تأثیر قارچ میکوریزایی *Glomus* sp. بر رشد و بیماری پوسیدگی ریشه دانهال‌های پسته ناشی از *Fusarium solani* در شرایط گلخانه‌ای

فهیمه سلاجقه تذرجی، مهدی سرچشمه‌پور[1] و حمید محمدی

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ **fahimeh.salajegheh@yahoo.com**

استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ **msarcheshmeh@uk.ac.ir**

استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ **hmohammadi@uk.ac.ir**

دریافت: **92/12/7** و پذیرش: **93/6/10**

چکیده

در این تحقیق تأثیر قارچ میکوریز *Glomus* sp. بر رشد و بیماری پوسیدگی ریشه دانهال‌های پسته ناشی از دو جدایه قارچ *Fusarium solani* در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با 6 تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح میکوریز (عدم تلقیح (M0) و تلقیح با *Glomus* (M1)) و دو سطح قارچ بیمارگر فوزاریم (جدایه 1(F1) و 2 (F2) و شاهد (F0) بودند. نتایج نشان داد که اثرات اصلی میکوریز گلوموس و جدایه‌های فوزاریوم بر کلیه شاخص‌های رشدی مورد ارزیابی در سطح 1% معنی‌دار است. اثرات متقابل تیمارها بر شاخص‌های ارتفاع ساقه ، وزن خشک ریشه، سطح برگ، حجم ریشه و درصد کلنیزاسیون ریشه توسط میکوریز در سطح 1% و بر شاخص‌های وزن تر و خشک ساقه در سطح 5% معنی‌دار بود. مایه‌زنی دانهال‌ها با جدایه‌های فوزاریم F1 و F2، میزان پوسیدگی ریشه را نسبت به شاهد (F0) افزایش داد. تلقیح گیاهچه‌های پسته با *Glomus* sp.، درصد کلنیزاسیون ریشه توسط جدایه‌های بیمارگر را به ترتیب 26/6 و 43/7 درصد کاهش داد. بر اساس نتایج به دست آمده استفاده از قارچ میکوریزی *Glomus* sp. می‌تواند بیماری پوسیدگی ریشه را کاهش داده و پارامترهای مختلف رشد در گیاهچه‌های پسته را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: پسته، کلنیزاسیون ریشه، میکوریز، *Fusarium solani*

---

[1] نویسنده مسئول، آدرس: کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی علوم خاک

مقدمه

تاکنون بیماری‌های مختلفی شامل پژمردگی و رتیسیلیومی، پوسیدگی رایزوکتونیایی طوقه و ریشه و گموز پسته در اثر گونه‌های مختلف *Phytophthora* بر روی پسته مورد مطالعه قرار گرفته است (فریورمهین، 1370؛ استاپلتو و همکاران، 1996؛ ارشاد، 1971). اخیراً پوسیدگی ریشه فوزاریومی ریشه نهال‌های پسته در اثر *Fusarium solani* در استان کرمان به عنوان یکی از مهمترین بیماری‌های ریشه در نهالستان‌های این استان مورد بررسی قرار گرفته است (سلاجقه تذرجی، 1392). طی مطالعه‌ای که در سال 2011 در کشور تونس انجام شد، قارچ *F. solani* به عنوان عامل اصلی پوسیدگی ریشه درختان و نهال‌های پسته معرفی گردید و این گونه بیماری‌زا از درختان و نهال‌های بیمار با علائم پژمردگی و سرخشکیدگی جداسازی و گزارش شد (تریکی و همکاران، 2011). در سال‌های اخیر کنترل بیولوژیک بیماری‌های قارچی و باکتریایی با استفاده از میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست مطرح و مورد توجه بیشتری واقع شده است. این میکروارگانیسم‌ها که در ناحیه ریزوسفر گیاه زندگی می‌کنند، اولین پل دفاعی ریشه علیه بیمارگرهای خاکزی و گزینه مناسبی برای استفاده در روش‌های کنترل بیولوژیکی می‌باشند (ولر، 1988).

قارچ‌های میکوریز از جمله میکروارگانیسم‌های موفق در زمینه کنترل بیولوژیک و از عوامل تأثیرگذار بر کاهش شدت بروز بیماری‌های پوسیدگی ریشه می‌باشند که به دلیل رقابت با عامل بیماری برای اشغال ریشه و افزایش شاخص‌های رشدی، اثرات مخرب ناشی از بیماری را کاهش می‌دهند. بر اساس گزارش آزکن و بارئا (1996)، رقابت برای کلنیزاسیون ریشه در گیاهان، آنتی بیوز مستقیم و فعال شدن واکنش‌های دفاعی گیاه از جمله ساز و کارهای مؤثر در کنترل بیولوژیک بیماری‌ها توسط قارچ‌های میکوریز داخلی می‌باشند. کلنیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ‌های میکوریز داخلی باعث ایجاد تغییرات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی در بافت‌های میزبان می‌شود که تحریک و فعال شدن مسیر فنیل پروپانوئید و تولید ترکیبات فنلی و ایزوفلاونوئیدها (هریسون و دیکسون، 1993؛ مراندی، 1996)، تغییر در محتویات آمینواسیدهای آزاد (گیووانتی و همکاران، 1991)، فعال شدن ژن‌های سیستم دفاعی و افزایش فعالیت هیدرولازها (دوماس و همکاران، 1996)، افزایش استحکام دیواره سلول‌ها با رسوب کالوز و پروتئین‌های غیر استری و نیز لیگنینی و سوبرینی شدن دیواره سلول‌ها (کردیر و همکاران، 1998) و تغییر جمعیت میکروبی خاک به خصوص در ناحیه میکوریزوسفر (گرین و همکاران، 1999) از مهمترین آن‌ها می‌باشند. مطالعه فیلیئون و همکاران (2003) نشان داد که مایه‌زنی گیاه لوبیا با *Glomus intraradices* باعث کاهش علائم پوسیدگی ریشه در اثر *F. solani* می‌شود. هوانگ و همکاران (1992) نیز بیان کردند مایه‌زنی گیاه یونجه با سه گونه از *Glomus* باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه، کاهش میزان زادمایه و بیماری ایجاد شده توسط دو گونه *Verticillium albo-atrum* و *F. oxysporum* f.sp. *medicagenis* در این گیاه می‌شود. تا به حال در ارتباط با کنترل بیولوژیکی بیماری‌های پوسیدگی ریشه نهال‌های پسته کار جامعی در کل جهان صورت نگرفته است. نقش بیماری‌های پوسیدگی ریشه در تولید نهال و باغ سالم و اهمیت کنترل بیولوژیک این بیماری‌ها توسط قارچ میکوریز و نقش آن‌ها در بهبود رشد و کاهش خسارت به گیاه نیز کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق تأثیر مایه‌زنی دانهال‌های پسته با قارچ میکوریز و عامل بیمارگر *Fusarium solani* و اثرات متقابل آن‌ها بر شدت خسارت عامل بیماری و شاخص‌های رشدی اندام هوایی و ریشه مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق تأثیر مایه‌زنی قارچ میکوریز (*Glomus* sp.) و دو جدایه *Fusarium solani* بر شدت بیماری پوسیدگی ریشه و خصوصیات رشدی دانهال پسته رقم بادامی ریز زرندی مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش شامل دو سطح میکوریز *Glomus* sp. (شاهد=M0 و تلقیح با میکوریز=M1) و سه سطح جدایه قارچ (شاهد=F0، جدایه اول قارچ با اسپوردکیوم آبی‌رنگ=F1 و جدایه دوم قارچ با اسپوردکیوم کرم‌رنگ=F2) بود که به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با 6 تکرار اجرا گردید. آزمایش در مجموع شامل 36 واحد آزمایشی بود که طی یک کشت گلخانه‌ای به مدت 6 ماه اجرا گردید.

