Eco–phytochemical
Journal of Medicinal Plants
Print ISSN: 2322-3235
Online ISSN: 2783-4697
Islamic Azad University Gorgan Branch
Iranian Society of Medical Plants

The effect of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characters of essential oil in Thyme (*Thymus vulgaris* L.)

Mehrab Yadegari[1*]
Research Center of Nutrition and Organic Products (R.C.N.O.P), Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran, Email:

Article type:
Research article

Article history
Received:2023-5-30
Revised: 2023-7-5
Accepted: 2023-7-14

Keywords
Carvacrol
chemical fertilizer
essential oil content
organic fertilizer
Thyme

Abstract

This research was done to evaluate the effects of organic and chemical fertilizers on essential oil content and composition of Thyme. This research was conducted in a randomized complete block design with 4 replications in Research Farm of Islamic Azad University Branch of Shahrekord at 2020 and 2021. Treatments were: control (no fertilizer), cow manure, sheep manure, hen manure, horse manure, vermi-compost and complete chemical fertilizers. For measurement of the content and yield of the volatile oil, 1000g of the fresh shoots harvested and mixed with water and placed in a flask connected to the condenser of a Clevenger apparatus and the GC analysis was done to detect the essential oil composition. The most weight of dry matter (352±17.1 $g.m^{-2}$ in first year and 359.04±18.9 $g.m^{-2}$ in second year) and essential oil content (0.91±0.1% in first year and 1.1±0.01% in second year) were observed in chemical fertilizer that was the same group with vermi-compost and hen manure. Four components of P-cymene, Gamma terpinen, Carvacrol and Thymyl acetate are classified as cyclic monoterpene made more than 70% of essential oil content in different treatments. The greatest amount of major components were Carvacrol (35.2-36.8%) in chemical fertilizer and vermicompost, P-cymene (8.3-7.8%) in chemical fertilizer; Gamma terpinene (18.6-18.7%) in vermi-compost and Thymyl acetate (4.6-4.8%) in hen manure. In two years observed that the most significant correlation indices were between essential oil content with Alpha-terpineol, Thymyl acetate and P-cymene. In many components of essential oil, the treatments of vermi-compost and hen manure made the most amounts. It seems that organic fertilizers increased the nutrient uptake and assimilation and consequently the amount and components of essential oil of the plant increased.

Cite this article as: Yadegari, M. (2024). The effect of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characters of essential oil in Thyme (Thymus vulgaris L.). *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants.,* 12(1):1-17.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi:
Dor:

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی
شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
انجمن گیاهان دارویی ایران ثبت ۱۸۹۶۳

بررسی اثر برخی کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های کمی و کیفی اسانس گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.)

مهراب یادگاری[1*]

[1] مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران، رایانامه:

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۲۳

واژه‌های کلیدی:
آویشن باغی
اسانس
کارواکرول
کود شیمیایی
کود آلی

چکیده

این تحقیق جهت بررسی اثرات کودهای آلی و شیمیایی بر میزان تولید اسانس و ترکیبات مؤثره اسانس گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد انجام شد. تیمارها شامل تیمار شاهد (عدم کود دهی)، کودهای اسبی، گوسفندی، گاوی، مرغی، ورمی‌کمپوست و کود کامل شیمیایی بود. ۱۰۰۰ گرم از اندام هوایی در هر تکرار با آب ترکیب گردیده و اسانس‌گیری به روش تقطیر با بخار آب توسط دستگاه کلونجر و شناسایی ترکیبات اسانس توسط کروماتوگرافی گازی صورت گرفت. بیشترین میزان وزن خشک (۳۵۲±۱۷/۱) گرم در مترمربع در سال نخست و ۳۵۹/۰۴±۱۸/۹ گرم در مترمربع در سال دوم) و اسانس (۰/۹۱±۰/۱ درصد در سال اول و ۰/۰۱ ±۱/۱ درصد در سال دوم) متعلق به تیمار کود کامل بود که هم‌گروه با کود مرغی و ورمی‌کمپوست بود. چهار ترکیب کارواکرول، پارا-سیمن ، گاما-ترپینن و تیمیل استات از دسته مونوترپن‌های حلقوی در تیمارهای مختلف بیش از ۶۰ درصد از ترکیبات اسانس را به خود اختصاص دادند. بالاترین مقادیر ترکیبات غالب اسانس شامل کارواکرول (۳۵/۲-۳۶/۸ درصد) در تیمار کود کامل و ورمی‌کمپوست؛ گاما-ترپینن (۱۸/۶-۱۸/۷ درصد) در تیمار ورمی‌کمپوست؛ پارا-سیمن (۸/۳ -۷/۸ درصد) در تیمار کود کامل و تیمیل استات (۴/۶-۴/۸ درصد) در تیمار کود مرغی بدست آمد. در هر دو سال انجام این تحقیق مشخص گردید که بالاترین ضرایب همبستگی بوجود آمده بین اسانس با مواد مؤثره آلفا-ترپینئول، تیمیل استات و پارا-سیمن وجود داشت. در غالب موارد، کودهای مرغی و ورمی‌کمپوست هم از لحاظ درصد اسانس و هم ترکیبات غالب اسانس در بالاترین گروه آماری بودند. به نظر می‌رسد کودهای آلی به دلیل افزایش جذب و تحلیل مواد غذایی، مقدار و ترکیبات اسانس را افزایش دادند.

استناد: یادگاری؛ مهراب. (۱۴۰۳). بررسی اثر برخی کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های کمی و کیفی اسانس گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.). *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۲ (۱)، ۱۷-۱.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.
Doi:
Dor:

مقدمه

با توجه به نقش مخرب کودهای شیمیایی و نیاز به مواد مؤثره با کیفیت، امروزه استفاده از کودهای زیستی نقش بارزی در کشت و کار گیاهان دارویی ایفا می‌کند. از مهمترین کودهای آلی می‌توان کودهای ورمی‌کمپوست و نیز کودهای دارای منشأ مرغی، گوسفندی، گاوی و اسبی را نام برد. ورمی‌کمپوست یک منبع ارگانیک است که ظرفیت رطوبتی خاک را بیشتر نموده، جذب مواد غذایی خاک و فعالیت باکتریایی در خاک را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر کود مرغی یکی از انواع کودهای دامی و منبع ماده آلی برای تقویت انواع خاک هاست. این کود علاوه بر داشتن مواد مغذی و افزایش نفوذپذیری خاک، از نظر داشتن نیتروژن نسبت به سایر کودهای دامی غنی‌تر است (Zarei, 2020). این کودها در تأمین عناصر غذایی و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی غیردارویی از جمله ذرت[1] (Ferydoni et al., 2018)، خیار[2] (Parvizi and Bayat, 2020) و سیب زمینی[3] (Yazdanpanah and Motallebifard, 2016) نقش بسیار ارزشمندی دارند. در تحقیقات متعددی اثرگذاری مفید کودهای زیستی بر گیاهان تیره نعناعیان گزارش گردیده است، چنانچه در گیاهان دارویی بادرنجبویه[4] (Kazeminasab et al., 2016)، مرزه سنبله‌ای[5] (Safaii et al., 2022)، گونه‌های نعناع[6] (Ayyobi et al., 2014) تیمار با ورمی‌کمپوست، بیشترین مقادیر صفات مورفوفیزیولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس را به همراه داشته است و در گیاه دارویی مرزه جنگلی[7] بیشترین عملکرد وزن تر و اسانس در تیمار کود گاوی پوسیده و تراکم زیاد کاشت به دست آمد (Yoosefi et al., 2022). در بررسی جنبه‌های کمّی، کیفی و اقتصادی کشت مخلوط سیر[8] و شنبلیله[9] در سیستم‌های تغذیه آلی و شیمیایی، تیمار ورمی‌کمپوست موجب بیشترین افزایش در قطر سوخک شد. بیشترین تعداد سوخک از کشت مخلوط ۵۰:۵۰ و طول و قطر سوخک از تیمار ۲۵:۷۵ بدست آمد (Esmaeilian and Jalali, 2022). همچنین در تحقیق تأثیر تیمارهای کودی بر صفات مورفولوژیکی و کیفی خاکشیر[10] و گشنیز[11] در سیستم بیشه‌زراعی، بالاترین مقادیر ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، وزن تر و خشک بوته و عملکرد اسانس تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای کودهای زیستی قرار گرفتند (Hasani et al., 2021).

آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی دارویی، علفی و چندساله، بومی جنوب اروپا و نواحی مختلف مدیترانه از تیره نعناعیان (Lamiaceae) است. این گیاه دارای ساختار بوته‌ای، ساقه مستقیم با فرم افراشته، خیزان، خمیده و شاخه‌های فراوان به ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و در بعضی موارد تا ٤٥ سانتی‌متر است (Mozaffarian, 2008). از اسانس اندام هوایی این گیاه، استفاده زیادی در صنایع داروسازی و بهداشتی می‌شود. از میان ترکیبات مهم اسانس آویشن باغی، تیمول و لینالول دارای بیشترین اثربخشی بر قارچ *Fusarium graminearum*، و پی-سیمن و گاما-ترپینن دارای بالاترین اثرگذاری بر مایکوتوکسین‌ها هستند (Qi et al., 2023). تحقیقات متعدد بیانگر آن است که همگام با افزایش میزان ماده خشک گیاهی در این گیاه، درصد اسانس افزایش می‌یابد. تاکنون ۳۸ ترکیب در اسانس این گیاه شناسایی شده است. مهمترین مواد مؤثره تشکیل دهنده‌ی اسانس، ترکیبات مونوترپنی از جمله

1. *Zea mays* L.
2. *Cucumis sativus* L.
3. *Solanum tuberosum* L.
4. *Melissa officinalis* L.
5. *Satureja spicigera* Jamzad
6. *Mentha arvensis* L., *Mentha piperita* L.
7. *Satureja mutica* Fisch C.A.Mey
8. *Allium sativum* L.
9. *Trigonella foenum-graceum* L.
10. *Descurainia sophia* (L.) Schur
11. *Coriandrum sativum* L.

