

Investigating the effects of organic and chemical fertilizers on the quantitative and qualitative yield of *Satureja sahendica* Bornm. essential oil

Farid Noormand Moaied^{1*}, Bohloul Abbaszadeh² and Negar Valizadeh³

1*- Corresponding author, Research Division of Natural Resources, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran
E-mail: farid.nm@areeo.ac.ir

2- Medicinal Plants and By-Products Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Research Division of Natural Resources, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran

Received: December 2022

Revised: February 2023

Accepted: February 2023

Abstract

Background and objectives: Savory (*Satureja* spp.) has a special position among medicinal plants due to its valuable compounds, such as thymol and carvacrol. Savory is one of the genera of the Lamiaceae family, and this genus has 16 species of annual and perennial herbaceous plants in Iran. Due to the high amount of essential oil, *Satureja* species are highly economically and medically important in the food, cosmetic, health, and pharmaceutical industries. This research aimed to increase the quantitative and qualitative yield of *Satureja sahendica* Bornm. essential oil with appropriate plant nutrition.

Methodology: This research was carried out under irrigation conditions in the form of a randomized complete block design with eight fertilizer treatments (no fertilizer, N₅₀, P₂₅, K₂₅(kg.ha⁻¹), Cow Manure_(30, 60 ton.ha⁻¹), Cow Manure_(30, 60 ton.ha⁻¹)+ N₅₀, P₂₅, K₂₅(kg.ha⁻¹), Vermi-compost_(5 ton.ha⁻¹), Vermi-compost_(5 ton.ha⁻¹)+ N₅₀, P₂₅, K₂₅(kg.ha⁻¹)) in three replications over four years (2017-2020) in East Azarbaijan province. Cultivation was indirect and through grafting. Seedlings were prepared in greenhouse conditions by growing seeds in seedling trays with a mixture of peat moss, cocopeat, and perlite in a ratio 4:2:1. The treatments were applied only once, simultaneously with the plot preparation and before the planting stage. This was done by hand spraying and mixing with the soil. The plot dimensions were 4 x 3 meters, the distance between the planting lines was 50 cm, and the distance between the plants on the line was set to 30 cm. The irrigation method was drip irrigation twice a week in the early stages of growth and once a week after establishment. Weed weeding was also done during the growing season. Plant height, flowering date, crown area, and green shoot yield were measured during the cropping season. Essential oil was extracted by distillation with distilled water, and essential oil was analyzed by gas chromatography (GC) and gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC/MS).

Results: Based on the results, all traits showed a significant difference between different fertilizer treatments. The highest yield of flowering branches was 1974 kg.ha⁻¹ (6% increase compared to the control) and the yield of essential oil was 22.25 kg.ha⁻¹ (9% increase compared to the control), and the highest quality of essential oil (sum of phenolic compounds thymol and carvacrol) is 61.89% (18% increase in comparison to the control) with treatment of Cow Manure_(60 ton.ha⁻¹)+ N₅₀, P₂₅, K₂₅(kg.ha⁻¹) were obtained. To be economical, cow manure (60 tons per hectare) can also be used alone. With regards to 50% flowering, the latest product was a control treatment (without fertilizer) with 160.25 days, while the earliest product was Cow Manure



(60 tons.ha⁻¹) +N₅₀, P₂₅, K₂₅ (kg.ha⁻¹) with 155.33 days. The main components of the essential oil were Thymol, *p*-cymene, and γ -terpinene, respectively. The results of the average percentage of phenolic compounds thymol and carvacrol as essential oil quality in each fertilizer treatment and each year showed that the average quality of essential oil in the first year was 53.13%, in the second and third years it was 63.98 and 63.54, respectively. The percentage decreased to 47.93% in the fourth year.

Conclusion: The use of fertilizer treatments, especially animal manures, along with chemical fertilizers, in addition to increasing yield, also causes early ripening. Early harvesting of the first layer allows the second layer to use the growing season optimistically and avoid autumn cold. As the plant age increases, the yield of essential oil increases, but the product is later, and the quality also decreases. Accordingly, Cow Manure_(60 ton.ha⁻¹)+ N₅₀, P₂₅, K₂₅(kg.ha⁻¹) should be applied to *S. sahendica* until the fourth year to produce adequate yields.

Keywords: Yield, quality, essential oil, Savory, fertilizer.

بررسی کارایی مصرف کودهای آلی و شیمیایی در افزایش عملکرد کمی و کیفی اسانس *Satureja sahendica* Bornm. مرزه سهندی

فرید نورمند مؤید^{۱*}، بهلول عباسزاده^۲ و نگار ولیزاده^۳

۱- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران، پست الکترونیک: farid.nm@areeo.ac.ir

۲- دانشیار، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۴۰۱

تاریخ اصلاح نهایی: بهمن ۱۴۰۱

تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۱

چکیده

سابقه و هدف: مرزه (*Satureja* spp.) با دارا بودن ترکیبات با ارزشی همچون تیمول و کارواکرول از جایگاه ویژه‌ای در میان گیاهان دارویی برخوردار است. مرزه یکی از جنس‌های خانواده نعنائیان (Lamiaceae) بوده که در ایران ۱۶ گونه گیاه علفی یک‌ساله و چند ساله دارد. گونه‌های جنس *Satureja* به دلیل میزان بالای اسانس در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی و داروسازی دارای اهمیت اقتصادی و پزشکی زیادی هستند. هدف از اجرای این تحقیق افزایش عملکرد کمی و کیفی اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahendica*) با تغذیه گیاهی مناسب بود.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در شرایط آبی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار کودی (شاهد (بدون کود)، ازت (۵۰)، فسفر (۲۵) و پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار)، کود گاوی (۳۰ و ۶۰ تن در هکتار)، کود گاوی (۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵) و پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۵ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (۵ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵) و پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار)) در سه تکرار طی چهار سال (۱۳۹۹-۱۳۹۶) در استان آذربایجان شرقی اجرا شد. کشت به صورت غیر مستقیم و از طریق نشاء بود. نشاءها در شرایط گلخانه با کشت بذرها در سینی‌های نشاء با ترکیب خاک پیت‌ماس، کوکوبیت و پرلیت به نسبت ۱:۲:۴ تهیه شد. زمان اعمال تیمارها فقط یک نوبت همزمان با آماده‌سازی کرت‌ها و قبل از مرحله کاشت به صورت دست‌پاش و مخلوط کردن با خاک بود. ابعاد کرت‌ها ۳×۴ متر، فواصل خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی خط ۳۰ سانتی‌متر تنظیم گردید. روش آبیاری به صورت قطره‌ای و در مراحل ابتدای رشد دو نوبت در هفته و پس از استقرار یک نوبت در هفته بود. در طول فصل رشد وجین علف‌های هرز نیز انجام گردید. در طول فصل زراعی صفات ارتفاع بوته، تاریخ گلدهی، سطح تاج‌پوشش و عملکرد سرشاخه سبز اندازه‌گیری شد. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب و تجزیه اسانس نیز به روش کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) انجام گردید.

