Research Article

Nova Biologica Reperta 11 (1): 48-61 (2024)

Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115

https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI:

مقاله پژوهشی

یافته‌های نوین در علوم زیستی

جلد ۱۱، شماره ۱، صفحات ۴۸ الی ۶۱ (۱۴۰۳)

انتشارات دانشگاه خوارزمی

تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا و محلول پاشی کلات‌روی بر کمیت و کیفیت اسانس مرزه بختیاری(*Satureja bachtiarica Bunge*) در مرحله گلدهی کامل

سعیده خاموشی[۱]، فاطمه نژاد حبیب وش[۲*]

[۱]دانش آموخته کارشناسی ارشد، رشته علوم باغبانی، گرایش گیاهان دارویی، گروه گیاهان دارویی، مرکز آموزش عالی شهیدباکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، [۲*]استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

مسئول مکاتبات:f.nejadhabibvash@urmia.ac.ir

چکیده. به منظور بررسی تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا *Glomus caledonium* و محلول‌پاشی کلات‌روی در غلظت‌های (۰، ۲، ۴ و ۸ گرم در لیتر)، بر روی مقدار و ترکیبات اسانس مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge)، آزمایش گلدانی در سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی واقع شرکت زرین گیاه در شهر ارومیه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. برداشت گیاهان در مرحله گلدهی کامل انجام گرفت. اسانس‌گیری به کمک دستگاه کلونجر انجام شد و تجزیه ترکیبات اسانس در نمونه‌های مورد مطالعه به وسیله دستگاه‌های GC و GC-MS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا گلوموس کالدونیوم تأثیر معنی‌دار روی بازده اسانس سرشاخه‌های گل‌دار مرزه بختیاری نداشته است ولی محلول‌پاشی با کلات‌روی تأثیر معنی‌دار آماری روی بازده اسانس در مقایسه با گروه شاهد داشته است. بین غلظت‌های مختلف کلات‌روی از نظر تأثیر بر بازده اسانس تفاوتی مشاهده نشد. همچنین، تیمارهای اعمال شده سبب تغییر ترکیبات اسانس نسبت به نمونه اسانس گیاهان شاهد گردید. این تغییرات شامل کاهش ترکیبات بتا-کاریوفیلن، سابینن هیدرات، بورنئول و کارواکریل استات و افزایش میزان سیترال و اکتیل فتالات در گیاه تلقیح شده با میکوریزا و نیز افزایش میزان کارواکرول در اسانس گیاهان تیمار شده با کلات روی شد. همچنین، میکوریزاسیون، مقدار کل ترکیبات سزکوئی‌ترپن و دی‌ترپن و محلول‌پاشی با کلات‌روی، مقدار کل ترکیبات منوترپنی در اسانس مرزه بختیاری را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی. سیترال، بورنئول، کارواکرول، کاریوفیلن، کروماتوگرافی گازی– طیف سنجی جرمی

The effect of inoculation with mycorrhizal fungus Glomus caledonium and zinc chelate spraying on the quantity and quality of *Satureja bachtiarica Bunge* essential oil at full flowering stage

Saideh Khamushi[1], Fatemeh Nejadhabibvash[2*]

[1]Higher Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran,[2*]Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran

*Corresponding author's email: f.nejadhabibvash@urmia.ac.ir

Abstract. The aim of this study was to evaluate the changes in the essential oil chemical composition of Satureja bachtiarica Bunge were inoculated by spores of the arbuscular mycorrhizal inoculation Glomus caledonium and foliar application of zinc chelate levels (0, 2, 4 and 8 g/L) in 2019, at Zarrin Giah greenhouse of Urmia city in West Azerbaijan Province, in a randomized complete block design with three replications. Plants were harvested at full flowering stage. Essential oils were obtained by Clevenger apparatus and were analyzed by GC and GC/MS. Comparison of means by Duncan's multiple range test showed that inoculation with Glomus caldonium had no significant effect on the essential oil yield of Satureja bachtiarica flowering shoots, but the foliar application of zinc chelate had statistically significant effect. However, there was no difference among different concentrations of zinc chelate in terms of effect on essential oil yield. The treatments also changed the essential oil composition compared to the essential oil of the control group. These changes included the reduction of beta-caryophyllene, sabinen hydrate, borneol and carvacryl acetate compounds and the increase of citral and octyl phthalate in the plant inoculated with mycorrhiza, as well as the increase of carvacrol in the essential oil of plants treated with zinc chelate. In addition, inoculation with mycorrhizal fungi and zinc chelate foliar application increased the amount of sesquiterpene & diterpene and monoterpene compounds, respectively.

Key words: citral, borneol, carvacrol, caryophyllene, Gas chromatography-Mass spectrometric

Revised 08.02.2024/ Accepted 07.06.2024/ Published18.06.2024

دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۹/ اصلاح: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹/ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۸/ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

مقدمه

مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge) از گونه‌های انحصاری مرزه در ایران است. ارتفاع گیاهان این گونه، ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر با قاعده چوبی، میان‌گره‌های کوتاه، ساقه‌های خاکستری، با کرک‌های کوتاه و نرم، انشعابات گل‌دار افراشته و گل‌ها در خوشه‌ها دارای چندین گل هستند. برگ‌ها به صورت مجتمع در طول ساقه قرار گرفته‌اند. رویشگاه طبیعی این گونه در مناطق غرب ایران و از جمله استان چهارمحال و بختیاری است (Mozaffarian, 2008).

عشایر بختیاری در داروهای محلی خود از مرزه بختیاری به عنوان گیاهی خلط‌آور، ضدعفونی‌کننده و ضددرد استفاده میکنند (Pirbalouti, 2009). مرزه بختیاری در طب سنتی به عنوان ضدعفونی کننده به کار می‌رود. همچنین، این گیاه دارای اثرات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی است (Moeina et al., 2012). اسانس مرزه بختیاری شامل مقادیر زیادی ترکیبات فنلی بوده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد و همچنین شامل انواع مونوترپن‌ها و سزکویی‌ترپن‌ها است (Sefidkon & Jamzad, 2000). ترکیبات اصلی و عمده اسانس مرزه بختیاری، کارواکرول (۴۴/۸٪) ، گاما- ترپینن (۱۸/۷٪) و تیمول (۹۵/۱۴٪) می‌باشند (Babadi et al., 2012).

