Archive of SID

بررسی تأثیر سویه‌های *Trichoderma* جدا شده از خاک‌های شور و سدیمی در کنترل بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه خیار (*Fusarium solani*)

فرزانه اسدی، حسین علایی، روح الله صابری ریسه، اعظم زین‌الدینی ریسه

گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ولی‌عصر(عج)، رفسنجان، ایران

مسئول مکاتبات: حسین علایی، پست الکترونیک: hossein.alaei@vru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۰۶ ۶(۲) ۴۳-۵۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۱۱

چکیده

گونه‌های تریکودرما به‌دلیل تنوع متابولیسمی و قدرت رقابتی، از موجودات غالب میکروفلور خاک بوده و تقریباً در تمام زیستگاه‌ها وجود دارند. در این پژوهش توانایی چهار سویه منتخب تریکودرما برای کنترل بیماری پوسیدگی ساقه و ریشه خیار ناشی از قارچ *Fusarium solani* مورد مطالعه قرار گرفت. بذرهای جوانه‌زده خیار در خاک‌های سترون تیمار شده با سویه‌های تریکودرما کشت شدند. در مرحله‌ی چهار برگی بوته‌های خیار، بیمارگر به خاک گلدان‌ها مایه‌زنی گردید. بعد از گذشت یک ماه از مایه‌زنی بیمارگر شدت بیماری و فاکتورهای رشدی در گلدان‌های تیمار شده با تریکودرما در مقایسه با شاهد بررسی شدند. نتایج نشان داد سویه‌های تریکودرما باعث کاهش شدت بیماری و افزایش فاکتورهای رشدی شدند به‌طوری‌که سویه‌های *Trichoderma harzianum* T127-12 و *Trichoderma aureoviride* T189-4 هر دو با ۹۱/۶۷ درصد بیشترین تأثیر را در کاهش شدت بیماری نسبت به گیاه شاهد داشتند. نتایج بررسی اثر سویه‌های تریکودرما روی فاکتورهای رشدی گیاه شامل طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی، قطر ساقه و کلروفیل نسبی نشان دادکه تیمارهای مختلف سویه های تریکودرما تأثیرمثبتی در افزایش فاکتورهای رشدی گیاه داشت به‌طوری‌که سویه‌های T189-4 و T127-12 بر روی وزن خشک ریشه در حضور بیمارگر به‌ترتیب با ۹۷ و۸۲ درصد افزایش، بیشترین تأثیر را داشتند. نتایج این بررسی نشان داد که استفاده از این سویه‌های بومی تریکودرما می‌تواند برای کنترل پوسیدگی فوزاریومی ساقه و ریشه در برنامه مدیریت تلفیقی بیماری توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: تریکودرما، فوزاریوم، شدت بیماری، فاکتورهای رشدی، کلنیزاسیون

مقدمه

خیار گیاهی یکساله، گرمسیری و چهارمین سبزی مهم جهان پس از گوجه‌فرنگی، کلم و پیاز است که حدود ۹۰ درصد از کشت‌های گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده است (Eifediyi & Remison, 2010). با توجه به کشت گسترده این محصول در گلخانه‌ها و مزارع، و مساعد شدن شرایط محیطی برای حمله بیمارگر های گیاهی از جمله عامل پژمردگی فوزاریومی خیار، سالانه موجب خسارت اقتصادی زیادی به این محصول می شود به‌طوری‌که یکی از عوامل محدودکننده کشت این محصول در کشت‌های گلخانه‌ای در مناطق مختلف ایران می‌باشد.

نتیجه‌ی حمله‌ی بیمارگرها، کاهش کمیّت و کیفیت محصولات کشاورزی، ایجاد خطر برای سلامت انسان و حیوان به‌دلیل ذخیره‌ی ترکیبات سمی سرطان‌زا در محصولات آلوده که ناشی از سموم تولیدی توسط بیمارگر و همچنین باقیمانده سموم کشاورزی در این محصولات می‌باشد. لذا اولین قدم در راستای بهبود کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی کنترل بیماری‌های گیاهی است. تاکنون روش‌های مختلف فیزیکی، زراعی، مکانیکی و شیمیایی برای کنترل بیماری‌های گیاهی استفاده شده است (Pandey & Mukerji, 2006). اگرچه روش‌های شیمیایی به‌طور وسیع استفاده می‌شوند و در برخی از موارد، کنترل مطلوبی را نیز ایجاد می‌کنند، ولی ایجاد سویه‌های مقاوم به قارچ‌کش‌ها، منسوخ شدن بعضی از آفت‌کش‌ها و وجود

www.SID.ir

Archive of SID

نگرانی‌های عمومی در مورد سلامت و خطرات زیست محیطی، کاربرد آن‌ها را در آینده محدود می‌کند و این امر توسعه‌ی استراتژی‌های جایگزین برای حفاظت گیاه، از قبیل کنترل بیولوژیک را افزایش می‌دهد (Punja & Utkhede, 2003).