نتایج: براساس نتایج، بین تیمارهای مختلف کودی از لحاظ کلیه صفات تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار به میزان ۱۹۷۴ کیلوگرم در هکتار (۶٪ افزایش نسبت به شاهد) و عملکرد اسانس به میزان ۲۲/۲۵ کیلوگرم در هکتار (۹٪ افزایش نسبت به شاهد) و بالاترین کیفیت اسانس (مجموع ترکیبات فنلی تیمول و کارواکرول) به مقدار ۶۱/۸۹٪ (۱۸٪ افزایش نسبت به شاهد) با اعمال تیمار کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵) و پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. برای مقرون به صرفه بودن از کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) به‌تنهایی نیز می‌توان استفاده کرد. از لحاظ صفت تاریخ ۵۰٪ گلدهی، دیررس‌ترین محصول مربوط به تیمار شاهد (بدون کود) با ۱۶۰/۲۵ روز و زودرس‌ترین آن مربوط به تیمار کودی کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵) و پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار) با ۱۵۵/۳۳ روز است. عمده‌ترین اجزای اسانس به ترتیب

تیمول، پارا-سیمن و گاما-ترینین بودند. نتایج میانگین درصد ترکیبات فنلی تیمول و کارواکرول به‌عنوان کیفیت اسانس در هر یک از تیمارهای کودی و در هر سال نشان داد که میانگین کیفیت اسانس در سال اول ۵۳/۱۳٪، در سال‌های دوم و سوم به‌ترتیب به مقدار ۶۳/۹۸٪ و ۶۳/۵۴٪ افزایش و در سال چهارم به مقدار ۴۷/۹۳٪ کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری: مصرف تیمارهای کودی به‌ویژه کودهای دامی به‌همراه کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش محصول، موجب زودرسی محصول نیز می‌شود. برداشت زود چین اول باعث می‌شود که چین دوم از فصل رشد استفاده بهینه کرده و با سرمای پاییزه مواجه نشود. با افزایش سن گیاه عملکرد اسانس افزایش، ولی محصول دیرس‌تر و کیفیت اسانس نیز کاهش می‌یابد. بنابراین محصول اقتصادی در گونه *S. sahendica* تا سال چهارم با اعمال تیمار کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵) و پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار) توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، کیفیت، اسانس، مرزه، کود.

مقدمه

افزایش جمعیت و رویکرد روز افزون به استفاده از گیاهان دارویی در سطح جهان و نیاز مبرم صنایع داروسازی، بهداشتی و غذایی به گیاهان دارویی باعث شده که توجه و تحقیق پیرامون این گیاهان از نظر کشت، تولید و مصرف از اهمیت خاصی برخوردار باشد (Oreopoulou et al., 2014). مرزه یکی از جنس‌های خانواده نعنائیان (Lamiaceae) است و نزدیک به ۲۳۵ گونه دارد (Jamzad, 2009). این جنس در ایران ۱۶ گونه گیاه علفی یک‌ساله و چند ساله داشته که ۹ گونه آن بومی و اندمیک ایران بوده و بقیه گونه‌ها علاوه بر ایران در دیگر نقاط جهان نیز پراکنش دارند (Mozafarian, 2004). گونه‌های جنس *Satureja* به دلیل میزان بالای اسانس و استفاده در آشپزی و صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی و داروسازی دارای اهمیت اقتصادی و پزشکی زیادی هستند (Satil & Kaya, 2007). ترکیب‌های عمده گونه‌های جنس مرزه از مونوترپن‌های فنلی مانند تیمول و کارواکرول است که اغلب به همراه گاما-ترینین، پارا-سیمن و لینالول وجود دارند. این گروه از ترکیب‌های فنلی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی هستند (Oke et al., 2003; Gulluce et al., 2009). گونه‌های مختلف مرزه به دلیل داشتن ترکیب‌های ثانویه‌ای مانند فلاونوئید، استروئید، تریپنویید و تانن‌ها برای درمان بیماری‌های عفونی، پیچش و درد شکم، دردهای

عضلانی و حالت تهوع کاربرد دارند (Bezie et al., 2009).

در این بین مرزه سهندی (*Satureja sahendica*)، از گیاهان انحصاری ایران بوده و به‌صورت بوته‌ای، بالشتکی با ساقه‌های متعدد پوشیده از کرک‌های ساده به ارتفاع حدود ۱۲ تا ۲۵ سانتی‌متر در دامنه‌های صخره‌ای-سنگی در ناحیه ایران-تورانی در ارتفاع ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا دیده می‌شود (Jamzad, 2009). همچنین پراکنش مرزه سهندی در آذربایجان شامل مناطق مراغه، تبریز، اسکو و کندوان، در زنجان مناطق قیدر و زرین‌آباد، در کردستان منطقه شرق کوه‌های بیجار و در کرمانشاه مناطق سنقر و کوه ماهان است (Jamzad, 2009). ترکیب‌های عمده گونه *S. sahendica*، تیمول (۴۱/۷-۱۹/۶٪)، پارا-سیمن (۵۴/۹-۳۲/۵٪) و گاما-ترینین (۱۲/۸-۱٪) می‌باشد (Sefidkon et al., 2004).

در سال‌های اخیر، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و عدم توجه به اهمیت و اثرهای مثبت مواد آلی در بهبود حاصلخیزی خاک‌های زراعی، باعث افزایش مصرف کودهای شیمیایی، کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی و آلودگی و تخریب محیط زیست و منابع آب و خاک شده است. بنابراین پایداری، حاصلخیزی و سلامت محیط زیست در سیستم‌های کشاورزی متداول همواره مهمترین موضوع بوده و محققان روش غلبه بر این مشکل را رسیدن به کشاورزی پایدار و مصرف تلفیقی کودها به‌عنوان یکی از

جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی و ظرفیت بالای نگهداری آب یکی از مناسب‌ترین منابع کودی غیر شیمیایی می‌باشد که استفاده از آن در کشاورزی سبب بهبود رشد و کیفیت بیشتر گیاهان دارویی شده است (Campitelli & Ceppi, Yasmin & Nehvi, 2013). در تحقیقی عملکرد کمی، ترکیبات و درصد اسانس دو گونه مرزه (*Satureja khuzistanica* و *Satureja rechingeri*) در پاسخ به کودهای قارچ میکوریزا و کودهای آلی بررسی شد. براساس نتایج، محلول‌پاشی عصاره ورمی‌کمپوست به میزان ۵ تن در هکتار می‌تواند به تولید پایدار هر دو گونه مرزه، بهبود رشد و عملکرد اسانس کمک نماید (Bastami et al., 2021). در تحقیقی تأثیر کودهای شیمیایی، دامی و تلفیق آنها بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه ریحان بنفش بررسی شد. نتایج حکایت از آن داشت که کاربرد کودهای آلی به‌تنهایی یا در ترکیب با کود شیمیایی در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی ریحان بنفش (*Ocimum basilicum*) تأثیر مثبتی داشته است (Tehrani Sharif et al., 2015). در پژوهشی دیگر مشاهده شد که مقدار درصد اسانس گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum*) با مصرف کود گاوی افزایش می‌یابد (Aghavani shajari, 2012). استفاده از ورمی‌کمپوست سبب بهبود معنی‌دار مقدار اسانس و کیفیت آن در گیاه دارویی ریحان شد، به‌نحوی که میزان لینالول و متیل کاپیکول موجود در اسانس بیشتر از تیمار شاهد بود (Anwar et al., 2005). تحقیقات Esmailpour و همکاران (۲۰۱۷) و Ganjali و Kaykhani (۲۰۱۷)، بیانگر بهبود عملکرد و ترکیبات اسانس ریحان (*Ocimum basilicum*) و رزماری (*Rosmarinus officinalis*) در اثر استفاده از سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بود. افزودن ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست منجر به بالاترین سطح تولید اسانس در بابونه (*Matricaria chamomile*) که تحت تنش شدید خشکی بود گردید، در حالی که کمترین مقدار اسانس در تیمار بدون مصرف ورمی‌کمپوست مشاهده شد

راهکارهای کاهش نهاده‌های شیمیایی اعلام می‌کنند. در این سیستم‌ها با کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، ویژگی‌های کیفی خاک بهبود یافته و بیشترین آزادسازی نیتروژن منطبق با نیاز گیاه انجام می‌شود. همچنین هزینه‌ها و آلودگی‌های زیست محیطی کاهش یافته، انرژی ذخیره شده و در نهایت شرایط مناسب و ایده‌آل برای رشد گیاه فراهم شده و عملکرد کمی و کیفی گیاهان افزایش یافته و منجر به تولید پایدار می‌گردد (Lee, 2010; Hamzei & Najari, 2014).

از عوامل بسیار ضروری برای موفقیت در کشت گیاهان دارویی، مدیریت کود می‌باشد (Chatterjee, 2002). مطالعات انجام شده بر روی گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی گویای آن است که استفاده از نظام کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را در چنین شرایطی فراهم می‌کند. از آنجا که تأکید کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد، بنابراین کودهای آلی به‌ویژه کود دامی و کود ورمی‌کمپوست از ارکان اصلی در این سیستم هستند. کودهای آلی مانند کود دامی با تولید هوموس و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عوارض نامطلوب کودهای شیمیایی را کاهش داده و سبب رشد و افزایش جامعه میکروبی خاک شده و کارایی مصرف کود را افزایش می‌دهند (Wang; Sharma & Agarwal, 2014). همچنین کودهای آلی با آزادسازی تدریجی عناصر غذایی، منابع طبیعی بسیار مناسبی برای تقویت باروری خاک هستند. بنابراین بهبود وضعیت تغذیه‌ای و شرایط کیفی خاک با بالا رفتن توان گیاه برای جذب بیشتر عناصر غذایی موجب افزایش عملکرد گیاهان دارویی و افزایش میزان ماده مؤثره آنها و در نهایت تأمین سلامت انسان و اکوسیستم می‌گردند (Sun et al., 2015). ورمی‌کمپوست نیز به‌عنوان کود آلی با داشتن مقادیر زیادی از عناصر ماکرو و میکرو مورد نیاز گیاه و با خصوصیات همانند تخلخل زیاد، قدرت

خطوط کاشت ۵۰ سانتی متر و فاصله بوته‌ها بر روی خط ۳۰ سانتی متر تنظیم گردید. تیمارهای کودی شامل ۸ سطح و در سال اول اعمال شد (جدول ۲). تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۳ و تجزیه شیمیایی کود دامی و ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش به ترتیب در جدول‌های ۴ و ۵ آورده شده است.

موقعیت جغرافیایی و مشخصات اقلیمی محل اجرای طرح (ایستگاه تحقیقات تیکمه داش)

ایستگاه تیکمه‌داش در ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان تبریز و در موقعیت جغرافیایی ۳۷/۴۵ درجه عرض شمالی و ۴۵/۵۵ درجه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. ارتفاع اراضی آن از سطح دریا ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ متر است و جزو حوزه آبخیز قزل‌اوزن می‌باشد. اقلیم منطقه جزء مناطق استپی سرد (روش گوسن)، معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک (روش کوپن) است. میانگین حداکثر درجه حرارت ۳۰/۸ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت ۱۱/۶- درجه سانتی‌گراد بوده و درجه حرارت متوسط سالیانه حدود ۹/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بارندگی متوسط سالیانه ۲۹۱/۵ میلی‌متر است. آمار هواشناسی ایستگاه تیکمه‌داش طی چهار سال (۱۳۹۶-۱۳۹۹) در جدول ۱ ارائه شده است. در طول این چهار سال، بیشترین درصد رطوبت و میزان بارندگی (۴۲۰/۶ میلی‌متر) و کمترین روزهای یخبندان در سال دوم (۱۳۹۷) بوده است.

(Tasdighi et al., 2015). نتایج مشابهی نیز در بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) با مصرف ۱۰-۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست گزارش شده است (Kazeminasab et al., 2016). در تحقیقی اثر تلفیقی کودهای شیمیایی، آلی و شیمیایی بر روی کدو تنبل بررسی شد، نتایج حکایت از آن داشت که استفاده از کودهای زیستی با ۵۰٪ کودهای آلی و شیمیایی، نیاز به کود شیمیایی را کاهش داده و عملکرد روغن، دانه و میوه را در کدو تنبل بالا می‌برد (Habibi et al., 2011). در مقایسه درصد اسانس مرزه و ترکیبات آن در رویشگاه طبیعی و مزرعه، آزمایشی انجام شد. از نظر تولید اسانس در تمام تیمارهای کودی میزان تیمول در مزرعه نسبت به رویشگاه طبیعی برتری داشت و بیشترین میزان (۴۲٪/۹۵) در اثر تیمار چهار تن در هکتار ورمی‌کمپوست حاصل شد (Hossaini et al., 2017). این پژوهش با هدف ایجاد شرایط مناسب و ایده‌آل برای رشد گیاه مرزه سهندی با تلفیق کودهای آلی و شیمیایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی مرزه گونه *Satureja sahendica* در شرایط آبی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار طی ۴ سال (۱۳۹۶-۱۳۹۹) در ایستگاه تحقیقاتی تیکمه‌داش (استان آذربایجان شرقی) اجرا شد. ابعاد کرت‌ها ۳×۴ متر، فواصل

