

## تأثیر کاربرد کودهای آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد زولنگ (*Eryngium caeruleum* M. Bieb.) تحت تأثیر همزیستی میکوریزایی

مصطفی کوزه‌گر کالجی<sup>۱\*</sup> و محمدرضا اردکانی<sup>۲</sup>

\*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران  
پست الکترونیک: mostafa.koozehgar@gmail.com

۲- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۶

تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۷

### چکیده

زولنگ (*Eryngium caeruleum* M. Bieb.) یکی از مهمترین گونه‌های جنس یوقناق در شمال ایران است که از آن به‌عنوان سبزی صحرایی استفاده می‌شود. به‌منظور بررسی اثر کودهای آلی و همزیستی میکوریزایی بر اجزای عملکرد و درصد اسانس زولنگ آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار در سال ۱۳۹۳ در ساری اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل میکوریزا گونه *Glomus mosseae* در دو سطح (صفر و ۲۰۰ اسپور در گلدان)، ورمی‌کمپوست در دو سطح (صفر و ۲۰۰ گرم در گلدان) و چای کمپوست (ورمی‌واش) در دو سطح (صفر و ۱/۵ لیتر در گلدان‌های مشخص شده) بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و وزن خشک ریشه، درصد و عملکرد اسانس بودند. نتایج بدست‌آمده نشان داد که تیمارهای کاربرد چای کمپوست، ورمی‌کمپوست و همزیستی میکوریزایی تأثیر معنی‌داری بر اغلب صفات مورد اندازه‌گیری داشتند و کلیه صفات مورد بررسی را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته، درصد اسانس، عملکرد اسانس و تعداد گل از تیمار کاربرد همزمان چای کمپوست × ورمی‌کمپوست × میکوریزا بدست آمد اثرهای متقابل دوگانه نشان داد که بیشترین وزن خشک بوته ۱/۲۳ گرم از تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم کاربرد چای کمپوست حاصل شد. نتایج حکایت از آن داشت که کاربرد ورمی‌کمپوست، چای کمپوست و میکوریزا از طریق در دسترس قرار دادن عناصر غذایی باعث افزایش اجزای عملکرد و بهبود صفات کمی و کیفی گیاه زولنگ گردید.

واژه‌های کلیدی: سبزی اندمیک، کود زیستی، گیاه خوراکی خودرو، ورمی‌واش.

### مقدمه

شده است. این جنس، گیاهانی دو یا چندساله هستند که به‌دلیل اینکه رشد آنها به‌صورت خودرو می‌باشد، کشت و کار آنها رو به فراموشی است. گیاه زولنگ از جمله سبزی‌های برگی محلی شمال کشور ایران محسوب می‌شود که از عطرمایه معطری برخوردار است ( *Khoshbakht et al.*, 2007). گیاه زولنگ با نام‌های مختلفی از جمله ششاک

گیاه زولنگ با نام علمی *Eryngium caeruleum* از تیره چتریان می‌باشد. جنس *Eryngium* شامل ۳۱۷ گونه است که در قاره‌های اروپا، آسیا، آمریکا و شمال آفریقا پراکنده شده است (Worze, 2004). از این جنس در ایران گونه علفی خاردار و وجود دارد که در سراسر ایران پراکنده

معنی دار وزن خشک، تعداد برگ و عملکرد گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) شد. همچنین در تحقیقی دیگر گزارش شد که کاربرد دو گونه قارچ میکوریزا از جنس گلوموس، سبب افزایش چشمگیر غلظت فسفر و عملکرد گیاه ذرت (*Zea mays*) گردید (Sun et al., 2010). ورمی کمپوست شامل مخلوط زیستی بسیار فعالی از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی و پيله‌های کرم خاکی می‌باشد که استفاده از آن علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، سبب فراهم شدن عناصر غذایی محلول مورد نیاز گیاه شده که بهبود رشد و عملکرد گیاه را به دنبال دارد (Fayazi et al., 2014). ورمی کمپوست یک ماده آلی پیت مانند است که به دلیل دارا بودن ویژگی هوموسی باعث نرمی بافت خاک، افزایش تهویه و ظرفیت نگهداری آب خاک می‌شود (Habibi & Majidian, 2014). در تحقیقی نشان داده شد که مصرف کود ورمی کمپوست در همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) باعث افزایش معنی دار ارتفاع بوته، عملکرد بیوماس، وزن هزاردانه و شاخص برداشت می‌شود (Rezaee & Baradaran, 2013). Darzi و Haj Seyed Hadi (۲۰۱۲) گزارش کردند که حداکثر عملکرد بیوماس و ارتفاع بوته گیاه شوید (*Anethum graveolens*) به ترتیب در سطوح ۴ و ۹ تن ورمی کمپوست در هکتار بدست آمد. در تحقیقی دیگر مصرف همزمان کمپوست و ورمی کمپوست نسبت به مصرف جداگانه آنها در بهبود صفات کمی و کیفی به لیمو (*Lippia citrioidora*) مؤثرتر بود (Asghari et al., 2016). ورمی‌واش به عنوان عصاره ورمی کمپوست، مجموعه‌ای از مواد ترش‌حی و فضولات دفعی کرم خاکی همراه با عناصر ریزمغذی عمده و مولکول‌های آلی خاک است که برای رشد گیاه مفید بوده و به صورت اسپری برگ‌پاشی بکار می‌رود (Ansari, 2008). در تحقیقی مشاهده شد که برگ‌پاشی ورمی‌واش باعث افزایش معنی دار عملکرد خشک گیاه فلفل (*Capsicum annuum*) شد (George et al., 2007). در پژوهشی دیگر کاربرد ورمی‌واش در گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) سبب ارتفاع بوته، عملکرد

