخیزی خاک طی سال زراعی ۱۳۹۹

ردیف	تیمار	آلفاتوژن	آلفاپینن	میرسن	آلفاترپینن	پاراسیمین	بتافلاندین	گاماترپینن
۱	Vermi-compost(5 ton/ha)+N50, P25, K25	۱/۲	۰/۸	۲/۰	۰/۳	۷/۲	۰/۶	۲۶/۲
۲	Vermi-compost (5 ton/ha)	۱/۵	۰/۸	۲/۳	۰/۳	۱۳/۰	۰/۷	۳۰/۹
۳	Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۱/۱	۰/۷	۲/۱	۰/۳	۱۳/۹	۰/۶	۲۸/۰
۴	Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۲/۰	۰/۶	۲/۰	۰	۱۰/۳	۰/۶	۲۷/۷
۵	Cow Manure60	۱/۲	۰/۷	۲/۲	۰	۱۱/۸	۰/۷	۲۸/۱
۶	Cow Manure30	۱/۱	۰/۷	۲/۲	۰/۳	۱۳/۷	۰/۹	۲۶/۲
۷	N50, P25, K25	۱/۱	۰/۷	۲/۱	۰/۳	۱۰/۸	۰/۶	۲۵/۸
۸	control	۰/۹	۰/۶	۱/۹	۰/۳	۱۱/۴	۰/۶	۲۲/۸
نمایه بازداری								
		۹۳۷/۵۵	۹۴۹/۲۸	۹۸۶/۴۶	۱۰۰۷/۴	۱۰۴۳/۶۱	۱۰۲۰/۱۴	۱۰۵۵/۸۳

ادامه جدول ۱۱-

ردیف	تیمار	ترپینولن	متیل اتر تیمول	تیمول	کارواکرول	ای کاریفیلین	بتابیزابولن
۱	Vermi-compost(5 ton/ha)+N50, P25, K25	۰/۳	۰/۵	۲۶/۱	۲۶/۷	۱/۷	۳/۱
۲	Vermi-compost (5 ton/ha)	۰	۲/۵	۴۱/۹	۳/۴	۱/۵	۰/۷
۳	Cow Manure 60 + N50, P25, K25	۰/۱	۲/۰	۴۳/۸	۴/۵	۱/۷	۰/۵
۴	Cow Manure 30 + N50, P25, K25	۰/۳	۱/۰	۳۷/۹	۱۵/۳	۱/۶	۰/۸
۵	Cow Manure60	۰/۳	۰/۳	۳۸/۹	۱۳/۱	۱/۶	۰/۵
۶	Cow Manure30	۰/۲	۱/۷	۴۴/۳	۶/۵	۱/۳	۰/۶
۷	N50, P25, K25	۰/۲	۱/۶	۴۸/۲	۵/۹	۱/۰	۰/۷
۸	control	۰/۲	۱/۶	۴۶/۹	۵/۰	۱/۱	۲/۶
نمایه بازداری							
		۱۰۸۶/۴۲	۱۲۲۴/۰۱	۱۳۲۷/۵۷	۱۳۳۴/۹۴	۱۴۸۰/۱۲	۱۴۸۸/۷

(Paschalina et al., 2006). این در حالی است که مرادی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی گیاه رازیانه شاهد افزایش کیفیت اسانس (درصد آنتول اسانس) در تیمار مصرف تلفیقی ورمی کمپوست و کود زیستی تثبیت کننده نیتروژن در مقایسه با شاهد بودند. آنان بیان کردند که آزادسازی تدریجی عناصر غذایی از منابع آلی و زیستی که متناسب با مراحل رشدی گیاه است باعث افزایش میزان آنتول و بهبود کیفیت اسانس گردید. در دو پژوهش دیگر نیز که روی گشنیز (*Coriandrum sativum*) و بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) انجام شده، مصرف تلفیقی کودهای آلی و زیستی موجب افزایش کیفیت

تن در هکتار کود دامی و در سال دوم در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست بدست آمد. با توجه به اینکه دامنه تغییرات این ترکیب در سه سال آزمایش حداقل ۴۴/۴ و حداکثر ۵۶/۲ است لذا به نظر می رسد اثر تیمارهای حاصلخیزی چندان بر نوع ترکیب مؤثر نبوده است. بالابودن میزان تیمول سال سوم در تیمار شاهد نیز می تواند این موضوع را تأیید کند.

