دانش
کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 36, Issue 1, 2026, Pages 57-74

Journal URL: https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir
Online ISSN: 2476-4329

Evaluation of Organic and Bio Fertilizers Application on Yield and Essential Oil Production of green basil (*Ocimum basilicum* L.) in Kelardasht region

Hamid Reza Chalajour[1], Mohammad Taghi Darzi[2*], Mohammadreza Haj Seyed Hadi[2]

Received: 14 July 2024	Accepted: 10 Oct. 2024

1-MSc, Dept. of Agronomy, Roudehen Branch, Islamic Azad University of Roudehen, Roudehen, Iran
2-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Roudehen Branch, Islamic Azad University of Roudehen, Roudehen, Iran
Corresponding Author Email: mt.darzi@iau.ac.ir

Abstract

Background & Objectives: Production of medicinal plants with using from organic and bio-fertilizers leads to increase of quantity and quality of active substances such as essential oil. This study was conducted to evaluate the effects of organic and bio-fertilizers on yield and essential oil production of green basil in order to reducing of chemical fertilizer application in Kelardasht region.

Materials and Methods: The experiment was conducted based on a randomized complete block design with six treatments and three replications in Kelardasht of Iran in 2021. The treatments were vermicompost (10 $t.ha^{-1}$), nitroxin (2 $lit.\ ha^{-1}$), bio-superphosphate (2 $lit.\ ha^{-1}$), nitroxin + bio-superphosphate, vermicompost + nitroxin + bio-superphosphate, chemical fertilizer (80 and 60 $kg.\ ha^{-1}$ nitrogen and phosphorus, respectively). The measured traits included plant height, dry weight of plant, nitrogen percent in leaf, herb yield, essential oil content, essential oil yield, contents of citral, Methyl chavicol, E-Caryophyllene, trans-α-bergamotene in essential oil.

Results: The results showed that treatments had significant effects on studied traits, as the highest plant height (36.5 cm) in treatment of bio-superphosphate, the highest dry weight of plant (7.66 g $plant^{-1}$) and nitrogen percent in leaf (2.06%) in integrated treatment of nitroxin and bio-superphosphate and the highest herb yield (653.2 $kg.ha^{-1}$), essential oil content (0.44%) and essential oil yield (2.88 $kg.ha^{-1}$) in treatment of vermicompost were obtained. In an investigation of essential oil components, the highest citral content (58.33%) in in treatment of bio-superphosphate and then treatment of vermicompost application (55.23%), the highest E-Caryophyllene content (4.37%) in treatment of vermicompost and the highest Methyl chavicol content (43.17%) in chemical fertilizer were obtained.

Conclusion: In general, the results of this study showed, the application of organic and bio fertilizers, specially vermicompost in comparison to chemical fertilizer had a considerable role in increasing of yield and quantity and quality of essential oil of basil.

Keywords: Bio-Superphosphate, Citral, Essential Oil Yield, Nitroxin, Vermicompost

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
Mohammad Taghi Darzi Email: mt.darzi@iau.ac.ir Copyright@ 2026
https://doi.org/10.22034/saps.2024.62496.3250

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۷۴-۵۷

دانش کشاورزی و تولید پایدار

ارزیابی مصرف کودهای آلی و زیستی بر عملکرد و تولید اسانس ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.) در منطقه کلاردشت

حمیدرضا چلاجور[۱]، محمدتقی درزی[۲*]، محمدرضا حاج سیدهادی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۹

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه زراعت، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران
۲-دانشیار، گروه زراعت، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: تولید گیاهان دارویی با استفاده از کودهای آلی و زیستی منجر به افزایش کمیت و کیفیت مواد مؤثره نظیر اسانس می‌گردد. این مطالعه جهت ارزیابی اثر کودهای آلی و زیستی بر عملکرد و تولید اسانس ریحان سبز به منظور کاهش مصرف کود شیمیایی در منطقه کلاردشت، انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در شهرستان کلاردشت در سال ۱۴۰۰ انجام شد. تیمارها شامل ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار)، کود زیستی نیتروکسین (۲ لیتر در هکتار)، کود زیستی بیوسوپرفسفات (۲ لیتر در هکتار)، نیتروکسین + بیوسوپرفسفات، ورمی‌کمپوست + نیتروکسین + بیوسوپرفسفات و کود شیمیایی (۸۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب نیتروژن و فسفر) بودند. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، مقدار نیتروژن در برگ، عملکرد خشک پیکره رویشی، میزان اسانس، عملکرد اسانس، مقدار سیترال، متیل کاویکول، ایی کاریوفیلن و ترانس آلفابرگاموتن در اسانس بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تیمارها تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه داشتند و بیشترین ارتفاع بوته (۳۶/۵ سانتی‌متر) در تیمار بیوسوپرفسفات، بیشترین وزن خشک بوته (۷/۶۶ گرم بر بوته) و درصد نیتروژن برگ (۲/۰۶ درصد) در تیمار تلفیقی نیتروکسین و بیوسوپرفسفات و بیشترین عملکرد خشک پیکره رویشی (۶۵۳/۲ کیلوگرم در هکتار)، میزان اسانس (۰/۴۴ درصد) و عملکرد اسانس (۲/۸۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. در بررسی اجزای اسانس، بیشترین میزان سیترال (۵۸/۳۳ درصد) در تیمار بیوسوپرفسفات و سپس تیمار ورمی‌کمپوست (۵۵/۲۳ درصد)، بیشترین میزان ایی کاریوفیلن (۴/۳۷ درصد) در تیمار ورمی‌کمپوست و بیشترین میزان متیل کاویکول (۴۳/۱۷ درصد) در تیمار کود شیمیایی مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای آلی و زیستی، به ویژه ورمی‌کمپوست در مقایسه با کود شیمیایی، نقش قابل توجهی در افزایش عملکرد و کمیت و کیفیت اسانس ریحان داشتند.

واژه‌های کلیدی: بیوسوپرفسفات، سیترال، عملکرد اسانس، نیتروکسین، ورمی‌کمپوست

مقدمه

ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.)، گیاهی است علفی و یکساله از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) و از مهمترین گیاهان ادویه‌ایی و دارویی در جهان می‌باشد. پیکره رویشی آن شامل برگها و سرشاخه گلدار حاوی ماده مؤثره اسانس بوده که مقدار آن با توجه به شرایط اقلیمی محل رویش متفاوت می‌باشد. ریحان در مناطق مختلف اروپا، آسیا و خاورمیانه به ویژه در مناطق مختلف ایران کشت می‌شود (پریرا و همکاران ۲۰۱۱). از مواد مؤثره این گیاه در صنایع غذایی به عنوان عطر و طعم‌دهنده و در صنایع آرایشی و بهداشتی به عنوان دهان‌شویه و خمیردندان، استفاده‌های فراوانی به عمل می‌آید. امروزه در صنایع داروسازی از مواد موثره ریحان، برای مداوای نفخ شکم و تقویت دستگاه گوارش استفاده می‌شود (موندلو و همکاران ۲۰۰۲، خالد و همکاران ۲۰۰۶، مؤیدی و همکاران ۲۰۲۲). ترکیبات عمده تشکیل دهنده اسانس ریحان شامل سیترال[1]، متیل کاویکول[2]، ترانس آلفابرگاموتن[3]، کاریوفیلن[4]، ژرانیول[5] و اوژنول[6] می‌باشد (کوپتا و همکاران ۲۰۰۶، سجادی و همکاران ۲۰۰۶، ضیایی و همکاران ۲۰۱۲).

امروزه مصرف کودهای شیمیایی در کشاورزی، سبب آلودگی‌های فراوانی در محصولات کشاورزی و محیط زیست گردیده و توجه محققین را به کشاورزی پایدار و ارگانیک به عنوان راه حل اساسی در جهت رفع این معضلات، جلب نموده است. کودهای زیستی نظیر باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات، به منظور افزایش کیفیت محصول و حفظ حاصلخیزی خاک در سیستم‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک مطرح می‌باشند (شارما ۲۰۰۲، وو و همکاران ۲۰۰۵، ساریخانی و امینی ۲۰۲۰). از مزایای این کودها می‌توان به تأمین عناصر معدنی مورد نیاز گیاه، ترشح مواد محرک رشد گیاه، بهبود حاصلخیزی خاک و حفظ و پایداری محیط زیست اشاره کرد (شارما ۲۰۰۲، گیانشوار و همکاران ۲۰۰۲). هم‌چنین مصرف کودهای آلی مانند ورمی کمپوست که به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی مطرح هستند، به سبب دارا بودن تخلخل زیاد و ظرفیت بالای نگهداری رطوبت، قدرت بالا در جذب و نگهداری عناصر غذایی، تهویه و زهکشی مناسب و تشدید فعالیت های میکروبی، سبب بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاهان در سیستم‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک می شوند (آرانکون و همکاران ۲۰۰۵، اسریدوی و همکاران ۲۰۱۶).