انتخاب جدایه‌های قارچ میکوریز و عامل بیماری

جدایه برتر میکوریز مورد استفاده در این تحقیق از طریق غربالگری ایزوله‌های جداسازی شده از نهالستان-های پسته استان کرمان طی یک آزمایش گلخانه‌ای انتخاب گردید، بدین منظور ابتدا ریشه‌های پسته متعددی از نهالستان‌های پسته استان جمع‌آوری و درصد همزیستی میکوریزی آن‌ها تعیین شد. سپس 5 نمونه با درصد کلنیزاسیون بالا انتخاب و مجدداً روی گیاه سورگوم و پسته کشت گردید و در نهایت جدایه با درصد کلنیزاسیون بالا روی هر دو گیاه برای کشت اصلی انتخاب گردید. همچنین در مورد جدایه‌های عامل بیماری نیز از جدایه-هایی استفاده شد که از نهال‌های پسته با علائم پوسیدگی

ریشه و طوقه جداسازی شده بودند و بیماریزایی آن‌ها طی یک بررسی اولیه مورد مطالعه و تأیید قرار گرفت. شناسایی گونه *Fusarium solani* بر اساس کلید شناسایی بورگس و همکاران (1994) انجام شد. بر اساس کلید ذکر شده خصوصیات مختلفی مانند تولید اسپورودوکیوم و رنگ آن (بر روی ساقه‌های استریل شده گندم و یونجه و بعد از حدود 30 روز بر روی محیط کشت PDA)، شکل، تعداد سلول و اندازه ماکروکنیدیوم‌ها، شکل، تعداد سلول و اندازه میکروکنیدیوم‌ها، اندازه کنیدیوفورها (کنیدیوفورهای بلند و باریک) و بررسی سرهای دروغین، شکل ظاهری پرگنه و رنگ رو و زیر پرگنه‌ها روی محیط کشت PDA مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت بر اساس میزان بیماریزایی جدایه‌ها، 2 جدایه با اسپوردکیوم آبی و کرم رنگ که بیشترین بیماریزایی را نشان داده بودند، برای این تحقیق انتخاب و کارهای تکمیلی روی آن‌ها انجام شد (سلاجقه تذرجی، 1392).

تهیه زادمایه قارچ میکوریز و عامل بیمارگر

جهت تکثیر جدایه برتر قارچ میکوریز از سورگوم به عنوان گیاه عمومی تکثیرکننده قارچ میکوریز استفاده شد (سیمپسون و دفت، 1990). بدین منظور ریشه پسته دارای درصد آلودگی بالا با جدایه قارچ میکوریز (سلاجقه تذرجی، 1392) در لابه‌لای خاک گلدان‌ها ریخته شد و سپس بذور جوانه زده سورگوم در گلدان‌ها کشت گردید. پس از گذشت 30 روز که درصد کلنیزاسیون ریشه‌های سورگوم به 70 درصد رسید، مجموعه ریشه و خاک اطراف آن‌ها به خوبی با یکدیگر مخلوط و به عنوان مایه تلقیح قارچ میکوریز مورد استفاده قرار گرفت. جهت تهیه سوسپانسیون اسپور از قارچ *F. solani*، ابتدا یک قرص میسیلیومی (به قطر پنج میلی-متر) از حاشیه کشت هفت روزه قارچ به چندین تشتک پتری حاوی محیط کشت PDA (عصاره سیب زمینی-آگار) منتقل و به مدت 7 روز در دمای 25 درجه سانتی-گراد نگهداری گردید. سپس 10 میلی‌لیتر آب مقطر استریل به هر تشتک پتری اضافه گردید و سطح پرگنه‌ها با یک میله L شکل سترون کاملاً خراش داده شد تا سوسپانسیونی از اسپورها و ریسه‌های قارچ به دست آید. سوسپانسیون اسپور به دست آمده از پارچه ململ عبور داده شد و با استفاده از هموسایتومتر سوسپانسیون اسپوری به غلظت $10^6 \times 1$ اسپور در میلی‌لیتر تهیه گردید.

کشت گلخانه‌ای

در این مرحله از گلدان‌های حاوی 5 کیلوگرم مخلوط خاک و ماسه شسته سترون شده توسط اتوکلاو در دمای 121 درجه سانتی‌گراد و به مدت زمان 20 دقیقه (به نسبت 1:2) استفاده شد و 200 گرم زادمایه قارچ میکوریز جنس *Glomus* sp. (10 عدد اسپور در هر گرم خاک) در لابه‌لای خاک استریل گلدان تیمارهای مورد نظر ریخته شد. سپس تعداد 8 بذر جوانه‌دار شده پسته در هر گلدان کاشته شد و بعد از اطمینان از سبز شدن بذور، در هر گلدان چهار گیاهچه یکسان نگه داشته شد و بقیه گیاهچه‌ها حذف گردیدند. گلدان‌ها به مدت 6 ماه در شرایط گلخانه با حداکثر دمای 2 ± 30 و حداقل دمای 2 ± 20 درجه سانتی‌گراد نگهداری و با روش وزنی تا حدود ظرفیت مزرعه (80% FC) آبیاری شدند.

