

ارزیابی کارآیی ورمی کمپوست و قارچ میکوریز آربسکولار (*Glomus intraradices*) بر عملکرد اسانس و اندام هوایی خشک آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) در شرایط زراعی

Evaluation of Vermicompost and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Glomus intraradices*) Efficiency on Essential Oil and Dry Herb Yield of *Thymus vulgaris* in the Field Conditions

فرزانه بهادری^{۱*} و داریوش قربانیان^۲

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۵

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر گیاه دارویی آویشن باغی، آزمایشی در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان سمنان انجام شد. تیمارها در چهار سطح شامل: (۱) قارچ میکوریز آربسکولار *Glomus intraradices*، (۲) ورمی کمپوست (۵ تن در هکتار)، (۳) ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) و (۴) تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) بودند. ویژگی‌های مورد بررسی شامل: وزن خشک اندام رویشی، عملکرد وزن خشک در هکتار، درصد و عملکرد اسانس در هکتار و اندازه‌گیری میزان عناصر NPK در اندام‌های رویشی و هم‌چنین ارزیابی میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئید کل برگ بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد خشک اندام هوایی با ۲۸۷۷/۴۷ کیلوگرم در هکتار، مربوط به کاربرد ده تن در هکتار ورمی کمپوست بود که نسبت به گیاهان شاهد، ۸۷ درصد افزایش نشان داد. بیش‌ترین عملکرد اسانس نیز به ترتیب با ۵۶/۷۲ و ۵۳/۸۱ کیلوگرم در هکتار، مربوط به کاربرد ده تن در هکتار ورمی کمپوست و تیمار با قارچ میکوریز بود که نسبت به گیاهان شاهد، ۱۷۹ و ۱۶۴ درصد افزایش معنی‌دار نشان دادند. بیش‌ترین جذب ازت برگ در اثر تیمار ده تن در هکتار ورمی کمپوست مشاهده گردید. بالاترین مقدار فسفر گیاه به ترتیب مربوط به تیمارهای ده تن در هکتار ورمی کمپوست و قارچ میکوریز بود. کاهش معنی‌دار فلاونوئید برگ در اثر کاربرد ده تن در هکتار ورمی کمپوست و قارچ میکوریز مشاهده شد. یافته‌های این پژوهش کارآیی ورمی کمپوست و هم‌چنین قارچ *Glomus intraradices* در تولید پایدار آویشن باغی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: کود زیستی، جذب عناصر، اسانس، کشاورزی پایدار

۱ و ۲. به ترتیب استادیار و مربی پژوهشی بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایران

* نویسنده مسئول
Email: farbahadori@gmail.com

مقدمه

جنس آویشن از گیاهان دارویی مهم خانواده نعنائیان به حساب می‌آید (جمزاد، ۱۳۷۳). از آویشن در صنایع غذایی، دارویی، بهداشتی و آرایشی استفاده متنوعی می‌شود. اسانس آویشن از جمله ده اسانس معروف است که دارای خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی، آنتی‌اکسیدانی، نگهدارنده طبیعی غذا و تأخیردهنده پیری پستانداران می‌باشد و جایگاه خاصی در تجارت جهانی دارد (مالیک^۱ و همکاران، ۱۹۸۷). مطالعات نشان می‌دهند که استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی علاوه بر اختلال در فعالیت‌های بیولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیکی خاک از قبیل کاهش فعالیت کرم‌های خاکی، ایجاد حالت سمی در خاک و اتلاف سرمایه و انرژی، مشکلات تغذیه‌ای فراوانی را برای گیاه ایجاد خواهند نمود (شریفی‌عاشورآبادی، ۱۳۷۸؛ لباسچی، ۱۳۷۹). ورمی‌کمپوست حاصل فعالیت بیولوژیک نوعی کرم خاکی با نام علمی *Eisenia foetida* می‌باشد. توماتی^۲ (۱۹۸۷) گزارش داد ورمی‌کمپوست‌ها حاوی مواد بیولوژیکی فعال هستند که همانند تنظیم‌کننده‌های رشد عمل می‌کنند. عزیزی و همکاران (۱۳۸۷) تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان اسانس بابونه آلمانی را در شرایط گلخانه بررسی کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که کاربرد ۱۵ درصد ورمی‌کمپوست در خاک گلدان بیش‌ترین عملکرد گل خشک در بابونه آلمانی رقم گورال^۳ را به دنبال داشت. گاردزی^۴ و همکاران (۲۰۰۰) در پژوهش خود بر روی یک گونه گیاه فضای سبز شهری با مصرف ورمی‌کمپوست افزایش قابل‌توجه ارتفاع را گزارش کردند. محبوب خمایی (۱۳۸۷) در بررسی اثر نوع و مقدار ورمی‌کمپوست در بستر کشت گلدانی بر رشد فیکوس بنجامین ابلق اظهار نمود که ورمی‌کمپوست به مقدار ۲۰ درصد به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک ساقه و برگ را نسبت به شاهد افزایش داد. تحقیقات نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست در سبزیجات نشاءیی موجب افزایش رشد این گیاهان شد (باچمن و متزگر^۵، ۲۰۰۸). زالر^۶ (۲۰۰۷) گزارش داد که استفاده از ورمی‌کمپوست موجب بهبود معنی‌دار عملکرد بیولوژیک ارقام گوجه‌فرنگی، نسبت به تیمار شاهد گردید. یک روش تازه برای تولید گیاهان دارویی استفاده از همزیستی میکوریزی است. این همکاری بین قارچ‌های میکوریزی و گیاهان دارویی می‌تواند منجر به رشد