قارچ‌های میکوریزایی از انواع کودهای زیستی هستند که با ریشه اغلب گیاهان زراعی همزیستی دارند و از طریق افزایش جذب عناصرغذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب، تولید هورمون‌های گیاهی، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شود (Shalan, 2005; Karthikeyan et al., 2009)، همچنین، باعث بهبود فتوسنتز و عملکرد اسانس می‌شوند (Richter Copta ; et al., 2006 ; et al., 2005 ; Avato & Morone-Fortunato, 2008). افزایش کارایی ریشه‌های میکوریزایی در مقابل ریشه‌های غیر میکوریزایی به واسطه جذب فعال و انتقال عناصر به ویژه عناصر معدنی غیر متحرک مانند فسفر، روی و مس ایجاد می‌شود (Phiri et al., 2003). تلقیح میکوریزایی نه تنها رشد گیاهان دارویی را تسریع می‌کند بلکه تولید و کیفیت مواد فیتوشیمیایی را نیز بهبود می‌بخشد (Ghorbanpour et al., 2014; Hatami & Ghorbanpour, 2016). در رابطه با نقش کودهای زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاهان دارویی، تحقیقات نشان داده است که تلقیح گیاه دارویی نعناع (*Mentha arvensis* L.) با چهار گونه قارچ میکوریزایی (*Glomus mosseae* , *Glomus aggregatum* , *Glomus fasciculatum* و *Glomus intraradices*) سبب افزایش بارز کمیت و کیفیت اسانس نعناع (درصد و عملکرد اسانس و درصد منتول) در شرایط غیر شور در مقایسه با شاهد، می‌شود، به نحوی که بیشترین افزایش به ترتیب با اعمال تیمار تلقیح با *Glomus mossea*، *Glomus intraradices* و *Glomus fasciculatum* و *Glomus aggregatum* مشاهده گردید (Bharti et al., 2013). مطابق تحقیقات، تیمار گیاه دارویی ریحان با *Glomus mosseae*، باعث افزایش عملکرد کل اسانس و افزایش میزان اجزای اسانس شامل اوژنول و ترپینئول شده است (Banchio et al., 2009).

روی (Zn) یک عنصر ضروری برای گیاهان است که به عنوان یک کوفاکتور عملکردی، ساختاری و تنظیمی در ارتباط با متابولیسم ساکاریدها، فتوسنتز و ساخت پروتئین در گیاهان نقش دارد. تأثیر این عنصر بر تشکیل کلروفیل، توسعه کلروپلاست، افزایش سرعت فتوسنتز، جذب بیشتر عناصر غذایی و در کل، تولید بیشتر کربوهیدارت‌ها و افزایش رشد عمومی و عملکرد گیاهان گزارش شده است (Marschner, 1993 ; Srivastava et al., 1997). روی (Zn) برای فعالیت آنزیم‌های اساسی و تنظیم کننده‌های رشد ضروری است (Babaeian et al., 2012; Samia and Mohmoud, 2009). تغذیه برگی یکی از راه‌های مؤثر در بر طرف کردن نیازهای گیاهان به عناصر کم مصرف است (Swiader, 2000). مصرف برگی عناصر ریز مغذی به تعداد زیاد، ضمن رفع کمبود آن‌ها سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی و دارویی می‌شود (Mosavi et al., 2007; Babhulkar et al., 2000). تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی از جمله آهن و روی در مورد گشنیز، نعنا فلفلی و سیاه‌دانه مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج نشان داده که محتوی و عملکرد اسانس گیاهان مذکور در نتیجه استفاده برگی عناصر مذکور بهبود می‌یابند (Mousa et al., 2003; Zehtab-Salmasi et al., 2008; Maurya,1990). محققان در محلول‌پاشی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) با ترکیبی از عناصر اسیدبوریک (۲۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات‌روی (۲۵ کیلوگرم در هکتار) و سکوسترین (۱۵ کیلوگرم در هکتار)، افزایش وزن خشک و میزان عملکرد اسانس را گزارش کردند (Heidari et al., 2008). در مطالعه‌ای روی گیاه گل گاوزبان باغی (*Borago officinalis*) ، عناصر ریز مغذی آهن، روی، مس و منگنز، اثر قابل توجهی بر روی اسانس، کاروتنوئید و فلاونوئید گیاه داشتند (Yadegari, 2012). تاکنون در ارتباط با تأثیر میکوریزا گلوموس کالدونیوم و عنصر روی بر کمیت و کیفیت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

اسانس مرزه بختیاری مطالعه‌ای انجام نشده است، لذا این تحقیق به بررسی اثرات این دو عامل بر محتوی اسانس و ترکیبات اسانس سرشاخه‌های گلدار مرزه بختیاری در مرحله گلدهی کامل می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر قارچ میکوریزا *Glomus caledonium* و محلول‌پاشی کلات‌روی بر بازده و اجزای اسانس مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge)، یک آزمایش گلدانی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در بهار سال ۱۳۹۸در گلخانه شرکت زرین گیاه واقع در شهر ارومیه انجام شد. گلخانه مورد استفاده دارای دمای متوسط روزانه ۲۴ درجه سانتی‌گراد و شبانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. بذر گیاه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و بذرها برای تولید نشاء در سینی کشت حاوی ترکیبی از خاک، ماسه و پیت ماس کشت شدند. قارچ میکوریزا از شرکت زیست فناور توران تهیه شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده از جمله اندازه‌گیری بافت خاک، بر پایه قانون استوکی و به روش هیدرومتری انجام شد (Bauder & Gee, 1986). pH خاک، در عصاره پنج به یک، خاک به آب، به کمک دستگاه pH متر (مدل ۸۲۷) (Thomas, 1996) و هدایت الکتریکی در عصاره پنج به یک، خاک به آب، به کمک دستگاه هدایت‌سنج در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، اندازه‌گیری شد (Rhoades, 1996). نیتروژن کل، به روش کجلدال و پتاسیم فراهم به روش استات آمونیوم اندازه‌گیری شد (Klut , 1986). فسفر، به کمک عصاره‌گیری بی‌کربنات سدیم نیم مولار و pH هشت و نیم، به روش Olsen و همکاران (1954) جداسازی و به روش طیف سنجی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون‌تر انجام شد (Nelson & Somers,1996). اندازهگیری مقدار مس، روی و آهن موجود در خاک به روش AL-lahham و همکاران (2007) انجام گرفت. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن در جدول شماره ۱ آورده شده است. تیمارها شامل تلقیح ریشه نشاها با قارچ میکوریزا گلوموس کالدونیوم و شاهد (بدون کاربرد قارچ میکوریزا) بود. برای اعمال تیمار قارچ میکوریزا قبل از کاشت، خاک رویی گلدان‌ها کنار زده شد و مقدار لازم خاک آغشته به قارچ به خاک هر گلدان اضافه شد (Kapoor et al., 2004). بعد از انتقال نشاها به گلدان‌ها آبیاری صورت گرفت. محلول‌پاشی برگ‌ها با کلات‌روی با توجه به نتایج اولیه آزمون خاک به صورت ۰ (بدون کلات‌روی)، ۲، ۴ و ۸ گرم در لیتر در فواصل زمانی دو هفته یک بار صورت گرفت (Moghaddam et al., 2015). تا پایان آزمایش، توزین روزانه گلدان‌ها انجام شد. مقدار آب مورد نیاز هر گلدان تا رسیدن رطوبت به دامنه ۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی محاسبه و اضافه گردید. آزمایش به مدت چهار ماه ادامه یافت و پس از رسیدن به مرحله گلدهی کامل، گیاهان از محل طوقه قطع شدند. سرشاخه‌های گلدار برداشت شده و پس از خشک کردن با استفاده از دستگاه کلونجر اسانس گیری شدند و رطوبت‌گیری با سولفات سدیم انیدرید انجام گردید. سپس مقدار اسانس محاسبه شد. تجزیه ترکیبات اسانس در نمونه‌های مورد مطالعه به وسیله دستگاه‌های GC و GC-MS انجام گرفت.

برای اثبات همزیستی صورت گرفته بین قارچ و ریشه، ریشه‌های تلقیح شده مرزه بختیاری با قارچ میکوریزا *Glomus caledonium* ابتدا به خوبی شسته شدند و سپس به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شدند. سپس با روش فیلیپس و هایمن (Philips & Hayman,1970) رنگ‌آمیزی و زیر میکروسکوپ بررسی شدند. تجزیه واریانس داده‌ها پس از انجام آزمون همگن بودن واریانس‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۴ انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، صورت گرفت.

