نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۴۹-۲۳۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 239-249
ISSN: 2008 - 4730

نقش قارچ اندوفیت *Pirifomospora indica* بر میزان گلدهی و پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک

حمیدرضا رحمانی[۱]- ابراهیم محمدی گل تپه[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶

چکیده

کودهای زیستی، متشکل از ریزموجودات مفید، به عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید محصولات گلخانه‌ای در سامانه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌گردند. در تحقیق حاضر تاثیر غلظت‌های ۰(شاهد)، ۸۰، ۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی‌لیتر قارچ اندوفیت *P. indica* بر میزان گلدهی و پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت‌فرنگی (رقم گاویتا) تحت شرایط کشت هیدروپونیک در قالب طرح کاملا تصادف در ۲۸ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. قارچ *P. indica* در غلظت‌های مختلف بصورت روش تزریق پای بوته به گیاهان توت فرنگی تلقیح شد. میزان گلدهی ۸ ماه بعد از تلقیح برای تمام گلدان‌ها اندازه‌گیری شد. یک هفته پس از آخرین برداشت طول و وزن تر و خشک ریشه اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان گلدهی، طول و وزن تر وخشک ریشه مربوط به تیمار ۳۳۰ اسپور در میلی‌لیتر و شاهد به ترتیب با ۳۷، ۷۲ ، ۷۶/۷۱ و ۷۵/۵۲ درصد افزایش نسبت به شاهد می‌باشد و همچنین بین تیمارهای شاهد، ۸۰ و ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر در مورد صفات مذکور اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد در حالی که تیمارهای ۳۳۰ و ۲۵۰ اسپور در میلی‌لیتر با بقیه تیمارها در ($P\leq ۰/۰۱$) اختلاف معنی داری داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت‌های بالای قارچ *P. indica* می‌تواند باعث افزایش صفات مذکور و در نتیجه بر رشد و عملکرد گیاه تاثیر مثبت داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: گلخانه ، توت‌فرنگی، میزان گلدهی، کشت بدون خاک ، اندومایکوریز

مقدمه

امروزه در جهان بیش از نیمی از محصولات گلخانه‌ای به روش هیدروپونیک[۳] تولید می‌شوند، سیستم کشت گلخانه‌ای بدون خاک یا هیدروپونیک، امکان کنترل هرچه بهتر تغذیه گیاهان را فراهم آورده و تحول شگرفی در عرضه محصولات گلخانه‌ای، از جمله توت‌فرنگی ایجاد کرده است (۳۰). هیدروپونیک به پرورش گیاهان در محیط بدون خاک اطلاق شده که در این روش معمولاً موادی برای حفظ و نگه‌داری سیستم ریشه‌ای به‌کار می‌رود و تغذیه گیاه از طریق محلول غذایی که به محیط اضافه می‌شود صورت می‌پذیرد (۳، ۴). توت‌فرنگی گیاهی علفی چندساله، متعلق به خانواده گل‌سرخیان و از جنس Fragaria و گونه *Fragaria rosea* Schroers. بوده که امروزه از دیگرگونه‌های *F. chilensis* L.، *F. virginia* Duchesne. و هیبرید بین این دو یعنی *F. ananasae* Duchesne. استفاده زراعی می‌شود که بیشترین گونه مورد استفاده در گلخانه‌ها گونه *F. ananasae* می‌باشد (۶ و ۷). این میوه به دلیل غنی بودن از انواع ویتامین‌ها مانند ویتامین C، A، B6، E، فیبر، آنتی‌اکسیدان‌ها مانند اسید الاجیک (ضد سرطان) و اسید سالیسیلیک (باعث کاهش لخته شدن خون و بیماری‌های عروقی می‌شود) و عناصر معدنی مانند پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر از طرفداران زیادی برخورداراست (۲۱). توسعه کشت توت فرنگی در اکثر نقاط جهان مورد توجه قرار دارد در سال ۲۰۱۱ سطح زیر کشت این محصول در جهان حدود ۲۴۲۳۷۱ هکتار با میزان تولید ۴۳۰۸۱۷۹ تن بوده است، بر اساس گزارش FAO[۴] میزان تولید توت فرنگی در ایران رقمی برابر ۲۹۵۶۶ تن است که بخش اعظم آن در استان کردستان تولید می‌شود. توت فرنگی از میوه‌هایی است که جنبه تازه بودن آن بسیار مهم است بنابراین کشاورزان برای ماندگاری بیشتر و ایجاد جذابیت برای خریدار، قارچ‌کش‌های قوی به آن می‌زنند که اگر باقیمانده این سموم در زمان

۱ و ۲- کارشناسی ارشد و استاد گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: (Email: Emgoltapeh@modares.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.56832
3- Hydroponic
4- Food and Agriculture Organization

استفاده بیشتر از حد مجاز باشد، باعث ایجاد مسمومیت‌های مزمن در افراد خواهد شد. به دلیل استفاده بی‌رویه از آنها، این سموم وارد چرخه غذایی مصرف‌کنندگان و باعث امراض گوناگونی در طولانی مدت می‌شوند. راه‌حل این مشکل کشت توت فرنگی به صورت ارگانیک می‌باشد که در آن از هیچ ماده شیمیایی استفاده نمی‌شود (۱).

روش‌های بیولوژیک مبتنی بر استفاده از پتانسیل ارگانیسم‌های مفید خاکزی در برقراری روابط همزیستی با گیاهان، نقش موثری در افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های زنده و غیر زنده برعهده دارد، یکی از مهمترین روابط همزیستی در عالم حیات که در طی دوره تکامل به وجود آمده است، همزیستی میکوریزا می‌باشد که در آن، ریشه گیاه با قارچ به صورت یک واحد زنده فعالیت می‌کنند و از یکدیگر سود می‌برند. همزیستی قارچ‌های اندوفیت با گیاهان باعث بهبود رشد گیاه، تحمل به تنش‌های محیطی (خشکی، شوری، دما) القاء مقاومت سیستمیک، فراهم کردن مواد غذایی و مقاومت به عوامل بیماری‌زا در گیاه همزیست می‌گردد (۲۶). یکی از مهمترین قارچ‌های اندوفیت (شبه میکوریز) قارچ *Pirifomospora indica* Varma. می‌باشد که در سال ۱۹۹۸ توسط وارما و همکاران (۴۷) از خاک ریزوسفری گیاهان خشکی پسند کهور *Prosopis juliflora* (SW) DC. و کنار *Zyzyphus nummulara* Wight & Arn. از صحرای تار ایالت راجستان کشور هندوستان جداسازی شد.

