Vol 27, No. 1, Spring 2025

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Effects of Different Nutrition Treatments on Essential oil Content and Composition of *Satureja bachtiarica*

Fatemeh Sefidkon[1]✉ | Fatemeh Zakerian[2] | Maryam Jebelli[3] | Fatemeh Askary[4]

1. Corresponding Author, Department of Medicinal Plants, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. Iran. E-mail: sefidkon@rifr-ac.ir
2. Department of Medicinal Plants, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. Iran. E-mail: zakerian@rifr-ac.ir
3. Department of Medicinal Plants, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. Iran. E-mail: jebeli@rifr-ac.ir, meshki@rifr-ac.ir
4. Department of Medicinal Plants, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. Iran. E-mail: fasgari@ rifr-ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 14 October 2024
Received in revised form
10 October 2024
Accepted 31 December 2024
Published online 5 March 2025

Keywords:
Carvacrol
Animal manure
Glomus
thiobacillus

ABSTRACT

Objective: This research was conducted with the aim of investigating the effect of different nutritional treatments on the yield and compositions of *Satureja bachtiarica* Bunge essential oil. *Satureja bachtiarica* Bunge is an endemic aromatic and medicinal plant from the Lamiaceae family. *Satureja bachtiarica* is found in the west and center of Iran, in the habitat of rocky and stony slopes in some areas.

Method: This experiment was performed during four years (2018 to 2021) in the agricultural conditions of the Alborz province. Sixteen nutritional treatments included chemical fertilizer, animal manure, vermicompost, mixtures with different amounts of chemical fertilizer, animal manure and vermicompost, *Glomus mosseae*, *Glomus intraradaices*, *Azospirillum lipoferrum*, *Pseudomonas putida*, *Thiobacillus thioparus*, *Thiobacillus thioparus*+ different amounts of sulfur, *Thiobacillus thioparus*+ vermicompost, and the control treatment. In treatments containing mycorrhiza, before planting the seedlings in the field, 10 grams of Glomus mushroom were poured into each planting hole. In treatments containing bacteria, to inoculate the seedlings with the desired bacteria, first the seedlings were placed in the inoculum for 20 minutes, then they were transferred to the culture pits and irrigation was done immediately for these treatments. Plants were harvested at the full flowering stage, dried at room temperature and hydro-distilled for obtaining the essential oils. The oils were analyzed by gas chromatography (GC-FID) and gas chromatography coupled to mass spectrometer (GC/MS).

Results: The results of composite variance analysis showed that the effect of timing (as indicated by the year) and the interaction of year in nutritional treatments on the percentage of essential oil (weight/weight) were significant at the 5% probability level. The highest yield of essential oil (2.30%) in the second year was obtained from the treatment of 50 tons of nitrogen, 25 tons of phosphorus and 25 tons of potassium per hectare+ 60 tons per hectare of animal manure. Additionally,the highest percentage of carvacrol was observed during 4 years with an average of 61.2% in the treatment of 60 tons per hectare of manure.

Conclusions: The results showed that the use of nutritional treatments were effective in increasing carvacrol and the efficiency of *Satureja bachtiarica* essential oil compared to the control.

Cite this article: Sefidkon, F., Zakerian, F., Jebelli, M., & Askary, F. (2025). Effects of Different Nutrition Treatments on Essential oil Content and Composition of *Satureja bachtiarica*. *Journal of Crops Improvement*, 27 (1), 109-123. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.366545.2858

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.366545.2858

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی
Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

اثر تیمارهای مختلف تغذیه بر عملکرد کمی و کیفی اسانس مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge)

فاطمه سفیدکن[۱] ✉| فاطمه ذاکریان[۲] | مریم جبلی[۳] | فاطمه عسکری[۴]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: sefidkon@rifr-ac.ir
۲. بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: zakerian@rifr-ac.ir
۳. بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: jebeli@rifr-ac.ir, meshki@rifr-ac.ir
۴. بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: fasgari@rifr-ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵

کلیدواژه‌ها:
کارواکرول
کود دامی
Glomus
Thiobacillus

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف بررسی اثر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بر بازده و ترکیب‌های اسانس مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge) انجام گرفت. مرزه بختیاری گیاه معطر و دارویی چندساله از خانواده نعناعیان و انحصاری ایران می‌باشد. مرزه بختیاری در غرب و مرکز ایران، در رویشگاه دامنه‌های صخره‌ای و سنگی برخی مناطق یافت می‌شود.

روش پژوهش: این تحقیق طی چهار سال (۱۳۹۷ الی ۱۴۰۰) در شرایط زراعی استان البرز اجرا شد. شانزده تیمار تغذیه‌ای شامل کود شیمیایی، کود دامی، ورمی‌کمپوست، مخلوط‌هایی با مقادیر مختلف از کود شیمیایی، دامی و ورمی‌کمپوست، *Glomus mosseae*، *Glomus intraradaices*، *Azospirillum lipoferrum*، *Pseudomonas putida*، *Thiobacillus thioparus*، *Thiobacillus thioparus*+ مقادیر مختلف گوگرد، *Thiobacillus thioparus*+ ورمی‌کمپوست و تیمار شاهد بودند. در تیمارهای حاوی میکوریزا پیش از کاشت نشاها در مزرعه در هر چاله کاشت، ۱۰ گرم از قارچ Glomus ریخته شد و در تیمارهای حاوی باکتری برای تلقیح نشاها با باکتری‌های موردنظر، ابتدا نشاها به‌مدت ۲۰ دقیقه در مایه تلقیح قرار گرفته، سپس به چاله‌های کشت منتقل و بلافاصله آبیاری برای این تیمارها صورت گرفت. سرشاخه گیاهان در مرحله گلدهی کامل برداشت و پس از خشک‌کردن در سایه و دمای اتاق اسانس‌گیری شدند. ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها به‌وسیله کروماتوگرافی گازی (GC-FID) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) شناسایی شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر سال و اثر متقابل سال در تیمارهای تغذیه‌ای بر درصد اسانس (وزنی/وزنی) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. بالاترین بازده اسانس (۲/۳۰ درصد) در سال دوم از تیمار ۵۰ تن نیتروژن، ۲۵ تن فسفر و ۲۵ تن پتاسیم در هکتار+ ۶۰ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد و بیش‌ترین درصد کارواکرول در طی ۴ سال با میانگین ۶۱/۲ درصد در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای در افزایش کارواکرول و بازده اسانس مرزه بختیاری نسبت به شاهد مؤثر بودند.

استناد: سفیدکن، فاطمه؛ ذاکریان، فاطمه؛ جبلی، مریم و عسکری، فاطمه (۱۴۰۴). اثر تیمارهای مختلف تغذیه بر عملکرد کمی و کیفی اسانس مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge). *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۷ (۱)، ۱۰۹-۱۲۳. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.366545.2858

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

جنس مرزه[1] از خانواده نعناعیان[2]، در ایران ۱۶ گونه علفی یک‌ساله و چندساله دارد که ۱۰ گونه آن انحصاری هستند. سایر گونه‌ها علاوه بر ایران در مناطق دیگر جهان از جمله در ترکمنستان، آناتولی (ترکیه)، قفقاز و عراق نیز می‌رویند (مظفریان، ۱۳۷۵). پراکنش گونه‌های مرزه سهندی[3] و مرزه بختیاری[4] از دیگر گونه‌ها بیش‌تر است. مرزه بختیاری با نام علمی *S. bachtiarica* یک گیاه معطر چندساله و از گونه‌های انحصاری مرزه در ایران است. مرزه بختیاری در غرب و مرکز ایران، در رویشگاه دامنه‌های صخره‌ای و سنگی در ناحیه ایرانی–تورانی در ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۳۷۰۰ متر در استان‌های کردستان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، فارس و کرمان پراکنش طبیعی دارد (جمزاد، ۱۳۸۸).

قسمت‌های سبز گونه‌های مختلف مرزه، به‌صورت خوراکی و اسانس آن‌ها به‌وفور در صنایع غذایی و دارویی استفاده می‌شود. گونه‌های مرزه تابستانی[5] و مرزه زمستانی[6] دو گونه معروف مرزه با مصرف خوراکی هستند که در بسیاری از نقاط دنیا کشت می‌شوند. دو ترکیب فنولی کارواکرول و تیمول ترکیب‌های اصلی اسانس این دو گونه مرزه هستند (سفیدکن[7]، ۲۰۲۳).