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلخانه‌ای قبل از اعمال تیمار

Table 1. Physicochemical characteristics of soil used in greenhouse cultivation before treatment

Soil Texture	(%) Sand	(%) Silt	(%) Clay	pH	EC ($ds.m^{-1}$)	N (%)	O.M	(ppm) P	K (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
Clay-Loamy	15	35	40	7.2	0.75	0.13	1.3	14	390	1.6	0.42

O.M: Organic Matter; Ec: Electrical Conductivity

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

نتایج و بحث

تغییرات میزان ترپن‌های موجود در اسانس مرزه بختیاری در پاسخ به تیمار روی و تلقیح با میکوریزا

با توجه به نتایج جدول ۲، تعداد ترکیبات مونوترپن، سزکوئی‌ترپن و دی‌ترپنی در گیاهان شاهد، به ترتیب، ۱۲ (۷۱/۲۲٪)، ۷ (۸/۳۹٪) و ۴ (۱۵/۰۴٪) ; گیاهان تیمار شده با میکوریزا ۸ (۵۹/۶۵٪) ، ۵ (۸/۵۷٪) و ۳ (۳۰/۲۷٪) ; گیاهان تیمار شده با کلات‌روی با غلظت ۲ گرم در لیتر، ۷ (۹/۵۶٪)، ۱ (۲۷٪) و ۹ (۸۹/۲۳٪) ; گیاهان تیمارشده با کلات‌روی با غلظت ۴ گرم در لیتر، ۷ (۸۶/۳۷٪)، ۵ (۵/۳۳٪) و ۱ (۰/۵٪) و گیاهان تیمارشده با غلظت ۸ گرم در لیتر، ۶ (۸۹/۵۳٪) ، ۵ (۵/۹۲٪) و ۱ (۰/۵۱٪) بود. نتایج نشان داد، با محلول‌پاشی کلات‌روی، مقدار ترکیبات مونوترپنی نسبت به شاهد و گیاهان تلقیح شده با میکوریزا افزایش یافته است. مقدار ترکیبات سزکوئی‌ترپن و دیترپن، با اعمال تیمار کلات‌روی، نسبت به گیاهان شاهد و گیاهان تلقیح شده با میکوریزا، روند کاهشی نشان داد (جدول ۲). بالاترین میزان ترکیبات سزکوئی‌ترپن در گیاهان شاهد و میکوریزا مشاهده شد و بالاترین مقدار ترکیبات دی‌ترپنی در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا یافت شد (جدول ۲).

جدول ۲. تعداد و نوع ترکیبات اسانس مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica*) در گیاهان شاهد و تیمار شده با میکوریزا و کلات‌روی

Table 2. Number and type of S*atureja bachtiarica* essential oil compounds in control plants and the plants treated with mycorrhiza & zinc chelate

Treatments	Number and percentage of compounds	Diterpene	Sesquiterpene	Monoterpene	Total
control	Number	4	7	12	23
	Percent	15.04	8.39	71.22	94.65
mycorrhiza	Number	3	5	8	16
	Percent	30.27	8.57	59.65	98.49
Zn 2 (g/L)	Number	1	3	7	11
	Percent	0.48	5.55	83.33	90.36
Zn 4 (g/L)	Number	1	5	7	13
	Percent	0.5	5.33	86.37	92.2
Zn 8 (g/L)	Number	6	5	6	17
	Percent	89.53	5.92	89.53	95.96

محتوی و ترکیبات اسانس

تعداد و نوع ترکیبات اسانس مشاهده شده در گیاهان شاهد مرزه بختیاری، تیمار شده با قارچ میکوریزا و کلات‌روی در مرحله گلدهی در جدول شماره ۲ آورده شده است. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه اسانس مرزه بختیاری تحت تیمار میکوریزا و کلات‌روی در جدول شماره ۳ آورده شده است.

برای اثبات همزیستی ریشه گیاهان با قارچ میکوریزای گلوموس‌کالدنیوم، قطعات ریشه بعد از رنگ‌آمیزی زیر میکروسکوپ مشاهده شدند و تصاویری از آن‌ها تهیه شد که در شکل ۱ آورده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]



شکل ۱- تصویر اسپور در سویه قارچ *Glomus caledonium* در ریشه مرزه بختیاری (x۱۰)

Figure 1. Spore image in *Glomus caledonium* strain of S*atureja bachtiarica* root (×10)

تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی کلات‌روی به صورت انحراف معیار ± میانگین با سه تکرار در جدول شماره ۴ آورده شده است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا گلوموس کالدونیوم تأثیر معنی‌دار روی بازده اسانس سرشاخه‌های گلدار مرزه بختیاری نداشته است ولی محلول پاشی با کلات‌روی تأثیر معنی‌دار آماری روی بازده اسانس در مقایسه با گروه شاهد داشته است، ولی بین غلظت‌های مختلف کلات‌روی از نظر تأثیر بر بازده اسانس تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۴).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد، ترکیبات غالب اسانس گیاهان شاهد، کارواکرول (۵۰/۷۲٪) ، اکتیل فتالات (۱۵/۰۵٪)، بورنئول (۸/۱۷٪)، بتا- کاریوفیلن (۶/۶۱٪)، سابینن هیدرات (۵/۲٪) و تیمول (۴/۰۰٪) بودند. در اسانس گیاهان تلقیح شده با گلوموس کالدونیوم، اکتیل فتالات (۲۴/۹۴٪)، کارواکرول (۴۵/۴۶٪)، بورنئول (۵/۳۷٪)، بتا- کاریوفیلن (۴/۴۵٪) و سیترال (۲/۵۷٪) ترکیبات اصلی بودند. همچنین، در اسانس گیاهان تیمار شده با کلات‌روی با غلظت ۲ گرم در لیتر در مرحله گلدهی، ترکیبات غالب، کارواکرول (۶۲/۷۳٪)، بورنئول (۸/۲۳٪)، سابینن هیدرات (۷/۳۵٪) و تیمول (۴/۳٪) ; غلظت ۴ گرم در لیتر ، کارواکرول (۶۷/۶۹٪)، بورنئول (۸/۲۵٪)، سابینن هیدرات (۳/۴۴٪) و سیترال (۲/۲۶٪) و غلظت ۸ گرم در لیتر، کارواکرول (۷۰/۳۲٪)، بورنئول (۸/۲۷٪)، تیمول (۴/۴۰٪) و .سابینن هیدرات (۳/۷۲٪) بودند. بنابراین، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با تلقیح میکوریزا، میزان ترکیبات بتا-کاریوفیلن، سابینن هیدرات، بورنئول و کارواکریل استات، کاهش معنی‌دار نسبت به شاهد داشتند اما میزان ترکیبات سیترال و اکتیل فتالات، افزایش یافتند.

