

تأثیر ورمی کمپوست و قارچ میکوریزا بر خصوصیات کتی و کیفی گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana Bertoni*)

زینب ولی نژاد^۱، عبداللطیف قلی زاده^{۲*}، معصومه نعیمی^۳، ابراهیم غلامعلی پور علمداری^۲ و مهدی زارعی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

پست الکترونیک: latif_gholizadeh@yahoo.com

۳- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۷

تاریخ اصلاح نهایی: بهمن ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۷

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای ورمی کمپوست و میکوریزا بر گیاه استویا (*Stevia rebaudiana Bertoni*) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس در سال ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. عامل اول ورمی کمپوست در چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی خاک) و عامل دوم تلقیح نشاء با کودهای زیستی در ۳ سطح (عدم تلقیح، تلقیح با *Glomus mosseae* و تلقیح با *Glomus intraradices*) بودند. نتایج نشان داد که همه نهالهای حاوی ۳۰٪ ورمی کمپوست به دلیل شوری زیاد آن به تدریج از بین رفتند و در تیمارهای حاوی ۲۰٪ رشد بسیار کمی داشتند. اثر ورمی کمپوست و قارچ میکوریزا بر تمام صفات مورد بررسی بجز قارچ میکوریزا بر تعداد شاخه جانبی و آنتوسیانین در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. برهم کنش آنها نیز بر تمام صفات بجز وزن خشک ساقه معنی دار شد. نتایج نشان داد که کاربرد قارچ *Glomus mosseae* توأم با ۱۰٪ ورمی کمپوست از بیشترین تأثیر مثبت بر صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته (۱۲۶/۶۳ سانتی متر) و طول ریشه (۳۳/۷۵ سانتی متر) و قارچ *Glomus intraradices* توأم با ۱۰٪ ورمی کمپوست بر صفات وزن خشک گل (۱/۰۲۵ گرم)، وزن خشک ریشه (۹/۹۲۸ گرم) و سطح برگ (۷۸۲۱۲ سانتی متر مربع) نسبت به شاهد و عدم تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف ورمی کمپوست برخوردار بودند. بیشترین میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید (به ترتیب ۱/۲۵، ۱/۵۸۳، ۲/۸۳۳ و ۱/۰۸۰ میلی گرم بر گرم) در تیمار ۱۰٪ ورمی کمپوست و تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* بدست آمد. حداکثر محتوای قندهای محلول (۱۵۸/۱۵۳ میلی گرم بر گرم) در تیمار ۱۰٪ ورمی کمپوست بدون تلقیح با قارچ مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش استفاده از قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* توأم با ۱۰٪ ورمی کمپوست از بیشترین تأثیر مثبت بر خصوصیات کتی و کیفی استویا نسبت به شاهد و عدم تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف ورمی کمپوست برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: استویا (*Stevia rebaudiana Bertoni*)، تلقیح، کاروتنوئید، ورمی کمپوست، گلوموس.

مقدمه

استویا با نام علمی *Stevia rebaudiana bertonii* به گیاه برگ عسلی، گیاه شیرین و علف شیرین معروف می‌باشد. استویا گیاهی علفی، چندساله، درختچه‌ای، دارویی و متعلق به خانواده آفتابگردان است (Humphrey et al., 2006؛ Hwang, 2006؛ Karuppusamy, 2009؛ Sairkar et al., 2009). برگ گیاه استویا به عنوان شیرین‌کننده قوی، طبیعی و بی‌کالری شناخته شده است که در صنایع غذایی و نوشیدنی بجای شکر کاربرد دارد. شیرینی این گیاه در ارتباط با متابولیت‌های ثانویه‌ای است که گلیکوزیدهای دی‌ترپنی نام دارند. به همین منظور، گیاهی مناسب برای بیماران دیابتی محسوب می‌شود (Yosefi Shayadeh et al., 2015). امروزه با توجه به مشکلاتی که از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در مزارع و خاک‌ها به وجود آمده است، استفاده از منابع کودی آلی و بیولوژیک در کشاورزی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (Jalilian & Heydarzadeh, 2016). ورمی‌کمپوست از کودهای زیستی است که از طریق فرآوری ضایعات آلی مانند کود دامی، بقایای گیاهی و غیره توسط کرم‌های خاکی حاصل می‌شود. این ماده دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی، تهویه و زهکشی مناسب، ظرفیت زیاد نگهداری آب است که امروزه استفاده از آن در کشاورزی پایدار برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی بسیار متداول می‌باشد (Mafakheri et al., 2012). استفاده از میکروارگانیسم‌ها یکی دیگر از راه‌های دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار است که نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی گیاهان دارند (Norzad et al., 2014). میکوریزا به همزیستی بین ریشه گیاهان و میسلیم‌های قارچی اطلاق می‌شود. تحقیقات نشان داده است که قارچ‌های میکوریزای وزیکولار (VAM) باعث افزایش رشد و نمو گیاه میزبان می‌شوند (Evelin et al., 2009). Goldani و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه اثر کود ورمی‌کمپوست بر خصوصیات رشد گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) مشاهده نمودند که اثر ورمی‌کمپوست در تمام صفات اندازه‌گیری شده

معنی‌دار بود. به طوری که با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست تا ۸۰٪، عدد سطح برگ ۷ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. Mandal و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که تلقیح گیاهان با میکوریزای *Rhizophagus fasciculatus* سبب بهبود بیوماس شاخه‌ها و افزایش غلظت گلیکوزیدهای گیاه استویا نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی شد. Zare Hoseini و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود روی تأثیرات ورمی‌کمپوست و تلقیح قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Piriformospora indica* بر خصوصیات رشدی و میزان استویوزاید گیاه دارویی استویا نشان دادند که بیشترین میزان کلروفیل برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در تیمارهای ورمی‌کمپوست ۲۰٪ و تلقیح با قارچ میکوریزای *Glomus mosseae* بدست آمد. نتایج آزمایش Tadayon و Zarei (۲۰۱۴) حکایت از این داشت که وزن خشک کل گیاه شاهدانه، ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی بوته در زمان گلدهی و عملکرد دانه گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزای *Glomus mosseae* نسبت به عدم تلقیح بیشتر بود. Arguello و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای بر روی سیر گزارش نمودند که ورمی‌کمپوست موجب بهبود ارتفاع بوته می‌شود. Shirzadi و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که مصرف توأم ورمی‌کمپوست، میکوریزا و ازتوباکتر باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد گل‌آذین در بوته، قطر ساقه، عملکرد وزن خشک و عملکرد وزن تر اندام هوایی ریحان شد. Bitarafan و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریزا بر خصوصیات رشد، میزان اسانس و عملکرد آویشن (*Thymus vulgaris* L.) گزارش نمودند که بهترین نتایج در مورد عملکرد اسانس، عملکرد تیمول، کلروفیل b و کلروفیل کل از کاربرد شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار و عدم تلقیح قارچ بدست آمد. بیشترین میزان کلروفیل a از مصرف چهار تن ورمی‌کمپوست در هکتار همراه با تلقیح توسط *Glomus intraradices* بدست آمد. همچنین، نتایج نشان داد که درصد کلونیزاسیون در تیمار شش تن ورمی‌کمپوست و تلقیح با *Glomus intraradices* بیشترین مقدار بود.