نتایج تحقیقات انجام شده بر روی برخی از گیاهان نشان می دهد که با حضور جدایه‌های جنس *Trichoderma* در خاک، رشد گیاه به نحو چشم‌گیری افزایش می‌یابد و به عنوان محرک رشد عمل می‌کنند (Yedidia *et al*., 2001). این قارچ با کنترل فلور میکروبی خاک در ناحیه ریزوسفر گیاهان، به این افزایش رشد کمک می‌کند (Baker, 1988). مکانیسم‌های کنترلی تریکودرما شامل تولید آنتی‌بیوتیک (Ghisalberti & Rowland, 1993)، مایکوپارازیتیسم (Haran *et al*., 1996)، رقابت برای غذا و مکان (Simon & Sivasithamparam, 1989)، تقویت رشد گیاه (Inbar *et al*., 1994) و القای مقاومت در گیاهان (Yedidia *et al*., 1999) می‌باشد. طبق تحقیقات اکرمی و همکاران (۲۰۱۱) جدایه‌هایی از *T. harzianum* و *T. asperellum* جدا شده از ریشه‌های عدس، و ترکیب آن‌ها، شدت بیماری پژمردگی فوزاریومی عدس با عامل *Fusarium oxysporum* را ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش داده و وزن خشک گیاه را ۲۳ تا ۵۲ درصد افزایش داده است. اکرمی و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشت که کاربرد گونه‌های مختلف تریکودرما به تنهایی و در ترکیب باهم، شدت بیماری ناشی از قارچ‌های *Fusarium solani* و *F. oxysporum* در گیاهچه‌های خیار را کاهش داده و موجب کاهش پوسیدگی و افزایش عملکرد خیار گردیده است. او بیان کرد که ترکیب گونه‌های مختلف بهترین عملکرد را داشته و از بین گونه‌های مختلف کاربرد گونه *T. harzianum* به تنهایی مؤثرتر بوده است. در برخی پژوهش‌ها نشان داده شده است که گونه‌های مختلف تریکودرما به تنهایی و یا در ترکیب با کودهای آلی، بیماری پژمردگی فوزاریومی گوجه فرنگی را سرکوب کرده و موجب افزایش فاکتورهای رویشی در گیاه می‌شود (Noble & Coventry, 2005; Cotxarrera *et al*., 2002).

آزمایشات فاهری و مورتا (۲۰۰۷) در بررسی اثر تریکودرما، فوزاریوم‌های غیر بیماریزا و سودوموناس‌های فلورسنت به‌صورت انفرادی و یا ترکیب با هم روی کنترل پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه نشان داد که تمامی عوامل بیوکنترل بکار برده شده به‌صورت انفرادی باعث کاهش وقوع بیماری شدند ولی مخلوط سودوموناس‌های فلورسنت با فوزاریوم‌های غیر بیماری‌زا و *T. harzianum* T22 با سودوموناس‌های فلورسنت، به‌ترتیب با ۷۰/۲ و ۶۰/۸ درصد کاهش بیماری و بهترین کنترل را داشتند. با این حال، *T. harzianum* T22 با فوزاریوم غیر بیماریزا نسبت به عوامل بیوکنترل آزمایش شده به‌صورت انفرادی، میزان کنترل خوبی از بیماری را نشان نداد. در این بررسی همچنین مشخص شد که جدایه‌های فوزاریوم غیر بیماری‌زا در کاهش بیماری پژمردگی فوزاریوم اهمیت زیادی دارند، به‌طوری‌که کاربرد انفرادی فوزاریوم غیر بیماریزا توانست به میزان ۵۸ درصد بیماری را کاهش دهد.

با توجه به این که یکی از مشکلات و محدودیت‌های کشت خیار گلخانه‌ای وجود بیمارگرهای مهم همانند فوزاریوم، پیتیوم، فیتوفتورا می‌باشد و با توجه به سطح زیر کشت خیار در استان کرمان که دارای خاک شور و سدیمی است، جدایه‌های آنتاگونیست تریکودرما که از همین مناطق جداسازی شده‌اند قادر به تحمل این شرایط بوده و می‌توانند نقش مهمی را در کنترل زیستی بیماری‌های خیار داشته باشند، و از آن‌جایی که این جدایه‌ها هر کدام در یک یا چند مکانیسم بیوکنترلی از جمله کلنیزاسیون، مایکوپارازیتیسم، آنتی‌بیوز، رقابت و مقاومت القایی قوی‌تر هستند بنابراین برای انتخاب عامل بیوکنترل باید قارچ مورد نظر از جهات مختلف مورد مطالعه و آزمایش قرار گیرد.

هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه تأثیر سویه‌های مختلف از گونه‌های *T. harzianum* و *T. aureoviride* جدا شده از خاک های شور و سدیمی در کنترل *F. solani* عامل بیماری پوسیدگی ریشه خیاردر مرحله گیاهچه‌ای و همچنین اثر کاربرد آنها روی صفات رویشی گیاه در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌های پژوهش

تهیه قارچ بیمارگر و انتخاب سویه‌های برتر

www.SID.ir

Archive of SID

تریکودرما

در این پژوهش، قارچ بیمارگر جدایه *F. solani* (F.S) 9904 از بخش تحقیقات گیاهپزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (مرادزاده اسکندری و همکاران، ۲۰۱۰) تهیه شد. سویه‌های قارچ تریکودرما استفاده شده در این پژوهش، از کلکسیون کشت قارچ بخش بیماری‌شناسی گیاهی دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان تهیه شد. این سویه‌ها توسط میرخانی و همکاران (۲۰۱۵) از خاک‌های شور و قلیایی مناطق مختلف استان کرمان جمع آوری، جداسازی و بر اساس روش‌های مرفولوژیکی و مولکولی شناسایی شده‌اند. در این پژوهش بعد از انجام آزمایش‌های اولیه و غربالگری ۸۰ سویه در شرایط آزمایشگاه از نظر تولید آنزیم کیتیناز، تعداد چهار سویه (*T. harzianum* (T127-12, T1-1 به‌ترتیب با فعالیت آنزیمی بسیار قوی و قوی، سویه *T. aureoviride* T189-4 با فعالیت آنزیمی متوسط و (T1-3) *T. harzianum* فاقد فعالیت آنزیمی برای آزمایش‌های گلخانه‌ای انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت.