اغلب گزارش های موجود حاکی از بی تأثیر بودن اثر حاصلخیزکننده ها بر درصد ترکیبات متشکله اسانس است (علیزاده سهزایی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Dambrauskiene and Venskutonis, 1999; Baranauskiene et al., 2003;

اسانس گردیده است (Darzi and Haj Seyed Hadi, 2014b; Harshavardhan et al., 2007)

نتیجه گیری

استفاده از حاصلخیزکننده‌های خاک و به‌ویژه کاربرد روش‌های تغذیه تلفیقی، بر عملکرد اسانس مرزه سنبله‌ای مثبت و معنی‌دار است که علت اصلی آن اثر تغذیه مناسب بر افزایش عملکرد اندام هوایی گیاه است. از آنجا که عملکرد اسانس از طریق حاصل‌ضرب عملکرد اندام هوایی گیاه در درصد اسانس تعیین می‌گردد لذا با افزایش عملکرد اندام هوایی گیاه بطور

منابع

- آشناور، م.، بهمن‌یار، م.ع.، اکبرپور، و. و قربانی، ن. (۱۳۹۶) تأثیر نانوکود فسفر و ورمی‌کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس بابونه آلمانی. به‌زراعی کشاورزی ۱۹: ۱۸۷-۱۷۷.
- احسانی، ا.، سفیدکن، ف. و حسینی، ف. (۱۳۹۶) بررسی اثر اسانس سه گونه مرزه (*Satureja macrantha*, *S. rechingeri*, *S. spicigera*) علیه باکتری‌های عامل عفونت بیمارستانی و قارچ کاندیدا آلبیکنس. مجله پژوهش‌های سلولی و مولکولی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۳۰: ۱۴-۱.
- بای‌بوردی، م. (۱۳۸۵) مدیریت پایدار خاک در کشاورزی و محیط‌زیست. مجموعه مقالات همایش خاک، محیط‌زیست و توسعه پایدار. دانشکده مهندسی آب و خاک. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- جم‌زاد، ز. (۱۳۸۸) آویشن‌ها و مرزه‌های ایران. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران.
- رحمانی، آ.، شریفی عاشورآبادی، ا.، ابراهیمی، آ. و میرزا، م. (۱۴۰۰) بررسی تأثیر روش‌های حاصلخیزی خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) در چین‌های مختلف. نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۷: ۹۷-۸۳.
- رضایی‌مؤدب، ع.، نبوی کلات، س. م. و صدرآبادی حقیقی، ر. (۱۳۹۲) اثر ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی بر عملکرد رویشی و اسانس ریحان (*Ocimum basilicum*) در شرایط آب‌وهوایی مشهد. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی ۴: ۳۶۲-۳۵۰.
- سالاردینی، ع. ا. (۱۳۸۴) حاصلخیزی خاک. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تهران.
- سعیدنژاد، ا. و رضوانی‌مقدم، پ. (۱۳۸۸) ارزیابی اثر مصرف کمپوست، ورمی‌کمپوست و کودهای دامی روی عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس زیره سبز. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴: ۱۴۸-۱۴۲.
- شریفی عاشورآبادی، ا.، قلاوند، ا.، نورمحمدی، ق.، متین، ا.، امین، غ.، بابا خانلو، پ.، لباسچی، م. ح. و سفیدکن، ف. (۱۳۸۰) بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد رازیانه. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۷: ۲۵-۳.
- شریفی عاشورآبادی، ا.، متین، ا. و لباسچی، م. (۱۳۸۲) شاخص‌های فیزیولوژیک رشد در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) تحت شرایط متفاوت حاصلخیزی خاک. فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۱۹: ۱۸۲-۱۵۷.
- طباطبایی‌عقدایی، ر.، ابوترابی نجف آبادی، م.، لباسچی، م. ح.، نجفی آشتیانی، ا.، جعفری، ع. ا.، سفیدکن، ف. و میرجانی، ل. (۱۳۹۷) مطالعه کمیت و کیفیت عملکرد اکسشن‌های مختلف دو گونه مرزه *Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss., *S. sahendica*