و فناوری استان سمنان استفاده شد. در تیمارهای میکوریزا برای تلقیح از ۷ گرم مایه تلقیح در زیر هر نشاء استفاده شد. در این تحقیق در هر گلدان دو نشاء در ۲۷ اردیبهشت کشت گردید. شایان ذکر است که همه نشاءهای استفاده شده تقریباً از طول یکسانی برخوردار بودند و از گلخانه دلند واقع در استان گلستان تهیه گردیدند. آبیاری گلدانها به میزان یکسان و به طور مرتب (۱۵۰ میلی لیتر در صبح و ۱۵۰ میلی لیتر در غروب) همه روزه انجام شد. همزمان با شروع مرحله زایشی، برخی از صفات کمی و کیفی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک ساقه، برگ و گل، وزن خشک ریشه، طول ریشه و سطح برگ، کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید، قندهای محلول و آنتوسیانین مورد اندازه گیری قرار گرفتند. برای اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی (ساقه، برگ و گل) و ریشه، پس از برداشت که در تاریخ ۳۰ شهریور بود، ابتدا در سایه خشک و در مرحله بعدی تا رسیدن به وزن ثابت (براساس ۱۰٪ وزن پایه تر) (Caceres, 2000) با کمک آن در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک گردید (Martinov et al., 2007). سپس نمونهها با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ توزین شد. برای محاسبه سطح برگ از دستگاه Delta T Area meter (Delta-t Devices A- 30357) استفاده شد. برای اندازه گیری طول ریشه، ریشه گیاه به همراه خاک چسبیده به آن داخل ظرف آب به اندازه حجم ریشه قرار داده شد تا ریشه سالم از خاک خارج شود. سپس طول بلندترین ریشه توسط خطکش اندازه گیری شد. برای سنجش کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید از روش Amon (۱۹۶۷) به نقل از Hosseini (۲۰۰۷) استفاده شد. همچنین میزان قندهای محلول به وسیله روش Kochert (۱۹۷۸) محاسبه شد. مقدار آنتوسیانین مطابق روش Wagner (۱۹۷۹) بررسی گردید. آنالیز دادهها با استفاده از نرم افزار SAS با نسخه ۹/۱ انجام شد و مقایسه میانگین دادهها با کمک آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح ۵٪ انجام گردید.

بیشترین درصد اسانس هم از تیمار شاهد (بدون مصرف ورمی کمپوست و بدون تلقیح قارچ میکوریزا) بدست آمد. Bigonah و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که تیمارهای کودی اعمال شده مانند کودهای بیولوژیک و ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه گشنیز شد. با توجه به اهمیت مصرف کودهای زیستی در گیاهان دارویی نسبت به کودهای شیمیایی، بکارگیری نهادهای طبیعی مثل کودهای آلی، راه حل مناسبی برای تولید داروهای گیاهی سالم می باشد، اما در مورد اثر کودهای با منشأ زیستی بر گیاهان دارویی به ویژه استویا، اطلاعات دقیقی در دسترس نیست. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی اثر تلقیح قارچ میکوریزا و ورمی کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه استویا بود.

مواد و روشها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه روباز تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی با ۴۶ متر ارتفاع از سطح دریا در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. عامل اول شامل کاربرد ورمی کمپوست در چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی خاک) و تلقیح نشاء با کودهای زیستی در ۳ سطح (عدم تلقیح، تلقیح با *Glomus mosseae* و تلقیح با *Glomus intraradices*) به عنوان عامل دوم بودند. قبل از انجام آزمایش، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تجزیه شد که به شرح جدول ۱ می باشد. برای آزمایش، ابتدا ورمی کمپوست تهیه شده از الک ۵ میلی متری عبور داده شد و بعد با درصدهای وزنی ذکر شده با خاک مخلوط و به گلدانهایی با ظرفیت ۴ کیلوگرم خاک به قطر دهانه ۲۵ سانتی متری اضافه گردید. برای تلقیح میکوریزا از مایه تلقیح حاوی مخلوط اسپور قارچ، میسلیومهای خارجی و قطعات کلونیزه شده به مقدار ۳۵ تا ۴۰ اسپور در هر گرم خاک از شرکت زیست فناوری توران، زیرمجموعه پارک علم

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی کمپوست قبل از شروع آزمایش

مقدار	خصوصیات خاک
۷/۹	pH ۱:۱ خاک
۰/۴۹	شوری عصاره ۱:۱ خاک (دسی‌زیمنس بر متر)
۳/۴	کلسیم عصاره ۱:۱ خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۵/۷	فسفر (روش اولسن) (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۵۹/۴	رطوبت اشباع (%)
۰/۴۴	اکسید آهن آزاد (گرم بر کیلوگرم)
۲/۰	کربن آلی (گرم بر کیلوگرم)
۱۲	میزان شن (%)
۳/۴	میزان رس (%)
۲۲/۸	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بر کیلوگرم)
۱۵/۵	کربنات کلسیم برابر (گرم بر کیلوگرم)
۱۰/۳	کربنات کلسیم برابر فعال (گرم بر کیلوگرم)
مقدار	ورمی کمپوست
۴/۷	شوری عصاره ۱:۵ ورمی کمپوست (دسی‌زیمنس بر متر)
۶/۹	pH ۱:۵ ورمی کمپوست

نتایج

ارتفاع بوته

با توجه به جدول ۱، شوری عصاره ۱:۵ ورمی کمپوست خیلی زیاد بوده و در تیمارهای حاوی ۳۰٪ ورمی کمپوست نهال‌ها به تدریج از بین رفتند. به همین دلیل، تجزیه صفات در ۳ سطح صفر، ۱۰٪ و ۲۰٪ انجام شد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر اصلی ورمی کمپوست و تلقیح میکوریزا بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱٪ بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود اما اثر متقابل ورمی کمپوست و تلقیح میکوریزا بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثرهای متقابل کود زیستی و ورمی کمپوست بر ارتفاع گیاه بیانگر این بود که قارچ‌های میکوریزا در سطوح مختلف ورمی کمپوست پاسخهای متفاوتی از نظر ارتفاع دادند. مقایسه میانگین تلقیح قارچ و ورمی کمپوست نشان داد که

بیشترین میزان ارتفاع بوته (۱۲۶/۶۳ سانتی‌متر) در تیمار تلقیح *Glomus mosseae* در ۱۰٪ ورمی کمپوست بدست آمد اما از لحاظ آماری عدم تلقیح قارچ با ۱۰٪ ورمی کمپوست و *Glomus intraradices* بدون مصرف ورمی کمپوست و در ۱۰٪ ورمی کمپوست اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند، از این‌رو در یک گروه آماری قرار گرفتند. به طوری که کمترین مقدار به تیمار شاهد (۸۲/۶۳ سانتی‌متر) اختصاص داشت (جدول ۴).

تعداد شاخه جانبی

نتایج نشان داد که اثر اصلی ورمی کمپوست و اثر متقابل ورمی کمپوست با قارچ در سطح احتمال ۱٪ بر تعداد شاخه جانبی استویا معنی‌دار بود اما اثر اصلی کاربرد میکوریزا بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲).

وزن خشک ریشه

در مورد وزن خشک ریشه، نتایج نشان داد که این صفت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و اثر متقابل آنها قرار گرفت؛ به‌طوری‌که مقایسه میانگین اثر متقابل داده‌های ناشی از وزن خشک ریشه نشان داد که *Glomus intraradices* در ۱۰٪ ورمی کمپوست، بیشترین تأثیر افزایشی را بر این صفت برابر ۷۳/۸۸٪ نسبت به تیمار عدم تلقیح قارچ و ورمی کمپوست نشان داد (جدول ۴).

طول ریشه

نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار ورمی کمپوست و قارچ‌های میکوریزا و برهم‌کنش آنها بر طول ریشه در سطح احتمال ۱٪ بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف کود ورمی کمپوست بود، به‌طوری‌که طول ریشه در ۱۰٪ ورمی کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد کود ورمی کمپوست برابر ۳۳/۰۱٪ افزایش یافت. مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل کود ورمی کمپوست و قارچ میکوریزا نیز نشان داد که طول ریشه در تیمارهای حاوی *Glomus mosseae* در ۱۰٪ ورمی کمپوست (۳۳/۷۵ سانتی متر) از بیشترین مقدار برخوردار بود. کمترین میزان (۱۱ سانتی متر) مربوط به تیمار عدم تلقیح قارچ در ۲۰٪ ورمی کمپوست می‌باشد (جدول ۴).

سطح برگ

نتایج نشان داد که سطح برگ استویا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تلقیح میکوریزا و ورمی کمپوست و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۲). مطابق جدول ۴ مقایسه میانگین‌ها، افزایش کود ورمی کمپوست تا ۱۰٪ همراه تلقیح قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*، سطح برگ را نسبت به شاهد به‌ترتیب برابر ۱۳۳/۷۱٪ و ۱۴۵/۲۷٪ افزایش داد.

مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی کمپوست و قارچ نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی (۱۰/۲۵ عدد) از تیمار ترکیبی عدم تلقیح قارچ در ورمی کمپوست ۱۰٪ بدست آمد. در حالیکه کمترین تعداد شاخه جانبی (۳/۵ عدد) در تیمار عدم تلقیح قارچ در ۲۰٪ ورمی کمپوست مشاهده شد، اما از لحاظ آماری با تیمار *Glomus intraradices* در ۲۰٪ ورمی کمپوست اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴).

وزن خشک برگ و گل

نتایج نشان داد که تیمارهای قارچ، ورمی کمپوست و برهم‌کنش آنها بر وزن خشک برگ و گل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). در مورد وزن خشک برگ، بیشترین و کمترین میزان این صفت به‌ترتیب به تیمار عدم تلقیح قارچ در ۱۰٪ ورمی کمپوست (۹/۶۴۳ گرم) و عدم تلقیح در ۲۰٪ ورمی کمپوست (۲/۸۳۸ گرم) تعلق داشت. اگرچه میزان این صفت در تیمار حداقل، اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای مورد بررسی نداشت. بیشترین و کمترین وزن خشک گل به‌ترتیب مربوط به *Glomus intraradices* در ۱۰٪ ورمی کمپوست (۱/۰۲۵ گرم) و *Glomus intraradices* در ۲۰٪ ورمی کمپوست (۰/۱۴۸ گرم) بود (جدول ۴).

وزن خشک ساقه

نتایج نشان داد که تیمارهای قارچ و ورمی کمپوست بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲) اما برهم‌کنش آنها معنی‌دار نشد. وزن خشک ساقه در دو تیمار تلقیح با قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، از این‌رو در گروه یکسانی از لحاظ آماری قرار گرفتند (جدول ۶). بیشترین مقدار وزن خشک ساقه (۶/۳۷ گرم) در ۱۰٪ ورمی کمپوست و کمترین میزان وزن خشک ساقه (۴/۰۸ گرم) در تیمار ۲۰٪ ورمی کمپوست مشاهده شد (جدول ۶).

کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر تیمار قارچ و ورمی کمپوست بر میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید و نیز اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها (جدول ۵) نشان داد که کمترین میزان کلروفیل a و کل (به ترتیب ۰/۲۱۳ و ۰/۵۸۵ میلی گرم بر گرم) در تیمار *Glomus intraradices* × ۲۰٪ ورمی کمپوست بدست آمد. به طوری که با افزایش مصرف ورمی کمپوست میزان سبزینگی کل کاهش یافت و بیشترین مقدار کلروفیل a، b و کل (به ترتیب ۱/۲۵، ۱/۵۸۳ و ۲/۸۳۳ میلی گرم بر گرم) در تیمار *Glomus intraradices* × ۱۰٪ ورمی کمپوست مشاهده گردید. تأثیر تیمار تلقیح (جدول ۵) نشان می دهد که گیاهان تلقیح شده با *Glomus intraradices* و *mosseae* در ۱۰٪ ورمی کمپوست حاوی سبزینگی بیشتری نسبت به شاهد بودند و بیشترین میزان سبزینگی کل در گیاهان تلقیح شده با میکوریزای *Glomus mosseae* بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی کمپوست و قارچ نیز مبین اختلاف قابل ملاحظه ای بود، به نحوی که بیشترین میزان کاروتنوئید (۱/۰۸۰ میلی گرم بر گرم) در تیمار *Glomus intraradices* × ۱۰٪ ورمی کمپوست و کمترین میزان کاروتنوئید (۰/۴۱۵ میلی گرم بر گرم) در تیمار عدم تلقیح قارچ × ۲۰٪ ورمی کمپوست حاصل گردید (جدول ۵). همچنین، اثر متقابل دو عامل نشان داد که در وضعیت عدم تلقیح و با افزایش مقدار ورمی کمپوست تا ۲۰٪ میزان کاروتنوئید کاهش یافت. در مجموع، اثر متقابل بین دو عامل مبین آن بود که در وضعیت تلقیح میکوریزا با

نشاءها و مصرف ورمی کمپوست در مقایسه با عدم تلقیح، میزان کاروتنوئید افزایش می یابد.

قندهای محلول

طبق نتایج مندرج در جدول ۳ تیمارها تأثیر معنی داری بر میزان قند محلول در سطح احتمال ۱٪ داشتند. طبق نتایج بدست آمده در جدول ۵، در اثر متقابل این دو تیمار بیشترین میزان قند محلول (۱۵۸/۱۵۳ میلی گرم بر گرم) مربوط به تیمار عدم تلقیح قارچ در ۱۰٪ ورمی کمپوست بود که با تیمار تلقیح با *Glomus intraradices* در بدون ورمی کمپوست اختلاف معنی داری نداشته، از این رو در یک گروه آماری قرار می گیرند. کمترین میزان قند محلول (۹۴/۰۹۳ میلی گرم بر گرم) در تیمار *Glomus intraradices* در ۲۰٪ ورمی کمپوست بدست آمد.

میزان آنتوسیانین

تأثیر ورمی کمپوست و اثر متقابل آنها بر مقدار آنتوسیانین در سطح احتمال ۱٪ و اثر قارچ در سطح احتمال ۵٪ معنی دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها در تأثیر متقابل سطوح مختلف ورمی کمپوست و قارچ نشان داد که تیمار عدم تلقیح قارچ در ۱۰٪ ورمی کمپوست با تیمار *Glomus mosseae* در ۱۰٪ ورمی کمپوست اختلاف معنی داری نداشته و در یک گروه آماری جای می گیرند که نسبت به سایر تیمارها سبب افزایش میزان آنتوسیانین شد (جدول ۵). کمترین میزان آنتوسیانین نیز در تیمار شاهد (۱۷/۳۶۸ میلی گرم بر گرم) مشاهده گردید.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تلقیح قارچ میکوریزا، ورمی کمپوست و اثر متقابل آنها بر صفات کمی استویا

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر	
سطح برگ	طول ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک گل	وزن خشک برگ	تعداد شاخه جانبی	ارتفاع بوته		
۹۲۶۵۸۸۰۷۲**	۹۶/۷۷۸**	۳۴/۹۸۸**	۹/۴۱۴**	۰/۳۹۹**	۴/۴۶۷**	۰/۰۶۷ns	۵۵۱/۲۳۱**	۲	تلقیح قارچ
۸۹۹۴۰۹۳۵۳۸**	۱۲۶۴/۶۱۲**	۸۵/۳۷۹**	۹۰/۴۴۸**	۱/۲۱۸**	۸۳/۶۸۳**	۱۴۸/۵۱۲**	۳۵۶۹۰/۰۳**	۳	ورمی کمپوست
۲۴۸۳۰۳۳۲۲**	۶۲/۱۱۹**	۱۰/۴۳۲**	۱/۲۲۰ns	۰/۲۱۹**	۹/۰۸۶**	۴/۹۸۹**	۲۲۸/۴۴۸*	۶	قارچ × ورمی کمپوست
۶۹۳۳۷۷۲۱	۲/۶۸۶	۰/۷۴۶	۰/۶۹۳	۰/۰۰۳	۰/۳۸۹	۰/۶۶۸	۷۷/۳۵۸	۳۶	خطا
۲۳/۲۳	۱۲/۲۴	۲۴/۸۵	۲۰/۹۸	۱۵/۶۶	۱۸/۸۵	۱۷/۴۹	۱۱/۰۱		ضریب تغییرات (%)

***, **: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵٪ و ns: غیر معنی دار

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تلقیح قارچ میکوریزا، ورمی کمپوست و اثر متقابل آنها بر صفات کیفی استویا

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
آنتوسیانین	قند محلول	کاروتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a		
۹۰/۸۹۲*	۱۵۵۹/۴۷۵**	۰/۱۹۲**	۰/۹۴۵**	۰/۴۰۲**	۰/۴۵۷**	۲	تلقیح قارچ
۴۴۵۹/۱۶**	۵۳۸۷۲/۰۵۱**	۱/۷۶۲**	۸/۲۸۷**	۱/۳۵۱**	۲/۷۶۵**	۳	ورمی کمپوست
۲۸۰/۱۳۹**	۷۹۷/۹۶**	۰/۰۵۷**	۰/۶۴۴**	۰/۳۴۲**	۰/۱۶۷**	۶	قارچ × ورمی کمپوست
۲۶/۷۷	۱۵۱/۰۴	۰/۰۰۸	۰/۰۲۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۴	۳۶	خطا
۲۱/۲۷	۱۲/۶۱	۱۵/۳۹	۱۶/۰۲	۱۶/۰۸	۲۰/۹۵		ضریب تغییرات (%)