در رابطه با پژوهش‌های انجام گرفته درباره کاربرد کودهای آلی و زیستی روی عملکرد و اسانس گیاهان دارویی، نصیری (۲۰۲۲) در تحقیقی روی ریحان نشان داد که کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست سبب افزایش ارتفاع بوته، عملکرد ماده خشک و عملکرد اسانس گردید. در تحقیقی زراعی روی مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش وزن خشک بوته، میزان اسانس و کیفیت آن (درصد گاماترپینن[7]) نسبت به تیمار شاهد شد. مصرف مقدار مناسب ورمی-کمپوست از طریق فراهمی جذب مطلوب فسفر و نیتروژن، موجب تولید بیوماس کافی و در نهایت افزایش کمیت و کیفیت اسانس گردید (حاج‌سیدهادی و درزی ۲۰۲۲). در تحقیقات روی گیاهان اکلیل کوهی (*Rosmarinus officinalis* L.)، به‌لیمو (*Lippia citriodora* L.) و نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria* L.)، گزارش شد که به ترتیب مصرف نیتروکسین، ۶ تن ورمی‌کمپوست و ترکیب کودهای زیستی (ازتوبارور۱ + فسفات بارور۲)، درصد نیتروژن برگ را افزایش داد (محمدپوروشوایی و همکاران ۲۰۱۹، بویری‌ده‌شیخ و همکاران ۲۰۲۱، لایق-حقیقی و عباس‌زاده ۲۰۲۲). در دو پژوهش زراعی روی گیاهان مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) و شوید (*Anethum graveolens* L.)، مصرف کود زیستی فسفات بارور۲ و قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار کیفیت اسانس شد (سرافراز و همکاران ۲۰۲۲، قیدرلویی و همکاران ۲۰۲۰).

1- Citral
2- Methyl chavicol
3- Trans alpha bergamotene
4- Caryophyllene
5- Geraniol
6- Eugenol
1- Gamma terpinene

مصرف ترکیبی کودهای آلی و زیستی (کمپوست، ورمی‌کمپوست، *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*) روی گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)، افزایش معنی‌داری در عملکرد اندام‌های رویشی، میزان و عملکرد اسانس و درصد سیس پینوکامفون[1] در اسانس داشت (درزی و همکاران ۲۰۲۲). این پژوهشگران اذعان داشتند که اثرات مثبت و هم افزایی بین کود آلی و باکتری باعث افزایش جذب عناصر غذایی و به دنبال آن افزایش رشد و عملکرد گیاه و سرانجام بهبود کمیت و کیفیت اسانس می‌شوند. هم‌چنین نتایج پژوهش‌های انجام شده روی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.)، ریحان و بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)، مؤید بهبود چشمگیر به ترتیب عملکرد خشک اندام هوایی، میزان اسانس و کیفیت اسانس (سیترونلال[2]) در اثر مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست بود (بهادری و قربانیان ۲۰۱۸، عاشقی و همکاران ۲۰۱۸، کاظمی‌نسب و همکاران ۲۰۱۶). بر اساس برخی مطالعات مصرف کود زیستی فسفره، میزان تیمول[3] و کارواکرول[4] در اسانس آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak.)، مقدار سیس توجون[5] در اسانس مریم گلی، میزان پاراسیمن[6] و گاماترپینن در اسانس مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) و مقدار تیمول و گاماترپینن در اسانس آویشن باغی را افزایش داد (شب‌خیز و همکاران ۲۰۲۱، قربانپور و همکاران ۲۰۱۴، اصلانی و همکاران ۲۰۲۲، امانی‌ماچیانی و همکاران ۲۰۲۱). همگی این پژوهشگران اظهار داشتند مصرف کود زیستی فسفره از طریق بهبود ویژگی‌های رشدی منجر به افزایش ترکیبات اسانس می‌گردند.

هدف از انجام این پژوهش، مطالعه تأثیر جداگانه و تلفیقی کاربرد کودهای آلی و زیستی بر عملکرد و اسانس گیاه دارویی ریحان سبز جهت کاهش کاربرد کودهای شیمیایی و تعیین تیمار مناسب از نظر دستیابی به بیشترین عملکرد پیکره رویشی و کمیت و کیفیت اسانس آن می‌باشد.

مواد و روش ها

این پژوهش در بهار سال ۱۴۰۰ در مزرعه‌ای در روستای سما، شهرستان کلاردشت واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۵۰۹ متر از سطح دریا، به اجرا در آمد. میانگین بارش سالیانه ۴۵۰ میلی متر و متوسط دما حدود ۹/۹ درجه سانتیگراد است. قبل از کاشت، یک نمونه ترکیبی تصادفی (از عمق ۳۰-۰ سانتی متری)، جهت آنالیز خاک، تهیه که برخی خصوصیات خاک آن ارائه شده است (جدول ۱).

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار)، کود زیستی نیتروکسین (۲ لیتر در هکتار)، کود زیستی بیوسوپرفسفات (۲ لیتر در هکتار)، نیتروکسین + بیوسوپرفسفات، ورمی‌کمپوست + نیتروکسین + بیوسوپرفسفات و شاهد کود شیمیایی (۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نوع اوره و ۶۰ کیلوگرم فسفر در هکتار از نوع سوپر فسفات تریپل) بودند. کودهای زیستی مورد استفاده همراه با توصیه مقدار مصرف، از شرکت زیست فناوری مهرآسیا تهیه گردید. نیتروکسین، به صورت محلول حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن به نام‌های *ازتوباکتر* (*Azotobacter chroococcum*) و *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum lipoferum*) بود که در هر میلی لیتر از آنها در حدود 10^8 باکتری فعال وجود داشت. محلول بیوسوپرفسفات، حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات (*Bacillus sp*) بود که در هر میلی لیتر آن حدود 10^8 باکتری فعال وجود داشت. برای تعیین مقدار ورمی‌کمپوست مصرفی، مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه ریحان و مقدار نیتروژن موجود در خاک و منبع ورمی‌کمپوست، به عنوان معیار انتخاب شد. بذور ریحان مورد استفاده در این تحقیق، یک اکوتیپ تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان بود.

2- Cis pinocamphone
1- Citronellal
2- Tymol

3- Carvacrol
4- Cis thujone
5- Para cymene

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و ورمی‌کمپوست

	بافت	pH	هدایت الکتریکی	ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم
			dS/m	%		$Mg.kg^{-1}$	
خاک	رسی‌لومی	۸/۰	۰/۸۷	۳/۲۵	۰/۲۶	۱۸/۶	۳۷۱/۴
ورمی‌کمپوست	-	۸/۳	۵/۷۸	۳۲/۰	۱/۴۸	۷۵۰۰	۱۱۳۰۰

برای اجرای آزمایش، اندازه هر کرت به ابعاد ۱/۵ × ۲ متر و حاوی ۶ ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی متر و روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر لحاظ گردید. فاصله بین کرتها نیم متر و بین تکرارها دو متر درنظر گرفته شدند. یک هفته قبل از کاشت، جهت اعمال تیمارهای ورمی‌کمپوست (جدول ۱)، ابتدا در کرت‌های مورد نظر، مقدار ورمی‌کمپوست برآورد شده، اضافه و با شن‌کش به خوبی با خاک مخلوط و جوی و پشته، ایجاد گردید. کاشت ریحان در فصل بهار و در بیست و پنجم اردیبهشت انجام و در کرت‌های حاوی تیمار محلول‌های نیتروکسین و بیوسوپرفسفات، بذور مورد نیاز به مدت ۱۰ دقیقه با آنها تلقیح و سپس در سایه و در معرض هوا خشک گردیده و در عمق ۱ سانتی‌متری خاک کشت شدند. کرت‌های مذکور در مرحله ساقه‌دهی ریحان هم توسط نیتروکسین و بیوسوپرفسفات محلول‌پاشی شدند. در کرت حاوی تیمار کود شیمیایی نیز تمام فسفر و نیمی از نیتروژن مورد نیاز در هنگام کاشت و نیم دیگر در مرحله ساقه دهی مصرف شدند. عملیات آبیاری به صورت جوی و پشته بود، در ابتدا هر ۲ روز یکبار و پس از مستقرشدن بوته‌ها با توجه به شرایط اقلیمی منطقه در حدود هر ۶ روز یکبار انجام گردید. عملیات مبارزه با علف‌های هرز مزرعه در شش نوبت به روش مکانیکی و با دست صورت گرفت. آفت و بیماری خاصی نیز در طول دوره رشد مشاهده نگردید. برداشت نهایی در مرحله گلدهی کامل و به مساحت یک مترمربع در هر کرت آزمایشی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه صورت پذیرفت.

در این تحقیق صفات ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، مقدار نیتروژن در برگ، عملکرد خشک پیکره رویشی، میزان اسانس، عملکرد اسانس، درصد سیترال، متیل کاویکول، ایی کاریوفیلن و ترانس آلفابرگاموتن در اسانس مورد بررسی قرار گرفتند. ارتفاع بوته، از میانگین ارتفاع پنج بوته در هر کرت در مرحله گلدهی کامل بدست آمد. برای تعیین وزن خشک بوته، پنج بوته در هر کرت در مرحله گلدهی کامل برداشت و درون آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار داده و سپس توزین گردیدند (کاپور و همکاران ۲۰۰۴). جهت تعیین مقدار (درصد) نیتروژن برگ، یک نمونه ۳۰ گرمی برگ در مرحله گلدهی از هر کرت به طور تصادفی تهیه و نمونه‌های فراهم شده را پس از خشک کردن در آون (۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) پودر و توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیک و آب اکسیژنه و سلنیم، هضم شدند و درصد نیتروژن با استفاده از روش تیتراسیون بعد از تقطیر و به کمک دستگاه کجل تک اتو آنالیزر اندازه گیری شد (امامی ۱۹۹۶). برای تعیین عملکرد خشک پیکره رویشی، از خطوط میانی هر کرت معادل یک مترمربع، بوته در مرحله گلدهی کامل به روش دستی برداشت گردید. سپس در هوای آزاد و در سایه خشک و توزین شدند و در پایان عملکرد خشک پیکره رویشی در واحد سطح محاسبه گردید.