مطالعه روی بازده و ترکیبات اسانس گونه‌های مرزه بومی و انحصاری ایران نشان داده که برخی از این گونه‌ها دارای اسانس با کمیت و کیفیتی بسیار بالاتر از مرزه زراعی[8] هستند. از جمله این گونه‌ها می‌توان به مرزه خوزستانی[9] با بازده اسانس ۳–۳/۴ درصد و بیش از ۸۰ درصد کارواکرول، مرزه رشینگری[10] با ۴/۲–۳/۸ درصد اسانس و تا ۹۰ درصد کارواکرول و مرزه بختیاری با حدود ۳ درصد اسانس و ۷۰ درصد کارواکرول اشاره کرد (سفیدکن و هادی، ۱۴۰۲). هدف از این پژوهش حاضر بررسی امکان افزایش بازده اسانس مرزه بختیاری و درصد ترکیب کارواکرول اسانس با اعمال تیمارهای مختلف تغذیه‌ای بود.

۲. پیشینه پژوهش

در اسانس مرزه بختیاری، جمع‌آوری‌شده از استان چهارمحال بختیاری، در مرحله گل‌دهی کامل، تیمول (۴۴/۵ درصد)، گاما–ترپینن (۲۳/۹ درصد)، پارا–سیمن (۷/۳ درصد)، بتا–کاریوفیلن (۵/۳ درصد) و بورنئول (۴/۲ درصد) اجزای اصلی بوده‌اند (سفیدکن[11] و جمزاد[12]، ۲۰۰۰)، در اسانس نمونه‌های دیگری از مرزه بختیاری جمع‌آوری‌شده از استان یزد، کارواکرول (۶۶/۵ درصد)، پارا–سیمن (۱۵/۲ درصد) و لینالول (۴/۶ درصد) و در نمونه‌هایی از استان فارس، کارواکرول (۴۹/۳ درصد)، پارا–سیمن (۱۲/۷ درصد)، ترانس–آلفا–برگاموتن (۵/۸ درصد) و تیمول (۴/۵درصد) به‌عنوان ترکیب‌های اصلی شناسایی شدند. مقایسه بازده اسانس مرزه بختیاری با دیگر گونه‌های مرزه بومی و نیز گونه معروف مرزه تابستانه کشت‌شده در ایران نشان داده که میزان اسانس مرزه بختیاری در حد بالا (بیش از ۳ درصد) و قابل‌توجه بوده است. از این‌رو، کشت یکی از کموتایپ‌های مرزه بختیاری که کارواکرول ترکیب عمده اسانس آن می‌باشد، می‌تواند جایگزین خوبی برای گونه‌های معروف مرزه تابستانه و مرزه زمستانه باشد که بومی ایران نیستند (سفیدکن و همکاران، ۱۳۸۳).

---

1. *Satureja* L.
2. Lamiaceae
3. *S. sahendica*
4. *S. bachtiarica*
5. *S. hortensis*
6. *S. montana*
7. Sefidkon
8. *S. hortensis*
9. *S. khuzistanica*
10. *S. rechingeri*
11. Sefidkon
12. Jamzad

در اسانس مرزه بختیاری جمع‌آوری‌شده از رویشگاه (شهرکرد) قبل از گلدهی پاراسیمن (۳۶/۵ درصد)، کارواکرول (۲۰ درصد) و تیمول (۱۹/۲ درصد) و در مرحله گلدهی کامل پاراسیمن (۲۳/۲ درصد)، کارواکرول (۲۵/۸ درصد) و منتون (۱۸/۵ درصد) گزارش شده و هم‌چنین در اسانس مرزه بختیاری کشت‌شده در مزرعه (ایستگاه سراب چنگایی در چهار کیلومتری جنوب‌غربی خرم‌آباد)، در مرحله قبل از گلدهی عمده‌ترین ترکیب‌های اسانس کارواکرول (۴۸/۶ درصد) و پاراسیمن (۲۸/۶ درصد) و در مرحله گلدهی کامل کارواکرول (۶۲/۳ درصد) و پاراسیمن (۲۱/۲ درصد) بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۸۸). براساس این پژوهش اسانس‌گیری از اندام‌های هوایی مرزه بختیاری در زمان گلدهی کامل، برای دست‌یابی به بازده بالاتر از اسانس و درصد بالاتر از کارواکرول مناسب‌تر است. در پژوهشی، اثرات ضد میکروبی اسانس مرزه بختیاری گزارش شده است، اثر اسانس گونه‌های مرزه موتیکا[1]، مرزه بختیاری و مرزه ادموندی[2] علیه میکروب "سالمونلا پاراتیفی A و B" مطالعه شده (سفیدکن و همکاران، ۱۳۸۸) و نتایج حاصل، نشان از قدرت مهارکنندگی و میکروب‌کشی بالای اسانس‌ها داشت. به‌نظر می‌رسد حضور ترکیبات فنلی تیمول و کارواکرول در این اسانس‌ها می‌تواند باعث وجود خواص ضدمیکروبی آن‌ها باشد. کارواکرول دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است و پراکسیداسیون لیپیدی را کاهش می‌دهد (اشباخ[3] و همکاران، ۱۹۹۴)، این ترکیب خاصیت ضد میکروب و ضد قارچ نیز دارد (لیک[4] و همکاران، ۲۰۰۳).

ازآنجایی‌که در تعداد بسیاری از گیاهان که با قارچ‌های میکوریزا رابطه همزیستی داشته‌اند، کودهای میکوریزا اثر معنی‌داری بر بسیاری صفات کمی و کیفی (پیرزاد و همکاران، ۱۳۹۳؛ لامیان و همکاران، ۱۳۹۴؛ حقیر ابراهیم‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۷؛ سلطانی کاظمی و ابوطالبیان، ۱۳۹۹) نشان داده و هم‌چنین در تحقیقات، افزایش عملکرد با مصرف باکتری‌ها (دباغیان و همکاران، ۱۳۹۴؛ حاتمی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۸) و افزایش میزان اسانس با مصرف باکتری‌های تیوباسیلوس همراه با گوگرد (یادگار و برزگری، ۱۳۸۹)، سودوموناس (طرفی و همکاران، ۱۳۹۵) گزارش شده است، به همین جهت امروزه توجه زیادی به نقش بالقوه قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌ها در تولید محصولات زراعی به‌عمل آمده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

محل اجرای این پروژه مجتمع تحقیقاتی البرز بود. این مجتمع در ۵ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان کرج در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه شرقی، در ارتفاع ۱۳۲۰ متری از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی منطقه حدود ۲۳۵ میلی‌متر، حداقل درجه حرارت ۲۰- و حداکثر درجه حرارت آن حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت ۲۰ ساله ۱۶/۲۱ درجه سانتی‌گراد است.

مشخصات فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۴۰-۰ سانتی‌متر) در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

بافت خاک	گل اشباع	هدایت الکتریکی	شن	لای	رس	مواد خنثی شونده	نیتروژن کل	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	کربن آلی	ماده آلی
–	–	–	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	پی‌پی‌ام	پی‌پی‌ام	درصد	درصد
شنی-رسی	۷/۵	۰/۷	۴۵	۲۹	۲۶	۱۱/۲	۰/۰۸	۱۷۶	۹/۳	۰/۸۸	۱/۵۴

1. *S. mutica*
2. *S. edmondi*
3. Aeschbach
4. Leake

آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار با ۱۶ تیمار کودی بر روی مرزه بختیاری در ایستگاه البرز، طی چهار سال (سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰) اجرا شد. زمان اعمال تیمارها فقط یک نوبت و در مرحله کاشت در زمین اصلی بود. روش آبیاری به‌صورت قطره‌ای و در مراحل ابتدای رشد دو نوبت در هفته و پس از استقرار نشاها، یک نوبت در هفته بود.