***, **: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵٪ و ns: غیر معنی دار

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی کمپوست و تلقیح میکوریزایی بر صفات مورفولوژیکی استویا

ترکیب‌های تیماری	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه جانبی	وزن خشک برگ (گرم)	وزن خشک گل (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	طول ریشه (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
عدم تلقیح قارچ × بدون ورمی کمپوست	۸۲/۶۳ e	۴/۵۵ de	۳/۰۷۳ c	۰/۱۷۵ de	۲/۵۹۳ d	۱۳/۶۳ e	۳۱۸۸۸ c
عدم تلقیح قارچ × ۱۰٪ ورمی کمپوست	۱۲۱/۲۹ a	۱۰/۲۵ a	۹/۶۴۳ a	۰/۴۴۳ c	۳/۰۸۸ d	۱۸/۱۳ c	۴۶۰۷۸ b
عدم تلقیح قارچ × ۲۰٪ ورمی کمپوست	۹۱ de	۳/۵ e	۲/۸۳۸ c	۰/۲۰۵ de	۲/۳۳۸ d	۱۱ f	۳۰۸۲۳ c
گلو موس موسه × بدون ورمی کمپوست	۹۷ cd	۶/۰۰ c	۳/۰۳۸ c	۰/۲۳۸ d	۴/۵۵۰ c	۱۴/۸۳ de	۴۷۷۸۷ b
گلو موس موسه × ۱۰٪ ورمی کمپوست	۱۲۶/۶۳ a	۷/۵ b	۵/۲۶۵ b	۰/۹۴ b	۵/۹۴ b	۳۳/۷۵ a	۷۴۵۲۵ a
گلو موس موسه × ۲۰٪ ورمی کمپوست	۹۸/۵ cd	۵/۲۵ cd	۳/۳۲۵ c	۰/۱۵۸ de	۳/۰۷ d	۱۳/۵ e	۳۳۱۴۴ c
گلو موس اینترادیسز × بدون ورمی کمپوست	۱۱۴/۳۳ a	۶/۲۵ c	۴/۴۴۵ b	۰/۹۰۸ b	۶/۸۷۵ b	۱۷ dc	۴۶۲۱۲ b
گلو موس اینترادیسز × ۱۰٪ ورمی کمپوست	۱۲۲/۳۳ a	۸ b	۴/۷۵ b	۱/۰۲۵ a	۹/۹۲۸ a	۲۳/۳۳ b	۷۸۲۱۲ a
گلو موس اینترادیسز × ۲۰٪ ورمی کمپوست	۱۰۵ bc	۴/۵ de	۳/۰۳۵ c	۰/۱۴۸ e	۳/۰۳۸ d	۱۵/۲۵ de	۴۱۵۵۸ bc
LSD 5%	۱۲/۶۱۳	۱/۱۷۳	۰/۸۹۵	۰/۰۸۵	۱/۲۳۹	۲/۳۵۱	۱۱۹۴۱

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف غیرمشابه هستند دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی کمپوست و تلقیح مایکوریزایی بر صفات کیفی استویا

ترکیب‌های تیماری	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	قند محلول	آنتوسیانین
عدم تلقیح قارچ × بدون ورمی کمپوست	۰/۳۳۵ d	۰/۵۵۳ bc	۰/۸۹ d	۰/۵۰۳ d	۱۳۵/۸۶۰ bc	۱۷/۳۶۸ e
عدم تلقیح قارچ × ۱۰٪ ورمی کمپوست	۰/۹۱۳ c	۰/۵۲ bc	۱/۴۳۳ c	۰/۸۳۵ c	۱۵۸/۱۵۳ a	۵۷/۰۶۳ a
عدم تلقیح قارچ × ۲۰٪ ورمی کمپوست	۰/۲۲۵ d	۰/۴۵۳ cd	۰/۶۷۸ de	۰/۴۱۵ d	۱۲۸/۳۶۵ c	۲۱/۲۵۰ de
گلو موس موسه × بدون ورمی کمپوست	۱/۱۶۸ ab	۰/۴۹۵ bc	۱/۶۶۳ bc	۰/۹۴۳ bc	۱۱۰/۲۴۵ d	۲۵/۴۱۳ cd
گلو موس موسه × ۱۰٪ ورمی کمپوست	۱/۲۱۳ a	۰/۶۰۳ b	۱/۸۱۳ b	۰/۹۶۳ abc	۱۳۴/۶۹۰ bc	۴۹/۹۷۵ a
گلو موس موسه × ۲۰٪ ورمی کمپوست	۰/۳۷۵ d	۰/۳۰۵ e	۰/۶۸ de	۰/۴۷۳ d	۱۰۰/۸۶۰ d	۳۲ bc
گلو موس اینترادیسز × بدون ورمی کمپوست	۱/۰۲۳ bc	۰/۶۰۳ b	۱/۶۲۵ bc	۰/۹۹۵ ab	۱۵۵/۴۲۳ a	۳۳/۱۵۰ b
گلو موس اینترادیسز × ۱۰٪ ورمی کمپوست	۱/۲۵ a	۱/۵۸۳ a	۲/۸۳۳ a	۱/۰۸۰ a	۱۵۱/۲۹۸ ab	۳۴/۸۰۰ b
گلو موس اینترادیسز × ۲۰٪ ورمی کمپوست	۰/۲۱۳ d	۰/۳۷۳ de	۰/۵۸۵ e	۰/۵۲۳ d	۹۴/۰۹۳ d	۲۰/۵۵۰ de
LSD 5%	۰/۱۷۶	۰/۱۱۱	۰/۲۴۱	۰/۱۲۹	۱۷/۶۲۵	۷/۴۲

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف غیرمشابه هستند دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر استفاده از ورمی کمپوست و تلقیح با قارچ بر میزان صفت وزن خشک ساقه

تیمار	وزن خشک ساقه (گرم)
بدون ورمی کمپوست	۵/۳۳ b
۱۰٪ ورمی کمپوست	۶/۳۷ a
۲۰٪ ورمی کمپوست	۴/۰۸ c
LSD 5%	۰/۷۲
عدم تلقیح با قارچ	۳/۰۹ b
قارچ گلو موس موسه	۴/۲۷ a
قارچ گلو موس اینترادیسز	۴/۵۴ a
LSD 5%	۰/۶۳

اعدادی که در هر ستون حرف غیرمشابه دارند دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

بحث

ارتفاع

افزایش ارتفاع بوته در تیمار ۱۰٪ ورمی کمپوست با تلقیح قارچ *Glomus mosseae* بدست آمد. از این رو کاربرد قارچ *Glomus mosseae* در کنار ورمی کمپوست اثر مثبت بر این صفت داشته است. این مطالعه نشان داد که بیش‌بود این ماده اثر منفی بر ارتفاع بوته استویا گذاشته است. به‌طوری که در تیمار شاهد و عدم تلقیح در ۲۰٪

ورمی کمپوست (۸۲/۶۳ و ۹۱ سانتی‌متر) کمترین میزان مشاهده شد. به‌طور کلی از دلایل مهمی که می‌توان برای تأثیر کود بیولوژیک در افزایش ارتفاع بوته برشمرد، این است که مصرف این کودها منجر به افزایش طول میان‌گره‌ها شد. در مورد اثر میکروارگانیسم‌های مفید بر افزایش ارتفاع بوته، باید بیان کرد که این امر احتمالاً ناشی از افزایش جذب عناصر غذایی، توسط میکوریزا و تأثیر آنها بر بهبود فتوسنتز و در نتیجه رشد بوته بوده است. Gutierrez و