در شهسوار، شوشاخ در رامسر و چوچاق یا انارچوقاق در گیلان شناخته می‌شود (Nabavi et al., 2008). رویکرد روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی در سطح جهانی اهمیت کشت و تولید این گیاهان را روشن‌تر می‌سازد. در حال حاضر تقاضا برای گیاهان دارویی به عنوان تولیدات قابل مصرف در صنایع بهداشتی و دارویی در حال افزایش است (Hecl & Sustrikova, 2006). امروزه استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک و عملکرد بالا، گسترش چشمگیری یافته است، اما در بسیاری موارد کاربرد این کودها باعث آلودگی‌های زیست محیطی و صدمات اکولوژیکی شده و هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Salehi et al., 2014). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای آلی و زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه‌حل مطلوب برای غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. از مهمترین منابع می‌توان به قارچ‌های میکوریزا، ورمی‌واش و ورمی کمپوست اشاره کرد. همزیستی میکوریزی (قارچ-ریشه) از قدیمی‌ترین همزیستی‌ها است و شواهد نشان می‌دهد که این همزیستی قدمتی بیش از ۴۰۰ میلیون سال دارد و بیش از ۹۰٪ از گونه‌های گیاهی جنگلی و چمنزارها از این رابطه همزیستی بهره‌مند هستند (Brundrett, 2002). قارچ‌های میکوریزا با تولید میسیلیوم‌هایی که دارای طول بیشتر و قطر کمتر نسبت به ریشه گیاه می‌باشند امکان دسترسی به منابع، در سطوحی را که ریشه قادر به نفوذ در آن نمی‌باشد، فراهم می‌آورد (Zare et al., 2010). همزیستی میکوریزیایی قابلیت ارتجاعی گیاهان را در مقابل تنش‌های محیطی از قبیل کمبود مواد غذایی، خشکی و اختلالات خاک بهبود می‌بخشد (Barea et al., 2011). میکوریزا با افزایش جذب عناصری مانند فسفر، منیزیم، پتاسیم، کلسیم، روی، منگنز و نیتروژن توسط ریشه‌های خود، نقش مهمی در تعادل یونی گیاهان ایفاء می‌کند (Shokri & Maadi, 2009). Omidی همکاران (۲۰۰۹) بیان کرده‌اند که همزیستی با قارچ میکوریزا با تولید هورمون‌های رشد (جیبرلین) باعث افزایش

شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ و همچنین نتایج حاصل از تجزیه کودهای آلی در جدول ۲ آورده شده است. عملیات کاشت در آبان ۱۳۹۳ و به صورت گلدانی انجام شد. عملیات داشت شامل آبیاری، تنک و وجین بود. ابتدا در هر گلدان ۱۰ بذر زولنگ کشت گردید، آنگاه در مرحله ۵-۴ برگی (پس از استقرار کامل گیاه) بوته‌ها تنک و در نهایت در هر گلدان ۴ بوته نگهداری شد. به منظور اندازه‌گیری برخی صفات مورفولوژیک و همچنین درصد اسانس، برداشت اندام‌های رویشی انجام گردید. برای اندازه‌گیری، از هر گلدان ۲ بوته به طور تصادفی انتخاب و ارتفاع و تعداد انشعابات فرعی آنها اندازه‌گیری و به صورت جداگانه ثبت گردید. سپس بوته‌های انتخاب شده از هر گلدان به صورت دستی برداشت و جداگانه داخل بسته قرار گرفته و شماره‌گذاری شدند. در زمان رسیدگی صفات نهایی شامل وزن خشک بوته، وزن هزاردانه، درصد و عملکرد اسانس و پارامترهای ریشه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بوته‌های جمع‌آوری شده، در شرایط مناسب به صورت طبیعی و به دور از نور خورشید به مدت ده روز خشک شدند. بعد از خرد کردن بوته‌ها، ۲۰ گرم از نمونه‌ها با استفاده از روش تقطیر با آب و به وسیله دستگاه کلونجر اقدام به استخراج اسانس گردید. مدت زمان استخراج اسانس برای تمامی نمونه‌ها به طور یکسان ۲ ساعت بود (Mirza et al., 1996). بازده اسانس (درصد) نیز پس از رطوبت‌زدایی آب آن توسط سولفات سدیم خشک نسبت به وزن خشک گیاه محاسبه گردید. میزان اسانس با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین و بر حسب درصد و عملکرد اسانس بر حسب گرم در گلدان محاسبه شد (Dastborhan et al., 2011).

بوته تر و خشک، عملکرد برگ و محتوای اسانس بالاتر نسبت به تیمارهای شاهد، کاربرد کود کامل شیمیایی و زه‌آب کمپوست گردید (Ayyobi et al., 2013). همچنین در بررسی دیگری که در رابطه با تأثیر کودهای آلی و زیستی انجام شد، نتایج نشان داد که کاربرد کودهای ورمی‌کمپوست، ورمی‌واش و میکوریزا سبب افزایش سطح برگ، وزن خشک بوته، درصد اسانس، عملکرد اسانس و ارتفاع بوته در گیاه اناریجه (*Froriepia subpinnata*) شد (Koozehgar Kaleji & Ardakani, 2018). این آزمایش با هدف بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی برگی ورمی‌واش و تلقیح با قارچ میکوریزا بر برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی (مورفولوژیکی)، درصد و عملکرد اسانس گیاه زولنگ در مقایسه با تیمار شاهد و تیمارهای تلفیقی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در شهرستان ساری با موقعیت جغرافیایی ۵۳ درجه و ۶۳ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۸۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۳/۳ متر از سطح دریا با آب‌وهوای معتدل به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار اجرا شد. فاکتورهای میکوریزا گونه *Glomus mosseae* در ۲ سطح (صفر و ۲۰۰ اسپور در گلدان)، ورمی‌کمپوست در ۲ سطح (صفر و ۲۰۰ گرم در گلدان) و ورمی‌واش در ۲ سطح (صفر و ۱/۵ لیتر) در مرحله ۵-۴ برگی روی گلدان‌های مشخص شده اسپری گردید. ورمی‌کمپوست و چای کمپوست با پایه کود دامی (گاوی) تهیه شد. برای انجام آزمایش از گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر استفاده

$$۱۰۰ \times \text{وزن خشک ماده اولیه (گرم)} / \text{وزن اسانس (گرم)} = \text{میزان اسانس (درصد)}$$

$$\text{عملکرد ماده خشک} \times \text{درصد اسانس} = \text{عملکرد اسانس}$$

سطح برگ به وسیله نرم افزار Image J اندازه گیری شد. تجزیه داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS (9.1) و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

| بافت | کربن آلی (%) | پتاسیم قابل جذب (ppm) | نیترژن کل (%) | فسفر (ppm) | ماده آلی (%) | مواد خنثی شونده (%) | اسیدیته کل اشباع | هدایت الکتریکی (dS.m <sup>-1</sup> ) |
|------|--------------|-----------------------|---------------|------------|--------------|---------------------|------------------|--------------------------------------|
| لومی | ۲/۹          | ۲۹۶                   | ۰/۲۰          | ۵/۳        | ۳/۲۷         | ۲۷                  | ۷/۶۳             | ۰/۵۴                                 |