کارواکرول، تیمول، آلفا-ترپینن، پارا-سیمن و گاما-ترپینن است. مقدار این مواد به شدت به شرایط اقلیمی محل رویش، مدیریت تغذیه و نوع گیاه بستگی دارد (Khademalhosseini et al., 2022; Sharafi et al., 2022; Yadegari, 2022; Abdi et al., 2022) به طور نمونه در گونه *Thymus pannonicus* محتوای اسانس در نوع پرورشی ۰/۳۲-۱/۰۵ درصد و در نوع طبیعی ۰/٤۹ – ۱/۲۹ درصد متغیر است. مواد مؤثره سیترال، ژرانیال و نرال در این گونه، ۵۱/۹-۸۱/۹٦ درصد اسانس را به خود اختصاص می‌دهند (Arsenijevic et al., 2019) و در گونه‌های *Thymus leptobotrys* و *T. maroccanus* در دو نوع سیستم کود شیمیایی و بدون کود شیمیایی، بیشترین مواد مؤثره اسانس، کارواکرول (٦٤/۱ – ۷۸/۱ درصد)، پی-سیمن (٤/۷-۱۲/٤ درصد)، گاما-ترپینن (۳/۲-۷/۹ درصد) بوده‌اند. سیستم بدون کود منجر به کاهش کارواکرول و افزایش پی-سیمن گردید. کاربرد کودهای NPK منجر به افزایش کارواکرول به میزان ۳/۹ درصد در *T. maroccanus* و ۹/٤ درصد در گونه *T. leptobotrys* در قیاس با شاهد گردیده است (Jamali et al., 2014). مصرف کودهای آلی توأم با کاهش مصرف کودهای پرمصرف شیمیایی می‌تواند جمعیت میکروبی مفید خاک را جهت افزایش جذب و تحلیل مواد غذایی و در نهایت عملکرد اسانس توسط گیاه بادرشبویه[1] (Nejatzadeh, 2020) و بادرنجبویه[2] (Kazeminasab et al., 2016) تحت تأثیر مثبت قرار دهد. استفاده از کودهای شیمیایی و آلی، اثر معنی‌داری بر وزن زی‌توده و عملکرد اسانس آویشن باغی در قیاس با تیمار شاهد به میزان ۳۹/٦۱ و ٦۸/٦۲ درصد داشتند. اسانس آویشن غنی از ترکیبات مونوترپن‌های فنولی مانند تیمول است. بیشترین میزان تیمول از کاربرد کودهای ترکیبی شیمیایی و آلی بدست آمد (Emami Bistgani et al., 2018). همچنین بیشترین اثرگذاری مثبت بر کلروفیل، کاروتنوئیدها و تیمول در گیاهان تحت تیمار با کودهای آلی بوجود آمد (Honorato et al., 2022; Safaei et al., 2017). در گزارشات قبلی نیز نقش مفید و ارزشمند کاربرد کودهای آلی و زیستی در سایر گیاهان دارویی از جمله همیشه بهار[3] (Hashemabadi et al., 2012)، کدوی تخم‌کاغذی[4] (Khajeh Haghverdi et al., 2018) و زعفران[5] (Amini fard and Gholizadeh, 2018) بیان گردیده است که به نظر می‌رسد، بدلیل اثرگذاری بهتر روی جذب مواد غذایی و تولید بیشتر میزان کلروفیل گیاهی باشد.

با توجه به آن‌که از یکسو آویشن گیاه دارویی بسیار ارزشمندی است و از سوی دیگر در مورد اثرگذاری کودهای آلی و شیمیایی به طور هم‌زمان در قالب یک تحقیق دوساله بر کمیت و کیفیت اسانس این گیاه در شرایط ایران تاکنون کار نشده است؛ در تحقیق حاضر با بررسی اثرگذاری کودهای آلی و شیمیایی بر این گیاه پرداخته شد تا بتوان مناسب‌ترین نوع کود را به لحاظ اثرگذاری بر کمیت و کیفیت اسانس بوجود آمده، به کشاورزان توصیه نمود.

مواد و روش‌ها

زمان و مکان انجام: تحقیق حاضر در جهت بررسی تأثیر سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر میزان و ترکیبات اسانس گیاه دارویی آویشن باغی[6] در دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱٤۰۰ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد با مشخصات عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی

1. *Dracocephalum moldavica*
2. *Melissa officinalis* L.
3. *Calendulla officinalis* L.
4. *Cucurbita pepo* L.
5. *Crocus sativus* L.
6. *Thymus vulgaris* L.

و ارتفـاع ٢٠٦١ متـر از سـطح دریـا، انجـام گردیـد. آمده است.
خصوصیات اقلیمی و خاکشناسی منطقه در جـدول ١

جدول ١: مشخصات اقلیمی و خاکشناسی منطقه

سال	١٣٩٩	١٤٠٠
فسفر (میلی‌گرم بر لیتر)	٨٥	٨١
پتاسیم (میلی‌گرم بر لیتر)	٢١٥	٢٠٥
نیتروژن (میلی‌گرم بر لیتر)	٠/٠٨	٠/٠٩
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	٠/٤٤	٠/٣٩
کربن آلی (درصد)	٠/٧٤	٠/٦٦
اسیدیته	٧/٥	٧/٦
متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر)	٣١٤	٣١٧
متوسط درجه حرارت سالیانه	١١/٥	١١/٢
متوسط حداکثر درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)	٢١/٥	٢٢/٣
متوسط حداقل درجه حرارت حرارت (درجه سانتی‌گراد)	-١٤/١	-١٢

جدول ٢: خصوصیات کودهای مورد استفاده

ردیف	خصوصیت	واحد	کودمرغی	کودگوسفندی	کودگاوی	کوداسبی	ورمی کمپوست	کود کامل
١	اسیدیته	-	٦/٧١	٧/٩	٧/٩٢	٧/٢	٧/٩	-
٢	هدایت‌الکتریکی	دسی زیمنس برمتر	٤/٧٥	١/٩٨	٤/٣٨	٤/٤٢	٥/٢	-
٣	کربن آلی	درصد	٣١/٢	١٩/٥	١٧/٥	١٨/٥	٢٠/١	-
٤	نیتروژن	درصد	٤/٥	٢/٣٢	٢/٦٤	٢/٧٢	٤/٥١	٢٠
٥	فسفر	درصد	١/٧١	٠/٥٦	٠/٥٩	٠/٤٨	١/٥٨	٢٠
٦	پتاسیم	درصد	١/٢٥	٠/٦٣	٠/٩٨	٠/٩٨	١/٥١	٢٠
٧	آهن	میلی‌گرم‌درکیلوگرم	١٤٧٥	١٧١٨	٣٨١٢	٢٢١٤	٢٨٢٠	٥٠٠٠٠
٨	روی	میلی‌گرم‌درکیلوگرم	٤٢٥/٣	٢٠٦	١٢٠/٤	١١٥/٥	١٩٨/١	٢٠٠٠٠
٩	مس	میلی‌گرم در کیلوگرم	١١٧	٥١/٧٢	٢٨/١٢	٣٣/٣	٨٨/٨	-
١٠	منگنز	میلی‌گرم در کیلوگرم	٤٩٣/٢	٢٢٠	٣٣١	٢٨٩/٨	٣٩٦	٢٠٠٠٠

طرح آزمایشی و تیمارها: این تحقیق به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل کودهای گوسفندی، گاوی، اسبی، مرغی، ورمی‌کمپوست و کود کامل شیمیایی به همراه تیمار شاهد (عدم کود دهی) بود (جدول٢). هر کدام از کودهای دامی (گوسفندی، گاوی، اسبی و مرغی) و ورمی‌کمپوست با توجه به توصیه علمی خاکشناسی آزمایشگاه مرکز تحقیقات سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری به میزان ٢٠ تن در هکتار در زمان تهیه بستر استفاده شد. باتوجه به توصیه شرکت سازنده ١/٥ گرم از کود کامل شیمیایی

یوروسالید در یک لیتر آب حل گردیده و محلول‌پاشی دوبار با فاصله زمانی ۳ هفته بعد از مرحله ۱۰ برگی شدن گیاه انجام شد. نشاءهای ٤-٦ برگی آویشن تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان، در سال اول در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه و در سال دوم در ۲۰ اردیبهشت ماه در کرت‌های آزمایشی کاشت شدند و بلافاصله آبیاری انجام شد. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

برداشت نمونه‌ها: کرت‌ها شامل ٦ ردیف به طول ٦ متر بودند که ۲ ردیف کناری به عنوان اثرات حاشیه‌ای در زمان برداشت حذف گردیدند. نمونه‌های گیاهی، در زمان شروع گلدهی در زمان اوج رویش (۲۵۲-۲۷۰ برگی) به طور جداگانه از هر کدام از تیمارهای تحت آزمایش در سال اول در ٢٤ مرداد ماه و در سال دوم در ۲۸ مرداد ماه جمع آوری گردیدند (Abdi et al., 2022).

اسانس‌گیری: اسانس‌گیری به روش تقطیر با بخار آب توسط دستگاه کلونجر (ساخت ایران شیشه آلات بروسیلیکات آلمانی) صورت گرفت. اسانس گیاهان مورد نظر پس از آماده‌سازی، جهت شناسایی ترکیبات به دستگاه GC (مدل Agilent 7890 A) و GC/MS (مدل Agilent 5975 C) تزریق گردید. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع و مقالات و با استفاده از طیف‌های جرمی استاندارد انجام گرفت (Adams, 2007).