وزن خشک برگ، گل و ساقه

بیشترین میزان وزن خشک برگ در تیمار عدم تلقیح قارچ در ۱۰٪ ورمی کمپوست (۹/۶۴۳ گرم) بدست آمد، همچنین بیشترین میزان وزن خشک گل مربوط به تیمار *Glomus intraradices* در ۱۰٪ ورمی کمپوست (۱/۰۲۵ گرم) بوده است. در رابطه با تأثیر مثبت کاربرد تیمارهای قارچی بر عملکرد تر و خشک می‌توان بیان نمود که قارچ میکوریزا از طریق گسترش هیف و توسعه سیستم ریشه، سطح جذب آب بیشتری برای گیاه فراهم کرده و به دنبال جذب، محققان بهبود رشد گیاه را به فراهمی بیشتر عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و همچنین عناصر کم‌مصرف در تیمارهای حاوی ورمی کمپوست نسبت دادند. Ravikumar و همکاران (۲۰۰۴) و Sing و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که مصرف مقدار مناسب ورمی کمپوست از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و جذب بیشتر عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز و افزایش رشد اندام‌های هوایی و ماده خشک گیاه شده است. Fallahi (۲۰۰۹) اثر مثبت کودهای دامی بر افزایش وزن خشک بوته گیاه دارویی بابونه (*Chamaemelum nobile* L.) و Arancon و همکاران (۲۰۰۴) افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه فلفل (*Capsicum annum* L.) با افزایش سطوح ورمی کمپوست را گزارش کرده‌اند. Yosefi Shayadeh و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که وزن تر و خشک برگ تحت تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست گیاه استویا در سطح ۱٪ معنی‌دار شد که نتایج این محققان با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. بیشترین مقدار وزن خشک ساقه (۶/۳۷ گرم) در ۱۰٪ ورمی کمپوست حاصل شد. Razavi Nia و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر کود ورمی کمپوست و کود شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه سرخارگل نشان دادند که کاربرد کود ورمی کمپوست اثر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه داشت. مطالعه Gupta و همکاران (۲۰۰۲) بر روی گیاه نعناع نشان داد که مایه‌زنی گیاه با قارچ *Glomus*

همکاران (۲۰۰۷) با بررسی اثر ورمی کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گزارش کردند که ارتفاع گیاه ۸۵ روز پس از نشاکاری به‌طور معنی‌داری در تیمار ورمی کمپوست بیشتر از شاهد بود که مؤید نتایج این پژوهش است. Darzi و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که ورمی کمپوست با داشتن قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف و در نتیجه با تأثیر مثبتی که روی فتوسنتز می‌گذارد باعث افزایش ارتفاع گیاه دارویی انیسون می‌گردد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

شاخه جانبی

بیشترین تعداد شاخه جانبی (۱۰/۲۵ عدد) از تیمار ترکیبی عدم تلقیح قارچ در ورمی کمپوست ۱۰٪ بدست آمد. در حالیکه کمترین تعداد شاخه جانبی (۳/۵ عدد) در تیمار عدم تلقیح قارچ در ۲۰٪ ورمی کمپوست مشاهده شد. Gnanumutry (۱۹۹۲) گزارش نمود که از مهمترین فاکتورهای مؤثر بر عملکرد کنجد در ارقام چند شاخه، تعداد شاخه‌های فرعی است. در واقع به دلیل اثرهای مستقیم فراهم بودن مواد غذایی مورد نیاز برای شکل‌گیری ساختار رویشی و زایشی گیاه، وجود این مواد منجر به تولید حجم سبزینه‌ای بالا و تعداد شاخه‌های فرعی بیشتر می‌شود. تعداد شاخه فرعی صفتی است که تحت تأثیر ژنتیک و محیط قرار می‌گیرد و فراهمی عناصر غذایی بر این صفت مؤثر است (Saydi et al., 2017). در تیمار تلفیقی اثر مفید کود ورمی کمپوست در افزایش عرضه عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر در مخازن موجب شده است که تعداد شاخه‌های فرعی در بوته افزایش یابد، از سویی افزایش سطح سبز فتوسنتز که در نتیجه مصرف نیتروژن، موجب بیشتر شدن تولید و انتقال مواد فتوسنتزی هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به مریستم‌های انتهایی و جانبی می‌شود، در نتیجه مجموعه این عوامل باعث افزایش تحریک مریستم انتهایی و جانبی و افزایش تولید شاخه‌های فرعی می‌گردد.

همچنین، اثبات شده که تناسب صحیح بین نیتروژن و فسفر باعث افزایش عملکرد و رشد ریشه می‌شود (Naghdi Badi et al., 2013). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای قارچی در ۱۰٪ ورمی کمپوست با فراهم کردن تناسب صحیح بین نیتروژن و سایر عناصر کم‌تحرک مانند فسفر و عناصر کم‌مصرف، باعث تأثیر مثبت معنی‌دار در سطح ۱۰٪ بر وزن خشک ریشه شده‌اند. Mardani و Amooaghaie (۲۰۱۶) در بررسی اثر عصاره ورمی کمپوست و ورمی کمپوست جامد بر ظهور و پارامترهای رشد گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium*) نشان دادند که طول ریشه در تیمار ۵۰٪ ورمی کمپوست در حد معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. Moghadam و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که کاربرد ورمی کمپوست با غلظت ۳۰٪ حجمی در *Lillium* آسیایی هیبرید شده موجب افزایش سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه، ارتفاع و قطر ساقه، تعداد و طول ریشه و در نتیجه بهبود جذب عناصر پر مصرف (Ca و K) و کم مصرف (Zn و Fe) در هر دو بافت ریشه و ساقه شده است.

سطح برگ

افزایش سطح برگ که به مفهوم افزایش سطح فنوسنتزی است، می‌تواند به تولید زیست‌توده بیشتر کمک کند. افزایش کود ورمی کمپوست تا ۱۰٪ همراه تلقیح قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*، بیشترین میزان سطح برگ را به خود اختصاص داد. Arancon و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که ورمی کمپوست به دلیل داشتن مواد غذایی کافی و قابلیت در جذب مواد غذایی می‌تواند سبب افزایش میزان سطح برگ شود که آنان علت این افزایش را به قابلیت جذب بیشتر عناصر غذایی تعمیم نمی‌دهند، بلکه افزایش در فعالیت میکروارگانیسم‌ها را که ناشی از فعالیت کرم خاکی است علت این افزایش می‌دانند. همچنین آنان معتقدند که میکروارگانیسم‌ها با توانایی در تولید مواد تنظیم‌کننده رشد، می‌توانند باعث افزایش در سطح برگ شوند. Zare Hoseini و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر

fasciculatum به صورت معنی‌داری ارتفاع گیاه، عملکرد ماده خشک، عملکرد رویشی محصول و درصد کلنیزاسیون ریشه را در مقایسه با گیاهان مایه‌زنی‌نشده افزایش داده است. Kashefi و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود بر روی گیاه زولنگ بیان کردند که ورمی کمپوست موجب افزایش عملکرد وزن خشک شد که آنها دلیل این امر را این‌گونه دانستند که افزودن ورمی کمپوست به خاک با فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک موجب رشد اندام هوایی و در نهایت تولید ماده خشک بیشتر می‌گردد. در تحقیقی بیان شد که مصرف کودهای بیولوژیک افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه و افزایش تعداد شاخه و گل به‌لیمو (*Lippia citriodora*) را سبب شد (Mohammadi et al., 2013).

وزن خشک ریشه و طول ریشه

نتایج این پژوهش نشان داد که *Glomus intraradices* در ۱۰٪ ورمی کمپوست بیشترین تأثیر افزایشی را بر صفت وزن خشک ریشه برابر ۷۳/۸۸٪ نسبت به تیمار عدم تلقیح قارچ و ورمی کمپوست داشت، همچنین طول ریشه در تیمارهای حاوی *Glomus mosseae* در ۱۰٪ ورمی کمپوست (۳۳/۷۵ سانتی‌متر) از بیشترین مقدار برخوردار بود. Koozehgar Kaleji (۲۰۱۴) گزارش کرد که کاربرد میکوریزا از طریق جذب بهتر عناصر معدنی باعث افزایش رشد گیاه، وزن خشک ریشه، طول ریشه و اندام هوایی گیاه می‌گردد. در آزمایشی دیگر نتایج نشان داد که تلقیح گیاه با قارچ *Glomus mosseae* باعث افزایش وزن خشک ریشه می‌شود. Rezvani و Ardakani (۲۰۰۹) در آزمایشی گزارش نمودند که قارچ‌های *G. fasciculatum* و *G. mossae* باعث افزایش وزن ریشه شده است ولی تأثیر آن بیشتر در مورد قارچ *Glomus mosseae* بوده است. Fasihi و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که قارچ‌های میکوریزا با افزایش سطح جذب ریشه‌ها و به‌علاوه آزادسازی اسیدها و اسیدی کردن محیط ریزوسفر، عناصر کم‌تحرک را حل و برای گیاه میزبان قابل‌استفاده می‌کنند.