برای تعیین میزان اسانس، از هر کرت آزمایشی یک نمونه ۱۰۰ گرمی از پیکره رویشی خشک شده در هوای آزاد، تهیه و بعد از خرد کردن با استفاده از روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر (Clevenger)، اسانس

گیری گردید (سفیدکن ۲۰۰۱، کاپور و همکاران ۲۰۰۴). درصد اسانس نیز پس از رطوبت‌زدایی توسط سولفات‌سدیم خشک، محاسبه شد. عملکرد اسانس نیز به کمک حاصل‌ضرب عملکرد خشک پیکره رویشی و درصد اسانس به دست آمد. جهت شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده اسانس و تعیین درصد ترکیبات عمده موجود درآن (شامل سیترال، متیل کاویکول، ایی کاریوفیلن[۱۴] و ترانس آلفابرگاموتن) به ترتیب از دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی (GC/Mass) و کروماتوگرافی گازی (GC) مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور استفاده گردید. ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس با استفاده از زمان بازداری ترکیب‌ها، اندیس بازداری طیف جرمی و مقایسه این پارامترها با ترکیب‌های استاندارد یا اطلاعات موجود در کتابخانه شناسایی شدند (آدامز ۲۰۰۱).

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر تیمارهای مختلف کودی بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول۲). مقایسه میانگین‌ها، نشان داد، ارتفاع بوته در تیمار بیوسوپرفسفات (۳۶/۵ سانتی‌متر) تفاوت آماری با تیمارهای کود ورمی‌کمپوست (۲۷/۷ سانتی‌متر)، مصرف تلفیقی نیتروکسین و بیوسوپرفسفات (۲۷/۷ سانتی‌متر) و مصرف تلفیقی ورمی‌کمپوست، نیتروکسین و بیوسوپرفسفات (۲۸/۲ سانتی‌متر) نداشت و به‌صورت معنی‌داری بیشتر از بقیه تیمارها بود، به‌نحوی که نسبت به مصرف نیتروکسین (۲۲/۴ سانتی‌متر) و کاربرد کود شیمیایی (۱۵/۱ سانتی‌متر)، به‌ترتیب حدود ۶۳ و ۱۴۲ درصد بیشتر بود (جدول۳).

افزایش ارتفاع ریحان در تیمارهای حاوی کود زیستی و آلی مذکور را می‌توان ناشی از اثرات مثبت و مطلوب کاربرد آنها بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک آزمایشی دانست که از طریق بهبود جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر، موجب بهبود رشد و متعاقب آن افزایش ارتفاع بوته گردیده است. در همین رابطه، امینی‌فرد و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که کاربرد پنج تن ورمی‌کمپوست، اثر بارز و معنی‌داری بر ارتفاع بوته ریحان داشت. آنان اظهار داشتند علت افزایش ارتفاع را می‌توان به بالاتر بودن میزان عناصر غذایی به خصوص نیتروژن در ورمی‌کمپوست نسبت داد که با تأمین تدریجی عناصر غذایی باعث تحریک رشد رویشی گیاه شده و در نتیجه ارتفاع بوته افزایش می‌یابد. نتیجه دو پژوهش زراعی هم آشکار کرد که مصرف ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست از طریق تأمین تدریجی عناصر غذایی از جمله نیتروژن در طول دوره رشد گیاه، موجب افزایش ارتفاع ریحان گردید (نصیری ۲۰۲۲، چهاربندی و همکاران ۲۰۲۲). در مطالعه دیگری مشاهده شد مصرف کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور۲، موجب افزایش قابل توجه ارتفاع بوته گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) در مقایسه با تیمار شاهد گردید (توحیدنژاد و رستگاری ۲۰۱۹). آنان بیان داشتند مصرف کودهای زیستی از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، موجب فراهمی جذب عناصری غذایی از ریشه و پیامد آن افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد. یافته‌های نصیری و قادری (۲۰۲۳) روی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.)، درزی و صادقی‌نکو (۲۰۱۶) روی زوفا، سهرابی و همکاران (۲۰۲۱) روی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) و قربانپور و همکاران (۲۰۱۴) روی مریم گلی به ترتیب حاکی از افزایش ارتفاع بوته در اثر کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود دامی و ۵۰ درصد کود شیمیایی، مصرف کود زیستی (تلقیح بذر با *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*)، مصرف بیوسولفور و مصرف باکتری حل کننده فسفات (*سودوموناس*) بود.

1- E-Caryophyllene

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر صفات مورد مطالعه در ریحان

منابع تغییر	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته	وزن خشک بوته	میزان نیتروژن در برگ	عملکرد خشک پیکره رویشی	میزان اسانس	عملکرد اسانس	سیترال	متیل کاویکول	ایی کاریوفیلن	ترانس آلفابرگاموتن
تکرار	۲	۶/۷۳ ns	۰/۱۴ ns	۰/۵۹ *	۳۳۲۰/۳ ns	۰/۰۱۱ *	۰/۱۴۵ ns	۱/۵۰ ns	۵/۰۵ ns	۰/۰۱۵ ns	۰/۰۰۲ ns
تیمار	۵	۱۵۲/۳۰ **	۵/۸۴ **	۰/۴۲ *	۳۱۶۶۹/۹ *	/۰۰۵۹ ns	۰/۹۱۵ **	۹۳/۰۱ *	۱۹۸/۳۱ **	۱/۶۴۰ **	۰/۰۱۱ ns
خطای آزمایش	۱۰	۲۲/۵۵	۰/۶۳	۰/۱۰۳	۷۱۹۳/۵	۰/۰۰۲۵	۰/۱۵۱	۲۵/۵۰	۷/۴۵	۰/۲۵۵	۰/۰۲۰
ضریب تغییرات(٪)		۱۸/۰	۱۳/۲	۱۷/۵	۱۶/۸	۱۲/۹	۱۹/۷	۹/۹	۹/۷	۱۵/۹	۱۳/۲

ns ، * و ** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول۳- مقایسه میانگین تأثیر کودهای مختلف بر صفات مورد مطالعه

تیمارها	صفات									
	ارتفاع بوته (cm)	وزن خشک بوته (g)	میزان نیتروژن در برگ (%)	عملکرد خشک پیکره رویشی ($kg.ha^{-1}$)	میزان اسانس (%)	عملکرد اسانس ($kg.ha^{-1}$)	سیترال (%)	متیل کاویکول (%)	ایی کاریوفیلن (%)	ترانس آلفابرگاموتن (%)
۱۰ تن ورمی- کمپوست	۲۷/۷ ab	۷/۳۳ a	۲/۰۵ a	۶۵۳/۲ a	۰/۴۴ a	۲/۸۸ a	۵۵/۲۳ a	۲۱/۶۵ c	۴/۳۷ a	۱/۱۳ a
نیتروکسین	۲۲/۴ bc	۴/۳۳ c	۱/۹۸ a	۳۷۰/۳ c	۰/۳۳ b	۱/۲۴ c	۴۸/۷۳ ab	۲۳/۰۵ c	۲/۷۳ c	۱/۰۰ a
بیوسوپرفسفات	۳۶/۵ a	۶/۵۰ ab	۱/۹۶ a	۵۲۵/۷ abc	۰/۳۸ ab	۲/۰۰ bc	۵۸/۳۳ a	۲۲/۲۰ c	۳/۷۴ ab	۱/۱۲ a
نیتروکسین + بیوسوپرفسفات	۲۷/۷ ab	۷/۶۶ a	۲/۰۶ a	۵۶۶/۱ ab	۰/۳۴ b	۱/۹۴ bc	۵۰/۳۲ ab	۲۸/۹۳ b	۲/۵۵ c	۱/۱۲ a
۱۰ تن ورمی- کمپوست + نیتروکسین + بیوسوپرفسفات	۲۸/۲ ab	۵/۴۶ bc	۱/۹۱ a	۴۹۴/۵ abc	۰/۴۳ ab	۲/۱۴ b	۵۰/۸۸ ab	۲۸/۹۳ b	۲/۵۵ c	۱/۱۲ a
کود شیمیایی (شاهد)	۱۵/۱ c	۴/۶۳ c	۱/۰۷ b	۴۱۳/۳ bc	۰/۴۰ ab	۱/۶۰ bc	۴۲/۱۸ b	۴۳/۱۷ a	۳/۰۹ bc	۱/۰۱ a