مایه‌زنی دانهال‌های پسته با عامل بیماری

مایه‌زنی گیاهان پسته با جدایه‌های فوزاریوم، چهار هفته پس از زمان کاشت و پس از اطمینان از کلنیزه شدن ریشه‌ها توسط قارچ میکوریز انجام شد. برای عمل مایه‌زنی مقداری از خاک اطراف هر بوته کنار زده شد و مقدار 9 میلی‌لیتر از سوسپانسیون اسپور تهیه شده با غلظت $10^6 \times 1$ اسپور در میلی‌لیتر در کنار طوقه هر گیاه ریخته شد. برای گیاهان شاهد از 9 میلی‌لیتر آب مقطر استریل استفاده گردید.

برداشت گیاهان و اندازه‌گیری صفات مورد نظر

پس از اتمام دوره رشد (چهارده هفته)، گیاهان برداشت و شاخص‌های طول ساقه و ریشه، وزن تر و خشک ساقه و وزن خشک ریشه، حجم ریشه، سطح و تعداد برگ، درصد کلنیزاسیون ریشه توسط میکوریز و عامل بیماری و شاخص بیماری بر روی بخش‌های هوایی و ریشه گیاهان اندازه‌گیری گردید. بدین منظور ابتدا ساقه گیاهان از محل طوقه جدا و سپس طول آن‌ها با خط‌کش از ناحیه طوقه تا قسمت نوک ساقه‌ها اندازه‌گیری شد. طول ریشه نیز از محل طوقه تا انتهای ریشه اصلی اندازه-گیری شد. ارزیابی حجم ریشه و شاخص سطح برگ به ترتیب طبق روش علیزاده (علیزاده، 1999) و فاگاریا (فاگاریا، 2005) انجام شد. وزن تر اندام هوایی و سپس وزن خشک ریشه و اندام هوایی بعد از قرار دادن آنها به طور جداگانه درون پاکت‌های کاغذی به مدت 48 ساعت در آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. جهت تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه توسط میکوریز، ابتدا مقدار یک گرم ریشه توزین و به درون لوله آزمایش حاوی هیدروکسید پتاسیم 10% منتقل و سپس به مدت 4 ساعت در حمام آب گرم با دمای 90 درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد تا رنگ‌بری شوند. سپس رنگ‌آمیزی ریشه‌ها به مدت 15 دقیقه با محلول رنگی تری پن بلو انجام و رنگ اضافی با آب مقطر شسته شد (فیلیپس و هایمن، 1970). قطعات ریشه رنگ‌آمیزی شده روی پتری-

دیش که در زیر آن کاغذ میلیمتری قرار داده شده بود، به طور تصادفی پخش شدند. سپس در زیر میکروسکوپ تشریحی نقاط برخورد ریشه با خطوط اصلی کاغذ و نیز تعداد نقاط برخوردی دارای آغشتگی شمارش شد و نسبت این نقاط آغشته به کل نقاط برخورد بر حسب درصد محاسبه و درصد کلنیزاسیون میکوریزی تعیین گردید (راجاپاکز و همکاران، 1992). جهت انجام آزمون کخ، جدایه‌های مایه‌زنی شده مجدداً از ریشه گیاهان مایه‌زنی شده جداسازی و شناسایی شدند (بورگس و همکاران، 1994). برای ارزیابی شاخص بیماری بر روی ریشه و بخش‌های هوایی، از مقیاس 6 درجه‌ای (0-5) پیشنهاد شده توسط کرافت و کالسر (1993) و کرافت و همکاران (1994) استفاده گردید. مقیاس 6 درجه‌ای (0-5) پیشنهاد شده به ترتیب زیر است:

0- سالم (بدون آسیب)، 1- آسیب ضعیف (10-1%)، 2- آسیب متوسط (25-10%)، 3- آسیب نسبتاً قوی (50-26%)، 4- آسیب قوی (75-51%)، 5- آسیب بسیار قوی که موجب تخریب کل گیاه می‌شود (100-76%). داده‌های بدست آمده با به کارگیری فرمول $D1= 4\times d + 5\times e /n)$ $1\times a + 2\times b + 3\times c +$ به عنوان شاخص شدت بیماری محاسبه شدند که در آن D1 به عنوان شاخص شدت بیماری و حروف a تا e به عنوان درجه آسیب در نظر گرفته می‌شوند. در پایان داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شاخص‌های ارتفاع ساقه و ریشه، وزن تر و خشک ساقه و وزن خشک ریشه، حجم ریشه، سطح برگ و درصد کلنیزاسیون ریشه توسط میکوریز و عامل بیمارگر با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال α=%5 انجام گردید.

نتایج و بحث

شدت بیماری بر روی بخش‌های هوایی و ریشه

نتایج این تحقیق نشان داد که مایه‌زنی گیاهان با عامل بیمارگر به تدریج باعث بروز علائم بیماری می‌شود. مایه‌زنی گیاه با قارچ میکوریز باعث شد تا میزان علائم بیماری و آسیب ناشی از قارچ فوزاریوم به میزان قابل توجهی کاهش یابد. شاخص بیماری در تیمارهای F1M0 و F2M0 بر روی بخش‌های هوایی به ترتیب 1/2 و 1/75 و بر روی ریشه به ترتیب 1/2 و 1/625 ارزیابی شد (جدول 1). بر اساس نتایج به دست آمده میزان شدت بیماری جدایه F2 بر روی ریشه و اندام هوایی بیشتر از جدایه F1 بود (جدول 1). مطالعات نشان می‌دهند که کلنیزه شدن ریشه‌های گوجه‌فرنگی با دو قارچ میکوریزی *G. mosseae* و *G. intraradices* باعث بهبود وضعیت رشد و کاهش میزان پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه می‌شود. به نظر می‌رسد که تأثیر مثبت قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* بر کاهش پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه گوجه‌فرنگی ناشی از میزان فعالیت آنزیم‌های هیدرولایتیک مانند کیتینازها، کیتوزانازها، بتا - 1و 3 گلوکاناز و تجمع ترکیبات فنلی در بافت‌های ریشه است (پوزو و همکاران، 1998). مطالعات کارن و همکاران (1986) نیز کاهش میزان بافت مردگی ناشی از *F. oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* را در ریشه گیاهان گوجه‌فرنگی کلنیزه شده با *G. intraradices* نشان داد. بر اساس نتایج کردیر و همکاران (1998) کاهش 74 درصدی بافت مردگی ریشه‌های گوجه‌فرنگی ناشی از *Phytophthora parasitica* در حضور *G. mosseae* و نیز کاهش میزان وجود ریسه‌های بیمارگر در ریشه‌های میکوریزی تا 84 درصد گزارش گردید.