آماده‌سازی زادمایهٔ *Fusarium solani* و *Trichoderma* spp.

برای تکثیرزادمایه قارچ بیمارگر و سویه‌های مختلف تریکودرما، ابتدا کشت قارچها روی تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت PDA انجام شد. مقدار ۵۰۰ گرم بذر گندم به مدت ۱۶ ساعت داخل آب مقطر خیسانده و تا سطح یک سوم درون ظرف ارلن مایر یک لیتری ریخته شد. بذرهای خیسانده به فاصله‌ی یک روز، دو مرتبه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه سترون شد. درشرایط کاملاً استریل از حاشیه کشت چهار روزه قارچ هدف روی محیط کشت PDA ، به هر ظرف ارلن مایر چهار قرص میسلیومی (به قطر پنج میلی‌متر) از قارچ اضافه شد و به‌خوبی تکان داده شد. سپس ظروف ارلن در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌مدت سه هفته نگهداری شدند. هر روز یک بار، با تکان دادن ظروف ارلن محتویات آن‌ها به‌هم زده شد تا رشد قارچ به طور یکنواخت و غیرفشرده صورت گیرد. پس از رشد مناسب قارچ، این زادمایه‌ها تا شروع آزمون گلخانه ای در یخچال با دمای چهار درجهٔ سلسیوس نگه‌داری شدند (Wildermuth & McNamara, 1987).

آماده‌سازی و تیمار خاک با سویه‌های تریکودرما و کشت گیاه

برای تهیه خاک گلدان، دو حجم خاک مزرعه با یک حجم ماسه بادی شسته شده کاملاً مخلوط گردید. کیسه‌های خاک به‌مدت دو روز متوالی به فاصله ۲۴ ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت سترون شدند. هدایت الکتریکی خاک (EC=۱/۵) و اسیدیته (pH=۷) خاک با بافت لومی شنی اندازه‌گیری شد. آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار شامل(تیمار بیمارگر به تنهایی، چهار سویه تریکودرما، تیمار ترکیب تریکودرما و بیمارگر و شاهد به تنهایی (فاقد قارچ بیمارگر و تریکودرما) و برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. سویه‌های انتخابی تریکودرما به‌صورت مخلوط با خاک قبل از کشت استفاده گردیدند. بدین منظور برای هر سویه انتخابی تریکودرما، میزان اسپور در هرگرم زادمایه با استفاده از لام گلبول شمار (Hemocytometer) محاسبه گردید. به‌این ترتیب برای هر بوته میزان 10^7 اسپور در هر میلی‌لیتراز قارچ تریکودرما تهیه شده روی بذر گندم، به خاک گلدان‌های یک کیلوگرمی اضافه و کاملا مخلوط شد و سپس گلدانها آبیاری شدند. برای تیمار شاهد، گندم‌های دوبار سترون شده بدون تلقیح با تریکودرما به نسبت مشابه به گلدان‌ها اضافه شد. سپس در هر گلدان هشت بذر خیار رقم محلی یزد (رقم رایج کشت در استان کرمان و یزد) کشت شد. بذرهای خیار قبل از کشت پس از شستشوی سطحی در جریان ملایم آب، به‌مدت دو دقیقه درهیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد، سترون سطحی و سپس، سه بار با آب مقطر سترون شستشو شدند (Khan *et al.* 2004). بذرهای سترون شده، بعد از جوانه دارشدن در شرایط مرطوب به‌مدت ۲۴ ساعت، در عمق نیم سانتی‌متری خاک کاشته شدند.سپس گیاهچه‌های اضافه تُنک گردید و در هر گلدان تعداد پنج نشاء باقی ماند. گلدان‌ها در گلخانه در دمای ۱±۲۶ درجه سلسیوس نگه‌داری شدند و آبیاری تا

www.SID.ir

Archive of SID

مرحله دو برگی به طور روزانه وپس از آن هر ۴۸ ساعت یک بار انجام گرفت.

مایه‌زنی خاک با بیمارگر و بررسی تأثیر سویه‌های تریکودرما درکنترل قارچ بیمارگر

در مرحله چهار برگی گیاهچه‌های خیار، مایه‌زنی بیمارگر به تیمارهای اعمال شده به روش توماشو و ولر (۱۹۸۸) با کمی تغییرات انجام شد. ابتدا مقداری از خاک سطحی گلدان‌ها برداشته شده و دور تا دور گلدان‌ها شیارهایی ایجاد شد تا ریشه بوته‌ها نمایان شوند. برای هر گلدان یک کیلوگرمی پنج گرم زادمایه بیمارگر فوزاریوم به صورت یکنواخت داخل شیارها ریخته شد و سپس خاک برداشته شده از گلدان‌ها روی زادمایه بیمارگر ریخته شد. برای تیمار شاهد از گندم سترون شده بدون بیمارگر استفاده گردید. پس از چهار هفته و با ظهور علائم بیماری، شدت بیماری بر اساس مقیاس صفر تا چهار، (۰) بدون علائم، (۱) پوسیدگی ابتدایی روی ریشه اصلی، ریشه‌های ثانویه و طوقه و کمی تغییر رنگ آوندی در ساقه، (۲) پوسیدگی متوسط روی ریشه اصلی، ریشه‌های ثانویه و طوقه به‌همراه کمی تغییر رنگ آوندی در ساقه، (۳) پوسیدگی شدید ریشه اصلی، ریشه‌های ثانویه و طوقه همراه با پژمردگی یا کوتولگی و تغییر رنگ آوندی در ساقه (۴) مرگ گیاهچه، مورد ارزیابی قرارگرفت (Vakalounakis, 1996).