P. indica دارای دامنه وسیعی از گیاهان میزبان است که با کلونیزاسیون ریشه آنها سبب تحریک شدید رشد میزبان‌های خود می‌گردد. این قارچ بصورت داخل سلولی و بین سلولی رشد کرده و تولید کلامیدوسپورهای گلابی شکل که Cortex ریشه را کلونیزه کرده اما قادر به حمله کردن به قسمت‌های داخلی بافت‌ها ریشه نمی‌باشد (۸، ۲۷). قارچ *P. indica* به راحتی روی بسترهای مختلف کشت می‌شود (۴۷) و رشد و تولید بیومس کل گیاهان مختلف از جمله: تک لپه‌ها (*Zea mays* L.,*Oryza sativa* L., *Triticum sativum* Lam., *Sorghum vulgare* Moench)، دولپه‌ایها (*Glycine max* L., *Solanum melongena* L., *Artemissia annua* L., *Nicotiana tabacum* L., *Cicer arietinum* L.)، درختان، گیاهان دارویی از جمله: *Bacopa monnieri* L.، *A. annua* و چندین محصول اقتصادی مهم را به طور فوق العاده‌ای بهبود می‌بخشد (۵ و ۴۹).

قارچ با جذب بیشتر موادغذایی برای گیاه تحمل آن را تحت شرایط تنش آبی، درجه حرارت و شوری بالا برده و همچنین با دادن مقاومت سیستمیک به گیاه آنها را در مقابل عوامل بیماری‌زا، حشرات و فلزات سنگین مقاوم می‌کند (۴۳). قارچ *P. indica* با کلونیزه‌کردن و افزایش رشد ریشه بسیاری از گیاهان عملکرد آنها را افزایش می‌دهد و رشد محصولات را در خاک‌های فقیر با کمتر کردن استفاده از آفت کش‌ها و کودهای شیمیایی بهبود می‌بخشد (۳۲ و ۴۸). تلقیح قارچ *P. indica* به بعضی از گیاهان متعلق به خانواده شب‌بو شامل کلم (*Brassica oleracea* L.) اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) و خردل (*Brassica juncea* L.) باعث افزایش رشد و عملکرد این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد شد. نتیجه این تحقیق نشان‌داد که بر خلاف قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار که قادر به ایجاد همزیستی با گیاهان خانواده شب بو نمی‌باشند، قارچ *P. indica* نه تنها واجد این توانایی است بلکه سبب رشد اندام‌های هوایی و حجم ریشه و همچنین باعث گل‌دهی و میوه‌دهی زود هنگام اعضای این خانواده نیز شد (۲۷و ۳۱ و ۳۷).

در مطالعه‌ای تأثیر دو قارچ *P. indica* و *S. vemifera* بر روی رشد و عملکرد گیاه (*Nicotiana attenuate* L.) مورد بررسی قرار گرفت. در اثر تلقیح گیاه با این قارچها درصد بالایی از بذور تحریک به جوانه‌زنی شده و میزان رشد و ارتفاع ساقه گیاه افزایش یافت. این تلقیح سبب گلدهی زود هنگام شده و تعداد گل‌های تولیدشده و کپسول‌های بذری نسبت به گیاهان شاهد بیشتر بود. همچنین وزن خشک گیاهان تلقیح شده با قارچهای *P. indica* و *Sebacina vermifera* Pers. به ترتیب حدود ۲۸ و ۲۳ درصد افزایش یافت (۲).

در تحقیقی رشد و عملکرد گیاهان دارویی *Spilanthes calva* DC. و *Withania somnifera* L. تلقیح شده با قارچ *P. indica* در خزانه و مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش معنی‌داری در رشد و عملکرد هر دو گونه گیاه دارویی تلقیح شده با قارچ نسبت به گیاه شاهد (تلقیح نشده) مشاهده شد. طول ساقه و طول ریشه، زیست‌توده، سطح برگ، اندازه کلی، تعداد گل آذین و گل و تولید بذر گیاهان مذکور تماماً در حضور قارچ افزایش یافتند (۳۸).

پراجاپاتی و همکاران (۳۳) گزارش دادند که گیاهان برنج تلقیح شده با *P. indica* از نظر تمام شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در مراحل رشد رویشی و زایشی نسبت به شاهد برتری داشتند.

مطالعه متعدد نشان می‌دهد که *P. indica*، ریشه گیاه گوجه‌فرنگی را کلونیزه و در نتیجه میزان بیومس برگ آن را تا ۳۵٪ افزایش می‌دهد. از همه مهم‌تر این است که قارچ *P. indica* میزان وزن تر و وزن خشک میوه گوجه‌فرنگی را به ترتیب ۱۵۵و ۳۵ درصد افزایش می‌دهد. این آزمایش در سیستم هیدروپونیک انجام شده که معمولاً برای تولید داخلی در اروپای مرکزی استفاده می‌گردد (۱۴).

کلونیزه شدن ریشه با قارچ *P. indica* موجب افزایش گلدهی در گیاهان *Coleus forskohlii* Andrews.، کدو و تنباکو گردید (۱۳، ۱۸ و ۴۱). با توجه به افزایش جمعیت و حرکت به سمت استفاده از محصولات ارگانیک هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ اندوفیت *P. indica* بر میزان گلدهی و پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت‌فرنگی تحت شرایط کشت هیدروپونیک می‌باشد.