در این پژوهش، ۱۶ تیمار کودی اعمال شد که عبارت بودند از ۱- ۵۰ تن نیتروژن، ۲۵ تن فسفر و ۲۵ تن پتاسیم در هکتار (N_{50}, P_{25}, K_{25})، ۲- ۳۰ تن در هکتار کود دامی (CM_{30})، ۳- ۶۰ تن در هکتار کود دامی (CM_{60})، ۴- ۵۰ تن نیتروژن، ۲۵ تن فسفر و ۲۵ تن پتاسیم در هکتار+ ۳۰ تن در هکتار کود دامی ($N_{50}, P_{25}, K_{25} + CM_{30}$)، ۵- ۵۰ تن نیتروژن، ۲۵ تن فسفر و ۲۵ تن پتاسیم در هکتار+ ۶۰ تن در هکتار کود دامی ($N_{50}, P_{25}, K_{25} + CM_{60}$)، ۶- تیمار ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (V_5)، ۷- ۵۰ تن نیتروژن، ۲۵ تن فسفر و ۲۵ تن پتاسیم در هکتار+ ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست ($N_{50}, P_{25}, K_{25} + V_5$)، ۸- *Glomus mosseae*، ۹- *Glomus intraradaices*، ۱۰- *Azospirillum lipoferrum*، ۱۱- *Pseudomonas putida*، ۱۲- *Thiobacillus thioparus*+ عدم مصرف گوگرد (*Thiobacillus* + S_0)، ۱۳- *Thiobacillus thioparus*+ ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (*Thiobacillus* + S_{250})، ۱۴- *Thiobacillus thioparus* + ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (*Thiobacillus* + S_{500})، ۱۵- *Thiobacillus thioparus*+ ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (*Thiobacillus* + V_5)، ۱۶- شاهد (Control).

مایع تلقیح قارچ میکوریزا آربوسکولار Glomus به‌صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azospirillum lipoferrum*)، تثبیت کننده فسفر (*Pseudomonas putida*) و اکسیدکننده گوگرد (*Thiobacillus thioparus*) از مؤسسه تحقیقات خاک و آب (بخش تحقیقات بیولوژی خاک، انستیتوی تحقیقات خاک و آب، تهران) تهیه گردید. پیش از کاشت نشاها در مزرعه در هر چاله کاشت، ۱۰ گرم از قارچ Glomus که حاوی ۴۰۰ تا ۵۰۰ اندام فعال قارچی بود، ریخته شد. برای تلقیح نشاها با باکتری‌های موردنظر، ابتدا نشاها به‌مدت ۲۰ دقیقه در مایه تلقیح (۱۰۹ باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) قرار گرفته، سپس به چاله‌های کشت منتقل و بلافاصله آبیاری برای این تیمارها صورت گرفت (عطارزاده[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

در طی سال‌های ۹۶، تا ۹۹، هر سال پس از به گل‌رفتن گیاهان، نمونه‌برداری از سرشاخه‌های مرزه بختیاری در مرحله گلدهی کامل، در اواخر تابستان تا اواسط پاییز از گیاهان یک‌ساله، دوساله، سه‌ساله و چهار ساله انجام شد. برای هر تیمار از هر سه تکرار کشت‌شده به‌صورت مجزا نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه و در سایه در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس ۸۰-۵۰ گرم از گیاهان هر تکرار خردشده و به‌روش تقطیر با آب، با استفاده از دستگاه طرح کلونجر طبق فارماکوپه بریتانیا، مورد اسانس‌گیری قرارگرفت. پس از تعیین بازده اسانس، نمونه اسانس‌هایی از مخلوط تکرارهای هر تیمار با یکدیگر تهیه و جهت شناسایی ترکیب‌های آن‌ها مورد آنالیز دستگاهی قرار گرفتند. شناسایی و تعیین مقدار ترکیب‌های شیمیایی تشکیل‌دهنده اسانس با دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC-FID) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) صورت گرفت. پس از تزریق اسانس‌ها به دستگاه گازکروماتوگرافی و یافتن مناسب‌ترین برنامه‌ریزی حرارتی ستون، جهت دست‌یابی به بهترین جداسازی، اسانس‌های حاصله با دی‌کلرومتان رقیق‌شده و به دستگاه گازکروماتوگراف کوپل‌شده با طیف‌سنج جرمی (GC/MS) تزریق و طیف‌های جرمی و کروماتوگرام‌های مربوطه به‌دست آمد. سپس با استفاده از زمان بازداری، شاخص بازداری، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در نرم‌افزار SATURN، ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس‌ها، مورد شناسایی کمی و کیفی قرار گرفت (آدامز[2]، ۲۰۰۴؛ شیبامو‌تو[3]، ۱۹۷۸؛ دیویس[4]، ۱۹۹۰). مشخصات دستگاه‌های مورداستفاده به‌صورت زیر بود.

1. Attarzadeh
2. Adams
3. Shibamoto
4. Davies

دستگاه GC: این دستگاه از نوع کروماتوگرافی گازی فوق سریع (مدل UFM-Thermo، ساخت ایتالیا) دارای ستون Ph–5 (به طول ۱۰ متر، قطر داخلی ۰/۱ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۴ میکرومتر) بود. دمای اولیه، ۶۰ درجه سانتی‌گراد (با زمان نگهداری ۳ دقیقه) بود که در نهایت با افزایش ۸۰ درجه سانتی‌گراد دما در هر دقیقه به دمای نهایی ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد رسید. از گاز حامل هلیوم با درجه خلوص ۹۹/۹۹۹ با حرکت در طول ستون با سرعت ۳۲ سانتی‌متر بر ثانیه استفاده شد.

دستگاه GC/MS: گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی (مدل واریان ۳۴۰۰، ساخت آمریکا) از نوع تله یونی، مجهز به ستون DB-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر که ضخامت لایه فاز ساکن در آن ۰/۲۵ میکرومتر بود. برنامه‌ریزی حرارتی ستون GC/MS از ۲۴۰–۴۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت افزایش دمای ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه بود. دمای محفظه تزریق ۱۰ درجه بیش‌تر از دمای نهایی ستون تنظیم شد. گاز حامل هلیوم بود که با سرعت ۳۱/۵ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون حرکت می‌کرد. زمان اسکن برابر یک ثانیه، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و ناحیه جرمی از ۴۰ تا ۳۴۰ بود.

داده‌های به‌دست‌آمده، پس از نوشتن برنامه آماری و از طریق (SAS 9.1) مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قرار گرفته و میانگین‌ها از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. رسم نمودارهای مربوط به استانداردها و معادله‌های مربوطه از طریق نرم‌افزار اکسل[1] صورت گرفت.

۴. یافته‌های پژوهش

با توجه به انحصاری‌بودن گونه مرزه بختیاری و لزوم اهلی‌کردن و زراعت آن با توجه به بازده اسانس و میزان مناسب کارواکرول در آن، برای یافتن بهترین توصیه تیمار تغذیه‌ای، این پژوهش انجام شد. نتایج این پژوهش در راستای توسعه کشت گیاه دارویی مرزه و مدیریت بهینه کشت این گیاه برای عملکرد مطلوب می‌تواند مفید واقع شود.

در نتایج تجزیه واریانس، آنالیز مرکب اثر کود بر درصد اسانس معنی‌دار نبود ولی اثرسال و اثر متقابل سال در تیمار تغذیه‌ای (کود) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر کودهای تغذیه‌ای بر درصد اسانس مرزه بختیاری در چهار سال

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
		درصد اسانس
سال	۳	۰/۵۸*
خطای سال	۸	۰/۲۶
کودها	۱۵	۰/۰۷ns
سال در کودها	۴۵	۰/۰۹*
خطا	۱۲۰	۰/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)	–	۲۲/۲۹

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

نتایج مقایسه میانگین مرکب اثرسال بر درصد اسانس مرزه بختیاری نشان داد در سال چهارم، درصد اسانس به میزان ۰/۹۱ درصد کم‌تر از سال‌های اول و دوم و سوم بود (جدول ۳).

1. Excel

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سال بر درصد اسانس مرزه بختیاری در چهار سال

	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم
درصد اسانس	۱/۳۶a	۱/۳۷a	۱/۱۱a	۰/۹۱b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در جدول فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

در مقایسه میانگین مرکب، اثرکودهای تغذیه‌ای بر درصد اسانس مرزه بختیاری نشان داد در چهار سال، درصد اسانس در تیمار *Thiobacillus*+ ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۳۰ تن در هکتار کود دامی از نظر عددی به مقدار ۱/۳۹ و ۱/۳۸ درصد بیش‌تر از تیمارهای دیگر بود (جدول ۴).