تأثیر بر همکنش سویه‌های تریکودرما با بیمارگر روی شاخص‌های رشدی گیاه

قبل از برداشت گیاهان، اندازه‌گیری ارتفاع گیاه از سطح خاک و قطر گیاه در نزدیکی سطح خاک به‌ترتیب از خط‌کش وکولیس استفاده گردید. پس از برداشت گیاهان و شست و شوی ریشه‌ها توسط آب مقطر، به‌ترتیب وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه، طول ریشه و ارتفاع ساقه برای تمام تیمارها اندازه‌گیری و محاسبه شد برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت درون آون دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و پس از خشک شدن ارزیابی انجام شد. وزن تر و خشک گیاهان توسط ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد .آنالیز داده‌ها با روش تجزیهٔ واریانس به کمک نرم افزار SAS 9.1 و MSTATC و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

اندازه‌گیری شاخص سبزینگی برگ (SPAD)

برای اندازه‌گیری شاخص سبزینگی از دستگاه (Soil-Minolta Plant Analyses Development = SPAD) (502, Japan استفاده گردید. این دستگاه به‌عنوان وسیله‌ای برای اندازه‌گیری میزان سبزینگی برگ یا محتوای کلروفیل برگ به‌کار می رود. غلظت نسبی کلروفیل برگ را بر اساس مقدار نور عبور شده از برگ، در دو طول موج نشان می‌دهد. اعداد حاصل از آن مقدار کلروفیل را مشخص نمی‌کند بلکه تخمینی از غلظت کلروفیل را نشان می‌دهد و همبستگی بالایی با مقدار کلروفیل برگ دارد (Major *et al.*, 2003).

بررسی کلنیزاسیون بیمارگر در ریشه‌های خیار

برای این هدف از ریشه گیاهان آلوده به فوزاریوم مربوط به هر کدام از تیمارها، پس از شستشوی کامل ریشه ها با آب، ده قطعه یک سانتی‌متری به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و پس از سترون سطحی با الکل ۷۰ درصد، ریشه‌های خیار در محیط کشت PDA در سه تکرارکشت داده شدند و میزان کلنیزاسیون ریشه‌ها به‌صورت درصد محاسبه گردید (Edraki & Banihashemi, 2010).

بررسی تغییرات جمعیت تریکودرما در خاک

پس از برداشت گیاه (چهار هفته پس از مایه‌زنی گیاه)، تعیین جمعیت تریکودرما از نمونه‌های خاک گلدان‌های تیمار شده به‌روش سری رقت خاک با استفاده از محیط کشت انتخابی TSM+C (Trichoderma selective medium plus captan) انجام شد (Johnson *et al.*, 1959). بدین منظور چهار گرم از هر نمونه‌ی خاک (منطقهٔ اطراف ریشه)که به صورت تصادفی برداشته شده بود، با ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون حاوی ۰/۱ درصد آگار داخل ظرف ارلن مایر به حالت سوسپانسیون در آورده و به‌مدت ۴۵ دقیقه روی دستگاه شیکر با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. سپس سری رقت های10x و 100x تهیه شد. از هر رقت یک میلی‌لیتر با استفاده از پیپت پاستور L شکل روی سطح

www.SID.ir

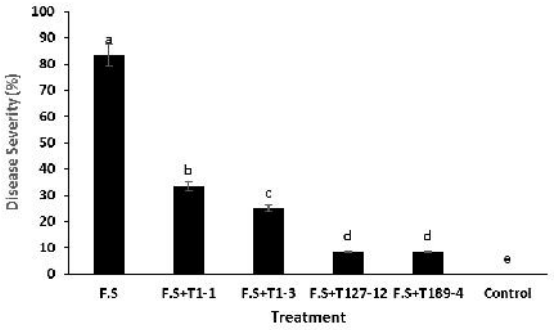
Archive of SID

محیط کشت انتخابی در سه تکرار کشت شد (Johnson *et al.*, 1959). نمونه‌ها برای مدت ۵ تا ۶ روز در انکوباتور در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند و بعد از ظاهر شدن پرگنه‌های تریکودرما در سطح محیط کشت و شمارش آنها جمعیت بر حسب تعداد واحدهای پرگنه‌ساز در هر گرم خاک محاسبه و ارزیابی شد. تجزیه آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج

بررسی تأثیر سویه‌های تریکودرما درکنترل قارچ بیمارگر پوسیدگی فوزاریومی ریشه خیار

مقایسه میانگین شاخص شدت بیماری گیاهچه‌ها نشان داد همه سویه‌های تریکودرما باعث کاهش میزان شدت بیماری فوزاریومی شدند. از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بین این تیمارها با تیمار بیمارگر *F. solani* به‌تنهایی وجود داشت. تیمارهای تلقیح شده با سویه‌های *T. aureoviride* T189-4 و *T. harzianum* T127-12 دارای بیشترین میزان کاهش شدت بیماری با آلودگی ۸/۳۳ درصد و سویه‌های *T. harzianum* (T1-1, T1-3)دارای کمترین میزان کاهش شدت بیماری به‌ترتیب با آلودگی ۳۳/۳۳ و ۲۵ درصد نسبت به تیمار بیمارگر با آلودگی۸۸/۳۳ درصد بودند (شکل ۱). بنابراین با توجه به بررسی های آماری به‌نظر می رسد سویه‌های تریکودرما T189-4 و T127-12 بهترین اثر بیوکنترل را روی بیمارگر *F. solani* دارند به گونه‌ای که تیمار گیاهان آلوده فوزاریومی با این دو سویه کمترین میزان علائم را نشان دادند.



شکل ۱- تأثیر سویه‌های تریکودرما بر روی شدت بیماری پوسیدگی ریشه خیار ناشی از قارچ *Fusarium solani*.