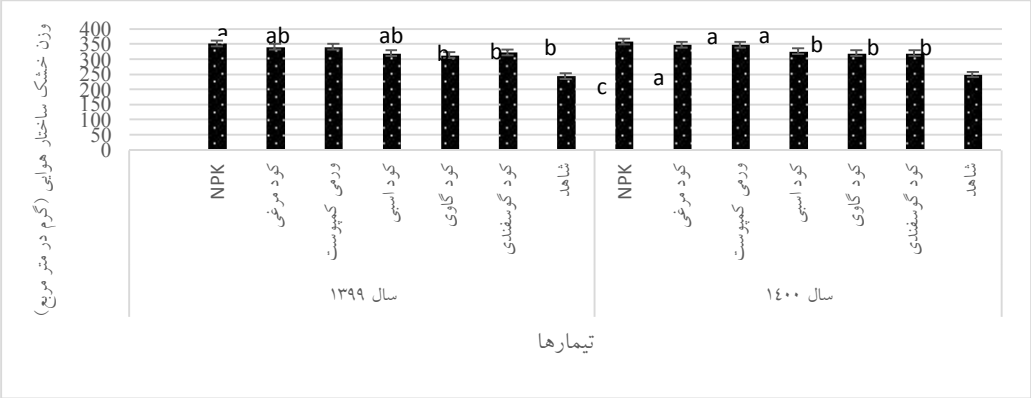
روش آنالیز نمونه‌ها: پس از انجام آزمون بارتلت جهت بررسی اطمینان از همگن بودن واریانس خطاهای آزمایشی، تجزیه مرکب میزان و ترکیبات مؤثره اسانس گیاهان تحت تیمارهای مختلف کودی و نیز همبستگی ساده بین اسانس و اجزای اسانس از روش پیرسون، با نرم‌افزار آماری SASver.8 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (L.S.D) در سطح ۱درصد انجام شد و برای اطمینان از مقادیر خطای استاندارد (SE)، بطور جداگانه با نرم‌افزار Excel ver. 2013، برآورد مجدد انجام شد.

نتایج

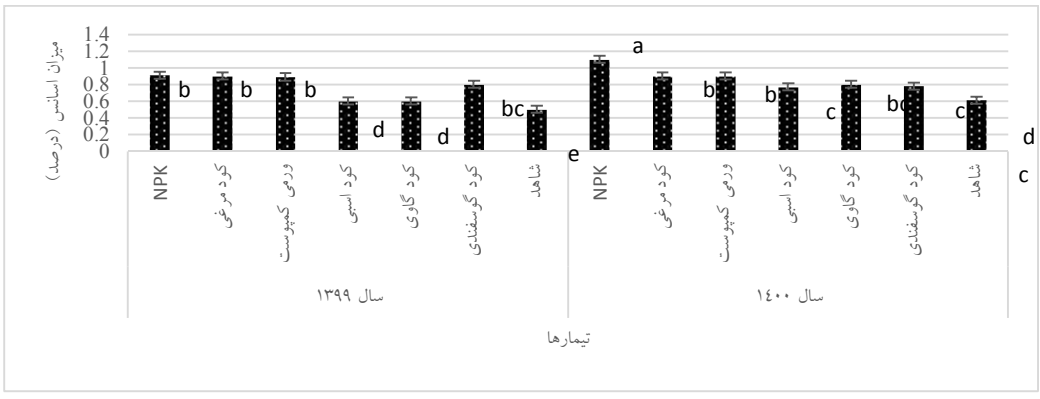
نتایج تجزیه مرکب اطلاعات برآمده از تحقیق

(جدول ۳) نشان داد که استفاده از کودهای آلی مرغی، اسبی، گاوی، گوسفندی، ورمی‌کمپوست و کود کامل شیمیایی، بر میزان وزن خشک و اسانس استخراج شده از گیاهان آویشن اثر معنی‌داری داشت. تعداد ۲۹ ترکیب عمده در اسانس آویشن شناسایی گردید (شکل ٤ و جدول ٤). بیشترین میزان وزن خشک (۳۵۲±۱۷/۱ گرم در مترمربع در سال نخست و ۳۵۹/۰٤±۱۸/۹ گرم در مترمربع در سال دوم) و اسانس (۰/۹۱±۰/۱ درصد در سال اول و ۰/۰۱ ±۱/۱ درصد در سال دوم) متعلق به تیمار کود کامل بود که هم‌گروه با کود مرغی و ورمی‌کمپوست قرار گرفت. در مورد عملکرد اسانس هم بالاترین مقادیر مختص تیمارهای کود کامل، کود مرغی و ورمی‌کمپوست بود (اشکال ۱-۳، جدول ٤). این روند در مورد کمترین میزان اسانس (۰/۰۳±۰/۵ درصد در سال اول و ۰/۰۲ ±۰/٦۱ درصد در سال دوم) در تیمار شاهد بدست آمد. در بسیاری از ترکیبات مؤثره مشاهده گردید که تیمارهای ورمی‌کمپوست و کود مرغی بالاتر از تیمار کود کامل قرار گرفتند (جدول ٤). در دو سال انجام این تحقیق بیشترین مقادیر ترکیبات مؤثره لیمونن، بتاپینن، پارا-سیمن ، لینالول، ترپین-٤-ال و نرال در تیمار کود کامل و در برخی ترکیبات مؤثره از جمله کارواکرول، بتامیرسن، لیمونن برتری مختص به هر دو تیمار کود کامل و ورمی‌کمپوست و در بعضی دیگر از

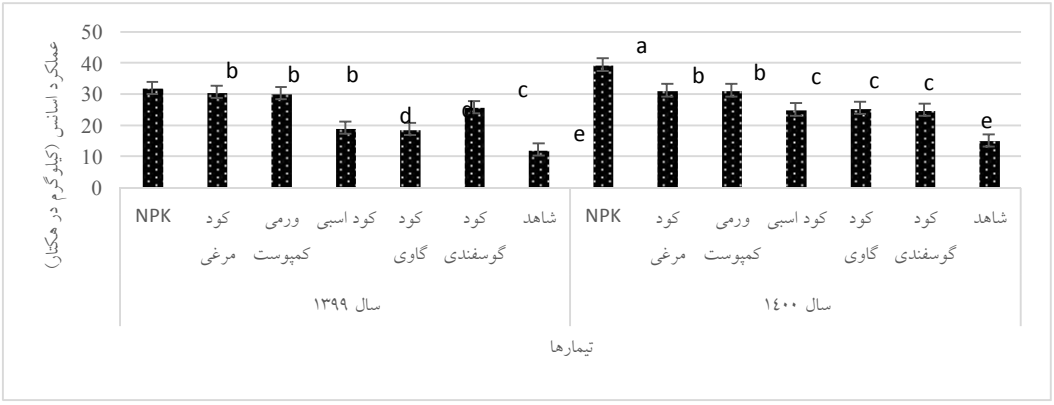
جمله سیس سابینن هیدرات در تیمار کود کامل و کود مرغی بود (جدول ٤). همچنین در دو سال انجام این تحقیق کمترین مقادیر مواد مؤثره ترپین-٤-ال، آلفا-ترپینئول، تیمول متیل اتر، کارواکرول، آلفا-کامیگرن، تیمیل استات، ٣-بوتن-٢-ال، کامفن، آلفا-پینن، آلفا-توجن، لیمونن، سابینن، بتاپینن، پارا-سیمن ، لینالول و گاما-ترپینن در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ٤). با توجه به برآورد همبستگی ساده پیرسون بین میزان اسانس و ترکیبات مؤثره اسانس مشخص گردید که بین مقدار اسانس در هر دو سال تحقیق با ترکیبات عمده اسانس شامل پارا-سیمن، گاما-ترپینن، کارواکرول و تیمیل استات ارتباط مستقیم و معنی‌داری وجود داشت. در هر دو سال تحقیق بالاترین ضرایب همبستگی به وجود آمده بین اسانس با مواد مؤثره آلفا-ترپینن، بتاپینن، لیمونن، آلفا-ترپینئول و نرال مشاهده گردید (جداول ٥ و ٦).



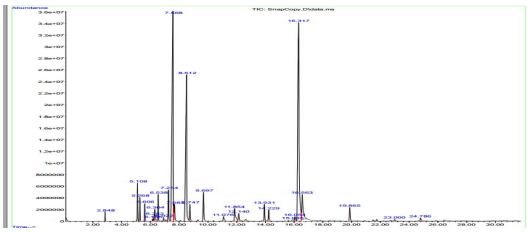
شکل ١: میزان وزن خشک اندام هوایی آویشن، در زمان شروع گلدهی تحت تیمارهای مختلف در سال‌های ١٣٩٩ و ١٤٠٠

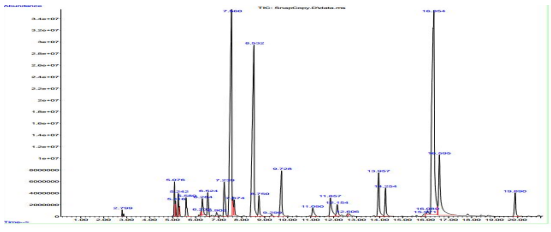


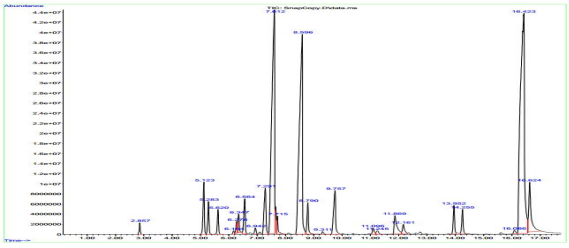
شکل ٢: میزان درصد اسانس اندام هوایی آویشن، در زمان شروع گلدهی تحت تیمارهای مختلف در سال‌های ١٣٩٩ و ١٤٠٠

