Research Article

Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research
Vol. 41, No. 2, Page 201-219 (2025)

DOI:10.22092/ijmapr.2021.354844.3004

Effects of NPK, manure, and their combination on yield and essential oil composition of *Satureja khuzistanica* Jamzad in Isfahan

Leili Safaii[1*], Fatemeh Sefidkon[2], Saeid Davazdahemami[3], Davood Aminazarm[4]

1*. Corresponding author, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran, E-mail: safaii2000@ yahoo.com
2. Research Division of Medicinal Plants, Research Institutes of Forest and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
3. Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
4. Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

Received: June 2021 Revised: August 2021 Accepted: October 2021

Abstract

Background and objectives: *Satureja khuzistanica* Jamzad is a medicinal plant belonging to the Lamiaceae family and is one of Iran's exclusive species. Due to its high essential oil content and significant amounts of carvacrol, it is particularly important in the cosmetic, health, and pharmaceutical industries. This study aimed to evaluate the plant's adaptation to the climatic conditions of Isfahan province and enhance its quantitative and qualitative performance by identifying the most suitable fertilization method.

Methodology: This project was conducted at Fozveh Station of the Agricultural and Natural Resources Research Center of Isfahan from 2017 to 2020 under irrigation conditions, using a randomized complete block design (RCBD) with eight fertilizer treatments. The treatments included different levels of chemical fertilizers (N50P25K25), organic fertilizers (30 and 60 tons/ha of cow manure, and 5 tons/ha of vermicompost), and combinations of chemical and organic fertilizers (N50P25K25 + 30 tons/ha cow manure, N50P25K25 + 60 tons/ha cow manure, and N50P25K25 + 5 tons/ha vermicompost). These treatments were compared with a control group, and the experiment was replicated three times. Seeds and seedlings were sourced from the Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center and the Research Institute of Forests and Rangelands. Cultivation was performed indirectly through seedlings, which were first grown in greenhouse conditions using cultivation trays. In April 2017, after favorable weather conditions were established, the seedlings were transplanted to the field. Drip irrigation was applied immediately after transplanting, with watering scheduled twice a week in the early growth stages and once a week after plant establishment. The aerial parts of the plants were harvested at 50% flowering, cut 5 cm above the soil surface, and dried in the shade. Essential oil extraction was performed annually using water distillation (Clevenger apparatus). The essential oil percentage was measured, its composition was analyzed using gas chromatography (GC), and qualitative assessment was conducted through gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS).

Results: According to the results, the maximum essential oil percentage and oil yield in *S. khuzistanica* were 3.7% (in the third year) and 132.6 kg/ha (in the second year), respectively.

Copyright: © 2025 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijmapr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Across the experimental years, the highest oil yield was obtained in the combined treatment of 50 kg/ha nitrogen, 25 kg/ha phosphorus, and 25 kg/ha potassium, plus 5 tons/ha vermicompost, in the third year. Throughout the study, 14 compounds were identified in *S. khuzistanica* essential oil, with carvacrol being the predominant component. The concentration of carvacrol ranged from 86.4% to 95.3%.

Conclusion: According to the results, the qualitative yield of essential oil in *S. khuzistanica* was less affected by soil fertility treatments, while the quantitative yield showed a significant increase, which indirectly enhanced the qualitative yield. Ultimately, the study concluded that the intermediate fertilization method was the most effective treatment for improving quantitative yield and promoting sustainable agriculture. The high carvacrol content in this species adds to its economic value. Given its diverse biological properties, including antiseptic, anti-inflammatory, analgesic, antibacterial, antifungal, and antioxidant activities, *S. khuzistanica* is recommended for applications where this valuable compound is required.

Key words: *S. khuzistanica*, soil fertilization method, essential oil components, yield

تاثیر کاربرد کودهای شیمیایی، آلی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد و مواد موثره اسانس گیاه دارویی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad) در اصفهان

لیلی صفایی[1*]، فاطمه سفیدکن[2]، سعید دوازده امامی[3] و داود امین آزرم[4]

۱*- نویسنده مسئول، مربی پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، پست الکترونیک: safaii2000@ yahoo.com

۲- استاد، بخش تحقیقات گیاهان داروئی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- دانشیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۴- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۰ تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۰

چکیده

سابقه و هدف: گیاه داروئی مرزه خوزستانی با نام علمی *Satureja khuzistanica* Jamzad از خانواده نعناع و یکی از گونه‌های انحصاری مرزه در ایران است که به دلیل درصد اسانس و میزان کارواکرول بالا، در صنایع آرایشی، بهداشتی و داروسازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی سازگاری این گیاه با شرایط آب و هوایی استان اصفهان و افزایش عملکرد کمی و کیفی آن از طریق تعیین مناسب‌ترین روش تغذیه بود.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹، در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان در شرایط آبی و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار کودی (شامل نسبت‌های مختلفی از کودهای شیمیایی NPK ($N_{50}P_{25}K_{25}$)، کود دامی (۳۰ و ۶۰ تن در هکتار)، ورمی کمپوست (۵ تن در هکتار) و نیز ترکیبی از کودهای شیمیایی، دامی و ورمی کمپوست (۳۰ تن در هکتار کود دامی به همراه $N_{50}P_{25}K_{25}$، ۶۰ تن در هکتار کود دامی به همراه $N_{50}P_{25}K_{25}$ و ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست به همراه $N_{50}P_{25}K_{25}$) در مقایسه با تیمار شاهد، و سه تکرار انجام شد. تهیه بذر و نشاء گیاه از کلکسیون مرزه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان و مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام پذیرفت. کشت به‌صورت غیرمستقیم و از طریق نشاء بود. نشاها در شرایط گلخانه و از طریق کشت بذور در سینی‌های کشت تولید شدند. انتقال نشاء در فروردین ماه ۱۳۹۶ و پس از مساعد شدن هوا انجام شد. بلافاصله پس از انتقال نشاء نسبت به آبیاری اقدام گردید. روش آبیاری بصورت قطره‌ای و در مراحل ابتدای رشد دو نوبت در هفته و پس از استقرار یک نوبت در هفته صورت گرفت. اندام هوایی گیاهان در زمان ۵۰ درصد گلدهی از ۵ سانتی‌متری بالای سطح خاک برداشت و نسبت به خشک کردن آن‌ها در سایه اقدام شد. استخراج اسانس از سرشاخه‌های گل‌دار هرساله صورت پذیرفت. به منظور استخراج اسانس، ۵۰ گرم از سرشاخه هر تیمار آسیاب شده و به مدت چهار ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر، اسانس‌گیری و درصد آن تعیین شد. شناسایی ترکیب‌های اسانس بااستفاده از دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS) صورت پذیرفت.