مواد و روش

به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف قارچ *P. indica* بر صفات فیزیولوژیک گیاه توت فرنگی تحت شرایط کشت هیدروپونیک در سال زراعی ۱۳۹۲ آزمایش گلخانه‌ای بصورت طرح کاملا تصادفی در ۲۸ تکرار انجام شد. تیمارهای این آزمایش شامل غلظت‌های ۰(شاهد)، ۸۰، ۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی‌لیتر قارچ اندوفیت *P. indica* بودند. قارچ مورد استفاده در تحقیق حاضر از کلکسیون قارچ شناسی گروه بیماری شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد. قارچ اندوفیت ریشه روی محیط جامد کیفر (Medium Kafer) (۲۴) کشت شد. تولید مایه‌تلقیح قارچ برای آلوده ساختن ریشه گیاه، مستلزم وجود تعداد کافی اسپور قارچ است، لذا با تهیه تعداد کافی پتری‌دیش محتوی محیط کشت کیفر، جدایه قارچ مذکور کشت داده شد و در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد درون انکوباتور به مدت چهار هفته نگهداری شد. پس از سپری شدن مدت زمان لازم جهت تولید اسپور مقدار ۲۰ میلی لیتر محلول آب -توئین ۲۰ درصد به هر پتری دیش افزوده شد و پس از جمع‌آوری اسپورهای قارچ، تعداد آنها با استفاده از لام نئوبار شمارش (10^5اسپور در میلی لیتر) شد (۳۶ و ۳۹). پس از تهیه محیط کشت کیفر، قطعه‌ای از قارچ در مرکز تشک نه سانتی متری کشت گردید. تشک‌ها پس از تلقیح تحت دماهای مختلف ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. نتایج پس از گذشت ۱۲ – ۱۰ روز مورد بررسی قرار گرفت و میزان رشد پرگنه قارچ با خط کش اندازه‌گیری و ثبت گردید (۲۲و ۲۸و ۳۱و ۳۴و ۴۴و ۴۵و ۵۰).

اولین‌بار گردمن و نیکولسون[1] (۲۰) روشی را برای رنگ‌آمیزی ریشه‌های آلوده به قارچ شبه میکوریز پیشنهاد کردند. مطابق این روش ریشه‌ها چند دقیقه در محلول لاکتوفنل و آبی پنبه جوشانده شده و سپس با محلول لاکتوفنل، تمیز و شفاف شدند. در حالی که فیلیپس و هایمن[2] (۳۵) جوشاندن ریشه‌ها را در محلول پتاس به منظور شفاف کردن بافت ریشه در گیاهان ریشه سیاه یا گیاهانی که ریشه ضخیم دارند و سپس رنگ آمیزی آن در محلول لاکتوفنل تریپان بلو را به عنوان روش موثری جهت رویت اندام‌های قارچ در بافت ریشه پیشنهاد دادند، که در تحقیق حاضر از این روش برای رنگ‌آمیزی ریشه گیاهان تلقیح شده با قارچ *P. indica* استفاده شد.

برای این پژوهش ۱۴۰ نهال توت فرنگی از گلخانه توت فرنگی دانشکده کشاورزی تربیت مدرس تهران تهیه گردید و سپس آنها را در۱۴۰ گلدان به قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری در بستر پرلیت و کوکوپیت (۲:۱) کشت داده شد و با محلول‌های غذایی مخصوص (محتوای عناصر کم مصرف) گیاه توت‌فرنگی آبیاری گردیده شد.در مرحله بعد دو هفته پس از استقرار ریشه تلقیح غلظت‌های مختلف۸۰،۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر قارچ *P. indica* به پای ریشه گیاه با استفاده از سرنگ انسولین استریل انجام گردید شکل ۱ (۴۷). شرایط دمایی و رطوبتی مناسب رشد قارچ در گلخانه توت فرنگی فراهم گردید و حدودا دو تا سه هفته یکبار گیاهان مورد آزمایش هرس (جهت حذف شاخه‌های پیر و مزاحم و آفت زده و ایجاد تعادل بین شاخساره و ریشه) گردیدند و با محلول‌های غذایی در هر روز سه مرتبه آبیاری شدند (شکل ۲). میزان گلدهی ۸ ماه بعد از تلقیح برای تمام گلدان‌ها اندازه‌گیری شد. یک هفته پس از آخرین برداشت توت فرنگی تمام بوته‌های توت فرنگی را از گلدان در آورده و طول ریشه و وزن تر ریشه اندازه گیری گردید. پس از تعیین وزن تر تمام نمونه‌های برداشت شده نمونه‌های مذکور به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و وزن خشک ریشه آنها نیز محاسبه گردید (۴۸). اطلاعات جمع‌آوری شده به نرم‌افزار Excel منتقل شد و بعد با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل گردید و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تعیین دمای بهینه برای رشد قارچ *P. indica*

نتایج حاصل از بررسی میزان رشد پرگنه *P. indica* پس از گذشت ۱۲ – ۱۰ روز در دماهای مختلف ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد مطابق جدول (۱) و شکل (۳) می‌باشد. بهترین دما برای رشد این قارچ ۲ ± ۳۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد که با مطالعات بسیاری (۲۲و۱۲و ۲۸و ۳۱ و ۳۴و ۴۴ و ۴۵ و ۵۰) مطابقت داشت.

بررسی توان آلوده‌سازی ریشه توسط قارچ

نتایج مطالعات میکروسکوپی صورت گرفته بر روی ریشه گیاهان تلقیح شده با غلظت‌های مختلف قارچ، حاکی از توان بالای این قارچ در غلظت‌های بالا (۳۳۰ و ۲۵۰ اسپور در میلی لیتر) در آلوده نمودن ریشه گیاهان میزبان داشت، بطوری که به وضوح و بطورگسترده انبوهی از ریسه‌های برون ریشه‌ای حاصل از رشد اسپورهای قارچ در سطح خارجی و بخش کورتکس ریشه مشاهده شد. همچنین اندامک‌های کروی قارچ نیز در داخل کورتکس ریشه مشاهده گردید، که تعداد ریسه‌ها و کلامیدوسپورها در تیمارهای مختلف متفاوت است. در تیمارهای ۳۳۰ و ۲۵۰ اسپور در میلی‌لیتر تعداد ریسه‌ها در بخش خارجی ریسه و کلامیدوسپورها در داخلی کورتکس نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (شکل ۴) که نتایج این آزمایش با نتایج تحقیقات پاراجاپاتی و همکاران (۳۳)، والر و همکاران (۵۰)، رای و

1- Gerdmann and Nicolson,1963
2- Phillip J. M., and Hayman

ورما (۳۹) و اسکافیر و همکاران (۴۲) همخوانی داشت.

بررسی تاثیر قارچ *P. indica* بر صفات فیزیولوژیک

نتایج جدول (۲) نشان داد که بین تیمارهای مختلف در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد به طوری که با افـزایش غلظـت قارچ میزان گلدهی، پارامترهای رشدی ریشه گیاه توت فرنگی افزایش یافت که نشان دهنده تاثیر مثبت قارچ اندوفیت بر صفات فیزیولوژیک ذکر شده می‌باشد.