با قارچ میکوریزا آربوسکولار به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی است (Baslam et al., 2012).

قندهای محلول

بیشترین میزان قند محلول (۱۵۸/۱۵۳ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار عدم تلقیح قارچ در ۱۰٪ ورمی‌کمپوست بوده که با تیمار تلقیح با *Glomus intraradices* در بدون ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری نداشت، از این رو در یک گروه آماری قرار می‌گیرند. Demir (۲۰۰۴) گزارش کرد که میزان گلوکز، ساکارز، گلوکز، فروکتوز و همچنین محتوای قند کل در گیاهان فلفل همزیست با قارچ تیمار *Glomus intraradices* به صورت معنی‌داری بالاتر از گیاهان غیرمیکوریزایی بوده است. دلیل دیگر برای تأثیر این قارچ‌ها در افزایش محتوای قند محلول افزایش سطوح هورمون‌های گیاهی مانند سایتوکینین و جبریلین در گیاهان میکوریزایی می‌باشد. افزایش در میزان این هورمون‌ها به ویژه سایتوکینین می‌تواند با انتقال یون‌های مؤثر در باز شدن روزنه‌ها و تنظیم سطح کلروفیل، موجب افزایش و بالا رفتن سرعت فتوسنتز و در نهایت افزایش محتوای کربوهیدرات‌ها در گیاهان شود (Selvaraj & Chellappan, 2006). کاربرد کودهای زیستی به تنهایی و یا در ترکیب با کودهای شیمیایی محتوای آنتوسیانین، کربوهیدرات و کلروفیل را افزایش داد (Hassan, 2009)؛ البته جذب بیشتر عناصر غذایی کارایی فتوسنتز را بیشتر می‌کند. در تحقیقی نتایج نشان داد که تأثیر فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی منجر به تجمع قند و افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود. مولکول‌های قند، رنگیزه آنتوسیانین و اسیدهای آلی را می‌سازند، سپس آنها در واکوئل سلول‌های کاسبرگ ذخیره می‌شوند که می‌تواند منجر به افزایش خصوصیات کیفی رنگ و مزه جای‌ترش شود (Inanlo et al., 2013). همچنین تأیید شده که محتوای کل قندهای میوه‌های گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی پایین‌تر بوده است. محققان دلیل این موضوع را این‌گونه بیان می‌کنند که ارتباط میکوریزایی انتقال قندها

ورمی‌کمپوست و تلقیح قارچ بر خصوصیات رشدی و میزان استویوزاید گیاه دارویی شیرین برگ (*Stevia rebaudiana*) (Bertoni) مشاهده کردند که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا حاوی سبزی‌نگی بیشتری نسبت به شاهد هستند که مؤید نتایج این پژوهش است.

کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید

بیشترین مقدار کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید در تیمار *Glomus intraradices* × ۱۰٪ ورمی‌کمپوست مشاهده گردید که احتمالاً به دلیل این است که کودهای آلی حاوی عناصر ریزمغذی است که موجب افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک گردیده و قابلیت جذب روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن خاک را افزایش می‌دهد. افزایش جذب عناصر غذایی خاک و جذب مواد توسط گیاه و رشد ناشی از آن موجب افزایش میزان کلروفیل می‌شود. آهن از جمله عناصر موجود در ساختمان سیتوکروم است که در عملیات اکسیداسیون، احیاء و بیوسنتز کلروفیل وجود داشته و به دلیل اعمال کودهای آلی این ریزمغذی‌ها و متعاقباً جذب آن توسط گیاه افزایش می‌یابد. Sedghi Moghadam و Mirzaye (۲۰۰۸) گزارش کردند که اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک باعث جذب نیتروژن توسط ریشه‌ها، افزایش رشد رویشی و تولید بیشتر برگ‌ها می‌شود که به سهم خود سبب افزایش سطح جذب نوری، سطح فتوسنتزی، ساخته شدن مواد هیدروکربنی در برگ‌ها و افزایش کلروفیل a، b و کل خواهد شد. محتوای بالای کلروفیل در برگ گیاهان تلقیح شده را می‌توان به بهبود تغذیه گیاه میزبان به ویژه فسفر نسبت داد، در حالیکه نیتروژن یک عنصر ضروری برای تشکیل کلروفیل و فسفر نقش مهمی را به عنوان حامل انرژی در طی فتوسنتز ایفاء می‌کند. بنابراین به طور کلی هرچه شرایط تغذیه‌ای و محیطی برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل و کاروتنوئید در برگ و تولید انرژی بیشتر می‌شود. طبق گزارش این محققان، افزایش کاروتنوئید در گیاه *Lactuca sativa* کلونیزه شده

را به سمت ریشه تحریک می‌کند که مورد نیاز قارچ می‌باشد (Goussous & Mohammad, 2009).

آنتوسیانین

تیمار عدم تلقیح قارچ در ۱۰٪ ورمی کمپوست با تیمار *Glomus mosseae* در ۱۰٪ ورمی کمپوست اختلاف معنی داری نداشته و در یک گروه آماری جای می‌گیرند که نسبت به سایر تیمارها سبب افزایش میزان آنتوسیانین شد و کمترین میزان آنتوسیانین نیز در تیمار شاهد (۱۷/۳۶۸ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده گردید. Weaam و همکاران (۲۰۱۴) با هدف تولید ارگانیک گیاه چای ترش با استفاده از مواد معدنی طبیعی و کودهای آلی و زیستی، طی دو سال آزمایش مشاهده کردند که آنتوسیانین و اسیدیت، در کلیه سطوح کودی نسبت به شاهد افزایش داشتند که با نتایج ما همخوانی دارد. Yavary و همکاران (۲۰۱۵) در ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و برخی صفات مورفولوژیک آلوئه‌ورا (*Aloe barbadensis* Miller) در تیمار سطوح مختلف ورمی کمپوست و محلول‌پاشی نانو پتاسیم نتیجه گرفتند که بیشترین مقدار آنتوسیانین در تیمار چهار هزار نانو کود پتاسیم و ورمی کمپوست ۳۰ و کمترین مقدار مربوط به تیمار سطح شاهد نانو کود پتاسیم در سطح صفر ورمی کمپوست بدست آمد که با نتایج ما همخوانی ندارد. ریشه تلقیح شده با کودهای زیستی توانایی ساخت و ترشح مواد زیستی فعال مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتینیک، بیوتین، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که این مواد موجب افزایش محتوای ماده آلی و هیدرات‌های کربن گیاه و در نتیجه افزایش آنتوسیانین می‌شوند. اسیدجیبرلیک یک هورمون گیاهی است که تجزیه ترکیب‌های ذخیره‌ای گیاه توسط آن آسان‌گری می‌شود، به‌گونه‌ای که این هورمون موجب تحریک آنزیم آلفا-آمیلاز و دیگر آنزیم‌های آبکافتی (هیدرولیزی) می‌شود؛ که خود عامل آبکافت‌کننده برای منبع ذخیره‌ایست. در نتیجه در افزایش مواد هیدروکربنی گیاه مؤثر بوده و میزان آنتوسیانین را افزایش می‌دهد. از آنجا که کودهای زیستی به جذب منیزیم و کلسیم در گیاه کمک

می‌کنند، می‌توانند ساخت آنتوسیانین را افزایش دهند. عناصر کانی مانند کلسیم، باعث بالا رفتن میزان هیدرات‌های کربن شده و موجب توسعه رنگدانه‌های یاخته‌ای و ساخت آنتوسیانین می‌شوند (Vitrac et al., 2000). Jaafar و Ghasemzadeh (۲۰۱۱) بیان کردند که افزایش عناصر غذایی در خاک تیمار شده با ورمی کمپوست، با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو منجر به افزایش میزان فتوسنتز خالص در گیاه شده و پتاسیم با فعال کردن آنزیم‌های درگیر با بیوسنتز نشاسته و پروتئین در سنتز ترکیب‌های ثانویه مورد استفاده قرار می‌گیرد. از سویی هر جا هیدرات‌های کربن بیشتر باشد، ترکیب‌های فنلی نیز بیشتر هستند (Lattanzio et al., 2009). هیدرات‌های کربن، اسکلت مورد نیاز برای ساخت ترکیب‌های فنلی شناخته شده‌اند که افزایش در مقدار آنها به معنی افزایش سوبسترا برای سنتز ترکیب‌های فنلی است، ولی استفاده زیاد ورمی کمپوست سبب شوری بستر کشت شده و این امر اثر بازدارندگی در فعالیت‌های گیاه می‌گذارد (Phuong et al., 2010; Crozier et al., 2006; Ameri et al., 2011).