حروف لاتین متفاوت در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

وزن خشک بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر تیمارهای کودی آلی، زیستی و شیمیایی بر وزن خشک بوته معنی‌دار بود (جدول۲) و مقایسه میانگین‌ها، تفاوت چشمگیری را بین آن‌ها نشان داد. وزن خشک بوته در تیمار کاربرد تلفیقی نیتروکسین و بیوسوپرفسفات (۷/۶۶ گرم بر بوته) در مقایسه با تیمارهای مصرف توأم نیتروکسین، بیوسوپرفسفات و ورمی‌کمپوست (۵/۴۶ گرم بر بوته)، مصرف کود شیمیایی (۴/۶۳ گرم بر بوته) و مصرف نیتروکسین (۴/۳۳ گرم بر بوته) به‌ترتیب حدود ۴۰، ۶۵ و ۷۷ درصد بیشتر بود و با تیمارهای مصرف ورمی‌کمپوست (۷/۳۳ گرم بر بوته) و کاربرد بیوسوپرفسفات (۶/۵۰ گرم بر بوته) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۳). در رابطه با افزایش معنی‌دار وزن خشک بوته در تیمارهای مصرف تلفیقی نیتروکسین و بیوسوپرفسفات و مصرف منفرد

ورمی‌کمپوست، می‌توان اظهار داشت که کاربرد آنها از طریق بهبود فعالیت‌های زیستی خاک و تشدید آزادسازی عناصر غذایی، می‌تواند موجب بهبود رشد و به‌دنبال آن افزایش وزن خشک گردد (آرانکون و همکاران ۲۰۰۵، اکبری و غلامی ۲۰۱۶). در همین راستا عبداللهی‌آرپناهی و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی روی گیاه آویشن دنایی، شاهد افزایش وزن خشک اندام هوایی با مصرف باکتری‌های محرک رشد جنس *سودوموناس* در مقایسه با شاهد بودند. نتیجه پژوهش انجام شده روی گیاه دارویی مرزه نیز، حاکی از افزایش وزن خشک بوته در اثر مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست بود (حاج‌سیدهادی و درزی ۲۰۱۸). این محققین اظهار داشتند که کاربرد ورمی‌کمپوست از طریق بهبود ساختمان خاک و رشد بهتر ریشه‌ها و افزایش جمعیت میکروبی خاک، منجر به افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی و در نهایت وزن خشک بوته گردیده است. یافته‌های امینی‌فرد و همکاران (۲۰۲۲) روی ریحان و نوربخش و همکاران (۲۰۱۶) روی اکلیل کوهی به ترتیب حاکی از آن بود که مصرف ورمی‌کمپوست به تنهایی و مصرف توأم ورمی‌کمپوست و نیتروکسین سبب افزایش وزن خشک بوته شد.

میزان نیتروژن برگ

تأثیر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر میزان نیتروژن برگ معنی‌دار شد (جدول۲) به‌طوری که مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی تیمارهای منفرد و تلفیقی کودهای آلی و زیستی، برتری معنی‌داری از این حیث نسبت به تیمار کود شیمیایی داشتند و به ویژه دو تیمار کاربرد تلفیقی نیتروکسین و بیوسوپرفسفات (۲/۰۶ درصد) و مصرف ورمی‌کمپوست (۲/۰۵ درصد)، که حدود ۹۱ درصد در مقایسه با تیمار کود شیمیایی (۱/۰۷ درصد) دارای غلظت نیتروژن برگ بیشتری بودند (جدول۳). در رابطه با تأثیر کودهای آلی و زیستی بر درصد نیتروژن، عزیزی‌بالابیگلو و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی روی گیاه نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.) گزارش کردند که کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار)، موجب افزایش بارز غلظت نیتروژن برگ گردید و مصرف کود آلی از طریق تأمین رطوبت و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، زمینه مناسبی برای رشد و جذب عناصر غذایی برای گیاه فراهم کرده که همین موضوع سبب افزایش درصد نیتروژن شده است. در تحقیقی روی نعناع گربه‌ای مشاهده گردید که مصرف ترکیبی کودهای زیستی (ازتوبارور۱ + فسفات بارور۲)، موجب بهبود معنی‌دار میزان نیتروژن برگ در مقایسه با شاهد شد (بویری‌ده‌شیخ و همکاران ۲۰۲۱). یافته‌های یک پژوهش روی گیاه مرزه خوزستانی (*Satureja khusestanica*)، نشان داد که مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست به صورت محلول‌پاشی، باعث افزایش بارز درصد نیتروژن برگ در مقایسه با سایر تیمارها (کود گاوی و میکوریزا) گردید (بستامی و امیرنیا ۲۰۲۲). آنها بیان داشتند کود ورمی‌کمپوست از طریق افزایش فعالیت زیستی در اطراف ریشه و تأثیر بر تولید مواد تنظیم کننده رشد و بهبود جذب عناصر معدنی، موجب افزایش غلظت نیتروژن برگ شده است. نتیجه تحقیقات روی گیاهان اکلیل کوهی و به لیمو نیز مؤید افزایش درصد نیتروژن برگ به ترتیب در اثر مصرف کود زیستی نیتروکسین و ورمی‌کمپوست (۶ تن در هکتار) بوده است (محمدپوروشوایی و همکاران ۲۰۱۹، لایق‌حقیقی و عباس‌زاده ۲۰۲۲).

عملکرد خشک پیکره رویشی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، عملکرد خشک پیکره رویشی تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود آلی، زیستی و شیمیایی قرار گرفت (جدول۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد خشک پیکره رویشی در تمام تیمارهای آلی و زیستی بجز نیتروکسین (۳۷۰/۳ کیلوگرم در هکتار)، بیشتر از تیمار کود شیمیایی (۴۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار) بود و تیمار مصرف ورمی‌کمپوست (۶۵۳/۲ کیلوگرم در هکتار)، برتری محسوس و معنی‌داری از نظر عملکرد پیکره رویشی نسبت به تیمار مصرف کود شیمیایی داشت و در حدود ۵۸ درصد بیشتر بود. با وجود اینکه تیمار کاربرد تلفیقی نیتروکسین و بیوسوپرفسفات (۵۶۶/۱ کیلوگرم در هکتار) از نظر عملکرد خشک پیکره رویشی، اختلاف

معنی‌داری با تیمار کود شیمیایی نداشت اما حدود ۳۷ درصد، نسبت به آن برتری داشت که از نظر صرفه اقتصادی و ملاحظات زیست محیطی قابل توجیه می‌باشد. احتمالا مصرف ورمی‌کمپوست، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب، تولید هورمون‌های گیاهی و تأمین عناصر غذایی (آرانکون و همکاران ۲۰۰۵)، سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه ریحان گردیده باشد. در مطالعه نصیری (۲۰۲۲) بر روی ریحان، مصرف ۱۵ تن ورمی‌کمپوست سبب افزایش عملکرد ماده خشک در مقایسه با تیمارهای مصرف ۲۰ تن کود گاوی، ۷/۵ تن ورمی‌کمپوست و تیمار شاهد شد. در مطالعه زراعی دیگری روی گیاه بادرشبی، مصرف ۱۵ تن ورمی‌کمپوست موجب افزایش قابل توجه و معنی‌دار عملکرد ماده خشک در مقایسه با دو تیمار مصرف ۳۰ تن کود دامی و شاهد گردید (نصیری و همکاران ۲۰۱۹). آنان بیان کردند افزودن مواد آلی به خاک منجر به تأمین و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه شده و همچنین با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک و با ایجاد یک محیط مناسب برای رشد موجبات افزایش رشد اندام‌های هوایی و تولید ماده خشک را فراهم می‌نماید. بر اساس نتایج یک پژوهش مصرف ۱۵ تن ورمی‌کمپوست، باعث افزایش عملکرد خشک نعناع فلفلی در مقایسه با تیمارهای شاهد و کود دامی گردید و با تیمار کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر به میزان ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) هم اختلاف معنی‌داری نداشت (اسدی و همکاران ۲۰۱۸). مطالعه زراعی دیگری نیز آشکار ساخت مصرف کود آلی (۲۰ تن کود دامی) به طرز بارز و معنی‌داری موجب افزایش عملکرد ماده خشک گیاه اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی (۱۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) گردید (نقی‌زاده و مرادی ۲۰۲۱). بویری‌ده‌شیخ و همکاران (۲۰۱۷) نیز در تحقیق روی گیاه نعناع گربه‌ای نشان دادند که بیشترین عملکرد خشک اندام هوایی در تیمار مصرف توأم کودهای زیستی تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بدست آمد و با تیمار کود شیمیایی هم تفاوت آماری نداشت. آنها اظهار داشتند به احتمال زیاد باکتری‌های موجود در کودهای زیستی از طریق تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکینین و نیز کمک به فرآیند ریشه‌زایی در گیاه باعث افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن و فسفر گردیده که با توجه به نقش مهم این دو عنصر در ساخت کلروفیل و پروتئین‌های دخیل در فتوسنتز، افزایش جذب آنها منجر به افزایش فتوسنتز و به دنبال آن افزایش تولید ماده خشک و عملکرد خشک اندام هوایی شده است. همچنین در دو بررسی دیگر، مشاهده شد که کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار عملکرد خشک اندام هوایی گیاه آویشن باغی و عملکرد خشک گل گیاه گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) نسبت به شاهد و سایر تیمارهای کود آلی و زیستی گردید (بهادری و قربانیان ۲۰۱۸، رضوانی و همکاران ۲۰۲۲). آنان اظهار داشتند افزودن ورمی‌کمپوست به خاک از طریق تأمین تدریجی عناصر غذایی موردنیاز گیاه و نیز با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، محیط مناسب برای رشد ریشه ایجاد شده و در پی آن افزایش رشد اندام هوایی و بهبود عملکرد در آویشن باغی و گل محمدی مشاهده گردید.