شکل۱- تلقیح قارچ *P. indica* به بوته‌های گیاه توت فرنگی با سرنگ انسولین

Figure 1- Inoculation of *P. indica* on strawberry plantby insulin syringe

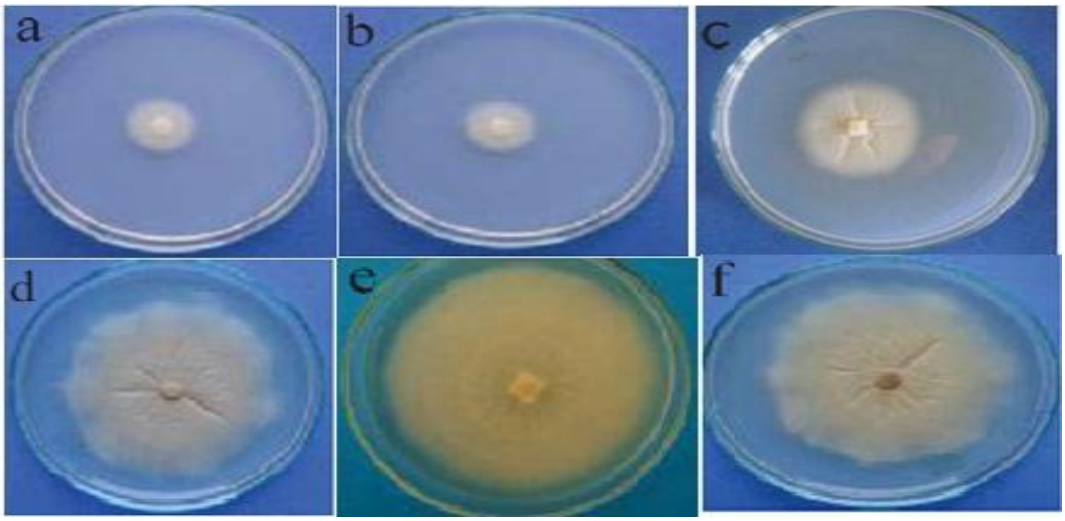
شکل ۲- گیاهان توت فرنگی تلقیح شده با قارچ *P. indica*

Figure 2- Strawberry plants inoculated with *P. indica*

جدول ۱- میزان رشد پرگنه قارچ *Pirifomospora indica* در دماهای مختلف بر حسب (سانتی‌متر)

Table 1– Colony growth rate of *Pirifomospora indica* at different temperatures (cm)

	دما Tempeture(°C)					
	10	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**
میزان‌رشد قارچ *P. indica* Growth rate of *P. indica*	1.2	3.2	4.6	6.8	8.4	8.4

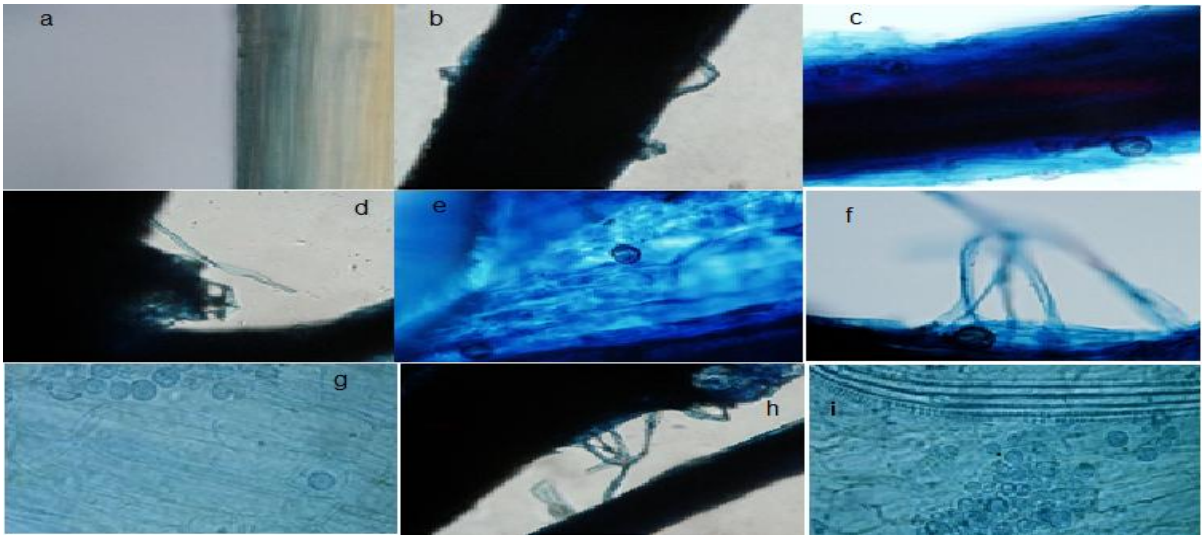


شکل ۳- میزان رشد پرگنه قارچ *P. indica* در محیط جامد کیفر تحت دماهای مختلف

a: دمای ۱۰ °C، b: دمای ۱۵ °C، c: دمای ۲۰ °C، d: دمای ۲۵ °C، e: دمای ۳۰ °C و f: دمای ۳۵ °C

Figure 3- Colony growth rate *P.indica* in kafer solid under different temperatures.

a: 10 C°, b: 15 C°, c: 20 C°, d: 25 C°, e: 30 C°, f: 35 C°



شکل ٤- آلوده شدن ریشه با قارچ اندوفیت *P. indica*:

a: ریشه فاقد اندام‌های قارچی گیاهان شاهد (تیمار ۱). b و c: بافت ریشه آلوده شده با غلظت ۸۰ اسپور در میلی لیتر(تیمار ۲). d و e: بافت ریشه آلوده شده با غلظت ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر(تیمار ۳). f و g: بافت ریشه آلوده شده با غلظت ۲۵۰اسپور در میلی لیتر(تیمار ۴). h و i: بافت ریشه آلوده شده با غلظت ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر(تیمار ۵).

Figure 5. Roots infected with endophytic fungus *P. indica*

a: Root lacks fungal organs control plants (Treatment 1). b,c: Root tissue infected by concentration 80 spore/ml (Treatment 2). e,d: Root tissue infected by concentration 160 spore/ml (Treatment 3). g,f: Root tissue infected by concentration 250 spore/ml (Treatment 5). I,h: Root tissue infected by concentration 330 spore/ml (Treatment 5).

