Archive of SID

نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۹ شماره ۲ / تابستان ۱۳۹۸

تأثیر بسترهای کشت و همزیستی قارچ میکوریزا بر عملکرد برگ، درصد کلونیزاسیون ریشه و برخی از ویژگی های ریشه استویا در سیستم کشت بدون خاک

نسرین سادات سیدمحمدی[۱]، مرتضی برمکی[۲*]، مهدی داوری[۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/٤/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۵

۱-دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲-دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳-دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: barmakimorteza@gmail.com

چکیده

گیاه استویا *(Stevia rebaudiana)* به عنوان منبعی برای ترکیبات شیرین کننده ی قوی، طبیعی و بی کالری است که در صنعت و داروسازی کاربرد دارد و افزایش تولید بیوماس به منظور عصاره گیری از ترکیبات شیرین کننده ی آن اهمیت به سزایی دارد. به‌منظور مطالعه اثر قارچ میکوریزا بر برخی از ویژگی‌های ریشه گیاه استویا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۳ به اجرا در آمد. فاکتور اول در دوسطح شامل محلول غذایی ایما- آنجل و نوولا ، فاکتور دوم در سه سطح شامل بسترهای کشت خاک برگ، ورمی کمپوست و بیولان (پیت+پرلیت) و فاکتور سوم در دوسطح شامل تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا و شاهد بود. اثرات ساده بسترهای کشت مختلف، محلول‌های غذایی بر طول ریشه‌های میکوریزایی معنی‌دار شد. همچنین اثرات ساده و متقابل تیمارهای مورد بررسی بر کلونیزاسیون ریشه، وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی، سطح ریشه، وزن خشک برگ و حجم ریشه معنی دار بود. نتایج نشان داد بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه با میکوریزا مربوط به محلول نوولا و بستر کشت ورمی کمپوست، بیشترین طول ریشه‌های میکوریزایی و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی مربوط به محلول ایما- آنجل و بستر کشت ورمی کمپوست بود. بیشترین وزن خشک برگ، حجم ریشه، سطح ریشه و طول ریشه مربوط به محلول نوولا در بستر کشت ورمی کمپوست تحت شرایط تلقیح با میکوریزا بود. بیشترین وزن خشک ریشه، مربوط به محلول ایما- آنجل در بستر کشت ورمی کمپوست (تحت شرایط تلقیح با میکوریزا) دیده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، بستر کشت ورمی کمپوست و تلقیح با قارچ میکوریز در تیمارهایی که با محلول غذایی نوولا تغذیه شده بودند، باعث افزایش عملکرد برگ و برخی خصوصیات مربوط به ریشه شد.

واژه‌های کلیدی : استویا، بسترکشت، ریشه، محلول غذایی، میکوریزا

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Mycorrhizal Fungi on Leaf Yield, Root Colonization Percentage and Some Features of *Stevia Rebaudiana* Root in a Soilless Culture System

Nasrin Sadat Seyedmohammadi[1], Morteza Barmaki[2*], Mehdi Davari[3]

Received: July 13, 2018 Accepted: March 6, 2019

1-PhD Student of Crops Ecology, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran.
2- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran.
3- Assoc. Prof., Dept. of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran.
*Corresponding Author Email: barmakimorteza@gmail.com

Abstract

Stevia (*Stevia rebaudiana*) is a source of strong, natural and free of calorie sweetener that is mainly used in industries and pharmacy. With respect to the importance of this plant, extracting sweetening compounds from this demands production of considerable biomass. Therefore, the effects of mychorrhizal fungus on some characteristics of Stevia's root organ were studied in a factorial experiment based on completely randomized blocks with 4 replications conducted in a greenhouse at Mohghegh Ardebili University in 2014. The first factor included Imma & Angel and Novell nutrient solutions; the second factor included the Planting bed that consisted of Leaf composts vermicompost, and Peat and perlite, and finally, third factor included the inoculation with mychorrhizal fungus and control treatment. The results showed that the highest percentage of root colonization with mycorrhizal was associated with the Novella nutrient solution and vermicompost planting bed, the maximum length of myrrhizae roots and dry weight of the mycorrhizal roots of the Imma & Angel solution and the vermicompost planting bed. In addition, Novell in vermicompost planting bed yielded the largest Leaf dry weight, root volume, root surface and root length after inoculation with mychorrhizal fungus. The largest, root dry weight was observed in case of Imma & Angel solution in vermicompost medium (inoculated with mychorrhizal fungus).

Keyword: Mychorrhizal Fungus, Nutritional Solution, Planting Bed, Medicinal Herb, Stevia

مقدمه

استویا (*Stevia rebaudiana*) گیاهی درختچه‌ای و چند ساله از خانواده *Asteraceae* و دارای حدود ۲۰۰ گونه مختلف می‌باشد (میشرا و همکاران۲۰۱۰) این گیاه بومی کشور پاراگوئه بوده و به عنوان یک شیرین کننده طبیعی و بدون کالری مطرح است (آذرپور و همکاران ۲۰۱۳). ماده شیرین کننده استویا که به استویوزید معروف است، در کاهش میزان قند در افراد دیابتی، درمان فشار خون بالا و در درمان بیماری های معده و روده موثر است و همچنین به عنوان قند رژیمی از آن