کلنیزاسیون ریشه توسط فوزاریوم

بررسی‌های این تحقیق نشان داد که دو جدایه بیمارگر *F. solani* به خوبی قادر به کلنیزه کردن ریشه گیاه پسته هستند و میزان کلنیزاسیون ریشه توسط دو جدایه F1 و F2 به ترتیب 50 و 53/3 درصد محاسبه گردید (جدول 1). اثرات متقابل قارچ میکوریز با *Fusarium* باعث کاهش درصد کلنیزاسیون ریشه‌ها توسط عامل بیمارگر شد. میزان کلنیزاسیون ریشه توسط فوزاریوم در تیمارهای F1M1 و F2M1 به ترتیب 26/6 و 43/71 درصد نسبت به شاهد این تیمارها بر اساس جداسازی مجدد کاهش یافت. گیووانتی و همکاران (1991) گزارش کردند که کاهش شدت پوسیدگی ریشه توتون و مرکبات توسط *Thielaviopsis basicola* در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ‌های آربسکولار میکوریز به علت جذب بیشتر و بهتر فسفر و سایر عناصر غذایی توسط این گیاهان می‌باشد.

نتایج حاصل از مایه‌زنی گیاه کتان با قارچ‌های آربسکولار میکوریز نیز حاکی از افزایش مقاومت میزبان به عامل بیماری *F. oxysporum* f.sp. *lini* است. در این مطالعه عواملی چون افزایش غلظت اکسین و ترکیبات شبه جیبرلین در اندام هوایی، افزایش تولید اتیلن در ریشه‌ها، تغییر در میزان و ترکیب استرول‌های آزاد در برگ‌ها، افزایش میزان تنفس و کاهش متیلاسیون DNA در گیاهان کتان میکوریزی از سازوکارهای بیوکنترل گزارش شده است (دوگاسا و همکاران، 1996). مطالعات پوزو و همکاران (1996) بر روی گوجه‌فرنگی و قارچ بیمارگر *Phytophthora incotianae* var. *parasitica* نشان داد که ریشه‌های گوجه‌فرنگی کلنیزه شده با *G. mosseae* با

وجود بیمارگر مذکور، دارای رشد بهتر و میزان بافت مردگی کمتری هستند. این گروه، فعالیت‌های آنزیمی (ایزوفرم‌های مختلف کیتیناز) را دلیل اصلی کنترل بیماری معرفی کردند. مطالعه دیویس و منگ (1980) بر روی بیماری پوسیدگی ریشه ناشی از *P. parasitica* در مرکبات نشان داد که استفاده از *G. fasciculatum*، درصد کلنیزه شدن ریشه‌ها توسط عامل بیماری را به دلیل رقابت قارچ میکوریز در کلنیزه کردن ریشه کاهش می‌دهد.

جدول 1- تأثیر متقابل میکوریز و جدایه‌های فوزاریوم بر شدت بیماری دانهال‌های پسته

	عدم تلقیح با میکوریز (M0)			تلقیح با میکوریز(M1)		
	شدت بیماری (بخش‌های هوایی)	شدت بیماری (ریشه)	درصد جداسازی مجدد (%)	شدت بیماری (بخش‌های هوایی)	شدت بیماری (ریشه)	درصد جداسازی مجدد (%)
شاهد (F0)	0	0	0	0	0	0
جدایه اول قارچ فوزاریوم (F1)	1/2	1/2	50	0	0	13/3
جدایه دوم قارچ فوزاریوم (F2)	1/75	1/62	53/3	0	0	23/3

ارتفاع ساقه و طول ریشه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی و متقابل میکوریز و عامل بیماری بر شاخص‌های ارتفاع ساقه و طول ریشه در سطح 1% معنی‌دار بودند (جدول 2 و 3). در گیاهان پسته مایه‌زنی شده با فوزاریوم، وجود قارچ میکوریزی (G + fus) به طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع ساقه و طول ریشه نسبت به گیاهان شاهد آلوده به بیمارگر شد ($p> 0/01$). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میانگین ارتفاع ساقه برابر 17/83 سانتی‌متر مربوط به تیمار F1M1 بود که با تیمار F0M1 دارای اختلاف معنی‌داری نبود ($p> 0/05$) (جدول 4). بیشترین میانگین طول ریشه (16/8 سانتی‌متر) مربوط به تیمار F2M1 و کمترین آن (7/69 سانتی‌متر) مربوط به تیمار F2M0 است و 218 درصد افزایش طول ریشه ناشی از تلقیح با میکوریز در تیمار F2 مشاهده شد (جدول 5). تروتا و همکاران (1996) نشان دادند که حضور قارچ میکوریز *G. mosseae* دارای اثر محافظتی علیه پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه گوجه‌فرنگی می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضر در مورد پوسیدگی فوزاریومی ریشه پسته مطابقت دارد. نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعه کاراگیاندیس و همکاران (2002) بر روی گوجه‌فرنگی و بادنجان با تیمارهای *G. mosseae* و *V. dahliae* نیز مطابقت دارد. نتایج ال-اسکر و راشاد (2010) نشان داد که ارتفاع ساقه در گیاهان میکوریزی مایه‌زنی شده با *F. solani* f.sp. *phaseoli* در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کاهش، ولی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی مایه‌زنی شده با بیمارگر مذکور به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر برخی شاخص‌های اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)				
		ارتفاع ساقه (cm)	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)	وزن تر ساقه (g)	وزن خشک ساقه (g)
میکوریز (*Glomus* sp.)	1	252**	330**	773**	128/63**	173/8**
عامل بیماری (*Fusarium solani*)	2	20/06**	11/75**	515**	158/06**	126/94**
میکوریز × عامل بیماری	2	18/56**	0/38n.s	263**	1/89*	2/27*
خطا	25	0/58	0/27	135	0/54	0/43
ضریب تغییرات C.V		5/22	3/81	5/67	6/52	10/47