Fig. 1. Effect of *Trichoderma* strains on disease severity of cucumber root rot caused by *Fusarium solani*.

تأثیر بر همکنش سویه‌های تریکودرما با بیمارگر *Fusarium solani* بر فاکتورهای رشدی گیاه

نتایج بررسی اثر سویه‌های تریکودرما روی فاکتورهای رشدی گیاه از جمله طول ریشه و ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی، قطر ساقه و کلروفیل نسبی برگ نشان داد که تیمارهای مختلف تریکودرما تأثیرهای متفاوتی روی این فاکتورهای رشدی داشتند (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر سویه‌های تریکودرما بر شاخص‌های رشدی خیار

Table 1. Analysis of variance of the effect *Trichoderma* strains on cucumber growth parameters

Sources of variance	df	Mean square							
		Root dry weight	Shoot dry weight	Root fresh weight	shoot fresh weight	Root height	Shoot height	Stem diameter	Relative chlorophyll
Trichoderma	4	**0.205	**0.849	**3.21	**95.22	**31.22	*140.691	**1.0028	**23.24
Fusarium	1	*0.004	0.0029 ^{ns}	*0.172	*0.28	**46.37	*7.830	**0.268	0.26 ^{ns}
Trichoderma ×*Fusarium*	4	*0.002	**0.1729	**0.721	**15.11	**44.55	**129.16	*0.115	7.77 ^{ns}
Error	20	0.0022	0.007	0.00119	0.465	6.26	83.86	0.09	9.95
CV (%)		7.33	11.45	8.07	8.61	21.86	21.10	5.76	10.95

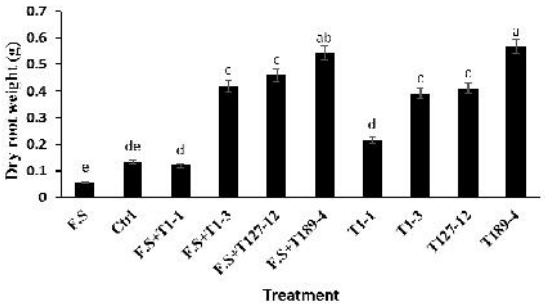
*، **، به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns تفاوت غیر معنی‌دار

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر سویه‌های تریکودرما و برهمکنش آنها با فوزاریوم روی وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی

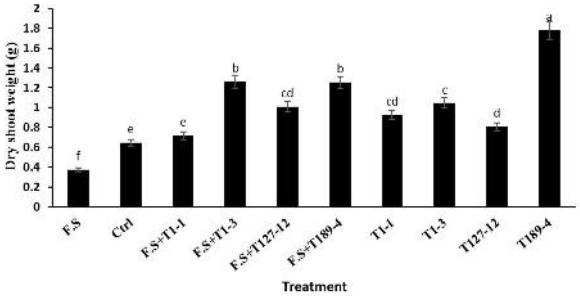
نتایج نشان داد که وزن خشک ریشه در گلدان‌های تیمار شده با سویه تریکودرما وگلدان‌های تیمار شده با تریکودرما و *F. solani* از نظر آماری به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد، در مقایسه با شاهد سالم (بدون دو قارچ) و شاهد بیمارگر (قارچ *F. solani*) اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین تفاوت معنی‌دار با گلدان شاهد سالم و بیمارگر برای گلدان تیمارشده با سویه *T. aureoviride* T189-4 و هم چنین گلدان تیمار شده با T189-4 و *F. solani* می باشد که بهترین تأثیر را روی وزن خشک ریشه در بین تمامی تیمارها داشت و در مرتبه بعدی کاربرد سایر سویه‌های *T. harzianum* (T127-12, T1-3, T1-1) توانست بهترین تاثیر را روی وزن خشک ریشه در تیمارهای سالم و آلوده داشته باشد (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر سویه‌های تریکودرما و بیمارگر *Fusarium solani* برروی وزن خشک ریشه خیار.

Fig. 2. Effect of *Trichoderma* strains and *Fusarium solani* on cucumber root dry weight .

نتایج نشان داد که وزن خشک اندام‌های هوایی در تیمار چهار سویه تریکودرما به‌تنهایی و یا همراه با قارچ بیمارگر *F. solani* از نظر آماری در سطح یک درصد، در مقایسه باتیمار شاهد سالم (بدون دو قارچ) و تیمار بیمارگر به‌تنهایی (قارچ *F. solani*) اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین تفاوت معنی‌دار با شاهد سالم و بیمارگر برای تیمار سویه‌های *T. aureoviride* T189-4 و *T. harzianum* T1-3 به‌تنهایی و یا برهمکنش آن‌ها با قارچ بیمارگر *F. solani* می‌باشد که بهترین تأثیر را روی وزن خشک اندام‌های هوایی در بین تمامی تیمارها داشتند. تیمارهای برهمکنش سویه‌های *T. harzianum* (T127-12, T1-1) با قارچ بیمارگر *F. solani* بر فاکتور وزن خشک اندام‌های هوایی در مقایسه با شاهد سالم و تیمار بیمارگر تاثیر کمتری داشتند. در بین تمامی تیمارها، تیمار سویه T189-4 به‌تنهایی بیشترین تاثیر را روی فاکتور وزن خشک اندام‌های هوایی داشت (شکل ۳).



شکل۳- تأثیر سویه‌های تریکودرما و بیمارگر *Fusarium solani* برروی وزن خشک اندام‌های هوایی خیار.