میزان ترکیب بورنئول در اسانس گیاهان تیمار شده با کلاتروی در هر سه غلظت نسبت به گیاهان شاهد، تفاوت معنی‌دار نداشت ولی گیاهان تیمار شده با میکوریزا نسبت به شاهد، کاهش معنی‌دار ۳۴/۲۴ درصدی نشان دادند. میزان ترکیب بورنئول با محلول‌پاشی کلات‌روی تغییر معنی‌داری نکرد. در اثر تلقیح با میکوریزا، میزان ترکیب سیترال افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد داشته است. همچنین، با محلول‌پاشی کلات‌روی در غلظت‌های ۴ و ۸ گرم در لیتر، میزان این ترکیب افزایش معنیدار نشان داد (جدول ۴). تلقیح گیاه مرزه بختیاری با میکوریزا باعث کاهش میزان کارواکرول نسبت به گیاهان شاهد شد ولی این کاهش معنی‌دار نبود اما محلول‌پاشی با غلظت‌های ۶ و ۸ گرم در لیتر کلات‌روی باعث افزایش معنی‌دار میزان این ترکیب نسبت به شاهد شد (جدول ۴). بالاترین میزان این ترکیب، در تیمار ۸ گرم در لیتر کلات‌روی مشاهده شد (۷۰/۳۲ درصد) (جدول ۴). میزان ترکیب کاریوفیلن در اثر تلقیح با میکوریزا، ۳۳ درصد کاهش غیرمعنی دار نسبت به گیاهان شاهد نشان داد (جدول ۴).

اعمال تیمارهای میکوریزا گلوموس‌کالدونیوم بر مرزه بختیاری برای اولین بار انجام شد و نتایج نشان داد که در مطالعه حاضر بازده اسانس گیاه شاهد مرزه بختیاری و تیمار شده با میکوریزا در مرحله گلدهی به ترتیب، شامل ۲/۱۲ ٪ و ۲/۸۳ ٪ بود. نتایج

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

آزمون دانکن نشان داد که میکوریزاسیون، تأثیر معنی‌دار روی بازده اسانس مرزه بختیاری نداشته است. تاکنون مطالعه‌ای مبنی بر تأثیر گلوموس کالدونیوم بر کمیت و کیفیت اسانس مرزه بختیاری در بین منابع پیشین یافت نشد. اما در مورد سایر گیاهان دارویی مطالعات متعددی در مورد استفاده از قارچ‌های میکوریزا در مورد بازده و ترکیبات اسانس گزارش شده است. در مورد گونه‌های دیگر مرزه از جمله مرزه سهندی، محققان نشان دادند که تیمار با قارچ‌های *Rizo Fagus intradaices* و *Cloroidoglomus atonicatum* به ترتیب، ۴۸/۸ و ۵۵/۹ درصد نسبت به تیمار بدون قارچ، میزان اسانس گیاه مرزه سهندی را به طور معنی‌دار افزایش دادند و در بین دو گونه قارچی از لحاظ افزایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (Jabalbarezi et al., 2014). مطالعات محققین بر روی گیاهان ریحان، مرزه و بادرنجبویه نشان داد که تلقیح گیاهان مورد مطالعه با میکوریزا، درصد اسانس گیاهان مذکور را افزایش داد (Bakhshi et al., 2010). اثر دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus macrocarpum* و *Glomus fasciculatum* بر روی گیاه دارویی درمنه (*Artemisia annua* L.) آزمایش و نتایج نشان داد که تلقیح قارچ، سبب افزایش غلظت اسانس در برگ‌های گیاه درمنه شد (Chaudhary et al., 2008). در آزمایشی، اثر تلقیح قارچ میکوریزا *Glomus fasciculatum* بر روی نعناع مطالعه و نتایج نشان داد که تلقیح میکوریزا باعث افزایش عملکرد اسانس و محتوای اسانس شد (Gupta et al., 2002). در تفسیر نتیجه حاصل از بهبود میزان اسانس در اثر کاربرد کودهای زیستی قارچی این محققین، می‌توان اظهار داشت قارچهای میکوریزای وزیکولار- آربوسکولار (VAM) یکی از انواع کودهای زیستی بوده که دارای رابطه همزیستی با ریشه اکثر گیاهان زراعی می‌باشد. این قارچها با افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر ریزمغذی، افزایش جذب آب و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار میشوند (Saniz et al., 1998). طی آزمایشی، اثر تلقیح با میکوریزا بر میزان اسانس رازیانه و زنیان معنی‌دار بود؛ به گونه‌ای که در شرایط تلقیح با میکوریزا، درصد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب، ۴/۲ و ۳ درصد بود. این محققین، دلیل افزایش درصد اسانس را به دلیل بهبود فعالیت میکروبی خاک و تولید برخی تنظیم کننده‌های رشد گیاه که باعث افزایش فتوسنتز گیاهی شده نسبت داده‌اند (Koochaki et al., 2015). گزارش شده است که واحدهای سازنده ترکیبات ترپنوئیدی اسانس، نیاز به ATPو NADPH دارند که همزیستی میکوریزایی از طریق جذب فسفر و نیتروژن باعث افزایش این مواد و در نتیجه افزایش درصد اسانس گیاه می‌شود (Gupta at al., 2002). تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریسه‌های میکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول درآید و برای ریشه قابل جذب گردد (Song, 2005). نتایج تحقیقی بر روی گیاه گشنیز نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش مقدار فسفر اندام هوایی گردید که دلیل این امر، ساز و کار عمل قارچ میکوریزا در جذب فسفر می‌باشد. پس از رویش اسپورهای قارچی و گسترش آن‌ها در ریزوسفر، بخشی از ریسه‌ها وارد سیستم ریشه گیاه شده و سبب کاهش غلظت اسید آبسیزیک گشته و میزان سیتوکینین را افزایش می‌دهند (Aliabadi Farahani & Valadabadi, 2010). این عمل باعث گسترش سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب آب می‌گردد. ریسه‌های برون ریشه‌ای نیز با ترشح اسیدهای آلی حل کننده فسفات‌های نامحلول نظیر اسید مالیک، جذب فسفر توسط گیاه را افزایش می‌دهد (Khalvati White et al., 2005) . فسفر در رشد زایشی و تشکیل گل نقش مهم و مؤثری دارد. فسفر در ساختمان دانه گرده شرکت دارد و در تشکیل گل و بذر اهمیت زیادی دارد و همچنین بر تولید اندام‌های زایشی اثر افزایشی دارد (Kapoor et al., 2004).

در بررسی که بر روی دو گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.) و زیره (*Cuminum cyminum* L.) انجام گرفت، ملاحظه شد که کاربرد دو گونه قارچ میکوریزای آربوسکولار *Glomus macrocapum* و *Glomus fasciculatum* به طور قابل توجهی کمیت و کیفیت اسانس دانه را در مقایسه با کنترل بهبود بخشید، به نحوی که این افزایش در شوید، اختصاص به مقادیر لیمونن و کارون و در زیره (*Cuminum cyminum* L.) متعلق به مقدار تیمول بود، در این بررسی، میزان دیل آپیول در اسانس شوید و میزان پاراسیمن در اسانس زیره نسبت به شاهد، کاهش یافت (Kapoor et al., 2002a). طی مطالعه‌ای، همزیستی ریشه رازیانه با دو گونه قارچ میکوریزای وزیکولار آربوسکولار به طور معنی‌داری موجب بهبود میزان اسانس و کیفیت آن شده است، به نحوی که میزان ماده ارزشمند آنتول در اسانس این گیاه در مقایسه با شاهد افزایش یافته است، ولی میزان فنکون و لیمونن آن کاهش پیدا کرده است (Kapoor et al., 2002b). مقدار آنتول بیشتر در اسانس رازیانه، نشان دهنده کیفیت مطلوب اسانس این گیاه دارویی است و به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق تأثیر بر جذب عناصر غذایی و بهره‌گیری مطلوب از

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

عوامل رشدی توسط گیاه رازیانه، موجب افزایش میزان آنتـول در اسانس می‌شود (Kapoor et al., 2004).