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح 5 درصد، n.s غیر معنی‌دار

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر برخی شاخص‌های ریشه

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)			
		طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (g)	حجم ریشه (cm^3)	درصد کلنیزاسیون
میکوریز (*Glomus* sp.)	1	187**	147/62**	2450**	400**
عامل بیماری (*Fusarium solani*)	2	25/02**	181/41**	184/69**	334**
میکوریز × عامل بیماری	2	54/27**	37/61**	33/58**	334**
خطا	25	0/17	2/37	4/3	3/18
ضریب تغییرات C.V		3/08	12	6/77	5/34

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح 5 درصد

جدول 4- مقایسه میانگین اثرات متقابل جدایه‌های فوزاریوم و میکوریز بر ارتفاع ساقه (سانتی‌متر) دانهال‌های پسته در شرایط گلخانه

میکوریز	F0	F1	F2	میانگین
M0	14/70[c]	11/41[d]	9/83[e]	11/98[b]
M1	17/15[ab]	17/83[a]	16/85[b]	17/27[a]
میانگین	15/92[a]	14/62[b]	13/34[c]	14/63

اعداد با حروف انگلیسی مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشند (عدم تلقیح میکوریز=M0، تلقیح با میکوریز=M1، شاهد=F0، جدایه اول قارچ فوزاریوم=F1، جدایه دوم قارچ فوزاریوم=F2)

جدول 5- مقایسه میانگین اثرات متقابل جدایه‌های فوزاریوم و میکوریز بر طول ریشه (سانتی‌متر) دانهال‌های پسته در شرایط گلخانه

میکوریز	F0	F1	F2	میانگین
M0	14/79[c]	11/53[d]	7/69[e]	11/34[b]
M1	15/46[b]	15/43[b]	16/80[a]	15/89[a]
میانگین	15/12[a]	13/48[b]	12/24[c]	13/61

اعداد با حروف انگلیسی مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشند (عدم تلقیح میکوریز=M0، تلقیح با میکوریز=M1، شاهد=F0، جدایه اول قارچ فوزاریوم=F1، جدایه دوم قارچ فوزاریوم=F2)

وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه

مایه‌زنی گیاهان با قارچ میکوریز و عامل بیماری و اثرات متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های وزن تر و خشک ساقه در سطح 5% و بر وزن خشک ریشه در سطح 1% داشت (جداول 2 و 3). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک ساقه به ترتیب 17/51 و 12/61 (جداول 6 و 7) و بیشترین وزن خشک ریشه 19/7 گرم (جدول 8) مربوط به تیمار F0M1 می‌باشد. کمترین وزن تر ساقه با 6/45 گرم (جدول 6) و کمترین وزن خشک ساقه و ریشه به ترتیب 1/74 و 7/63 گرم (جدول 7 و 8) مربوط به تیمار F2M0 می‌باشد. الساید و فتاح (2000) نشان دادند که *G. mosseae* به طور معنی‌داری باعث افزایش وزن خشک ریشه و ساقه گیاهان بادام‌زمینی تلقیح شده نسبت به گیاهان شاهد و تیمارهای دیگر می‌شود. پوزو و همکاران (1999) گونه *G. mosseae* را در جلوگیری از کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گوجه‌فرنگی در حضور *P. parasitica* مؤثر دانستند. به طور کلی وجود *G. mosseae* در ریشه گوجه-فرنگی باعث تحریک فعالیت دو ایزوفرم اسیدی بتا 1 و 3 گلوکاناز می‌شود. به نظر می‌رسد که این آنزیم‌ها نقش مهمی در واکنش‌های دفاعی گیاهان علیه قارچ‌های بیمارگر نظیر گونه‌های فیتوفتورا با ترکیب اصلی دیواره سلولی متشکل از بتا 1 و 3 گلوکان دارند (کیم و هوانگ، 1997؛ یی و هوانگ، 1997).

جدول 6- مقایسه میانگین اثرات متقابل جدایه‌های فوزاریوم و میکوریز بر وزن تر ساقه (گرم) دانهال‌های پسته در شرایط گلخانه

میکوریز	F0	F1	F2	میانگین
M0	13/45[b]	8/51[d]	6/45[e]	9/47[b]
M1	17/51[a]	11/40[c]	10/85[c]	13/25[a]
میانگین	15/48[a]	9/95[b]	8/65[c]	11/36

اعداد با حروف انگلیسی مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشند (عدم تلقیح میکوریز=M0، تلقیح با میکوریز=M1، شاهد=F0، جدایه اول قارچ فوزاریوم=F1، جدایه دوم قارچ فوزاریوم=F2)

جدول 7- مقایسه میانگین اثرات متقابل جدایه‌های فوزاریوم و میکوریز بر وزن خشک ساقه (گرم) دانهال‌های پسته در شرایط گلخانه

میکوریز	F0	F1	F2	میانگین
M0	7/41[b]	3/11[d]	1/74[e]	4[b]
M1	12/61[a]	6/58[c]	6/26[c]	8/48[a]
میانگین	10[a]	4/84[b]	4[c]	6/28

اعداد با حروف انگلیسی مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشند (عدم تلقیح میکوریز=M0، تلقیح با میکوریز=M1، شاهد=F0، جدایه اول قارچ فوزاریوم=F1، جدایه دوم قارچ فوزاریوم=F2)

جدول 8- مقایسه میانگین اثرات متقابل جدایه‌های فوزاریوم و میکوریز بر وزن خشک ریشه (گرم) دانهال‌های پسته در شرایط گلخانه

میکوریز	F0	F1	F2	میانگین
M0	14/81[b]	9/93[c]	7/63[d]	10/79[b]
M1	19/70[a]	10/10[c]	14/73[b]	14/84[a]
میانگین	17/25[a]	10[b]	11/18[b]	12/81

اعداد با حروف انگلیسی مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشند (عدم تلقیح میکوریز=M0، تلقیح با میکوریز=M1، شاهد=F0، جدایه اول قارچ فوزاریوم=F1، جدایه دوم قارچ فوزاریوم=F2)

حجم ریشه

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول 3)، اثرات اصلی و متقابل میکوریز و عامل بیماری بر شاخص حجم ریشه اثر معنی‌داری در سطح 1% داشت. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین و کمترین حجم ریشه به ترتیب 41/66 و 18/66 سانتی‌مترمکعب و مربوط به تیمارهای F0M1 و F2M0 (جدول 9) می‌باشند و بین تیمارهای F2M0 و F1M0 اختلاف معنی‌داری از این نظر وجود ندارد ($p> 0/05$). بر اساس مطالعات انجام شده توسط دیویس و منگ (1980)، ریشه‌های میکوریزی دارای پراکنش بیشتری در خاک بوده و باعث تحمل بیشتر گیاهان به عوامل بیماریزا می‌شوند. مطالعات پوزو و همکاران (1996) بر روی گوجه‌فرنگی و بیمارگر *Phytophthora incotianae* var. *parasitica* مشخص کرد که ریشه‌های گوجه‌فرنگی کلنیزه شده با *G. mosseae* با وجود بیمارگر مذکور دارای رشد بهتر و میزان بافت مردگی کمتری هستند.