بهتر گیاه و هم‌چنین افزایش غلظت مواد مؤثره در آن‌ها شود (ژائو^۷ و همکاران، ۲۰۰۵). اطلاعات کمی در خصوص تغییرات احتمالی که در تولید متابولیت‌های ثانویه در اندام‌های هوایی گیاه میزبان در زمان همزیستی میکوریزی اتفاق می‌افتد، موجود است (هاریر و واتسون^۸، ۲۰۰۴). لابیدی^۹ و همکاران (۲۰۰۷) اعلام کردند که افزودن ایزوله‌های امیدبخش قارچ‌های میکوریز آربوسکولار مناسب برای هر منطقه به‌خصوص در شرایط تولید نشاء در خزانه و گلخانه‌ها برای افزایش درصد استقرار گیاه در مزارع ارگانیک ضروری است. نشاءهای میکوریزی شده، نسبت به گیاهان شاهد در شرایط تنش‌زای محیطی عملکرد بالاتری را نشان داده‌اند (کولتای^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۸؛ کارپیو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۵). خاوساد^{۱۲} و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار و ایجاد همزیستی در گیاه *Origanum sp.* سبب افزایش توده زیستی و عملکرد اسانس شده است. با کاربرد قارچ *Glomus intraradices* با بذور اسطوخودوس افزون بر رشد بهتر گیاه، حاصلخیزی خاک با افزایش درصد قارچ‌های میکوریزی بهبود یافت (وهمان^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۶). کاپور^{۱۴} و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاربرد دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولار از جنس گلوموس با سه توده محلی *Artemisia annua* افزایش عملکرد تر و خشک و مواد معدنی پیکر رویشی مشاهده شد. میزان اسانس و درصد آرتیمیزین در برگ‌های گیاه نیز افزایش یافت. در آزمایشات کاپور و همکاران (۲۰۰۴) اعلام شد که کاربرد دو گونه قارچ میکوریز *Glomus fasciculatum* و *Glomus macrocarpum* در گیاه رازیانه، سبب افزایش رشد و میزان اسانس شد به‌طوری‌که قارچ *Glomus fasciculatum* میزان اسانس رازیانه را ۷۸ درصد نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد. بهادری و همکاران (۱۳۹۴) در آزمایشی تأثیر کاربرد قارچ میکوریز *Glomus mosseae* را بر گیاه دارویی آویشن دناپی بررسی کردند نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که کاربرد قارچ میکوریز مذکور با افزایش جذب فسفر و پتاسیم برگی در آویشن دناپی، سبب ۴۱ درصد افزایش در عملکرد خشک اندام هوایی شد. در گزارش دیگری کاربرد قارچ *Glomus mosseae* به‌طور چشمگیری سبب افزایش جذب عناصر ریزمغذی و در پی آن افزایش عملکرد اسانس در گیاه آویشن

7. Zhao

8. Harrier and Watson

9. Labidi

10. Koltai

11. Carpio

12. Khaosaad

13. Ouahmane

14. Kapoor

1. Malik

2. Tomati

3. Goral

4. Gardezi

5. Bachman and Metzger

6. Zaller

شامل ۶ عدد خط ۴ متری با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین دو کرت ۱ متر و فاصله بین دو تکرار نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. ویژگی‌های مورد مطالعه شامل: وزن خشک اندام رویشی، عملکرد وزن خشک در هکتار، درصد اسانس و عملکرد اسانس در هکتار، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی برگ و همچنین اندازه‌گیری میزان عناصر NPK در اندام‌های رویشی بود. با توجه به فواصل بوته‌ها در مترمربع، تعداد بوته‌ها در هکتار محاسبه گردید. با احتساب ۶۶۶۶۷ بوته در هر هکتار از آویشن باغی و پس از محاسبه وزن تک بوته و ارزیابی درصد عطرمایه، عملکرد اندام خشک و همچنین عملکرد اسانس در هکتار محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نمونه‌های گیاهی پس از خشک شدن در آون و پودر شدن، عصاره (به روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم) تهیه و برای ارزیابی میزان عناصر، استفاده شد. بدین ترتیب درصد نیتروژن کل به روش تیتراسیون بعد از تقطیر توسط دستگاه کج‌دال، درصد فسفر کل به روش نورسنجی با معرف مولیبدات-وانادات و با دستگاه اسپکتروفتومتر و میزان پتاسیم کل به روش نشر شعله‌ای و توسط دستگاه فلیم فتومتر مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (امامی، ۱۳۷۵). در انتهای فصل رشد سال سوم پس از کاشت، نسبت به برداشت نهایی از مزرعه تحقیقاتی اقدام شد، عملیات برداشت نهایی در مرحله ۷۰ درصد گل‌دهی انجام شد. هنگام برداشت دو خط از طرفین حذف و از هر طرف کرت نیز یک متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. محصول تر هر کرت توزین گردید. سپس نمونه‌هایی از آن در داخل آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. باقی‌مانده اجزای محصول نیز در سایه و در جریان باد خشک شدند. به‌منظور استخراج اسانس ابتدا نسبت به تعیین درصد رطوبت موجود در هر نمونه اقدام شد و سپس ۱۰۰ گرم از گیاه خشک شده، آسیاب گردید و به مدت ۲ ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر، اسانس‌گیری شد و سپس درصد آن تعیین گردید (سفیدکن و عسگری، ۱۳۸۴). فلاونوئید برگی به روش اسپکتروفتومتری با استفاده از روش کریزک^۲ و همکاران (1998) اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور ۰/۱ گرم از بافت برگ در هاون چینی به همراه ۱۰ میلی‌لیتر اتانول اسیدی (الکل اتیلیک و اسید استیک گلاسیال به نسبت حجمی ۱:۹۹) سائیده شده و پس از سانتریفیوژ، عصاره به‌دست‌آمده به مدت ده دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار

دناپی گردید (بهادری و همکاران، ۱۳۹۲). بیشتر تحقیقات در خصوص قارچ‌های میکوریزی از مناطق گرمسیر گزارش شده است و تحقیقات اندکی در خصوص کاربرد این قارچ‌ها در مناطق نیمه‌خشک و خشک در دسترس است (راویو، 2010). در این پژوهش اثر سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست و همچنین یک گونه قارچ میکوریز آربسکولار بر آویشن باغی مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی تغییرات جذب مواد درشت مغذی، ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه و عملکرد اندام هوایی و اسانس در آویشن باغی در اثر کاربرد کودهای زیستی به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی از مهم‌ترین اهداف این پروژه‌ی تحقیقاتی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و با چهار تیمار شامل: (۱) تلقیح میکوریزی با قارچ *Glomus intraradices* ۲. کود ورمی‌کمپوست (۵ تن در هکتار)، ۳. کود ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار) و ۴. تیمار شاهد) در سه تکرار بر روی گیاه آویشن باغی *Thymus vulgaris* انجام شد. تیمار تلقیح میکوریزی با قارچ *Glomus intraradices* با کاربرد مخلوطی از سه منبع اصلی یعنی اسپور، قطعات ریشه‌ای آلوده به قارچ و هیف‌های متعلق به این قارچ‌ها (تهیه شده از مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور)، در دو مرحله یعنی کشت بذر در گلخانه (ابتدای بهمن‌ماه سال ۱۳۸۸) و به‌صورت مخلوط با بذر و هنگام انتقال نشاء به زمین اصلی (ابتدای فرودین ۱۳۸۸) با ریختن ۴ گرم از ترکیب فوق در پای ریشه انجام شد. در زمین اصلی تیمارهای مربوط به سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست دامی با خاک هر کرت به‌خوبی مخلوط شدند. نشاء‌ها در ابتدای فروردین ۱۳۸۸ به مزرعه اصلی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان منتقل شد. ایستگاه مذکور واقع در کیلومتر ۷ جاده سمنان - دامغان به طول جغرافیایی ۶۵° ۲۸' ۵۳" و عرض جغرافیایی ۳۷° ۳۷' و ارتفاع ۱۱۹۰ متر از سطح دریا، میانگین متوسط حداقل درجه حرارت سالانه ۱۲/۹ و میانگین متوسط حداکثر درجه حرارت سالانه ۲۳/۷ درجه سانتی‌گراد، بافت خاک آن لومی شنی، طبقه آب و هوایی براساس روش دو مارتون اصلاح شده، خشک و سرد و میانگین بارندگی ۳۵ ساله ۱۴۹/۲ میلی‌متر است. قبل از کشت نشاء‌ها در زمین اصلی، آزمایش خاک و ورمی‌کمپوست مورد استفاده انجام شد (جداول ۱ و ۲). پس از کشت نشاء‌ها در زمین اصلی بلافاصله آبیاری صورت گرفت. هر کرت آزمایشی

درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین درصد اسانس با ۲/۴۷ و ۲/۳۵ درصد به‌ترتیب مربوط به کاربرد ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزی بود که نسبت به تیمار شاهد (با ۱/۵۸ درصد) به‌ترتیب ۵۶ و ۴۸ درصد افزایش معنی‌دار نشان دادند (جدول ۵). طبق نتایج به‌دست آمده از جدول همبستگی (جدول ۷)، درصد اسانس با درصد نیتروژن برگ همبستگی مثبت معنی‌دار و با فلاونوئید همبستگی منفی معنی‌دار داشت.

عملکرد اسانس

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر کودهای زیستی بر عملکرد اسانس آویشن باغی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد اسانس با ۵۶/۷۲ و ۵۳/۸۱ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط به کاربرد ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزی بود که نسبت به تیمار شاهد (با ۲۱/۳۱ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب منجر به ۱۶۶ و ۱۵۲ درصد افزایش معنی‌دار شد (جدول ۵).

ترکیبات فنلی

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر کودهای زیستی بر میزان ترکیبات فنلی برگ آویشن باغی معنی‌دار نشد.

فلاونوئید برگ

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر کودهای زیستی بر فلاونوئید برگ آویشن باغی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین فلاونوئید با ۰/۸۸ و ۰/۸۶ (جذب در ۳۳۰ نانومتر) به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد و کاربرد پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود که نسبت به تیمارهای دیگر افزایش نشان دادند (جدول ۵). طبق نتایج به‌دست آمده از جدول همبستگی (جدول ۷)، فلاونوئید با اسانس همبستگی منفی معنی‌دار داشت.