نتایج: بر اساس نتایج به‌دست آمده حداکثر درصد اسانس (۳/۷٪) در سال سوم و بیشترین عملکرد اسانس (۱۳۲/۶ کیلوگرم در هکتار) در سال دوم مشاهده شد. طبق نتایج سال‌های آزمایش، تیمار تلفیقی ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاس به همراه ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست سال سوم، بیشترین عملکرد اسانس را به خود اختصاص داد. ۱۴

ترکیب در اسانس گیاه شناسایی شد که ترکیب غالب آن کارواکرول بود. میزان این ترکیب از۸۶/۴ تا ۹۵/۳ درصد متغیر به دست آمد. **نتیجه‌گیری کلی:** بر اساس نتایج این تحقیق، عملکرد کیفی اسانس گونه مورد مطالعه کمتر تحت تاثیر تیمارهای حاصلخیزی خاک قرار گرفت اما عملکرد کمی اسانس تحت تاثیر تغذیه تلفیقی افزایش معنی‌داری داشت که به طور غیرمستقیم باعث افزایش عملکرد کیفی اسانس نیز گردید. بنابراین می‌توان اظهار داشت که استفاده از روش‌های تغذیه تلفیقی در گیاه گامی مناسب به سمت ایجاد کشاورزی پایدار می‌باشد. درصد بالای ترکیب کارواکرول موجود در این گیاه از نظر اقتصادی بسیار ارزشمند می‌باشد. از آنجا که کارواکرول دارای چندین ویژگی بیولوژیکی، از جمله اثر ضدعفونی کننده، فعالیت‌های ضدالتهابی، ضددرد، ضدباکتریایی، ضدقارچی و مخمر و آنتی‌اکسیدان می‌باشد لذا در مواردی که نیاز به این ترکیب با ارزش وجود دارد گونه مرزه خوزستانی انتخاب مناسبی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مرزه، روش حاصلخیزی خاک، مواد موثره اسانس،عملکرد

مقدمه

جنس مرزه با نام علمی *Satureja* و نام انگلیسی Savory از خانواده نعناعیان می‌باشد و گونه‌های زیادی از آن در سرتاسر جهان پراکنده‌اند. پراکنش این جنس در مناطق مدیترانه‌ای می‌باشد. این جنس در ایران ۱۵ گونه گیاه علفی یک‌ساله و چندساله دارد که در مناطق مختلف کشور مانند استان‌های لرستان، خوزستان، ایلام، کرمانشاه، اصفهان، نواحی شمال‌شرقی، گیلان، یزد و بعضی نقاط دیگر می‌رویند و ۹ گونه از آن به نام‌های ، *S. kallarica*، *S. sahendica*، *S. edmond*، *S. rechingeri*،*S. intermedia*، *S. bachtiarica*، *S. khuzistanica*، *S. isophylla* و *S. atropatana* انحصاری کشور هستند. سایر گونه‌ها علاوه بر ایران در تالش، ترکمنستان، ترکیه، قفقاز، ماورای قفقاز و عراق نیز رشد می‌کنند (Mozaffarian, 2009). گونه‌های مختلف جنس مرزه از نظر نوع ترکیب‌های تشکیل‌دهنده تنوع زیادی دارند. در اسانس برخی از گونه‌ها، ترکیب‌های عمده پولگون و منتول هستند. درحالی که در اسانس بعضی دیگر از گونه‌ها ترکیب‌هایی مانند کارواکرول، گاما- ترپینن و پارا-سیمن ترکیب عمده اسانس را تشکیل می‌دهند. بدیهی است که بر حسب نوع و درصد اجزای تشکیل دهنده، کاربرد اسانس نیز متفاوت می‌شود (Ahmadi *et al*., 2009).

مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad) گیاهی پایا، در قاعده نیمه‌چوبی، به ارتفاع حدود ۲۰ تا ۳۵ سانتی‌متر، ساقه متعدد، منشعب، برگ‌ها متراکم، تخم‌مرغی پهن یا مسطح، گل‌ها آبی متمایل به بنفش یا کم و بیش صورتی رنگ می‌باشد. مرزه خوزستانی غنی از ترکیب فنلی کارواکرول در اسانس و اسیدهای فنلی آزاد به ویژه رزمارینیک اسید در عصاره بوده و به همین جهت اسانس و عصاره حاصل از این گیاه از فعالیت بیولوژیکی قابل توجهی برخوردار می‌باشند. کارواکرول موجود در اسانس مرزه خوزستانی دارای چندین ویژگی بیولوژیکی، از جمله اثر ضدعفونی کننده، فعالیت‌های ضدالتهابی، ضددرد، ضدباکتریایی، ضدقارچی و مخمر و آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Sepahvand *et al*., 2005). در این گونه که یکی از گونه‌های انحصاری مرزه در ایران است، نمونه‌های کاشته شده حدود ۸۰ درصد و نمونه‌های وحشی تا ۹۳ درصد کارواکرول داشته‌اند (Ahmadi *et al*., 2009). کارواکرول یک منوترپن فنلی با فرمول بسته $C_{10}H_{14}O$ با بوی تند و گرم استوایی است که به طور طبیعی در برخی از گیاهان خانواده نعناع ازجمله مرزنجوش (*Origamum*)، مرزه (*Satureja*) و آویشن (*Thymus*) وجود دارد (Mirza *et al*., 1996). کارواکرول از فعالیت سوش‌های متعدد باکتری‌ها جلوگیری می‌کند و دارای اثر قوی ضدباکتریایی است (Ultee *et* ؛Ćavar *et al*., 2008 ؛Sefidkon *et al*., 2007 ؛Hadian *et al*., 2012 ؛*al*., 2000)، به طوری که اثر سمیت پایین همراه با طعم مطبوع و عطر و خواص آنتی‌اکسیدانی، این ماده را به عنوان یک افزودنی نگهدارنده مواد غذایی مطرح می‌کند تا از آلودگی‌های میکروبی مواد غذایی جلوگیری کند (Özkan *et al*., 2011). در تحقیق Hadian و همکاران (۲۰۱۰) بازده اسانس ۱۲ توده از مرزه خوزستانی (*S. khuzistanica*) از ۱/۸ تا ۹/۴۵

درصد گزارش شده که ترکیب عمده اسانس آن را کارواکرول تشکیل داده است. در این پژوهش میزان کارواکرول از ۸۳/۱ تا ۹۶/۵ درصد گزارش شده است (Hadian *et al.*, 2010). Nooshkam و همکاران (۲۰۱۴) نیز بالاترین مقدار اسانس این گیاه را معادل ۳/۲۱ درصد در مرحله رویشی و در زمان برداشت سوم (تیرماه) گزارش نمودند (Nooshkam *et al.*, 2014). تحقیق Sefidkon و Ahmadi (۲۰۰۰) روی گونه *S. khuzistanica*، نشان داد که اسانس گیاه در مرحله قبل از گلدهی کامل حاوی حدود ۹۰ درصد کارواکرول است.

مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی مشکلات زیادی برای محیط زیست ایجاد نموده که از جمله آن می‌توان به کاهش کیفیت محصول گیاه، آب و خاک اشاره نمود. لذا تغذیه مناسب به صورت کاربرد کودهای آلی و همچنین تلفیق این کودها با کودهای شیمیایی می‌تواند یکی از روش‌های افزایش عملکرد گیاه و کمک به حفظ محیط زیست، بهبود کیفیت آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی گردد. استفاده از کودهای آلی و ورمی‌کمپوست به علت داشتن خصوصیاتی مانند تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی وآزادسازی 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). تحقیق Mohammadi و همکاران (۲۰۲۱) روی مرزه خوزستانی نشان داد که استفاده از کودهای زیستی موجب افزایش بازده اسانس و میزان عناصر تغذیه‌ای در این گیاه می‌گردد. همچنین، استفاده از ورمی‌کمپوست به همراه کودهای شیمیایی و زیستی جهت افزایش عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه خوزستانی موثر است. گزارش Ghazi Manas و همکاران (۲۰۱۳) روی گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla*) نشان‌دهنده اثر معنی‌دار ورمی‌کمپوست بر وزن خشک گل و درصد اسانس در سطح یک درصد و عملکرد کامازولن در سطح پنج درصد بود. بر اساس نتایج Rezaee Moadab و همکاران (۱۳۹۲)، ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر تاثیری در افزایش درصد اسانس گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) نداشتند، ولی عملکرد رویشی و در نتیجه عملکرد اسانس را افزایش داده‌اند. همچنین تحقیقات Safaii و همکاران (۲۰۰۷) روی گیاه آویشن دنایی (*Thymus daenensis*)، Saeednejad و Rezvanimoghadam (۲۰۰۹) روی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و Ashnavar و همکاران (۲۰۱۷) روی بابونه نشان دهنده نقش موثر مواد آلی و کودهای بیولوژیک در افزایش عملکرد اسانس و اثر ناچیز آن بر درصد و نوع ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس بوده است.

