اثر قارچ میکوریز و ورمی‌کمپوست بر رشد و ترکیب عناصر معدنی ارقام توت‌فرنگی

صلاح‌الدین مرادی[۱*] و جمال شیخی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳)

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر کود زیستی و قارچ میکوریز آربوسکولار در چهار سطح (بدون کود زیستی، ریزوفاگوس ایرگولاریس، فانلی‌فورمیس موسه و ورمی‌کمپوست) بر رشد و ترکیب عناصر معدنی اندام هوایی دو رقم توت‌فرنگی (پاروس و کردستان) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. نتایج نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریز آربسکولار میانگین وزن خشک اندام هوایی توت‌فرنگی را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد ولی دو گونه قارچ اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. مایه‌زنی توت‌فرنگی با قارچ میکوریز آربوسکولار جذب کل عناصر را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد ولی اثر معنی‌داری روی غلظت عناصر غذایی اندام هوایی نداشت. کاربرد ورمی‌کمپوست جذب و غلظت کل عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، آهن، روی، و مس اندام هوایی را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. وزن خشک، غلظت و جذب کل روی، جذب کل فسفر، منگنز و مس اندام هوایی رقم کردستان در مقایسه با رقم پاروس به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ولی ارقام از لحاظ درصد کلونیزاسیون ریشه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. درصد وابستگی میکوریزی رقم پاروس نسبت به رقم کردستان با کاربرد قارچ ریزوفاگوس ایرگولاریس به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ولی با کاربرد قارچ فانلی‌فورمیس موسه درصد وابستگی میکوریزی رقم کردستان بالاتر از رقم پاروس بود. در یک نتیجه‌گیری کلی، کاربرد کودهای زیستی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی رشد گیاه توت‌فرنگی را افزایش خواهند داد که در این بین نقش ورمی‌کمپوست به‌دلیل دارا بودن عناصر غذایی و موجودات مفید خاکزی بارزتر است

واژه‌های کلیدی: میکوریز آربوسکولار، کود زیستی، ارقام پاروس و کردستان

۱. استادیار گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران
۲. دانش‌آموخته دکتری گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: 6341ms@gmail.com

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria X ananassa, Duch.*) یک منبع مناسب عناصر غذایی کم‌مصرف، ویتامین C و پاداکسنده‌ها است (۹). توت‌فرنگی منبع مواد مغذی مانند فیبر، فولات، پتاسیم، کلسیم، آهن و فسفر است که باعث افزایش ارتقاء سلامتی بدن می‌شود و از مواد مؤثر مهم آن نیز می‌توان تانن‌ها، موسیلاژها، قندهای مختلف، سالیسیلات‌ها و اسیدهای میوه را نام برد (۵).

قارچ میکوریز آربوسکولار (AM) یکی از اجزای کلیدی میکروبی خاک است که نقش اساسی در رشد گیاه، حفاظت گیاه و کیفیت خاک بازی می‌کند (۱۵). همزیستی بین قارچ میکوریز آربوسکولار (AM) و ریشه گیاهان که در بیشتر محیط زیست‌های طبیعی وجود دارد، فواید زیادی همچون فراهمی عناصر غذایی، افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌های خاک، افزایش مقاومت به خشکی و تحمل به فلزات سنگین را می‌تواند برای گیاه میزبان داشته باشد (۱۰). اثر سودمند قارچ‌های میکوریز در رشد گیاه و بهبود صفات ریخت‌شناسی وابسته به رشد، ممکن است به‌دلیل اثر این ریزجانداران در بهبود جذب عناصر غذایی ضروری باشد. اوجها و همکاران (۱۸) بیان کردند که قارچ‌های میکوریز آربسکولار سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه و ساقه، زی‌توده کل، طول ریشه، بلندی گیاه و اندازه فسفر ریشه و اندام‌های هوایی می‌شوند. گیاهان میکوریزی می‌توانند هم از طریق ریشه و هم از طریق همزیستی با قارچ‌های AM عناصر غذایی از خاک جذب کنند. تلقیح گیاهان با قارچ میکوریز نیاز به کاربرد کود را نیز کاهش می‌دهد (۷). یاوری و همکاران (۲۲) بیان کردند که کاربرد بستره‌های آلی، رشد و عملکرد توت‌فرنگی و نیز غلظت عناصر غذایی اندام هوایی را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد.

ورمی‌کمپوست یک کود آلی شامل یک مخلوط زیستی بسیار فعال از میکروب‌های مفید، آنزیم‌ها، ویتامین‌ها، هورمون‌ها، عناصر غذایی و کپسول‌های کرم خاکی است (۶). ورمی‌کمپوست ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی داشته و حاوی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم قابل جذب و در دسترس برای گیاه است. ورمی‌کمپوست از طرفی حاوی میکروارگانیسم‌های هوازی مفید مانند ازتوباکترها بوده و از طرف دیگر عاری از باکتری‌های غیرهوازی، قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌های پاتوژن است. ورمی‌کمپوست از موادی پیت‌مانند همراه با خلل‌وفرج، ظرفیت هوادهی، زهکشی و ظرفیت نگهداری آب بالا تولید شده که دارای سطوح زیاد برای جذب بالای مواد غذایی هستند. در مقایسه با مواد مادری اولیه، ورمی‌کمپوست‌ها دارای نمک محلول کمتر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و میزان اسید هیومیک بیشتری هستند (۳).