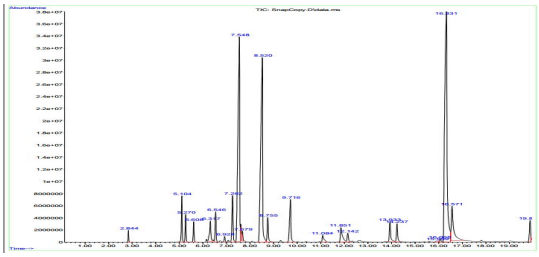


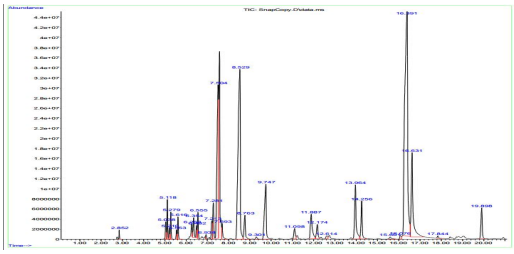
شکل ۳: میزان عملکرد اسانس اندام هوایی آویشن، در زمان شروع گلدهی تحت تیمارهای مختلف در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

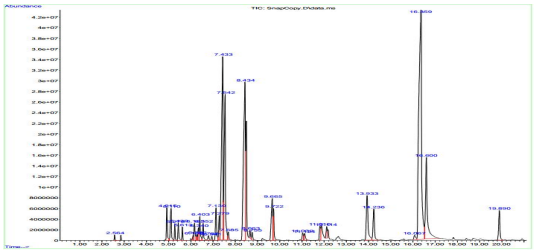

NPK سال اول

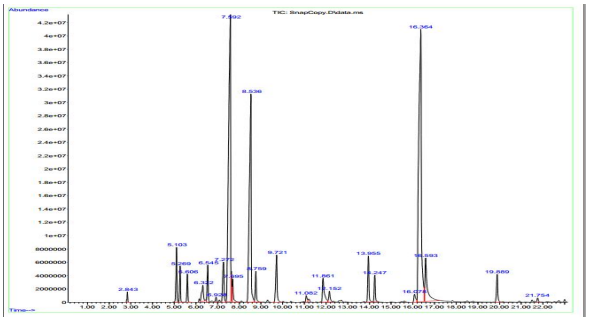

NPK سال دوم

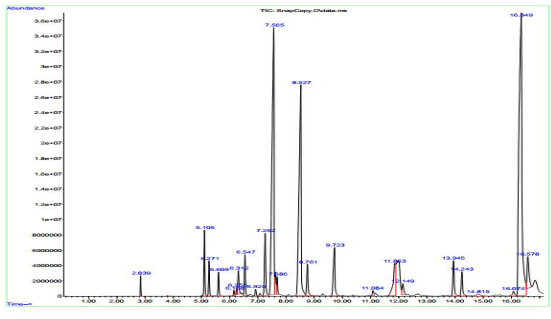

ورمی‌کمپوست سال اول


ورمی‌کمپوست سال دوم


کود مرغی سال اول


کود مرغی سال دوم


شاهد سال اول


شاهد سال دوم

شکل ٤: کروماتوگرام یونی کل (TIC) اندام هوایی آویشن به‌وسیله GC/MS در تیمارهای مختلف

جدول ۳: تجزیه مرکب واریانس میانگین مربعات وزن خشک، میزان اسانس و ترکیبات عمده اسانس اَویشن تحت تأثیر کودهای مختلف.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک	اسانس	کامفن	لیمونن	بتاپینن	۳-اکتانون	بتامیرسن	آلفا-ترپینن	پارا-سیمن	لینالول	گاما-ترپینن	آلفا-ترپینئول	ترپین-۴-ال	نرال	تیمول متیل اتر	کارواکرول	تیمول استات
سال	۱	۱۵/۵^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۵/۵ ^{ns}	۱/۸ ^{ns}	۱/۱ ^{ns}	۱/۸ ^{ns}	۱/۵ ^{ns}	۲/۰۲^{ns}	۱/۹۲^{ns}	۱/۸۲^{ns}	۲/۸۸ ^{ns}	۷/۷ ^{ns}	۴/۴ ^{ns}	۵/۵ ^{ns}	۳/۸ ^{ns}	۴/۴ ^{ns}
تکرار(سال)	٤	۱۲/٤	۰/۰۳۲	٤/۲	۱/۲	۲/٤	۲/۲	۵/۷	۱/۸	۲/۱٤	۱/۷۷	۳/٤	۸/۵۵	۵/۱	۳/۸	٦/٦	٤/۲٦	٦/٤
تیمار	٦	۲٤۵/۵**	۱/۱**	۲۸/٤**	۲۸/۱**	۳۰/۵**	۲۲/۳**	۳۳/۱**	۲۲/۱**	۳۱/۱**	٤۵/۲**	۱۱/۱**	۲۵/۱**	۲۲/۱**	۲۵/٦**	۳۸/۱**	۱۵/۰٦**	۲۵/٦**
تیمار×سال	٦	۲٦٦/۷**	۰/۷۲**	۱۹/۹**	۲۳/٦**	۲٤/٦**	۱٦/۱**	۲۲/۵**	۱۷/۷**	۲۵/۵**	۳٤/۳**	۹/۹**	۲۲/۵**	۲۲/۲**	۲۲/۲**	۳۲/٤**	۱۲/۲**	۱۸/۸**
خطا	۲٤	۱۲/۲	۰/۰۰۱	۱/۲	۲/۸	۱/۹	۱/۸	۱/۲	۰/۹۲	۱/٦۵	۱/٦۵	۰/۲۵	۱/۱	۱/۸٤	۲/۰۳	۱/۸۲	۰/۸۲	۱/۷۷
ضریب تغییرات		۱۵/۲	۱۲/۲	۱۱/٤	۱۵/۲	۱٤/٤	۱۱/۵	۱۲/٤	۱۱/۵	۱٤/۲	۱۱/٤	۱٤/۹	۱۵/۱	۱۲/۵	۱۲/٤	۱۲/۵	۱۲/۵۵	۱۱/۵۵

* و ** معنی دار در سطوح α=۵ ٪ و ۱ ٪

جدول ۶: مقایسه میانگین محتوای اسانس و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس آویشن تحت تیمارهای مختلف کودی