- Bornm. دو ماهنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۴: ۱۹۲-۱۸۳.
- علیزاده سهزایی، ع.، شریفی عاشورآبادی، ا.، شیرانی‌راد، ا. ح. و عباس‌زاده، ب. (۱۳۸۶) تأثیر مقادیر و روش‌های مختلف مصرف نیتروژن بر تعدادی از ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.). فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۳: ۴۳۱-۴۱۶.
- قنبری عدیوی، ع.، فلاح، س.، کریمی، م. و لری گوئینی، ز. (۱۴۰۰) اثر کودهای دامی و شیمیایی روی رشد، عملکرد و اسانس *Dracocephalum kotschy* Boiss. نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۷: ۵۱۲-۵۰۲.
- محمدی، س. م.، سفیدکن، ف.، اسدی‌صنم، س. و کلاته جاری، س. (۱۴۰۰) تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد اسانس مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad). نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۷: ۲۱۳-۱۹۳.
- مرادی، ر.، نصیری محلاتی، م.، رضوانی مقدم، پ.، لکزبان، ا. و علی‌نژاد، ع. (۱۳۹۰) تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۵: ۳۳-۲۵.
- ملکوتی، ج. (۱۳۷۸) کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. مظفریان، و. (۱۳۷۵) فرهنگ نام‌های گیاهان ایران. انتشارات فرهنگ معاصر تهران.
- Abou El-Magd, M. M., El-Bassiony, A. M. and Fawzy, Z. F. (2006) Effect of organic manure with or without chemical fertilizers on growth, yield and quality of some varieties of Broccoli plants. *Journal of Applied Science Research* 2: 791-798.
- Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J. D. (2004) Influences of Vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145-153.
- Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Metzger, J. D., Lee, S. and Arancon, N. Q. (2002) The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.
- Attia, M., Elham, H. M. and Abdel Azeem, H. (2004) Effect of biofertilization with some strains of bacteria and chemical fertilization on *Mentha viridis* L. cultivated in Maruit location. 9th Conference of Agricultural Development Researches, Ain Shams University, Cairo Egypt. *Annals of Agriculture science*.
- Bahtiyarca Bagdat, R., Arif, I. and Arslan, N. (2010) Essential oil composition of culture materials of *Satureja spicigera* (c. Koch) Boiss. from Turkey. 6th Conference on Aromatic and Medicinal Plants of Southeast European Countries. Antalya Turkey.
- Baranauskienė, R., Venskutonis, P. R., Viskelis, P. and Dambrauskienė, D. (2003) Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). *Journal of Agriculture Food Chemistry* 51: 7751-8.
- British Pharmacopoeia, (1988) HMSO, London 2: A137-A138.
- Dambrauskienė, E. and Venskutonis, R. (1999) Effect of nitrogen fertilizers on the yield of first year thyme and its quality. *Horticulture and Vegetable Growing* 18: 107-112.
- Darzi, M. T. and Hajseyedhadi, M. R. (2004a) Evaluation of agricultural and ecological problem of chamomile and fennel. *Journal of Zeyton* 43: 149-152.
- Darzi, M. T. and Haj Seyed Hadi, M. R. (2014b) The role of separated and integrated application of organic and biological inputs on N.P.K concentration, essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production* 26: 101-114.
- Eftekhari, F., Raei, F., Yousefzadi, M., Nejad Ebrahimi, S. and Hadian, J. (2014) Antibacterial activity and essential oil composition of *Satureja spicigera* from Iran. *Verlag der Zeitschrift fur Naturforschung* 64 Published online.
- Gohari, A. R., Esmaili Sadat-Ebrahimi, A., Saeidnia, S. and Shafiee, A. (2006) Composition of the volatile oils of *Satureja spicigera* C. Koch Boiss. and *S. macrantha* C. A. Mey from Iran. *Flavour and Fragrance Journal* 21: 510-512.
- Gomaa, A. M. (1995) Response of certain vegetable crops to biofertilization. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University.
- Haj Seyed Hadi, M. R. and Rezaei Ghale, H. (2016) Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 31: 1058-1070.
- Harshavardhan, P. G., Vasundhara, M. and Sreenivasappa, K. N. (2007) Influence of spacing and integrated nutrient management on yield and quality of essential oil in lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Biomed* 2: 288-293.