جدول 9- مقایسه میانگین اثرات متقابل جدایه‌های فوزاریوم و میکوریز بر حجم ریشه (سانتی متر مکعب) دانهال‌های پسته در شرایط گلخانه

میکوریز	F0	F1	F2	میانگین
M0	28/66[c]	19/83[d]	18/66[d]	22/38[b]
M1	41/66[a]	36/66[b]	38/33[b]	38/88[a]
میانگین	35/16[a]	28/24[b]	28/49[b]	30/63

اعداد با حروف انگلیسی مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشند

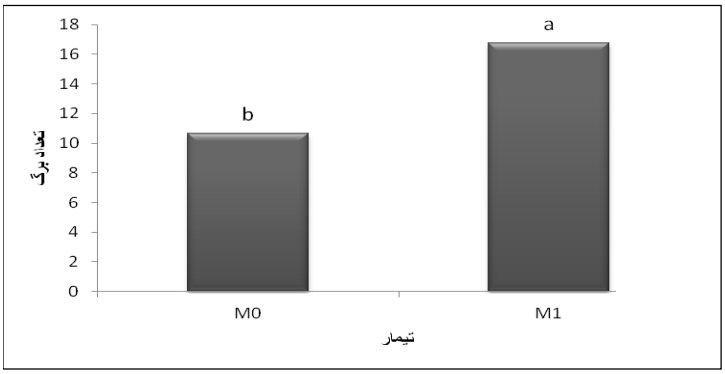
سطح و تعداد برگ

نتایج به دست آمده نشان داد که اثرات اصلی و متقابل مایه‌زنی گیاهان با قارچ میکوریز و عامل بیماری بر شاخص سطح برگ در سطح 1% معنی‌دار است (جدول2). اعمال تیمار بیمارگرهای قارچی (fus) و تیمار میکوریز با حضور عامل بیمارگر (G + fus) به طور معنی‌داری باعث کاهش سطح برگ گیاهان پسته نسبت به شاهد شدند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین و کمترین سطح برگ به ترتیب 314 و 105 سانتی‌مترمربع و مربوط به تیمارهای F0M1 و F2M0 می‌باشد (جدول 10). میزان سطح برگ گیاهان پسته مایه‌زنی شده با قارچ-های F1 و F2 و میکوریز نسبت به گیاهان مایه‌زنی شده با F1 و F2 و بدون میکوریز، به ترتیب 169/1 و 219 درصد افزایش داشتند. کالوت و همکاران (1993) عکس‌العمل متقابل بین قارچ میکوریز *G. mosseae* و عامل بیماریزای گیاهی *P. ultimum* را در ریزوسفر گل همیشه بهار با کاربرد پیت ـ پرلیت مطالعه کردند. نتایج نشان داد که تلقیح قارچ میکوریز، گیاه را در برابر *P. ultimum* محافظت می‌کند و باعث افزایش توده زنده و گسترش برگ‌ها در گیاهان میکوریزی می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی میکوریز و جدایه‌های عامل بیماری بر شاخص تعداد برگ در سطح 1% معنی‌دار شد ولی اثرات متقابل این تیمارها تاثیر معنی‌داری بر شاخص فوق نداشت (جدول 2). نتایج این مطالعه نشان داد که تلقیح قارچ میکوریز باعث افزایش تعداد برگ و جدایه‌های عامل بیماری باعث کاهش تعداد برگ می‌شوند (شکل 1 و 2) و جدایه F2 اثر بیشتری نسبت به جدایه F1 در کاهش تعداد برگ داشت. تحقیقات گیووانتی و همکاران (1991) نشان داد که توتون‌های مایه‌زنی شده با *G. mosseae* در مقایسه با گیاهان شاهد دارای وزن خشک برگ بالاتر و همچنین تحمل بیشتری در مقابل *Thielaviopsis basicola* (عامل پوسیدگی ریشه توتون) هستند.

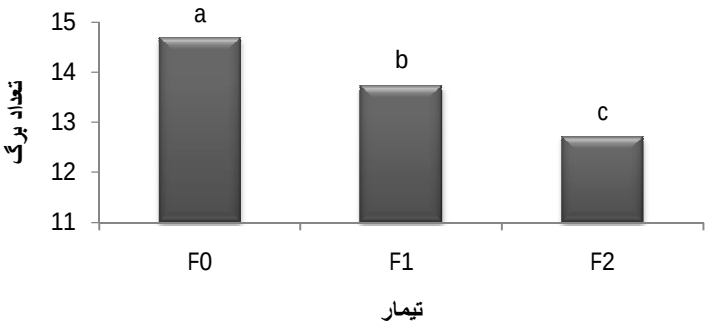
جدول 10- مقایسه میانگین اثرات متقابل جدایه‌های فوزاریوم و میکوریز بر شاخص سطح برگ (سانتی متر مربع) دانهال‌های پسته در شرایط گلخانه

میکوریز	F0	F1	F2	میانگین
M0	246/60[b]	123/50[e]	105/20[f]	158/45[b]
M1	314/30[a]	208/60[d]	230/60[c]	251/14[a]
میانگین	280/45[a]	167/92[b]	166/03[b]	204/80

اعداد با حروف انگلیسی مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشند (عدم تلقیح میکوریز=M0، تلقیح با میکوریز=M1، شاهد=F0، جدایه اول قارچ فوزاریوم=F1، جدایه دوم قارچ فوزاریوم=F2)



شکل 1- مقایسه میانگین شاخص تعداد برگ در دانهال‌های پسته مایه‌زنی شده با میکوریز (M0= شاهد و M1= تلقیح با میکوریز)



شکل 2- مقایسه میانگین شاخص تعداد برگ در دانهال‌های پسته مایه‌زنی شده با *Fusarium solani* (F0= شاهد و F1 و F2 جدایه‌های فوزاریوم)