ردیف	ترکیبات	شاخص بازداری	سال اول						سال دوم					
			کود اسبی	کود گاوی	کود مرغی	کود گوسفندی	ورمی‌کمپوست	کود کامل	شاهد	کود اسبی	کود گاوی	کود مرغی	کود گوسفندی	ورمی‌کمپوست	کود کامل	شاهد
۱	۳-هگزانول-۲-ال	۸۷۱	۰/۱۳±۰/۰۱	۰/۱۱±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۲	۰/۱±۰/۰۲	۰/۱۱±۰/۰۱	۰/۱۵±۰/۰۲	۰/۰۸±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۲	۰/۱۳±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۲	۰/۱±۰/۰۱	۰/۱۱±۰/۰۱	۰/۱۴±۰/۰۲	۰/۱±۰/۰۱
۲	کامفن	۹۵۰	۰/۰۵±۰/۰۲	۰/۰۵±۰/۰۲	۱/۱±۰/۰۱	۰/۲±۰/۰۲	۰/۹±۰/۰۱	۱/۲±۰/۰۲	۰/۴±۰/۰۱	۰/۰۵±۰/۰۲	۰/۰۶±۰/۰۱	۱/۱±۰/۰۱	۱/۱±۰/۰۲	۰/۹±۰/۰۱	۱/۳±۰/۰۳	۰/۴۲±۰/۰۲
۳	آلفا-پینن	۹۵۲	۰/۰۵±۰/۰۲	۰/۰۵±۰/۰۲	۰/۸±۰/۰۱	۰/۲±۰/۰۲	۰/۷۸±۰/۰۱	۰/۹۲±۰/۰۲	۰/۴±۰/۰۱	۰/۰۵±۰/۰۲	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۸±۰/۰۱	۰/۲±۰/۰۲	۰/۷۸±۰/۰۱	۰/۹۸±۰/۰۲	۰/۳۱±۰/۰۲
٤	آلفا-توجن	۹۸۸	۰/۰۵±۰/۰۲	۰/۰۵±۰/۰۲	۰/۸۲±۰/۰۱	۰/۲±۰/۰۲	۰/۴۷±۰/۰۱	۰/۶±۰/۰۲	۰/۲±۰/۰۱	۰/۰۵±۰/۰۲	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۸±۰/۰۱	۰/۲±۰/۰۲	۰/۴۷±۰/۰۱	۰/۷±۰/۰۳	۰/۳۳±۰/۰۲
۵	لیمونن	۱۰۲۸	۲/۸±۰/۰۱	۲/۸±۰/۰۱	۳/۱±۰/۰۸	۲/۸±۰/۰۱	۳/۲±۰/۰۵	۲/۲±۰/۳	۱/۱±۰/۱	۲/۸±۰/۰۱	۲/۸±۰/۰۱	۳/۱±۰/۰۸	۲/۸±۰/۰۱	۳/۲±۰/۰۵	۳/۹±۰/۰۳	۱/۷±۰/۰۳
٦	سابینن	۱۰۳۱	۰/۷۱±۰/۰۱	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۲	۰/۰۵±۰/۰۲	۰/۶۱±۰/۰۱	۰/۷۲±۰/۰۵	۰/۳±۰/۰۱	۰/۷۲±۰/۰۲	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۵۲±۰/۰۲	۰/۰۶±۰/۰۲	۰/۶۱±۰/۰۲	۰/۱±۰/۰۲	۰/۲±۰/۰۲
۷	۱ و ۸ سینئول	۱۰۳۲	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۱±۰/۰۸	۰/۰۴±۰/۱	۰/۰۲±۰/۰۵	۰/۱۱±۰/۳	۰/۷±۰/۱	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۱±۰/۰۸	۰/۰۴±۰/۱	۰/۰۲±۰/۰۵	۰/۱±۰/۰۳	۰/۰۶۹±۰/۰۳
۸	بتا-پینن	۱۰۳۴	۰/۷۶±۰/۰۲	۰/۷۶±۰/۰۲	۱/۹±۰/۰۳	۰/۹۵±۰/۰۱	۱/۲±۰/۰۴	۲/۲±۰/۰۱	۰/۸۲±۰/۰۲	۰/۷۶±۰/۰۱	۰/۹۱±۰/۰۱	۱/۲±۰/۰۵	۱/۴±۰/۰۱	۱/۲±۰/۰۶	۱/۲±۰/۰۱	۰/۷۷±۰/۰۴
۹	۳-اکتانول	۱۰۳۶	۰/۱۶±۰/۰۲	۰/۰۶±۰/۰۲	۱/۷±۰/۰۱	۱/۷±۰/۰۲	۱/۷±۰/۰۲	۱/۷±۰/۰۲	۰/۴±۰/۰۱	۰/۸۲±۰/۰۲	۰/۷۶±۰/۰۱	۱/۷±۰/۰۱	۱/۹±۰/۰۲	۱/۷±۰/۰۲	۰/۹±۰/۰۳	۰/۴±۰/۰۲
۱۰	بتا-میرسن	۱۰۴۵	۲/۲±۰/۰۵	۲/۳±۰/۰۳	۳/۴±۰/۰۴	۲/۱±۰/۰۳	۳/۵±۰/۰۵	۳/۷±۰/۰۳	۱/۱±۰/۰۳	۳/۲±۰/۰۶	۲/۳±۰/۰۵	۳/۴±۰/۰۴	۲/۱±۰/۰۳	۳/۵±۰/۰۵	۳/۴±۰/۰۲	۳/۱±۰/۰۱
۱۱	آلفا-فلاندرن	۱۰۶۰	۰/۷±۰/۰۱	۰/۶±۰/۰۳	۰/۶±۰/۰۱	۰/۲±۰/۰۱	۰/۶۱±۰/۰۲	۰/۶۱±۰/۰۱	۰/۴±۰/۰۲	۰/۵±۰/۰۲	۰/۶±۰/۰۱	۰/۵±۰/۰۱	۰/۲±۰/۰۱	۰/۶۱±۰/۰۲	۰/۳۴±۰/۰۱	۰/۰۷±۰/۰۲
۱۲	آلفا-ترپینن	۱۰۷۲	۳/۷±۰/۰۱	۱/۵±۰/۱	۲/۷±۰/۰۲	۳/۶±۰/۰۱	۳/۸±۰/۰۴	۳/۷±۰/۰۵	۴/۴±۰/۰۱	۲/۷±۰/۰۶	۱/۵±۰/۰۱	۲/۷±۰/۰۲	۳/۶±۰/۰۱	۳/۸±۰/۰۴	۳/۹±۰/۰۶	۴/۱±۰/۰۱
۱۳	پارا-سیمین	۱۰۸۴	۴/۸±۰/۰۱	۵/۹±۰/۰۱	۸/۱±۰/۰۸	۷/۸±۰/۱	۷/۹±۰/۰۵	۸/۳±۰/۳	۴/۷±۰/۱	۶/۸±۰/۱	۵/۹±۰/۱	۸/۱±۰/۰۸	۷/۸±۰/۱	۷/۹±۰/۰۵	۷/۸±۰/۰۳	۳/۸±۰/۰۳
۱۴	بتا-اوسیمن	۱۰۹۶	۰/۸±۰/۰۱	۰/۸±۰/۰۱	۱/۱±۰/۰۸	۰/۷۵±۰/۱	۰/۹±۰/۰۵	۰/۸±۰/۰۳	۰/۴±۰/۱	۱/۰۵±۰/۲	۰/۷±۰/۱	۱/۱±۰/۰۲	۰/۸±۰/۱	۰/۸±۰/۰۳	۰/۸±۰/۰۳	۰/۷۵±۰/۰۳
۱۵	لینالول	۱۰۹۹	۱/۲±۰/۰۳	۱/۳±۰/۰۱	۱/۴±۰/۰۴	۱/۴±۰/۰۱	۱/۵±۰/۰۴	۱/۷±۰/۰۱	۰/۴±۰/۰۱	۱/۳±۰/۰۵	۱/۳±۰/۰۱	۱/۴±۰/۰۳	۱/۴±۰/۰۱	۱/۵±۰/۰۴	۱/۷±۰/۰۱	۰/۲±۰/۰۱
۱۶	گاما-ترپینن	۱۱۱۷	۱۵/۱±۰/۰۳	۱۶/۴±۰/۴	۱۷/۵±۰/۶	۱۷/۲±۰/۳	۱۸/۶±۰/۳	۱۷/۷±۰/۲	۱۵/۳±۰/۲	۱۶/۲±۰/۲	۱۶/۴±۰/۲	۱۷/۲±۰/۱	۱۶/۲±۰/۱	۱۸/۷±۰/۲	۱۶/۷±۰/۳	۱۵/۲±۰/۱
۱۷	سیس-سابینن‌هیدرات	۱۱۲۵	۰/۴±۰/۰۵	۰/۷±۰/۲	۰/۷±۰/۲	۰/۲±۰/۱	۰/۵±۰/۲	۰/۸±۰/۲	۰/۷±۰/۵	۰/۷±۰/۵	۰/۷±۰/۳	۰/۸±۰/۲	۰/۸±۰/۲	۰/۵±۰/۲	۰/۸±۰/۳	۰/۴±۰/۲
۱۸	ترپینئول	۱۱۵۵	۰/۶±۰/۰۱	۰/۷±۰/۰۲	۰/۸±۰/۰۴	۰/۴±۰/۰۱	۰/۹±۰/۰۴	۰/۱±۰/۰۲	۰/۷±۰/۰۵	۰/۷±۰/۰۵	۰/۸±۰/۰۵	۰/۹±۰/۰۴	۰/۴±۰/۰۱	۰/۹±۰/۰۴	۰/۹۳±۰/۰۳	۰/۲۲±۰/۰۲
۱۹	ترپین-٤-ال	۱۲۲٤	۱/۲±۰/۰۱	۱/۳±۰/۰۴	۱/۴±۰/۰۱	۱/۲±۰/۰۲	۱/۳±۰/۰۲	۱/۷±۰/۰۳	۰/۷±۰/۰۱	۱/۷±۰/۰۲	۱/۳±۰/۰۴	۱/۴±۰/۰۱	۱/۲±۰/۰۳	۱/۳±۰/۰۳	۱/۶±۰/۰۳	۰/۷۷±۰/۰۲
۲۰	آلفا-ترپینئول	۱۲۳۳	۰/۵۵±۰/۱	۰/۶±۰/۲	۱/۸±۰/۳	۲/۶±۰/۴	۱/۹۱±۰/۳	۱/۸±۰/۲	۰/۵±۰/۱	۱/۷±۰/۲	۱/۷±۰/۳	۱/۸±۰/۳	۲/۱±۰/۴	۱/۹۱±۰/۳	۱/۸±۰/۲	۰/۴±۰/۱
۲۱	نرال	۱۲٤۰	۰/۸±۰/۰۱	۰/۸±۰/۱	۱/۱±۰/۸	۰/۲±۰/۱	۰/۹±۰/۰۵	۲/۱±۰/۳	۰/۷±۰/۱	۰/۸±۰/۲	۰/۸±۰/۱	۱/۱±۰/۸	۰/۲±۰/۱	۰/۹±۰/۰۵	۰/۷±۰/۲	۰/۵±۰/۰۳
۲۲	تیمول	۱۲۸۷	۰/۸±۰/۰۱	۰/۹۸±۰/۰۱	۰/۹±۰/۸	۰/۷±۰/۱	۰/۸۱±۰/۰۵	۰/۷۱±۰/۳	۰/۷±۰/۱	۰/۹۲±۰/۰۴	۰/۷±۰/۱	۰/۹±۰/۸	۰/۷±۰/۱	۰/۸۱±۰/۰۵	۰/۷۱±۰/۳	۰/۴۷±۰/۳
۲۳	تیمول متیل اتر	۱۲۸۹	۱/۵±۰/۲	۱/۳±۰/۱	۱/۳±۰/۳	۱/۵±۰/۱	۱/۲±۰/۱	۱/۲±۰/۹	۰/۶±۰/۸	۱/۶±۰/۱	۱/۵±۰/۱	۱/۸±۰/۳	۱/۵±۰/۱	۱/۲±۰/۱	۱/۲±۰/۴	۰/۵±۰/۴
۲۴	کارواکرول	۱۲۹۶	۲۸/۶±۰/۵	۲۷/۴±۰/۴	۳۰/۷±۰/۶	۲۷/۷±۰/۴	۳۶/۶±۰/۸	۳۵/۲±۰/۹	۲۶/۳±۰/۷	۲۸/۶±۰/۸	۲۹/۵±۰/۹	۳۰/۶±۰/۹	۲۸/۵±۰/۷	۳۶/۸±۰/۶	۳۵/۵±۰/۶	۲۵/۵±۰/۶
۲۵	آلفا-کامفیگرن	۱۳۵۲	۲/۲±۰/۱	۱/۳±۰/۲	۱/۴±۰/۳	۱/۸±۰/۳	۱/۱±۰/۲	۱/۳±۰/۲	۱/۱±۰/۱	۱/۵±۰/۲	۱/۱±۰/۳	۱/۱±۰/۲	۱/۲±۰/۳	۱/۲±۰/۵	۱/۱±۰/۳	۰/۹۲±۰/۱
۲۶	تیمیل استات	۱۳۷٤	۴/۴±۰/۲	۴/۲±۰/۲	۴/۶±۰/۳	۳/۵±۰/۴	۲/۶±۰/۴	۳/۵±۰/۹	۲/۴±۰/۲	۴/۴±۰/۳	۴/۵±۰/۸	۴/۸±۰/۷	۳/۵±۰/۴	۴/۸±۰/۴	۴/۶±۰/۴	۲/۸±۰/۸
۲۷	کاواکرول استات	۱۴۸۲	۰/۴±۰/۰۱	۰/۰۶±۰/۲	۰/۱±۰/۳	۰/۱±۰/۳	۰/۱±۰/۲	۰/۱±۰/۴	۰/۸±۰/۱	۰/۶±۰/۴	۰/۷±۰/۱	۰/۱±۰/۵	۰/۱±۰/۲	۰/۱±۰/۱	۰/۱±۰/۱	۰/۰۷۵±۰/۱
۲۸	کاریوفیلن‌اکساید	۱۵۸۱	۰/۵±۰/۰۱	۰/۵±۰/۱	۰/۵±۰/۱	۰/۴±۰/۱	۰/۴±۰/۱	۰/۷±۰/۱	۰/۶±۰/۱	۰/۴±۰/۱	۰/۵±۰/۱	۰/۵±۰/۱	۰/۴±۰/۱	۰/۷±۰/۱	۰/۷±۰/۱	۰/۷±۰/۱
۲۹	کاریوفیلن-ژرد	۱۵۸۹	۰/۱±۰/۰۱	۰/۰۵±۰/۰۱	۰/۱±۰/۸	۰/۲±۰/۱	۰/۲±۰/۵	۰/۱±۰/۱	۰/۳±۰/۱	۰/۰۵±۰/۱	۰/۰۴±۰/۱	۰/۱±۰/۸	۰/۲±۰/۱	۰/۲±۰/۵	۰/۱±۰/۳	۰/۰۵±۰/۳