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده می‌شود (داس و یانگ ۲۰۱۰، هسیه و همکاران ۲۰۰۳، گرگرسون و همکاران ۲۰۰٤ و دبنات ۲۰۰۸). در شرایط رشد طبیعی و در خاک های حاصل‌خیز، ارتفاع گیاه استویا ممکن است به ۱۸۰ سانتی متر هم برسد ولی متوسط ارتفاع این گیاه ٦٥ سانتی متر است. از استویا در برای درمان دیابت، بیماری های دندان، چاقی، فشارخون بالا و سرطان استفاده می‌شود (جونز ۲۰۰۳). استویا دارای نیاز بالایی به مواد مغذی به ویژه N، P و K می‌باشد و کمبود این عناصر باعث محدودیت عمده در کمیت و کیفیت زیست توده این گیاه می‌گردد (پرامانیک و سینگ ۲۰۰۳). برای جلوگیری از اثرات سوء کودهای شیمیایی برای گیاه می توان از کودهای زیستی که از قارچ های میکوریزایی یا باکتری های همیار هستند استفاده کرد. میکروارگانیسم های تحریک کننده رشد گیاهان شامل قارچ های میکوریزایی و گروهی از باکتری ها هستند. از مهمترین قارچ های میکوریزایی گلوموس ها را می توان نام برد (کوکینگ ۲۰۰۳). میکوریزا وزیکولار آربوسکولار[1] (VAM)، باکتری حل کننده فسفات[2] (PSB) و آزوسپیریلوم[3] از عمده ترین کودهای زیستی هستند که میزان قابل توجهی N، P و K از محیط برای گیاهان فراهم می‌کنند و در ایجاد مقاومت به شرایط خشکسالی در گیاه نقش به سزایی ایفا می کنند (سینگ و رائو ۲۰۰۵). قارچ‌های آربسکولار مایکوریز (AMF) متعلق به شاخه گلومرومایکوتا (*Glomeromycota*) هستند (بارآ و جفریس ۱۹۹۵). این قارچ‌ها در بسیاری از گونه‌های گیاهی نقش حیاتی دارند (محمد و همکاران ۱۹۹۵، میشرا و همکاران ۲۰۱۰، هارت و کلیرونوموس۲۰۰۲ و گوپتا و همکاران ۲۰۰۲) و با اکثر گیاهان عالی ارتباط همزیستی برقرار می کنند (بارآ و جفریس ۲۰۰۰) . همزیستی با ریشه گیاه میزبان باعث افزایش میزان زیست توده و بهبود سرعت رشد شده و مقاومت گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا، جذب مواد معدنی و میزان فتوسنتز در مقایسه با تیمار شاهد افزایش می‌یابد (اسمیت و رید ۲۰۰۸). قارچ میکوریز آربوسکولار قادر است جذب فسفر، ریزمغذی ها و نیتروژن را از خاک افزایش دهد و به این ترتیب عناصر ضروری برای رشد گیاه را از خاک فراهم کند، همچنین قادر به افزایش جذب آب بوده و اثرات مهارکننده در مقابل تعدادی از عوامل بیماری داشته است .افزایش جذب فسفر به طور کلی به عنوان مهمترین سودمندی قارچ میکوریز آربوسکولار برای گیاه میزبانش شناخته شده است که منجر به افزایش رشد و محصول می‌شود (گوسلینگ و همکاران ۲۰۰٦).

به منظور بررسی اثر میکوریزا و ریزوباکتری-های محرک رشد گیاه بر برخی شاخص های رشد گیاه استویا، پژوهشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام شد و نتایج نشان داد که قارچ میکوریزا بیشترین میزان ریشه‌زایی را نسبت به تیمارهای اعمال شده توسط باکتری های همزیست با ریشه داشت (اطرشی ۲۰۱۲). همچنین در پژوهشی دیگر گزارش شده است که تلقیح گیاهچه های استویا با قارچ های میکوریزی و با باکتری های محرک رشد گیاهان می توانند به استقرار این گیاهچه ها کمک کنند و نقش مهمی در سلامتی و تأمین نیازهای غذایی این گیاهچه ها داشته باشند (روسو و همکاران ۲۰۰۸). جوامع میکروبی هم به میزان زیادی به برقراری همزیستی میکوریزی کمک می کنند و جوانه زنی اسپورهای قارچ میکوریزای آرباسکولار را تحریک کرده و درصد کلونیزاسیون ریشه ای را با قارچ افزایش می‌دهند (جانسون و همکاران ۲۰۰٤).

از شاخص‌های کلیدی یک محلول غذایی مناسب، تامین عناصر مورد نیاز گیاه به گونه‌ای است که گیاه با دریافت بهینه ی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف، دچار تنش‌های تغذیه‌ای نگردد از فاکتور های مهم دیگر، اقتصادی بودن تولید آن است (بنتون ۲۰۰۵). در روش-

[1] Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

[2] Phosphate Solubilizing Bacteria

3 Azospirilum

www.SID.ir

Archive of SID

های کشت بدون خاک تمامی عناصر ضروری بایستی به صورت نمک‌های محلول به گیاه داده شود. محلول غذایی مناسب محلولی است که حاوی تمامی عناصر غذایی در غلظت‌های مشخص باشد و متخصصان بنا به مولفه‌های تحقیق و شرایط کشت و گونه گیاهی مورد تحقیق از محلول‌های استاندارد تغییر یافته و یا غلظت-های متفاوت آن بهره می‌گیرند (طباطبایی ۲۰۰۶). محیط کشت مناسب علاوه بر خواص مطلوب فیزیکی – شیمیایی و بیولوژیکی، باید در دسترس، نسبتا ارزان، پایدار و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد (دیویدسون و همکاران ۱۹۹۸). بسترهای کشت مورد استفاده در این آزمایش واجد شرایط ذکر شده بودند (جدول۱). نوولا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه ریزغده سیب‌زمینی در سیستم‌های هیدروپونیک که با محلول غذایی نوولا تغذیه شدند، نسبت به بسترهای خاکی، بیشتر بود. خیری‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که کاربرد محلول غذایی ایما- آنجل در سیب زمینی باعث افزایش میانگین عملکرد هربوته، وزن خشک اندام های هوایی و ریشه ها و درصد نشاسته شد. در این تحقیق، گیاهچه ها با محلول های مختلف غذایی تغذیه و اثر قارچ میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه و برخی از ویژگی های ریشه گیاه دارویی استویا در بسترهای کشت مختلف مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این تحقیق، تعیین مناسب-ترین ترکیب محلول غذایی و بستر کشت از نظر اثر روی عملکرد برگ، درصد کلونیزاسیون ریشه و برخی از ویژگی های ریشه استویا در سیستم کشت بدون خاک بود. همچنین تعیین چگونگی اثر قارچ میکوریز در شرایط تلقیح و میزان اثر آن در عملکرد برگ و ویژگی-های ریشه برای ما اهمیت داشت.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تاثیر محلول های غذایی و نوع بستر کشت بر عملکرد برگ و درصد کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ میکوریزا (*Arbuscular mycorrhizal*) در گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana*) طرحی به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی با ٤ تکرار در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۳ به اجرا در آمد. فاکتور اول در دو سطح عبارت بود از: دو محلول غذایی مختلف شامل محلول غذایی ایما و آنجل، و محلول غذایی نوولا و همکاران (جدول ۱) ، فاکتور دوم بسترهای کشت شامل پیت ماس و پرلایت (بیولان)، ورمی کمپوست و خاک برگ در سه سطح و فاکتور سوم در دو سطح شامل تلقیح با قارچ میکوریزا از جنس گلوموس موسه آ *(Glomus mosseae)* و تیمار شاهد می باشند. قارچ میکوریزا از شرکت کود بیولوژیک سمنان تهیه شد. پس از کشت گیاهچه‌ها در گلدان‌ها، گیاهچه های ده سانتی استویا که ریشه دار بوده و از کشت بافت حاصل شده بودند در بسترهای نامبرده، با محلول های غذایی به طور مداوم و به صورت قطره ای تغذیه شدند، همچنین بسترها به هنگام کاشت در تیمارهای مورد نظر با قارچ میکوریزا تلقیح شد.