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه تیکمه‌داش، آذربایجان شرقی (۱۳۹۶-۱۳۹۹)

Table 1. Meteorological statistics of Tikmeh Dash station, East Azerbaijan (2017-2020)

Year	Temperature (°C)			Humidity (%)		Total rainfall (mm)	Number of frost days	Total evaporation (mm)	Total hours of sunshine		
	Average max.	Average min.	Average	Absolute max.	Absolute min.						
2017	18.1	4.4	11.3	36	-24	76	35	253.4	115	1714.7	2756.1
2018	17.3	4.4	10.6	37.4	-17.6	80	42	420.6	114	1421.6	2586.1
2019	16.6	3.1	9.9	36.6	-24	78.2	45.7	338.9	127	1451	2670.6
2020	16.3	2.8	9.6	36.6	-23.4	82	38	380.3	122	1581.9	2249.8

جدول ۲- تیمارهای کودی اعمال شده
Table 2. Fertilizer treatments applied

No	Treatment
1	Control (No fertilizer)
2	N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)
3	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹)
4	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹)
5	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)
6	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)
7	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹)
8	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی
Table 3. Physicochemical properties of experimental field soil

Specific gravity (%)	E.C. (dS.m ⁻¹)	pH	T.N.V. (%)	Organic carbon (%)	Total N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture
45	0.79	7.37	1.75	0.49	0.05	15.03	370	62	16	21	Sandy loam

جدول ۴- تجزیه شیمیایی کود دامی مورد استفاده در آزمایش
Table 4- Chemical analysis of manure used in the experiment

pH	EC (dS.m ⁻¹)	Organic carbon (%)	N (%)	P (%)	K (%)
7.8	5.1	26.3	2.8	0.99	1.7

جدول ۵- ویژگی‌های شیمیایی ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش
Table 5. Chemical properties of vermicompost used in the experiment

Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mg (%)	Ca (%)	P (%)	K (%)	N (%)
23	497	148	1012	0.25	1.22	0.4	1.26	1.31

آماده‌سازی کرت‌ها و قبل از مرحله کاشت به صورت دست‌پاش و مخلوط کردن با خاک بود. برای مصرف کود ازت (۵۰ کیلوگرم در هکتار) مقدار ۱۰۰ کیلوگرم اوره، برای مصرف فسفر (۲۵ کیلوگرم در هکتار) مقدار ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و برای مصرف پتاس (۲۵ کیلوگرم در هکتار) مقدار ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار استفاده شد. از کود گاوی کاملاً پوسیده خشک و ورمی کمپوست بسته‌بندی شده با درصد رطوبت مشخص استفاده گردید. در مورد کود ازته، نصف کود اوره در زمان آماده‌سازی کرت‌ها همزمان با سایر کودها و

کشت، داده‌برداری و اسانس‌گیری کشت به صورت غیر مستقیم و از طریق نشاء بود. نشاءها در شرایط گلخانه با کشت بذرها در سینی‌های نشاء با ترکیب خاک پیت‌موس، کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱:۲:۴ تهیه شد. بلافاصله پس از انتقال نشاء به مزرعه آبیاری انجام شد. روش آبیاری به صورت قطره‌ای و در مراحل ابتدای رشد دو نوبت در هفته و پس از استقرار یک نوبت در هفته بود. در طول فصل رشد، وجین علف‌های هرز نیز انجام شد. زمان اعمال تیمارها فقط یک نوبت همزمان با

ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس‌ها مورد شناسایی کمی و کیفی قرارگرفت (Shibamoto, 1987; Adams, 1989). برای محاسبه اندیس‌های بازداری از تزریق هیدروکربن‌های نرمال ۹ تا ۲۳ کربنه در شرایط برنامه‌ریزی حرارتی (مشابه با تزریق نمونه) استفاده شد. محاسبات کمی (تعیین درصد هر ترکیب) به کمک داده‌پرداز R3A, Chromatepac به روش نرمال کردن سطح (Area normalization method) و نادیده گرفتن ضرایب پاسخ (Response factors) مربوط به طیف‌ها انجام شد.

محاسبات آماری

تجزیه واریانس صفات مختلف در قالب طرح اسپلیت پلات در زمان بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی، مقایسه میانگین به روش دانکن و نرمال‌سازی داده‌ها به روش کولموگروف-اسمیرنوف با استفاده از نرم‌افزار SPSS و رسم نمودار با نرم‌افزار Excel انجام شد. براساس نتایج عملکرد کمی و کیفی اسانس تولیدی، بهترین تیمار کودی معرفی گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف کودی از لحاظ صفات عملکرد خشک سرشاخه گلدار، عملکرد اسانس، ارتفاع بوته، سطح تاج‌پوشش و تاریخ ۵۰٪ گلدهی تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بین سال‌های مختلف نیز از لحاظ کلیه صفات تفاوت معنی‌دار وجود دارد (جدول ۶).

نتایج مقایسه میانگین صفات براساس تیمارهای مختلف کودی (جدول ۷) نشان داد که بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار به میزان ۱۹۷۴ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد اسانس به میزان ۲۲/۲۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار کود گاوی (۶۰ تن در هکتار)+ ازت (۵۰)، فسفر (۲۵) و پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار) است (شکل ۱).

حداکثر ۲ تا ۳ روز قبل از کاشت، بقیه حدود یک ماه بعد از انتقال نشاء و پس از استقرار گیاهچه‌ها اعمال گردید. طی چهار سال، در طول فصل زراعی در مرحله ۵۰٪ گلدهی، صفات ارتفاع بوته (میانگین ۱۰ بوته)، تاریخ ۵۰٪ گلدهی (تعداد روز از اول فروردین ماه)، سطح تاج‌پوشش (حاصل ضرب قطر بزرگ در قطر کوچک تاج‌پوشش و میانگین ۱۰ بوته) و عملکرد خشک سرشاخه سبز (مجموع دو چین) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد خشک، نمونه خشک شده در سایه را در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار داده و پس از توزین نمونه، میانگین عملکرد خشک در هکتار محاسبه گردید.