جذب نیتروژن در هکتار

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر کودهای زیستی بر جذب نیتروژن در هکتار توسط گیاه آویشن باغی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین میزان نیتروژن با ۱۱/۷۰ کیلوگرم در

گرفت. سپس شدت جذب در طول موج ۳۳۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد. برای اندازه‌گیری ترکیبات فنلی نیز ۰/۱ گرم از برگ تازه گیاه را در ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد سائیده و به‌مدت ۷۲-۲۴ ساعت در تاریکی نگهداری شد. سپس به ۱ میلی‌لیتر محلول فوقانی، ۱ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه گردید و با آب مقطر دو بار تقطیر، حجم محلول به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد، سپس ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین ۵۰ درصد و ۱ میلی‌لیتر کربنات کلسیم ۵ درصد به آن اضافه گردید. مخلوط حاصل به‌مدت ۱ ساعت در تاریکی نگهداری شد و سپس درصد جذب هر نمونه در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت شد (سینگلتون و راسی^۱، ۱۹۶۵). به‌منظور تهیه منحنی استاندارد، ابتدا غلظت‌های ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گالیک اسید تهیه شد. سپس ۱ میلی‌لیتر از هر کدام از غلظت‌های ذکرشده را در یک لوله آزمایش ریخته و سایر مراحل طبق نمونه‌های مجهول انجام شد و درصد جذب هر نمونه در طول موج ۷۲۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفوتومتر قرائت گردید. منحنی جذب برحسب غلظت رسم شد:

رابطه (۱): $Y = 0.012 X + 0.0401$ در این رابطه، Y : جذب و X : غلظت ترکیبات فنلی (mg.ml^{-1}) بود. در انتها ترکیبات فنلی برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات براساس نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد و آزمون همبستگی پیرسون با نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج

عملکرد خشک اندام هوایی

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر کودهای زیستی بر عملکرد خشک اندام هوایی در آویشن باغی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد خشک اندام هوایی با ۲۸۷۷/۴۷، ۲۲۸۴ و ۲۲۴۵/۵۱ (کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به کاربرد ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست، تلقیح میکوریزی و پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود که نسبت به تیمار شاهد (با ۱۵۳۱/۴۹ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب ۸۷، ۴۹ و ۴۶ درصد افزایش معنی‌دار نشان دادند (جدول ۵).

درصد اسانس

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر کودهای زیستی بر درصد اسانس آویشن باغی در سطح یک

همبستگی (جدول ۷) میزان نیتروژن برگ با درصد اسانس و وزن خشک گیاه همبستگی مثبت معنی دار نشان داد.

هکتار مربوط به کاربرد ده تن در هکتار ورمی کمپوست بود که نسبت به تیمار شاهد با ۳/۴۷ کیلوگرم در هکتار افزایش چشمگیری را نشان داد (جدول ۶). طبق نتایج حاصل از جدول

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1: Physical and chemical properties of the soil in filed

درصد شن	درصد لای	درصد رس	پتاسیم قابل دسترس (پی پی ام)	فسفر قابل دسترس (پی پی ام)	درصد نیتروژن کل	درصد ماده آلی	T.N.V (%)	PH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	عمق Deep
Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Potassium (ppm)	Phosphorus (ppm)	Total Nitrogen (%)	O.C (%)			EC (dS.m ⁻¹)	
66	24	10	154.4	4.21	0.03	0.36	17.87	7.7	5.21	0-30

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ورمی کمپوست دامی مورد استفاده

Table 2: Physical and chemical properties of the vermicompost

درصد رطوبت Humidity (%)	نسبت کربن به نیتروژن C/N	پتاسیم قابل دسترس (درصد) Available Potassium (%)	فسفر قابل دسترس (درصد) Available Phosphorus (%)	درصد نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	درصد ماده آلی O.C (%)	PH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	ورمی کمپوست Vermicompost
43	19.4	0.9	1.07	1	19.4	7.5	2.13	نمونه Sample

جذب پتاسیم در هکتار

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر کودهای زیستی بر جذب پتاسیم در هکتار توسط آویشن باغی معنی دار نشد. بیشترین میزان جذب پتاسیم به ترتیب با ۲۳/۴۰ و ۲۲/۱۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به کاربرد ده تن در هکتار ورمی کمپوست و هم چنین کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار بود که نسبت به تیمار شاهد (با ۱۴/۹۷ کیلوگرم در هکتار) افزایش نشان داد، هرچند این افزایش از نظر آماری معنی دار نشد (جدول ۶).

جذب فسفر در هکتار

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر کودهای زیستی بر جذب فسفر در هکتار توسط آویشن باغی معنی دار نشد. اما مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون چند دامنه ای دانکن نشان داد که بیشترین میزان فسفر به ترتیب با ۱/۱۰ و ۱/۰۴ کیلوگرم در هکتار، مربوط به کاربرد ده تن در هکتار ورمی کمپوست و سپس کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار بود که نسبت به تیمار شاهد (با ۰/۷۶ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۴۴ و ۳۷ درصد افزایش معنی دار داشتند (جدول ۶).

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی بر تعدادی از ویژگی ها در گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*)

Table 3: ANOVA results for some characters of *Thymus vulgaris* plants exposed to different bio-fertilizer

میانگین مربعات Mean of squares					درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variation
فلاونوئید Flavonoid	ترکیبات فنلی Phenolic compounds	عملکرد اسانس Essential oil yield	درصد اسانس Essential oil content	عملکرد خشک Dry herb yield		
0.007 ^{ns}	1.109 ^{ns}	257.30 ^{ns}	0.003 ^{ns}	31838.54 ^{ns}	2	تکرار Replication
0.023*	2.917 ^{ns}	1177.14*	1.77**	910208.51**	3	کود زیستی Bio-fertilizers
0.004	0.711	282.27	0.031	66748.65	6	خطا Error

ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی بر تعدادی از عناصر برگی در گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*)

Table 4: ANOVA results for some nutrient contents of *Thymus vulgaris* plants exposed to different bio-fertilizer