از آنجا که کاشت مرزه خوزستانی در استان اصفهان برای اولین بار انجام می‌گردد و اطلاعی در مورد کودپذیری گیاه موجود نمی‌باشد لذا این تحقیق با هدف بررسی تاثیر کاربرد کودهای آلی، شیمیایی و تلفیق آنها بر عملکرد و ترکیبات متشکله اسانس این گیاه در راستای کاهش یا حذف استفاده از کودهای شیمیایی در تولید این محصول، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه نجف آباد 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 سرد (طبق روش آمبرژه)، متوسط بارندگی ۳۰ ساله: ۱۴۰ میلی‌متر انجام شد.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار تغذیه‌ای و سه تکرار (جدول ۱) روی گیاه داروئی مرزه خوزستانی (*S. khuzistanica*) طی ۴ سال اجرا شد. تعداد واحدهای آزمایشی برابر ۲۴ کرت 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 شده و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله

عناصر ماکرو و میکرو اندازه‌گیری گردید. ورمی‌کمپوست و کود دامی نیز آنالیز شد. تهیه بذر و نشاء از کلکسیون مرزه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان و مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انجام پذیرفت. کشت به‌صورت غیرمستقیم و از طریق نشاء بود. نشاها در شرایط گلخانه و از طریق کشت بذور در سینی‌های کشت تولید شدند. بستر کشت پیت‌ماس و تاریخ کاشت بذور بهمن ماه 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 بصورت قطره‌ای و در مراحل ابتدای رشد دو نوبت در هفته و پس از استقرار یک نوبت در هفته صورت گرفت. در هنگام رشد، در زمان لازم وجین کرت‌ها انجام شد. در زمان ۵۰ درصد گلدهی، گیاهان از ۵ سانتی‌متری بالای سطح خاک برداشت و نسبت به خشک کردن آن‌ها در سایه اقدام شد. پس از خشک شدن گیاهان، استخراج اسانس از سرشاخه‌های گلدار هرساله صورت پذیرفت. به منظور استخراج اسانس، ۵۰ گرم از سرشاخه هر تیمار آسیاب شده و به مدت چهار ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر، اسانس‌گیری و درصد آن تعیین شد (British Pharmacopoeia, 1988). اسانس استخراج شده جهت انجام آنالیزهای لازم به موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور ارسال گردید. برای شناسایی ترکیب‌های اسانس از دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. مشخصات این دستگاه‌ها به قرار زیر است.

مشخصات گاز کروماتوگرافی (GC)

کروماتوگراف گازی مدل Shimadzu-9A مجهز به دتکتور FID 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 هلیم 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.

مشخصات گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS)

کروماتوگراف گازی Varian 3400 متصل شده به طیف‌سنج جرمی، ستون مشابه با ستون مورد استفاده در دستگاه GC بود. دتکتور "Ion Trap" گاز حامل هلیم، سرعت جریان گاز حامل ۵۰ ml/min و انرژی یونیزاسیون در طیف سنج جرمی معادل ۷۰ الکترون بود. برنامه حرارتی ستون از ۴۰ تا ۲۲۰ درجه 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 نرمال کردن سطح (Area normalization method) و نادیده گرفتن ضریب‌های پاسخ (Response factors) مربوط به طیف‌ها انجام شده است.

پس از جمع‌آوری اطلاعات مزرعه‌ای در طی ۳ 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 MSTATC جهت محاسبه اثر متقابل استفاده شد.

جدول ۱- تیمارهای حاصلخیزی خاک برای کشت گیاه مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica*)

Table 1. Soil fertility treatments for *Satureja khuzistanica* cultivation

No	Treatment
1	Control (no fertilizer)
2	N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)
3	Cow manure30 ($t.ha^{-1}$)
4	Cow manure60 ($t.ha^{-1}$)
5	Cow manure30 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)
6	Cow manure60 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)
7	Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$)
8	Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)

نتایج

مشخصات شیمیایی خاک محل اجرای طرح، کود ورمی‌کمپوست و کود گاوی استفاده شده در این تحقیق، بر اساس آنالیز آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان در جدول‌های ۲ تا ۴ آمده است.

جدول۲- تجزیه کود دامی مورد استفاده در تیمارهای حاصلخیزی خاک برای کشت گیاه مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica*)

Table 2. Analysis of cow manure used in soil fertility treatments for *Satureja khuzistanica* cultivation

Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	N (%)	Organic C (%)	Moisture (%)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)
520	32	90	20000	36000	27000	1.01	10.6	2.5	7.8	8.4

جدول ۳- تجزیه کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در تیمارهای حاصلخیزی خاک برای کشت گیاه مرزه خوزستانی (***Satureja khuzistanica***)

Table 3. Analysis of vermicompost used in soil fertility treatments for *Satureja khuzistanica* cultivation

Zn (ppm)	Fe (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	P (ppm)	EC ($dS.m^{-1}$)
437.5	111000	124600	9100	17500	1.81

جدول ۴- تجزیه خاک مزرعه گیاه مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica*)

Table 4. Analysis of *Satureja khuzistanica* farm soil

Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	N (%)	Organic C (%)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)
20.25	58	22	20	0.14	1.44	7.64	1.75

ادامه جدول ۴- ...

Continued Table 4. …

Aniones (ppm)	Cation (ppm)	HCO_3^- (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	Cl^- (ppm)	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (ppm)	Na^+ (ppm)
102	110	10.8	55.2	36	85	25

درصد اسانس

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشخص گردید که تاثیر روش‌های حاصلخیزی خاک مرزه (گونه *S. khuzistanica*) بر درصد اسانس گیاه در سال اول، دوم و سوم آزمایش در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها مشخص نمود که در سال اول آزمایش، بیشترین درصد اسانس مربوط به تیمار ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست (۴/۲٪) بود (جدول ۶). در سال دوم آزمایش، بیشترین درصد اسانس در تیمار شاهد (۳/۳۶٪) مشاهده شد که با تیمارهای NPK، ۶۰ تن در هکتار کود دامی+NPK، ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و

۶۰ تن در هکتار کود دامی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). در سال سوم آزمایش تیمار NPK بیشترین مقدار این صفت (۳/۹۶٪) را داشت (جدول ۶).

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه مرکب سال‌های آزمایش مشخص گردید که اثر سال، تیمار و برهمکنش سال در تیمار بر درصد اسانس گیاه مرزه (گونه *S. khuzistanica*) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مجموع، بیشترین درصد اسانس مرزه مربوط به سال سوم آزمایش و معادل ۳/۷ درصد بود (جدول ۹). اثر متقابل سال و تیمار مشخص نمود که در مجموع، تیمار ۵ تن در هکتار کود ورمی کمپوست در سال سوم بیشترین درصد اسانس را معادل ۴/۱۵ درصد تولید نمود (جدول ۱۰).