اسانس‌گیری از نمونه‌های خشک سرشاخه سبز هر تیمار در سه تکرار به روش تقطیر با آب مقطر (کلونجر) انجام شد و بازده اسانس (مقدار اسانس حاصل بر حسب گرم از ۱۰۰ گرم نمونه خشک سرشاخه سبز) اندازه‌گیری و عملکرد اسانس حاصل از کل سرشاخه سبز خشک بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. پس از تعیین بازدهی اسانس براساس وزن خشک گیاه، اسانس‌ها به وسیله کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) تجزیه و اجزای اسانس‌ها شناسایی شدند.

تجزیه اسانس‌ها و شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده پس از تزریق اسانس‌ها به دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) و یافتن مناسب‌ترین برنامه‌ریزی حرارتی ستون، برای دستیابی به بهترین جداسازی، اسانس‌های حاصل با دی‌کلرومتان رقیق شده و به دستگاه گاز کروماتوگراف کوپل شده با طیف‌سنج جرمی (GC/MS) تزریق شده و طیف‌های جرمی و کروماتوگرام‌های مربوط بدست آمد. سپس با استفاده از زمان بازداری، شاخص بازداری، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در نرم‌افزار SATURN

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای کودی بر برخی صفات مرزه سهندی طی ۴ سال

Table 6. ANOVA of fertilizer treatments effects on some *Satureja sahendica* traits during 4 years

S.O.V.	d.f.	M.S.					
		Dry yield of green shoots	Essential oil percentage	Essential oil yield	Plant height	Crown surface	50%-flowering date
Replication	2	64.07**	0.16*	98.35**	30.21*	0.00 ^{ns}	4.16 ^{ns}
Treatment (T)	7	18.99**	0.03 ^{ns}	27.78*	30.67**	0.00**	39.67**
Experimental error 1	14	68.54	0.06	75.96	33.21	0.01	78.79
Year (Y)	3	180.68**	2.06**	404.16**	151.71**	0.01**	4300.78**
Y × T	21	4.52 ^{ns}	0.06 ^{ns}	29.85**	5.28 ^{ns}	0.00 ^{ns}	1.78 ^{ns}
Experimental error 2	48	7.57	0.04	17.34	8.86	0.00	2.16
C.V. (%)		5.90	0.02	17.90	5.90	16.20	1.98

n.s., *, and **: non-significant, significant at 1, and 5% probability levels, respectively

۱۵۵/۳۳ روز است.

مقایسه میانگین صفات مختلف طی ۴ سال (جدول ۸) نشان داد که با افزایش سن گیاه، عملکرد خشک سرشاخه گلدار، عملکرد اسانس، ارتفاع بوته و سطح تاج پوشش افزایش ولی بازده اسانس کاهش می یابد. ضمناً با افزایش سن گیاه محصول دیررس تر می شود.

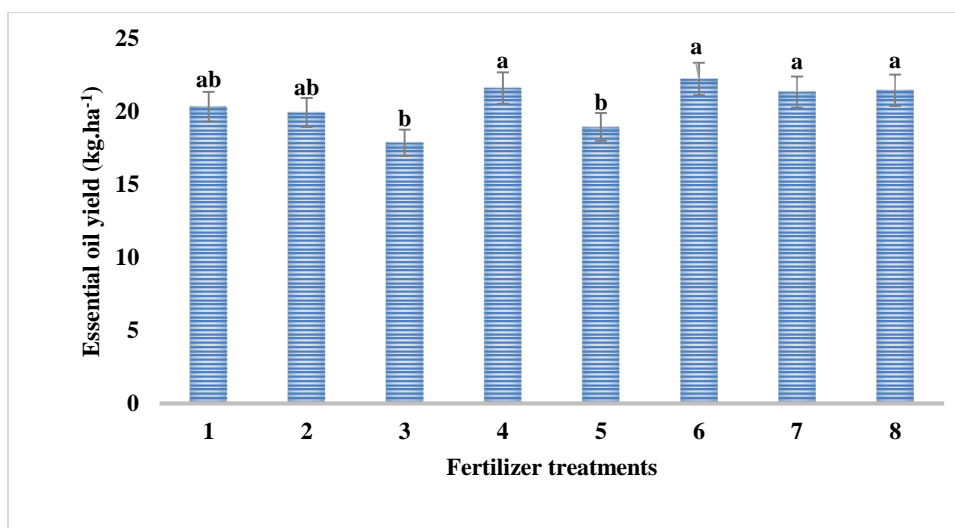
بیشترین میزان ارتفاع بوته (۵۴/۴۳ سانتی متر) و سطح تاج پوشش (۰/۲۲۲ متر مربع) نیز مربوط به تیمار کودی ورمی کمپوست ۰ (۵ تن در هکتار) می باشد. از لحاظ صفت تاریخ ۵۰٪ گلدهی، دیررس ترین محصول مربوط به تیمار شاهد (بدون کود) با ۱۶۰/۲۵ روز و زودرس ترین آن مربوط به تیمار کودی کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵) و پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار) با

جدول ۷- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای کودی بر برخی صفات مرزه سهندی

Table 7. Means comparison of fertilizer treatments effects on some *Satureja sahendica* traits

Treatment	Dry yield of green shoots (kg.ha ⁻¹)	Essential oil (%)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	Plant height (cm)	Crown surface (cm ²)	50%-flowering date (day)
Control (No fertilizer)	1863 ^{ab}	1.03 ^a	20.35 ^{ab}	50.75 ^{bc}	1840 ^{bc}	160.25 ^a
N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	1736 ^{bc}	1.13 ^a	19.95 ^{ab}	52.21 ^{ab}	1900 ^{bc}	159.50 ^{ab}
Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹)	1665 ^c	1.07 ^a	17.88 ^b	51.16 ^{bc}	1940 ^{bc}	155.58 ^f
Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹)	1780 ^{bc}	1.23 ^a	21.63 ^a	52.74 ^{ab}	1880 ^{bc}	156.08 ^{ef}
Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	1652 ^c	1.16 ^a	18.96 ^b	49.28 ^c	1700 ^c	158.42 ^{bc}
Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	1974 ^a	1.14 ^a	22.25 ^a	52.10 ^{ab}	2100 ^{ab}	155.33 ^f
Vermicomposts (ton.ha ⁻¹)	1818 ^{a-c}	1.19 ^a	21.36 ^a	54.53 ^a	2220 ^a	157.00 ^{de}
Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	1821 ^{a-c}	1.03 ^a	21.48 ^a	50.54 ^{bc}	1830 ^c	157.83 ^{cd}

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Duncan test).



شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد اسانس مرزه سهندی

Figure 1. Means comparison of fertilizer treatments effects on *Satureja sahendica* essential oil yield
 Fertilizer treatments: 1- Control (No fertilizer), 2- N₅₀P₂₅K₂₅ (kg.ha⁻¹), 3- Cow manure₃₀ (ton.ha⁻¹), 4- Cow manure₆₀ (ton.ha⁻¹), 5- Cow manure₃₀ (ton.ha⁻¹) + N₅₀P₂₅K₂₅ (kg.ha⁻¹), 6- Cow manure₆₀ (ton.ha⁻¹) + N₅₀P₂₅K₂₅ (kg.ha⁻¹), 7- Vermicompost₅ (ton.ha⁻¹), and 8- Vermicompost₅ (ton.ha⁻¹) + N₅₀P₂₅K₂₅ (kg.ha⁻¹).

Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Duncan test).

جدول ۸- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای کودی بر برخی صفات مرزه سهندی طی ۴ سال

Table 8. Means comparison of fertilizer treatments effects on some *Satureja sahendica* traits during 4 years

Year	Dry yield of green shoots (kg.ha ⁻¹)	Essential oil (%)	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)	Plant height (cm)	Crown surface (m ²)	50%-flowering date (day)
1	1496 ^c	1.42 ^a	21.14 ^b	50.74 ^{bc}	0.16 ^c	143.67 ^d
2	1821 ^b	1.40 ^a	15.17 ^c	51.66 ^b	0.22 ^b	159.50 ^b
3	1789 ^b	1.02 ^b	20.98 ^b	49.15 ^c	0.20 ^{ab}	151.75 ^c
4	2049 ^a	0.82 ^c	25.14 ^a	55.09 ^a	0.19 ^a	175.08 ^a

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Duncan test).

میزان ۹۶/۹۷٪ تا ۹۸/۴۶٪ از اسانس و در سال چهارم ۸ ترکیب به میزان ۹۵/۵۳٪ تا ۹۹/۸۱٪ از اسانس را تشکیل دادند. عمده ترین اجزای اسانس در هر یک از تیمارها و در تمام سالها به ترتیب تیمول، پارا-سیمن و گاما-تریپن بودند (جدولهای ۹-۱۲).

نتایج تجزیه اسانس مرزه (*S. sahendica*) براساس تیمارهای مختلف کودی طی ۴ سال نشان داد که هر یک از تیمارها در سال اول ۱۱ ترکیب به میزان ۹۲/۲۳٪ تا ۹۹/۹۸٪ از اسانس، در سال دوم ۹ ترکیب به میزان ۹۱/۵۱٪ تا ۹۹/۷۲٪ از اسانس، در سال سوم ۹ ترکیب به

جدول ۹- ترکیب‌های اساسی مرزه سهندی در تیمارهای مختلف کودی (سال اول)

Table 9. Essential oil compounds of *Satureja sahendica* in different fertilizer treatments (1st year)

Compound	RI	Fertilizer treatments							
		Control (No fertilizer)	N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)
α -thujene	936	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6
α -pinene	946	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
β -pinene	978	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.2	1
α -terpinene	1043	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.4	1.6	1.3
<i>p</i> -cymene	1053	30.2	27.9	27.1	26.7	26.8	23.9	27.5	24.5
γ -terpinene	1084	14.1	12.2	12.6	11.4	10.6	11.6	13.2	11.4
terpinolene	1100	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
terpinen-4-ol	1222	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
thymol	1325	47.6	53.8	52.2	53.8	49.1	56.5	50.9	56.5
carvacrol	1332	0.5	0.6	0.5	0.6	0.9	0.6	0.7	0.5
<i>E</i> -caryophyllene	1479	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5
Total		98.2	99.9	97.7	97.6	92.2	97.7	97.8	97.6

جدول ۱۰- ترکیب‌های اساسی مرزه سهندی در تیمارهای مختلف کودی (سال دوم)

Table 10. Essential oil compounds of *Satureja sahendica* in different fertilizer treatments (2nd year)

Compound	RI	Fertilizer treatments							
		Control (No fertilizer)	N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)
α -pinene	939	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4
camphene	951	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4
β -pinene	984	0.9	0.7	0.9	0.8	0.7	0.8	0.6	0.6
α -terpinene	1046	1.7	1.5	1.8	1.7	1.4	1.5	1.2	1.3
<i>p</i> -cymene	1058	23.7	20.5	18.9	20	16.3	19.2	18.5	16.5
γ -terpinene	1086	11.0	9.5	11.9	11.3	9.6	9	8	8.6
thymol	1326	57.1	62.7	61.8	61.4	61.4	67.1	66.4	68.4
carvacrol	1333	1.1	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
<i>E</i> -caryophyllene	1477	0.8	0.8	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6
Total		97.3	97.1	97.2	97.2	91.5	99.7	96.7	97.4

جدول ۱۱- ترکیب‌های اسانس مرزه سهندی در تیمارهای مختلف کودی (سال سوم)

Table 11. Essential oil compounds of *Satureja sahendica* in different fertilizer treatments (3rd year)

Compound	RI	Fertilizer treatments							
		Control (No fertilizer)	N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)
α -pinene	934	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	0.5
camphene	946	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4
β -pinene	979	1.0	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9	0.8
α -terpinene	1041	1.8	1.7	1.4	1.5	1.6	1.2	1.8	1.6
<i>p</i> -cymene	1051	20.8	13.6	14.2	13.7	13.6	12.8	18.4	14.7
γ -terpinene	1082	17.2	15.8	13.3	15.0	14.9	12.6	16.9	15.0
thymol	1328	55.0	64	65.4	65.3	65.1	68.3	56.2	63.7
carvacrol	1335	0.6	0.8	0.6	0.6	0.7	0.6	0.8	0.7
<i>E</i> -caryophyllene	1483	0.8	0.9	0.7	0.8	0.7	0.8	1	0.8
Total		98.3	98.5	97.0	98.5	98.2	97.6	97.0	98.2

جدول ۱۲- ترکیب‌های اسانس مرزه سهندی در تیمارهای مختلف کودی (سال چهارم)

Table 12. Essential oil compounds of *Satureja sahendica* in different fertilizer treatments (4th year)

Compound	RI	Fertilizer treatments							
		Control (No fertilizer)	N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)
sabinene	920	0.7	1.0	0.8	1.0	0.7	0.7	0.8	0.8
β -pinene	927	0.5	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5
α -terpinene	983	1.3	1.5	1.3	1.6	1.1	1.2	1.3	1.2
<i>p</i> -cymene	1013	28	28.5	28.5	27.1	24.9	22.4	27.3	25.4
γ -terpinene	1050	18.3	20.1	22.1	20.7	16.9	20.3	18.0	16.8
thymol	1280	46.4	43.2	41.1	45.2	52.2	53.3	47.6	50.8
carvacrol	1282	0.4	0.6	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5
<i>E</i> -caryophyllene	1370	0.7	0.9	0.8	0.9	0.7	1.0	0.9	0.9
Total		96.1	96.5	95.5	98.5	97.3	99.8	96.8	96.9