- Hendawy, S. F., Azza, A. E., Aziz, E. and Omer, E. A. (2010) Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. *Ozean Journal of Applied Sciences* 3: 203-216.
- Khalesro, S., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Asgharzadeh, A. (2011) The effect of biological and organic inputs on quantity and quality of essential oil and some elements content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 27: 551-560.
- Kurkcuoglu, M., Tumen, G. and Baser, K. H. C. (2001) Essential oil constituents of *Satureja boissieri* from Turkey. *Chemistry of Natural Compounds* 37: 339-331.
- Padmavathiamma, P. K., Li, L. Y. and Kumari, U. R. (2008) An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. *Bio Resource Technology* 99: 1672-1681.
- Paschalina, S. C., Koutsos, T. V. and Katsiotis, S. T. (2006) Study on nitrogen fertilization rate on fennel cultivars for essential oil yield and composition. *Journal of Vegetable Science* 12: 85-93.
- Rojas, L. and Usubillaga, A. (2000) Composition of the essential oil of *Satureja brownie* (SW.) Briq. From Venezuela. *Flavour and Fragrance Journal* 15: 21-22.
- Scheffer, M. C. and Koehler, H. S. (1993) Influence of organic fertilization on the biomass, yield and yield composition of the essential oil of *Achillea millefolium*. *Acta Horticulture* 331: 109-114.
- Sefidkon, F. and Jamzad, Z. (2004) Essential oil composition of *Satureja spicigera* from Iran. *Flavour and Fragrance Journal* 19: 571-573.
- Sefidkon, F. and Akbarinia, A. (2009) Essential oil content and composition of *Satureja sahendica* Bornm. at different stages of plant growth. *The Journal of Essential Oil Research* 21: 112-114.
- Simon, J. E., Chadwick, A. F. and Craker, L. E. (1981) *Herbs: An Indexed Bibliography. The 4 Scientific Literature on Selected Herbs and Aromatic and Medicinal Plant of the Temperate Zone.* Archon Books.
- Skocibusic, M. and Bezic, N. (2004) Phytochemical analysis and in vitro antimicrobial activity of two *Satureja* species essential oils. *Phytotherapy Research* 18: 964-970.

A study the effects of organic and chemical fertilizers on oil yield and essential oil components in *Satureja spicigera* Jamzad in Isfahan

Lili Safaii^{1*}, Fateme Sefidkon², Saeed Davazdahemami¹, Dawood Aminazarm³

¹Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

² Medicinal Plants and By-products Research Division, Research Institutes of Forest and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

³ Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

(Received: 14/06/2021, Accepted: 11/12/2022)

Abstract

Plant nutrition management is an important factor in the success of cultivation of medicinal plants, which leads to the improvement of quantitative and qualitative yield. Therefore an experiment was conducted as a randomized complete block design with three replications and 8 nutritional treatments during three growing seasons on *Satureja spicigera* Jamzad. The treatments included different levels of chemical fertilizers (N₅₀P₂₅K₂₅), different levels of organic fertilizers (Cow Manure₃₀, Cow Manure₆₀ and 5 ton/ha Vermi-compost) and combination of chemical and organic fertilizers (N₅₀P₂₅K₂₅+ Cow Manure₃₀, N₅₀P₂₅K₂₅+ Cow Manure₆₀, N₅₀P₂₅K₂₅+ 5 ton/ha Vermi-compost). These treatments were compared with the control. The aerial parts of plants were harvested at 50% flowering stage and after drying, the essential oil was extracted using water distillation and Clevenger apparatus. Essential compounds were identified using gas chromatography (GC) and gas chromatography-mass spectrometry (GC / MS). According to the results, the maximum essential oil percentage and oil yield in *S. spicigera* was 2.96% and 58.02 kg/ha during the second year. Based on the results of the experimental years, the highest oil yield was observed in the combined treatment of 50 kg/ha nitrogen, 25 kg/ha of phosphorus and 25 kg/ha of potash plus 5 tons per hectare of vermicompost, in the third year. During the experimental years, 13 compounds were observed in *S. spicigera* so that dominant compositions were thymol (26.14-56.15%), g-terpinene (12.83-30.95%) and p-cymen (7.24-16.85%) with a total of more than 97%, had the highest amount. According to the results, the qualitative yield of essential oil of plant was less affected by soil fertility treatments, whereas the quantitative yield of essential oil had a significant increase so that indirectly increased the qualitative yield of essential oil. Also, it could be recommended the use of vermicompost along with the chemical and biological fertilizers to increase the essential oil yield of *Satureja spicigera*.

Keywords: Essential oil components, Nutrition, *S. spicigera* Thymol

Corresponding author, Email: safaii2000@ yahoo.com