عملکرد اسانس

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشخص گردید که تاثیر روش‌های حاصلخیزی خاک مرزه (گونه *S. khuzistanica*) بر عملکرد اسانس گیاه در سال‌های اول، دوم و سوم آزمایش در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها مشخص نمود که در سال اول آزمایش بیشترین عملکرد اسانس مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی و معادل ۱۷۷/۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۶). در سال دوم آزمایش نیز بیشترین مقدار این صفت مربوط به تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی و معادل ۱۷۹/۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول۶). در سال سوم آزمایش نیز بیشترین مقدار این صفت در تیمار NPK (۱۵۴/۳ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۳۰ تن در هکتار کود دامی و تیمار ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+NPK نشان نداد (جدول ۶).

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه مرکب سال‌های آزمایش مشخص گردید که اثر سال، تیمار و برهمکنش سال در تیمار بر عملکرد اسانس گیاه مرزه (گونه *S. khuzistanica*) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مجموع، بیشترین عملکرد اسانس گیاه مرزه مربوط به سال سوم آزمایش و معادل ۸۶/۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۹). اثر متقابل سال و تیمار مشخص نمود که در مجموع، تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی در سال دوم بیشترین عملکرد اسانس را معادل ۱۷۹/۹ کیلوگرم در هکتار تولید نمود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی سال اول نشان نداد (جدول ۱۰).

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای حاصلخیزی خاک بر درصد و عملکرد اسانس گیاه مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica*) در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹

Table 5. ANOVA of soil fertility treatments effects on percentage and *Satureja khuzistanica* essential oil yield during 2018 to 2020 crop years

S.O.V.	d.f.	2018		2019		2020	
		Oil percentage	Oil yield	Oil percentage	Oil yield	Oil percentage	Oil yield
Replication	2	0.03	250.9	0.005	36.4	0.003	4.86
Soil fertility treatment	7	0.3**	2131.8**	0.49**	1652.6**	0.88**	1425.4**
Experimental error	14	0.01	92.13	0.05	102.1	0.001	24.7
C.V. (%)		2.94	7.73	7.01	7.61	1.41	4.01

**: significant at 1% probability level.

ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس

تجزیه ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس در سه سال آزمایش (جدول‌های ۱۱ تا ۱۳) حضور ۱۲ ترکیب را در اسانس گونه *S. khuzistanica* نشان داد. ترکیب غالب اسانس در هر سه سال مورد مطالعه کارواکرول بود که بیشترین مقدار آن در سال ۱۳۹۷ در تیمار NPK و معادل

۹۳/۸ درصد و در سال ۱۳۹۸ در تیمار شاهد و برابر با ۹۱/۸ درصد بدست آمد. در سال ۱۳۹۹ نیز کارواکرول با حداکثر مقدار ۹۵/۳ درصد در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست به عنوان ترکیب غالب مشاهده شد. برخلاف دو سال قبل، مقدار ترکیب تیمول در تیمارهای مورد بررسی بسیار ناچیز بود.

جدول ۶- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای حاصلخیزی خاک بر درصد و عملکرد اسانس گیاه مرزه خوزستانی (***Satureja khuzistanica***) در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹

Table 6. Means comparison of soil fertility treatments effects on percentage and *Satureja khuzistanica* essential oil yield during 2018 to 2020 crop years

Treatment	2018		2019		2020	
	Oil (%)	Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	Oil (%)	Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	Oil (%)	Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.5^{d}	101^{d}	2.49^{b}	110.5^{c}	2.77^{d}	140.4^{a}
Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$)	4.2^{a}	147.4^{b}	3.22^{a}	114.9^{c}	2.65^{e}	100.9^{e}
Cow manure60 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.92^{bc}	128.3^{c}	3.33^{a}	138.5^{b}	3.02^{c}	$107.3d^{e}$
Cow manure30 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.43^{d}	114.1^{cd}	2.63^{b}	114.9^{c}	2.56^{f}	112.1^{d}
Cow manure60 ($t.ha^{-1}$)	3.8^{c}	99.18^{d}	3.33^{a}	179.9^{a}	2.38^{g}	100.5^{e}
Cow manure30 ($t.ha^{-1}$)	4.04^{ab}	177.49^{a}	2.48^{b}	116.9^{c}	3.49^{b}	149.3^{a}
N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.42^{d}	107.9^{d}	3.3^{a}	140.2^{b}	3.96^{a}	154.3^{a}
|Control (no fertilizer)	3.32^{d}	117.5^{cd}	3.36^{a}	140.3^{b}	2.56^{f}	124.4^{c}

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (Duncan test).

جدول ۷- تجزیه واریانس مرکب تأثیر تیمارهای حاصلخیزی خاک و سال بر درصد و عملکرد اسانس گیاه مرزه خوزستانی (***Satureja khuzistanica***)

Table 7. Combined ANOVA of soil fertility treatments and year effects on percentage and *Satureja khuzistanica* essential oil yield

S.O.V.	d.f.	Oil percentage	Oil yield
Year (Y)	2	4.26**	609.11**
$Error^{Y}$	6	0.01	97.4
Soil fertility treatment (F)	7	0.53**	1032.7**
Y*F	14	0.57**	2088.5**
Experimental error	42	0.07	72.96
C.V. (%)		4.34	6.73

**: significant at 1% probability level.

جدول ۸- مقایسه میانگین مرکب تأثیر تیمارهای حاصلخیزی خاک بر درصد و عملکرد اسانس گیاه مرزه خوزستانی (***Satureja khuzistanica***) در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹

Table 8. Combined means comparison of soil fertility treatments effects on percentage and *Satureja khuzistanica* essential oil yield during 2018 to 2020 crop years

Treatment	Oil (%)	Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	2.92^{d}	117.3^{de}
Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$)	3.34^{b}	121.1^{c-e}
Cow manure60 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.42^{b}	124.6^{cd}
Cow manure30 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	2.87^{d}	113.7^{e}
Cow manure60 ($t.ha^{-1}$)	3.17^{c}	126.6^{bc}
Cow manure30 ($t.ha^{-1}$)	3.34^{b}	147.9^{a}
N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.56^{a}	134.1^{b}
|Control (no fertilizer)	3.1^{c}	129.1^{bc}

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (Duncan test).