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر قارچ‌های میکوریز ریزوفاگوس ایرگولاریس، فانلی‌فورمیس موسه و ورمی‌کمپوست بر رشد و ترکیب شیمیایی اندام هوایی دو رقم توت‌فرنگی (پاروس و کردستان) انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کود زیستی و قارچ میکوریز آربوسکولار (بدون کود زیستی، ریزوفاگوس ایرگولاریس، فانلی‌فورمیس موسه و ورمی‌کمپوست) روی دو رقم توت‌فرنگی (پاروس و کردستان) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار به‌صورت گلدانی در شرایط گلخانه‌ای در دانشگاه پیام نور مرکز مریوان اجرا شد. محیط کشت از مخلوط ۱:۱ ماسه نرم شسته و خاک تهیه شد. بر اساس نتایج آزمون خاک (نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس، و آهن، روی، منگنز و مس قابل عصاره‌گیری با DTPA به‌ترتیب، ۰/۰۵۵ درصد، ۶/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، و ۵/۵، ۴، ۵/۶، و ۲/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، عناصر غذایی ضروری افزوده شد. سپس تیمارهای ورمی‌کمپوست (یک درصد وزنی) در داخل کیسه‌های پلاستیکی با محیط کشت مخلوط و در داخل گلدان‌ها قرار گرفت. ورمی‌کمپوست مورد استفاده محصول شرکت مواد آلی کیان پارس شیراز است که از کود گاوی تهیه شده است. در هنگام کاشت در تیمارهای دارای قارچ ریزوفاگوس ایرگولاریس و فانلی‌فورمیس موسه مقدار ۸۰ گرم از زادمایه

قارچ در هر گلدان به‌طوری که زیر ریشه نشاهای توت‌فرنگی قرار گیرد، استفاده شد. ۱۲۰ روز پس از کاشت، اندام هوایی توت فرنگی از محل طوقه قطع و پس از شستشو با آب مقطر در داخل آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شدند. پس از توزین، نمونه‌ها آسیاب و برای اندازه‌گیری عناصر غذایی در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر شدند و خاکستر حاصل پس از هضم در اسید کلریدریک ۲ نرمال، از کاغذ صافی عبور داده شد. غلظت فسفر به‌روش مولیبدات-وانادات (۱۳) در طول موج ۴۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل یونیکو ۲۱۰۰، ساخت آمریکا) و غلظت پتاسیم به‌روش شعله‌سنجی تعیین شد. غلظت آهن، روی، منگنز و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه مقدار یک تا دو گرم از ریشه‌های نازک و ظریف هر گلدان را پس از انتخاب و جداسازی با قیچی در داخل ظروف پتری‌دیش قرار داده و پس از شستشو با آب مقطر و حذف ذرات خاک تا هنگام استفاده در لوله‌های آزمایش حاوی محلول تثبیت کننده فرمالین- اسید استیک- الکل (FAA) با غلظت ۳۶-۹۸-۵۰ درصد و با نسبت ۵-۵-۹۰ نگهداری شدند. قبل از شروع رنگ‌آمیزی، ریشه‌های تثبیت شده در FAA با آب معمولی شستشو شدند. به‌منظور آماده‌سازی و لیز کردن دیواره سلولی، ابتدا نمونه‌های ریشه در داخل لوله آزمایش، به‌مدت ۲۴ ساعت در محلول هیدروکسید پتاسیم (KOH) ۸ درصد قرار گرفت. سپس با آب معمولی شستشو و به‌مدت ۳ تا ۵ دقیقه در اسید کلریدریک ۱ درصد نگهداری شدند. در مرحله رنگ‌آمیزی اسید را دور ریخته و بدون شستشو و به همان حالت اسیدی روی ریشه‌ها محلول رنگی فوشین‌اسید، اضافه شد. محلول رنگی فوشین‌اسید استفاده شده شامل ۳۰ میلی‌گرم رنگ فوشین‌اسید به‌ازای ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول رنگ‌بر بود. محلول رنگ‌بر شامل: ۱ میلی‌لیتر آب مقطر، ۱ میلی‌لیتر گلیسرین و ۱۴ میلی‌لیتر اسید لاکتیک بود. بعد از ۲۴ ساعت محلول رنگی را به‌طور کامل خارج کرده و به‌منظور حذف رنگ‌های اضافی، محلول رنگ روی ریشه‌ها ریخته شد. پس از ۱ تا ۲ ساعت در ظرف پتری که زیر آن کاغذ شبکه‌بندی شده با ابعاد ۱ × ۱ سانتی‌متر قرار گرفته بود (روش تقاطع خطوط شبکه)، ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به‌طور تصادفی پخش و تعداد خطوط متقاطع کلونیزه شده به‌وسیله استریومیکروسکوپ با بزرگنمایی ۷۰ شمارش و درصد کلونیزاسیون ریشه تعیین شد (۱۳).