جدول ٤. اثر مقایسه میانگین مرکب اثر کودهای تغذیه‌ای بر درصد اسانس مرزه بختیاری در چهار سال

ردیف	تیمار	درصد اسانس	رد یف	تیمار	درصد اسانس
۱	$N_{50}P_{20}K_{25}$	۱/۳۱ab	۹	*G.intraradices*	۱/۰۷ab
۲	CM_{30}	۱/۱۳ab	۱۰	*Azospirillum*	۱/۱۳ab
۳	CM_{60}	۱/۳۲ab	۱۱	*pseudomonas*	۱/۲۴ab
۴	$N_{50}P_{25}K_{25}+CM_{30}$	۱/۳۸a	۱۲	*Thiobacillus*+S_0	۱/۲۶ab
۵	$N_{50}P_{25}K_{25}+CM_{60}$	۱/۲۷ab	۱۳	*Thiobacillus*+S_{250}	۰/۹b
۶	v_5	۱/۰۵ab	۱۴	*Thiobacillus*+S_{500}	۱/۳۳a
۷	$N_{50}P_{25}K_{25}+V_5$	۱/۲۷ab	۱۵	*Thiobacillus*+V_5	۱/۳۹ab
۸	*G. mosseae*	۰/۹۶ab	۱۶	control	۰/۹۹ab

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

در مقایسه میانگین مرکب، اثرمتقابل سال در کودهای تغذیه‌ای بر درصد اسانس مرزه بختیاری نشان داد در چهار سال، درصد اسانس در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۶۰ تن در هکتار کود دامی در سال دوم از نظر عددی بیش‌تر از تیمارهای دیگر بود (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سال در کودها بر درصد اسانس مرزه بختیاری

تیمار (سال×تیمار)	درصد اسانس در سال اول	درصد اسانس در سال دوم	درصد اسانس در سال سوم	درصد اسانس در سال چهارم
$N_{50}P_{20}K_{25}$	۲/۲۸ab	۱/۱۸b-h	۱/۰۸b-h	۰/۹۰d-i
M_{30}	۱/۲۱a-h	۱/۲۵a-h	۱/۲۰a-h	۰/۶۱hi
M_{60}	۱/۵۲a-f	۱/۶۶a-f	۱/۲۰a-h	۱/۴۳a-g
$N_{50}P_{25}K_{25}+M_{30}$	۱/۲۸a-h	۱/۶۰a-g	۱/۲۲a-h	۰/۹۰c-h
$N_{50}P_{25}K_{25}+M_{60}$	۰/۷۶e-i	۲/۳۰a	۱/۱۹a-h	۱/۰۴b-h
v_5	۱/۵۱a-g	۱/۴۴a-g	۰/۸۶d-i	۰/۷۵e-i
$N_{50}P_{25}K_{25}+V_5$	۱/۶۷a-e	۱/۳۴a-h	۱/۳۲a-h	۱b-h
G. mosseae	۰/۸۵d-i	۱/۱۴a-h	۰/۸۷d-i	۰/۸۶d-i
G.intraradices	۰/۸۳d-i	۱/۳۹a-g	۱/۰۶b-h	۰/۴۰i
Azospirillum	۰/۹۴d-i	۰/۹d-i	۱/۴۸a-g	۰/۹۷c-h
pseudomonas	۱/۱۳a-h	۱/۶۲a-f	۱/۶۰a-f	۰/۷۰e-i
Thiobacillus+S_0	۱/۵۶a-f	۱/۲۹a-h	۱/۱۷a-h	۱/۲۰a-h
Thiobacillus+S_{250}	۱/۴۷a-g	۰/۷۹d-i	۰/۶۰ghi	۰/۸۵d-i
Thiobacillus+S_{500}	۲/۰۶abc	۱/۶۴a-f	۰/۷۹d-i	۰/۹۵b-h
Thiobacillus+V_5	۱/۸۰a-d	۱/۴۸a-g	۱/۳۲a-h	۰/۷۶d-i
Control	۰/۹۰f-i	۰/۸۹d-i	۰/۸۸d-i	۱/۳۰a-h

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

تعداد ۱۸ ترکیب در اسانس مرزه بختیاری شناسایی شد که در همه نمونه‌ها بیش‌ترین بخش اسانس مرزه بختیاری، ترکیب کارواکرول بود. سایر اجزای عمده اسانس بعد از کارواکرول، پارا–سیمن و گاما–ترپینن بودند که پیش‌ماده‌های بیوسنتز ترکیب‌های فنلی تیمول و کارواکرول هستند (جدول ۶).

در نتایج تجزیه اسانس، میزان کارواکرول درسال ۹۶ و در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به میزان ۷۰/۵ درصد بیش‌تر از ۳ سال بعدی بود. کارواکرول در تیمارهای شاهد، *Pseudomonas*، ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، *G. mosseae*، *Azospirillum*، ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۶۰ تن در هکتار کود دامی، ۳۰ تن در هکتار کود دامی، *Thiobacillus*، *G. intraradaices* و *Thiobacillus* + ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌ترتیب ۴۹/۱، ۵۶/۲، ۶۲/۴، ۶۳/۷، ۴۹/۹، ۶۵/۱، ۵۷/۵، ۵۷/۵، ۵۹/۵ و ۶۰/۱ درصد در سال ۹۸ (گیاهان سه ساله) بیش‌تر از سال ۹۷ (گیاهان دو ساله) بود. و این ترکیب در تیمارهای ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۳۰ تن در هکتار کود دامی، ۶۰ تن در هکتار کود دامی، ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم، ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، *Thiobacillus*+ ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و *Thiobacillus*+ ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست با اعداد ۶۱/۷، ۶۱/۲، ۶۱/۴، ۶۱/۲، ۵۹/۲ و ۵۹ درصد در سال ۹۷ (گیاهان دو ساله) بیش‌تر از سال ۹۸ (گیاهان سه ساله) بود (جدول ۷).

نتایج در سال ۱۳۹۷ نشان داد میزان کارواکرول در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی، تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم، ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۳۰ تن در هکتار کود دامی با اعداد ۶۱/۲، ۶۱/۴، ۶۱/۲ و ۶۱/۷، افزایش بارز یافته که بیش‌ترین میزان در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۳۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد و بیش‌ترین میزان کارواکرول در سال ۹۸ در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۶۰ تن در هکتار کود دامی با عدد ۶۵/۱ درصد بود، هم‌چنین افزایش بارز کارواکرول در تیمارهای ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ۶۰ تن در هکتار کود دامی، *G. mosseae* و *Thiobacillus*+ ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با اعداد ۶۲/۴، ۶۰/۸، ۶۳/۷ و ۶۰/۱ مشخص شد، در نتایج این پژوهش بیش‌ترین میزان کارواکرول در سال ۹۹ در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی با عدد ۵۸/۶ درصد بود، هم‌چنین افزایش بارز کارواکرول در اکثر تیمارها مشاهده شد (جدول ۷).

پارا–سیمن و گاما–ترپینن، بعد از کارواکرول، سایر ترکیب‌های عمده اسانس در مرزه بختیاری بودند که سال ۱۳۹۶ از میان ۱۶ تیمار اعمال‌شده، بیش‌ترین مقدار پارا–سیمن در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم+ کود دامی ۶۰ تن در هکتار (۱۴/۸ درصد) و بیش‌ترین مقدار گاما–ترپینن در تیمار کودی *Thiobacillus*+ ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (۱۴ درصد) بود. در سال ۱۳۹۷، بیش‌ترین درصد پاراسیمن در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی (۲۵ درصد) و بیش‌ترین درصد گاما–ترپینن در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی (۱۵/۶ درصد) بود. در سال ۹۸، بیش‌ترین مقدار پارا–سیمن در تیمار *Thiobacillus*+ ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (۲۳ درصد) و بیش‌ترین مقدار گاما–ترپینن در تیمار control (۱۳/۶ درصد) بود. در سال ۱۳۹۹، بیش‌ترین درصد پارا–سیمن در تیمار کودی *Thiobacillus*+ ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (۳۳ درصد) و بیش‌ترین درصد گاما–ترپینن در تیمار *Thiobacillus*+ ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد (۱۱ درصد) بود.