پژوهش دیگری که در آن به ارزیابی اثر قارچ‌های میکوریزا بر روی کیفیت اسانس گیـاه دارویـی گشنیز پرداخته شده بود، نشان داد که تلقیح میکوریزایی سبب بهبـود کیفیت اسانس گردید، به نحوی که مقادیر اجزاء مهمی چون ژرانیول و لینالول در ترکیب اسانس نسبت به شاهد به طور چشـمگیری افـزایش یافت. از آنجا که در پژوهش مذکور، غلظت فسفر در گیاه افزایش یافته بود، این محققان بهبود کیفیت اسانس را به بهبود جذب فسفر ارتبـاط دادند (Arancon et al., 2004).

تلقـیح بـا قـارچ‌هـای میکـوریزا *Glomus mosseae* و *G. fasiculatum* و همچنین تلقیح با گونه های مختلف ازتوبـاکتر و قـارچ گلومـوس سـبب افـزایش میـزان اسـانس در گیـاه ریحـان گردید (Zolfaghari et al., 2014) (Vinutha et al., 2005). تحقیق روی گیاه دارویی نعناع (*Mentha longifolia* L.) نشان داد کـــه کـــاربرد گونـــه‌هـــای قـــارچ میکـــوریزایی آربوسـکولار *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* و *Acaulospora scrobiculata* موجب بهبود مقدار اسانس و میزان منتول نسبت به گیـاه شـاهد شد (Freitas et al., 2004).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد، کاربرد عنصر ریزمغذی روی در مقایسه با شاهد، تأثیر مثبت بر افزایش مقدار اسانس داشت. کاربرد عناصر ریزمغذی به دلیل گسترش سطح برگ، تعداد غدد مترشحه اسانس را در برگ افزایش می‌دهد، که به تبع آن میزان اسانس در گیاه افزایش می‌یابد. در این راستا نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Heidari et al., 2008). استفاده از مواد مغذی سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس گیاه نعناع شد (Zehtab-Salmasi et al., 2008). عنصر روی در فتوسنتز و متابولیسم ساکاریدها نقش دارد و از آنجایی که CO_2 و گلوکز از منابع احتمالی کربن مورد استفاده در بیوسنتز ترپن‌ها هستند، بنابراین، نقش روی در ساخت و تجمع اسانس بسیار مهم و مؤثر به نظر می‌رسد (Yassen et al., 2010). استعمال برگی کودهای حاوی عناصر روی، مس، بور و منگنز باعث افزایش رشد، محتوی اسانس و کربوهیدرات‌های گیاه رازیانه شده است (El-Sherbeny & Abou Zeid, 1986). در پژوهشی با کاربرد روی در نعناع ژاپنی دریافتند که کاربرد این عنصر، تولید اسانس و نیز منتول را در گیاه تحریک می‌کند. محققین گزارش کردند که کاربرد برگی سولفات روی باعث افزایش جزء غالب کومین آلدئید در اسانس بذر و پیکر رویشی زیره سبز گردید. همچنین، کاربرد سولفات‌روی به صورت خاکی و محلول‌پاشی باعث افزایش درصد اسانس شد (El-Sawi & Mohamed, 2002; Said-Al Ahl & Omer, 2010) . از ترکیبات اصلی اسانس گیاه مرزه بختیاری، کارواکرول می‌باشد که افزودن کلات‌روی در سه غلظت ۴،۲ و ۸ گرم در لیتر سبب افزایش میزان کارواکرول گردید که بیشترین مقدار کارواکرول نسبت به گیاه شاهد در اعمال ۸ گرم در لیتر کلات‌روی مشاهده شد. نتایج بیشتر تحقیقات انجام شده در ارتباط با تأثیر عناصر ریز مغذی آهن و روی بر محتوای اسانس گیاهان دارویی مختلف، حکایت از تأثیر مثبت این عناصر بر افزایش محتوای اسانس داشته است (El- ; Maurya ., 1990 ; Pande et al., 2007 Said-Al Ahl & Omer, ; Sawi & Mohamed , 2002 2009). عملکرد اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) در نتیجه محلول‌پاشی با آهن و روی به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت، که به نظر می‌رسد این افزایش، ناشی از افزایش محتوای اسانس و عملکرد دانه بر اثر محلول‌پاشی با آهن و روی باشد (Morady et al., 2015). تحقیقات نشان داده است که کاربرد مقادیر مناسب از عناصر ریز مغذی به طور قابل ملاحظه‌ای سبب افزایش اسانس نعناع شد (Omid Beige, 1997). نتایج پژوهشی نشان داد که با محلول‌پاشی عناصر ریز-مغذی، ماده مؤثره و صفات مورد نظر گل همیشه‌بهار افزایش یافت (Alaeean & Yadegari, 2012). مصرف سولفات‌روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و سکوسترین آهن به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار مقدار اسانس نعناع فلفلی شد (Heidari, 2006). محلول‌پاشی روی به میزان ۳ در هزار در نعناع باعث افزایش ۲۸/۲ درصدی نسبت به شاهد شد (Akhtar et al., 2009). نتایج پژوهش بر روی بابونه آلمانی، نشان داد که محلول‌پاشی آهن و روی با غلظت ۳/۵ در هزار باعث افزایش ۲۶/۶ درصدی اسانس نسبت به شاهد شد (Nasiri et al., 2010). در مطالعه حاضر، بازده اسانس گیاهان شاهد مرزه بختیاری و تیمار شده با کلات‌روی در مرحله گلدهی به ترتیب، شامل ۲/۱۲ و ۲/۵۶ درصد بود که مقادیر اسانس گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد افزایش نشان داد. با توجه به نتایج به دست آمده، کاربرد محلول‌پاشی کلات‌روی در مقایسه با تیمار شاهد تأثیر مثبتی بر درصد و ترکیبات اصلی اسانس گیاه مرزه - بختیاری داشت. در ارتباط با تأثیر عنصر روی، بر کمیت و کیفیت اسانس مرزه بختیاری، مطالعه‌ای یافت نشد. اما در مورد گونه‌های دیگر مرزه از جمله مرزه سهندی، نتایج مطالعات نشان داد که محلول‌پاشی روی (با غلظت ۱۳۳، ۲۳۳ و ۳۳۳ میلی‌گرم بر لیتر)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

تـأثیر مثبـت بـر درصـد و عملکـرد اسـانس داشـته اسـت (Emaratpardaz et al., 2016).