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که این مطالعه تأثیر مثبت کاربرد ۱۰٪ ورمی کمپوست بر صفات کمی و کیفی ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک ساقه، برگ و گل، طول ریشه، سطح برگ، کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید، قندهای محلول و آنتوسیانین گیاه استویا را نشان داد، اما در فراتر از ۱۰٪ وزنی ورمی کمپوست نسبت به شاهد کاهش نشان داد. نتایج همچنین بیانگر تأثیر مثبت کاربرد تلقیح میکوریزایی و ورمی کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی استویا بود. در این میان استفاده از قارچ *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* توأم با ۱۰٪ ورمی کمپوست از بیشترین تأثیر مثبت بر صفات اندازه‌گیری شده نسبت به شاهد و عدم تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف ورمی کمپوست برخوردار بودند. بنابراین با توجه به ایمنی ترکیبات زیستی با منشأ طبیعی و تولید گیاهان با ترکیب‌های ثانویه فعال سالم‌تر و استفاده بهینه از آنها، بکارگیری قارچ *Glomus mosseae* و *Glomus*

- Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. Oxford: Blackwell Publishing, Glasgow, 372p.
- Darzi, M. T., Hajseyed Hadi, M.R. and Rejali, F., 2011. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in Anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(4): 452-465.
 - Demir, S., 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology, 28: 85-90.
 - Evelin, H., Kapoor, R. and Giri, B., 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: A review. Annals of Botany, 104: 1263-1280.
 - Fallahi, J., 2009. Effects of biofertilizers and chemical fertilizers on quantity and quality characterize of Chamomile (*Matricaria Chamomilla* L.) as a medicinal plant. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
 - Fasihi, M., Shamshiri, M., Karimi, H. and Roosta, H., 2014. Effect of arbuscular mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on growth of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* cv. Nahid) under different levels of sodium bicarbonate in irrigation water. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 5(1): 53-62.
 - Ghasemzadeh, A. and Jaafar, H.Z.E., 2011. Effect of CO₂ enrichment on synthesis of some primary and secondary metabolites in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). International Journal of Molecular Sciences, 12: 1101-1114.
 - Gnanamutry, D.G., 1992. Spacing and nitrogen requirement of sesame. Indian Journal Agronomy, 37: 50-59.
 - Goldani, M., Kamali, M., Mohtashami, S. and Ghani, A., 2016. Effect of different vermicompost levels on morphophysiological traits and growth characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Soil Research, 30(3): 257-269.
 - Goussous, S.J. and Mohammad, M.J., 2009. Effect of two arbuscular mycorrhizae and N and P fertilizers on growth and nutrient uptake of onions. International Journal of Agriculture & Biology, 11: 463-467.
 - Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S., 2002. Comparative effects of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology, 81: 77-79.
 - Gutierrez, F.A., Santiago, J., Molina, J.A., Nafate, M., Abud, C.C., Llaven, M.M., Rincon, A.O. and Dendooven, L.R., 2007. Vermicompost as a soil
- intraradices* توأم با ۱۰٪ ورمی‌کمپوست در راستای کشاورزی پایدار پیشنهاد می‌شود.
- ### منابع مورد استفاده
- Ameri, A., Tehranifar, A., Davarinezhad, Gh. and Shour, M., 2011. Effect of different substrat on strawberry growth and yield inside in soilless culture. Journal of Small Fruits, 1: 35-50.
 - Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D., 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries, 1. effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 145-53.
 - Arguello, J.A., Ledesma, A., Nunez, A.S.B., Rodriguez, C.H. and Goldfarb, M.D.D., 2006. Vermicompost affects onbulbing dynamics, nonstructural effects on bulbing dynamics. nonstructural paraguay garlic bulbs. Horticultural Science, 41: 589-592.
 - Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-126.
 - Baslam, M., Esteban, R., Garcia-Plazaola, J.I. and Goicoechea, N., 2012. Effectiveness of *Arbuscular mycorrhizal* fungi (AMF) for inducing the accumulation of major carotenoids, chlorophylls and tocopherol in green and red leaf lettuces. Applied Microbiology and Biotechnology, 19: 1-10.
 - 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(4): 574-581.
 - Bitarafan, N., Gholami, A., Abbas Dokht, H., Baradaran, M. and Khalighi Sigaroodi, F., 2017. Effects of vermicompost and mycorrhizal fungi on growth characteristics, essential oil and yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Agroecology Journal, 9(1): 102-114.
 - Caceres, A., 2000. Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarma ceuticas. Primer Congreso Internacional FITO 2000 Por la investigacion, conservacion y diffusion del conocimiento de las plantas medicinals. Lima, Peru. 27-30 de septiembre.
 - Crozier, A., Jaganath, I.B. and Clifford, M.N., 2006. Phenols, polyphenols and tannins: An overview: 1-24. In Crozier, A., Clifford, M.N. and Ashihara, H., (Eds.). Plant Secondary Metabolites:

- nutritional stress. *Environmental and Experimental Botany*, 65: 54-62.
- Mafakheri, S., Omidbaigi, R., Sefidkon, F. and Rejali, F., 2012. Effect of vermicompost, bio phosphate and azotobacter on quantity and quality of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(4): 596-605.
 - Mandal, S., Evelin, H., Giri, B., Singh, V. and Kapoor, R., 2013. Arbuscular mycorrhiza enhances the production of stevioside and rebaudioside-A in *Stevia rebaudiana* via nutritional and non-nutritional mechanisms. *Applied Soil Ecology*, 72: 187-194.
 - Mardani, F. and Amooaghaie, R., 2016. Effect of vermicompost and its extract on emergence and the growth parameters of *Plantago psyllium*. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 7(1): 1-13.
 - Martinov, M., Oztekin, S. and Muller, J., 2007. Drying: 85-97. In: Oztekin, S. and Martinov, M. (Eds.). *Medicinal and Aromatic Crops: Harvesting, Drying, and Processing*. CRC Press, United States of America, 320p.
 - Moghadam, A.R., Oraghi, Z. and Saidi, F., 2012. Vermicompost induced changes in growth and development of *Lilium asiatic* hybrid var. Navona. *Agriculture Research*, 7(17): 2609-2621.
 - Mohammadi, M., Tobeh, A., Vahidipour, H.R. and Fakhari, R., 2013. Effects of biological fertilizers on essential oil components and quantitative and qualitative yield of lemon verbena (*Lippia citriodora*). *International Journal Agriculture Crop Science*, 5(12): 1374-1380.
 - Naghdi Badi, H., Lotfizad, M., Qavami, N., Mehrafarin, A. and Khavazi, K., 2013. Response of quantity and quality yield of Valerian (*Valeriana officinalis* L.) to application of phosphorous Bio/Chemical fertilizers. *Journal of Medicinal Plants*, 2(46): 25-37.
 - Norzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M. and Daneshfar, E., 2014. Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil in coriander treated with organic and inorganic fertilizers. *Agriculture Crop Management*, 16(2): 289-302.
 - Phuong, M., Nguyen, E.M. and Niemeyer K.E.D., 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, 123: 1235-1241.
 - Ravikumar, S., Kathiresan, K., Thadedus, M., Ignatiammal, S., Babu Selvam, M. and Shanthi, S., 2004. Nitrogenfixing azotobacters from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.). *Bioresource Technology*, 98: 2781-2786.
 - Hassan, F.A.S., 2009. Response of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plant to some biofertilization treatments. *Annals of Agriculture Sciences*, 54: 437-446.
 - Hosseini, P., 2007. Physiological study of the effect of cold stress on the seedling stage of different rice genotypes. Ph.D thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, 145p.
 - Humphrey, T.V., Richman, A.S., Menassa, R. and Jim, E., 2006. Spatial organisation of four enzymes from *Stevia rebaudiana* Bertoni that are involved in steviol glycoside synthesis. *Plant Molecular Biology*, 61: 47-62.
 - Hwang, S.J., 2006. Rapid in vitro propagation and enhanced stevioside accumulation in *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Journal of Plant Biology*, 49(4): 267-270.
 - Inanlo, M., Omid, H. and Pazoki, A., 2013. The agronomic changes and oil content of purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress and bio-fertilizer / nitrogen chemical. *Journal of Medicinal Plants*, 48: 170-184.
 - Jalilian, J. and Heydarzadeh, S., 2016. Effect of cover crops, organic and chemical fertilizer on the quantitative and qualitative characteristics of Safflower (*Carthamus tinctorius*). *Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(4): 71-85.
 - Karuppusamy, S., 2009. A review on trends in production of secondary metabolites from higher plants by in vitro tissue, organ and cell cultures. *Journal of Medicinal Plants*, 3(13): 1222-1239.
 - Kashefi, B., Booyeh, B. and Alipour, Z., 2015. Essential oils, organic agriculture, organic fertilizers, zuleng. *Journal of Plant Process and Function*, 4(13): 145-151.
 - Kochert, G., 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method: 96-97. In: Helebust, J.A. and Craigie, J.S., (Eds.). *Hand Book of Physiological Methods (Vol. 2). Physiological and Biochemical Methods*. Cambridge University Press, Cambridge, 512p.
 - Koozehgar Kaleji, M., 2014. Qualitative and quantitative response of *Eryngium caeruleum* to mycorrhizal symbiosis, azotobacter and various levels of plant densities. Thesis M.Sc. in Agroecology, Islamic Azad University Karaj Branch.
 - Lattanzio, V., Cardinali, A., Ruta, C., Fortunato, I.M., Lattanzio, V.M.T. and Linsalata, V., 2009. Relationship of secondary metabolism to growth in oregano (*Origanum vulgare* L.) shoot cultures under