جدول ٦. میانگین درصد ترکیبات اسانس مرزه بختیاری در چهار سال متوالی در اثر تیمارهای مختلف کودی

ردیف	ترکیبات	شاخص بازداری ۱	شاخص بازداری ۲	N50P25K25	M30	M60	N50P25K25 + M30	N50P25K25 +M60	V5	N50P25K25 + V5	*G. mosseae*	*G. intraradices*
۱	آلفا-توجن	۹۲۹	۹۳۰	۰/۸	۱/۰	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۶	۰/۷
۲	آلفا-پینن	۹۴۰	۹۳۹	۰/۹	۱/۰	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۸	۰/۸	۰/۷
۳	کامفن	۹۵۴	۹۵۴	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۳
۴	بتا-پینن	۹۸۰	۹۷۹	۱/۰	۱/۴	۱/۱	۱/۰	۱/۱	۱/۰	۱/۲	۱/۰	۱/۱
۵	میرسن	۱۰۰۰	۹۹۰	۰/۶	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۴
۶	آلفا-ترپینن	۱۰۱۶	۱۰۱۷	۱/۲	۱/۶	۱/۳	۱/۲	۱/۴	۱/۲	۱/۴	۱/۲	۱/۲
۷	پارا-سیمن	۱۰۲۶	۱۰۹۱	۱۷/۷	۱۸/۶	۱۵/۹	۱۷/۶	۱۷/۱	۱۸/۸	۱۷/۵	۱۷/۰	۱۷/۱
۸	لیمونن	۱۰۲۹	۱۰۲۹	۰/۳	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳
۹	۱و۸-سینئول	۱۰۳۱	۱۰۳۱	۰/۱	–	۰/۱	۰/۱	–	–	۰/۱	۰/۱	–
۱۰	گاما-ترپینن	۱۰۶۰	۱۰۵۹	۸/۷	۱۰/۵	۹/۰	۸/۵	۱۰	۸/۱	۹/۳	۷/۸	۸/۹
۱۱	ترپینولن	۱۰۸۷	۱۰۸۸	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۳
۱۲	لینالول	۱۰۹۹	۱۰۹۶	۲/۲	۲/۱	۲/۶	۲/۲	۲/۱	۲/۲	۲/۵	۲/۵	۱/۹
۱۳	برنئول	۱۱۶۸	۱۱۶۹	۱/۳	۱/۲	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۵	۱/۴	۱/۷	۱/۰
۱۴	تیمول	۱۲۹۲	۱۲۹۰	۳/۹	۱/۶	۱	۲/۷	۲/۴	۰/۵	۱/۵	۲/۵	۳/۴
۱۵	کارواکرول	۱۳۰۰	۱۲۹۹	۵۶/۳	۵۵/۶	۶۱/۲	۵۹/۳	۵۷/۷	۶۰/۰	۵۸/۹	۵۹/۴	۵۸/۲
۱۶	ای-کاریوفیلن	۱۴۲۰	۱۴۱۹	۲/۱	۱/۹	۲/۲	۱/۹	۲/۳	۲/۱	۲/۰	۲/۲	۲/۶
۱۷	اسپاتولنول	۱۵۸۰	۱۵۷۸	۰/۲	–	–	–	۰/۱	–	–	۰/۱	۰/۱
۱۸	کاریوفیلن اکسید	۱۵۸۵	۱۵۸۳	۱/۳	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۰/۹	۱/۰	۱/۲
–	درصد کل	–	–	۹۹/۳	۹۹/۲	۹۹/۶	۹۹/۷	۹۹/۶	۹۹/۹	۹۹/۶	۹۹/۵	۹۹/۴
–	هیدروکربن مونوترپن	–	–	۲۲/۹	۲۵/۱	۲۰/۹	۲۲/۵	۲۲/۴	۲۴	۲۲/۷	۲۱/۹	۲۱/۸
–	مونوترپن اکسیژنه	–	–	۷۲/۸	۷۱/۳	۷۵/۶	۷۴/۴	۷۳/۸	۷۲/۷	۷۴	۷۴/۳	۷۳/۷
–	سزکوئی ترپن	–	–	۳/۶	۲/۸	۳/۱	۲/۸	۳/۴	۳/۲	۲/۹	۳/۳	۳/۹

ادامه جدول ٦. میانگین درصد ترکیبات اسانس مرزه بختیاری در چهار سال متوالی در اثر تیمارهای مختلف کودی

ردیف	ترکیبات	شاخص بازداری ۱	شاخص بازداری ۲	*Azospirillum*	*Pseudomonas*	*Thiobacillus*+S0	*Thiobacillus* + S250	*Thiobacillus* + S500	*Thiobacillus* + V5	control
۱	آلفا-توجن	۹۲۹	۹۳۰	۰/۷	۱/۱	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۷	۱/۰
۲	آلفا-پینن	۹۴۰	۹۳۹	۰/۷	۱/۲	۰/۷	۰/۸	۰/۶	۰/۸	۰/۹
۳	کامفن	۹۵۴	۹۵۴	۰/۵	۰/۶	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۶	۰/۴
۴	بتا-پینن	۹۸۰	۹۷۹	۰/۱	۱/۴	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۰/۱	۱/۴
۵	میرسن	۱۰۰۰	۹۹۰	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۱/۰	۰/۶
۶	آلفا-ترپینن	۱۰۱۶	۱۰۱۷	۱/۴	۱/۶	۱/۵	۱/۳	۱/۴	۱/۱	۱/۷
۷	پارا-سیمن	۱۰۲۶	۱۰۹۱	۱۸/۴	۱۷/۷	۱۴/۹	۲۰/۶	۱۵/۷	۲۶/۳	۲۰/۰
۸	لیمونن	۱۰۲۹	۱۰۲۹	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۲
۹	۱و۸-سینئول	۱۰۳۱	۱۰۳۱	–	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۱	–	۰/۱
۱۰	گاما-ترپینن	۱۰۶۰	۱۰۵۹	۱۱/۰	۱۰/۷	۱۱/۲	۱۰/۴	۱۰/۹	۷/۵	۱۲/۱
۱۱	ترپینولن	۱۰۸۷	۱۰۸۸	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۲
۱۲	لینالول	۱۰۹۹	۱۰۹۶	۱/۷	۲/۱	۲/۱	۲/۰	۲/۵	۱/۸	۱/۸
۱۳	برنئول	۱۱۶۸	۱۱۶۹	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱/۶	۱/۶	۰/۸
۱۴	تیمول	۱۲۹۲	۱۲۹۰	۸/۴	۱/۹	۳/۰	۴/۱	۲/۷	۳/۲	۷/۲
۱۵	کارواکرول	۱۳۰۰	۱۲۹۹	۵۰/۱	۵۵/۹	۵۸/۳	۵۲/۷	۴۲/۸	۴۹/۱	۴۸/۱
۱۶	ای-کاریوفیلن	۱۴۲۰	۱۴۱۹	۲/۴	۲/۰	۲/۲	۱/۷	۲/۱	۱/۷	۱/۹
۱۷	اسپاتولنول	۱۵۸۰	۱۵۷۸	۰/۲	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۳	۰/۱
۱۸	کاریوفیلن اکسید	۱۵۸۵	۱۵۸۳	۰/۹	۰/۷	۰/۹	۱/۱	۰/۹	۱/۵	۰/۷
–	–	–	–	۹۹/۸	۹۹/۸	۹۹/۵	۹۹/۸	۸۴/۴	۹۷/۸	۹۹/۲
–	–	–	–	۲۳/۴	۲۴/۷	۲۰/۱	۲۵/۸	۲۰/۵	۳۰/۹	۲۶/۲
–	–	–	–	۷۲/۹	۷۲/۳	۷۶/۳	۷۱/۱	۶۰/۹	۶۳/۴	۷۰/۳
–	–	–	–	۳/۵	۲/۸	۳/۱	۲/۹	۳/۰	۳/۵	۲/۷

شاخص بازداری ۱ :شاخص بازداری محاسبه‌شده
شاخص بازداری ۲ :کتاب (Adams, 2017)