جدول ۹- مقایسه میانگین مرکب تأثیر سال بر درصد و عملکرد اسانس گیاه مرزه خوزستانی (***Satureja khuzistanica***) کشت شده تحت تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک

Table 9. Combined means comparison of year effects on percentage and essential oil yield of *Satureja khuzistanica* clultivated under different soil fertility treatments

Year	Oil (%)	Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
2018	2.92^{c}	124.11^{b}
2019	3.02^{b}	132.6^{a}
2020	3.7^{a}	123.6^{b}

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (Duncan test).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین مرکب تأثیر تیمارهای حاصلخیزی خاک × سال بر درصد و عملکرد اسانس گیاه مرزه خوزستانی (***Satureja khuzistanica***)

Table 10. Combined means comparison of soil fertility treatments × year interaction on percentage and *Satureja khuzistanica* essential oil yield

Year	Treatment	Oil (%)	Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
2018	Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	2.8g	101j
2018	Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$)	3.64gh	147.4c
2018	Cow manure60 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.02f	128.3e
2018	Cow manure30 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	2.56g-i	114.1f-h
2018	Cow manure60 ($t.ha^{-1}$)	2.39i	99.2j
2018	Cow manure30 ($t.ha^{-1}$)	3.5d	177.5a
2018	N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.96d-c	107.9hi
2018	|Control (no fertilizer)	2.57g-i	117.5f
2019	Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	2.49hi	114.4fg
2019	Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$)	3.22ef	114.9fg
2019	Cow manure60 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.33de	138.1d
2019	Cow manure30 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	2.63gh	114.9fg
2019	Cow manure60 ($t.ha^{-1}$)	3.34de	146.9c
2019	Cow manure30 ($t.ha^{-1}$)	2.48hi	116.9f
2019	N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.3de	140.2d
2019	|Control (no fertilizer)	3.4de	150.02bc
2020	Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.5d	179.9a
2020	Vermicompost5 ($t.ha^{-1}$)	4.15a	104.9ij
2020	Cow manure60 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.92bc	110.4g-i
2020	Cow manure30 ($t.ha^{-1}$) + N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.43de	112.14fh
2020	Cow manure60 ($t.ha^{-1}$)	3.79c	100.5j
2020	Cow manure30 ($t.ha^{-1}$)	4.04ab	149.3bc
2020	N50, P25, K25 ($kg.ha^{-1}$)	3.42de	154.3b
2020	|Control (no fertilizer)	3.32de	127.4b

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 1% probability level (Duncan test).

جدول ۱۱- ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه مرزه خوزستانی (***Satureja khuzistanica***) کشت شده تحت تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک در سال ۱۳۹۷

Table 11. Essential oil compounds of *Satureja khuzistanica* cultivated under different soil fertility treatments in 2018

Treatment*	*α*-thujene	*α*-pinene	sabinene	*α*-terpinene	*p*-cymene	*γ*-terpinene	terpinolene	linalool	thymol	carvacrol	*E*-caryophyllene
1	0.5	0.3	0.8	0.3	1.6	1.5	0.7	0.6	1	89.9	0.2
2	0.8	0.4	0.9	0.4	2	1.4	0.6	0.6	1.1	90	0.3
3	0.4	0.2	0.7	0.4	2.2	3	0.6	0.6	2.8	86.4	0.5
4	0.6	0.3	0	0.2	2.1	0.9	0.6	0.6	1.1	90.5	0.2
5	0.5	0.3	0	0.4	1.8	1.6	0.6	0.6	1.4	89.8	0.3
6	0.5	0.2	0.6	0.2	1.6	0.8	0.6	0.6	0.4	92.9	0.1
7	0.3	0.2	0.5	0.2	1.1	0.8	0.4	0.4	0.4	93.8	0.2
8	0.3	0.1	0.4	0.2	1	1.2	0.6	0.6	0.4	93.6	0.2
RI	937	949	980	1007	1043	1055	1086	1098	1327	1334	1480

*1: Vermicompost5 (t.ha^{-1}) + N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), 2: Vermicompost5 (t.ha^{-1}), 3: Cow manure60 (t.ha^{-1}) + N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), 4: Cow manure30 (t.ha^{-1}) + N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), 5: Cow manure60 (t.ha^{-1}), 6: Cow manure30 (t.ha^{-1}), 7: N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), and 8: Control (no fertilizer).

جدول ۱۲- ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه مرزه خوزستانی (***Satureja khuzistanica***) کشت شده تحت تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک در سال ۱۳۹۸

Table 12. Essential oil compounds of *Satureja khuzistanica* cultivated under different soil fertility treatments in 2019

Treatment*	*α*-thujene	*α*-pinene	sabinene	*α*-terpinene	*p*-cymene	*γ*-terpinene	terpinolene	linalool	thymol	carvacrol	*E*-caryophyllene
1	0.6	0.3	0.9	0.3	0.8	1.2	0.6	0	0.8	90.9	0.2
2	0.6	0.3	1	0.4	2	1.4	0.6	0	1.1	89.9	0.2
3	0.5	0.3	0.7	0.3	1.5	1.1	0.7	0.1	0.9	90.9	0.2
4	0.7	0.4	1.1	0.2	2.6	0.7	0.6	0.1	0.3	90.1	0.2
5	0.8	0.4	0.2	0.5	2.6	1.5	0.9	0.2	0.5	87.3	0.2
6	0.6	0.3	0.9	0.3	2.1	1	0.7	0.2	0.3	91.3	0.1
7	0.7	0.4	1.1	0.3	2.8	1.2	0.6	0	0.2	89.9	0.2
8	0.4	0.2	0.6	0.3	1.4	0.2	0.7	0.1	0.2	91.8	0.2
RI	937	949	980	1007	1043	1055	1086	1098	1327	1334	1480

*1: Vermicompost5 (t.ha^{-1}) + N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), 2: Vermicompost5 (t.ha^{-1}), 3: Cow manure60 (t.ha^{-1}) + N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), 4: Cow manure30 (t.ha^{-1}) + N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), 5: Cow manure60 (t.ha^{-1}), 6: Cow manure30 (t.ha^{-1}), 7: N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), and 8: Control (no fertilizer).

جدول ۱۳- ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه مرزه خوزستانی (***Satureja khuzistanica***) کشت شده تحت تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک در سال ۱۳۹۹

Table 13. Essential oil compounds of *Satureja khuzistanica* cultivated under different soil fertility treatments in 2020

Treatment*	*α*-thujene	*α*-pinene	*β*-pinene	myrcene	*α*-terpinene	*p*-cymene	*γ*-terpinene	terpinolene	linalool	Trpinene-4-ol	Carvacrol	*E*-caryophyllene	bisabolene
1	0.4	0.2	0.2	0.7	0	2.1	0.4	0.6	0.7	0.4	92.8	0	0.9
2	0	0	0	0.6	0	0.8	0.5	0	0.7	0.4	95.3	0	0.6
3	0.2	0.1	0	0.6	0	1.3	0.2	0.6	0.6	0.2	94.7	0.7	0.9
4	0	0	0	0.9	0	2.1	0.7	0.7	1	0.5	93.3	0	0.9
5	0.1	0	0	0.9	0	2	1.3	0	1.5	0.3	90.8	0.2	1
6	0.4	0.3	0	0.8	0	1.7	0.5	0.6	0.8	0.4	93.1	0	1.4
7	0.3	0.2	0	0.6	0	1.6	0.6	0	0.6	0.3	94.6	0	0.8
8	0.5	0.3	0.1	0.8	0.2	1.8	0.5	0.3	0.6	0.4	92.2	0.3	1.6
RI	937	949	969	983	1007	1043	1055	1086	1098	1144	1334	1480	1487

*1: Vermicompost5 (t.ha^{-1}) + N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), 2: Vermicompost5 (t.ha^{-1}), 3: Cow manure60 (t.ha^{-1}) + N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), 4: Cow manure30 (t.ha^{-1}) + N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), 5: Cow manure60 (t.ha^{-1}), 6: Cow manure30 (t.ha^{-1}), 7: N50, P25, K25 (kg.ha^{-1}), and 8: Control (no fertilizer).