با افزودن کلات‌روی، میزان ترکیب کارواکرول در اسانس نسبت به شاهد افزایش یافت. مطالعات محققین نشان می‌دهد که کارواکرول و تیمول به صورت مولکول‌های کوچک و چربی دوست هستند که به راحتی می‌توانند از سد خونی – مغزی عبور کرده و اثرات خود را روی قسمت‌های مختلف مغز اعمال کنند (Trabace et al., 2011). همچنین، کارواکرول فعالیت ضد سل دارد (Karthikeyan et al., 2009). همچنین، میکوریزاسیون باعث افزایش ترکیب سیترال گردید که فعالیت ضد سرطانی این ترکیب گزارش شده است (Bayala et al., 2014).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تلقیح با قارچ میکوریزا گلوموس کالدونیوم تأثیر معنی‌دار روی بازده اسانس سرشاخه‌های گلدار مرزه بختیاری ندارد ولی محلول‌پاشی با کلات‌روی تأثیر معنی‌دار روی بازده اسانس در مقایسه با گروه شاهد دارد. همچنین، نتایج مطالعه حاضر نشان داد، محلول‌پاشی کلات‌روی، تأثیر مثبت بر افزایش مقدار ترکیبات مونوترپنی نسبت به شاهد و گیاهان تلقیح شده با میکوریزا دارد. پیشنهاد می‌شود جهت حصول بالاترین میزان ترکیبات سزکوئی‌ترپن و دی‌ترپنی در اسانس مرزه بختیاری، تلقیح ریشه ها با میکوریزا گلوموس کالدونیوم قبل از کشت نشاها در خاک صورت گیرد. همچنین، برای رسیدن به بالاترین میزان ترکیب سیترال و کارواکرول در اسانس مرزه بختیاری به ترتیب، میکوریزاسیون ریشه‌های گیاهان با گلوموس کالدونیوم و محلول‌پاشی گیاهان با غلظت‌های بالاتر کلات‌روی (۴ و ۸ گرم در لیتر) پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از آزمایشگاه مرکزی دانشگاه ارومیه جهت آنالیز اسانس گیاهان مورد مطالعه و آزمایشگاه مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب برای تامین امکانات آزمایشگاهی، تشکر و قدردانی می‌کنند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده مرزه بختیاری تحت تیمار میکوریزا و کلات‌روی

Table 3. Variance analysis of the evaluated traits in *Satureja bachtiarica* under mycorrhiza inoculation and zinc chelate treatment

Mean Squares																					
Source of Variation	df	Essential oil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Replication	2	1.86	0. 009	8. 126	0. 005	147. 34	0. 008	0.013	0.005	0.123	0.000	0.000	7.026	1.314	0.028	0.006	0.062	0.363	0.098	30.808	0.756
mycorrhiza	1	1.63^{n}	0.017^{n}	2.176^{n}	0.007^{n}	54.40^{n}	0.015^{n}	0.026*	0.003^{n}	0.224*	0.000*	0.000*	7.521^{n}	1.635^{n}	0.047*	0.013^{n}	0.004^{n}	0.513*	0.087*	18.575^{n}	0.775^{n}
Zn	3	2.39*	0.008^{n}	29.245*	0.036*	158.72*	0.958*	0.034^{n}	0.003^{n}	0.017^{n}	0.040*	12.834^{n}	0.006^{n}	4.926*	0.28*	0.007^{n}	0.069^{n}	0.316*	0.147*	9.612^{n}	0.958*
Error	8	5.87	0.005	8.570	0.002	237.48	0.218	0.007	0.007	0.003	0.000	0.000	1.114	0.264	0.003	0.043	0.022	0.045	0.028	6.199	0.464
CV(%)	-	0.32	2.24	1.89	1.70	0.67	1.5	2.1	0.53	0.67	0.54	0.48	0.64	1.2	0.97	0.8	1.7	0.54	0.76	1.3	2.2

n و *: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

n, *: Non – significantly difference and significantly difference at the 5% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات ارزیابی شده مرزه بختیاری تحت تیمار میکوریزا و کلات‌روی

Continued table 3. Variance analysis of the evaluated traits in S*atureja bachtiarica* under mycorrhiza inoculation and zinc chelate treatment

Mean Squares							
Source of Variation	df	20	21	22	23	24	
Replication	2	0.002	21	74.582	0.009	0.031	
mycorrhiza	1	0.003^{n}	22.677*	6.765^{n}	0.001^{n}	0.001^{n}	
Zn	3	0.000**	4.815*	219.241*	0.002^{n}	0.071^{n}	
Error	8	0.001	21	176.447	0.005	0.001	
CV(%)	-	0.68	0.84	0.80	0.94	1.1	

n و *: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

n, *: Non – significantly difference and significantly difference at the 5% probability levels, respectively.

شماره ترکیبات ۱، ۲، ۳،... و ۲۴، به ترتیب، شامل : سلینا.۶ان.۴.آل، بتاجورجنین، بی فورمین، آلفا-کادینن، اندروست.۵.ان.۳. ان.۴. ۴ دی متیل، آلفا- ترپینئول، ترتینوئین، بتا-کاریوفیلن، ایزوآرومادندرِن اپوکسید، ۸،۳،۱. پی. منتاترین، سیترال، ۳ کارن، اُسیمن، بتا اسیمول، اکتیل‌فتالات، گاما-ترپینن ، سابینن‌هیدرات، لینالول، بورنئول، تیمول، کارواکرول، کارواکریل استات، بتا- بی سابولن و کاریوفیلن‌اکسید هستند.

Compounds number 1, 2, 3, ..., and 24, respectively, include:Selina-6-en-4-ol, Beta-Gurjunene, Biformene, α-Cadinene, Androst-5-en-3-one, 4,4-dimethyl, Alpha-terpineol, Tretinoin, β-Caryophyllene, Isoaromadendren epoxide, 1,3,8-p-Menthatriene, Citral, 3-Carene, z-β-Ocimene, Beta-cymol=Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl, Octyl phthalate, Gamma-Terpinen, Sabinene hydrate, Linalool, Borneol, Thymol, Carvacrol, Carvacryl acetate, Beta- Bisabolene and Caryophyllene oxide.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های صفات مورد ارزیابی اسانس مرزه بختیاری *Satureja bachtiarica* تحت تأثیر میکوریزا و سطوح مختلف کلات‌روی

Table 4. Comparison of the mean of the evaluated traits of *Satureja bachtiarica* essential oil under the influence of mycorrhiza and different levels of zinc chelate.