بررسی تاثیر قارچ بر میزان گلدهی

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تیمار۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۳۷ درصد افزایش میزان گلدهی نسبت به گیاهان شاهد بیشترین و تیمار۱ (شاهد) کمترین تاثیر را بر میزان گلدهی داشتند. تیمارهای ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر به ترتیب با ۱۸/۵۳ و ۳۷ درصد افزایش میزان گلدهی با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند، اما بین تیمارهای ۰، ۸۰ و ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۳). همانطور که در نتایج مشخص شد، میزان گلدهی در تیمارهای ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت. در این رابطه می‌توان اظهار داشت که همزیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب (جذب بیشتر عناصر

غذایی به ویژه فسفر) و افزایش بیوماس گیاه توت فرنگی موجبات تسریع و افزایش در میزان گلدهی در بوته‌های تیمار شده با قارچ *P. indica*را فراهم می‌آورد، که با نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات ورما و همکاران (۴۹)، کوماری و همکاران (۲۷)، رشمی و همکاران (۳۷)، کاپور و همکاران (۲۵)، فرانکن و همکاران (۱۶) و فاخر و همکاران (۱۴) در زمینه تاثیر قارچ اندوفیت بر افزایش میزان گلدهی گیاهان تلقیح شده با قارچ نسبت به گیاهان شاهد و علت افزایش گلدهی مطابقت داشت.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف قارچ *Pirifomospora indica* روی برخی از صفات فیزیولوژیک توت فرنگی

Table 2- ANOVA of the effect of *Piriformospora indica* different concentrations of on some physiological traits of strawberry

		میانگین مربعات Mean of Squared			
منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degrees of Freedom	گلدهی(Flowering)	طول ریشه Root length	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
غلظت های قارچ Concentrations of fungi	4	76.5**	1267.11**	165.42**	54.31**
خطا آزمایشی Error	135	1.4	5.16	1.7	0.13
CV (%)	-	0.765	0.19	0.12	0.22

** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

**: Significant at 1%

جدول ۳- مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ *Pirifomospora indica* بر برخی از صفات فیزیولوژیک گیاه توت فرنگی

Table 3- Mean comparison of *Piriformospora indica* different concentrations effect on some physiological traits strawberry

تیمارها Treatments		گلدهی Flowering	طول ریشه Root length	وزن تازه ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
Spores of *Piriformospora indica* /ml	0 (Control)	11.6^{c}	22.4^{d}	7.73^{d}	3.15^{c}
	80	11.8^{c}	22.75^{d}	8.42^{d}	3.18^{c}
	160	12.1^{c}	24.94^{c}	9.96^{c}	3.32^{c}
	250	13.75^{b}	30.41^{b}	11.75^{b}	4.42^{b}
	330	15.5^{a}	38.36^{a}	13.66^{a}	5.55^{a}

میانگین ها با حروف مشابه در داخل هر ستون برای هر صفت تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Means with the same letters in within each column for each trait are not significantly different at 5% by Duncan's multiple range test.

بررسی تاثیر قارچ بر طول ریشه

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول۳)، تیمار۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۲ درصد افزایش طول ریشه نسبت به گیاهان شاهد بیشترین و تیمار۱ (شاهد) کمترین تاثیر را بر طول ریشه گیاه توت فرنگی داشتند. همچنین تیمارهای ۲۵۰ و ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر به ترتیب با ۳۷ و ۱۴/۳۳ درصد افزایش طول ریشه نسبت به گیاهان شاهد، با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند، در حالی که بین تیمارهای شاهد و تیمار ۱۶۰ اسپور در میلی لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

آزمایشی به منظور بررسی افزایش رشد برنج (*Oryza sativa* L.) به وسیله تلقیح دوگانه *Azotobacter chroococcum* و *P. indica* Martin. همراه با ورمی‌کمپوست انجام شد و اثرات آنها بر طول ساقه، طول ریشه، وزن تر ساقه و ریشه، وزن خشک ساقه و ریشه و تعداد خوشه در روزهای ۴۵ ام و۹۰ ام مورد بررسی قرار گرفت. در هردو مرحله زمانی تمام پارامترها برای گیاهان تلقیح شده در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد مشاهده شد (۳۳). همانطورکه نتایج آزمایش نشان داد تیمارهای ۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه در گیاه توت فرنگی نسبت به سایر تیمارها در سطح ۵ درصد شدند که تیمار ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۲ درصد افزایش طول ریشه نسبت به شاهد بیشترین تاثیر را بر افزایش طول ریشه گیاهان تلقیح شده با قارچ نسبت به سایر تیمارها داشت. در این رابطه می توان اظهار داشت که قارچ *P. indica* در غلظت‌های بالا به دلیل افزایش تولید هورمون اکسین موجب افرایش طول ریشه گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد می‌گردد و افزایش طول ریشه موجب جذب بیشتر عناصر غذایی مفید از خاک می‌گردد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات رای و همکاران (۳۸)، دروج و همکاران (۱۳)، داس و همکاران (۹)، دولت آبادی و همکاران (۱۰ و۱۱) و رشمی و همکاران (۳۷) در زمینه تاثیر معنی‌دار

قارچ *P. indica* بر افزایش طول ریشه گیاهان تلقیح شده با قارچ نسبت به گیاهان شاهد، مطابقت داشت.

بررسی تاثیر قارچ بر وزن تر ریشه

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۳)، تیمار۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۶/۷۱ درصد افزایش وزن تر ریشه نسبت به گیاهان شاهد بیشترین و تیمار۱ کمترین تاثیر را بر وزن تر ریشه گیاه توت‌فرنگی داشتند، همچنین تیمارهای ۳۳۰، ۲۵۰ و۱۶۰ اسپور در میلی لیتر به ترتیب با ۷۶/۷۱، ۵۲ و ۲۸/۸۴ درصد افزایش وزن‌تر ریشه نسبت به گیاهان شاهد، با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند. بین تیمارهای ۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر نیز تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده گردید، در حالی که بین تیمارهای شاهد و تیمار ۸۰ اسپور در میلی‌لیتر تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد.