میانگین مربعات Mean of squares			درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variation
پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N		
7.01	0.050	0.695	2	تکرار Replication
62.64 ^{ns}	0.069 ^{ns}	46.60 ^{**}	3	کود زیستی Bio-fertilizers
20.78	0.017	2.85	6	خطا Error

ns و **: به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح یک درصد معنی دار است
ns and **: Non-significant and significant at 1% probability level, respectively

جدول ۵: مقایسه میانگین کودهای زیستی بر تعدادی از ویژگی‌ها در گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*)

Table 5: Effect of bio-fertilizer treatments on mean of some measured traits of *Thymus vulgaris* plants

صفات تیما	عملکرد خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry herb yield (kg.ha ⁻¹)	درصد اسانس Essential oil content (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil Yield (kg.ha ⁻¹)	ترکیبات فنلی (میلی گرم در گرم وزن تازه) Phenolic compounds (mg.gfw ⁻¹)	فلاونوئید (۳۳۰ نانومتر جذب) Flavonoid (330nm absorbance)
<i>G. intraradices</i>	2284.08 ^b	2.35 ^a	53.81 ^a	21.02 ^b	0.70 ^c
Vermicompost (5t.ha ⁻¹)	2245.51 ^b	1.54 ^b	28.26 ^{ab}	23.12 ^a	0.86 ^{ab}
Vermicompost (10t.ha ⁻¹)	2877.47 ^a	2.47 ^a	56.72 ^a	23.06 ^a	0.75 ^{bc}
Control	1531.49 ^c	1.58 ^b	20.31 ^b	22.67 ^{ab}	0.88 ^a

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد
Means in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Test

جدول ۶: مقایسه میانگین کودهای زیستی بر تعدادی از مواد معدنی در گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*)

Table 6. Effect of bio-fertilizer treatments on mean of some nutrient contents of *Thymus vulgaris* plants

صفات تیما	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) N (kg.ha ⁻¹)	فسفر (کیلوگرم در هکتار) P (kg.ha ⁻¹)	پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) K (kg.ha ⁻¹)
<i>G. intraradices</i>	6.13 ^b	1.04 ^a	22.19 ^a
Vermicompost (5t.ha ⁻¹)	3.21 ^b	0.88 ^{ab}	14.9 ^a
Vermicompost (10t.ha ⁻¹)	11.70 ^a	1.10 ^a	23.40 ^a
Control	3.47 ^b	0.76 ^b	14.97 ^a

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد
Means in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Test

بحث

شیمیایی نسبت به کودهای آلی دیگر، به دلیل داشتن مواد محرک رشد گیاهی، از جمله شماری از ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و فاکتورهای رشدی که ناشی از ترشحات میکروفولور روده کرم به علاوه ترشحات جلدی کرم می‌باشد، از برتری ویژه‌ای برخوردار است. از آنجایی که رشد و نمو گیاه شدیداً وابسته به پارامترهای حاصلخیزی خاک می‌باشد (چاندا^۲ و همکاران، 2011)، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی بستر کشت به وسیله ورمی کمپوست دلیل افزایش رشد گیاهان است. در این پژوهش با افزودن ده تن در هکتار ورمی کمپوست به خاک به نظر

در این پژوهش، در گونه *T. vulgaris* حداکثر عملکرد خشک اندام هوایی و همچنین عملکرد اسانس در اثر کاربرد ده تن در هکتار ورمی کمپوست ایجاد شد به طوری که این تیمار عملکرد خشک اندام هوایی را ۸۷ درصد و عملکرد اسانس را به بیش از دو و نیم برابر نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد. افزایش چشمگیر جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگی نیز در اثر تیمار مذکور مشاهده گردید. سالبر^۱ و همکاران (1988) گزارش کردند که کود ورمی کمپوست افزون بر خصوصیات برتر فیزیکی و

کاربرد دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولار از جنس گلوبوس با سه توده محلی *Artemisia annua* افزایش عملکرد تر و خشک و مواد معدنی پیکر رویشی مشاهده شد. *خائوساد* و همکاران (2006) نیز با کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار و ایجاد همزیستی در گیاه *Origanum vulgare* سبب افزایش چشمگیر غلظت فسفر در برگ گیاه تیمار شده در مقایسه با شاهد شدند. در این پژوهش، افزایش جذب فسفر در تیمار با قارچ میکوریز می‌تواند به دلیل ویژگی‌های این قارچ‌ها در تحریک تراوش اسید فسفات‌ها، اگزالات‌ها و یون پروتون (گیری^۹ و همکاران، 2003) از ریشه گیاه آویشن باغی باشد. این مواد سبب آزاد شدن یون‌های فسفر غیرقابل حل از منابع آن شده و سپس توسط میسلیوم قارچ‌های میکوریز گرفته شده به گیاه انتقال می‌یابد. گزارش‌های متعددی علت افزایش میزان اسانس در گیاهان تیمار شده با قارچ‌های میکوریزی را فراهم کردن مطلوب عناصر معدنی پرنیاز و کم‌نیاز برای گیاه مانند (Mg، NPK و Mn و Zn) با ایجاد تعادل در اسیدیته‌ی خاک عنوان کردند (اردوخانی و همکاران^{۱۰}، 2011؛ اسمیت و رید^{۱۱}، 1997). از سوی دیگر شماری از یافته‌های تحقیقاتی نشان داد که استفاده از ریزجاندارانی مانند قارچ‌های میکوریزا موجب القا سیستمیک مقاومت در گیاه میزبان شده و در نتیجه مسیرهای تولید مولکول‌هایی که نقش ترارسانی علائم دفاعی در گیاه را دارند، مانند مسیر تولید اسانس‌ها تحریک می‌شوند (جرالد^{۱۲} و همکاران، 2007؛ لی^{۱۳} و همکاران، 2003).