جدول ۵: ضرایب همبستگی ساده بین محتوای اسانس و ترکیبات غالب اسانس آویشن تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در سال ۱۳۹۹.

	اسانس (۱)	وزن خشک (۲)	کامفن (۳)	لیمونن (٤)	بتاپینن (٥)	۳-اکتانون (٦)	بتامیرسن (۷)	آلفا-تریپینن (۸)	پارا-سیمین (۹)	لینالول (۱۰)	گاما-تریپینن (۱۱)	تریپن-٤-ال (۱۲)	آلفا-تریپئول (۱۳)	نرال(۱٤)	تیمول متیل اتر(۱٥)	کارواکرول(۱٦)	تیمول استات (۱۷)
۱	۱																
۲	۰/۸۸**	۱															
۳	۰/٦٦**	۰/٦٦**	۱														
٤	۰/۹۹**	۰/٦٦**	۰/٤٥*	۱													
٥	۰/۷۷**	۰/٤٥*	۰/۹**	۰/٦**	۱												
٦	۰/۸۸**	۰/۸۸**	۰/٦**	۰/٦٥**	۰/٥**	۱											
۷	۰/٥٥**	۰/۸۸**	۰/۷**	۰/٦۲**	۰/۷۸**	۰/٤٥*	۱										
۸	۰/۹**	۰/٥٥**	۰/۸**	۰/٥٥**	۰/۷۷**	۰/٥٥**	۰/٥**	۱									
۹	۰/٤*	۰/۷۸**	۰/۹**	۰/۷۸**	۰/۸**	۰/۷۸**	۰/۷**	۰/۹**	۱								
۱۰	۰/۷۸**	۰/۲۷	۰/۷۷**	۰/٥۷**	۰/۹**	۰/۸**	۰/٦**	۰/٥**	۰/۳	۱							
۱۱	۰/۷۷**	۰/۷۸**	۰/٤۳*	۰/٤*	۰/۷۷**	۰/۹**	۰/٥**	۰/٤٥*	۰/٦**	۰/٤*	۱						
۱۲	۰/٤٥*	۰/۳	۰/٤۲*	۰/۸**	۰/٦٥**	۰/۷۷**	۰/۸**	۰/٥**	۰/۹**	۰/۳	۰/۹**	۱					
۱۳	۰/۸۸**	۰/۷۸**	۰/۳۱	۰/۷۸**	۰/۷**	۰/۸**	۰/۹**	۰/۹**	۰/٥٥**	۰/۲	۰/۹**	۰/٦۷**	۱				
۱٤	۰/۸۲**	۰/۵*	۰/۱	۰/۷**	۰/۸**	۰/۷۸**	۰/٦**	۰/۷**	۰/٥٤**	۰/۹**	۰/۹**	۰/۹**	۰/٦٦**	۱			
۱٥	۰/۲٤	۰/٤**	۰/۲	۰/٦٥**	۰/۷۸**	۰/٥٥**	۰/٥٥**	۰/۸**	۰/۹**	۰/۸**	۰/۸**	۰/۲	۰/٤٥*	۰/۲	۱		
۱٦	۰/۲۱	۰/۸۱**	۰/۷۸**	۰/٥٥**	۰/۸**	۰/۷**	۰/٤*	۰/۹**	۰/۳	۰/۷**	۰/۹**	۰/۱	۰/۹**	۰/۲	۰/۹**	۱	
۱۷	۰/٤٥*	۰/۹**	۰/٥٥**	۰/٤٥*	۰/۹**	۰/٦٦**	۰/٤٥*	۰/۹**	۰/٦۷**	۰/۹**	۰/٥٥**	۰/٤٥*	۰/۹**	۰/۸۸**	۰/٤٥*	۰/۸**	۱

جدول ۶: ضرایب همبستگی ساده بین محتوای اسانس و ترکیبات غالب اسانس آویشن تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در سال ۱۴۰۰.

	اسانس (۱)	وزن خشک (۲)	کامفن (۳)	لیمونن (۴)	بتاپینن (۵)	۳-اکتانون (۶)	بتا-میرسن (۷)	آلفا-ترپینن (۸)	پارا-سیمن (۹)	لینالول (۱۰)	گاما-ترپینن (۱۱)	ترپین-۴-ال (۱۲)	آلفا-ترپینئول (۱۳)	نرال(۱۴)	تیمول متیل اتر(۱۵)	کارواکرول(۱۶)	تیمول استات (۱۷)
۱	۱																
۲	۰/۶۶**	۱															
۳	۰/۷۲**	۰/۶۲**	۱														
٤	۰/۷**	۰/۶۶**	۰/۵۹*	۱													
٥	۰/۹۱**	۰/۵۸*	۰/۵*	۰/۹**	۱												
٦	۰/۷**	۰/۸۸**	۰/۸۸**	۰/۶۵**	۰/۷**	۱											
۷	۰/۶۲**	۰/۸٤**	۰/۷**	۰/۶۲**	۰/۵۵**	۰/٤۵*	۱										
۸	۰/۷**	۰/۶۳**	۰/۸**	۰/۵۵**	۰/۷۷**	۰/۵۵**	۰/۷۷**	۱									
۹	۰/۵۵**	۰/۵۵**	۰/۸۳**	۰/۵*	۰/۵۵**	۰/۸۲**	۰/۷**	۰/۸۸**	۱								
۱۰	۰/۷۸**	۰/۲۷	۰/۵۵**	۰/۵۷**	۰/٤۵*	۰/۵۵**	۰/۶۶**	۰/۶۶**	۰/٤۵*	۱							
۱۱	۰/۵۹**	۰/۵۵**	۰/٤۳*	۰/٤*	۰/۶**	۰/۹**	۰/۶۶**	۰/۵**	۰/۶**	۰/۵*	۱						
۱۲	۰/۵۶*	۰/٤۵*	۰/۵*	۰/۷۲**	۰/۶۵**	۰/٤۵*	۰/۸**	۰/۵**	۰/۶**	۰/۳	۰/۶۶**	۱					
۱۳	۰/۸۱**	۰/۵۵**	۰/۳۳	۰/۷۳**	۰/۵۵**	۰/۵۵**	۰/۹**	۰/۶**	۰/۷۷**	۰/٤۵*	۰/۶۷**	۰/۵*	۱				
۱٤	۰/۷۷**	۰/۶۱*	۰/٤۵*	۰/۷**	۰/۸**	۰/۹**	۰/۸۸**	۰/۸۸**	۰/۵٤**	۰/۷۷**	۰/۷**	۰/٤۵*	۰/۸۸**	۱			
۱۵	۰/۲٤	۰/۵۵**	۰/۱	۰/۸۶**	۰/۹**	۰/۵۵**	۰/۵۵**	۰/۸**	۰/٤*	۰/۸**	۰/۸**	۰/۱	۰/۵*	۰/۱	۱		
۱۶	۰/۵۵**	۰/۳	۰/٤۵*	۰/۵۵**	۰/۵۵**	۰/۷**	۰/٤*	۰/۹**	۰/۱	۰/۷**	۰/۷۷**	۰/۱	۰/٤*	۰/۲	۰/٤۵*	۱	
۱۷	۰/۷۷**	۰/۶۱*	۰/۱	۰/۷**	۰/۸**	۰/۹**	۰/٤۵*	۰/۸۸**	۰/٤۵*	۰/۷۷**	۰/۷**	۰/٤۵*	۰/۸۸**	۰/٤*	۰/٤*	۰/٤۳*	۱