جدول ۲- نتایج تجزیه کود ورمی کمپوست و چای کمپوست

| اسیدیته | هدایت الکتریکی | کربن آلی (%) | ماده آلی (%) | نیترژن (%) | پتاسیم (%) | فسفر (%) | کلسیم (%) | منیزیم (%) | آهن (ppm) | روی (ppm) | منگنز (ppm) | مس (ppm) |
|---------|----------------|--------------|--------------|------------|------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|----------|
| ۶/۳۵    | ۱/۲            | ۱۱/۷         | ۲۰/۱۷        | ۱/۵۵       | ۳/۹        | ۲/۲      | ۴/۰۹      | ۰/۱۵       | ۱۹۸۱      | ۲۶۶       | ۷۹/۳        | ۲۲       |

## نتایج

### اجزای عملکرد

نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد توأم و به تنهایی کودهای آلی و بیولوژیک بر سطح برگ، ارتفاع بوته و تعداد برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود، ولی کاربرد چای کمپوست در ارتفاع بوته تأثیری نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین ها نشان داد که کاربرد توأم کودهای آلی و بیولوژیک باعث افزایش سطح برگ، ارتفاع بوته و تعداد برگ نسبت به شاهد شد. بیشترین میزان سطح برگ با میانگین ۱۱۲/۶۲ سانتی متر از تیمار ترکیبی همزیستی میکوریزایی، کاربرد چای کمپوست و عدم کاربرد ورمی کمپوست و بیشترین تعداد برگ با میانگین ۱۷/۴۰ از تیمار ترکیبی کاربرد چای کمپوست، همزیستی میکوریزایی و عدم کاربرد ورمی کمپوست و بیشترین میزان ارتفاع بوته با میانگین ۳۹/۰۵ سانتی متر از تیمار کاربرد ورمی کمپوست، عدم کاربرد میکوریزا و عدم کاربرد چای کمپوست حاصل شد (جدول ۵). همچنین در صفات اشاره شده کمترین مقدار در تیمار شاهد بدست آمد.

### تعداد گل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد توأم و به تنهایی میکوریزا، کودهای آلی و اثرهای متقابل آنها بر تعداد گل در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین تعداد گل به ترتیب از تیمار ترکیبی همزیستی میکوریزایی، کاربرد ورمی کمپوست و عدم کاربرد چای کمپوست (۱۶/۷۵) و شاهد (۹/۷۷) حاصل شد (جدول ۵).

### وزن خشک بوته

در این مطالعه اثر کاربرد کودهای آلی و میکوریزا و اثرهای متقابل دوگانه آنها در سطح ۱٪ معنی دار بود و تیمارهای چای کمپوست، ورمی کمپوست و اثر متقابل سه گانه بر وزن خشک بوته تأثیری نداشت (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک بوته با میانگین ۱/۲۳ گرم از تیمار همزیستی میکوریزایی و عدم کاربرد چای کمپوست

نشان داد و در دیگر صفات معنی‌دار نبود و تلفیق دوگانه چای کمپوست و ورمی‌کمپوست، چای کمپوست و میکوریزا روی وزن خشک و چای کمپوست و ورمی‌کمپوست روی طول ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین میزان قطر ریشه با میانگین  $7/92$  میلی‌متر، از تیمار همزیستی میکوریزایی عدم کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم کاربرد چای کمپوست (جدول ۵) و بیشترین میزان طول ریشه با میانگین  $12/93$  سانتی‌متر از تیمار همزیستی میکوریزایی و عدم کاربرد چای کمپوست (جدول ۴) و بیشترین میزان وزن خشک ریشه با میانگین  $4/68$  گرم از ترکیب تیماری کاربرد چای کمپوست و ورمی‌کمپوست (جدول ۴) حاصل شد. همچنین در تمام صفات اشاره شده کمترین مقدار در تیمار شاهد بدست آمد.

#### درصد اسانس و عملکرد اسانس

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) کاربرد میکوریزا، چای کمپوست و ورمی‌کمپوست سبب افزایش میزان اسانس و عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد و اثرهای متقابل آنها در سطح  $1\%$  معنی‌دار بود ولی اثر متقابل ورمی‌کمپوست و همزیستی میکوریزایی تأثیری بر عملکرد اسانس نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرهای متقابل سه‌گانه نشان داد که بیشترین درصد اسانس به ترتیب از ترکیب تیماری همزیستی میکوریزایی، عدم کاربرد چای کمپوست و ورمی‌کمپوست ( $0/74\%$ ) و بیشترین میزان عملکرد اسانس با میانگین  $2/87$  گرم در گلدان از ترکیب تیماری همزیستی میکوریزایی، کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم کاربرد چای کمپوست حاصل شد (جدول ۵).

و کمترین میزان با میانگین  $0/41$  گرم از شاهد حاصل شد (جدول ۴).

#### وزن هزاردانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) مشاهده شد که کاربرد توأم و به‌تنهایی میکوریزا، ورمی‌کمپوست و چای کمپوست و اثرات متقابل آنها در سطح  $1\%$  معنی‌دار بود ولی تیمار چای کمپوست و تیمارهای چای کمپوست، ورمی‌کمپوست و اثرمتقابل سه‌گانه بر وزن هزاردانه تأثیری نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که بیشترین میزان وزن هزاردانه با میانگین  $1/12$  گرم از تیمار همزیستی میکوریزایی و عدم کاربرد چای کمپوست و کمترین میزان وزن هزاردانه با میانگین  $1/01$  گرم مربوط به شاهد بدست آمد (جدول ۴).