میزان اسانس

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر تیمارهای کود آلی و زیستی بر میزان اسانس معنی‌دار نشد (جدول۲). ولی مقایسه میانگین داده‌ها، تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها از نظر میزان اسانس نشان داد، به‌نحوی که میزان اسانس در تیمار مصرف ورمی‌کمپوست (۰/۴۴ درصد) بیشتر از سایر تیمارها بود و در مقایسه با دو تیمار نیتروکسین (۰/۳۳ درصد) و مصرف تلفیقی نیتروکسین و بیوسوپرفسفات (۰/۳۴ درصد)، برتری معنی‌داری داشت و به‌ترتیب در حدود ۳۳ و ۲۹ درصد بیشتر بود که با بقیه تیمارها از جمله مصرف کود شیمیایی (۰/۴۰ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۳). مصرف ورمی‌کمپوست، شرایط مناسبی را برای افزایش جذب عناصر غذایی و متعاقب آن بهبود فتوسنتز و رشد گیاه فراهم کرده و نظر به اینکه بین فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی و

تولید اسانس رابطه مستقیمی وجود دارد (کاکینی و همکاران ۱۹۹۴) لذا می‌توان انتظار داشت که میزان اسانس در تیمار مذکور و در شرایط آزمایش حاضر افزایش یابد. در همین رابطه، پژوهش‌های عاشقی و همکاران (۲۰۱۸) روی ریحان و حاج‌سیدهادی و درزی (۲۰۲۲) روی مرزه تابستانی نشان داد که مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست، موجب افزایش درصد اسانس شد. مصرف مقدار متعادل و مناسب ورمی‌کمپوست می‌تواند از طریق فراهمی جذب مطلوب فسفر و نیتروژن، موجب تولید بیوماس کافی و در نهایت افزایش میزان اسانس گردد. در مطالعه زراعی دیگر، شرایط آبیاری مناسب و مصرف ۱۴ تن ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی در مقایسه با تیمارهای مصرف کودشیمیایی، کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست و شاهد گردید (کشاورز و همکاران ۲۰۲۰). در پژوهش رستم‌پور و همکاران (۲۰۱۷)، مصرف ۲۰ تن ورمی‌کمپوست، موجب افزایش بارز و معنی‌دار میزان اسانس گیاه شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens*) در مقایسه با مصرف کود شیمیایی (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) شد. آنان بیان کردند کاربرد ورمی‌کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای زیستی خاک و تأمین عناصر نیتروژن و فسفر برای گیاه، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای ریشه، باعث افزایش تولید ماده خشک و عملکرد سرشاخه و در نهایت بهبود میزان اسانس گردید. نتایج تحقیقات روی گیاهان زوفا، بادرشبی و بابونه حاکی از آن بود که به ترتیب مصرف تلفیقی ۱۲ تن ورمی‌کمپوست و کود زیستی (*ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*)، کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست و مصرف تلفیقی ۸ تن ورمی‌کمپوست و نیتروکسین سبب افزایش معنی‌دار میزان اسانس شد (درزی و همکاران ۲۰۲۲، نصیری و همکاران ۲۰۱۹، حاج‌علی‌عراقی و همکاران ۲۰۱۹). در تحقیق روی زوفا، مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست موجب افزایش قابل ملاحظه و معنی‌دار میزان اسانس در مقایسه با مصرف کود شیمیایی (۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) گردید (یوسف‌زاده ۲۰۱۸). او اظهار داشت احتمالا کاربرد ورمی‌کمپوست با بهبود شرایط خاکی و افزایش دسترسی به عناصر غذایی، محتوای اسانس را در گیاه افزایش داده است.

عملکرد اسانس

عملکرد اسانس به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودهای آلی، زیستی و شیمیایی قرار گرفت (جدول۲). مقایسه میانگین داده‌ها، تفاوت قابل توجهی را بین آن‌ها نشان داد، به‌نحوی که عملکرد اسانس در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست (۲/۸۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر تیمارها برتری فاحش و معنی‌داری داشت و به ویژه در مقایسه با تیمار مصرف کود شیمیایی (۱/۶۰ کیلوگرم در هکتار)، حدود ۸۰ درصد بیشتر بود (جدول۳). عملکرد اسانس در تیمارهای مصرف تلفیقی ورمی‌کمپوست، نیتروکسین و بیوسوپرفسفات (۲/۱۴ کیلوگرم در هکتار)، مصرف منفرد بیوسوپرفسفات (۲/۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد تلفیقی نیتروکسین و بیوسوپرفسفات (۱/۹۴ کیلوگرم در هکتار)، بیشتر از تیمار مصرف کود شیمیایی بودند ولی اختلاف معنی‌داری با آن نداشتند. کمترین عملکرد اسانس هم در تیمار مصرف نیتروکسین (۱/۲۴ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. از آنجایی که عملکرد اسانس ریحان تابعی از عملکرد خشک پیکره رویشی و درصد اسانس می‌باشد و با توجه به بیشتر بودن این دو پارامتر در تیمار مصرف ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار)، لذا می‌توان انتظار داشت که عملکرد اسانس به‌صورت چشمگیر و بارزی بیشتر از سایر تیمارها باشد. در دو مطالعه زراعی، بهادری و قربانیان (۲۰۱۸) روی آویشن باغی و نصیری (۲۰۲۲) در ریحان، بیشترین عملکرد اسانس به ترتیب در تیمار کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن ورمی‌کمپوست، حاصل گردید. در مطالعه دیگری روی بابونه، مصرف کود آلی ورمی‌کمپوست (۱۵ تن در هکتار)، سبب افزایش محسوس و معنی‌دار عملکرد اسانس در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی (۲۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و فسفر) گردید (میرسیدی و همکاران ۲۰۲۰). آنان بیان داشتند اثر مثبت کاربرد کود آلی مذکور بر درصد اسانس و عملکرد گل،

می‌تواند باعث افزایش عملکرد اسانس گردد. تحقیقات زراعی روی گیاهان اسطوخودوس (نقی‌زاده و مرادی ۲۰۲۱)، آویشن باغی (بیطرفان و همکاران ۲۰۱۷)، آویشن دنایی (عسکری و همکاران ۲۰۱۷) و بادرنجبویه (رضی‌پور و همکاران ۲۰۱۶) نیز نشان داد که به ترتیب مصرف تلفیقی ۱۰ تن کود دامی و کود شیمیایی، مصرف منفرد ۶ تن ورمی‌کمپوست، مصرف منفرد ۳۰ تن کود دامی و کاربرد ترکیبی ۲۰ تن کود دامی و نیتروکسین، سبب افزایش عملکرد اسانس گردید. یافته‌های حاصل از پژوهش روی گیاهان به لیمو و زنیان (*Carum copticum* L.) نیز آشکار کرد که مصرف تلفیقی کودهای آلی و زیستی، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس گردید (لایق‌حقیقی و عباس‌زاده ۲۰۲۲، جمالی‌دوست و همکاران ۲۰۲۲). همچنین در تحقیقی روی گیاه بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*)، مشاهده شد که مصرف توأم ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست، کود زیستی و ۲۵ درصد کود شیمیایی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس در مقایسه با مصرف جداگانه هر یک از آنها گردید (رضایی‌چیانه و همکاران ۲۰۱۸). کاربرد کودهای زیستی به همراه کود آلی از طریق کاهش اسیدیته خاک و فراهم نمودن شرایط مناسب جذب عناصر غذائی به خصوص نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف (آهن، روی و مس)، موجب افزایش عملکرد اسانس این گیاه دارویی شدند.

اجزای اسانس

بر اساس نتایج آنالیز کیفی اسانس، ۱۹ ترکیب در اسانس گیاه ریحان در تیمارهای جداگانه و تلفیقی کودهای آلی و زیستی و ۱۳ ترکیب در تیمار شاهد کود شیمیایی شناسایی شدند. ترکیبات غالب اسانس به ترتیب شامل سیترال (به مجموع دو ترکیب نرال[۱۵] و ژرانیال[۱۶] گفته می‌شود)، متیل کاویکول، ایی کاریوفیلن و ترانس آلفا برگاموتن بودند که بیش از ۷۵ درصد اجزای اسانس را در گیاهان تیمار شده تشکیل می‌دادند. با توجه به نتایج آزمایش، اجزای عمده اسانس بجز ترانس آلفا برگاموتن، تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود آلی، زیستی و شیمیایی قرار گرفت (جدول۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد سیترال در اسانس در تمام تیمارهای کود آلی و زیستی بیشتر از تیمار کود شیمیایی (۴۲/۱۸ درصد) بود و بیشترین درصد سیترال در دو تیمار کاربرد کود زیستی بیوسوپرفسفات (۵۸/۳۳ درصد) و مصرف ورمی‌کمپوست (۵۵/۲۳ درصد) مشاهده گردید که برتری بارز و معنی‌داری به ترتیب در حدود ۳۸ و ۳۱ درصد نسبت به مصرف کود شیمیایی داشتند. بیشترین میزان ایی کاریوفیلن در اسانس هم در تیمار مصرف ورمی‌کمپوست (۴/۳۷ درصد) حاصل گردید که برتری قابل توجه و معنی‌داری نسبت به تیمار کود شیمیایی (۳/۰۹ درصد) داشت و در حدود ۴۱ درصد بیشتر بود. همچنین مقایسه میانگین‌های آزمایش نشان داد بیشترین درصد متیل کاویکول در اسانس در تیمار کود شیمیایی (۴۳/۱۷ درصد) مشاهده گردید که به نحو بارز و معنی‌داری برتر از سایر تیمارها (آلی و زیستی) بود. کمترین میزان متیل کاویکول در اسانس نیز، در دو تیمار مصرف بیوسوپرفسفات (۲۲/۲۰ درصد) و کاربرد ورمی‌کمپوست (۲۱/۶۵ درصد) بدست آمد. به نظر می‌رسد کاربرد منابع غذایی آلی و زیستی از طریق فراهم کردن وضعیت مناسب برای آزادسازی و جذب مطلوب عناصر معدنی و افزایش بیوماس، منجر به افزایش بیوسنتز ترکیبات عمده اسانس در پیکره رویشی شده باشد (کاپور و همکاران ۲۰۱۷). در همین رابطه، در پژوهشی روی آویشن باغی، مصرف ۶ تن ورمی‌کمپوست موجب افزایش بارز و معنی‌دار میزان تیمول در اسانس در مقایسه با شاهد و سایر مقادیر ورمی‌کمپوست (۲ و ۴ تن در هکتار) گردید (بیطرفان و همکاران ۲۰۱۷). آنها دریافتند مصرف این کود آلی از طریق بهبود خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد گیاه، منجر به افزایش کیفیت اسانس شد. نتیجه پژوهش یوسفی و همکاران (۲۰۲۲) روی نوعی مرزه نشان داد که مصرف ۳۰ تن کود آلی دامی سبب افزایش درصد