در مراحل انتهایی رشد یعنی شروع گلدهی که بعد از سه ماه از کشت اتفاق افتاد، درصد کلونیزاسیون ریشه و برخی از ویژگی های ریشه گیاه دارویی استویا اندازه گیری شد. تمامی ریشه‌ها به طور کامل و با رعایت حداقل آسیب با استفاده از آب جاری شسته شدند. وزن خشک ریشه، با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم با ترازوی دقیق اندازه گیری شد. طول ریشه، سطح ریشه، حجم ریشه (از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرار دادن ریشه در حجم مشخصی از آب با دقت ۰/۱ میلی لیتر) و وزن خشک برگ از طریق وزن کردن برگ های هر تیمار پس از خشک شدن در آون اندازه گیری شد. جهت اندازه-گیری درصد همزیستی ریشه ها با قارچ میکوریز، از

www.SID.ir

Archive of SID

ریشه‌ها به‌ویژه ریشه‌های مویین و نازک نمونه برداری بعمل آمد. سپس ریشه‌ها به دقت با آب مقطر شستشو شده و از محلول FAA (فرمالین، الکل، استیک اسید) برای تثبیت ریشه‌ها استفاده شد. مراحل رنگ‌بری ریشه‌ها و سپس رنگ‌آمیزی آن‌ها طبق روش فیلیپس و هیمن (۱۹۷۰) صورت گرفت. درصد آغشتگی میکوریزی ریشه به روش خطوط متقاطع تعیین شد (رجاپکز و میلر ۱۹۸۷). سطح ریشه‌ها با استفاده از روش اتکینسون از رابطه زیر محاسبه شد (علیزاده ۲۰۱۰):

رابطه [۱]

$$\text{سطح ریشه‌ها (سانتیمتر مربع)} = 2 \times [\text{طول ریشه‌ها (سانتیمتر)} \times 3/14 \times \text{حجم ریشه‌ها (سانتیمتر مکعب)}]^{0/5}$$

وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی و طول ریشه‌های میکوریزایی از معادله‌های زیر محاسبه شدند:

رابطه [۲]

$$\text{وزن خشک ریشه} = \text{درصد کلونیزاسیون ریشه} \times \text{وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی}$$

رابطه [۳]

$$\text{طول ریشه} = \text{درصد کلونیزاسیون ریشه} \times \text{طول ریشه‌های میکوریزایی}$$

داده های جمع آوری شده از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

جدول۱- غلظت عناصر تشکیل دهنده محلول‌های غذایی (میلی‌گرم در لیتر)

عناصر	KNO3	Ca(NO3)2	NH4NO3	KH2PO4	MgSO4	Na2MoO4	H3BO3	CuSO4	ZnSO4	MnSO4	Fe-EDDHA
ایما و آنجل	٤٠/٤	٢٥٤/٢	٣٥٢	٥٩٨/٤	٩٦	٠/٠٣٣	٢/٢١	٠/٤٨١	٠/٦٤٥	٥/١٥	١٣/٢٥
نوولا	٥٠٥	٦٥٦	٤٧	٢٤٠	١٨٠	٠/٠٥٥	١/٥٦	٠/٩١٢	١/٠٧	٨/٥	٤

نتایج و بحث

درصد کلونیزاسیون ریشه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده های آزمایش نشان داد اثرات ساده و متقابل بین محلول های غذایی و بسترهای کشت مختلف در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول۲)، به‌طوری‌که بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه مربوط به محلول نوولا و بستر کشت ورمی کمپوست با ٤٥٪ و کمترین آن مربوط به محلول نوولا و بستر کشت بیولان با ۲۸٪ بود (جدول٤). باقری فام و لکزیان (۲۰۱۳) در پژوهش خود روی گیاه آفتابگردان بیان کردند که سطوح مختلف فسفر روی درصد کلونیزه شدن در حضور قارچ میکوریزا اثر معنی‌داری داشت، به طوری‌که با افزایش غلظت فسفر، درصد کلونیزه شدن درصورت تلقیح با

www.SID.ir

Archive of SID

قارچ میکوریزا به شدت کاهش پیدا می‌کند، در این آزمایش نیز با توجه به این‌که میزان فسفر محلول غذایی نوولا کمتر بود، بنابراین درصد کلونیزاسیون بیشتری را به خود اختصاص داد. در واقع سطوح بالاتر فسفر سبب حذف آربوسکول‌ها در همزیستی با قارچ میکوریزا آربوسکولار می‌شود (اسمیت و رید ۲۰۰۸). انوار و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که استفاده از ورمی کمپوست به عنوان بستر کشت می‌تواند به‌طور قابل توجهی درصد کلونیزاسیون ریشه را افزایش دهد که با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی دارد. ورمی کمپوست با ترکیبات آلی، نیازهای قارچ میکوریزا را تامین کرده و باعث افزایش درصد کلونیزه شدن ریشه می‌شود. با افزایش کلونیزاسیون ریشه، سیستم ریشه ای گیاه میزبان توسعه یافته و باعث افزایش سطح جذب ریشه ها به علت نفوذ ریسه های قارچ در خاک می‌شود و در نتیجه ریشه به حجم بیشتری از خاک دسترسی پیدا کرده و کارایی جذب آب و عناصر غذایی و تولید ماده خشک افزایش می یابد (ساجدی و رجالی ۲۰۱۱). نتایج تحقیق مارولاندا و همکاران (۲۰۰۷) روی گیاه اسطوخودوس میکوریزایی شده حاکی از آن بود که گونه های بومی میکوریزا، کلونیزاسیون ریشه را افزایش دادند. در تلقیح گیاه دارویی علف لیمو با گونه ای از قارچ میکوریزا، افزایش قابل توجه کلونیزاسیون ریشه مشاهده شده است (راتی و همکاران ۲۰۰۱). در همین خصوص مطالعه دیگری بر روی نعناع انجام گرفت که تلقیح گیاه نعناع با قارچ میکوریزا، به طور قابل ملاحظه ای درصد همزیستی ریشه را افزایش داده است (گوپتا و همکاران ۲۰۰۲). نتایج تحقیق حمزئی و سلیمی (۲۰۱۵) روی گیاه ماریتیغال نشان داد که درصد کلونیزاسیون ریشه تحت تاثیر کاربرد قارچ میکوریزا قرار گرفت.