جدول ۷. اثر کودها بر میزان کارواکرول مرزه بختیاری در طی چهار سال متوالی

تیمار	درصد کارواکرول سال اول (۹۶)	درصد کارواکرول سال دوم (۹۷)	درصد کارواکرول سال سوم (۹۸)	درصد کارواکرول سال چهارم (۹۹)
$N_{50}P_{20}K_{25}$	۷۰/۵	۶۱/۴	۵۳/۴	۳۹/۹
M_{30}	۶۳/۸	۴۲/۳	۵۷/۵	۵۸/۶
M_{60}	۶۶/۷	۶۱/۲	۶۰/۸	۵۶/۰
$N_{50}P_{25}K_{25}+M_{30}$	۶۶/۳	۶۱/۷	۵۷/۸	۵۱/۵
$N_{50}P_{25}K_{25}+M_{60}$	۵۹/۴	۵۱/۹	۵۶/۱	۵۴/۵
v_5	۷۰/۴	۶۱/۲	۵۷/۸	۵۰/۵
$N_{50}P_{25}K_{25}+V_5$	۶۵/۲	۵۶/۲	۶۲/۴	۵۱/۷
G. mosseae	۶۵/۲	۵۸/۶	۶۳/۷	۵۰/۲
G.intraradices	۶۰/۲	۵۵/۶	۵۹/۵	۵۷/۵
Azospirillum	۶۳/۰	۴۱/۷	۴۹/۹	۴۵/۹
pseudomonas	۶۶/۹	۴۹/۷	۵۶/۲	۵۰/۶
Thiobacillus+S_0	۶۲/۰	۵۶/۳	۵۷/۵	۵۷/۵
Thiobacillus+S_{250}	۵۷/۹	۵۹/۲	۵۵/۱	۳۸/۵
Thiobacillus+S_{500}	۶۱/۸	۵۸/۰	۶۰/۱	۴۸/۸
Thiobacillus+V_5	۶۴/۸	۵۹/۰	۵۶/۳	۴۹/۱
Control	۶۵/۶	۴۳/۲	۴۹/۱	۳۴/۳

۵. بحث

بررسی میانگین بازده اسانس مرزه بختیاری کشت‌شده با اعمال تیمارهای مختلف تغذیه‌ای، به‌طور کلی کاهش بازده اسانس در سال سوم و سپس چهارم را به میزان قابل‌توجهی نشان داد (جدول ۳). تفاوت نتایج در سال چهارم، ارتباط مستقیمی با شرایط آب‌وهوایی ندارد بلکه ناشی از مسن‌شدن و چوبی‌شدن بیش‌تر ساقه‌های گیاه است. ازآنجایی‌که بخش عمده اسانس در برگ و گل این گیاه است هرچه بخش چوبی گیاه بیش‌تر می شود، بازده اسانس اندام هوایی، به همان نسبت پایین می‌آید که در حقیقت به ما نشان می‌دهد بعد از گذشت چند سال (معمولاً سه تا چهار سال) باید دوباره کشت انجام شود.

در این پژوهش در سال اول، با مصرف کودهای *G. mosseae* و *G. intraradices* درصد اسانس نسبت به شاهد افزایش نیافت، در صورتی‌که افزایش درصد اسانس در سال دوم مشاهده شد (جدول ۵). در بررسی‌های انجام‌شده اثر کودها بر گیاه مرزه سهندی افزایش معنی‌دار سال بر درصد اسانس، گزارش شده است که با مصرف کودهای *G. mosseae* و *G. intraradices* در مرزه سهندی افزایش اسانس در سال دوم دیده شده است (ذاکریان[1] و همکاران، ۲۰۲۰) و هم‌چنین مصرف کودهای میکوریزا در سال سوم کارواکرول بیش‌تری از سال دوم نشان داد (جدول ۷) که این خود گویای این مطلب بوده است که کودهای میکوریزا با گذشت زمان در خاک می‌توانند فعالیت بارزتر نشان دهند. در پژوهشی که روی گیاه نعناع انجام شد، گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا از لحاظ مقدار اسانس از گیاهان شاهد بهتر بودند (موچیارلی[2] و همکاران، ۲۰۰۳). محققان گزارش کردند تأثیر قارچ *Glomus fasciculatum* روی سه رقم نعناع (منتا آرونسیس)[3] شامل Gomti، Kalka و Shivalik، در ارقامی که با قارچ میکوریز تیمار شده بودند مقدار اسانس افزایش پیدا کرد (گوپتا[4] و همکاران، ۲۰۰۲). در پژوهش

1. Zakerian
2. Mucciarelli
3. *Mentha arvensis*
4. Gupta

حاضر، اثر سال بر درصد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۲) و از نظر عددی سال چهارم درصد اسانس پایین‌تری را نشان داد (جدول ۴) که قسمت‌های خشبی بیش‌تر در سال چهارم می‌تواند دلیلی برآن باشد، کارواکرول در سال سوم در تیمارهای کودهای *Azospirillum* و*Psedumonas* نیز بیش‌تر از سال دوم بود (جدول ۷). در تجزیه مرکب اثر کودهای تغذیه‌ای بر درصد اسانس در چهار سال (جدول ۲) معنی‌دار نبود، عدم معنی‌داری تیمارهای کود شیمیایی و کودهای تلفیقی شیمیایی و دامی و یا تیمارهای کود بیولوژیک بر درصد اسانس رازیانه در پژوهش‌های بدران[1] و صفوت[2] (۲۰۰۴) هم گزارش شده است. در ترکیبات موجود در اسانس مرزه بختیاری، ترکیب کارواکرول ترکیب اصلی بود (جدول ۵). گاماترپینن و پاراسیمن در مسیر بیوسنتز این ترکیب، به‌عنوان پیش‌ماده عمل می‌کنند. کارواکرول یک ترکیب فنولی مونوترپنی است که فرمول شیمیایی آن به‌صورت $C_{10}H_{14}O$ است (وایت[3]، ۲۰۱۱). فرمول شیمیایی تیمول نیز مشابه کارواکرول است، تیمول در بسیاری از گونه‌های مرزه ترکیب اصلی است و تفاوت آن با کارواکرول در جایگاه گروه هیدروکسیل در ساختار آن است. در واقع کارواکرول ایزومر تیمول بوده و بویی شبیه به تیمول دارد. این مواد در ساختار روغن خوراکی گیاهانی مانند آویشن، پونه کوهی و مرزه که به‌عنوان چاشنی غذا مورداستفاده قرار می‌گیرند، وجود دارند (وایت، ۲۰۱۱). کارواکرول و تیمول دارای خواص مختلف بیولوژیکی و دارویی مانند آنتی اکسیدان، ضد باکتری، ضد قارچی، ضد سرطان، ضد التهابی، هپاتواستروپید، اسپاسمولیتیک و شل‌کننده عروق می‌باشند (سانترز[4] و همکاران، ۲۰۱۵). لذا به‌علت اهمیت بیولوژیکی و دارویی کارواکرول و تیمول، تمرکز این مطالعه بر روی ارزیابی کارواکرول بوده است. در تیمارهای مختلف در میزان کارواکرول نشان داد در اکثر تیمارها میزان کارواکرول در سال اول از سال‌های دیگر بیش‌تر بود (جدول ۷). در این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ افزایش کارواکرول در تیمارهای دارای کود آلی نسبت به شاهد مشهود بود (جدول ۷). در پژوهش‌های نیز افزایش کامازولن در تیمارهای کود دامی در بابونه آلمانی دیده شد (احمدیان و همکاران، ۱۳۸۹). گزارش شده است کودهای شیمیایی در ترکیب با کودهای زیستی در افزایش عملکرد اسانس و کارواکرول مرزه رشینگری تأثیر مثبت داشته‌اند (مکی زاده و همکاران، ۱۳۹۱). افزایش معنی‌دار درصد تیمول اسانس زنیان با مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر (اکبری‌نیا و همکاران، ۱۳۸۲) دیده شد، در پژوهش حاضر بیش‌ترین درصد اسانس در ترکیب ۶۰ تن در هکتار کود دامی و کود شیمیایی (۵۰ تن در هکتار نیتروژن، ۲۵ تن در هکتار فسفر و ۲۵ تن در هکتار پتاسیم) در سال دوم مشاهده شد در پژوهشی نیز بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی و زیستی و ترکیب آن‌ها مشاهده شده است با مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن، ۳۲ کیلوگرم فسفر و پتاسیم به‌همراه ۲۵ تن کود دامی در هکتار، بیش‌ترین درصد اسانس و تیمول حاصل می‌شود (صفایی و همکاران، ۱۳۹۶). ما نیز افزایش کارواکرول در تیمارهای دارای ۵۰ تن در هکتار نیتروژن، ۲۵ تن در هکتار فسفر و ۲۵ تن در هکتار پتاسیم را در سال‌های متوالی مشاهده کردیم (جدول ۷). در این پژوهش در سال‌های متوالی درصد اسانس با مصرف کود شیمیایی به‌تنهایی، در سال اول بیش‌ترین بود، کودهای دامی به‌تنهایی در سال دوم بیش‌ترین درصد اسانس را نشان دادند. اما در مخلوط این کودهای شیمیایی با کودهای دامی بیش‌ترین درصد اسانس در سال دوم حاصل شد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مصرف کودها در افزایش کمیت و کیفیت اسانس می‌تواند تأثیرگذار باشد. بیش‌ترین درصد اسانس با مصرف مخلوطی از ۶۰ تن در هکتار کود دامی و کودهای شیمیایی (۵۰ تن در هکتار نیتروژن، ۲۵ تن در هکتار فسفر و ۲۵ تن در هکتار پتاسیم+ ۶۰ تن در هکتار کود دامی) در سال دوم حاصل شد. با مصرف کودهای شیمیایی به‌تنهایی درصد اسانس در