Fertilizer treatments	Selina-6-en-4-ol	Beta-Gurjunene	Biformene	α-Cadinene	Androst-5-en-3-one, 4,4-dimethyl	Alpha-terpineol	Tretinoin	β-Caryophyllene	Sabinene hydrate	Linalool	Borneol	Caryophyllene oxide	Essential oil content
control	0.05±0.008a	0.05±0.009a	0.09±0.016a	0.00±0.00a	0.06±0.001a	0.10±0.09b	0.30±0.06b	6.61±0.0 1a	5.2±0.76a	1.13±0.029b	8.17±0.52a	1.13±0.57b	2.12±0.96a
mycorrhiza	0.00± 0.00a	0.05± 0.008a	0.17± 0.019a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.16± 0.07a	4.45±0.00a	0.12±0.30b	1.57±0.00b	5.37± 0.87b	1.05±0.22b	2.83± 0.65a
Zn 2 (g/L)	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.51±0.00b	7.35±0.64a	0.00±0.00a	8.23±0.40a	0.00±0.00a	4.53± 0.10b
Zn 4 (g/L)	0.17± 0.01b	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.18±0.01b	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.28±0.00b	3.44±0.36ab	0.00±0.00a	8.25±0.01a	0.00±0.00a	4.60±0.23a
Zn 8 (g/L)	0.23± 0.00b	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.21±0.01c	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.31±0.01b	3.72±0.01ab	0.00±0.00a	8.27±0.01a	0.00±0.016a	4.86±0.12b
Fertilizer treatments	Isoaromadendren epoxide	1,3,8-p-Menthatriene	Citral	3-Carene	z-β-Ocimene	Beta-cymol	Octyl phthalate	Gamma-Terpinen	Thymol	Carvacrol	Carvacryl acetate	Beta-Bisabolene	
control	0.12±0.00b	0.00±0.008a	0.21±0.03c	0.19±0.013 b	0.67±0.13b	0.00±0.004a	15.04±0.06a b	0.44±0.00b	4.00±0.07a	50.71±0.00bc	0.4±0.097d	0.43±0.05ab	
mycorrhiza	0.00±0.00a	0.00±0.00a	2.57±0.42a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.03±0.001a	24.94±0.00a	0.13±0.00b	4.4±0.00a	45.46±0.05c	0.00±0.00a	0.19±0.06a	
Zn 2 (g/L)	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.4±0.00c	0.00±0.00a	0.1±0.01a	0.00±0.00a	0.48±0.00b	0.00±0.00a	4.3±0.01a	62.73±0.00ab	0.22±0.03b	0.51±0.00b	
Zn 4 (g/L)	0.21±0.07bc	0.16±0.01a	2.26±0.00b	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.50±0.00b	0.00±0.00a	4.35±0.02a	67.39 ±0.00a	0.27±0.03bc	0.52±0.01bc	
Zn 8 (g/L)	0.24±0.00c	0.00±0.00a	2.35±0.00b	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.51±0.00b	0.00±0.00a	4.40±0.02a	70.32±0.00a	0.31±0.03c	0.47±0.01b	

In each coloumn means followed by at least a common letter, are not significantly different at 5% probability level.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

References

Akhtar, N., Abdul Matin Sarker, M., Akhter, H., & Katrun Nada, M. 2009. Effect of planting time and micronutrients as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. Journal of the Indian Society of Soil Science 44:125-130.

Aliabadi Farahani, H., & S.A.R. Valadabadi. 2010. Effect of arbuscular mycorrhiza fungi on coriander (*Coriandrum sativum* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Water, Soil Science 24: 69-80. (In Persian).

AL-lahham, O., El Assi, N.M., & Fayyad, M. 2007. Translocation of heavy metals to tomato (*Solanum lycopersicom* L.) fruit irrigated with treated wastewater. Journal of Scientia Horticulturae 113:250-254.

Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman. P., Welch, C., & Metzer, J. D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. Bioresearch Tech 93: 145-153.

Asgari, H., Motesharezadeh, B., Sacaghebi, G. R., & **Hadian, J.** 2015. Assessment of growth characteristics and essential oil of Savory (*Satureja hortensis* L.) with application of copper and zinc. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25:135-147.

Babadi, E.S. Ghasemi Pirbalouti, A., Nourafcan, H. & Hamedi, B. 2012. Bioactivity of essential oil of bakhtiari savory (Lamiaceae). Electronic Journal of Biotechnology 8:73-78.

Babaeian, M., Tavassoli, A., Ghanbari, A., Esmaeilian, Y., & Fahimifard, M. 2012. Effects of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, grain yield and yield components in sunflower under water stress at three stages. African Journal of Agricultural Research 6:1204-1208.

Babhulkar, P.S., Dinesk, K., Badole, W. P., Balpande, S. S., & Kar, D. 2000. Effect of Sulfur and zinc on yield, quality and nutrient uptake by safflower in vertisols. Journal of the Indian Society of Soil Science 48: 541-543.

Banchio, E., Xie, X., Zhang, H., & Pare, P.W. 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and Emissions in Sweet Basil. Journal of Agricultural Food Chemistry 57: 653–657.

Bharti, N. S., Baghel, D., Barnawal, A., Yada ,V., & Karla, A. 2013. The greater effectiveness of *Glomus mosseae* and *Glomus intraradice*s in improving productivity, oil content and tolerance of salt-stressed menthol mint *(Mentha arvensis* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture 93: 2154-2161.

Bayala, B., Bassole, I.H.N., Scifo, R., Gnoula, Ch., Morel, L., Lobaccaro, J.M., A., & Simpore, J. 2014. Anticancer activity of essential oils and their chemical components. A review, American Journal of Cancer Research 4:591-607.

Chaudhary, V., Kapoor, R. & Bhatnagar, A.K. 2008. Effectiveness of two arbuscular mycorrhizal fungi on concentrations of essential oil and artemisinin in three accessions of *Artemisia annua* L. Applied Soil Ecology 40:174-181.

El-Sawi, S. A., & Mohamed, M A. 2002. Cumin herb as a new source of essential oils and its response to foliar spray with some micro-elements. Food Chemistry 77: 75-80.

El-Sherbeny, S. E., & Abou Zeid, E. N. 1986. A Preliminary study on the effect of foliar micro elements on growth and chemical constituents in *Foeniculum copillacum*. Bull. NRC, Egypt, II, 606 pp.

Emaratpardaz, J., Hami, A., & Gohar, G.H. 2016. Evaluation of growth characteristics and essential oil yield of *Satureja hortensis* L. under salinity and Zn foliar spraying. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 26: 131 -141.

Freitas, M. S. M., Martins, M. A., & Vieira, I .J. C. 2004. Yield and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 39:887-894.

Gee, G. W., & J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. In A. Klute (ed.), Methods of soil analysis, Part 1: Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Agronomy Monograph 9:383–411.

Ghorbanpour, M., Hosseini, N., Khodaie Motlagh, M., & Solgi, M. 2014. Effect of *Pseudomonas* on growing, quantity and quality of essence of *Salvia officinalis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 13: 89- 100.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., & Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related Characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol Mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bio-resource Technology 81:77–79.

Han, H.S., & Lee, K.D. 2006. Effect of inoculation with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil & Environment 52:130–136.

Hatami, M., & Ghorbanpour, M. 2016. Changes in phytochemicals in response to rhizospheric microorganism Infection. D.K. Choudhary, A.Varma (Eds), Microbial-mediated Induced Systemic Resistance in Plants. Springer, Singapore. pp: 1- 14.

Heidari, F. 2006. Effect of micronutrient elements and plant density on phenology, yield and essential

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

oil of medicinal plant peppermint. Graduate Thesis, Agriculture. Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran.

Heidari, F., Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A., Aliari, H., & Dadpoor, M.R. 2008. The effects of application of microelements and plant density on yield and essential oil of peppermint (*Mentha peperita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 1-9.

Jabalbarezi, B., Zarei, M., Karimian, N.A., & Sahrkhiz, M.J. 2014. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on nutrients uptake, some growth indices and essence oil content of *Satureja hortensis* under salinity stress conditions. Journal of Water and Soil Science 25:285-299.

Jamzad, Z. 1994. A new species of the genus *Satureja* (Labiatae) from Iran. Iranian Journal of Botany 6:215-218.

Kapoor, R., Giri, B., & Mukerji, K. G. 2002a. *Glomus macrocarpum*: a potential bio inoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology 18: 459-463.

Kapoor, R., Giri, B., & Mukerji, KG. 2002b. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum*) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture 82:339- 342.