#### صفات مرتبط با ریشه

کاربرد کودهای آلی و زیستی بر روی صفات مرتبط با ریشه شامل وزن خشک، طول و قطر بررسی شد (جدول ۳). بر این اساس تیمار چای کمپوست برای صفتهای قطر و طول ریشه در سطح احتمال  $1\%$  تأثیر معنی‌داری را نشان داد. همچنین کاربرد این تیمار روی وزن خشک غیرمعنی‌دار بود. کاربرد توأم و به‌تنهایی کودهای آلی و زیستی روی قطر ریشه در سطح احتمال  $1\%$  معنی‌دار بود. همچنین کاربرد میکوریزا و ورمی‌کمپوست روی طول ریشه و وزن خشک تأثیر مثبت داشت. تلفیق تیماری سه‌گانه همزیستی میکوریزایی، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی چای کمپوست تنها در صفت قطر ریشه تأثیری معنی‌داری در سطح احتمال  $1\%$

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده زولنگ

| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع بوته | تعداد برگ | سطح برگ  | وزن خشک بوته | تعداد گل | وزن هزاردانه | قطر ریشه | طول ریشه | وزن خشک ریشه | درصد اسانس | عملکرد اسانس |
|---------------|------------|-------------|-----------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------|--------------|------------|--------------|
| تکرار         | ۳          | ۰/۲۵        | ۰/۰۳۸     | ۱/۷۲     | ۰/۰۱         | ۰/۰۶     | ۰/۰۰۲        | ۰/۰۰۲    | ۰/۲۰     | ۰/۰۱         | ۰/۰۰۰۱     | ۰/۰۱         |
| T             | ۱          | ۰/۱۶ns      | ۱۷/۸۵**   | ۲۹۱۷/۱** | ۰/۶۶**       | ۳/۶۴**   | ۰/۰۰۱ns      | ۰/۳۲**   | ۰/۷۵**   | ۰/۰۴ns       | ۰/۰۹۴**    | ۲/۶۹**       |
| V             | ۱          | ۱/۷۵*       | ۴۸/۷۵**   | ۳۷۱/۷**  | ۰/۱۷**       | ۵/۱۲**   | ۰/۰۲**       | ۴/۴۷**   | ۱۲/۸۷**  | ۸/۷۸**       | ۰/۰۱۴**    | ۰/۲۹**       |
| M             | ۱          | ۸/۱۰**      | ۲۱/۲۸**   | ۱۰۱۷/۳** | ۱/۵۲**       | ۲۰/۴۸**  | ۰/۰۴**       | ۴۷/۹۲**  | ۳۸۱/۵۷** | ۲۵/۸۶**      | ۰/۲۵**     | ۱۰/۰۰**      |
| T.V           | ۱          | ۳۶۶/۵**     | ۵۸/۰۵**   | ۱۶۱۲/۶** | ۰/۰۳ns       | ۳۳/۶۲**  | ۰/۰۰۱ns      | ۰/۹۲**   | ۰/۰۷ns   | ۰/۰۴ns       | ۰/۰۱۸**    | ۰/۱۶**       |
| T.M           | ۱          | ۳۱/۸۰**     | ۱۲/۳۷**   | ۱۲۱/۴**  | ۱/۱۸**       | ۴۲/۳۲**  | ۰/۰۱۱*       | ۱/۱۸**   | ۱/۶۶**   | ۰/۰۴ns       | ۰/۱۲۵**    | ۸/۷۲**       |
| V.M           | ۱          | ۲۶۷/۳**     | ۱۶/۹۶**   | ۵۰۸/۸**  | ۰/۱۵**       | ۴/۲۰**   | ۰/۰۲۰**      | ۶/۲۶**   | ۳/۹۹**   | ۴/۴۷**       | ۰/۰۸۷**    | ۰/۰۰۰۳ns     |
| V.T.M         | ۱          | ۳۴۷/۸**     | ۰/۸۷*     | ۱۵۶/۴**  | ۰/۰۰۵ns      | ۴۴/۱۸**  | ۰/۰۰۱ns      | ۱/۱۱**   | ۰/۲۲ns   | ۰/۲۱ns       | ۰/۰۹۰**    | ۰/۳۰**       |
| خطا           | ۲۱         | ۰/۲۴        | ۰/۱۴      | ۰/۱۹     | ۰/۰۰۹        | ۰/۱۲     | ۰/۰۰۱        | ۰/۰۳     | ۰/۰۸۱    | ۰/۰۳         | ۰/۰۰۰۱     | ۰/۰۰۴        |
| ضریب تغییرات  |            | ۱/۵۹        | ۲/۶۴      | ۰/۴۹     | ۱۴/۵۵        | ۲/۴۵     | ۳/۶۹         | ۲/۹۷     | ۳/۴۸     | ۴/۹۰         | ۲/۰۷       | ۴/۶۳         |

ns, \* و \*\*: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪

T: چای کمپوست، V: ورمی کمپوست، M: همزیستی میکوریزایی

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه بر صفات مورد آزمون زولنگ

| تیمار                         | طول ریشه (سانتی متر) | وزن هزاردانه (گرم) | وزن خشک بوته (گرم) | وزن خشک                       | تیمار  | وزن خشک بوته (گرم) | وزن هزاردانه (گرم) | طول ریشه (سانتی متر) |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|
| T <sub>0</sub> M <sub>0</sub> | ۵/۵۷c                | ۱/۰۱b              | ۰/۴۱c              | V <sub>0</sub> M <sub>0</sub> | ۰/۴۶c  | ۱/۸۴d              | ۴/۴۶d              | ۰/۹۸b                |
| T <sub>0</sub> M <sub>1</sub> | ۱۲/۹۳a               | ۱/۱۲a              | ۱/۲۳a              | V <sub>0</sub> M <sub>1</sub> | ۰/۷۵ b | ۴/۳۸b              | ۱۲/۲۷b             | ۱/۱۱a                |
| T <sub>1</sub> M <sub>0</sub> | ۵/۷۲c                | ۱/۰۶b              | ۰/۵۱bc             | V <sub>1</sub> M <sub>0</sub> | ۰/۴۶ c | ۳/۶۳c              | ۶/۶۳c              | ۱/۰۸a                |
| T <sub>1</sub> M <sub>1</sub> | ۱۲/۱۷b               | ۱/۱۰ab             | ۰/۵۶b              | V <sub>1</sub> M <sub>1</sub> | ۱/۰۴a  | ۴/۶۸a              | ۱۲/۸۳a             | ۱/۱۱a                |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

(T<sub>0</sub>V<sub>0</sub>): شاهد، (T<sub>0</sub>V<sub>1</sub>): ورمی‌کمپوست، (T<sub>1</sub>V<sub>0</sub>): جای کمپوست، (T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>): ورمی‌کمپوست × جای کمپوست