درصد کلنیزاسیون ریشه توسط میکوریز

اثرات اصلی و متقابل میکوریز و عامل بیماری بر درصد کلنیزاسیون ریشه دانهال‌های پسته توسط میکوریز در سطح 1% معنی‌دار شد (جدول 3). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، مشخص گردید که قارچ میکوریز به خوبی قادر به کلنیزه کردن ریشه‌های پسته است. در بین تیمارهای مایه‌زنی شده با قارچ میکوریز، تیمار F0M1 با 78/9% و تیمار F2M1 با 60/5%، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلنیزاسیون را داشتند (جدول 11). تیمارهای F1M1 و F2M1 از نظر درصد کاهش درصد کلنیزاسیون دارای اختلاف معنی‌دار با شاهد و فاقد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بودند ($p> 0/05$). به طور کلی نتایج این بخش نشان داد که *Glomus* sp. قابلیت بالایی برای کلنیزه کردن ریشه پسته و همچنین کاهش اثرات فوزاریوم دارد و از طرفی وجود فوزاریوم به عنوان عامل بیمارگر باعث کاهش کلی درصد کلنیزاسیون ریشه توسط قارچ میکوریزی می‌گردد. درصد کاهش میزان کلنیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ‌های میکوریز در اثر مایه-زنی فوزاریوم در تیمارهای F1M1 و F2M1 به ترتیب 77 و 76/7 درصد ارزیابی گردید. تحقیقات گارمندیا و همکاران (2004) نیز حاکی از کاهش درصد کلنیزاسیون ریشه‌های فلفل با سه گونه *G. mosseae*، *G. deserticola* و*G. intraradices* پس از مایه‌زنی با *V. dahliae* بوده است که در این مورد رقابت میان بیمارگر و قارچ میکوریزی برای فضا و یا منابع غذایی به عنوان یکی از فاکتورهای مهم ذکر شده است.

جدول 11- مقایسه میانگین اثرات متقابل جدایه‌های عامل بیماری و میکوریز بر درصد کلنیزاسیون ریشه توسط میکوریز

میکوریز	F0	F1	F2	میانگین
M0	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{b}
M1	$78/90^{a}$	$60/73^{b}$	$60/50^{b}$	$66/70^{a}$
میانگین	$39/44^{a}$	$30/36^{b}$	$30/24^{b}$	33/35

اعداد با حروف انگلیسی مشابه، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشند (عدم تلقیح میکوریز=M0، تلقیح با میکوریز=M1، شاهد=F0، جدایه اول قارچ فوزاریوم=F1، جدایه دوم قارچ فوزاریوم=F2)

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه اثر میکوریز بر کنترل شدت بیماریزایی دو جدایه فوزاریوم که از نهال‌های پسته در نهالستان‌ها جداسازی و شناسایی شد، مورد مطالعه قرار گرفت. استفاده از قارچ میکوریز *Glomus* sp. توانست علاوه بر کاهش اثرات سوء ناشی از بیماری پوسیدگی ریشه، پارامترهای مختلف رشدی گیاهچه‌های پسته را نیز افزایش دهد. بنابراین شناسایی به موقع و کنترل بیولوژیکی عوامل بیمارگر تحت شرایط گفته شده می‌تواند در محدود کردن بیماری‌های طوقه و ریشه در نهال‌های پسته مفید باشد.

فهرست منابع:

1. سلاجقه تذرجی، ف. 1392. تأثیر تنش خشکی و میکوریزا بر بیماری پوسیدگی ریشه دانهال پسته ناشی از قارچ *Fusarium solani*. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهید باهنر کرمان.
2. فریور مهین، ح. 1370.آفات و بیماری‌های مهم درختان پسته در استان کرمان. انتشارات سازمان ترویج کشاورزی. 25 صفحه.
3. AL-ASKAR, A. A. and RASHAD, Y. M. 2010. Arbuscular mycorrhizal fungi: a biocontrol agent against common bean *Fusarium* root rot disease. Plant Pathology 9(1): 31-38.
4. ALIZADE, A. 1999. Soil, Water and Plant Relationship. 1th ed., Publication of Astan Quds Razavi, Mashhad, Iran. 353 P.
5. AZCON-AGUILAR, C. and BAREA, J. M. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens–an overview of the mechanisms involved. Mycorrhiza 6: 457–464.
6. BURGESS, L. W., SUMMERELL, B. A., BULLOCK, S., GOTT, K. P. and BACKHOUSE, D. 1994. Laboratory Manual for *Fusarium* Research. University of Sydny 133p.
7. CALVET, C., PERA, J. and BAREA, J. M. 1993. Growth response of marigold (*Tagetes erecta* L.) to inoculation with *Glomus mosseae* , *Trichoderma aureoviride* and *Pythium ultimum* in a peat-perlite mixture. Journal of Plant and Soil 148: 1-6.
8. CORDIER, C., POZO, M. J., BAREA, J. M., GIANINAZZI, S. and GIANINAZZI-PEARSON, V. 1998. Cell defense responses associated with localized and systemic resistance to *Phytophthora parasitica* induced in tomato by an arbuscular mycorrhizal fungus. Molecular Plant-Microbe Interactions 11: 1017-1028.
9. CARON, M., FORTIN, J. A. and RICHARD, C. 1986. Effect of *Glomus intraradices* on infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* in tomatoes over a 12-week period. Canadian Journal of Botany 64: 552-556.