در پژوهش دیگری، عکس العمل چند گیاه دارویی(علف لیمو، پروانش و ریحان) به گونه *Glomus fasciculatum* میکوریزا ارزیابی و مشخص گردید که بیشترین درصد همزیستی(۸۵درصد) را پروانش به خود اختصاص داد. علاوه بر این تولید ماده خشک کل، پروتئین و میزان کلروفیل در گیاهان میکوریزایی نسبت به شاهد افزایش یافت (کارتیکیان و همکاران ۲۰۰۷). الکراکی و کراک (۱۹۹۸) اظهار داشتند که یکی از شاخص های مهم فعالیت قارچ های میکوریز، میزان کلونیزاسیون سیستم ریشه ای توسط این قارچ ها است که توسط عوامل مختلفی ازجمله خصوصیات ظاهری و ساختمانی سیستم ریشه ای، مقدار و کیفیت ترشحات ریشه ای، مصرف کودهای شیمیایی فسفره و غلظت های بالای عناصر سنگین تحت تأثیر قرار می گیرد. عبدالفتاح و همکاران (۲۰۰۲). گزارش کردند که با تلقیح گیاه باقلا با قارچ مایکوریز، کلونیزاسیون ریشه، تولید ماده خشک و میزان رنگدانه های فتوسنتزی، به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش می یابد.

طول ریشه‌های میکوریزایی

نتایج آزمایش نشان داد بین محلول های غذایی مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر طول ریشه‌های میکوریزایی مشاهده نشد، اما بین بسترهای کشت مختلف تفاوت معنی‌داری دیده شد و بیشترین طول ریشه‌های میکوریزایی در بستر کشت ورمی کمپوست با۱۷،٤٦سانتی‌متر مشاهده شد (جدول۳). اثرات متقابل بین محلول های غذایی و بسترهای مختلف کشت نیز اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. نتایج تحقیق رضوانی و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که ریشه‌های یونجه همزیست با *G.mosseae* دارای طول ریشه‌های میکوریزایی بیشتری نسبت به دیگر سویه ها بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد مطالعه بر روی صفات درصد کلونیزاسیون ریشه، طول ریشه‌های میکوریزایی و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی

منابع تغییر	درجه آزادی	کلونیزاسیون ریشه	طول ریشه‌های میکوریزایی	وزن خشک ریشه های میکوریزایی
تکرار	3	0.000009	4.96	0.38
محلول غذایی	1	0.001027**	15.09ns	14.41**
بستر کشت	2	0.034305**	92.98**	53.1**
محلول غذایی × بستر کشت	2	0.004775**	6.84ns	3.18**
خطای آزمایشی	15	0.000009	5.55	0.46
ضریب تغییرات (٪)	23	0.8	15.87	11.82

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ %و ۵ %و بدون اختلاف معنی‌دار **می باشد**.

جدول۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای مورد مطالعه بر روی صفات درصد کلونیزاسیون ریشه، طول ریشه-های میکوریزایی و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی

تیمارها	میانگین		
	کلونیزاسیون ریشه(درصد)	طول ریشه‌های میکوریزایی(Cm)	وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی(g)
محلول غذایی			
نوولا	0.37 b	14.05a	5 b
ایما و آنجل	38 a۰,	15.63a	6.55 a
بستر کشت			
خاک برگ	0.43 a	16.071 a	823 b.4
ورمی کمپوست	.41b۰	17.467 a	8.692 c
پیت ماس و پرلیت	0.30 c	10.98 b	3.811 a

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌ها با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- مقایسه میانگین ترکیب تیمارهای مختلف بر روی صفات درصد کلونیزاسیون ریشه، طول ریشه‌های میکوریزایی و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی

تیمارها		میانگین		
		کلونیزاسیون ریشه (درصد)	طول ریشه‌های میکوریزایی (Cm)	وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی (g)
نوولا	خاک برگ	0.4 d	4.69 c	16.26 a
	ورمی کمپوست	ه0.4 a	3 d	16.53 a
	بیولان	0.28 f	7.3 b	9.35 c
ایما و آنجل	خاک برگ	0.41 c	4.95 c	15.87 ab
	ورمی کمپوست	0.43 b	10.08 c	18.4 a
	بیولان	0.33 e	4.62 a	12.62 bc

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌ها با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی

هم‌زیستی میکوریزایی بر بسیاری از جنبه های بیولوژیک سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان تاثیر می‌گذارد. نتایج این بررسی نشان داد که وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی قرار گرفتند (جدول۳). اثر متقابل بین محلول های غذایی و بسترهای کشت مختلف معنی دار بود و بیشترین وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی مربوط به محلول غذایی ایما- آنجل و بستر ورمی کمپوست با ۱۰،۰۸ بود (جدول٤). از آن‌جا که عنصر فسفر نقش تاثیر گذاری در توسعه ریشه دارد (منگل و کرکبی ۲۰۰۵). می‌توان وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی بیشتر در تیمارهای مورد بررسی را به غلظت بالاتر فسفر در محلول غذایی ایما و آنجل نسبت داد. آرانکون و همکاران (۲۰۰٦) بیان کردند که ورمی کمپوست می‌تواند در جهت فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌خوبی عمل نماید و به این ترتیب وزن خشک ریشه را افزایش دهد که با نتایج آزمایش حاضر هم-خوانی دارد.