بررسی تاثیر قارچ وزن خشک ریشه

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۳)، تیمار۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۵/۵۲ درصد افزایش وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد بیشترین تاثیر را بر وزن خشک ریشه گیاه توت فرنگی داشت. همچنین تیمارهای ۳۳۰ و ۲۵۰ به ترتیب با ۷۵/۵۲ و ۴۰/۰۳ درصد افزایش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد، با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشتند، در حالی که بین تیمارهای شاهد، تیمار۸۰ ، ۱۶۰ اسپور در متفاوت معنی-داری درسطح ۵ درصد مشاهده نشد.

مقایسه میانگین‌داده‌ها نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت قارچ *P. indica* بر وزن تر و خشک ریشه گیاه می‌باشد بطوریکه در نتیجه عمل مایه‌زنی، وزن‌تر ریشه گیاهان تلقیح شده با تیمارهای۱۶۰، ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر (بخصوص تیمار ۳۳۰ اسپور در میلی لیتر با ۷۶/۷۱ درصد افزایش) و وزن خشک ریشه تیمارهای ۲۵۰ و ۳۳۰ اسپور میلی لیتر به ترتیب با ۴۰/۰۳ و ۷۵/۵۲ درصد افزایش نسبت به سایر تیمارها افزایش بیشتری پیدا کرد. علت افزایش وزن تر و خشک ریشه در گیاه مایه‌زنی با قارچ را می‌توان نتیجه افزایش میزان هورمون اکسین توسط قارچ در غلظت‌های بالا دانست که افزایش این هورمون منجر به افزایش رشد ریشه و سطح تماس با خاک و همچنین افزایش جذب و انتقال آب و عناصر غذایی ضروری به گیاه می‌گردد. دولت‌آبادی و همکاران (۱۰) تأثیر غلظت‌های مختلف اکسین و قارچ *P. indica* روی رشد و نمو نعناع فلفلی و آویشن در شرایط کشت بافت مورد بررسی قرار دادند. وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در گیاهان تلقیح شده با قارچ به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. در مطالعاتی بارازانی و همکاران (۲)، تاثیر قارچ شبه میکوریز *P. indica* بر روی عملکرد گیاه توتون (*Nicotiana attenuate* L.) بررسی گردید. مایه‌کوبی گیاه با این قارچ باعث افزایش درصد جوانه زنی بذور و میزان رشد و عملکرد گیاه نسبت به گیاهان شاهد شد، همچنین وزن خشک و تر ریشه در گیاهان تلقیح شده با قارچ نسبت به شاهد بیشتر بود. همچنین نتایج این تحقیق با تحقیقات، ساتسان و همکاران (۴۰)، مورفی و همکاران (۲۹)، گوزال و همکاران (۱۹)، حسینی و همکاران (۲۳)، سان و همکاران (۴۶) و فرانکن (۱۷)، مطابقت داشت.

سپاسگزاری

از گروه بیماری شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران بخصوص استاد راهنما جناب اقای دکتر ابراهیم محمدی گل تپه و مدیر گروه محترم جناب آقای دکتر ناصر صفایی به خاطر فراهم نمودن تسهیلات لازم جهت انجام این پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Arzani A., Mobheli M., and Nahchiri A. 2007. Hydroponic Culture. Isfahan University of Technology Press, 210 pp, Iran.
2- Barazani O., Benderoth M., Groten K., Kuhlemeier C., and Baldwin I.T. 2005. *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* increase growth performance at the expense of herbivore resistance in *Nicotiana attenuata*. Oecologia, 146: 234–243.
3- Bohme M. 1993. Effects of hydroponics on the development of cucumber growing in ecologically suitable substrates. International Symposium on New Cultivation Systems in Greenhouse, 361: 133-140.
4- Bonfante P. and Perotto S. 1995. Strategies of arbuscular mycorrhizal fungi when infecting host plants. New phytology, 130: 3-21.
5- Butehorn B., Rhody D., and Franken, P. 2000. Isolation and characterisation of Pitef1 encoding the translation elongation factor EF-1α of the root Endophyte *Piriformospora indica*. Plant Biology, 2:687–692.
6- Bould C. 1964. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. sand culture N, P, K, Mg experiments with strawberry (Fragaria spp.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 15: 474-487.
7- Carrasco B., Garcés M., Rojas P., Saud G., Herrera R., Retamales J.B., and Caligari P.D. 2007. The Chilean