10. CORDIER, C., POZO, M. J., BAREA, J. M., GIANINAZZI, S. and GIANINAZZI-PEARSON, V. 1998. Cell defense responses associated with localized and systemic resistance to *Phytophthora parasitica* induced in tomato by an arbuscular mycorrhizal fungus. Molecular Plant-Microbe Interactions 11: 1017-1028.
11. DAVIS, R. M. and MENGE, J. A. 1980. Influence of *Glomus fasciculatus* and soil phosphorus on *Phytophthora* root rot of citrus. Phytopathology 70: 447-452.
12. DUGASSA, G. D., VON ALTEN, H. and SCHONBECK, F. 1996. Effects of arbuscular mycorrhiza (AM) on health of *Linum usitatissimum* infected by fungal pathogens. Plant and Soil 185: 173-182.
13. DUMAS-GAUDOT, E., SLEZACK, S., DASSI, B., POZO, M. J., GIANINAZZI-PEARSO, V. and GIANINAZZI, S. 1996. Plant hydrolytic enzymes (chitinases and β-1,3 glucanases) in root reactions to pathogenic and symbiotic microorganisms. Plant and Soil 185: 211-221.
14. ELSAYED ABDALLA, M. and ABDEL-FATTAH, G. M. 2000. Influence of the endomycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on the development of peanut pod rot disease in Egypt. Mycorrhiza 10: 29-35.
15. ERSHAD, D. 1971. Bietrag zur Kenntins der *Phytophthora* – Arten in Iran und inhre Phytopatologische Bedeutung. BBA, Belin-Dahlem. 140-87p.
16. FAGARIA, N. K. 2005. Soil fertility and plant nutrition research under controlled conditions: basic principle and methodology. Journal of Plant Nutrition 28 (11):1975-1999.
17. FILLION, M., ST-ARNAUD, M. and JABAJI-HARE, H. 2003. Quantification of *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* in mycorrhizal bean plants and surrounding mycorrhizosphere soil using real-time polymerase chain reaction and direct isolation on selective media. Phytopathology 93: 229-235.
18. GARMENDIA, I., GOICOECHEA, N., and AGUIRREOLEA, J. 2004. Effectiveness of three *Glomus* species in protecting pepper (*Capsicum annuum* L.) against Verticillium wilt. Biological Control 31: 296-305.
19. GIOVANNETTI, M., TOSI, L., DELLA TORRE, G. and ZAZZERINI, A. 1991. Histological, physiological and biochemical interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizae and *Thielaviopsis basicola* in tobacco palnts. Journal of Phytopathology 131: 265-274.
20. GREEN, H., LARSEN, J., OLSSON, P. A., JENSEN, D. F. and JAKOBSEN, I. 1999. Suppression of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* by mycelium of the arbuscular mycorrhizal dungus *Glomus intraradices* in root-free soil. Applied and Environmental Microbiology 65: 1428-1434.
21. HARRISON, M. J. and DIXON, R. A. 1993. Isoflavonoid accumulation and expression of defense gene transcripts during the establishment of vesicular-arbuscular associations in roots of *Medicago truncatula*. Molecular Plant-Microbe interactions 6: 643-654.
22. HWANG, S. F., CHANG, F. A. and CHAKRAVARTY, P. 1992. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the development of *Verticillium* and *Fusarium* wilts of alfalfa. Plant Disease 76: 239-243.
23. KARAGIANNIDIS, N., BLETSOS, F. and STAVROPOULOS, N. 2002. Effect of verticillium wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and Mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. Science of Horticulture 94: 145-156.
24. KIM, Y. J. and HWANG, B. K. 1997. Isolation of a basic 34 KDa β-1,3-glucanase with inhibitory activity against *Phytophthora capsici* from pepper stems. Physiological and Molecular Plant Pathology 50: 103-115.

25. KRAFT, J. M., HAWARE, M. P., JIMENEZ-DAZ, R. M., BAYAA, B. and HARRABI, M. 1994. Screening techniques and sources of resistance to root rots and wilts in cool season food legumes. Euphytica 73: 27–39.
26. KRAFT, J. M., KAISER, W. J. 1993. Screening for disease resistance in pea. In: Singh, K. B., Saxena, M. C. (eds), Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. John Wiley and Sons, New York 123–144.
27. MORANDI, D. 1996. Occurrence of phytoalexins and phenolic compounds in endomycorrhizal interactions and their potential role in biological control. Plant and Soil 185: 241-251.
28. PHILLIPS, J. M. and HAYMAN, D. S. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the Mycological Society 55:158-160.
29. POZO, M. J., DUMAS-GAUDOT, E., SLEZACK, S., CORDIER, C., ASSELIN, A., GIANIAZZI, S., GIANINAZZI-PEARSON, V., AZCON-AGUILAR, C. and BAREA, J. M. 1996. Induction of new chitinase isoforms in tomato roots during interactions with *Glomus mosseae* and/or *Phytophthora nicotianae* var *parasitica*. Agronomie 16: 689–697.
30. POZO, M. J., AZCON-AGUILAR, C., DUMAS-GAUDOT, E. and BAREA, J. M. 1998. Chitinosanase and chitinase activities in tomato roots during interactions with arbuscular mycorrhizal fungi or *Phytophthora parasitica*. Journal of Experimental Botany 49: 1729–1739.
31. POZO, M. J., AZCON-AGUILAR, C., DUMAS-GAUDOT, E. and BAREA, J. M. 1999. β-1,3-Glucanase activities in tomato roots inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and/ or *Phytophtora parasitica* and their possible involvement in bioprotection. Journal of Plant Science 141: 149-157.
32. RAJAPAKSE, S. GHTON, C. and MILLER, J. 1992. Methods for studing vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. Methods in Microbiology 24: ISBN 0-12-521524-X.
33. SIMPSON, D. and DAFT, M. J. 1990. Interactions between water-stress and different mycorrhizal inoculation plant growth and mycorrhizal development in maize and sorghum. Plant and Soil 121: 179-186.
34. STAPLETON, G. SUMMERS, C. TEVIOTDALE, B. GOODELL, P. and PRATHER, T. 1996. First report of *Rhizoctonia solani* (AG-4) on Pistachio root stalk seedling. Plant Protection Quarterly 6: 102-110.
35. ST-ARNAUD, M., HAMEL, C. and FORTIN, J. A. 1994. Inhibition of *Pythium ultimum* in roots and growth substrate of mycorrhizal *Tagetes patula* colonized with *Glomus intraradices*. Canadian Journal of Plant Pathology 16: 187-194.
36. TRIKI, M. A., RHOUMA, A., CHAABOUNI, A. C. and IOOS, R. 2011. Emergence of *Fusarium solani* causing root rot of pistachio trees in Tunisia. Acta Horticulturae 912:717-721.
37. TROTTA, A., VARESE, G. C., GNAVI, E., FUSCONI, A., SAMPO, S. and BERTA, G. 1996. Interaction between the soil-borne root pathogen *Phytophthora nicotianae* var *parasitica* and the arbuscularmycorrhizal fungus *Glomus mosseae* in tomato plants. Plant and Soil 185:199–209.
38. WELLER, D. M. 1988. Biological control of soil-borne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. Annual Review of Phytopathology 29: 379-407.
39. YI, S. Y. and HWANG, B. K. 1997. Purification and antifungal activity of a basic 34 kDa β-1,3-glucanase from soybean hypocotyls inoculated with *Phytophthora sojae* f.sp. *glycines*. Molecules and Cells 7: 408-413.