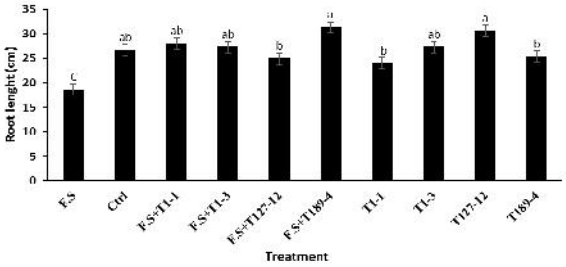
Fig. 3. Effect of *Trichoderma* strains and *Fusarium solani* on cucumber shoot dry weight.

تأثیر سویه‌های تریکودرما و برهمکنش آنها با فوزاریوم روی طول ریشه و ارتفاع اندام‌های هوایی خیار

نتایج نشان داد که طول ریشه در چهار تیمارسویه تریکودرما به‌تنهایی و یا همراه با *F. solani* از نظر آماری در سطح یک درصد، در مقایسه با شاهد سالم (بدون دو قارچ) و شاهد بیمارگر (قارچ *F. solani*) اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین تفاوت معنی‌دار با شاهد سالم و بیمارگر برای تیمار برهمکنش سویه *T. aureoviride* T189-4 با *F. solani* و تیمار سویه *T. harzianum* T127-12 به‌تنهایی می‌باشد که بهترین تاثیر را روی طول ریشه در بین تمامی تیمارها داشتند. مابقی تیمارها در سطح مشابهی قرار گرفتند (شکل ۴).

www.SID.ir

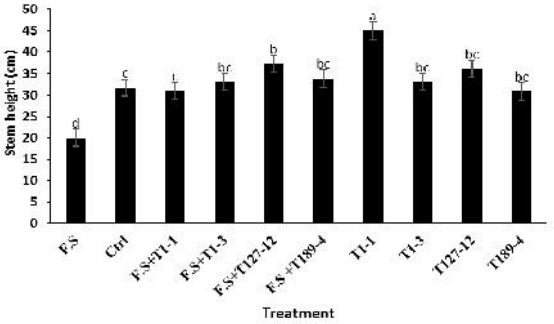
Archive of SID



شکل۴- تأثیر سویه‌های تریکودرما و بیمارگر *Fusarium solani* برروی طول ریشه خیار.

Fig. 4 Effect of *Trichoderma* strains and *Fusarium solani* on cucumber root length.

نتایج نشان داد که ارتفاع اندام‌های هوایی در چهار تیمارسویه تریکودرما به‌تنهایی و یا همراه با *F. solan* از نظر آماری به‌ترتیب در هر دو سطح آماری، در مقایسه با شاهد سالم (بدون دو قارچ) و شاهد بیمارگر (قارچ *F. solani*) اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین تفاوت معنی‌دار با شاهد سالم و بیمارگر برای تیمار سویه *T. harzianum* T1-1 به تنهایی و تیمار برهمکنش سویه *T. harzianum* T127-12 با *F. solani* می‌باشد که بهترین تاثیر را روی ارتفاع اندام‌های هوایی در بین تمامی تیمارها داشتند. مابقی تیمارها چه به تنهایی و یا برهمکنش آن‌ها با قارچ *F. solani* از نظر ارتفاع اندام‌های هوایی در دامنه مشابه‌ای نسبت به هم بودند (شکل ۵).

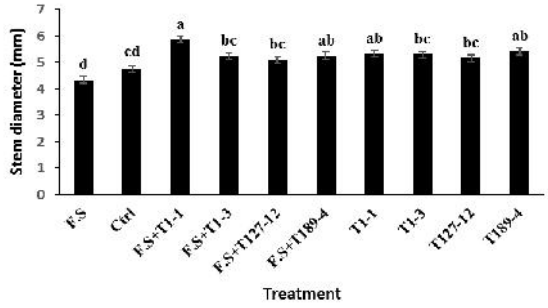


شکل ۵- تأثیر سویه‌های تریکودرما و بیمارگر *Fusarium solani* بر روی ارتفاع ساقه خیار.

Fig. 5. Effect of *Trichoderma* strains and *Fusarium solani* on cucumber stem height

تأثیر سویه‌های تریکودرما و برهمکنش آنها با فوزاریوم روی قطر ساقه و میزان کلروفیل نسبی برگ(SPAD)

نتایج نشان داد که قطر ساقه در چهار تیمارسویه تریکودرما به‌تنهایی و یا همراه با *F. solani* از نظر آماری به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد، در مقایسه با شاهد سالم (بدون دو قارچ) و شاهد بیمارگر (قارچ *F. solani*) اختلاف معنی‌دار دارند. در اینجا مشاهده می‌شود که کل مجموعه تیماری در افزایش قطر ساقه موثر بودند و تقریبا از نظر افزایش قطر ساقه در دامنه مشابه‌ای نسبت به هم بودند (شکل ۶). از آن‌جایی که فوزاریوم در خاک قرار دارد و بیشتر به طوقه و ریشه حمله می‌کند، بنابراین افزایش قطر ساقه توسط تریکودرما می‌تواند یکی از عوامل موثر در کنترل بیماری و کاهش شدت آن باشد. افزایش قطر ساقه، افزایش قطر طوقه و ریشه اصلی را در پی خواهد داشت و این عامل خود موجب می‌شود که گیاه در زمان حمله استحکام کافی داشته و کمتر آسیب ببیند.



شکل ۶- تأثیر سویه‌های تریکودرما و بیمارگر *Fusarium solani* برروی قطر ساقه خیار.