(T<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): شاهد، (T<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): همزیستی میکوریزا، (T<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): کاربرد جای کمپوست، (T<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): جای کمپوست × همزیستی میکوریزا

(V<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): شاهد، (V<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): همزیستی میکوریزا، (V<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): ورمی‌کمپوست، (V<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): ورمی‌کمپوست × همزیستی میکوریزا

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه کاربرد جای کمپوست، ورمی‌کمپوست و همزیستی میکوریزا

بر صفات مورد آزمون زولنگ

| تیمار  | تعداد برگ | ارتفاع بوته (سانتی متر) | سطح برگ (سانتی متر) | تعداد گل | قطر ریشه (میلی متر) | درصد اسانس | عملکرد اسانس (گرم در گلدان) |
|--|-----------|-------------------------|---------------------|----------|---------------------|------------|-----------------------------|
| T <sub>0</sub> V <sub>0</sub> M <sub>0</sub> | ۱۰/۱۲f    | ۲۰/۳۷f                  | ۶۰/۰۹g              | ۹/۷۷e    | ۳/۸۵ e              | ۰/۳۱e      | ۰/۳۷g                       |
| T <sub>0</sub> V <sub>0</sub> M <sub>1</sub> | ۱۲/۳۰e    | ۳۵/۷۵b                  | ۷۸/۸۱f              | ۱۶/۷۵a   | ۷/۹۲ a              | ۰/۸۲a      | ۲/۷۲b                       |
| T <sub>0</sub> V <sub>1</sub> M <sub>0</sub> | ۱۷/۰۷a    | ۳۹/۰۵a                  | ۸۴/۶۵e              | ۱۵/۷۰b   | ۵/۵۰ d              | ۰/۶۱d      | ۰/۹۰f                       |
| T <sub>0</sub> V <sub>1</sub> M <sub>1</sub> | ۱۵/۶۷b    | ۲۹/۶۷d                  | ۹۶/۲۸c              | ۱۶/۵۲a   | ۷/۰۷ b              | ۰/۷۰c      | ۲/۸۷a                       |
| T <sub>1</sub> V <sub>0</sub> M <sub>0</sub> | ۱۳/۴۰d    | ۳۵/۸۷b                  | ۹۲/۸۶d              | ۱۵/۸۰b   | ۴/۵۰ e              | ۰/۷۰c      | ۱/۱۷d                       |
| T <sub>1</sub> V <sub>0</sub> M <sub>1</sub> | ۱۷/۴۰a    | ۳۴/۰۷c                  | ۱۱۲/۶۳a             | ۱۳/۴۷c   | ۶/۲۵ c              | ۰/۷۴b      | ۱/۵۰e                       |
| T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> M <sub>0</sub> | ۱۴/۳۰c    | ۲۷/۸۲e                  | ۹۷/۸۷b              | ۱۲/۹۲d   | ۵/۶۵ d              | ۰/۶۹c      | ۱/۰۲e                       |
| T <sub>1</sub> V <sub>1</sub> M <sub>1</sub> | ۱۶/۰۵b    | ۲۷/۶۵e                  | ۹۲/۸۶d              | ۱۳/۸۵c   | ۷/۲۲ b              | ۰/۷۵b      | ۱/۳۰c                       |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

(T<sub>0</sub>V<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): شاهد، (T<sub>0</sub>V<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): همزیستی میکوریزا، (T<sub>0</sub>V<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): ورمی‌کمپوست، (T<sub>0</sub>V<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): ورمی‌کمپوست × همزیستی میکوریزا، (T<sub>1</sub>V<sub>0</sub>M<sub>0</sub>): جای کمپوست

(T<sub>1</sub>V<sub>0</sub>M<sub>1</sub>): جای کمپوست × همزیستی میکوریزا، (T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>M<sub>0</sub>): جای کمپوست × ورمی‌کمپوست، (T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>M<sub>1</sub>): جای کمپوست × ورمی‌کمپوست × همزیستی میکوریزا

## بحث

نتایج بدست آمده نشان داد که تیمارهای کودهای آلی (ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی برگ‌گی جای کمپوست یا ورمی‌واش) و کود زیستی (میکوریزا) تأثیر معنی‌داری بر سطح برگ، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته، درصد و عملکرد

اسانس و تعداد برگ داشتند و کلیه صفات مورد بررسی را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. نتایج این پژوهش با نتایج Nematı Drabandi و همکاران (۲۰۱۴) و Koozehgar و Ardakani و Kaleji (۲۰۱۷) که افزایش سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک بوته بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)

و نعناع صحرایی (*Mentha spicata* L.) را در اثر محلول پاشی ورمی‌واش گزارش کردند، مطابقت دارد. کاربرد چای کمپوست، ورمی‌کمپوست و میکوریزا از طریق تسریع در جذب عناصر غذایی و بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهم کردن و جذب بیشتر عناصر غذایی سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی و موجب بهبود ارتفاع بوته، وزن خشک، تعداد برگ، سطح برگ و وزن هزارانه شد. در تحقیقی مشاهده شد که کاربرد ورمی در تیمارهای کودی اعمال شده مانند کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*) شد (Bigonah et al., 2015). نتایج Gutierrez-Miceli و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش تعداد برگ در مقایسه با شاهد شد. کودهای زیستی تعداد برگ در بوته گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Nemati et al., 2013). در پژوهشی دوساله که بر روی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) انجام دادند مشاهده شد که همزیستی ریشه گوجه‌فرنگی با یک گونه از قارچ میکوریزا موجب افزایش بارز تعداد گل در بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید (Subramanian et al., 2006). افزایش گلدهی در پژوهش Subramanian و همکاران (۲۰۰۶) به بهبود جذب آب و تغذیه گیاه که در اثر همزیستی میکوریزایی حاصل گردیده بود، نسبت داده شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. همچنین با مصرف ورمی‌کمپوست تعداد گل در بوته سرخارگل (*Echinacea angustifolia*) افزایش یافت (Razavi Niya et al., 2015). همچنین در تحقیقی دیگر وزن خشک برگ تحت تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست در گیاه استویا (*Stevia rebaudiana*) در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (Yousefi Shiadeh et al., 2015). ورمی‌کمپوست از طریق افزایش قدرت جذب آب و فراهم نمودن مقدار مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) تأثیر مثبتی بر وزن تر و خشک داشته است (Mafakheri et al., 2011). در تحقیقی دیگر کاربرد کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن خشک گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*) و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که تلقیح بذرهاي نخود (*Cicer arietinum*) با میکوریزا وزن خشک کل را به میزان ۴۳٪ نسبت به شاهد افزایش داد. آنان دلیل این موضوع را افزایش طول تارهای کشنده ریشه و هیف‌های قارچ ذکر کردند که با افزایش رشد ریشه، تجمع ماده خشک با تلقیح میکوریزا بهبود می‌یابد. در آزمایش‌های دیگر نیز نشان داده شد که کاربرد انواع کودهای آلی و بیولوژیک تأثیر نسبتاً مشابهی بر وزن کل بذر و وزن هزارانه گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Tahami Zarandi et al., 2010) و رازیانه (*Foeniculum vulgare*) (Moradi et al., 2009) گذاشت. همچنین کاربرد میکوریزا با تولید میسلیوم‌ها باعث افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کاربرد کودهای آلی (ورمی‌کمپوست و چای کمپوست) با افزایش قدرت جذب آب و دسترسی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف، تولید مواد تحریک‌کننده رشد، افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک سبب افزایش میزان قطر، طول و وزن خشک ریشه و درصد و عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد. تلقیح گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) با دو گونه قارچ میکوریزا *G. intraradices* و *G. mosseae* سبب افزایش وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج تحقیق بر روی گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) میکوریزایی شده حکایت از آن داشت که گونه‌های ذکر شده وزن خشک ریشه را تا ۲/۵ برابر نسبت به تیمارهای غیر میکوریزایی افزایش داد (Azimi et al., 2014). Sirrenberg و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا، اکسین تولید شده روی رشد ریشه مؤثر بود. طبق گزارشی (Samiran et al., 2010) طول ریشه گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در حضور ورمی‌کمپوست افزایش یافت. همچنین در تحقیقی دیگر کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار قطر ریشه و