وابستگی میکوریزی (درصد) به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$AMFD\ (\%) = DWI \div DWNI \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

AMFD = وابستگی قارچ میکوریز آربوسکولار

DWI = وزن خشک گیاه مایه‌زنی شده با قارچ میکوریز آربوسکولار

DWNI = وزن خشک گیاه مایه‌زنی نشده با قارچ میکوریز آربوسکولار

تجزیه‌وتحلیل داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها در سطح پنج درصد با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر کود زیستی بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود. بالاترین و پایین‌ترین وزن خشک اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی به‌ترتیب در تیمار ورمی‌کمپوست و شاهد به‌دست آمد (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) کاربرد قارچ میکوریز ریزوفاگوس ایرگولاریس و فانلی‌فورمیس موسه وزن خشک اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی را در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۲۵/۵ و ۳۷/۲ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد ولی اختلاف معنی‌داری بین دو نوع قارچ میکوریز از لحاظ آماری وجود نداشت. کاربرد ورمی‌کمپوست وزن خشک اندام هوایی را در مقایسه با شاهد ۸۴/۹ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست وزن خشک اندام هوایی را در مقایسه با قارچ ریزوفاگوس ایرگولاریس و فانلی‌فورمیس موسه به‌ترتیب ۴۷/۴ و ۳۴/۸ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که وزن خشک اندام هوایی رقم کردستان

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر کود زیستی (BF) بر وزن خشک اندام هوایی، غلظت و جذب کل فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس، و درصد کلونیزاسیون ریشه دو رقم توت‌فرنگی (C)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		غلظت						
		وزن خشک	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس
BF	۳	۱۲/۲۸***	۲۰۵۳۳^{ns}	۴/۳۱۵*	۳۶۶/۱^{ns}	۱۵/۵۴*	۲/۳۸۲^{ns}	۳/۶۱۲^{ns}
C	۱	۰/۹۱۳۳^{ns}	۷۸۰۳^{ns}	۱/۵۹۳^{ns}	۰/۴۳۷^{ns}	۲۱/۶۰۲*	۷/۲۳۳^{ns}	۰/۴۱۴۸^{ns}
BF × C	۶	۰/۲۲۵^{ns}	۱۴۱۵^{ns}	۰/۱۶۸^{ns}	۱۰۷/۲^{ns}	۳/۵۱۱^{ns}	۱/۱۳۵^{ns}	۰/۴۱۰۸^{ns}
		جذب کل						
		کلونیزاسیون	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس
BF	۳	۱۲۹۳***	۰/۰۲۰۵^{ns}	۵۳۵۲***	۱۸۵۹۰۴***	۱۵۱۲۵***	۵۲۸۷***	۱۷۱۳***
C	۱	۰/۵۲۱^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۴۹/۰۶^{ns}	۳۸۲۷^{ns}	۳۲۴۲*	۱۰۸۴*	۱۲۰/۴^{ns}
BF × C	۶	۰/۲۴۶^{ns}	۰/۰۰۱۴^{ns}	۶۵/۳۰^{ns}	۴۵۵۰^{ns}	۳۳۶/۱^{ns}	۲۲/۲۹^{ns}	۱/۸۶۱^{ns}

***، ** و * به‌ترتیب در سطح ۰/۱، ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است. ns از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

جدول ۲. اثر ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریز آربوسکولار بر وزن خشک (گرم در گلدان) اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی

رقم	شاهد	ریزوفاگوس ایرگولاریس	فانلی‌فورمیس موسه	ورمی‌کمپوست	میانگین
پاروس	۴/۴۴^{d*}	۵/۹۹^{bc}	۵/۹۸^{bc}	۸/۴۳^{a}	۶/۲۱^{B}
کردستان	۴/۹۷^{cd}	۵/۸۶^{bc}	۶/۹۵^{b}	۸/۸۹^{a}	۶/۸۱^{A}
میانگین	۴/۷۱^{c}	۵/۹۱^{b}	۶/۴۶^{b}	۸/۷۱^{a}	

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در مقایسه با رقم پاروس ۹/۷ درصد بیشتر بود.

وانگ و لین (۲۱) نشان دادند که کاربرد کمپوست در مخلوط با خاک، وزن خشک اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. آرانکون و همکاران (۲) بیان داشتند که کاربرد ورمی‌کمپوست، رشد و عملکرد توت‌فرنگی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. گریندلر و همکاران (۱۱) گزارش کردند که کاربرد دو نوع قارچ میکوریز وزن خشک اندام هوایی توت‌فرنگی را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد اما اختلاف بین دو گونه قارچ معنی‌دار نبود. ماتسوبارا و همکاران (۱۷) با کاربرد دو گونه قارچ میکوریز (فانلی‌فورمیس موسه و ریزوفاگوس ایرگولاریس) روی توت‌فرنگی نتایج مشابهی به‌دست آوردند. دیوید و همکاران (۷) بیان کردند که تلقیح توت‌فرنگی با قارچ میکوریز آربوسکولار عملکرد اندام هوایی را نسبت به شاهد ۱۷ درصد افزایش داد. در گیاهان مایه‌زنی شده معمولاً وزن خشک ریشه بیشتر است که این خود در اندازه آب جذب شده در گیاه، بهبود روابط آبی و افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه مؤثر است (۱). همچنین در گیاهان میکوریزی با گسترش شبکه هیف قارچ در خاک پیرامون ریشه، رویه جذب آب بیشتر شده و بدین گونه هدایت هیدرولیکی ریشه افزایش می‌یابد که این به افزایش فتوسنتز در گیاه می‌انجامد و سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (۴).