1. Badran
2. Safwat
3. White
4. Suntrez

سال‌های متوالی کاهش یافت. کودهای میکوریزا در سال دوم بیش‌ترین تأثیر خود را بر افزایش درصد اسانس داشتند. مصرف کودها می‌تواند تأثیر مثبتی بر درصد کارواکرول در بوته‌های دوساله و چندساله بگذارد. به‌طور متوسط بیش‌ترین درصد کارواکرول در تیمار ۶۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد. برای بالابردن میزان ترکیب اصلی اسانس مرزه بختیاری کشت‌شده در شرایط آب‌وهوایی استان البرز، استفاده از کودهای دامی پیشنهاد می‌شود.

۷. تشکر و قدردانی

از پشتیبانی مالی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور برای اجرای این پروژه و هم‌چنیناز آقای دکتر بهلول عباس‌زاده برای راهنمایی‌های ارزنده در کاشت و داشت و برداشت گیاهان، و از خانم‌ها دکتر سمیه فکری و دکتر راضیه عظیمی برای همکاری در آنالیزهای GC و GC/MS، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

احمدی، شهلا؛ سفیدکن، فاطمه؛ باباخانلو، پرویز؛ عسگری، فاطمه؛ خادمی، کریم؛ ولیزاده، ناهید و کریمی فر، محمد علی (۱۳۸۸). مقایسه ترکیب‌های موجود در اسانس مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge) در مراحل قبل از گلدهی و گلدهی کامل در رویشگاه و مزرعه. *فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۵ (۲)، ۱۶۹-۱۵۹.

احمدیان، احمد؛ قنبری، احمد؛ سیاه سر، براتعلی؛ حیدری، مصطفی؛ رمرودی، محمود و موسوی نیک، سیدمحسن (۱۳۸۹). اثر بقایای کود شیمیایی، دامی و کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد، برخی خصوصیات فیزیولوژیک و میزان اسانس بابونه تحت شرایط تنش خشکی. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۸ (۴)، ۶۷۶-۶۶۸.

اکبری‌نیا، احمد؛ قلاوند، امیر؛ سفیدکن، فاطمه؛ رضایی، محمدباقر و شریفی عاشورآبادی، ابراهیم (۱۳۸۲). بررسی تأثیر کودهای شیمیایی، دامی و تلفیقی بر عملکرد و میزان ترکیبات اسانس دانه گیاه دارویی زنیان. *پژوهش و سازندگی*، ۱۶(۴)، ۴۱-۳۲.

پیرزاد، علیرضا؛ حبیب‌زاده، یعقوب و جلیلیان، جلال (۱۳۹۳). تغییرات عملکرد دانه ماش (*Vigna radiate* L.) در همزیستی با قارچ‌های میکوریزا تحت تنش رطوبتی، *پژوهش در گیاهان زراعی*، ۲(۲)، ۴۳-۳۳.

جم‌زاد، زیبا (۱۳۸۸). *آویشن‌ها و مرزه‌های ایران*. تهران: انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

حاتمی‌نیا، پروانه؛ عباسی، نصرت الله و زارع، محمدجواد (۱۳۹۸). افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم دوروم تحت تأثیر باکتری‌های محرک رشد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. *نشریه زراعت دیم ایران*، ۸ (۲)، ۱۳۹-۱۲۱.

حقیر ابراهیم‌آبادی، آرزو؛ حاتمی، مهرناز؛ کریم زاده اصل، خلیل و قربانپور، منصور (۱۳۹۷). اثر قارچهای میکوریزا و کود زیستی بیوفسفر بر شاخص‌های رشد، عملکرد، اجزاء عملکرد و ترکیبات اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.). *فصلنامه گیاهان دارویی*، ۱۷ (۶۶)، ۹۰-۷۴.

دباغیان، زهرا؛ پیردشتی، همت‌اله؛ عباسیان، ارسطو و بهاری ساروی، سیده حدیثه (۱۳۹۴). تأثیر کودهای زیستی تیوباسیلوس، ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و گوگرد آلی بر گره زایی و عملکرد سویا (*Glycine max* L. merr.). *نشریه زراعت*، (۱۰۷)، ۲۵-۱۷.

ذاکریان، فاطمه؛ سفیدکن، فاطمه؛ عباس زاده، بهلول و کلاته جاری، سپیده (۱۳۹۹). تأثیر تنش خشکی و قارچ‌های میکوریزا بر صفات فیزیولوژیک و درصد اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahendica* Bornm.). *علوم باغبانی ایران*، ۵۱ (۱)، ۲۰۱-۱۸۹.

سفیدکن، فاطمه؛ عسکری، فاطمه؛ صادق‌زاده، لیلا و اولیاء، پرویز (۱۳۸۸). بررسی تأثیر اسانس سه گونه مرزه (*S. bakhtiarica*, *S. edmondi* and *S. mutica*) بر سالمونلا پاراتیفی. *مجله زیست‌شناسی ایران*، ۲۲(۲)، ۲۵۸-۲۴۹.

سفیدکن، فاطمه؛ جمزاد، زیبا و برازنده، محمد مهدی (۱۳۸۳). اسانس *Satureja bachtiarica* Bunge به‌عنوان منبعی غنی از کارواکرول، *فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۰ (۴)، ۴۲۵-۴۳۹.

سفیدکن، فاطمه؛ صادق‌زاده، لیلا؛ تیموری، مریم؛ عسگری فاطمه و احمدی، شهلا (۱۳۸۶). بررسی اثرات ضد میکروبی اسانس دو گونه مرزه (*Satureja khuzistanica* Jamzad و *Satureja bachtiarica*) در دو مرحله برداشت. *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۳ (۲)، ۱۸۲-۱۷۴.

سلطانی کاظمی، جواد و ابوطالبیان، محمدعلی (۱۳۹۹). افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) با کاربرد میکوریزا و پرایمینگ بذر در خاک شور. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۱ (۱)، ۱۱۳-۱۰۱.

صفائی، لیلی؛ شریفی عاشورآبادی، ابراهیم و افیونی، داوود (۱۳۹۶). بررسی اثر کاربرد کودهای شیمیایی، دامی و تلفیق آن‌ها بر عملکرد ترکیبات فیتوشیمیایی اسانس گیاه دارویی *Thymus daenensis* Celak. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۵ (۱۷)، ۱۵-۱.

طرفی، وفا؛ دانش شهرکی، عبدالرزاق و سعیدی، کرامت‌الله (۱۳۹۵). اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر صفات مرفولوژیک و میزان اسانس گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.). *تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)*، ۳۹ (۲)، ۷۰-۵۷.

عبادی، محمدتقی؛ عزیزی، مجید؛ سفیدکن، فاطمه و احمدی، نوراله (۱۳۹۵). بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد برگ، درصد و اجزای اسانس به‌لیمو (*Lippia citriodora* Kunth). *نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۳۰ (۲)، ۳۰۲-۲۹۳.

لامیان، امین؛ نقدی بادی، حسنعلی؛ لادن مقدم، علیرضا و مهرآفرین، علی (۱۳۹۴). تغییرات مورفوفیزیولوژیکی، میزان اسانس و متیل کاویکول ترخون (*Artemisia dracunculus*) به تلقیح قارچ مایکوریزا (*Glomus intraradices*) و تنش شوری. *فصلنامه گیاهان دارویی*، ۱۴ (۵۶)، ۷۷-۶۴.

مظفریان، ولی‌الله (۱۳۷۵). *فرهنگ نام‌های گیاهان ایران*. تهران: فرهنگ معاصر.

مکی‌زاده تفتی، مریم؛ چایی‌چی، محمدرضا؛ نقدی بادی، حسنعلی؛ سلطانی میری، گلناز و سادات اسیلان، کمال (۱۳۹۱). اثر کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیب اسانس گیاه مرزه (*Satureja rechingeri* Jamzad.)، *فصلنامه گیاه و زیست‌بوم*، ۸ (۳۱)، ۳۷-۲۷.