جدول ۱۳- میانگین مقدار تیمول+کارواکرول اساس مرزه سهندی در تیمارهای مختلف کودی طی ۴ سال

Table 13. Thymol+carvacrol mean amounts of *Satureja sahendica* essential oil in different fertilizer treatments during 4 years

Year	Compound	Fertilizer treatments								Mean of years
		Control (No fertilizer)	N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹)	Cow manure ₃₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Cow manure ₆₀ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹)	Vermicompost ₅ (ton.ha ⁻¹) + N ₅₀ P ₂₅ K ₂₅ (kg.ha ⁻¹)	
1		48.0	54.4	52.7	54.4	49.9	57.2	51.6	57.0	53.1
2	thymol+	58.2	63.4	62.6	62.1	62.1	67.7	66.9	69.0	64.0
3	carvacrol	55.6	64.7	65.9	65.9	65.8	68.9	57.0	64.4	63.5
4		46.7	43.8	41.6	45.6	52.6	53.8	48.0	51.3	47.9
Mean of treatments		52.2	56.6	55.7	57.0	57.6	61.9	55.9	60.4	

ترکیبات مؤثره نیز در سال اول بیشترین و با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد. عمده‌ترین اجزای اسانس مرزه (*S. sahendica*) تیمول، پارا-سیمن و گاما-ترینین شناسایی شد. در واقع با افزایش سن گیاه حجم بوته افزایش و عملکرد اسانس حاصل از یک هکتار افزایش می‌یابد ولی به دلیل خشبی شدن گیاه و کاهش نسبت برگ به ساقه، تعداد مواد مؤثره استخراج شده و کیفیت اسانس کاهش می‌یابد. بنابراین عملکرد اقتصادی مرزه (*S. sahendica*) تا سال چهارم توصیه می‌شود. براساس نتایج تأثیر تیمارهای کودی در عملکرد و کیفیت اسانس، تیمار کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵)، پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان بهترین کود برای افزایش عملکرد و کیفیت اسانس مرزه (*S. sahendica*) معرفی می‌شود. البته براساس نتایج مقایسه میانگین، برای مقرون به صرفه بودن می‌توان از کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) به‌تنهایی نیز استفاده کرد.

در پژوهشی تأثیر کودهای آلی بر روی عملکرد کمی و کیفی اسانس مرزه جنگلی (*Satureja mutica*) بررسی شد. نتایج حکایت از آن داشت که میزان اسانس و محتوای فتل و فلاونوئید کل در تیمارهای کاربرد کود گاوی و کاه کلش گندم بالاتر از بقیه تیمارها بود (Saki et al., 2019). در پژوهشی دیگر تأثیر کودهای زیستی، آلی و معدنی بر مواد مغذی برگ، اسانس و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مرزه (*Satureja macrantha*) بررسی شد. براساس نتایج حاصل کود ورمی‌کمپوست در ترکیب با کودهای شیمیایی (NPK) نسبت به سایر تیمارها موجب افزایش بازده و عملکرد اسانس و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی این گونه شد (Mirjalili et al., 2021). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که استفاده از ورمی‌کمپوست و قطع آبیاری در مراحل ابتدایی گلدهی گیاه مرزه، موجب افزایش میزان ترکیبات مهم اسانس مرزه (*Satureja hortensis*) می‌شود (Heidarpour et al., 2019).

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که به منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی اسانس مرزه گونه (*Satureja sahendica*) با تغذیه گیاهی مناسب، بیشترین عملکرد

نتایج میانگین درصد ترکیبات فنلی تیمول و کارواکرول به‌عنوان کیفیت اسانس در هر یک از تیمارهای کودی و در هر سال نشان داد که میانگین کیفیت اسانس در سال اول ۵۳/۱۳٪، در سال‌های دوم و سوم به‌ترتیب به مقدار ۶۳/۵۴٪ و ۶۳/۹۸٪ و در سال چهارم به مقدار ۴۷/۹۳٪ کاهش یافته است (جدول ۱۳).

در مقایسه میانگین درصد ترکیبات فنلی تیمول و کارواکرول (کیفیت اسانس) بین تیمارهای کودی طی ۴ سال ملاحظه می‌شود که تیمارهای کودی کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵)، پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار) به میزان ۶۱/۸۹٪ و ورمی‌کمپوست (۵ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵)، پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار) به میزان ۶۰/۴۲٪ بالاترین کیفیت علفه را دارند (جدول ۱۳).

بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده مؤثر بودن تیمارهای مختلف کودی در عملکرد و سایر صفات مرزه است. در مرزه سهندی (*S. sahendica*) تیمارهای کودی به‌ویژه کودهای دامی به‌همراه کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش محصول، به دلیل ایجاد رشد سریع گیاه در اوایل دوره رویشی موجب زودرسی محصول نیز می‌شود. با توجه به اینکه در مرزه (*S. sahendica*) در طول فصل زراعی دو چین می‌توان برداشت کرد، بنابراین در مناطق سردسیر احتمالاً مرحله گلدهی و رسیدن بذر چین دوم با سرمای پاییزه مواجه شود. از این رو استفاده از کود موجب زودرسی محصول شده و برداشت زودتر چین اول باعث می‌شود. چین دوم از فصل رشد استفاده بهینه کرده تا با سرمای پاییزه مواجه نشود که در نهایت موجب افزایش عملکرد اسانس خواهد شد.

با مقایسه روند افزایشی عملکرد کمی و کیفی اسانس طی ۴ سال می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سن گیاه عملکرد کمی افزایش ولی عملکرد کیفی (مجموع تیمول و کارواکرول) کاهش و محصول نیز دیررس‌تر می‌شود. تعداد