جدول ۳. اثر ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریز آربوسکولار بر غلظت فسفر و پتاسیم (گرم در کیلوگرم ماده خشک) اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی

	رقم	شاهد	ریزوفاگوس ایرگولاریس	فانلی‌فورمیس موسه	ورمی‌کمپوست	میانگین
فسفر	پاروس	۱/۴۶^{a*}	۱/۵۱^{a}	۱/۴۹^{a}	۱/۵۸^{a}	۱/۵۱^{A}
	کردستان	۱/۴۸^{a}	۱/۵۴^{a}	۱/۵۱^{a}	۱/۶۷^{a}	۱/۵۶^{A}
	میانگین	۱/۴۷^{B}	۱/۵۲^{AB}	۱/۵^{AB}	۱/۶۳^{A}	
پتاسیم	پاروس	۱۵/۷^{b}	۱۶/۷^{ab}	۱۶/۵^{ab}	۱۸/۵^{a}	۱۶/۹^{A}
	کردستان	۱۵/۶^{b}	۱۶/۲^{b}	۱۵/۹^{b}	۱۷/۴^{ab}	۱۶/۴^{A}
	میانگین	۱۵/۷^{B}	۱۶/۴^{B}	۱۶/۲^{B}	۱۷/۸^{A}	

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

غلظت و جذب کل عناصر

فسفر و پتاسیم

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر کود زیستی روی غلظت و جذب کل پتاسیم معنی‌دار بود. نتایج (جدول ۳) نشان داد که کاربرد قارچ ریزوفاگوس ایرگولاریس و فانلی‌فورمیس موسه اثر معنی‌داری روی غلظت فسفر و پتاسیم اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی نداشت ولی کاربرد ورمی‌کمپوست میانگین غلظت فسفر و پتاسیم را در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱۰/۹ و ۱۳/۴ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

کاربرد ریزوفاگوس ایرگولاریس، فانلی‌فورمیس موسه و ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد به‌ترتیب میانگین جذب کل فسفر اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی را ۳۰/۷، ۴۰ و ۱۰۵ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱- الف).

همچنین کاربرد ریزوفاگوس ایرگولاریس، فانلی‌فورمیس موسه و ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد به‌ترتیب میانگین جذب کل پتاسیم اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی را ۳۰، ۴۱ و ۱۰۹ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱- ب).

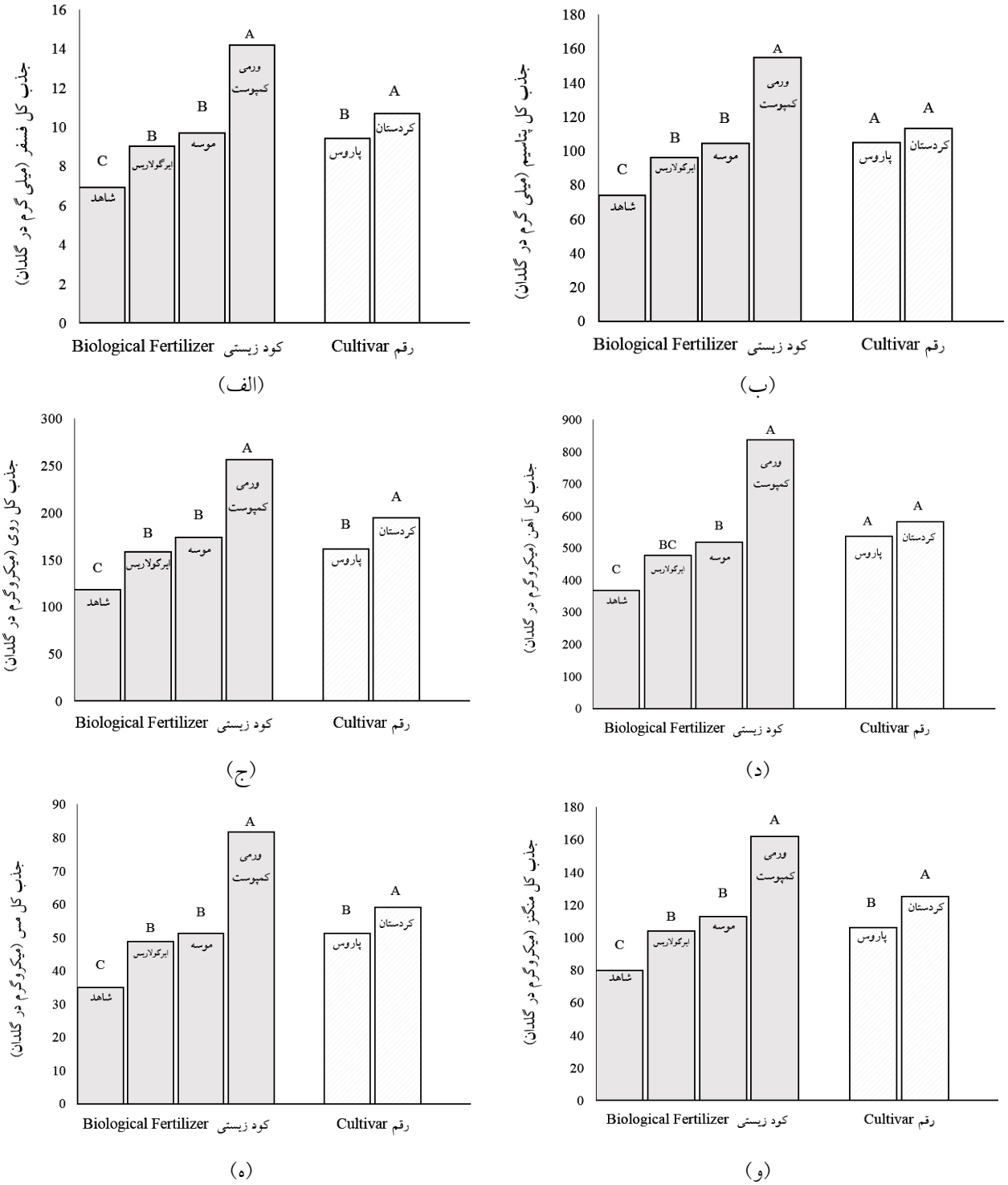
وانگ و لین (۲۱) نشان دادند که مقدار پتاسیم اندام هوایی توت‌فرنگی در تیمار داری کمپوست بالاتر از تیمار بدون کمپوست بود. گرینداد و همکاران (۱۱) گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریز ریزوفاگوس ایرگولاریس مقادیر فسفر و پتاسیم اندام هوایی توت‌فرنگی را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد اما قارچ میکوریزی ریزوفاگوس فاسیکولاتوس اثر معنی‌داری روی محتوای فسفر و پتاسیم اندام هوایی توت‌فرنگی نداشت. ماتسوبارا و همکاران (۱۷) بیان کردند که اثر دو گونه قارچ میکوریز (فانلی‌فورمیس موسه و ریزوفاگوس ایرگولاریس) سبب افزایش غلظت فسفر اندام هوایی توت‌فرنگی در مقایسه با شاهد شد.