1- Neral

2- Geranial

کارواکرول در اسانس گردید. همچنین در یک مطالعه زراعی روی گیاه مرزه تابستانه، مشاهده گردید که بیشترین کیفیت اسانس (درصد گاما ترپینن) در تیمار کاربرد ۵ تن ورمی‌کمپوست بدست آمد (حاج‌سیدهادی و درزی ۲۰۲۲). آنها این افزایش کیفیت اسانس را به بهبود فعالیت بیولوژیکی خاک و فراهم نمودن مطلوب عناصر پرمصرف و کم مصرف در اثر مصرف ورمی‌کمپوست، نسبت دادند. تحقیقات انجام شده روی کیفیت اسانس گیاهان دارویی دیگر نیز مبین آن است که مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست موجب افزایش درصد سیترونلال گیاه بادرنجبویه، مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست موجب افزایش درصد ژرانیول و لینالول[۱۷] گیاه بادرشبی و مصرف ۱۲ تن ورمی‌کمپوست موجب افزایش درصد کامازولن[۱۸] در گیاه بابونه گردید (کاظمی‌نسب و همکاران ۲۰۱۶، درزی و حاج‌سیدهادی ۲۰۱۷، حاج‌سیدهادی و رضایی‌قلعه ۲۰۱۶). همگی این پژوهشگران اذعان داشتند که مصرف ورمی‌کمپوست از طریق بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و تأثیر پایدار آن در تغذیه گیاه در طول دوره رشد، منجر به افزایش کیفیت اسانس گردید. در تحقیقی روی نعناع فلفلی، مصرف قارچ میکوریزا، باعث افزایش قابل ملاحظه و ۲۸ درصدی ترکیب اصلی اسانس (منتول[۱۹]) در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی (۲۰۰ و ۱۳۵ کیلوگرم اوره و سوپرفسفات تریپل) گردید (استادی و همکاران ۲۰۱۹). آنان بیان داشتند قارچ میکوریزا باعث ایجاد تغییراتی در غلظت فیتوهورمون‌های گیاهی از قبیل اسید جاسمونیک، اسید جیبرلیک و سیتوکینین می‌شود که این فیتوهورمون‌ها هم تشکیل غده‌های تشکیل دهنده اسانس را بیشتر و در نتیجه منجر به تولید بیشتر ترکیبات اسانس نظیر منتول می‌شود. همچنین در دو مطالعه دیگر، گزارش گردید کاربرد کود زیستی فسفات بارور۲ و قارچ میکوریزا به ترتیب منجر به بهبود معنی‌دار کیفیت اسانس در مریم گلی (آلفاتوجون[۲۰]، ۱ و ۸ سینئول[۲۱] و کامفور[۲۲]) و شوید (کاروون[۲۳]) در مقایسه با تیمار شاهد شد (سرافراز و همکاران ۲۰۲۲، قیدرلویی و همکاران ۲۰۲۰). در مطالعات دیگر، مصرف کود زیستی میکوریزا سبب افزایش میزان تیمول و کارواکرول در اسانس آویشن دنایی، کاربرد باکتری محرک رشد *سودوموناس* موجب افزایش میزان سیس توجون در اسانس مریم گلی، تلقیح با نوعی قارچ اندوفیت، سبب افزایش میزان پاراسیمن و گاماترپینن در اسانس مرزنجوش و مصرف قارچ میکوریزا باعث افزایش مقدار تیمول و گاماترپینن در اسانس آویشن باغی گردید (شب‌خیز و همکاران ۲۰۲۱، قربانپور و همکاران ۲۰۱۴، اصلانی و همکاران ۲۰۲۲، امانی‌ماچیانی و همکاران ۲۰۲۱). این محققین اظهار داشتند مصرف کودهای زیستی از طریق بهبود ویژگی‌های رشدی منجر به افزایش ترکیبات اسانس می‌گردند.

با توجه به کاهش محسوس و معنی‌دار سایر اجزاء مهم اسانس، شامل سیترال و ایی کاریوفیلن در تیمار کود شیمیایی، محتمل به‌نظر می‌رسد که این تقلیل، با افزایش درصد متیل کاویکول در اسانس جبران شده باشد. در همین ارتباط، در تحقیقی روی نعناع گربه‌ای مشاهده شد که مصرف کود شیمیایی سبب افزایش میزان نپتالاکتون[۲۴] و متعاقب آن کاهش میزان کاریوفیلن اکساید[۲۵] در اسانس در مقایسه با تیمارهای کود زیستی و شاهد گردید (بویری‌ده‌شیخ و همکاران ۲۰۲۱). این موضوع در مطالعه گواهی و همکاران (۲۰۱۷) روی مریم گلی نیز مشاهده شد به طوری که مصرف کود شیمیایی اوره سبب افزایش میزان آلفاتوجون و پیامد آن کاهش میزان کامفور در اسانس در مقایسه با تیمار مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست گردید. در پژوهشی روی بادرشبی، مصرف کود شیمیایی، موجب افزایش درصد ژرانیل استات[۲۶] و تقلیل درصد سیترال اسانس در مقایسه با مصرف تلفیقی ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و کود زیستی شد

1- Linalool
2- Chamazulene
3- Menthol
1- Alpha thujone
2- 1, 8- Cineol
3- Camphor
4- Carvone
5- Nepetalactone
6- Caryophyllene oxide
7- Geranyl acetate

(درزی و حاج‌سیدهادی ۲۰۱۷). هم‌چنین در مطالعه دیگری، مصرف کود شیمیایی منجر به افزایش مقدار منتون و پیامد آن کاهش میزان منتول اسانس نعناع فلفلی نسبت به تیمار کود زیستی میکوریزا شد (استادی و همکاران ۲۰۱۹). همگی این محققان نیز علت این امر را به وجود روابط معکوس در میزان ترکیبات اصلی اسانس، تحت تأثیر عناصر غذایی نسبت دادند. در سایر تحقیقات مرتبط با تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی روی گیاهان ریحان، شوید و آویشن نیز، افزایش برخی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس در اثر کاهش دیگر اجزاء آن، مورد تأیید قرار گرفته است (انور و همکاران ۲۰۰۵، مکی‌زاده و همکاران ۲۰۱۱، یادگاری ۲۰۲۲).

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد خشک پیکره رویشی، درصد و عملکرد اسانس در گیاه ریحان در تیمار ورمی‌کمپوست بدست آمد که برتری محسوس و معنی‌داری از حیث عملکرد پیکره و اسانس نسبت به تیمار کود شیمیایی داشت. بیشترین درصد سیترال در اسانس (کیفیت اسانس) که ترکیب غالب اسانس ریحان در تحقیق حاضر بود در دو تیمار مصرف کود زیستی بیوسوپرفسفات و مصرف ورمی‌کمپوست و نیز بیشترین درصد ایی کاریوفیلن در اسانس در تیمار مصرف ورمی‌کمپوست حاصل گردید که برتری بارز و معنی‌داری نسبت به تیمار کود شیمیایی داشتند. تیمار کود شیمیایی فقط از نظر درصد متیل کاویکول در اسانس، برتری معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. در مجموع یافته‌های آزمایش حاکی از برتری نسبی و قابل توجه مصرف کود آلی ورمی‌کمپوست نسبت به کود شیمیایی بوده و با توجه به پاسخ مثبت اسانس، عملکرد اسانس و ترکیبات آن در گیاه دارویی ریحان به کاربرد این منبع غذایی آلی، می‌توان انتظار داشت که در این شرایط و بدون استفاده از کود شیمیایی، شاهد دستیابی به تولید سالم و پایدار عملکرد ماده خشک و ماده مؤثره (کمیت و کیفیت اسانس) در این گیاه دارویی در یک نظام کشاورزی پایدار و ارگانیک باشیم.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مساعدت‌های مدیر فقید گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی رودهن، جناب دکتر مهدی باقی تشکر و قدردانی می‌شود و روحشان قرین رحمت الهی باشد.