strawberry [Fragaria chiloensis (L.) Duch.]: genetic diversity and structure. Journal of the American Society for Horticultural Science, 132(4): 501-506.
8- Das A., Kamal S., Shakil Najam A., Sherameti I., Oelmuller R., Dua M., Tuteja N., Johri Atul K., and Varma A. 2012 .The root endophyte fungus *Piriformospora indica* leads to early flowering, higher biomass and altered secondary metabolites of the medicinal plant, *Coleus forskohlii*. Plant Signaling & Behavior, 7: 1–10.
9- Das A., Tripathi S., and Varma A. 2014. *In vitro* plant development and root colonization of *Coleus forskohlii* by *Piriformospora indica*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 30(3): 1075-1084.
10- Dolatabadi H.K., Goltapeh E.M., Moieni A., and Varma A. 2010. Effect of different concentrations of auxin and *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on *Mentha piperita* and *Thymus vulgaris in vitro* and in vivo experiments. Journal of Medicinal Plants, 2 (9): 14-22.
11- Dolatabadi H.K., Goltapeh E.M., Moieni A., Jaimand K., Sardrood B.P., and Varma A. 2011. Effect of *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on plant growth and essential oil yield in *Thymus vulgaris* in vitro and in vivo experiments. Symbiosis, 53:29–35.
12- Dolatabadi H., and Goltapeh E.M. 2013. Effect of inoculation with *piriformospora indica* and *sebacina vermifera* on growth of selected brassicaceae plants under greenhouse conditions. Journal of Horticultural Research, 21(2): 115-124.
13- Druge U., Baltruschat H., and Franken P. 2007. *Piriformospora indica* promotes adventitious root formation in cuttings. Science Horticulture, 112: 422–426.
14- Fakhro A., Andrade-Linares D.R., Bargen S., Bandte M., Buttner C., Grosch R., Schwarz D., and Franlen P. 2010. Impact of *Piriformospora indica* on tomato growth and on interaction with fungal and viral pathogens. Mycorrhiza, 20: 191–200.
15- FAO F. 2011.Agricultural Organization. FAOSTAT (http://faostat. fao. org/site/567/DesktopDefault. aspx.
16- Franken P., Requena N., Butehorn B., Krajinski F., Kuhn G., Lapopin L., and Stommel M. 2000. Molecular analysis of the arbuscular mycorrhiza symbiosis. Archives of Agronomy and Soil Science, 45(4): 271-286.
17- Franken P. 2012. The plant strengthening root endophyte *Piriformospora indica*: potential application and the biology behind. Applied Microbiology & Biotechnology, 96:1455-1464.
18- Ghimire S. R., Charlton N.D., and Craven K.D. 2009. The Mycorrhizal Fungus, *Sebacina vermifera*, Enhances Seed Germination and Biomass Production in Switchgrass (*Panicum virgatum* L). Bioenergy Research, 2:51–58.
19- Gosal S.K., Karlupia A., Gosal S.S., Chhibba I.M., and Varma A. 2010. Biotization with *Piriformospora indica* and *Pseudomonas fluorescens* improves survival rate, nutrient acquisition, field performance and saponin content of micropropagated *Chlorophytum* sp. Indian Journal of Biotechnology, 9: 289–297.
20- Gerdmann J.W., and Nicolson T.H. 1963. Spore of mycorrhizal Engogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society, 46: 235-244.
21- Haynes R.J., and Goh K.M. 1987. Effects of nitrogen and potassium applications on strawberry growth, yield and quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 18: 457-471.
22- Hill T.W., and Kafer E. 2001. Improwed protocols for aspergillus medium: trace elements and minimum medium salt stock solutions. Fungal Genetic News Letter, 48: 20-21.
23- Husaini A.M., Abdin M.Z., Khan S., Xu Y.W., Aquil S., and Anis M. 2012. Modifying strawberry for better adaptability to adverse impact of climate change. Current Science, 102:1660–1673.
24- Kafer E. 1977. Meiotic and mitotic recombination in *Aspergillus* and its chromosomal aberrations. Advances in Genetic, 19: 33-131.
25- Kapoor R., Giri B., and Mukerji K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. BioresourceTechnology, 93: 307- 311.
26- Kirch H.H., Vera-Estrella R., Golldack D., Quigley F., Michalowski C.B., Barkla B.J., and Bohnert H.J. 2000. Expression of water channel proteins in *Mesembryanthemum rystallinum*. Plant Physiology, 123: 111- 124.
27- Kumari R., Kishan H., Bhoon Y.K., and Varma A. 2003. Colonization of cruciferous plants by *Piriformospora indica*. Current Science, 85:1672–1674.
28- Malla R., Prasad R., Kumari R., Giang P. H., Pokharel U., Oelmüller R., and Varma A. 2004. Phosphorus solubilizing symbiotic fungus: *Piriformospora indica*. Journal of Endocytobiosis and Cell Research, 15:579-600.
29- Murphy B.R., Doohan F.M., and Hodkinson T.R. 2014. Yield increase induced by the fungal root endophyte *Piriformospora indica* in barley grown at low temperature is nutrient limited. Symbiosis, 62(1): 29-39.
30- Neocleous D., and Vasilakakis M. 2010. Effects of cultivars and substrates on soilless strawberry production in *Cyprus* p. 435-440. In 28th International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 926, Lisbon, Portugal.
31- Oelmuller R., Shahollari B., Peskan-Berghofer T., Trebicka A., Giong P.H., Sherameti I., Oudhoff M., Venus Y., Altschmied L., and Varma A. 2004. Molecular analyses of the interaction between Arabidopsis roots and the growth-promoting fungus *Piriformospora indica*. Journal of Endocytobiosis and Cell Research, 15: 504-17.
32- Peskan-Berghofer T., Shahollari B., Giong P.H., Hehl S., Markert C., and Blanke V. 2004. Association of *Piriformospora indica* with *Arabidopsis thaliana* roots represents a novel system to study beneficial plant-

microbe interactions and involves early plant protein modifications in the endoplasmatic reticulum and at the plasma membrane. Plant Physiology, 122:465–77.

33- Prajapati K., Yami K.D., and Singh A. 2008. Plant growth promotional effect of *Azotobacter chroococcum*, *Piriformospora indica* and vermicompost on rice plant. Nepal Journal of Science and Technology, 9: 85-90.

34- Pham H.G., Kumari R., Singh A., Malla R., Prasad R., Sachdev M., Kaldorf M., Buscot F., Oelmueller R., Hampp, R., Saxena A.K., Rexer K.H., Kost G., and Varma A. 2004. Axenic culture of symbiotic fungus *Piriformospora indica*. p. 593-613. In: Plant surface microbiology (Varma, A., Abbott, L.K., Werner, D., Hampp, R., eds) Springer –Heidelberg, Berlin.

35- Phillip J. M., and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and VAM fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55: 158–161.

36- Qiang X., Weiss M., Kogel K.H. and Schafer P. 2012. *Piriformospora indica*—a mutualistic basidiomycete with an exceptionally large plant host range. Molecular plant Pathology, 13(5): 508-518.

37- Rashmi K., Latha J.N.L., Sowjanya T.N., Kirannayi P., Rao M.V., Menon C., and Mohan P.M. 2003. Colonization of cruciferous plants by *Piriformospora indica*. Current Science, 85(12): 1672.

38- Rai M., Acharya D., Singh, A., and Varma A. 2001. Positive growth responses of the medicinal plants *Spilanthes calva* and *Withania somnifera* to inoculation by *Piriformospora indica* in a field trial. Mycorrhiza, 11(3): 123-128.

39- Rai M., and Varma, A. 2005. Arbuscular mycorrhiza-like biotechnological potential of *Piriformospora indica*, which promotes the growth of *Adhatoda vasica* Nees. Electronic Journal of Biotechnology, 8(1): 1-6.

40- Satheesan J., Narayanan A. K. and Sakunthala M. 2012. Induction of root colonization by *Piriformospora indica* leads to enhanced asiaticoside production in Centella asiatica. Mycorrhiza, 22:195–202.

41- Sahay N.S., and Varma A. 1999. *Piriformospora indica*: a new biological hardening tool for micropropagated plants. FEMS Microbiology Letters, 181: 297–302.

42- Schafer P., Pfiffi S., Voll L.M., Zajic D., Chandler P.M., Waller F., Scholz U., Pons-Kuhnemann J., Sonnewald S., Sonnewald, U., and Kogel K.H. 2009. Manipulation of plant innate immunity and gibberellin as factor of compatibility in the mutualistic association of barley roots with *Piriformospora indica*. Plant Journal, 59:461–474.