قارچ‌های میکوریز به‌دلیل داشتن آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی (۲۰) و فسفاتاز قلیایی (۱۲) سبب افزایش جذب فسفر آلی می‌شوند. قارچ‌های میکوریز با ترشح اسیدهای آلی مثل اگزالات‌ها که میل ترکیبی آنها با آهن، کلسیم و آلومینیوم بیشتر از میل ترکیبی آن با فسفر است، باعث آزاد شدن فسفر ترکیب شده با این عناصر می‌شوند. اگزالات درنهایت توسط اکتینومیست‌ها تجزیه شده و دی‌اکسید کربن حاصل می‌شود که این امر سبب کاهش پ‌هاش خاک و افزایش انحلال ترکیبات فسفر می‌شود (۱۹).

میانگین جذب کل فسفر (شکل ۱- الف) رقم کردستان در مقایسه با رقم پاروس به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ولی از لحاظ غلظت فسفر و پتاسیم (جدول ۳)، و جذب کل پتاسیم (شکل ۱- ب) ارقام پاروس و کردستان اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند.

آهن، منگنز، روی و مس

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر کود زیستی



شکل ۱. اثر ورمی‌کمپوست، قارچ میکوریز آربوسکولار و رقم بر جذب کل: الف) فسفر، ب) پتاسیم، ج) آهن، ج) روی، د) مس و ه) منگنز اندام هوایی توت‌فرنگی (در هر نمودار حرف بزرگ مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد است.)

روی غلظت روی و جذب کل آهن، روی، منگنز و مس معنی‌دار بود. اثر رقم بر غلظت روی و جذب کل روی و منگنز معنی‌دار بود (جدول ۱). مایه‌زنی با قارچ میکوریز آربوسکولار اثر معنی‌داری بر غلظت عناصر کم‌مصرف نداشت (جدول ۴).

جدول ۴. اثر ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریز آربسکولار بر غلظت آهن، روی، منگنز و مس (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) اندام هوایی ارقام توت‌فرنگی