منابع مورد استفاده

Abdollahi Arpanahi A, Feizian M and Mehdi Pourian G. 2020. Influence of drought stress and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on morphological characteristics, essential oil yield and composition of *Thymus daenensis* Celak. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 36(3): 417-428. doi: 10.22092/ijmapr.2020.342064.2731 (In Persian with English Abstract).

Adams RP. 2001. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, USA.

Akbari I and Gholami A. 2016. Evaluation of mycorrhizal fungi, vermicompost and humic acid on essence yield and root colonization of fennel. Iranian Journal of Field Crops Research, 13(4): 840-853. (In Persian with English Abstract).

Amani Machiani M, Javanmard A, Ostadi A, Morshedloo MR and Chabokpour J. 2021. Effects of harvest time and mycorrhiza fungus application on quantitative and qualitative yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil at different irrigation levels. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 36(6): 1022-1037. doi: 10.22092/ijmapr.2021.351323.2835 (In Persian with English Abstract).

Aminifard MH, Asgarian M, Khayyat M and Jahani M. 2022. Effect of Different Levels of Vermicompost and Copper Sulfate on Morphological Characteristics, Yield, and Yield Components of Basil (*Ocimum*

basilicum L.). Journal of Agroecology, 14(1): 115-132. doi: 10.22067/agry.2021.20304.0 (In Persian with English Abstract).

Anwar M, Patra DD, Chand S, Alpesh K, Naqvi AA and Khanuja SPS. 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 Analys, 36 (13-14): 1737-1746. doi: 10.1081/CSS-200062434

Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Metzger JD and Lucht C. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. Pedobiologia, 49(4): 297-306. doi: 10.1016/j.pedobi.2005.02.001

Asadi M, Nasiri Y, Mola Ali Abasiyan S and Morshedloo MR. 2018. Evaluation of quantitative and qualitative yield of peppermint under amino acids, chemical and organic. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 28(3): 257-275. (In Persian with English Abstract).

Asheghi P, Darzi MT and Haj Seyed Hadi MR. 2018. Effects of organic and bio-fertilizers on biomass yield and quantity and quality of essential oil of green basil (*Ocimum basilicum* L.) in Firouzkuh region. Iranian Journal of Horticultural Science, 49(1): 199-211. doi: 10.22059/ijhs.2017.223494.1149 (In Persian with English Abstract).

Askary M, Behdani MA, Parsa M, Jami Alahmadi M and Mahmoodi S. 2017. Effects of water stress and manure on stomatal conductance, relative water content, photosynthetic pigments and quantitative and qualitative yield of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(5): 793-811. doi: 10.22092/ijmapr.2017.110349.2008 (In Persian with English Abstract).

Aslani Z, Hedayati A, Hassani A and Barin M. 2022. Effects of inoculation with *Piriformospora indica* on some vegetative, physiological, and biochemical parameters and essential oil content of *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgar*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 38(2): 253-265. doi: 10.22092/ijmapr.2022.357580.3128 (In Persian with English Abstract).

Azizi Balabiglou S, Rahimi A, Heydarzadeh S, Holgoumi R and Ataei I. 2022. Effects of organic fertilizers on quantitative and qualitative traits of *Mentha piperita* L. under low water stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 38(4): 669-680. doi: 10.22092/ijmapr.2022.357546.3125 (In Persian with English Abstract).

Bahadori F and Ghorbanian D. 2018. Evaluation of Vermicompost and arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*) efficiency on essential oil and dry herb yield of *Thymus vulgaris* in the field conditions. Plant Production Technology, 18(2): 81-91. doi: 10.22084/ppt.2018.8565.1491 (In Persian with English Abstract).

Bastami, A and Amirnia R. 2022. The effect of organic and biological fertilizers on growth characteristics, nutrient uptake and essential oil yield of *Satureja khusestanica* and *S. rechinger*i. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 32(3): 17-32. doi: 10.22034/SAPS.2022.48858.2766 (In Persian with English Abstract).

Bitarafan N, Gholami A, Abbas Dokht H, Baradaran M and Khalighi Sigaroodi F. 2017. Effects of vermicompost and mycorrhizal fungi on growth characteristics, essential oil and yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agroecology, 9(1): 102-114. doi: 10.22067/jag.v9i1.41414

(In Persian with English Abstract).

Boveiri Dehsheikh P, Mahmoodi Sourestani M, Zolfaghari M and Enayati Zamir N. 2017. The effects of biological, chemical fertilizers and humic acid on vegetative and physiological indices and essential oil content of catnip (*Nepeta cataria* L.). Journal of Plant Production, 24(2): 61-76. (In Persian with English Abstract).

Boveiri Dehsheikh P, Mahmoodi Sourestani M, Zolfaghari M and Enayati Zamir N. 2021. The effects of biological, chemical fertilizers and humic acid on some microbial parameters, elements and oil quantity and quality of catnip (*Nepeta cataria* L.). Journal of Agroecology, 13(1): 73-88. doi: 10.22067/jag. v13i1.79970 (In Persian with English Abstract).

Charbandi S, Zaefarian F, Akbarpour V and Kaveh M. 2022. Reaction of sweet basil (*Ocimum bacilicum* L.) to different fertilizing system in an agroecosystem. Journal of Horticultural Science, 35(4): 535-547. doi: 10.22067/JHS.2021.61907.0 (In Persian with English Abstract).

Copetta A, Lingua G and Berta G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in Ocimum basilicum L. var. Genovese. Mycorrhiza, 16: 485-494. doi: 10.1007/s00572-006-0065-6

Darzi MT, Sadeghi Nekoo B and Haj Seyed Hadi MR. 2022. Effects of organic fertilizers on essential oil composition and yield in sustainable cultivation of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Journal of Agroecology, 14(1): 53-68. doi: 10.22067/agry.2021.20242.0 (In Persian with English Abstract).

Darzi MT and Sadeghi Nekoo B. 2016. Effects of organic amendments and biofertilizer application on some morphological traits and yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Journal of Horticultural Science, 30(3): 491-500. (In Persian with English Abstract).

Darzi MT and Haj Seyed Hadi MR. 2017. Effects of manure, vermicompost, nitroxin and bio-superphosphat application on quantity and quality of essential oil of dragonhead. Crops Improvement, 19(3): 543-560. (In Persian with English Abstract).

Emami A. 1996. Methods of plant analysis.Vol. 1. Issue 982. Soil and Water Research Institute, Department of Agricultural Research and Education, Ministry of Agriculture, Tehran, 126 p.

Gheidarlouei S, Khademian R and Mafakheri S. 2020. Response of *Anethum graveolens* L. to mycorrhiza symbiosis at different salinity levels. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 36(2): 329- 347. doi: 10.22092/ijmapr.2020.341416.2691 (In Persian with English Abstract).

Ghorbanpour M, Hosseini N, Khodaei Motlagh M and Solgi M. 2014. Effects of rhizobacteria inoculation of pseudomonas on growth, quantity and quality of essential oil of sage (*Salvia officinalis* L.). Journal of Medicinal Plants, 13(4): 89- 100. (In Persian with English Abstract).

Govahi M, Ghalavand A, Nadjafi F and Sorooshzadeh A. 2017. Comparing different soil fertility systems on some physiological characteristics, yield and essential oil of sage (*Salvia officinalis* L.) under different irrigation regimes. Journal of Agroecology, 9(2): 445-457. doi: 10.22067/jag. v9i2.45974 (In Persian with English Abstract).

Gyaneshwar P, Naresh Kumar G, Parekh LJ and Poole PS. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. Plant and Soil, 245: 83-93.

Haj Ali Araghi M, Darzi MT and Haj Seyed Hadi MR. 2019. Integrated application of vermicompost and nitroxin on quantitative and qualitative characteristics of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 29(1): 85-99. (In Persian with English Abstract).

Haj Seyed Hadi MR and Darzi MT. 2022. Evaluation of biofertilizers effects on quantitative and qualitative characteristics of essential oil in summer savory (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Horticultural Science, 52(4): 899-912. doi: 10.22059/ijhs.2021.296298.1762 (In Persian with English Abstract).

Haj Seyed Hadi MR and Darzi MT. 2018. Evaluation of vermicompost and nitrogen biofertilizer effects on flowering shoot yield, essential oil and mineral uptake (N, P and K) in summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology, 9(4): 1149-1167. (In Persian with English Abstract). doi: 10.22059/ijfcs.2017.139258.654006

Haj Seyed Hadi MR and Rezaee Ghale H. 2016. Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31(6): 1058-1070. (In Persian with English Abstract).

Jamali Dost M, Salehi A, Balouchi H and Rostampour P. 2022. Response of quantitative and qualitative yield of ajwain (*Carum copticum* L.) to irrigation cut-off in different nutritional regimes. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 38(1): 22-37. doi: 10.22092/ijmapr.2021.352963.2919 (In Persian with English Abstract).

Kapoor R, Anand G, Gupta P and Mandal S. 2017. Insight into the mechanisms of enhanced production of valuable terpenoids by arbuscular mycorrhiza. Phytochemistry Reviews, 16 (4): 677-692. doi: 10.1007/s11101-016-9486-9

Kapoor R Giri B and Mukerji KG. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology, 93: 307-311. doi: 10.1016/j.biortech.2003.10.028

Kazeminasab A, Yarnia M, Lebaschi MH, Mirshekar B and Rejali F. 2016. Effects of vermicompost and biofertilizers on essential oil composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) under drought stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32(4): 678-687. (In Persian with English Abstract).