می‌رسد با تأمین تدریجی عناصر غذایی موردنیاز گیاه و همچنین با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، محیط مناسب برای رشد ریشه ایجاد شد و در پی آن افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک بیشتر در گیاه آویشن باغی مشاهده گردید. نتایج پژوهش حاضر از نظر افزایش عملکرد اندام هوایی و میزان اسانس، با نتایج سایر محققین از جمله لetchamo^۱ (1993) و ال دسوکی^۲ و همکاران (2001) که کاربرد ورمی‌کمپوست را روی سه ژنوتیپ بابونه و رازیانه شیرین، ال ماسری و دهاب^۳ (2001) در شمعدانی، خلیل^۴ (2002) در گل جعفری آزمایش کردند، هم‌خوانی دارد. علاوه بر عناصر غذایی و مواد آلی، ورمی‌کمپوست دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می‌باشد، که این مواد از طریق بهبود زیست‌فراهمی عناصر غذایی خاص، به‌ویژه آهن و روی (چن^۵ و همکاران، 2004) و اثر مستقیم بر متابولیسم گیاهی (ناردی^۶ و همکاران، 2002). باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (تارتورا^۷، 2010). در این پژوهش همبستگی مثبت بین درصد جذب برگی نیتروژن و درصد اسانس در گیاه آویشن باغی مشاهده شد. این افزایش عملکرد به دلیل وجود مقادیر بالاتر نیتروژن در دسترس می‌باشد که برای تولید پروتئین‌های ساختاری ضروری هستند، اسانس‌ها نیز ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آن‌ها نیاز مبرم به NADPH دارند، لذا حضور عنصر نیتروژن برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری است (لومیس و کورتیو^۸، 1972). کاربرد قارچ میکوریز *G. intraradices* نیز عملکرد خشک اندام هوایی آویشن باغی را ۴۹ درصد و عملکرد اسانس را به دو و نیم برابر و جذب فسفر برگی را هم ۳۶ درصد نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد و در بهبود جذب نیتروژن و پتاسیم نیز کارایی نشان داد. شماری از پژوهش‌های انجام شده افزایش غلظت فسفر در اثر کاربرد قارچ‌های میکوریزی را گزارش کردند. مانند: اصلانی و همکاران (۱۳۹۰) که در بررسی اثر دو گونه قارچ آربوسکولار میکوریزا *G. intraradices* و *G. mosseae* بر میزان جذب فسفر در گیاه ریحان اظهار نمودند، گیاهان تلقیح شده با این قارچ‌ها در مقایسه با گیاهان شاهد از رشد، عملکرد و میزان فسفر بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش برخوردار بودند. کاپور و همکاران (2007) گزارش کردند با

1. Letchamo
2. El-Desuki
3. El-Masry and Dahab
4. Khalil
5. Chen
6. Nardi
7. Tartoura
8. Loomis and Corteau

9. Giri
10. Ordoorkhani
11. Smith and Read
12. Gerold
13. Li

جدول ۷: همبستگی تعدادی از ویژگی‌های گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) در شرایط زراعی
 Table 7: Pearson Correlation (2-tailed) between measured parameters on *Thymus vulgaris* plants

							گیاه خشک Dry herb
							1
							0.618*
							1
							-0.444
							0.479
							0.162
							-0.238
							0.427
							0.853**
							-0.012
							0.378
							-0.010
							0.067
							0.070
							-0.319
							-0.378
							1
							-0.522
							-0.497
							0.012
							-0.360
							-0.651*
							0.405
							1
گیاه خشک Dry herb	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	محتویات اسانس Oil content	ترکیبات فنلی Phenolic compounds	فلاونوئید Flavonoid	

* و ** به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار است
 * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

بیوسنتز اسانس و صرف مواد حاصل از فتوسنتز در این فرایند، علت کاهش تولید فلاونوئید بوده است.

نتیجه‌گیری

باتوجه به اهمیت گیاهان دارویی در سلامت جامعه، به‌کارگیری کودهای زیستی به‌دلیل سلامت محصول و تجمع کمتر مواد شیمیایی در اندام‌های گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این پژوهش کارآیی کاربرد کودهای زیستی گوناگون بر آویشن باغی (*T. vulgaris*) در اکوسیستم زراعی منطقه خشک شهرستان سمنان بررسی شد. کاربرد سطوح مناسب ورمی کمپوست و هم‌چنین استفاده از قارچ میکوریز آربسکولار مناسب، توانست موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد اندام هوایی و اسانس در گیاه آویشن باغی شده، هزینه‌های زیست محیطی مربوط به کاربرد کودهای شیمیایی را کاسته، شرایط را برای حرکت به‌سوی تولید محصول سالم جهت صنایع دارویی و غذایی کشور فراهم آورد.