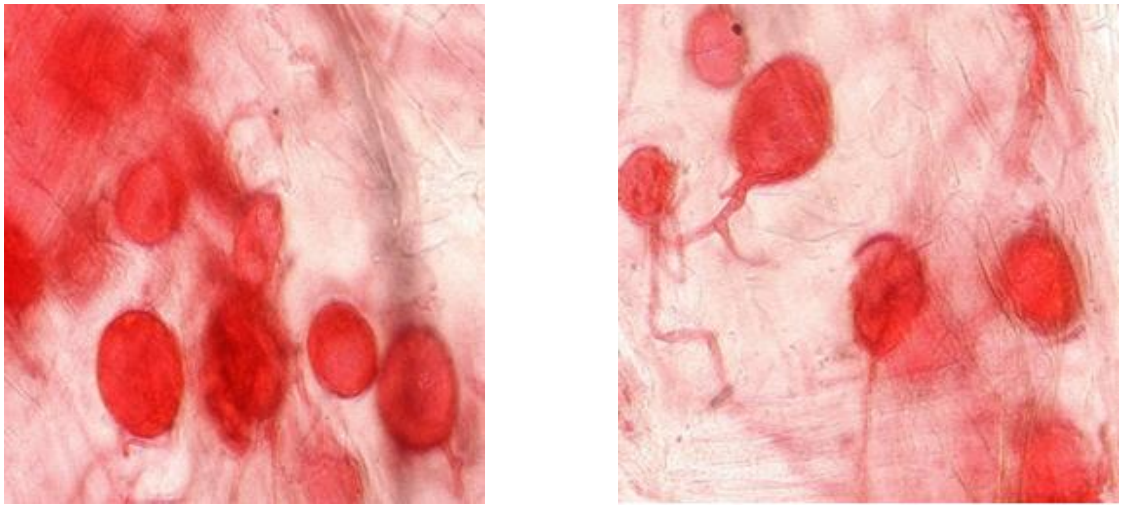
	رقم	شاهد	ریزوفاگوس ایرگولاریس	فانلی‌فورمیس موسه	ورمی‌کمپوست	میانگین
آهن	پاروس	۶۹/۷^{b*}	۸۲/۶^{ab}	۸۲/۷^{ab}	۱۰۰^{a}	۸۳/۸^{A}
	کردستان	۸۵/۳^{ab}	۷۹/۴^{ab}	۷۷/۵^{ab}	۹۴/۳^{ab}	۸۴/۷^{A}
	میانگین	۷۷/۵^{B}	۸۰/۷^{AB}	۸۰/۱^{AB}	۹۶/۶^{A}	
روی	پاروس	۲۴/۸^{b}	۲۴/۸^{b}	۲۴/۶^{b}	۲۹^{ab}	۲۵/۸^{B}
	کردستان	۲۵/۲^{ab}	۲۸/۲^{ab}	۲۸/۷^{ab}	۲۹/۹^{a}	۲۸/۲^{A}
	میانگین	۲۵^{B}	۲۶/۶^{AB}	۲۶/۸^{AB}	۲۹/۵^{A}	
منگنز	پاروس	۱۵/۸^{a}	۱۶/۲^{a}	۱۷/۴^{a}	۱۸/۴^{a}	۱۶/۹^{A}
	کردستان	۱۸^{a}	۱۸/۳^{a}	۱۷/۷^{a}	۱۸/۸^{a}	۱۸/۳^{A}
	میانگین	۱۶/۹^{A}	۱۷/۵^{A}	۱۷/۶^{A}	۱۸/۶^{A}	
مس	پاروس	۷/۴۷^{a}	۸^{a}	۷/۶۷^{a}	۹/۲۲^{a}	۸/۰۹^{A}
	کردستان	۷/۳۷^{a}	۹/۱۷^{a}	۷/۵۵^{a}	۹/۵۲^{a}	۸/۵۹^{A}
	میانگین	۷/۴۲^{B}	۸/۷^{AB}	۷/۶۱^{B}	۹/۴^{A}	

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

کاربرد یک درصد ورمی‌کمپوست میانگین غلظت آهن، روی و مس را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. کاربرد قارچ میکوریز و ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد میانگین جذب کل آهن، روی، منگنز و مس را افزایش داد ولی اختلاف بین دو قارچ میکوریز از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱). مالوسا و همکاران (۱۶) گزارش دادند که کاربرد قارچ میکوریز بر غلظت عناصر روی و مس اندام هوایی سه رقم توت‌فرنگی اثر معنی‌دار نداشت ولی غلظت منگنز با کاربرد قارچ میکوریز در هر سه رقم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بر غلظت آهن در ارقام مختلف اثر متفاوت داشت.