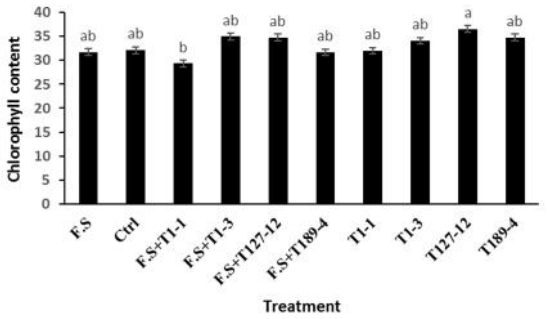
Fig. 6. Effect of *Trichoderma* strains and *Fusarium solani* on cucumber stem diameter.

نتایج نشان داد که فاکتور کلروفیل نسبی برگ در چهار تیمارسویه تریکودرما به‌تنهایی از نظر آماری در سطح یک درصد، در مقایسه با شاهد سالم (بدون دو قارچ) و شاهد بیمارگر (قارچ *F. solani*) اختلاف معنی‌دار دارند اما تیمارهای برهمکنش فوزاریوم با سویه‌های مختلف از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار بودند و تاثیر تقریباً مشابهی بر میزان کلروفیل نسبی برگ داشتند (جدول ۱). در بین تمامی

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارها، تیمار سویه *T. harzianum* T127-12 به‌تنهایی بهترین اثر را بر کلروفیل نسبی برگ داشت. در بین تیمارهای برهمکنش سویه با قارچ فوزاریوم، بیشترین میزان کلروفیل مربوط به دو تیمار برهمکنش سویه‌های *T. harzianum* (T127-12, T1-3) با *F. solani* بوده و بهترین تاثیر را روی کلروفیل نسبی برگ داشتند. (شکل ۷).



شکل ۷- تاثیر سویه‌های تریکودرما و بیمارگر *Fusarium solani* برروی کلروفیل نسبی برگ خیار

Fig. 7. Effect of *Trichoderma* strains and *Fusarium solani* on relative chlorophyll content of cucumber.

بر اساس نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های رشدی تیمار برهمکنش سویه *T. aureoviride* T189-4 با *F. solani*، موجب افزایش فاکتورهای وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی و ارتفاع ریشه و تیمار این سویه به‌تنهایی، موجب افزایش فاکتورهای وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی شد. هم‌چنین تیمار برهمکنش سویه *T. harzianum* T1-3 با *F. solani* نیز موجب افزایش فاکتورهای وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی، وزن خشک اندام‌های هوایی و میزان کلروفیل نسبی و تیمار این سویه به‌تنهایی موجب افزایش فاکتورهای وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی شده است. تیمار برهمکنش سویه‌های *T. harzianum* (T127-12, T1-1) با *F. solani* به‌ترتیب موجب افزایش شاخص قطر ساقه و ارتفاع اندام‌های هوایی شدند.

بررسی تغییرات جمعیت سویه‌های تریکودرما در خاک

نتایج بررسی جمعیت تریکودرما در خاک در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین تفاوت معنی‌دار از نظر افزایش جمعیت در بین سویه‌های تریکودرما مربوط به سویه *T. harzianum* T127-12 می‌باشد و در بین تیمارهای تلقیح شده با فوزاریوم، برهمکنش سویه *T. aureoviride* T189-4 با *F. solani* دارای بیشترین افزایش جمعیت بود.

جدول ۲- ارزیابی تراکم جمعیت سویه‌های تریکودرما در خاک‌های تیمارشده.

Table 2. Evaluation of population density of *Trichoderma* strains in treated soils.

Average population (CFU/g)		
Treatments	Planting time	Harvest time
C	0	0 f
F.S + T1-1	5×10^4	4×10^3 e
F.S +T1-3	5×10^4	4×10^3 e
F.S +T127-12	5×10^4	6.4×10^3 b
F.S + T189-4	5×10^4	6.866×10^3 b
T1-1	5×10^4	9.8×10^3 a
T1-3	5×10^4	4×10^3 e
T127-12	5×10^4	1.0066×10^4 a
T189-4	5×10^4	5.6×10^3 c

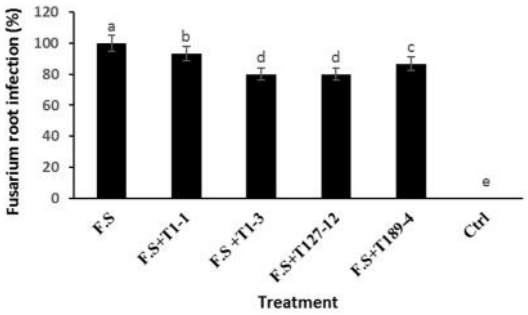
بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که تیمار سویه‌های *T. aureoviride* T189-4 و *T. harzianum* T127-12 هم به‌تنهایی و هم در برهمکنش با *F. solani* توانستند جمعیت خود را در شرایط گلخانه افزایش دهند که از طرفی این افزایش جمعیت را می‌توان بیانگر کلنیزاسیون موفق این سویه در شرایط گلخانه دانست.