و نعناع صحرایی (*Mentha spicata* L.) را در اثر محلول پاشی ورمی‌واش گزارش کردند، مطابقت دارد. کاربرد چای کمپوست، ورمی‌کمپوست و میکوریزا از طریق تسریع در جذب عناصر غذایی و بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهم کردن و جذب بیشتر عناصر غذایی سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی و موجب بهبود ارتفاع بوته، وزن خشک، تعداد برگ، سطح برگ و وزن هزارانه شد. در تحقیقی مشاهده شد که کاربرد ورمی در تیمارهای کودی اعمال شده مانند کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*) شد (Bigonah et al., 2015). نتایج Gutierrez-Miceli و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش تعداد برگ در مقایسه با شاهد شد. کودهای زیستی تعداد برگ در بوته گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Nemati et al., 2013). در پژوهشی دوساله که بر روی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) انجام دادند مشاهده شد که همزیستی ریشه گوجه‌فرنگی با یک گونه از قارچ میکوریزا موجب افزایش بارز تعداد گل در بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید (Subramanian et al., 2006). افزایش گلدهی در پژوهش Subramanian و همکاران (۲۰۰۶) به بهبود جذب آب و تغذیه گیاه که در اثر همزیستی میکوریزایی حاصل گردیده بود، نسبت داده شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. همچنین با مصرف ورمی‌کمپوست تعداد گل در بوته سرخارگل (*Echinacea angustifolia*) افزایش یافت (Razavi Niya et al., 2015). همچنین در تحقیقی دیگر وزن خشک برگ تحت تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست در گیاه استویا (*Stevia rebaudiana*) در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (Yousefi Shiadeh et al., 2015). ورمی‌کمپوست از طریق افزایش قدرت جذب آب و فراهم نمودن مقدار مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) تأثیر مثبتی بر وزن تر و خشک داشته است (Mafakheri et al., 2011). در تحقیقی دیگر کاربرد کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن خشک گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*) و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که تلقیح بذرهاي نخود (*Cicer arietinum*) با میکوریزا وزن خشک کل را به میزان ۴۳٪ نسبت به شاهد افزایش داد. آنان دلیل این موضوع را افزایش طول تارهای کشنده ریشه و هیف‌های قارچ ذکر کردند که با افزایش رشد ریشه، تجمع ماده خشک با تلقیح میکوریزا بهبود می‌یابد. در آزمایش‌های دیگر نیز نشان داده شد که کاربرد انواع کودهای آلی و بیولوژیک تأثیر نسبتاً مشابهی بر وزن کل بذر و وزن هزارانه گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Tahami Zarandi et al., 2010) و رازیانه (*Foeniculum vulgare*) (Moradi et al., 2009) گذاشت. همچنین کاربرد میکوریزا با تولید میسلیوم‌ها باعث افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کاربرد کودهای آلی (ورمی‌کمپوست و چای کمپوست) با افزایش قدرت جذب آب و دسترسی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف، تولید مواد تحریک‌کننده رشد، افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک سبب افزایش میزان قطر، طول و وزن خشک ریشه و درصد و عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد. تلقیح گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) با دو گونه قارچ میکوریزا *G. intraradices* و *G. mosseae* سبب افزایش وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج تحقیق بر روی گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) میکوریزایی شده حکایت از آن داشت که گونه‌های ذکر شده وزن خشک ریشه را تا ۲/۵ برابر نسبت به تیمارهای غیر میکوریزایی افزایش داد (Azimi et al., 2014). Sirrenberg و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا، اکسین تولید شده روی رشد ریشه مؤثر بود. طبق گزارشی (Samiran et al., 2010) طول ریشه گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در حضور ورمی‌کمپوست افزایش یافت. همچنین در تحقیقی دیگر کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار قطر ریشه و



که ترکیب نظام‌های کم نهاده و اکولوژیک و تلقیح توأم میکوریزا و کاربرد ورمی‌کمپوست و چای کمپوست (ورمی‌واش) می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و نظام‌های پر نهاده باشد.