بحث

نتایج تحقیق نشان‌دهنده تأثیر جداگانه روش‌های حاصلخیزی خاک، سال و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر درصد و عملکرد اسانس مرزه خوزستانی *S. khuzistanica* است. این مسئله بیانگر آن است که در روش‌های مختلف حاصلخیزی خاک و سال‌های مختلف، صفت‌های مذکور واکنش‌های متفاوتی را نشان داده‌اند.

بر اساس نتایج این تحقیق حداکثر درصد اسانس گونه *S. khuzistanica* در سال سوم و معادل ۳/۷ درصد و حداکثر عملکرد اسانس در سال دوم آزمایش و برابر با ۱۳۲/۶ کیلوگرم در هکتار بدست آمده است. در تحقیق Farsam و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده است که سرشاخه‌های گلدار مرزه خوزستانی (*S. khuzistanica*) از استان لرستان دارای بازده اسانس ۳ درصد بوده است. همچنین Hadian و همکاران (۲۰۱۰) بازده اسانس ۱۲ توده از مرزه خوزستانی (*S. khuzistanica*) را از ۱/۸ تا ۹/۴۵ درصد گزارش کرده‌اند. در تحقیق Nooshkam و همکاران (2014) بالاترین درصد اسانس مرزه خوزستانی معادل ۳/۲۱ درصد گزارش شده است. نتایج تحقیق حاضر نیز با نتایج سایر محققان مطابقت دارد.

عملکرد اسانس درگونه *S. khuzistanica* در سال سوم و با اعمال تیمار تلفیقی ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاس به همراه ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست که در حقیقت تلفیقی از کودهای شیمیایی و زیستی می‌باشد بیشترین مقدار را داشته است. از آنجا که عملکرد اسانس در حقیقت حاصل‌ضرب عملکرد خشک اندام هوایی در درصد اسانس می‌باشد لذا می‌توان گفت روش تغذیه تلفیقی به صورت ترکیب کود زیستی ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی به‌عنوان روش تغذیه مناسب گیاه جهت افزایش عملکرد کمی در این گونه می‌تواند کاربرد داشته باشد. لذا نتایج به دست آمده نشان‌دهنده واکنش مثبت گیاه به استفاده از روش‌های تلفیقی و استفاده همزمان کودهای آلی و شیمیایی جهت افزایش صفات عملکردی می‌باشد. از آنجا که در تیمارهای تلفیقی با استفاده از ترکیب مناسبی از کودهای شیمیایی و آلی، وضعیت خاک بهبود پیدا کرده و بر اثر تغذیه مناسب گیاه، رشد و میزان فتوسنتز آن افزایش یافته، لذا افزایش عملکرد خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس دور از انتظار نیست. همچنین افزایش صفات عملکردی گیاه در تیمار تلفیقی احتمالا به دلیل افزایش در حجم کانوپی گیاه، افزایش سطح برگ و در نتیجه استفاده و جذب بهتر نور بوده است. این افزایش در حجم کانوپی می‌تواند بدلیل جذب بهتر و یکنواخت‌تر مواد غذایی در طول دوره رشد و همچنین اصلاح ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک باشد (Malakooti, 1999؛ Francis *et al*., 1990). بر اساس گزارش‌های موجود، کود ورمی‌کمپوست 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 (Saeednejad & Rezvanimoghadam, 2009).

ورمی کمپوست، حاصل یک فرآیند هوازی است که در نتیجه تجزیه مشترک مواد آلی توسط کرم زباله یا کرم خاکی و میکروارگانیسم‌های خاکزی تولید می‌شود (Atiyeh *et al*., 2000). از آنجا که ورمی کمپوست دارای موادی مانند هورمون‌های رشد گیاهی و 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 نسبت به خاک‌های فاقد آن دارند. ورمی‌کمپوست غنی از هورمون‌های رشد و ویتامین‌ها بوده و به عنوان یک آفت‌کش قوی زیستی مطرح است (Martin, *et al*., 1997) .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 (Gali *et al*., 1990 ؛Darzi & Haj Seyedhadi, 2003). نتایج پژوهش‌های انجام شده بر روی بابونه (*Matricaria chamomilla* L)، بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) و انیسون (*Pimpinella anisum* L.) بهبود

چشمگیر عملکرد اسانس را در اثر مصرف ورمی‌کمپوست گزارش نموده اند (Khalesro *et al*., 2011؛ Darzi & Haj Seyed Hadi, 2016؛ Haj Seyed Hadi & Rezaei Ghale, 2016). Mojtabavi و Darzi (۲۰۰۷) گزارش نمودند که عملکرد اسانس و درصد آلفا–کادینول در اسانس همیشه بهار با مصرف ۶ تن ورمی‌کمپوست افزایش داشته است. بر اساس نتایج Rezaee Moadab و همکاران (۲۰۱۳) ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر تاثیری در افزایش درصد اسانس نداشتند، ولی عملکرد رویشی و در نتیجه عملکرد اسانس را افزایش دادند. از طرفی بر اساس تحقیق Saeednejad و Rezvanimoghadam (۲۰۰۹)، Ashnavar و همکاران (۲۰۱۷)، Safaii و همکاران (۲۰۰۷) کاربرد مواد آلی و کودهای بیولوژیک نتوانسته است تاثیر چندانی بر درصد اسانس زیره سبز، بابونه و آویشن دنایی داشته باشد اما نقش موثری را در افزایش عملکرد اسانس ایفا نموده است. این موضوع در تحقیق حاضر نیز قابل مشاهده می‌باشد.

در این تحقیق در مجموع سه سال داده‌برداری، استفاده از کود شیمیایی خالص یا کود آلی به تنهایی به اندازه تلفیق این دو کود موثر 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 غذایی از کود دامی و همچنین کمبود عناصر پر نیازی چون نیتروژن و فسفر (Salardini, 2005) گیاه در طول دوره رشد از وضعیت مناسب تغذیه‌ای برخوردار نمی‌باشد (Sharifi Ashorabadi *et al*., 2001) این مسئله دور از انتظار نیست. دلیل دیگری که می‌توان ارائه نمود این است که احتمالا کودهای شیمیایی خالص به طور مناسبی در اختیار گیاه نبوده‌اند و بیشتر در معرض تصعید و آب شویی قرار داشته‌اند (Malakooti, 1999؛ Sharifi Ashorabadi *et al*., 2003). از طرفی استفاده از کودهای دامی خالص نیز به دلیل کمبود برخی از عناصر پر نیاز شرایط مناسب تغذیه‌ای را برای رشد گیاه فراهم نکرده‌است (Sharifi Ashorabadi *et al*., 2003).

در این تحقیق استفاده از تلفیق کودهای دامی و شیمیایی پس از تیمار تلفیق ورمی کمپوست و کود شیمیایی باعث افزایش عملکرد اسانس شده است. این مسئله در سال سوم آزمایش بخوبی 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. کود دامی، حاوی عناصر میکرو و ماکروی لازم جهت فعالیت های حیاتی گیاه می‌باشد (Hendawy *et al*., 2007). 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 (۲۰۰۹) نیز افزایش درصد اسانس آویشن باغی را در اثر کاربرد کودهای آلی به صورت کمپوست، کودهای مرغی و گوسفندی ارائه نموده‌اند.

ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس گونه *S. khuzistanica*. در سال اول و دوم آزمایش شامل آلفاتوژن، آلفاپینن، سابینن، آلفاترپینن، پاراسیمن، گاماترپینن، ترپینولن، لینالول، تیمول، کارواکرول وای کاریوفیلن بوده است. در سال سوم آزمایش میرسن و بیزابولن نیز در اسانس مشاهده شده و میزان تیمول برخلاف دو سال قبل بسیار ناچیز بود. ترکیب غالب اسانس در هر سه سال آزمایش، کارواکرول (۸۶/۴۲–۹۵/۳۴ درصد) می‌باشد. Ahmadi و همکاران (۲۰۰۹) و Hadian و همکاران (۲۰۱۰) درصد کارواکرول این گونه را در شرایط وحشی و زراعی بین ۸۰ تا ۹۶/۵ درصد گزارش نموده‌اند که با نتایج تحقیق حاضر تطابق دارد. در این آزمایش، درصد بالای کارواکرول موجود، یک اسانس یک‌دست را بوجود آورده‌است که از نظر اقتصادی بسیار ارزشمند می‌باشد. از آنجا که کارواکرول دارای چندین ویژگی بیولوژیکی، از جمله اثر ضدعفونی کننده، فعالیت‌های ضدالتهابی، ضددرد، ضدباکتریایی، ضدقارچی و مخمر و آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Sepahvand *et al*., 2005) لذا در مواردی که نیاز به این ترکیب با ارزش وجود دارد می‌توان از گونه خوزستانی استفاده نمود.

حداکثر مقدار ترکیب کارواکرول به عنوان ترکیب اصلی و غالب اسانس گونه *S. khuzistanica* در سال سوم آزمایش در تیمار ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست بدست آمده است. با توجه به اینکه دامنه تغییرات این ترکیب در سه سال آزمایش حداقل ۸۶/۴۲ و حداکثر ۹۵/۳۴ می‌باشد لذا به نظر می‌رسد اثر تیمارهای حاصلخیزی چندان بر نوع ترکیب موثر نبوده است. بالا بودن میزان این ترکیب در تیمار شاهد نیز می‌تواند این موضوع را تایید کند.

گزارشات موجود نیز اغلب حاکی از بی‌تاثیر بودن اثر حاصلخیزکننده‌ها بر درصد ترکیبات متشکله اسانس می‌باشد. Ceylan و همکاران (۱۹۹۵) گزارش نموده‌اند که ازت در مقادیر مختلف، اثر معنی‌داری بر میزان کل اسانس و یا درصد تیمول آویشن باغی نداشته است. Paschalina و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیان نموده‌اند که عملکرد کمی و کیفی اسانس رازیانه تحت تاثیر مقادیر ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ازت تغییر نکرده‌است. Alizadeh و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که استفاده از حاصلخیزکننده‌ها باعث افزایش عملکرد تر و خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس و راندمان آن شده است اما تاثیر آن روی ترکیبات اسانس معنی‌دار نبوده و فقط بعضی از ترکیبات اصلی اسانس را به میزان کمی تغییر داده است. Baranauskiene و همکاران (۲۰۰۳) مشاهده نمودند که مواد تشکیل دهنده اسانس تحت تیمارهای کود ازته تفاوت معنی داری نشان نداده است. Dambrauskiene و همکاران(۱۹۹۹) نیز بر بی اثر بودن کودهای شیمیایی بر درصد اسانس و میزان تیمول آویشن باغی تاکید نموده‌اند. Shalaby و Razin (۱۹۹۲) گزارش نموده‌اند که مواد متشکله اسانس آویشن باغی تحت تاثیر تیمارهای کودی تغییر نکرده‌است. Barreyro و همکاران (۲۰۰۵) بیان نموده‌اند که کود نیتروژنی هیچ اثر مهمی روی کیفیت و مقدار اسانس مرزنگوش ندارد. این در حالی است که Dzida (۲۰۰۷) با بررسی اثر کود ازته و انواع مختلف کود پتاسه بر آویشن باغی گزارش نموده که با افزایش ازت به همراه کود کلرید پتاسیم میزان اسانس افزایش چشمگیری نشان داده است. Nicolova و همکاران(۱۹۹۴) نیز در تحقیق بر روی گیاه بابونه گزارش نموده‌اند که درصد اسانس به علت کود ازته افزیش یافته است. Hadi و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی گیاه رازیانه شاهد افزایش کیفیت اسانس (درصد آنتول اسانس) در تیمار مصرف تلفیقی ورمی‌کمپوست 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 می‌باشد 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 اسانس گردیده است (Darzi & Haj Seyed Hadi, 2014؛ Harshavardhan *et al*., 2007).

نتایج تحقیق نشان داد که اثر استفاده از حاصلخیزکننده‌های خاک بر عملکرد اسانس *S. khuzistanica* مثبت و معنی‌دار می‌باشد که علت اصلی آن اثر مواد حاصلخیزکننده بر عملکرد اندام هوایی گیاه است که به طور غیر مستقیم عملکرد اسانس را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرفی به نظر می‌رسد نوع ترکیبات موجود در اسانس تحت تاثیر تیمارهای حاصلخیزی قرار نگرفته است ولی از آنجا که عملکرد اسانس با اعمال تیمارهای حاصلخیزی تغییر نشان داده است لذا می‌توان نتیجه گرفت که به طور غیر مستقیم عملکرد این ترکیبات نیز تغییر خواهد یافت.

References

- 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(10): 791-798.
- Ahmadi, Sh., Sefidkon, F., Babakhanlo, P., Asgari, F. Khademi, K., Valizadeh, N. and Karimifar, M.A., 2009. Comparing essential oil composition of *Satureja bachtiarica* Bunge

before and full flowering stages in filed and provenance. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Reserach, 25(2): 159-169. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2009.7187
- Alizadeh Sahzabi, A., Sharifi Ashorabadi, E., Shiranirad, A.H. and Abaszadeh, B., 2007. The effects of different methods and levels of using nitrogen on some quality and quantity characteristics of *Satureja hortensis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 23(3): 416-431.
- 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.https://doi.org/ 10.1016/j.biortech.2003.10.014
- Ashnavar, M., Bahmanyar, M.A., Akbarpoor, V. and Ghorbani, N., 2017. Effect of nanophosphorus and vermicompost on yield, yield component and essential oil percentages of *Matricaria chamomilla* L. Journal of Crops Improvement. 19(1): 177-187. https://doi.org/10.22059/jci.2017.60408
- 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. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00017-2
- 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 and Research, Shams University, Cairo Egypt. Annals of Agriculture Science, 2: 431-442.
- Baranauskiene R., Venskutonis, P.R., Viskelis, P. and Dambrauskiene, E., 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). Journal of Agriculture Food Chemistry, 51(26): 7751-7758.
- Barreyro, R., Ringuelet y, J. and Agrícola, S., 2005. Fertilización Nitrogenada y Rendimiento en Orégano (*Origanum* x *applii*). Articulo de Investtigacion. 32(1): 39-44.
- British Pharmacopoeia, 1988, HMSO, London. 2: A137 – A138.
- Ćavar, S., Maksimović, M., Šolić, M.E., Jerković-Mujkić, A. and Bešta, R., 2008. Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activity of two *Satureja* essential oils. Food Chemistry, 111(3): 648-653. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.033
- Ceylan, A., Bayram, E. and Ozay, N., 1995. The effects of N-fertilizer on the yield and quality of *Thymus vulgaris* L. in ecological conditions of Bornova- Izmir. Horticulture Abstracts, 65: 5368.
- Dambrauskiene, E. and Venskutonis, R., 1999. Effect of nitrogen fertilizers on the yield of first year thyme and its quality, Horticulture and Vegetable Growing, 18(3): 107-112.
- Darzi, M.T. and Haj Seyed Hadi, M.R., 2016. 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(3): 101-114.
- Darzi, M.T., and Hajseyedhadi, M.R., 2003. Evaluation of agricultural and ecological problem of chamomile and fennel. Journal of Zeyton 43: 149-152.
- Dzida, K., 2007. Influence of varied nitrogen-potassium fertilization on yield, essential oil content and mineral composition in darden thyme herb (*Thymus vulgaris* L.). Herba Polonica, 53(3): 146-150.
- Farsam, H., Amanlou, M., Radpour, M.R., Salehinia, A.N. and Shafiee, A., 2004. Composition of the essential oils of wild and cultivated *Satureja khuzistanica* Jamzad from Iran. Flavour and Fragrance Journal, 19(4): 308-310.
- Francis, C.A., Bulter, F.C. and King, L.D., 1990. Sustainable agriculture in temperate zones. New York. John Wiley and Sons, USA, 487p. https://www.amazon.com/Sustainable-Agriculture-Temperate-Charles-Francis/dp/0471622273
- Galli, E., Tomati, U., Grappelli, A., and Di Lena, G., 1990. Effect of earthworm casts on protein synthesis in Agaricus bisporus. Biological Fertility Soils 9: 290-291. https://doi.org/10.1007/BF00634103
- Ghazi Manas, M., Banj Shafiee, Sh., Hajseyd Hadi, M.R. and Darzi, M.T., 2013. Effects of vermicompost and nitrogen on qualitative and quantitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal

and Aromatic Plants research, 29:(2): 269-280. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2013.2855
- Hadian, J., Akramian, M., Heydari, H., Mumivand, H. and Asghari, B., 2012. Composition and in vitro antibacterial activity of essential oils from four *Satureja* species growing in Iran. Natural Product Research, 26(2): 98-108. https://doi.org/10.1080/14786419.2010.534734
- Hadian, J., Najafi, F., Salehnia, A., Ehteshamnia, A. and Ganjipoor, P., 2010. Screening of *Satureja khuzestanica* and *Satureja rechingeri* collections for high yielding genotypes. Planta Medica, 76: p052. https://doi.org/10.1055/s-0030-1264350
- 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 Research, 31(6): 1058-1070. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2016.105894
- 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). Journal of Biomedical Science, 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(2), 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 Research, 27(4): 551-560. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2012.4504
- Malakooti, J., 1999. Sustainable agriculture and increasing yield by optimizing fertilizer consumption in Iran. Agricultural Education Publishing Publications. 460p.
- Martin, J.P., Black, J.H. and Hawthorne, R.M., 1997. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Bioresource Technology, 75: 175-180.
- Mirza, M., Sefidkon, F. and Ahmadi, L., 1996. Natural essential oils, extraction, quantitative and qualitative analysis, and application. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 205p.
- Mohammadi, M., Sefidkon, F., Asadi-Sanam, S. and Kalatejari, S., 2021. Effects of nutritional treatments on morphological characteristics and essential oil yield of *Satureja khuzistanica* Jamzad. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 37(2): 193-213. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.351383.2840
- Mojtabavi, K. and Darzi, M.T., 2018. Effects of vermicompost and nitroxin application on flower yield, yield components and essential oil quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 6(33): 1034-1046. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2018.115212.2119
- Mozaffarian, V., 2009. A dictionary of Iranian Plant Names. Farhangh Moaser publication, 740p.
- Nicolova, A., kozhuharovaKozhuharova, K., Zehelijazkov, V.D and Craker, L.F., 1999. Mineral nutrition of chamomile (*Chamomilla recutita* L.), Acta Horticulture, 502: 203-208. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.502.32
- Nooshkam, A., Majnoun Hoseini, N., Hadian, J., Jahansooz, M.R. and Khavazi, K., 2014. The effects of irrigated and rainfed conditions on vegetative and essential oil yield of two medicinal species, *Satureja khuzistanica* Jamzad and *S. rechingeri* Jamzad in North of Khuzestan. Crop Production, 7(2): 61-75.
- Özkan, A. and Erdoğan, A., 2011. A comparative evaluation of antioxidants and anticancer activity of essential oil from *Origanum onites* (Lamiaceae) and its two major phenolic components. Turkish Journal of Biology, 35: 735-742. https://doi.org/10.3906/biy-1011-170
- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y. and Kumari, U.R., 2008. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. Bioresource Technology. 99: 1672-1681. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.028
- 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 (2): 85-93. https://doi.org/10.1300/J484v12n02_08
- Rezaee Moadab, A., Nabavi Kalat, S.M. and Sadrabadi Haghaghi, R., 2013. Effects of biological fertilizer and vermicompost on

vegetative yield and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.) under Mashhad climatic conditions. Journal of Agroecology, 5(4): 350-362. https://doi.org/10.22067/jag.v5i4.32991

- Saeednejad, A. and Rezvanimoghadam, P., 2009. Evaluation of the effect of compost, vermicompost and manure application on yield, yield components and percentage of cumin essential oil. Journal of Horticultural Sciences. 24(2): 142-148.
- Safaii, L., Sharifiashoorbadi, A. and Afiuni, D., 2007. Study the effects of NPK, manure and a combination of chemical and manure fertilizers on phenolic yield and essential oil components in *Thymus daenensis*. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants Research, 17(1): 1-15.
- 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. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.331.14
- Sefidkon, F. and Ahmadi, Sh., 2000. Essential Oil of *Satureja khuzistanica* Jamzad. Journal of Essential Oil Research. 12(4): 427-428. https://doi.org/10.1080/10412905.2000.9699556
- Sefidkon, F., Sadeghzadeh, L., Teimouri, M. Asgari, F. and Ahmadi, Sh., 2007. Antimicrobial effects of the essential oils of two *Satureja* species (*S. Khuzistanica* Jamzad and *S. bachtiarica* Bunge) in two harvesting times. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 23(2): 174-182.
- Sepahvand, H., Kordbacheh, P., Delphan, B., Zayeni, F., Hashemi, S.J. and Mahmoodi, M., 2005. Antifungal effects of *Saturia Khuzestanica* essential oil in Lorestan region by in vitro method. Journal of Lorestan University of Medical Sciences, 2(7): 37-43.
- Shalaby, S. and Razin, S.H. 1992. Dense Cultivation and fertilization for higher yield of Thyme (*Thymus vulgaris* L.), Journal of Agronomy and Crop Science, 168(4): 243-248. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1992.tb01005.x
- Sharifi Ashorabadi, A., Ghalavand, A., Noormohamadi, G., Matin, A., Amin, G., Babakhanloo, P., Lebaschi, M.H. and Sefidkom, F., 2001. The effect of organic and chemical fertilizers on seed yield and biomass of fennel. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 7: 3-25.
- Sharifi Ashorabadi, A., Matin, A. and Lebaschi, M., 2003. Physiological growth indices in fennel (*Foeniculum vulgaris*) under different soil fertility conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Research, 19(2): 157-182.
- Ultee, A., Slump, R.A., Steging, G. and Smid, E.J., 2000. Antimicrobial activity of carvacrol toward *Bacillus cereus* on rice. Journal of Food Protection, 63(5): 620-624. https://doi.org/10.4315/0362-028x-63.5.620
- Salardini, A.A., 2005. Soil fertility. Seventh edition Tehran University Publication. 434p. (In Persian)