- aromatic plants in India a commercial approach. Proceedings of an International Conference on MAP. Acta Horticulture (ISHS), 576: 191-202.
- Esmailpour, B., Rahmadian, M., Heidarpour, O. and Shahriyari, M.H., 2017. Effect of Vermicompost and Spent Mushroom Compost on the Nutrient and Essential Oil Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20(5): 1283-1292.
 - Ganjali, A. and Kaykhani, M., 2017. Investigating the essential oil composition of *Rosmarinus officinalis* before and after fertilizing with vermicompost. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20(5): 1413-1417.
 - Gulluce, M., Sokmen, M., Daferera, D., Agyar, G., Ozkan, H. and Kartal, N., 2003. In vitro antibacterial, antifungal and antioxidant activities of the essential oil and methanol extracts of herbal parts and callus cultures of *Satureja hortensis* L. Journal of Agricultural Food Chemistry, 51: 3958-3965.
 - Habibi, A., Heidari, G.H., Sohrabi, Y., Badakhshan, H. and Mohammadi, Kh., 2011. Influence of bio, organic and chemical fertilizers on medicinal pumpkin traits. Journal of Medicinal Plants Research, 5(23): 5590-5597.
 - Hamzei, E. and Najari, S., 2014. Evaluation of the possibility of reducing nitrogen fertilizer application using nitroxin biofertilizer in the production of anise (*Pimpinella anisum* L.) medicinal plant. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 4(23): 57-70.
 - Heidarpour, O., Esmailpour, B., Ashraf Soltani, A. and Khorramdel, S., 2019. Effect of Vermicompost on Essential Oil Composition of (*Satureja hortensis* L.) Under Water Stress Condition. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 22(2): 484-492.
 - Hossaini, S.M., Aghaalikhani, M., Sefidkon, F. and Ghalavand, A., 2017. Comparison of essential oil content of saheni savory (*Satureja sahendica* Bornm.) and its compounds under cultural conditions and natural habitats in Qazvin province. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants, 33(1): 1-12.
 - Jamzad, Z., 2009. *Thymus* and *Satureja* species of Iran. Publications of Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 171p (In Persian).
 - Kazeminasab, A., Yarnia, M., Lebaschy, M.H., Mirshekari, B. and Rejali, F., 2016. The effect of vermicompost and PGPR on physiological traits of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plant under drought stress. Journal of Medicinal Plants and By-products, 2: 135-144.
- سرشاخه گلدار با ۶٪ افزایش، عملکرد اسانس با ۹٪ افزایش و بالاترین کیفیت اسانس با ۱۸٪ افزایش نسبت به شاهد با اعمال تیمار کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) + ازت (۵۰)، فسفر (۲۵)، پتاس (۲۵) (کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. البته برای مقرون به صرفه بودن از کود گاوی (۶۰ تن در هکتار) به تنهایی نیز می‌توان استفاده کرد. عمده‌ترین اجزای اسانس به ترتیب تیمول، پارا-سیمن و گاما-تریپنین بودند. مصرف تیمارهای کودی به ویژه کودهای دامی به همراه کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش محصول، موجب زودرسی محصول نیز می‌شود. با افزایش سن گیاه عملکرد اسانس افزایش، ولی محصول دیرس‌تر و کیفیت اسانس نیز کاهش می‌یابد. بنابراین محصول اقتصادی در گونه *S. sahendica* تا سال چهارم توصیه می‌شود.
- ### References
- Adams, R.P., 1989. Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy. Academic Press: New York, 750p.
 - Aghavani Shajari, M., 2012. Effects of single and combined application of nutrients on quantitative and qualitative indices of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). M.Sc. Thesis Faculty Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
 - Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S. and Khanuja, S.P.S., 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, Nutrient Accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36(13-14): 1737-46.
 - Bastami, A., Amirnia, R., Sayyed, R.Z. and Enshasy, H.A.E., 2021. The effect of mycorrhizal fungi and organic fertilizers on quantitative and qualitative traits of two important *Satureja* species. Agronomy, 11: 1285, <https://doi.org/10.3390/agronomy11071285>.
 - Bezie, N., Ivica, S., Valerija, B., Visnja, B. and Jasna, P., 2009. Essential oil composition and internal transcribed spacer (ITS) sequence variability of four south-Croatian *Satureja* species (Lamiaceae). Molecules, 14: 925-938.
 - Campitelli, P. and Ceppi, S., 2008. Effects of composting technologies on the chemical and physicochemical properties of humic acids. Geoderma, 14: 325-333.
 - Chatterjee, S.K., 2002. Cultivation of medicinal and

- Sharma, J. and Agarwal, S., 2014. Impact of organic fertilizers on growth, yield and quality of spinach. *Indian Journal of Plant Sciences*, 3(3): 37-43.
- Shibamoto, T., 1987. Retention indices in Essential oil analysis: 259-274, In: Sandra, P. and Bicchi, C., (Eds.), *Capillary Gas Chromatography in Essential Oils Analysis*. Dr. Alferd Huethig Verlag, New York, 435p.
- Sun, R., Zhang, X.X., Guo, X., Wang, D. and Chu, H., 2015. Bacterial diversity in soils subjected to long-term chemical fertilization can be more stably maintained with the addition of livestock manure than wheat straw. *Soil Biology and Biochemistry*, 88: 9-18.
- Tasdighi, H., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M. and Behzadi, Y., 2015. Survey of yield, yield components and essential oil of *Matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(3): 61-78.
- Tehrani Sharif, H., Sharifi Ashoorabadi, E., Tajali, A.A. and Makizadeh Tafti, M., 2015. Effect of plant nutrition systems on qualitative and quantitative yield of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(2): 283-306.
- Wang, N., Nan, H.Y. and Feng, K.Y., 2020. Effects of reduced chemical fertilizer with organic fertilizer application on soil microbial biomass, enzyme activity and cotton yield. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 31(1): 173-181.
- Yasmin, S. and Nehvi, F.A., 2013. Saffron as a valuable spice: A comprehensive review. *African Journal of Agricultural Research*. 8(3): 234-242.
- Lee, J., 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Sciatica Horticulture*, 124: 299-305.
- Mirjalili, A., Lebaschi, M.H., Ardakani, M.R., Heidari Sharifabad, H. and Mirza, M., 2021. Antioxidant capacity response of Bakhtiari savory (*Satureja bachtiarica* Bunge.) to plant density and organic fertilizers in dryland farming conditions. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 11(4): 3819-3828.
- Mozafarian, V.A., 2004. Dictionary names of plants in Iran. *Farhang Moaser*, Tehran, 740p.
- Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D. and Oreopoulou, V., 2014. Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: An overview of the methods and the effect of extraction parameters: 243-259, In Watson, R.R., (Ed.), *Polyphenols in Plants*. Academic Press, 360p.
- Oke, F., Aslim, B., Ozturk, S. and Altundag, S., 2009. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 112: 874-879.
- Saki, A., Mozafari, H., Karimzadeh Asl, Kh., Sani, B. and Mirza, M., 2019. Plant Yield, antioxidant Capacity and Essential Oil Quality of *Satureja Mutica* Supplied with Cattle Manure and Wheat Straw in Different Plant Densities, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50: 21: 2683-2693.
- Satil, F. and Kaya, A., 2007. Leaf anatomy and hairs of Turkish *Satureja* L. (Lamiaceae). *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 49(1): 67-76.
- Sefidkon, F., Jamzad, Z. and Mirza, M., 2004. Chemical variation in the essential oil of *Satureja sahendica* from Iran. *Food Chemistry*, 88: 325-328.