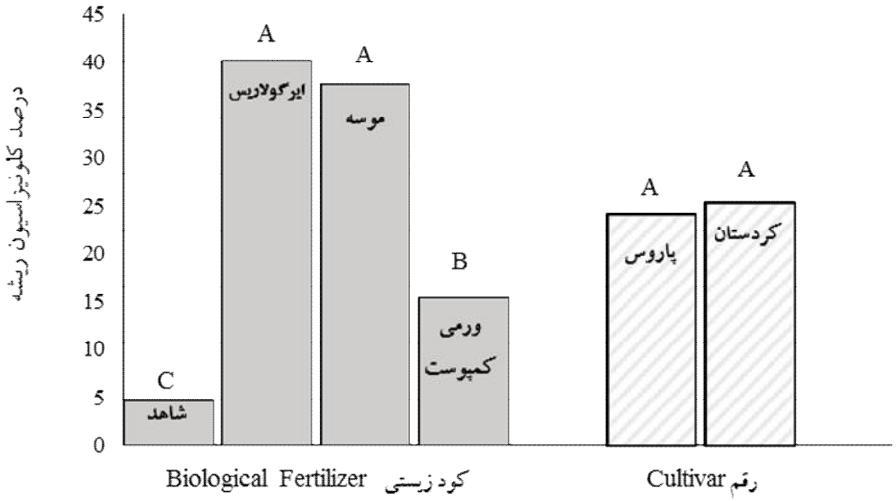
درصد کلونیزاسیون ریشه

نتایج نشان داد که مایه‌زنی توت‌فرنگی با قارچ میکوریز ریزوفاگوس ایرگولاریس و فانلی‌فورمیس موسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه را در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۳۵/۵ و ۳۳ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد اما بین دو گونه قارچ میکوریز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل‌های ۲ و ۳). با کاربرد ورمی‌کمپوست میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه ارقام توت‌فرنگی در مقایسه با شاهد ۱۰/۷ درصد افزایش یافت که این هم به‌دلیل وجود ریزجانداران مفید موجود در ورمی‌کمپوست مورد استفاده است. گریندلر و همکاران (۱۱) نشان دادند که درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمار داری قارچ میکوریزی در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. ماتسوبارا و همکاران (۱۷) گزارش کردند که درصد کلونیزاسیون ریشه توت‌فرنگی با قارچ فانلی‌فورمیس موسه بالاتر از ریزوفاگوس فاسیکولاتوس بود. ارقام توت‌فرنگی از لحاظ درصد کلونیزاسیون ریشه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۲). مالوسا و همکاران (۱۶) بیان کردند که درصد کلونیزاسیون ریشه ارقام توت‌فرنگی مایه‌زنی شده با قارچ میکوریز آربوسکولار در مقایسه با شاهد در حدود ۴۵ درصد افزایش یافت ولی بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. انواع مختلف قارچ‌های میکوریز ریشه گیاهان را در درجات



(ب) (الف)

شکل ۲. کلونیزاسیون ریشه توت‌فرنگی رقم کردستان توسط قارچ: الف) ریزوفاگوس ایرگولاریس و ب) فانلی‌فورمیس موسه



شکل ۳. اثر ورمی‌کمپوست، قارچ میکوریز آربوسکولار و رقم بر درصد کلونیزاسیون ریشه توت‌فرنگی
(حروف بزرگ مشترک در نمودار نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد است.)

متفاوت کلونیزه می‌کنند. این کلونیزاسیون می‌تواند بر رشد گیاه میزبان تأثیر داشته یا نداشته باشد و تحت کنترل ژنتیک گیاه میزبان، گونه قارچ و یا یک برهم‌کنش پیچیده میان دو طرف همزیست باشد (۸).

درصد وابستگی میکوریزی

نتایج نشان داد که بالاترین (۲۸/۵) و پایین‌ترین (۱۵/۲) درصد وابستگی میکوریزی به‌ترتیب با کاربرد قارچ میکوریز فانلی‌فورمیس موسه و ریزوفاگوس ایرگولاریس در رقم کردستان مشاهده شد (شکل ۴). اختلاف بین دو قارچ میکوریز برای رقم پاروس معنی‌دار نبود. درصد وابستگی میکوریزی رقم پاروس نسبت به رقم کردستان با کاربرد قارچ ریزوفاگوس ایرگولاریس به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ولی با کاربرد قارچ فانلی‌فورمیس موسه درصد وابستگی میکوریزی در رقم کردستان بالاتر از رقم پاروس بود. این نتایج نشان می‌دهد که پاسخ نوع رقم به نوع قارچ میکوریز می‌تواند متفاوت باشد و اثر

شکل ۴. اثر قارچ میکوریز آربوسکولار و رقم بر درصد وابستگی میکوریزی توت‌فرنگی

متفاوتی بر رشد گیاه داشته باشد.

نتیجه‌گیری

پاسخ ارقام توت‌فرنگی به کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار متفاوت بود ولی نوع قارچ میکوریز در بیشتر پارامترهای اندازه‌گیری شده اثر معنی‌دار نداشت. کاربرد ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری بر تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده داشت. درصد وابستگی میکوریزی توت‌فرنگی با توجه به نوع رقم و نوع گونه قارچ متفاوت بود به‌طوری که درصد وابستگی میکوریزی رقم پاروس نسبت به رقم کردستان با کاربرد قارچ ریزوفاگوس ایرگولاریس به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ولی با کاربرد قارچ فانلی‌فورمیس موسه درصد وابستگی میکوریزی رقم کردستان بالاتر از رقم پاروس بود.

منابع مورد استفاده

1. Al-Karaki, G. N., A. Al-Radad and R. B. Clark. 1998. Water stress and mycorrhizal isolates effects on growth and nutrient acquisition of wheat. *Journal of Plant Nutrition* 21: 891-902.
2. Arancon, N. Q., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J. D. Metzger. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145-153.
3. Atiyeh, R. M., C. A. Edwards, S. Subler and J. D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78: 11-20.
4. Bethlenfalvay, G. J., R. L. Franson, M. S. Brown and K. L. Mibara. 1989. The Glycne-Glomus-Bradyrhizobium symbiosis, IX: Nutritional, morphological and physiological responses of nodulated soybean to geographic isolates of the mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*. *Physiologia Plantarum* 76: 226-232.
5. Biswas, A., K. Melmaiee, S. Elavarthi, J. Jones and U. Reddy. 2019. Characterization of strawberry (*Fragaria spp*.) accessions by genotyping with SSR markers and phenotyping by leaf antioxidant and trichome analysis. Scientia Horticulturae 256: 108561. doi:https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108561.
6. Bremness, L. 1999. Herbs. Eyewitness Handbook, London.
7. David, D., J. R. A. Douds, G. Nagahashia, J. E. Shenkb and K. Demchakc. 2008. Inoculation of strawberries with AM fungi produced on-farm increased yield. *Biological Agriculture and Horticulture* 26: 209-219.
8. Entry, J. A., P. T. Rygiewicz, L. S. Watrud and P. K. Donnelly. 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of Arbuscular mycorrhiza. *Advances in Environmental Research* 7: 123-138.
9. Giampieri, F., J. M. Alvarez-Suarez, L. Mazzoni, S. Romandini, S. Bompadre, J. Diamanti, F. Capocasa, B. Mezzetti, J. L. Quiles, M. S. Ferreiro, S. Tulipani and M. Battino. 2013. The potential impact of strawberry on human health. *Natural Product Research* 27(4-5): 448-455.