Kapoor, R., Giri, B., & 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.

Karthikeyan, B., Joe, M. M., & Jaleel, C.A. 2009. Response of some medicinal plants to VAM inoculations. Journal Science Research 1: 381-386.

Khalvati, M.A., Y. Hu, Mozafar A., & Schmidhalter U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhiza hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology 7: 706-712.

Klut, A. 1986. Method of Soil Analysis: Physical, Chemical and Mineralogical Methods. Journal of Soil Science Society of America. pp: 432-449.

Marschner, H. 1993. Zinc uptake fram soil: 59-77. In: Robon, A.D., (Eds). Zinc in Soils and Plants. Kluwer Academic Publishers, Drodrecht, the Netherlands, 208 pp.

Maurya, K. R. 1990. Effect of micronutrients on yield and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Indian Perfumer 34:263-265.

Moghaddam, A., Mahmoodi Sarvestani, M., Farokhian Firoozi, A., Ramezani, Z., & Eskandari, F. 2015. Effect of foliar application of iron chelate and iron nano chelate on morphological traits and essential oil of *Ocimum sanctum*. Agriculture Crop Management 17:595-606.

Moeina, M., Karamia, F., Tavallalib, H., & Ghasemia, Y. 2012. Chemical composition of the essential oil of *Satureja bachtiarica* Bunge. from Iran. Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences 8:277-281.

Morady, S., Puryusef, M., & Andalibi, B. 2015. Effect of foliar application of micronutrients (iron and zinc) on yield, yield components and essential oils of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31:753-762.

Morone-Fortunato, I., & Avato, P. 2008. Plant development and synthesis of essential oils in micropropagated and mycorrhiza inoculated plants of *Origanum vulgare* L. ssp. Hirtum (Link) Ietswaart. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 93: 139-149.

Mousa, G. T., EI-Sallami, I. H., & Ali, E.F. 2003. Response of *Nigella sativa* L. to foliar application of gibberellic acid, benzyladenine, iron and zinc. Journal of Agricultural of Sciences 32: 141-156.

Mosavi, S.R., Galavi, M., & Ahmadvand, G. 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield quality and enrichment on potato *(Solanum tuberosum* L.*)*. Asian Journal of Plant Science 6: 1256-1260.

Mozaffarian, V. 2008. A Pictorial Dictionary of Botanical Taxonomy Latin-English-French-Germany-Persian. Germany: Koeltz Scientific Books, 760p.

Nasiri, Y., Zahleh Salmasi, S., Nasrolah Zadeh, S., & Ghasemi Golazani, K. 2010. Effect of iron and zinc spraying on morphological traits and germination of chamomile flowers. Eleventh Iranian Crop Production Congress. 199 pp.

Nelson, D.W., & Somers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. Madision, Wisconsin. USA. pp: 961-1010.

Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., & Dean, C.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Department of Agricultur Circular. Government . Printing Office, Washington D.C. 939: 1 -19.

Omid Beige, R. 1997. Approach to the production and processing of medicinal plants (Vol. 2). Tehran Nashr Publication, 438 pp.

Pande, P., Anwar, M., Chand, S., Yadav, V.K., & Patra, D.D. 2007. Optimal level of iron and zinc in relation to its influence on herb yield and production of essential oil in menthol mint.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]

Communications in Soil Science and Plant Analysis 38:561-578.

Philips, J. M., & Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection.Transactions of British Mycological Society 55:158161.

Phiri, S., Rao, I. M., Barrios, E. & Singh, B. R. 2003. Mycorrhizal association, Nutrient uptake and phosphorus dynamics in a volcanic-ash. Soil in Colombia as affected by the establishment of *Tithonia diverssifolia.* Journal of Sustainable Agriculture 21:41- 45.

Pirbaloutl, A. 2009. Medicinal plants used in Chaharmahal and Bakhtyari districts, Iran. Herba Polonica 55:69- 77.

Richter, J., Stutzer, M., & Schellenberg, I. 2005. Effects of mycorrhization on the essential oil content and composition of aroma components of marjoram (*Marjorana hortensis*), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and Ajwain (*Trachyspermum carvi* L.). 36th International Symposium on Essential Oils, 4-7 September, Budapes, Hungary.

Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electerical conductivity and total dissolved soils. In: Sparks, D.L. (Eds), Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical methods. Journal of Soil Science Society of America 417-435.

Said-Al Ahl, H., & Mahmoud, A. A. 2010. Effect of zinc and/or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. Ozean Journal of Applied Sciences 3:97-111.

Said-Al Ahl, H. & Omer. E. 2009. Effect of spraying with zinc and/ or iron on growth and Chemical Composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of Development. Journal of Medicinal Food Plants 1:30-46.

Samia, M.Z., & Mohmoud, A.M.A. 2009. Effects of corms storage, zinc application and their interaction on vegetative growth, flowering, corms productivity and chemical constituents of *Tritonia crocata* Ker Gawl Plant. Journal of Agricultural Research 35: 230-55.

Sefidkon, F., & Jamzad, Z. 2000. Essential oil of *Satureja bachtiarica* Bunge. Journal of Essential Oil Research 12: 545-556.

Song, W. & Guo, M. X. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 94: 138-145.

Shalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds Quality of *Nigella sativa* L. plants. Egyptian Journal of Agricultural Research 83:811-828.

Srivastava, N. K., Misra, A., & Sharma, S. 1997. Effect of zinc deficiency on net photosynthetic rate, 14C Partition, and oil accumulation in leaves of peppermint. Photosynthetica 33:71-79.

Swiader, J. M. 2000. Micronutrient fertilizer recommendation for vegetable crop, Horticulture Facts, pp:21-35.

Thomas, G. W. 1996. Soil pH soil acidity. In: Sparks D.L. (Ed.), Methods of soil analysis. Part 3, Chemical methods. ASA, Madison, WI. pp:475-490.

Trabace, L., Zotti, M., Morgese, M., Tucci, P., Colaianna, M., Schiavone, S. et al. 2011. Estrous cycle affects the neurochemical and neurobehavioral profile of carvacrol -treated female rats. Toxicology and Applied Pharmacology 255: 169 -75.

Yassen, A., Abou El-Nour, E.A.A., & Shedeed, S. 2010. Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. Journal of American Science 6:14-22.

Zehtab-Salmasi, S., Heidari, F., & Alyari, H. 2008. Effect of micronutrients and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.). Plant Science Research 1:24-28.

Zolfaghari, M., Nazeri, V., Shokrani, F., & Rejali, F. 2014. Investigating the effect of different mycorrhiza species on growth characteristics and essential oil of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Plant Physiology 37: 47-56.

*****

How to cite this article:

Khamushi, S. Nejadhabibvash, F. 2024. The effect of inoculation with mycorrhizal fungus Glomus caledonium and zinc chelate spraying on the quantity and quality of *Satureja bachtiaric*a Bunge essential oil at full flowering stage. Nova Biologica Reperta 11 (1): 48-61. (In Persian).

خاموشی، س.، نژاد حبیب وش، ف. ۱۴۰۳. تأثیر تلقیح با قارچ میکوریزا و محلول پاشی کلات‌روی بر کمیت و کیفیت اسانس مرزه بختیاری (*Satureja bachtiarica* Bunge) در مرحله گلدهی کامل. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۱۱: ۴۸-۶۱.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.61186/nbr.11.1.48]