### منابع مورد استفاده

- وزن خشک ریشه گیاه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) شد (Abrishamchi et al., 2014). Kapoor و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که همزیستی ریشه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) با دو گونه از قارچ‌های میکوریزا و زیکولار آرباسکولار VAM باعث افزایش بهبود میزان اسانس و کیفیت آن می‌شود. Darzi و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست باعث افزایش درصد اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) شد و با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست میزان اسانس نیز افزایش نشان داد. Mona و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقات خود به تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش اسانس در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) دست یافتند. با توجه به اینکه عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و وزن خشک می‌باشد، بنابراین هر گونه افزایش در این دو مورد می‌تواند منجر به افزایش عملکرد اسانس تولیدی گردد.
- به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که کاربرد جداگانه و توأم میکوریزا، چای کمپوست (ورمی‌واش) و ورمی‌کمپوست موجب افزایش شاخص سطح برگ، وزن خشک بوته، درصد اسانس، عملکرد اسانس، ارتفاع بوته و... نسبت به شاهد شد. در واقع این افزایش عملکرد و اجزای آن در زمان استفاده از محلول‌پاشی چای کمپوست سبب افزایش و تسریع در جذب عناصر غذایی و در همزیستی میکوریزایی و کاربرد ورمی‌کمپوست می‌تواند ناشی از افزایش مواد غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر غذایی کم‌مصرف و وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر باشد که به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس نمودن آنها از طریق تولید میسلیوم‌های قارچ، سبب افزایش جذب مواد غذایی توسط ریشه و در نتیجه باعث افزایش رشد گیاه زولنگ می‌شود که آن نیز نشان از بهبود فعالیت‌های میکروبی مفید خاک در شرایط مطالعه دارد. از این رو با انجام آزمایش‌های تکمیلی می‌توان تأثیر همزیستی میکوریزایی، کاربرد ورمی‌کمپوست و چای کمپوست را در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان دیگر انتظار داشت. به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد
- Abrishamchi, P., Ganjali, A., Bey K khurmyzi, A. and Avan, A., 2014. The effect of vermicompost on germination and seedling growth of tomato (*Lycopersicum esculentom* L.) varieties, mobil and superiorbina. Journal of Horticulture Science (Agricultural Science and Technology), 27(4): 383-393.
  - Ansari, A.A., 2008. Effect of vermicompost and Vermiwash on the productivity of spinach (*Spinacia oleracea*), onion (*Allium cepa*) and potato (*Solanum tuberosum*). World Journal of Agricultural Sciences, 4(5): 554-557.
  - Asghari, M., Yousefi Rad, M. and Masoumi Zvryan, A., 2016. Study of the effects of organic compost and vermicompost fertilizers on quantitative and qualitative traits of herb to lemon. Journal of Medicinal Plants, 58: 63-71.
  - Ayyobi, H., Peyvast, G.A. and Olfati, J.A., 2013. Effect of vermicompost and vermicompost extract on oil yield and quality of peppermint (*Mentha piperita* L.). Journal of Agricultural Sciences, 58: 51-60.
  - Azimi, R., Jangjo, M. and Asghari, H.M., 2014. The effect of mycorrhizal fungi inoculation on the establishment of morphological characteristics of primary and thyme herbs in natural areas. Iranian Journal of Field Crops Research, 11: 666-676.
  - Barea, J.M., Palenzuela, J., Cornejo, P., Sánchez-Castro, I., Navarro-Fernández, C., Lopéz-García, A., Estrada, B., Azcón, R., Ferrol, N. and Azcón-Aguilar, C., 2011. Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of southeast Spain. Journal of Arid Environments, 75: 1292-1301.
  - Bigonah, R., Rezvani Moghadam, P. and Jahan, M., 2015. Effect of different fertilizer management on certain quantitative and qualitative properties of medicinal plants *Coriandrum sativum* L. Iranian Journal of Field Crops Research, 12: 574-581.
  - Brundrett, M.C., 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. New Phytologist, 154: 275-304.
  - Darzi, M.T. and Haj Seyed Hadi, M.R., 2012. Effects

- Bioresource Technology, 93: 307-311.
- Khoshbakht, K., Hammer, K. and Pistrick, K., 2007. *Eryngium caucasicum* Trautv cultivated as a vegetable in the Elburz mountains (northern Iran). Genetic Resources and Crop Evolution, 54: 445-448.
  - Koozehgar Kaleji, M. and Ardakani, M.R., 2018. Quantitative and qualitative performance of *Froriepia subpinnata* as affected by mycorrhizal symbiosis, compost tea, and vermicompost. Iranian Journal of Plant Physiology, 8: 2457-2467.
  - Koozehgar Kaleji, M. and Ardakani, M.R., 2017. The application of organic and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of spear mint (*Mentha spicata* L.). Journal Applied Research of Plant Ecophysiology, 4: 157-172.
  - Mafakheri, S., Omidbegi, R., Sefidkon, F. and Rejali, F., 2011. The effect of application of biological fertilizers on some physiological, morphological and essential factors of herb medicine (*Dracocephalum moldavica*). Journal of Iranian Horticultural Science, 42(3): 245-254.
  - Mirza, M., Sefidkon, F. and Ahmadi, L., 1996. Natural Essential Oils (Extraction, Qualitative & Quantitative Identify, Application). Research Institute of Forests and Rangelands press, 175p.
  - Mona, Y., Kandil, A.M. and Swaefy Hend, M.F., 2008. Effect of three different compost levels on fennel and alvia growth character and their essential oils. Biological Sciences, 4: 34-39.
  - Moradi, S., Besharati, H., Feizi Asl, V., Nadian, H., Karimi, E. and Golchin, A., 2009. Effect of different levels of humidity, mycorrhiza and Rhizobium in germination, flowering time and morphological traits in chickpea. In: 11th Iranian Soil Science Congress, Gorgan, Iran, 12-15 July: 243-244.
  - Nabavi, S.M., Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.F. and Jafari, M., 2008. Free radical scavenging activity and antioxidant capacity of *Eryngium caucasicum* Trautv and *Froriepia subpinnata*. Pharmacologyonline, 3: 19-25.
  - Nemati Darbandi, H., Azizi, M., Mohammadi, S. and Karimpour, S., 2014. The study on the effect of spraying with different concentrations of vermicompost extract (vermiwash) on the morphological traits, yield and percentage of essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Journal of Horticulture Science, 27: 411-417.
  - Nemati, A., Golchin, A. and Besharati, H., 2013. The impact of bio-fertilizers on yield, growth and plant macronutrients concentration of tomato under cadmium stress. Journal of Soil Biology, 1: 145-157.
  - Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A., Torabi, H. and Fotoukian, M.H., 2009. The effect of chemical of the application of organic manure and biofertilizer on the fruit yield and yield components in Dill (*Anethum graveolens*). Journal of Medicinal Plant Research, 6(17): 3345-3350.
  - Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Rejali, F., 2009. The effects of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24: 396-413.
  - Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S. and Tavassoli, A.R., 2011. Effect of biofertilizers and different amounts of nitrogen on yield of flower and essential oil and nitrogen use efficiency of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants, 27: 290-305.
  - Farzaneh, M., Wichmann, S., Vierheilig, H. and Kaul, H.P., 2009. The effects of arbuscular mycorrhiza and nitrogen nutrition on growth of chickpea and barley. Pflanzenbauwissenschaften, 13: 15-22.
  - Fayazi, H., Abdali Mashhadi, A.R., Koochak Zadeh, A., Papzan, A.A. and Arzaneh, M.H., 2014. Evaluation of *Echinacea* (*Echinacea purpurea* L.) medicinal plant response to the usage of organic and biological fertilizers. The Second National Conference of Medicinal Plants and Sustainable Agriculture, 21 August, Hamedan: 1-7.
  - George, S., Giraddi, R.S. and Patil, R.H., 2007. Utilty of vermiwash for the management of thrips and mites on chili (*Capsicum annuum* L.) amended with soil organics. Karnataka Journal of Agricultural Science, 20: 657-659.
  - Gutierrez-Miceli, F.A., Moguel-Zamudio, M., Abud-Archila, M. and Dendooven, L., 2008. Sheep manure vermin compost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. Bioresource Technology, 99: 7020-7026.
  - Habibi, S. and Majidian, M., 2014. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermi-compost on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* Hybrid Chase). Journal of Crop Production and Processing 4(11): 15-25.
  - Hecl, J. and Sustrikova, A., 2006. Determination of heavy metals in chamomile flower drug-an assurance of quality control. Program and Abstract book of the 1st International Symposium on Chamomile Research, Development and Production: 69p.
  - Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer.