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

بحث

با توجه به نقش افزایش‌دهندگی و محرک رشد در کودهای آلی و شیمیایی در افزایش سبزینه گیاه و به تبع آن افزایش فتوسنتز، بدیهی است که متعاقب آن میزان اسانس بیشتر می‌شود (Marschner, 1995). در اکثر موارد، بیشترین مقادیر ترکیبات مؤثره اسانس از جمله ترپینئول، تیمول متیل اتر، آلفا-توجن، بتامیرسن، سیس سابینن هیدرات، گاما-ترپینن و بتا-اوسیمن، برتری با تیمارهای کود مرغی و ورمی‌کمپوست بود (جدول ٤). در این تحقیق مشاهده شد که در غالب ترکیبات مؤثره اسانس، تیمار کود مرغی و ورمی‌کمپوست توانستند در بالاترین گروه و مشابه با کود شیمیایی کامل قرار بگیرند (جدول ٤). ارتباط مستقیم و معنی‌داری بین ترکیبات عمده اسانس با میزان اسانس و وزن خشک اندام هوایی گیاهان بدست آمد که نشان‌دهنده اثر مطلوب کودهای مورد استفاده در دو سال اجرای این تحقیق دارد (جداول ٥ و ٦). افزایش توأم میزان اسانس همراه با ترکیبات غالب اسانس به‌خصوص پارا-سیمن ، گاما-ترپینن ، کارواکرول و تیمیل استات در زمان استفاده از کودهای زیستی در نتایج محققین قبلی نیز گزارش گردیده است (Yadegari, 2016; Emami Bistgani et al., 2018). ورمی‌کمپوست حاوی عناصر غذایی بسیار غنی به‌ویژه نیتروژن بوده که به‌تدریج آن‌ها را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و این نکته از نظر حاصلخیزی خاک بسیار پراهمیت است. این کود در مقایسه با سایر کودهای آلی دارای میزان عناصر اصلی غذایی بالاتری است. ورمی‌کمپوست علاوه بر عناصر پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم که در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش اساسی دارند، حاوی عناصر ریزمغذی مانند آهن و مس و موادی مانند B_{12} و اکسین که نقش افزاینده در عوامل محرک رشد گیاه دارند، می‌باشد (Zarei et al., 2020; Hamedi et al., 2022b). گزارشاتی مبنی بر حضور تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در اثر کاربرد ورمی کمپوست و امکان بهبود رشد گیاهی تحت این شرایط وجود دارد. استفاده از ورمی‌کمپوست به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی، سودمندی بالاتری نسبت به استفاده از کودهای شیمیایی دارد. افزودن کود آلی به خاک و بسترهای کشت به افزایش رشد گیاه کمک می‌کند. کود آلی به‌واسطه فراهم نمودن مقادیر بیشتری از عناصر مغذی، منجر به بیشتر شدن وزن گیاه و مواد مؤثره موجود در آن می‌گردد (Doskočil et al., 2018). این اثرگذاری مطلوب در گیاهان سرخارگل[1] (Hashempour et al., 2022) بادرشبویه[2] (Yadegari, 2021)، سیاهدانه[3] (Maleki et al., 2021)، بادرنجبویه[4] (Yadegari, 2016)، گونه‌های نعناع[5] (Ayyobi et al., 2014) شوید[6] (Rostaei et al., 2018)، مریم گلی[7] (Rahmani Samani et al., 2021)، گونه‌های آویشن و مرزه[8] (Yadegari, 2022; Noroozisharaf and Kaviani, 2018)، خاکشیر[9] و گشنیز[10] (Hasani et al., 2021) به اثبات رسیده است. از دلایل افزایش عملکرد توسط کود دامی و ورمی‌کمپوست می‌توان به حفظ و نگهداری عناصر غذایی خاک، جلوگیری از آب شویی نیتروژن، افزایش فعالیت زیستی، پوک شدن خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، بهبود دانه‌بندی خاک و افزایش کارایی مصرف آب، اشاره نمود (Ghesmati and Moradinezhad, 2019). مصرف ورمی‌کمپوست منجر

1. *Echinaceae purpurea* L.
2. *Dracocephalum moldavica* L.
3. *Nigella sativa* L.
4. *Melissa officinalis* L.
5. *Mentha arvensis* L., *Mentha piperita* L.
6. *Anethum graveolens*
7. *Salvia officinalis*
8. *Satureja*
9. *Descurainia sophia* (L.) Schur
10. *Coriandrum sativum* L.

به افزایش خصوصیات کمی و کیفی محصولات مختلف و افزایش کیفیت و تسهیل جذب عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی از جمله زعفران[1] می‌شود (Amini fard and Gholizadeh, 2018). در برخی تحقیقات اشاره گردیده است که مصرف کود آلی اثری بر نوع ترکیبات استخراج شده از اسانس ندارد (Safaei et al., 2017). در تحقیق حاضر بیشترین مقادیر اسانس (۰/۹۱±۰/۱ درصد در سال اول و ۰/۰۱ ±۱/۱ درصد در سال دوم) متعلق به تیمار کود کامل بود که هم‌گروه با کود مرغی و ورمی‌کمپوست قرار گرفت. چهار ترکیب کارواکرول، پارا-سیمن، گاما-ترپینن و تیمیل استات در تیمارهای مختلف بیش از ٦٠ درصد از ترکیبات اسانس را به خود اختصاص دادند. بالاترین مقادیر ترکیبات غالب اسانس شامل کارواکرول (٣٥/٢-٣٦/٨ درصد) در تیمار کود کامل و ورمی‌کمپوست؛ گاما-ترپینن (١٨/٦-١٨/٧ درصد) در تیمار ورمی‌کمپوست؛ پارا-سیمن (٨/٣ -٧/٨ درصد) در تیمار کود کامل و تیمیل استات (٤/٦-٤/٨ درصد) در تیمار کود مرغی بدست آمد. در غالب موارد، کودهای مرغی و ورمی‌کمپوست هم از لحاظ درصد اسانس و هم ترکیبات غالب اسانس در بالاترین گروه آماری بودند. به نظر می‌رسد کودهای آلی به دلیل افزایش جذب و تحلیل مواد غذایی، مقدار و ترکیبات اسانس را افزایش دادند. در خصوص تغییرات میزان ترپنوئیدها تحت تأثیر عناصر مغذی باید اظهار داشت که بیوسنتز اسانس‌ها در غده‌های ترشحی اتفاق می‌افتد که از لحاظ کربن هتروتروف هستند، بنابراین وجود منبع کربن از جمله ترکیبات فتوسنتزی مانند ساکارز و گلوکز برای بیوسنتز ترکیبات ترپنوئیدی لازم و ضروری است (Mc-Garvey and Croteau, 1995). در گزارشات قبلی نقش مفید کاربرد کودهای آلی و زیستی بر گیاهان دارویی آویشن باغی (Noroozisharaf and Kaviani, 2018)، زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) (Aghaei et al., 2019)، بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica*) (Nejatzadeh, 2020) و گل‌محمدی (*Rosa damascena* Mill.) (Hamedi et al., 2022b) بیان گردیده است که به نظر می‌رسد بدلیل اثرگذاری بهتر برجذب مواد غذایی، افزایش جمعیت مفید میکروبی خاک و تولید بیشتر میزان کلروفیل گیاهی باشد. مصرف مداوم کودهای حیوانی سبب تعدیل اسیدیته خاک می‌شود و ضمن بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، حلالیت برخی عناصر غذایی به ویژه فسفر و عناصر کم مصرف را درخاک افزایش می‌دهد. باید در نظر داشت که برتری یا کارکرد کودهای زیستی در مراحل مختلف فنولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه، صرف‌نظر ازنتیجه کلی، می‌تواند بسته به شرایط محیطی و نوع گونه متفاوت باشد (Hamedi et al., 2022a, Rostaei et al., 2018; Arsenijevic et al., 2019) چنانچه استفاده از کودهای شیمیایی و آلی، اثر افزایشی معنی‌داری بر وزن زی‌توده و عملکرد اسانس آویشن باغی و ماده مؤثره تیمول داشته اند (Emami Bistgani et al., 2018; Honorato et al., 2022) ولی در گونه‌های *T.maroccanus* و *T.leptobotrys* کاربرد کودهای NPK منجر به افزایش اسانس و ماده مؤثره کارواکرول شده است (Jamali et al., 2014). به‌طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر این است که مصرف کودهای شیمیایی و آلی بر میزان وزن خشک تولیدی گیاه، مقدار و ترکیبات غالب اسانس، اثر مثبت و افزایشی داشته است که در این میان ترکیبات مهم دارویی از جمله کارواکرول، پارا-سیمن ، گاما-ترپینن و تیمیل استات در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش چشم‌گیری یافتند.

1. *Crocus sativus* L.

نتیجه‌گیری نهایی

در این بررسی مشخص گردید که کود کامل قادر به تولید بیشترین میزان اسانس در هر دو سال تحقیق بود و بیشترین مقادیر ترکیبات اصلی اسانس از جمله پارا-سیمن ، کارواکرول، گاما-ترپینن و تیمیل استات از این تیمار حاصل شد. در دو سال اجرای تحقیق ترکیبات غالب اسانس از دسته مونوترپن‌های حلقوی بوده و بیشترین مقادیر آن‌ها شامل پارا-سیمن و کارواکرول در تیمار کود کامل، تیمیل استات در تیمار کود مرغی و گاما-ترپینن در تیمار ورمی‌کمپوست بدست آمد که در تیمارهای مختلف بیش از ۶۰ درصد اسانس را به خود اختصاص دادند. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، در جهت ایجاد بیشترین کمیت و بهترین کیفیت اسانس در گیاه آویشن توصیه می‌شود که از کودهای ورمی‌کمپوست و مرغی استفاده گردد.

References

Abdi, L., Asghari, H.R., Tolyat abolhasani, M., and Amerian, M.R. 2022. Effect of salicylic acid on growth and phytochemical characteristics of *Thymus daenensis* under drought irrigation. Journal of Plant Process and Function. 11: 195-210.