طول ریشه

نتایج این تحقیق نشان داد که در تیمار مربوط به طول ریشه، بین محلول های مختلف غذایی، همچنین بسترهای کشت مختلف معنی‌داری مشاهده نشد، اما تفاوت بین تیمار مربوط به تلقیح با قارچ میکوریزا و تیمار شاهد معنی دار بود و بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار با قارچ میکوریزا با ۳۸،۵ سانتی‌متر بود. نتایج بررسی کاپور و مکرجی (۲۰۰۱) نشان دادند که قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد و طول ریشه گردید، زیرا از یک طرف میکوریزا دارای ریسه های فراوانی می-باشد که این ریسه ها وارد سیستم ریشه ای گیاه شده و بر وزن ریشه می افزاید و از طرف دیگر با جذب فسفر و آب سبب افزایش عملکرد ریشه می گردد. اثرات متقابل بین محلول‌های مختلف غذایی، بسترهای کشت مختلف و

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزا اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول۵). محمد و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که همزیستی گندم بهاره با میکوریزا سبب افزایش وزن خشک اندام های هوایی، تعداد پنجه و طول ریشه گردید. دیویس و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان دادند که طول ریشه در گیاهان آلوده با میکوریزا بیشتر از طول ریشه گیاه بدون میکوریزا می‌باشد. قارچ‌های میکوریزا از طریق گسترش شبکه هیفی خارج ریشه‌ای موجب افزایش جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه ها می‌شوند. سیستم ریشه‌ای گیاه در نتیجه میکوریزایی شدن تغییراتی حاصل می کند (خان ۲۰۰۵)، به طوری‌که در ریشه‌های گیاهان میکوریزایی طول ریشه بیشتر و انشعابات آن وسیع‌تر می‌شود. بنابراین می‌تواند در جذب عناصر غذایی کارایی بیشتری داشته باشد (آزکون و همکاران ۱۹۹۹). بدین ترتیب این قارچ‌ها می‌توانند با تاثیر روی ریشه، حجم زیادتری از خاک را نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی کاوش نموده و سبب افزایش دسترسی به عناصر غذایی موجود در ناحیه ریزوسفر شوند و در نتیجه طول ریشه افزایش می‌یابد.

حجم ریشه

نتایج این آزمایش نشان داد که از نظر صفت حجم ریشه بین تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی-داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۵). اثرات متقابل بین سه فاکتور نشان داد که تیمار مربوط به محلول غذایی نوولا و بستر کشت ورمی کمپوست که تحت تیمار تلقیح با قارچ میکوریزا قرار گرفته است، با ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب بیشترین حجم ریشه را به خود اختصاص داد (جدول٦). ما و شی (۲۰۱۱) گزارش کردند که مصرف کود پتاسیم باعث افزایش فعالیت ریشه در گیاه استویا شد. در این آزمایش نیز، محلول غذایی نوولا به علت دارا بودن سطوح بالاتر پتاسیم نسبت به محلول غذایی دیگر، حجم ریشه بیشتری را موجب شد. .تحقیقات برتا و هوکر (۲۰۰۲) نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا سبب افزایش حجم و زیست توده ریشه می‌شود و این توسعه با افزایش هورمون های رشد (صفاپور و همکاران ۲۰۱۲، کارتیکیان و همکاران ۲۰۰۷) مرتبط است. همچنین بستر کشت ورمی کمپوست، با تامین عناصر مورد نیاز گیاه، باعث افزایش حجم ریشه می‌شود.

سطح ریشه

نتایج این آزمایش نشان داد که از نظر صفت سطح ریشه، بین محلول‌های مختلف غذایی، بسترهای کشت مختلف و تلقیح با قارچ میکوریزا تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۵). اثرات متقابل بین سه فاکتور نشان داد که تیمار مربوط به محلول غذایی نوولا و بستر کشت ورمی کمپوست که تحت تیمار با قارچ میکوریزا قرار گرفته است، با ۲٤۱,٦۹ سانتی‌متر مربع بیشترین سطح ریشه بود و کمترین سطح ریشه مربوط به تیمار مربوط به محلول غذایی ایما- آنجل و بستر کشت خاک برگ که تحت تلقیح قارچ نبوده است با ٦۲,۷۱ سانتی‌متر مربع می‌باشد (جدول٦) که با نتایج عسکری و همکاران (۲۰۰۹) هم‌خوانی داشت. محققان بیان کردند گیاهان کود داده شده با ورمی کمپوست توانایی بیشتری در جذب عناصرضروری کم مصرف و پرمصرف از خود نشان می دهند که نتیجه آن افزایش رشد و توسعه ریشه، افزایش سطح و حجم ریشه است (آرانکون و همکاران ۲۰۰٦، ادواردز و باروز ۱۹۸۸).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد مطالعه بر روی صفات حجم ریشه، وزن مخصوص ریشه، طول ریشه، سطح ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، چگالی ریشه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک برگ	حجم ریشه	طول ریشه	سطح ریشه	وزن خشک ریشه
تکرار	۳	٤٥٨,٣٣	334.٧٢	٣٣.٧٦٤	٢٠١.٠١٤	١.٢١٦
محلول غذایی	١	٧٣٢,٥٧**	٦٧٥ **	١.٥٢٢	١٦٥٩.٥٨**	٩.٤٥*
بستر کشت	٢	٧٢٣٧,٢٦**	٨٧٥٨,٣٣**	٢٩.٩٣٧	٢٧١٢٨.١٨**	٧٣٨.٨١٤**
تلقیح با قارچ مایکوریز	١	٢٢١٥,١٧ **	١٤٠٨,٣٣**	٢٧٨.١٦٢**	٩٨٩٥.٧**	١٤.١٩**
محلول غذایی× بستر کشت	٢	٧٢٧,٦ **	٢٣٢٥**	١٥.٤٨٨	٥٦٧٢.٣٥**	١/٦
محلول غذایی×تلقیح با قارچ میکوریزا	١	٤٣٠,٠٨ **	٢٤٠٨.33**	٢.٧٣١	٤٢٨٤.٢٢**	١٨٧.٦٢**
بستر کشت× تلقیح با قارچ میکوریزا	٢	٩٥٧٨,٥٧ **	٤٠٨.33**	٧١.٥٩٣	١٦٦٤.٩١**	١٥٣.٢٢٩**
محلول غذایی× بسترکشت× تلقیح با قارچ میکوریزا	٢	١٩٢٩,٦٢ **	١٨٠٨.٣٣**	١٨٨.٦٢٥	٨٨٩٠.٨٣**	٩.٧٧**
اشتباه آزمایشی	٣٣	١٩,١٧	٣٤.٧٢	٦٦.٦٧	٢١٣.٨٧	١.٢٣
ضریب تغییرات (٪)	-	١٠	١٢.٩٧	٢٢.٦٢	١٠.٦٨٧	٦.٢٩