در این پژوهش افزایش عملکرد اندام هوایی در اثر کاربرد قارچ *G. intraradices* می‌تواند در اثر بهبود جذب عناصر غذایی باشد، احتمالاً دلیل افزایش اسانس نیز افزون بر اثر غیرمستقیم میکوریز در بهبود جذب عناصر موردنیاز گیاه، می‌تواند به علت تحریک سیستم دفاعی و در پی آن تولید اسانس بیشتر در گیاه باشد. در این پژوهش دو تیمار برتر یعنی کاربرد ده تن در هکتار ورمی کمپوست و هم‌چنین تیمار با قارچ میکوریزا درحالی‌که سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس شدند، فلاونوئید برگی را کاهش دادند. مطالعات نشان داده‌اند، فرایندهایی که تولید متابولیت‌های ثانویه را تنظیم می‌کنند وابسته به شبکه‌ی گسترده‌ای از ترانسسانی علائم درون و برون سلولی هستند، این علائم در واقع مولکول‌هایی هستند که می‌توانند اثرات انگیزشی و یا کاهندگی بر تولید گروه‌های مختلف متابولیت‌های اولیه و ثانویه داشته باشند (یوان و همکاران^۱، ۲۰۰۲). در این پژوهش افزایش اسانس در اثر کاربرد تعدادی از تیمارها سبب کاهش تولید فلاونوئید در اندام هوایی گیاه آویشن باغی شد، به‌نظر می‌رسد فعالیت بیشتر در مسیر

منابع

- اصلانی، ز.، حسنی، ع.، رسولی صدقیانی، م. ح.، سفیدکن، ف. و برین، م. ۱۳۹۱. تأثیر دو گونه قارچ آربوسکولار مایکوریزا بر رشد، مقادیر کلروفیل و جذب فسفر در گیاه ریحان. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۷ (۳): ۴۸۶-۴۷۱.
 امامی، ع.، ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ۱۲۸ صفحه.

بهداری، ف.، شریفی عاشورآبادی، ا.، میرزا، م.، متینی‌زاده، م. و عبدوسی، و. ۱۳۹۴. تأثیر کاربرد باکتری‌های ریزوسفری افزایش‌دهنده رشد و قارچ میکوریز آریسکولار بر جذب عناصر NPK و عملکرد کمی در گیاه دارویی آویشن دناهی (*Thymus daenensis* Celak). دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۱ (۳): ۵۲۷-۵۳۸.

بهداری، ف.، شریفی عاشورآبادی، ا.، میرزا، م.، متینی‌زاده، م. و عبدوسی، و. ۱۳۹۲. اثر برهمکنش میکروارگانیسم‌های ریزوسفری، بر جذب عناصر روی، منگنز، منیزیم و عملکرد اسانس در آویشن دناهی (*Thymus daenensis*). فناوری تولیدات گیاهی، ۱۳ (۲): ۳۴-۲۳.

جم‌زاد، ز. ۱۳۷۳. آویشن. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۹۱: ۱۷-۱.

درزی، م. ت.، فلاوند، ا.، رجالی، ف. و سفیدکن، ف. ۱۳۸۵. بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۲ (۴): ۲۹۲-۲۷۶.

سفیدکن، ف. و عسگری، ف. ۱۳۸۴. مقایسه کمی و کیفی اسانس پنج گونه آویشن. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۱۹ (۲): ۱۳۶-۱۲۵.

شریفی‌عاشورآبادی، ا. ۱۳۷۸. بررسی حاصلخیزی خاک در اکوسیستم‌های زراعی. پایان‌نامه دکتری زراعت، دانشگاه آزاداسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۲۴۸ صفحه.

عزیزی، م.، رضوانی، ف.، خیاط، م. ح.، لکزبان، ا. و نعمتی، ح. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر سطوح متفاوت ورمی‌کمپوست و آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیکی و میزان اسانس بابونه آلمانی رقم گورال. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴ (۱): ۹۳-۸۲.

لباسچی، م. ح. ۱۳۷۹. بررسی جنبه‌های اکوفیزیولوژی گل راعی در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی. پایان‌نامه دکتری زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۴ صفحه.

محبوب‌خامی، ع. ۱۳۸۷. اثر نوع و مقدار ورمی‌کمپوست در بستر کشت گلدانی بر رشد فیکوس بنجامین ابلق (*Ficus bengamina*). نهال و بذر، ۲۴: ۳۴۶-۳۳۳.

Bachman, G. R. and Metzger, J. D. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost, Bioresource Technology, 99 (8): 3155-3161.

Carpio, L. A., Davies, F. T. and Arnold, M. A. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi, organic and inorganic controlled-release fertilizers: effect on growth and leachate of container-grown Bush morning glory (*Ipomoea carnea* sp. *Fistulosa*) under high production temperatures, Journal of the American Society for Horticultural Science, 130 (1): 131-139.

Chanda, G. K., Bhunia, G. and Chakraborty, S. K. 2011. The effect of vermicompost and other fertilizers on cultivation of tomato plants, Journal of Horticulture and Forestry, 3 (2): 42-45.

Chen, Y., De-Nobili, M. and Aviad, M. 2004. Stimulatory effects of humic substances on plant growth, Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, 103-129.

El-Desuki, M., Amer, A. H., Sawan, O. M. and Khattab, M. E. 2001. Effect of irrigation and organic fertilization on the growth, bulb yield and quality of sweet fennel under shark El-owinat conditions, Mansoura University Journal of Agricultural Sciences, 26: 465-448.

El-Masry, M. H. and Dahab, A. A. 2001. Response of geranium plants (*Pelargonium graveolens*) grown in sandy soil to different sources of nitrogen Growth. 5th Arabian Horticultural Conference, 24-28.

Gardezi, A. K., Ferrera, R. Acuna, J. L. and Saavedra, M. L. 2000. *Sesbania emmerus* (Aubi) urban inoculated with *Glomus* sp. in the presence of vermicompost. Mycorrhiza news, 12 (3): 12-15.

Gerold, J., Beckers, M. and Conrath, U. 2007. Priming for stress resistance: from the lab to the field. Current Opinion in Plant Biology, 10: 425-431.

Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, K. G. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. Biology and Fertility of Soils; 38: 170-175.

Harrier, L. A. and Watson, C. A. 2004. The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. Pest Management Science, 60 (2): 149-157.

Kapoor, R., Giri, B., Krishna, G. and Mukerji, I. 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.

Kapoor, R., Chaudhary, V. and Bhatnagar, A., 2007. Effect of the arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza, 17: 581-587.

Khalil, M. Y. 2002. Influence of compost and foliar fertilization on growth and chemical composition of *Rosmarinos officinali*. Egyptian Journal of Applied Sciences, 17: 884-699.

Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K. and Novak, J. 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., Lamiaceae). Mycorrhiza, 16: 443-446.

- Koltai, H., Meir, D., Shlomo, E., Resnick, N., Ziv, O., Winer, S., Ben-Dor, B. and Kapulnik, Y. 2008. Exploiting arbuscular mycorrhizal technology in different cropping systems under greenhouse conditions in semi-arid regions, *Acta Horticulturae*, 797: 223-228.
- Krizek, D. T., Brita, S. J. and Miewcki, R. M. 1998. Inhibitory effects of ambient level of solar UV-A and UV-B on growth of cv. New Red Fire lettuce. *Physiologia Plantarum*, 103: 1-7.
- Labidi, S., Nasr, H., Zouaghi, M. and Wallander, H. 2007. Effect of compost addition on extra-radical growth of arbuscular mycorrhizal fungi in *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* savi in a pre-Saharan area. *Applied Soil Ecology*, 35 (1): 184-192.
- Letchamo, W. 1993. Nitrogen application affects yield and content of the active substances in chamomile *New Crops*. Wiley, New York, 636-639.
- Loomis, W. D. and Correau, R. 1972. Essential oil biosynthesis. *Recent Advances in Phytochemistry*, 6: 147-185.
- Malik, M. S., Satter, A. and Khan, S. A. 1987. Essential oils of the species of labiatae Part III. Studies on the essential oil of *Zataria multiflora*, *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 30 (10): 751-753.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 1527-1536.
- Ordookhani, K., Sharafzadeh, S. H. and Zare, M. 2011. Influence of PGPR on growth, essential oil and nutrients uptake of Sweet basil. *Advances in Environmental Biology*, 5 (4): 672-677.
- Ouahmane, L., Hafidi, M., Plenchette, C., Kisa, M., Boumezzough, A., Thioulouse, J. and Duponnois, R. 2006. *Lavandula* species as accompanying plants in *Cupressus* replanting strategies: Effect on plant growth, mycorrhizal soil infectivity and soil microbial catabolic diversity. *Applied Soil Ecology*, 34: 190-199.
- Raviv, M. 2010. The use of mycorrhiza in organically-grown crops under semi arid conditions: a review of benefits, constraints and future challenges. *Symbiosis*, 52 (2): 65-74.
- Singleton, V. L. and Rossi, J. 1965. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid agents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Smith, S. E. and Read, D. J. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, Great Britain. 520 pp.
- Subler, S., Edwards, C. and Metzger, J. D. 1998. Comparing vermicompost and compost. *BioCycle*, 12: 63-66.
- Tartoura, A. H. 2010. Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 9 (2): 208-216.
- Tomati, U., Grappelli, A. and Galli, E. 1987. The presence of growth regulators in earthworm-worked wastes. In: Bonvicini Pagliai, A. M., Omodeo, P. (Eds.), *On Earthworms. Proceedings of International Symposium on Earthworms. Selected Symposia and Monographs*, vol.2, Unione Zoologica Italiana, Mucchi, Modena, pp. 423-435.
- Yuan, Y. J., Li, C., Hu, Z. D., Wu, J. C. and Zeng, A. P. 2002. Fungal elicitor-induced cell apoptosis in suspension cultures of *Taxus chinensis* var. *mairei* for taxol production. *Process Biochem*, 38: 193-198.
- Zaller, J. G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Science Horticulturae*, 112: 191-199.
- Zhao, J., Davis, L. and Verpoorte, C. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 23: 283-333.

Evaluation of Vermicompost and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Glomus intraradices*) Efficiency on Essential Oil and Dry Herb Yield of *Thymus vulgaris* in the Field Conditions

Bahadori^{1*}, F. and Ghorbanian², D.

Abstract

In order to study on the effects of vermicompost and arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*) on the morphological and biochemical factors of *Thymus vulgaris* an experiment was carried out on randomized complete block design with three replications. This experiment was done during growing season of 2008 to 2010 at Semnan Agricultural and Natural Resources research station. Treatments were included: the mycorrhizal inoculums (*Glomus intraradices*), 5 and 10ton.ha⁻¹ of vermicompost and control treatment. Results showed that the vermicompost (10ton.ha⁻¹) applications enhanced dry herb yield by 87% and stimulated essential oil yield by 166% in *T. vulgaris* plants with respect to controls. The uptake of N concentration significantly increased in 10ton.ha⁻¹ vermicompost applications. The Mycorrhizal inoculation increased dry herb yield by 49%, enhanced essential oil yield by 149% and increased P uptake by 36% in *T. vulgaris* plants with respect to controls. Our findings confirm that applied the appropriate biofertilizer, can produce the highest quality thymus plants that should be able to show higher quantitative and qualitative production in organic systems compare to control plants.

Keywords: Biofertilizer, Nutrient uptake, Essential oil, Sustainable agriculture

1 and 2. Assistant Professor and Instructor, Respectively, Department of Research Division of Natural Resources, Semnan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Semnan, Iran

※: Corresponding author

Email: farbahadori@gmail.com