- Physiologia Plantarum, 131: 581-589.
- Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P. and Balasubramanian, P., 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Scientia Horticulturae*, 107(3): 245-253.
  - Sun, C.A., Johnson, J., Cai, D.G., Sherameti, I., Oelmuller, R. and Lou, B.G., 2010. Piriformospora indica confers drought tolerance in Chinese cabbage leaves by stimulating antioxidant enzymes, the expression of drought-related genes and the plastid-localized CAS protein. *Journal of Plant Physiology*, 167(12): 1009-1017.
  - Tahami Zarandi, M.K., Rezvani Moghaddam, P. and Jahani, M., 2010. Compared Tasyrkvdhay organic chemical yield and essential oil herbs basil (*Osmium basilicum* L.). *Ecological Agriculture*, 2: 70.
  - Worz, A., 2004. On the distribution and relationships of the South-West Asian species of *Eryngium* L. (Apiaceae-Saniculoideae). *Turkish Journal of Botany*, 28: 85-92.
  - Yousefi Shiadeh, S.M., Chalu, F. and Zangi, S., 2015. Effect of vermicompost and duration of light in the greenhouse production of medicinal plants stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 16: 31-39.
  - Zare, M.J., Qalavand, A. and Mohammadi Goltape, A., 2010. Rhizosphere Ecology (Laboratory Methods in Biology of Soil). Ava Noor Publications, Tehran, 192p.
  - andbio fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 8: 98-109.
  - Razavi Niya, S.M., Agha Ali Khani, M. and Naghdi Abadi, H., 2015. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on quantitative and qualitative properties of (*Echinaceae purpurea* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31:357-373.
  - Rezaee, M. and Baradaran, R., 2013. Effect of biofertilizers on the yield and yield components of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29: 635-650.
  - Salehi, A., Seifollah, F., Iranpour, R. and Souraki, A., 2014. The effect of fertilizer use in combination with cow manure on growth, yield and yield components of Black-caraway (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 6(3): 495-507.
  - Samiran, R., Kusum, A., Biman, K.D. and Ayyanadar, A., 2010. Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. *Applied Soil Ecology*, 45: 78-84.
  - Shokri, S. and Maadi, B., 2009. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on the mineral nutrition and yield of *Trifolium alexandrinum* plants under salinity stress. *Journal of Agronomy*, 8: 79-83.
  - Sirrenberg, A., Gobel, C., Grond, S., Czempinski, N., Ratzinger, A., Karlovsky, P., Santos, P., Feussner, I. and Pawlowski, K., 2007. Piriformospora indica affects plant growth by auxin production.

## Effects of organic fertilizers application on yield and yield components of *Eryngium caeruleum* M. Bieb. Affected by mycorrhizal symbiosis

M. Koozehgar Kaleji<sup>1\*</sup> and M.R. Ardakani<sup>2</sup>

1\*- Corresponding author, Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

E-mail: mostafa.koozehgar@gmail.com

2- Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: January 2018

Revised: August 2018

Accepted: August 2018

### Abstract

*Eryngium caeruleum* M. Bieb. is one of the most important species of *Eryngium* family in northern Iran, used as a field vegetable. To evaluate the effects of organic fertilizers and mycorrhizal symbiosis on the yield components and the essential oil percentage of *Eryngium caeruleum*, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with eight treatments and four replications in Sari, in 2014. The experimental treatments included mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*) at two levels of (0 and 200 spores in a pot), vermicompost at two levels of (0 and 200 g in a pot) and compost tea (vermiwash) at two levels of (0 and 1.5 liters in the specified pots). The traits measured were plant height, number of seeds per plant, 1000-seed weight, plant dry weight, and essential oil content. The results showed that the use of organic fertilizer and mycorrhizal symbiosis significantly improved the quantity and quality of *Eryngium caeruleum* traits. The treatments of organic fertilizer and biological fertilizers had a significant effect on most of the measured traits and increased all of the traits as compared to those of control group. Accordingly, the highest plant height, essential oil percentage, essential oil yield, and flower number were obtained from the simultaneous use of both mycorrhizal, compost tea, and vermicomposting treatment. The dual interaction effects showed that the highest plant dry weight was 23.1g from the application of vermicompost in the absence of compost tea treatment. Our results clearly showed that the simultaneous use of vermicomposting, compost tea, and mycorrhiza through the availability of nutrients increased the yield and improved the quantity and quality of *Eryngium caeruleum* components.

**Keywords:** Endemic vegetable, biofertilizers, volunteer edible plants,vermiwash.