43- Serfling A., Wirsel S.G., Lind V., and Deising H.B. 2007. Performance of the biocontrol fungus *Piriformospora indica* on wheat under greenhouse and field conditions. Phytopathology, 97: 523-531.

44- Shahollari B., Varma A., and Oelmuller R. 2005. Expression of a receptor kinase in Arabidopsis roots is stimulated by the basidiomycete *Piriformospora indica* and the protein accumulates in Triton X-100 insoluble plasma membrane microdomains. Journal of Plant Physiology, 162: 945-958.

45- Singh A., and Varma A. 2005. Functional and immune-characterization of Sebacinales fungi with a broad mycorrhizal potentials. Scientific World, 3(3): 53-61.

46- Sun C.A., Johnson J., Cai D.G., Sherameti I., Oelmuller R., and Lou B.G. 2010. *Piriformospora indica* confers drought tolerance in Chinese cabbage leaves by stimulating antioxidant enzymes, the expression of drought-related genes and the plastid-localized CAS protein. Journal Plant Physiology, 167:1009–1017.

47- Verma S., Varma A., Rexer K.H., Hassel A., Kost G., Sarbhoy A., Bisen P., Butehorn B., Varma A., Sahay N.S., Butehorn B., & Franken P. 1998. *Piriformospora indica* a cultivable plant growth-promoting root endophyte. Applied and Environmental Microbiology, 65: 2741–2744.

48- Varma A., Verma S., Sudah S.N., and Franken P. 1999. *Piriformospora indica*, a cultivable plant growth-promoting root endophyte. Applied and Environmental Microbiology, 65:2741–2744.

49- Varma A., Bakshi M., Lou B., Hartmann A., and Oelmueller R. 2012. *Piriformospora indica*: A novel plant growth-promoting mycorrhizal fungus. Agricultural Research, 1:117-131.

50- Waller F., Mukherjee K., Deshmukh S.D., Achatz B., Sharma M., Schaefer P., and Kogel K.H. 2008. Systemic and local modulation of plant responses by *Piriformospora indica* and related Sebacinales species. Journal Plant Physiology, 165:60–70.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 239-249
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۴۹-۲۳۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Endophytic Fungi *Pirifomospora indica* on Flowering and Root Growth Parameters of Strawberry in Hydroponic Culture

H.R. Rahmani[1]-E. Mohammadi Goltapeh[2]*

Received: 03-09-2016
Accepted: 27-06-2017

Introduction: Strawberry as an herbaceous perennial plant, belongs to the Rosaceae family, which is considered as an important plant, due to having various types of vitamins such as C, A, B6, E. Nowadays, the excessive use of chemical fertilizers instrawberry productionin order to increase yields, has resulted in environmental pollution and dangers on the health of consumers. Microbial endophytes are considered as the most important soil microorganisms with genetic, physiological and ecological impacts in their host plants, increasing the yield. Pirifomosporaindica is a member of Basidiomycetes in order Sebacinales.The fungus is easily cultivable, lacks host specificity and colonizes roots of many different plants, mostly in an endophytic fashion. It interacts with a wide range of hosts, including bryophytes, pteridophytes, gymnosperms and a large number of mono- and dicot plants. The fungus grows inter- and intracellularly, forms pearshaped, auto fluorescent chlamydospores within the cortex of the colonized roots and in the rhizosphere zone, but it does not invade the endodermis and the aerial parts of the plants. The fungus promotes nutrient uptake, allows plants to survive under water, temperature and salt stresses, and confers systemic resistance to toxins, heavy metal ions, insects and pathogenic organisms. In this study,the effectson the flowering and root growth parameters of strawberry in hydroponic culture was examined in a completely randomized design with 28 replicationsundergreenhouse condition of Faculty of Agriculture,TarbiatModarres University.

Materials and Methods: This research was conducted in the greenhouse of faculty of agriculture TarbiatModarres University.Fungi used in this study was prepared of fungi collection of the Department of Pathology, University of TarbiatModarres. Endophytic fungus roots was cultured in solid medium Kafer.For this study, 140 strawberry runners were prepared and then put them in a pots with diameter of 25 and height of 30 cm was cultivated in perlite and cocopeat.Two weeks afterestablishment roots, concentrations, 0 (control), 80, 160, 250 and 330 spores/ml of endophytic fungus P. indica was inoculated by injecting around roots of strawberry plants. Temperature and humidity conditions needed for fungal growth were provided in the strawberry's greenhouse and were irrigated with a nutrient solution three times per day. Eight month after fungal inoculation flowering content was measured for all pots. One week after the last harvest length, Fresh and dry weight roots were measured. Data is transferred to excel software and then analyzed using SAS 9.1 software and comparison of means using Duncan test was conducted.

Results and Discussion: Analysis of variance showed that among treatments there is significant difference on growth parameters of strawberryplants ($P < 0.01$),soby increasing concentration of fungi increased growth parameters and this indicate the positive impact of the endophytic fungus onthe growth parameters of strawberry plant is inoculated with the fungus than the control plants. Results showed that the maximum and minimum effects of fungal on growth parameters related to 330 sp/ml and control treatments, respectively. flowering content showed 37 and 18.53 percent increase respectively under 330 and 250 spores/ml compared to control which can be related to absorb more nutrient elements, especially phosphorus and biomass of strawberry plants. Root dry (76.71 and 52 percent) and fresh (75.52 and 40 percent) weights were increased under 330 and 250 spores/ml treatment compared to control and were significantly different with other treatments ($P < 0.05$), while there was no significant difference among control, 80 and 160 spores/ml treatments. Regarding to root length, 330, 250 and 160 spores/ml treatments resulted in 72, 37 and 14.33 percent increase respectively compared to control and showed a significant difference with other treatments. In this respect, it can be stated that P. indica at high concentrations due to the increase production of auxin that increased the root length, root dry and fresh weight is inoculated plants compared to control that increase root growth parameters which cause absorb more nutrient elements from soil.

1 and 2- Msc and Professor of Plant Pathology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University
(*-Corrsponding Author Email: emgoltapeh@modares.ac.ir)

Conclusions: It can be concluded that high concentrations of the fungus P. indica can increase physiological characteristics (the flowering, root length and dry weight and fresh weight) of strawberry plants. and thus it has a positive effect on plant growth and yield.

Keywords: Endomycorrhiza, Greenhouse Strawberry, Soilless culture