** و * به ترتیب معني‌دار در سطوح احتمال ۱ %و ۵ %و بدون اختلاف معني‌دار **می باشد.**

وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس حاصل از اندازه گیری وزن خشک ریشه ها نشان داد که اثر اصلی محلول غذایی، بسترهای مختلف کشت و قارچ میکوریزا، اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ بر روی وزن خشک ریشه ها ایجاد کردند (جدول۵). مقایسه میانگین اثر متقابل محلول غذایی، بستر کشت و قارچ میکوریزا نشان داد که بین تیمارهای مختلف اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد و بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به بستر کشت ورمی کمپوست در محلول غذایی ایما- آنجل و تلقیح با قارچ میکوریزا با ۳۰،۲ گرم و کمترین آن مربوط به بستر کشت خاک برگ در محلول غذایی ایما- آنجل و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا با ۹،۳ گرم می‌باشد (جدول ٦). مصرف مقدار مناسب ورمی کمپوست از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم کننده های رشد گیاه توسط این موجودات و جذب

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین ترکیب تیما رهای مختلف بر روی حجم ریشه، وزن مخصوص ریشه، طول ریشه، سطح ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و چگالی ریشه

تیمارها			میانگین				
			وزن خشک برگ (g)	حجم ریشه (cm^3)	طول ریشه (cm)	سطح ریشه (cm^2)	وزن خشک ریشه (g)
نوولا	خاک برگ	تلقیح با میکوریزا	٤٦/٨c	20 f	34.06 b	91.19 g	13.5 e
		شاهد	١٨/٢g	15 f	34.56 b	79.65 gh	11.9 f
	ورمی کمپوست	تلقیح با میکوریزا	١٢٨/١a	100 a	47.125 a	241.69 a	10.5 fg
		شاهد	٢٧/١٨f	45 d	29.75b	128.81 def	21.4 c
	بیولان	تلقیح با میکوریزا	٣٩/٧de	65 c	34. 5 b	166.69 bc	26 b
		شاهد	٢٦/١f	50 d	35.5 ab	148.29 bc	25.3 b
ایما و آنجل	خاک برگ	تلقیح با میکوریزا	٤٣/٦cd	30 e	41.43 ab	124.1 ef	15.2 d
		شاهد	٣٥/٢e	10 g	31.93 b	62.71 h	9.3 g
	ورمی کمپوست	تلقیح با میکوریزا	٧٧/٥b	30 e	37.38 ab	117.73 f	30.2 a
		شاهد	٣٨/٦de	45 d	36. 37 ab	142.4 de	14.87 de
	بیولان	تلقیح با میکوریزا	٢٦f	60 c	36. 5 ab	142.4 de	13.8 de
		شاهد	١٨/٣g	75 b	34 b	173.04 b	19.9 c

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌ها با حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند.

بیشتر عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز و افزایش رشد اندام‌های هوایی و ماده خشک گیاه گردیده است (سینگ و رائو ۲۰۰۵، راویکومار و همکاران ۲۰۰٤). تحقیقات نشان داده که همزیستی گیاهان با قارچ های میکوریزایی باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه از جمله توسعه بخش های رویشی و افزایش وزن تر و خشک بافت های گیاهی می‌شود (اطرشی و همکاران ۲۰۱٦). همچنین تلقیح گیاهان با قارچ های AM باعث افزایش عملکرد و رشد گیاه شده است به طوری که بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار همزیست با قارچ *G.mosseae* به دست آمد (سیلوریا و همکاران ۲۰۰٦). همچنین عنوان شده که میکوریزا گونه G.mosseae با

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم سبب افزایش وزن خشک ریشه و ساقه آکاسیا می‌گردد (کائوشیک و مندال ۲۰۰۵). مانجوآت و همکاران (۱۹۸۳) اظهار داشتند تلقیح مرکبات با قارچ میکوریزای گلوموس فسیکولاتوم *(Glomus fasciculatum)* سبب افزایش وزن ماده خشک اندام های هوایی و ریشه های گیاه شد. وامریال و همکاران (۲۰۰۳) عنوان کردند افزایش وزن خشک ریشه در تیمارهای میکوریزایی گیاه گندم می تواند به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد باشد. میکوریزا وزن خشک ریشه را افزایش می دهد زیرا مکانیسم عمل میکوریزا در جذب آب و فسفر سبب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها و در نتیجه افزایش وزن خشک ریشه می گردد (کاپور و همکاران ۲۰۰۱). آزمایش‌های بن و کافکافی (۲ 2000)روی فلفل دلمه‌ای و خیار نشان داد که آمونیوم-های محلول غذایی باعث افزایش وزن خشک ریشه این گیاهان گردید. در این پژوهش نیز میزان آمونیوم نیترات محلول غذایی ایما و آنجل (ایما و آنجل ۲۰۰۶) نسبت به محلول غذایی نوولا و همکاران (۲۰۰۸) بیشتر بود و در نتیجه بیشترین وزن خشک ریشه در این محلول غذایی به‌دست آمد.

وزن خشک برگ:

شاخصی از رشد که از آن به عنوان معیار تجمع ماده خشک در برگ استفاده می‌کنند وزن خشک برگ است. نتایج تجزیه واریانس صفت وزن خشک برگ در گیاه استویا نشان داد که این صفت تحت تأثیر محلول‌های غذایی، بسترهای کشت مختلف و تلقیح با قارچ میکوریزا در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول۵). نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل محلول‌های غذایی، بسترهای مختلف کشت و تلقیح با قارچ مایکوریز اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. مقایسه میانگین نشان داد محلول غذایی نوولا در بستر کشت ورمی کمپوست در شرایط تلقیح با قارچ مایکوریز (۱۲۸,۱ گرم)، دارای بیشترین وزن خشک برگ می‌باشد (جدول٦). قارچ میکوریزا مواد کربوهیدارتی (عمدتا به شکل ساکاروز) را از گیاه دریافت می‌کند و در عوض آب، عناصر غذایی (عمدتا فسفر و روی) و فاکتورهای رشد را در اختیار گیاه قرار می‌دهد، بنابراین باعث افزایش وزن تر بخش‌های مختلف گیاه از جمله برگ می‌شود. تحقیقاتی که توسط سیلوریا و همکاران(۲۰۰٦) انجام شد، نشان داد همزیستی گیاهان با قارچ‌های مایکوریزایی باعث بهبود خصوصیات رشد گیاه از جمله توسعه بخش‌های رویشی و افزایش وزن تر و خشک بافت‌های گیاهی می-شود. در آزمایشی که میرزایی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی نهال‌های خنجوک انجام دادند مشاهده کردند تاثیر قارچ‌های میکوریزا آربسکولار بر روی وزن تر اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی دار بود و باعث افزایش وزن تر بخش هوایی شده بود. آزمایش‌های بن و کافکافی(۲۰۰۲) روی فلفل دلمه‌ای و خیار نشان داد که آمونیوم‌های محلول غذایی باعث افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی این گیاهان گردید. در این پژوهش نیز میزان آمونیوم نیترات محلول غذایی ایما و آنجل(۲۰۰٦) نسبت به محلول غذایی نوولا بیشتر بود و در نتیجه بیشترین وزن خشک ریشه در این محلول غذایی به-دست آمد. طبق گزارش رشید و همکاران (۲۰۱۳)، در صورت مصرف ٦۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، مقادیر بیشتری عملکرد برگ خشک و تجمع ماده خشک در گیاه نسبت به مصرف مقادیر کمتر نیتروژن به‌دست آمد. در مورد تیمارهای تحت تغذیه با محلول غذایی نوولا نیز به علت در دسترس بودن مقدار بیشتر نیتروژن نسبت به محلول غذایی ایما و آنجل، وزن خشک برگ بیشتری را شاهد بودیم. ورمی‌کمپوست از طریق افزایش قدرت جذب آب و دسترسی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف بر میزان فتوسنتز و تولید زیست توده گیاه استویا تاثیر مثبت گذاشته و موجب رشد بیشتر در بوته و افزایش وزن خشک برگ گردیده است. همچنین استفاده از ورمی-

www.SID.ir

Archive of SID

کمپوست به واسطه تحریک میکروارگانیزم‌های خاک و تأمین عناصر غـذایی باعـث ایـن افزایش عملکرد شده است (روی و سینگ ۲۰۰۶). مطالعات متعدد نشان داده-اند که ورمی‌کمپوست می‌توانـد رشـد و عملکـرد برخـی از گیاهـان دارویـی ماننـد ریحـان (انوار و همکاران ۲۰۰۵) سـیر (آرگلو و همکاران ۲۰۰۶)، رازیانه (درزی و همکاران ۲۰۰۸) و بابونـه (عزیزی و همکاران ۲۰۰۹) را افـزایش دهـد.

نتیجه گیری

در پایان آزمایش مشخص شد که کاربرد بستر مختلف و قارچ میکوریزا و محلول‌های غذایی مختلف، اثر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون ریشه و برخی از ویژگی‌های ریشه استویا می‌گذارد. استویا می‌تواند به-خوبی با قارچ میکوریزا ارتباط همزیستی برقرار کرده و رشد و استقرار بیشتری داشته باشد چون همزیستی با قارچ میکوریزا باعث افزایش وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه شد. همچنین بستر کشت مناسب و تلقیح با قارچ میکوریزا در کنار هم موجب بهبود سیستم ریشه-دهی شد. در تیمارهای تحت تغذیه با محلول غذایی ایما و آنجل به‌علت داشتن غلظت فسفر و نیترات آمونیوم بالاتر نسبت به محلول دیگر، برخی خصوصیات ریشه مانند و وزن خشک ریشه، طول ریشه‌های میکوریزایی و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی بیشتری مشاهده شد. به طور خلاصه نتایج آزمایش حاکی از برتری معنی‌دار ترکیب‌های تلقیح با قارچ میکوریزا در بستر کشت ورمی کمپوست و تغذیه با محلول غذایی ایما و آنجل بود.

منابع مورد استفاده

Abdel-fattah, GM, Migahar, FF and Ibrahim, AH, 2002. Interactive effects of endomycorryhizal fungus Glomus etunicatum and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. Pakistan Journal of Biological and Agricultural Sciences, 5: 835-841.

Al-Karaki GN and Clark RB,1998. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. Journal of Plant Nutrition 21:263- 276.

Anwar M, Patra DD, Chand S, Alpesh K., Naqvi AA, and Khanuja SPS, 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil.

Aracon NQ, Edward CA and Bierman, P,2006. Influences of vermicomposts on field strawberries, Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. Biore-source Technolgy, 93: 145–153.

Arancon NQ, Glavis PA and Edwards A, 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. . Bioresource Technology, 96(10): 1137-1142.

Arguello JA, Ledesma A, Nunez SB, Rodriguez CH, and Goldfarb MDD, 2006. Vermicompost effects on blubbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield and quality of Rosado Paraguay garlic bulbs. Horticulture Science, 4(3): 589-592

Askary M, Mostajeran A and Amooaghaei, R, 2009. Influence of the co-inoculation *Azospirillum brasilense* and *Rhizobum meliloti* plus 24-D on grain yield and N P K content of *Triticum aestivum* (Cv Baccros and mahdavi). American-Eurasian Journal Agriculture Environment Science, 5(3): 296- 307.

Azarpour. E, Karim Motaned M and Bosorgi H, 2013. Agriculture and promote Stevia (botany, planting, harvesting, chemistry, manufacturing and processing)., Islamic Azad University Branch, Iran, Lahijan.

Azizi M, Rezvani F, Hassan Zadeh M, Lakzian A and Nemati H, 2009. Effects of vermicompost and irrigation on morphological traits and essential oil of chamomile. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 24(1): 82-93. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Azcon G, de Aguilar C, Azcon R., and Barea JM, 1979. Endomycorrhizal fungi and Rhizobium as biological fertilisers for *Medicago sativa* in normal cuntivation. Nature, 279:325-365.

Bagherifam S and Lakzian A, 2012. Effect of mycorrhiza fungi and different amounts of phosphorus on uranium uptake in sunflower. Journal of Nuclear Science and Technology, 47(1): 8-18.

Barea JM and Jeffries P, 1995. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil plant systems. In: Hock B, Varma A (eds) Mycorrhiza structure, function, molecular biology and biotechnology. Springer, Heidelberg, 521-559.

Ben U and Kafkafi A, 2002. Melons, cucumber and pepper fruit quality as affected by timing, duration and concentration of phosphate and nitrogen source in recycle hydroponic system. Journal of Plant Nutrition, 25: 1563-1583.

Benton J, 2005. Hydroponics- A practical guide for the soilless grower. CRC Press, 423.