Adams, RP. 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/ quadruple mass spectroscopy. Illinois: Allured publishing corporation, Carol Stream.

Aghaei, K., Ghasemi Pirbalouti, A., Mousavi, A., Badi, H. N., and Mehnatkesh, A. 2019. Effects of foliar spraying of L-phenylalanine and application of bio-fertilizers on growth, yield, and essential oil of hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)]. Biocatalyst Agriculture and Biotechnology. 21: 101318.

Amini fard, M.H., and Gholizadeh, Z. 2018. Effect of chiken manure on vegetative criteria and photosynthetic pigments of saffron (*Crocus sativus* L.). Horticultural Plants Nutrition. 1:1-16.

Arsenijevic, J., Drobac, M., Sostaric, I., Jevdovic, R., Zivcovic, J., Razic, S., Moravcevic, D., and Maksimovic, Z. 2019. Comparison of essential oils and hydromethanol extracts of cultivated and wild growing *Thymus pannonicus*. Industrial Crops and Products. 130: 162-169.

Ayyobi, H., Olfati, J.A., and Peyvast, G.A. 2014. The effects of cow manure vermicompost and municipal solid waste compost on pepper mint (*Mentha piperita* L.) in Torbat-e-Jam and Rasht regions of Iran. International Journal of Recycle Organic Waste Agriculture. 3: 147-153.

Doskočil, L., Szewieczková, J.B., Enev, V., Kalina, L., and Wasserbauer, J. 2018. Spectral characterization and comparison of humic acids isolated from some European lignites. Fuel. 213: 123-132.

Emami Bistgani, Z., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Ghasemi, A., Hashemi, M., Maggi, F., and Morshedloo, M.R. 2018. Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. Industrial Crops and Products. 121: 434-440.

Esmaeilian, Y., and Jalali, A. 2022. Evaluation of quantitative, qualitative, and economic aspects of garlic (*Allium sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) intercropping under organic and chemical nutrition systems. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 38: 133-149.

Ferydoni, M.J., Maghsodi, I., and Mojab Ghasroldashti, A. 2018. Investigation the effect of different fertilizing levels from various sources on yield, and grain quality of sweet corn. Journal of Plant Ecophysiology. 10: 79-89.

Ghesmati, M., and Moradinezhad, F. 2019. Influence of different levels of organic fertilizers application on quantitative and biochemical traits of *Salvia mirzayanii* Rech.f. and Esfand. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants. 7: 78-90.

Hamedi, B., Ghasemi Pirbalouti, A., and Rajabzadeh, F. 2022a. Responses to morpho-physiological, phytochemical, and nutritional characteristics of Damask Rose (*Rosa damescena* Mill.) to the applied of organic and chemical fertilizers. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 53(17): 1-17.

Hamedi, B., Ghasemi Pirbalouti, A., and Rajabzadeh, F. 2022b. Manures, vermicompost, and chemical fertilizer impacts on the yield and volatile compounds of the damask rose (*Rosa damascena* Mill.) flower petals. Industrial Crops and Products. 187: 115470.

Hasani, S.M., Azadfar, D., Arzanesh, M.H., Saeedi, Z., and Matinkhah, S.H. 2021. Effects of fertilizer treatments on morphological and qualitative traits of *Descurainia sophia* (L.) Schur and *Coriandrum sativum* L. in agroforestry systems. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 37: 766-780.

Hashemabadi, D., Zaredost, F., and Barari Ziyabari, M. 2012. Influence of phosphate bio-fertilizer on quantity and quality features of marigold (*Tagetes erecta* L.). Australian Journal of Crop Science. 6: 1101-1109.

Hashempour, J., Asadi, S., Mirza, M., and Ghanbari Jahromi, M. 2022. Effect of nutritional treatments on quantitative and qualitative yeilad of *Echinaceae purpurea* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, online publication. doi: 10.22092/ijmapr.2022.357096.3110

Honorato, A.C., Maciel, J.F., Assis, R.M., Nohara, G.A., Carvalho, A.A., Pinto, J.E., and Bertolucci, S.K. 2022. Combining green manure and cattle manure to improve biomass, essential oil, and thymol production in *Thymus vulgaris* L. Industrial Crops and Products. 187: 115469.

Kazeminasab, A., Yarnia, M., Lebaschi, M.H., and Mirshekar, B. 2016. Effects of vermicompost and bio fertilizers on essential oil composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under drought stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 32: 678-687.

Khademalhosseini, Z., Jafarian, Z., Roshan, V., and Ranjbar, Gh. 2022. The effect of salinity levels of irrigation water on some biochemical characteristics of medicinal plant of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Plant Process and Function. 41: 97-113.

Khajeh Haghverdi, M., Ardakani, M.R., Abbaszadeh, B., and Nejatkhah Manavi, P. 2018. Effect of vermicompost, biochar and mycorrhizal symbiosis on some qualitative and quantitative characteristics of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 34: 87-100.

Jamali, C.A., Kasrati, A., Bekkouche, Kh., Hassani, L., Wohlmuth, H., Leach, D., and Abbad, A. 2014. Cultivation and the application of inorganic fertilizer modifies essential oil composition in two Moroccan species of *Thymus*. Industrial Crops and Products. 62: 113-118.

Maleki, J., Sharifi ashorabadi, A., Mirza, M., and Heydari Sharifabad, H. 2021. Effect of plant nutrition methods on economical and essential oil indices of *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, online publication. doi: 10.22092/ijmapr.2022.355278.3030.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. San Diego: Academic Press: pp: 379-396.

Mc-Garvey, D., and Croteau, R. 1995. Terpenoid metabolism. The Plant Cell. 7(7): 1015-1026.

Mozaffarian, V. 2008. A pictorial dictionary of botanical taxonomy latin-english-french-germany-persian. Germany: Koeltz Scientific Books.

Nejatzadeh, F. 2020. Effect of biofertilizer and magnesium sulfate on the components of essential oil of *Dracocephalum moldavica*. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 27: 1-7.

Noroozisharaf, A., and Kaviani, M. 2018. Effect of soil application of humic acid on nutrients uptake, essential oil and chemical compositions of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) under greenhouse conditions. Physiology and Molecular Biology of Plants. 24: 423–431.

Parvizi, Kh., and Bayat, F. 2020. Investigating the effect of composition and type of chemical and poultry fertilizers on yield, vegetative and reproductive traits of field cucumber in Hamedan province of Iran. Journal of Vegetables Sciences. 4: 147-160.

Qi, X., Zhong, Sh., Schwarz, P., Chen, B., and Rao, J. 2023. Mechanisms of antifungal and mycotoxin inhibitory properties of *Thymus vulgaris* L. essential oil and their major chemical constituents in emulsion-based delivery system. Industrial Crops and Products. 197: 116575.

Rahmani Samani, M., D'Urso, G., Montoro, P., Ghasemi Pirbalouti, A., and Piacente, S. 2021. Effects of bio-fertilizers on the production of specialized metabolites in *Salvia officinalis* L. leaves: An analytical approach based on LC-ESI/LTQ-Orbitrap/MS and Multivariate data analysis. Annals Journal of Pharmacology and Bio-medicals. 197: 113951. doi: 10.1016/j.jpba.2021.113951.

Rostaei, M., Fallah, S., Lorigooini, Z., and Surki, A.A. 2018. The effect of organic manure and chemical fertilizer on essential oil, chemical compositions and antioxidant activity of dill (*Anethum graveolens*) in sole and intercropped with soybean (*Glycine max*). Journal of Cleaning Production. 199: 18–26.

Safaei, L., Sharifi ashoorabadi, E., and Afiuni, D. 2017. The effects of NPK, chemical and manure fertilizers investigation on the phenolic yield and essential oil components in *Thymus daenensis* L. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants. 5: 1-15.

Safaii, L., Sefidkon, F., Davazdahemami, S., and AminAzarm, D. 2022. Study the effects of organic and chemical fertilizers on oil yield and essential oil components in *Satureja spicigera* Jamzad in Esfahan. Journal of Plant Process and Function. 48: 283-298.

Sharafi, Gh., Changizi, M., Gomarian, M., and Khagani, Sh. 2022. Effect of drought stress and vermicompost biofertilizer on morphophysiological traits of *Thymus vulgaris* L. Journal of Plant Process and Function. 44: 147-160.

Yadegari, M. 2022. Effects of NPK complete fertilizer, botamisol, and humic acid on morphophysiological characteristics and essential oil in three *Thymus* species under drought stress conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 38: 301-321.

Yadegari, M. 2022. Effects of NPK, botamisol, and humic acid on morphophysiological traits and essential oil of three *Satureja* species under drought stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 38: 61-80.

Yadegari, M. 2021. The effect of organic and chemical fertilizers on morpho-physiological traits and essential oil in *Dracocephalum moldavica* L. Journal of Plant Process and Function. 45: 27-41.

Yadegari, M. 2016. Effect of micronutrients foliar application and bio-fertilizers on essential oils of lemon balm. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 16:702-715.

Yazdanpanah, A., and Motallebifard, R. 2016. The effects of chicken manure and potassium fertilizer on yield and nitrogen, phosphorus, potassium, zinc and copper uptake of potato. Applied Soil Research. 4: 60-71.

Yoosefi, B., Sefidkon, F., Mirza, M., and Lebaschy, M.H. 2022. Effects of different planting densities and feeding with organic fertilizers on percentage, yield, and essential oil chemical composition in *Satureja mutica* Fisch. & C.A.Mey. under rainfed conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 38: 102-113.

Zarei, B., Gholami, L., and Kavian, A. 2020. Changes study of soil loss using poultry manure in various time periods. Journal of Water and Soil Conservation. 27: 1-21.