10. Gosling, P., A. Hodge, G. Goodlass and G. D. Bending. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture Ecosystem and Environment* 113: 17-35.
11. Gryndler, M., M. Vosa´tka, H. Hrselova´, V. Catska´, I. Chvatalova´ and J. Jansa. 2002. Effect of dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria on growth and mineral nutrition of strawberry. *Journal of Plant Nutrition* 25(6): 1341-1358.
12. Kojima, T., M. Hayatsu and M. Saito. 1998. Intraradical hyphae phosphatase of the arbuscular mycorrhizal fungus, *Gigaspora margarita*. *Biology and Fertility of Soil* 26: 331-335.
13. Kormanik, P. P. and A. C. McGraw. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. PP. 37-45, *In*: Schenck, N. C., (Eds.), Methods and Principles of Mycorrhizal Research. The American Phytopathological Society, St. Paul.
14. Kuo, S. 1996. Phosphorus. PP: 869-920, *In*: Sparks, D. L., *et al.* (Eds.), Methods of soil analysis part III, 3rd ed. American Society of Agronomy. Madison. W I.
15. Mahmod, I. and R. Rizvi. 2010. Mycorrhiza and organic farming. *Asian Journal of Plant Science* 9(5): 241-248.
16. Malusa, E., L. Sas-Paszt, W. Popinska and E. Zurawicz. 2006. The effect of a substrate containing arbuscular mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms (trichoderma, bacillus, pseudomonas and streptomyces) and foliar fertilization on growth response and rhizosphere pH of three strawberry cultivars. *International Journal of Fruit Science* 6(4): 25-41.
17. Matsubara, Y., T. Ishigaki and K. Koshikawa. 2009. Changes in free amino acid concentrations in mycorrhizal strawberry plants. *Scientia Horticulturae* 119: 392-396.
18. Ojha, S., M. R. Chakraborty, S. Dutta and N. C. Chatterjee. 2008. Influence of VAM on nutrient uptake and growth of Custard-apple. *Asian Journal of Experimental Sciences* 22(3): 221-224.
19. Raman, N. and A. Mahadevan. 1996. Mycorrhizal research a priority in agriculture. P: 347. *In*: Mukerji, K. G., (Eds.), Concept in Mycorrhizal Research. Kluwer Academic Publisher.
20. Tarafdar, J. C. 1995. Visual demonstration of in vitro acid phosphatase activity of VA mycorrhizal fungi. *Current Science* 69(6): 451-543.
21. Wang, S. Y. and S. S. Lin. 2002. Composts as soil supplement enhanced plant growth and fruit quality of strawberry. *Journal of Plant Nutrition* 25(10): 2243-2259.
22. Yavari, S., S. Eshghi, E. Tafazoli and N. Karimian. 2009. Mineral elements uptake and growth of strawberry as influenced by organic substrates. *Journal of Plant Nutrition* 32: 1498-1512.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 10, No. 3, Fall 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Mycorrhizal Fungi and Vermicompost on Growth and Mineral Nutrients Composition of Strawberry Cultivars

S. Moradi[1*] and J. Sheikhi[2]

(Received: February 27-2016; Accepted: February 2-2020)

Abstract

The study was conducted to investigate the effect of biological fertilizer and arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in four levels (without biological fertilizer, *Rhizophagus irregularis*, *Funneliformis mosseae* and vermicompost) on growth and shoot mineral nutrients composition of two strawberry cultivars (Parus and Kurdistan) in factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications in greenhouse conditions. The results showed that the application of vermicompost and AM fungi significantly increased the shoot dry weight of strawberry in comparison to control but there was not a significant difference between two species of AM fungi. Total uptake of nutrients was significantly increased by inoculation of strawberry with AM fungi in comparison to the control but inoculation did not leave significance effect on shoot nutrients concentration. Vermicompost application significantly enhanced the uptake and concentration of phosphorus, potassium, iron, zinc, and copper compared to control. Dry weight, zinc concentration and uptake, phosphorus, manganese and copper uptake in shoot of Kurdistan cultivar were significantly higher than Parus cultivar but there was not a significant difference between the cultivars in root colonization. Mycorrhizal dependence (Md) percentage by *Rhizophagus irregularis* was significantly higher in Parus cultivar than Kurdistan cultivar but Md (%) by *Funneliformis mosseae* in Kurdistan cultivar was higher than Parus cultivar. In conclusion, application of biological fertilizers will increase the growth of strawberry plant through an increased nutrient uptake, in which the role of vermicompost is more pronounced than that of AM fungi due perhaps to the presence of nutrients and useful soil organisms.

Keywords: arbuscular mycorrhizal, biological fertilizer, Parus and Kurdistan cultivar

1. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
2. Ph.D. Graduate, Department of Soil Sciences, Tehran University, Tehran, Iran.
*: Corresponding Author, Email: 6341ms@gmail.com