یادگاری، مهراب و برزگر، رحیم (۱۳۸۹). تأثیر گوگرد و تیوباسیلوس بر قابلیت جذب عناصر غذایی، رشد رویشی و تولید اسانس در بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). *داروهای گیاهی*، ۱ (۱)، ۴۰-۳۵.

References

Adams, R. P. (2017). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 5 online ed. *Gruver, TX USA: Texensis Publishing*.

Aeschbach, R., Löliger, J., Scott, B. C., Murcia, A., Butler, J., Halliwell, B., & Aruoma, O. I. (1994). Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol. *Food and Chemical Toxicology*, *32*(1), 31-36.

Ahmadi, S. H., Sefidkon, F., Babakhanlo, P., Asgari, F., Khademi, K., & Karimifar, M. A. (2009). Comparing essential oil composition of *Satureja bachtiarica* Bunge before and full flowering stages in field and provenance. *Iranian Journal of Medicinal And Aromatic Plants*, *25*(2), 159-169. (In Persian)

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar B., heidari, M., Ramroudi, M., & Moosavi-Nik, S. M. (2010). Residual effect of chemical and animal fertilizers and compost on yield, yield components, Physiological characteristics and essential oil content of *Matricaria chamomilla* L. under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *8*(4), 668-676. (In Persian)

Akbarinia, A., Ghalavand A., Sefidkon F., Rezaie, M. B., & Sharifi, A. (2004). Study on the effect of different rates of chemical fertilizer ,manure and mixure of them on seed yield and main, compositions of essential oil of Ajowan (*Trachyspermum copticum*). *Pajouhesh-Va-Sazandegi*, *16*(4), 32-41. (In Persian)

Attarzadeh, M., Balouchi, H., Rajaie, M., Dehnavi, M. M. & Salehi, A. (2019). Growth and nutrient content of Echinacea purpurea as affected by the combination of phosphorus with arbuscular mycorrhizal fungus and *Pseudomonas florescent* bacterium under different irrigation regimes. *Journal of Environmental Management*, 231, 182-188.

Badran, F. S., & Safwat, M. S. (2004). Response of fennel plants to organic manure and biofertilizers in replacement of chemical fertilization. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, *82*(2), 247-256.

Dabaghian, Z., Pirdashti, H., Abasian, A., & Bahari Saravi, S. H. (2015). The effect of Biofertilizers, Thiobacillus, Azotobacter, Azospirillum and organic Sulfur on nodulation Process and yield of Soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Applied Field Crops Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, *28*(107), 17-25. (In Persian)

Davies, B. W. (1990). Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *Journal of Chromatography*, 503, 1-24.

Ebadi, M. T., Azizi, M., Sefidkon, F., & Ahmadi, N. (2016). Effects of Organic and Chemical Fertilizers on Leaf Yield, Essential Oil Content and Composition of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* Kunth). *Journal of Horticultural Science*, *30*(2), 293-302. (In Persian)

Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. & kumar, S. (2002). Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technol*, *81*, 77-79.

Haghir, Ebrahimabadi A., Hatami, M., Karimzadeh Asl, Kh., & Ghorbanpour M. (2018). Effect of mycorrhizal fungi and biophosphor fertilizer on growth features, yield and yield components, and essntial oil constituents In *Cuminum cyminum* L.. *Journal of Medicinal Plants*, *17*(66), 74-90. (In Persian)

Hataminia, P., Abbasi, N., & Zare, M. J. (2020). Quantity and quality yield of durum wheat under the impact of growth promoting bacteria in rain-fed and supplementary irrigation conditions. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, *8*(2), 121-139. (In Persian)

Jamzad, Z. (2009). *Thymus and satureja species of Iran*. Tehran: Research Institute of Forests And Rangelands. (In Persian)

Lamian, A., Naghdi badi, H., Ladan moghadam, A., & Mehrafarin, A. (2015). Changes of morpho-physiological traits, essential oil and methyl chavicol content of tarragon (*Artemisia dracunculus*) to mycorrhiza (*Glomus intraradices*) inoculation and salinity stress. *Journal of Medicinal Plants*, *14*(56), 64-77. (In Persian).

Leake, G., Gasper, F., & Santos, R. (2003). Effect of water on the solubility of essential oils in dense CO_2. *Jornal of Essential oil Research*, *15*, 172-177.

Makkizadeh Tafti, M., Naghdi badi, H., Chaichi, M., & Soltani miri, G. (2012). Effect of biologic fertilizers on growth, yield and essential oil of *Satureja rechingeri* Jamzad. *Plant and Ecosystem*, *8*(31), 27-37. (In Persian).

Mozafarian, V. (2013). *A Dictionary of Iranian Plant Names*. Tehran: Farhang Moaser (In Persian).

Mucciarelli, M., Scannerini, S, Berrtea, C., & Maffei, M. (2003). In vitro and in vivo peppermint (*Mentha piperita*) growth promotion by nonmycorrhizal fungal colonization. *New phytologist*, *158*, 579-91.

Pirzad, A. R., Habibzadeh Y., & Jalilian J. (2014). Seed yield variations of mungbean (*Vigna radiata* L.) at mycorrhizal symbiosis under water stress. *Research in Field Crops*, *2*(2), 33-43. (In Persian).

Safaie, L., Sharifi ashoorabadi, E., & 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*(17), 1-15. (In Persian)

Sefidkon, F. (2023). Essential oils of Iranian Satureja species, a valuable source for preparation of natural products. *Iran Nature*, 7(6), 47-59.

Sefidkon, F., & Jamzad, Z. (2000). Essential oil of *Satureja bachtiarica* Bunge. *Journal of Essential Oil Research*, *12*, 545-546.

Sefidkon, F., Askari, F., Sadeghzadeh, L., & Olia, P. (2009). Antimicrobial Effects of The Essential Oils of *Satureja Mutica*, *S. Edmondi* And *S. Bachtiarica* Against Salmonella Paratifi A and B. *Iranian Journal of Biology*, *22*(2), 249-258. (In Persian)

Sefidkon, F., Jamzad, Z., & Barazandeh, M. M. (2005). Essential oil of *Satureja bachtiarica* bunge, a potential source of carvacrol. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *20*(4), 425-439. (In Persian)

Sefidkon, F., Sadeghzadeh, L., Teimouri, M., Asgari, F., & Ahmadi, Sh., (2007). Antimicrobial effects of the essential oils of two Satureja species (*S. Khuzistanica* Jamzad and *S. bachtiarica* Bunge) in two harvesting time. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *23*(2), 174-182. (In Persian)

Shibamoto, T. (1987). Retention Indices in Essential Oil Analysis, In: Capillary Gas Chromatography in Essential Oil Analysis. Edits., P. Sandra and C. Bicchi, Huethig, Verlag, New York.

Soltani Kazemi, J., & Aboutalebian, M. A. (2020). Increasing maize (*Zea mays* L.) yield and yield components by mycorrhiza (*Glomus mossea* L.) and seed priming under salty soil condition. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *51*(1), 101-113. (In Persian)

Suntres, Z. E., Coccimiglio, J., & Alipour, M. (2015). The bioactivity and toxicological actions of carvacrol., *55*(3), 304-18.

Tarafi, V., Danesh shahraki, A., & Saeedi, K. L. (2016). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on morphological traits and essential oil content of Moldavian dragonhead *Dracocephalum moldavica* L. *Journal of Plant Production*, *39*(2), 57-70. (In Persian)

White, S. B. (2011). Antibacterial efficacy of phosvitin, carvacrol, or nisin alone or combined against foodborne human enteric pathogens human enteric pathogens. Theses and Dissertations. Iowa State University.

Yadegari, M., & Barzegar, R. (2010). the effect of Sulphur and Thiobacillus on nutrient absorption, growth and essential oil in Lemon Balm (*Melissa Officinalis* L.). *Journal of Herbal Drugs*, *1*(1), 35-40. (In Persian).

Zakerian, F., Sefidkon, F., Abbaszadeh, B., & Kalate-jari S. (2020). Effect of drought stress and mycorrhizal fungi on physiological traits and essential oil percentage of *Satureja sahandica* Bornm., *Iranian Journal of Horticultural Science*, *51*(1), 189-201. (In Persian)