Berta G, Fusconi A and Hooker J, 2002. *Arbuscular mycorrhizal* modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. In Gianinazzi, S., H. Schüepp, J. M. Barea and K. Haselwandter (Eds.). Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts . Basel, Switzerland: Verlag, Pp. 71-85.

Cocking EC, 2003. Endophytic colonization of plant roots by nitrogen fixing bacteria. Plant Soil, 252: 169-175.

Darzi MT, Ghalavand A and Rejali F, 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Science, 10(1): 88-109. (In Persian).

Das K and Dang R, 2010. Influense of biofertiizers on stevioside content in *stevia rebadudiana* grown in acidic soil condition. Advances in Applied Science Research, 2: 44-49.

Davidson H, Mecklenburg R and Peterson C, 1998. Nursery management: administration and culture. Inc. New Jersey, 173.

Davies JrFT, Puryear JD, Newton RJ, Egill JN and Jrossi Ja S, 2001. Mycorrhizla fungi enhance accumulation and olerance of chromium In sunflower. Journal of Plant Nutrition, 158(6): 777-786.

Debnath M, 2008. Clonal propagation and antimicrobial activity of an endemic medicinal plant *Stevia rebaudiana*. Journal of Medicinal Plant Research, 2(2): 45-51.

Edwards CA and Burrows I, 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. Netherlands: b.v. Pp. 211-220.

Geuns JM, 2003. Molecules of interest- stevioside. Phytochemostry, 64: 913-921.

Gosling P, Hodge A, Goodlass G and Bending GD, 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. Agriculture, Ecosystems and Environment, 113(1-4): 17-35.

Gregerson S, Jeppesen PB, Holst J and Hermansen K, 2004. Antihyperglycemic effects of stevioside in type 2 diabetic subjects. Metabol, 53(1): 73-76.

Gupta ML, Prasad A, Ram M and Kumar S, 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint *(Mentha arvensis)* under field conditions. Bioresource Technology, 81(1): 77-79.

Hart MM and Klironomos JN, 2002. Diversity of Arbuscular mycorrhizal fungi and ecosystem functioning. In: van der Heijden MGA, 481 Sanders IR (eds) Mycorrhizal ecology. Springer-Verlag, Pp. 225-242.

Hesieh HM, Chan P, Mon S, Liu J and Liang T, 2003. Efficacy and tolerability of oral stevioside in patients with mila essential hypertension: a two- year, randomize, placebo- controlled study. Clin Therap, 25: 2797- 2808.

www.SID.ir

Archive of SID

Imma F and Angel M, 2006. Potato minituber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals. American Journal of Potato Research, 83: 47-53.

Jeffries P and Barea JM, 2002. *Arbuscular mycorrhiza*—a key component of sustainable plant-soil ecosystems. Springer-Verlag, Pp: 95-113.

Johansson JF, Paul LR and Finlay RD, 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. Microbiology Ecology, 48: 1-13.

Kapoor R, Giri B and Mukerji G, 2001. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L) to enhance the concentration and quality of essential oil . Journal of the Science of Food and Agriculture, 339-342.

Karthikeyan B, Jaleel CA, Gopi R. and Delveekasundarm M, 2007. Alterations in seedling vigour and antioxidant enzyme activitvities in Catharanthus roseus under seed priming with native diazotrophs. Journal of Zhejiang University, Science, 8(7): 453-457.

Khan AG, 2005. *Mycorrhizas and phytoremediation.* In: Willey, N. (ed.): method in biotechnology-phytoremediation. methods and reviews. Totowa, USA: Humana Press. 494p.

Manjunath A, Mohan R. and Bagyaraj DJ, 1983. Response of citrus to *vesicular-arbuscular mycorrhiza* inoculation in unsterile soil. American Journal of Botany, 61: 2729-2732.

Marulanda A, Porcel R, Barea JM and Azcon R,2007. Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought sensitive *Glomus species*. FEMS Microbiology Ecology, 54(3): 543-552.

Mishra P, Singht R, Kumar U and Prakash V, 2010. *Stevia rebaudiana* A magical sweetener. Global Journal of Biotecnology and Biochemistry, 5: 62-74.

Mohammad MJ, Pan WL and Kennedy AC, 1995. Wheat responses to vesicular and arbusculsr mycorrhizal fungi inoculation of soil from eroded to posequence. Journal of American Society of Soil Science, 59: 1086. 1090.

Novella MB, Andriolo JL, Bisognin DA, Melo CC and Guerra BM, 2008. Concentration of nutrient solution in the hydroponic production of potato minitubers. *Ciencia Rural*, Santa Maria, 38(6): 1529-1533.

Phillips JM and Hayman DS, 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection TransBrit. Mycological Society, 55:158–161.

Pramanik K. and Singh RK, 2003. Effect of levels and mode of phosphorus application with and without biofertilizer on yield and nutrient uptake by chickpea *(Cicer arietinum)*. Ann. Agriculture Research New Sciences, 24(4): 768.

Ratti N, Kumar S, Verma HN. and Gautam SP, 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to Cymbopogon martinii var. Motia by rhizobacteria, AMF and azospirillum inoculation. Journal of Microbiology Research, 156(2): 145-149.

Ravikumar S, Kathiresan K, Thadedus Maria Ignatiammal S, Babu Selvam M. and Shanthy S, 2004. Nitrogenfixing azotobacters from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 312: 5 - 17.

Roy, D.K., and Singh, B.P, 2006. Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley *(Hordeum vulgare).* Indian Journal of Agronomy, 51: 40-42.

Russo, A., Vettori, L., Felici, C., Fiaschi, G., Morini, S. and Toffanin, A, 2008. Enhanced micropropagation response and biocontrol effect of *Azospirillum brasilense* on *Pruny cerasifera* plants . Journal Biotechnology, 134(3–4):312–319.

Safapour M, Ardakani MR, Khaghani S, Teymoori M, Hezaveh H. and Mafakheri S, 2012. Phytohormonal and polyamines changes of three red bean *(Phaseolus vulgaris L)* genotypes as affected by Tripartite symbiosis with Mycorrhiza and Rhizobium. Archives Des Sciences, 65(4): 235-240.

www.SID.ir

Archive of SID

Singh SD and Rao GP, 2005. *Stevia:* The herbal sugar of the 21st century. Sugar Technology, 7: 1724.

Smith SE. and Read DJ, 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York., 532.

Vamerial TM, Saccomani S, Bona G, Mosca M. and Ganis A, 2003. A Comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. Plant Soil, 255:157-167.

www.SID.ir