Keshavarz H, Modarres Sanavy SAM, Sefidkon F and Mokhtassi Bidgoli A. 2020. Effect of organic fertilizers and urea fertilizer on phenolic compounds, antioxidant activity, yield and yield components of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research, 17(4): 661-672. doi: 10.22067/gsc.v17i4.80448 (In Persian with English Abstract).

Khalid KHA, Hendawy SF and El-Gezawy E. 2006. *Ocimum basilicum* L. Production under organic farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciecnes, 2(1): 25-32.

Kokkini S, Karousou D and Vokou D. 1994. Pattern of geographic variation of *organum Vulgari* trichumes and essential oil content in Greece. Biochemistry System Ecology. 22: 517-528. doi: 10.1016/0305-1978(94)90046-9

Layegh Haghighi M and Abbaszadeh B. 2022. Evaluation quantitative, qualitative traits and elements adsorption of lemon verbena (*Lippia citriodora* L.) under biochar, vermicompost and plant growth promoting rhizobacteria. Iranian Journal of Horticultural Science, 53(3): 667-679. doi: 10.22059/ijhs.2022.324940.1938 (In Persian with English Abstract).

Makkizadeh M, Chaichi MR, Nasrollahzadeh S and Khavazi K. 2011. The Effect of biologic and chemical nitrogen fertilizers on growth, yield and essential oil constituents of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 21(4): 51-62. (In Persian with English Abstract).

Mirseyedi SK, Nasiri Y, Morshedloo MR and Khalili M. 2020. Evaluation of organic, chemical, biological and amino acids application on quantitative and qualitative characteristics of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different harvesting. Iranian Journal of Horticultural Science, 50(4): 755-767. doi: 10.22059/ijhs.2018.264013.1504 (In Persian with English Abstract).

Moayedi F, Kordi S, Mehrabi AA and Dastborhan S. 2022. Evaluation of nitrogen and harvest time interaction on yield, quantity and quality of essential oil of four cultivars of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Horticultural Science, 35(4): 561-577. doi: 10.22067/jhorts4.v34i2.83778 (In Persian with English Abstract).

Mohammadpour Vashvaei R, Ghanbari A, Ramroodi M and Fakheri BA. 2019. Effects of different fertilization systems (bio and nano-bio) on growth, elements concentration, foliage and essential oil yield of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) under drought stress. Iranian Journal of Field Crop Science, 49(4): 67-86. doi: 10.22059/ijfcs.2018.234393.654329 (In Persian with English Abstract).

Mondello L, Zappia G, Cotroneo A, Bonaccorsi I, Chowdhury JU, Yusuf M and Dugo G. 2002. Studies on the essential oil-bearing plants of Bangladesh. Part VIII. Composition of some Ocimum oils; *O. basilicum* L. var. purpurascens; *O. sanctum* L. green; *O.sanctum* L. purple; *O. americanum* L., citral type; *O. americanum* L., camphor type. Flavour and Fragrance Journal, 17: 335–340. doi: 10.1002/ffj.1108

Naghizadeh M and Moradi R. 2021. Study on the radiation use efficiency and quantitative and qualitative yield in lavender and chamomile additive intercropping under the influence of cow manure and chemical fertilizer. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 37(1): 13-29. doi: 10.22092/ijmapr.2021.343115.2799 (In Persian with English Abstract).

Nasiri Y. 2022. Evaluation of morphological traits, yield, and essential oil changes of basil (*Ocimum basilicum* L.) under influence of organic fertilizers. Journal of Agroecology, 13(4): 705-721. doi:10.22067/jag. v13i4.85677 (In Persian with English Abstract).

Nasiri Y, Baghban Akbari P, Nouraein M and Amini, R. 2019. Evaluation of farmyard and vermicompost application and spray of ascorbic acid and humic substances on dragonhead production (*Dracocephalam moldavica* L.). Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 29(4): 83-101. (In Persian with English Abstract).

Nasiri Y and Ghaderi T. 2023. Effect of biological, organic and chemical nutrition on some morphological traits, dry matter yield and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 33(2): 15-33. doi: 10.22034/SAPS.2022.49964.2812 (In Persian with English Abstract).

Noorbakhsh F, Chalavi V and Akbarpoor V. 2016. Effects of vermicompost and nitroxin on vegetative growth and some biochemical traits in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Journal of Horticultural Science, 30(2): 178-184. (In Persian with English Abstract).

Ostadi A, Javanmard A, Morshedloo MR and Mola Ali Abasiyan S. 2019. Evaluation of quantitative and qualitative traits of the first and second cuttings of peppermint (*Mentha piperita* L.) under the influence of the integrated application of conventional, nano fertilizers and mycorrhizal. Iranian Journal of Field Crops Research, 17(2): 327-345. doi: 10.22067/gsc. v17i2.75005 (In Persian with English Abstract).

Pereira CM, Neiverth CA, Maeda S, Guiotoku M and Franciscon L. 2011. Complexometric titration with potenciometric indicator to determination of calcium and magnesium in soil extracts. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35(4): 1331-1336. doi: 10.1590/S0100-06832011000400027

Razipour P, Golchin A and Daghestani M. 2016. Effects of different levels of cow manure and inoculation with nitroxin on growth and performance of *Melissa officinalis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32(5): 807-823. (In Persian with English Abstract).

Rezaei Chiyaneh E, Faridvand S, Amirnia R, Mahdavikia H and Rahimi A. 2018. Effect of organic and biofertilizers on yield and some qualitative characteristics of the dragon's head (*Lallemantia iberica*) in dryfarming conditions. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 28(4): 25-40. (In Persian with English Abstract).

Rezvani H, Golzadeh AB, Gholami GA and Asiai M. 2022. Effects of different levels of vermicompost on flower yield and its components in genotypes of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) in Golestan province. Iranian Journal of Horticultural Science, 53(1): 75-85. doi: 10.22059/ijhs.2021.315279.1886 (In Persian with English Abstract).

Rostampour P, Salehi A, Amiri Fahliani R and Mirshekari A. 2017. Effect of different level of vermicompost and nitrogen fertilizer on yield andessential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens*). Iranian Journal of Horticultural Science, 48(3): 555-563. doi: 10.22059/ijhs.2017.201646.949 (In Persian with English Abstract).

Sajjadi SE. 2006. Analysis of the essential oils of two cultivated basil (*Ocimum basilicum* L.) from Iran. Daru,14(3): 128-130.

Sarafraz M, Dehghan Zadeh H and Hashemi AF. 2022. Effects of gibberellic acid and chemical and biological (Barvar-2) phosphorus on yield, yield components, and essential oil of *Salvia officinalis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 38(3): 490-503. doi: 10.22092/ijmapr.2022.357771.3135 (In Persian with English Abstract).

Sarikhani MR and Amini R. 2020. Biofertilizer in Sustainable Agriculture: Review on the Researches of

Biofertilizers in Iran. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 30(1): 329-365. (In Persian with English Abstract).

Sefidkon F. 2001. Evaluation of qualitative and quantitative essential oil fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in different stages of growth. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 7: 85-104. (In Persian with English Abstract).

Shabkhiz H, Javanmard A, Ostadi A and Morshedloo MR. 2021. Improving quantity and quality of *Thymus daenensis* Celak. essential oil with application of Myco-Root biofertilizer under different irrigation levels.

Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 37(3): 434-456. doi: 10.22092/ijmapr.2021.352999.2921 (In Persian with English Abstract).

Sharma AK. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 407 p.

Sohrabi R, Rezvani Moghddam P, Ghorbani R and Astaraie AR. 2021. Effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and oil yield of black seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology, 13(1): 23-38. doi:10.22067/jag. v12i1.22652 (In Persian with English Abstract).

Sridevi S, Prabu M and Tamilselvi NG. 2016. Bioconversion of water hyacinth into enriched vermicompost and its effect on growth and yield of peanuts. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5(9): 675-681. doi: 10.20546/ijcmas.2016.509.078

Tohidi Nejad E and Rastegari F. 2019. Effects of biological and organic fertilizers on morphological parameters and chamazulene yield of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 34(6): 949-962. doi: 10.22092/ijmapr.2019.121538.2302 (In Persian with English Abstract).

Wu SC, Caob ZH, Lib ZG, Cheunga KC and Wong MH. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma, 125: 155–166. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.07.003

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(2): 301-321. doi: 10.22092/ijmapr.2022.357303.3119 (In Persian with English Abstract).

Yousefi B, Sefidkon F, Mirza M and Lebaschi MH. 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(1): 102-113. doi: 10.22092/ijmapr.2021.354198.2976 (In Persian with English Abstract).

Yousefzadeh S. 2018. Effects of application of vermicompost levels on some traits of agromorphological, photosynthetic pigments and essential oil content of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Crop Production, 11(3): 131-137. doi: 10.22069/ejcp.2019.13639.2047 (In Persian with English Abstract).

Ziaei M, Sharifi M, Behmanesh M and Razavi K. 2012. Gene expression and activity of phenyl alanine amonialyase and essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. at different growth stages. Iranian Journal of Biotechnology, 10(1): 32-39.