- yield and quality of strawberry (*Fragaria xananssa* Duch.). *Bioresource Technology*, 99: 8507-8511.
- Tadayon, M.R. and Zarei, M., 2014. The effect of the arbuscular mycorrhizal (AM) fungus *Glomus mosseae* on the growth and yield of three ecotype of hemp (*Cannabis sativa* L.) under saline soil and saline water. *Journal of Plant Process and Function*, 3(7): 105-114.
 - Vitrac, X., Larronde, F., Krisa, S., Decendit, A., Deffieux, G. and Mérillon, J.M., 2000. Sugar sensing and Ca²⁺ calmodulin requirement in *Vitis vinifera* cells producing anthocyanins. *Phytochemistry*, 53: 659-665.
 - Wagner, G.J., 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutralsugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. *Plant Physiology*, 64(4): 88-93.
 - Weaam, R.A., Sakr, H.M., Elbagoury, M., Sidky, A. and Ali, S.A., 2014. Production of organic roselle by natural minerals and biofertilizers. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 14(10): 985-995.
 - Yavary, Z., Moradi, H., Barzegar Golchini, B. and Sadeghy, H., 2015. Evaluation of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) antioxidant activity and some of morphological characteristics in different of vermicompost and nano-potassium particles amounts. *Journal of Plant Process and Function*, 4(12): 95-104.
 - Yosefi Shiadeh, S., Chalavi, V. and Zangi, S., 2015. The effect of different levels of vermicompost and photoperiod on greenhouse production of medicinal plant stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 6(1): 31-39.
 - Zare Hoseini, R., Mohammadi Goltapeh, E., Kalatejari, S. and Dehghani Mashkani, M., 2015. Effect of vermicompost and fungi inoculation on growth characteristics and steviosid content of *Stevia rebaudiana* Bert. *Journal of Medicinal Plants*, 4(56): 179-188.
 - Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 312: 5-17.
 - Razavi Nia, S.M., Aghaalikhani, M. and Naghdi Badi, H.A., 2015. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on quantitative and qualitative properties of *Echinaceae purpurea* (L.) Moench. *Iranian Journal Medicinal and Aromatic Plants*, 31(2): 357-373.
 - Rezvani, M. and Ardakani, M.R., 2009. Interaction between alfalfa (*Medicago sativa* L.) mycorrhizal roots traits and heavy metal (Cd, Co, pb). *International Symposium "Root Research and Applications" Root RAP*, 2-4 September, Boku-Vienna, Austria.
 - Sairkar, P., Chandravanshi, M.K., Shukla, N.P. and Mehrotra, N.N., 2009. Mass production of an economically important medicinal plant *Stevia rebaudiana* using in vitro propagation techniques. *Journal of Medicinal Plants*, 3(4): 266-270.
 - Saydi, Z., Fateh, E. and Aynehband, A., 2017. Effect of different sources of nitrogen and organic fertilizers on yield and yield components of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). *Journal of Agroecology*, 9(1): 115-128.
 - Sedghi Moghadam, M. and Mirzaei, M., 2008. The effect of urban waste compost on the quantitative and qualitative characteristics of pumpkin. 3rd National Congress of Recycling and Reuse of Organic Renewable Resources in Agriculture. Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Iran, 13 May: 1-7.
 - Selvaraj, T. and Chellappan, P., 2006. Arbuscular mycorrhizae: A diverse personality. *Review Paper. Central European Agriculture Journal*, 7: 349-358.
 - Shirzadi, F., Ardakani, M. and Asadi Rahmani, H., 2014. Effect of biofertilizers on quantitative characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agroecology Journal*, 6(3): 542-551.
 - Sing, R., Sharma, R.R., Kumar, S., Gupta, R.K. and Patil, R.T., 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit

Effects of vermicompost and mycorrhizal fungus on quantitative and qualitative traits of medicinal plant *Stevia rebaudiana* Bertoni

Z. Valinezhad¹, A. Gholizadeh^{2*}, M. Naeemi³, E. Gholamalalipour Alamdari³ and M. Zarei³

1- M.Sc. student of Agro-ecology, Plant Production Department, Agriculture Science and Natural Resources Faculty, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran

2*- Corresponding author, Plant Production Department, Agriculture Science and Natural Resources Faculty, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran, E-mail: latif_gholizadeh@yahoo.com

3- Plant Production Department, Agriculture Science and Natural Resources Faculty, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran

Received: October 2018

Revised: January 2019

Accepted: February 2019

Abstract

In order to investigate the effect of vermicompost and mycorrhizal fertilizers on *Stevia rebaudiana* Bertoni, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with four replications in the research greenhouse of Agriculture College of Gonbad Kavous University in 2016-2017. The First factor was vermicompost at four levels (0, 10, 20 and 30 % of soil weight) and the second factor was inoculation with biological fertilizers at three levels (no inoculation (control) and inoculation with mycorrhizal fungi *Glomus intraradiceae* and *Glomus mosseae* about 400 fungi spores per pot). The results showed that all cuttings were gradually eliminated in the treatments containing 30% vermicompost due to its high salinity, and had very low growth in treatments containing 20% vermicompost. The effect of vermicompost and mycorrhizal fungi on all traits studied, except the main effect of mycorrhizal fungi on the number of lateral branches and anthocyanins, were significant at 1% probability level. Also, their interaction was significant for all traits except stem dry weight. Based on the results, the highest positive effect was obtained in application of *G. mosseae* with 10% vermicompost for morphological traits such as plant height (126.63 cm) and root length (33.75 cm), and *G. intraradiceae* with 10% vermicompost for flower (1.03 g) and root (9.93 g) dry weight and leaf area (78212 cm²) compared to no inoculation of mycorrhizal fungi at different levels of vermicompost. The highest content of chlorophylls *a* and *b* and total chlorophyll, and carotenoids (1.25, 1.58, 2.83 and 1.08 mg gr⁻¹) was obtained in application of *G. intraradiceae* with 10% vermicompost. The maximum content of soluble sugars (158.15 mg gr⁻¹) was observed in 10% vermicompost without mycorrhizal inoculation treatment. According to the results of this study, the use of *G. mosseae* and *G. intraradiceae* fungi together with 10% vermicompost had the most positive effect on the quantitative and qualitative characteristics of *Stevia rebaudiana*.

Keywords: *Stevia rebaudiana* Bertoni, inoculation, carotenoids, vermicompost, *Glomus*.