بررسی میزان آلودگی فوزاریوم در ریشه‌ی گیاهچه خیار

بررسی نتایج نشان داد که ریشه‌ی تمام تیمارهای مایه زنی شده با بیمارگر فوزاریوم، آلوده می‌باشد و کمترین میزان آلودگی ریشه مربوط به تیمار برهمکنش فوزاریوم با سویه‌های *T. harzianum* (T127-12, T1-3) بود (شکل ۸).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- ارزیابی میزان آلودگی فوزاریوم در ریشه‌ی گیاهچه های خیار تیمار شده

Fig. 8. Evaluation of *Fusarium* infection in roots of treated cucumber seedlings

بحث

بر اساس پژوهش انجام شده کاربرد سویه‌های تریکودرما موجب کاهش علائم بیماری ناشی از قارچ فوزاریوم گردید، به گونه‌ای که کاربرد سویه‌های *T. harzianum* T127-12 و *T. aureoviride* T189-4 موجب کاهش ۹۲ درصدی علائم بیماری گردید. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هر دو سویه دارای ویژگی تولید آنزیم کیتنازی هستند و علاوه بر ویژگی پارازیتیسم بودن سویه‌ها، تولید بالای ترکیبات فرّار توسط سویه *T. aureoviride* T189-4 به اثبات رسیده است (اسدی، ۱۳۹۵) که مجموعه این مکانیسم ها باعث کنترل خوب بیمارگر شده است. نتایج این پژوهش با نتایج بسیاری از محققین در بررسی اثر کنترل زیستی تعداد زیادی از گونه‌های تریکودرما روی فوزاریوم مطابقت داشت به‌طوری‌که اثر کنترل زیستی گونه *T. harzianum* در بازدارندگی رشد بیمارگر *F. oxysporum* f.sp *melonis* (نوروزی و همکاران، ۲۰۱۴)، *F. moniliforme* (الحسن و همکاران، ۲۰۰۸) و همچنین گونه *T.viride* در مهار رشد *F. oxysporum* f.sp *ciceris* (Dubey *et al.*, 2007) گزارش شده است. اغلب جدایه های تریکودرما، ترکیبات ضد قارچی سلولی فرار و غیر فرار سمی تولید می‌کنند که رشد عوامل بیماری زای قارچی را متوقف می‌کند. ترکیبات خارج سلولی مانند تولید اسیدهای هارزیانیک، آلامیتیسین‌ها، تریکولین، پنتابول‌ها، ۶-پنتیل آلفا پیرون، ماسسویل اکتن، ویریدین، گلایوویریدین، گلیزوپرنینز، هپتلیدیک اسید اشاره شده است (Vey *et al.*, 2001). نوروزی و همکاران (۲۰۱۴) نیز در بررسی کارایی عوامل قارچی تریکودرما در کنترل پژمردگی فوزاریومی خربزه نشان دادند که سویه‌های تریکودرما با تولید ترکیبات خارج سلولی از رشد و فعالیت بیمارگر جلوگیری می‌کنند. اکثریت سویه‌های تریکودرما استفاده شده در این پژوهش چه به‌تنهایی و چه همراه با بیمارگر موجب تحریک رشد و افزایش شاخص‌های رشدی گیاه در مقایسه با شاهد آلوده شدند. بیشترین افزایش در شاخص رشدی ریشه، اندام‌های هوایی و قطر ساقه توسط سویه‌های *T. aureoviride* T189-4 و *T. harzianum* T127-12 مشاهده شد که با افزایش رشد ریشه و تولید ریشه‌های مویین در تیمارهای سالم و آلوده به بیمارگر موجب افزایش جذب آب و مواد غذایی از طریق سیستم ریشه می شوند. افزایش عملکرد و شاخص های رشدی گیاه درنتیجه افزایش جذب مواد غذایی و کاهش فعالیت قارچ‌های بیمارگر با استفاده از گونه‌های تریکودرما توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Harman *et al.*, 2004; Kleifield & Chet, 1992; Yedidia *et al.*, 2001; El-Mohamedy *et al.*, 2011).

گونه‌های تریکودرما با تولید اسیدهای آلی مثل اسید گلوکونیک، سیتریک و فوماریک، باعث تغییر pH خاک می‌شوند و قابلیت حل فسفات‌ها، عناصر میکرو و کاتیون‌های معدنی مثل آهن، منگنز و منیزیوم را بالا می‌برند و آنها را برای متابولیسم‌های گیاهی قابل استفاده می‌کنند (Altomare *et al.*, 1999; Benitez *et al.*, 2004). طی تحقیق نوروزی و همکاران (۲۰۱۴) و ابتسام و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که کاربرد قارچ تریکودرما ضمن افزایش فاکتورهای رویشی گیاه آلوده به *F. solani* هم‌چنین باعث افزایش مقدار ازت، فسفر و پتاسیم در گیاهان تیمار شده می‌شود. از طرفی سویه‌های تریکودرما بدلیل تولید تنظیم کننده‌های رشدی مانند اکسین، سیتوکینین، اتیلن و مولکول‌های شبه سیتوکینین مانند زئاتین و جیبرلین GA3 باعث افزایش رشد ریشه و بهبود فاکتورهای رشدی گیاه می‌شوند (Osiewacz, 2002; Windham *et al.*, 1986). از

www.SID.ir

Archive of SID

آن‌جایی که بیمارگر سبب پوسیدگی ریشه، طوقه و ساقه می‌شود، افزایش جذب آب و مواد غذایی علاوه بر افزایش رشد رویشی و قطر ساقه می‌تواند به‌عنوان یک عامل بسیار مهم درکنترل بیماری و افزایش مقاومت گیاه نسبت به حمله بیمارگر و کاهش علائم بیماری نیزتاثیرداشته باشد. این نتایج با مشاهدات زاگلول (۲۰۰۷) مطابقت دارد به‌طوری‌که یکی از علل افزایش فاکتورهای رشدی علاوه بر تاثیر مستقیم در بازدارندگی از رشد بیمارگر توسط تریکودرما، می‌تواند به علت تولید ویتامین‌ها، فیتوهورمون‌ها و انحلال مواد غذایی باشد. علاوه بر این القای مقاومت سیستمیک نیزتوسط تریکودرما در کنترل بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و ساقه خیار توسط علیزاده و سالاری (۲۰۱۶) گزارش شده است که این قارچ با کلنیزاسیون ریشه گیاه باعث فعال شدن سیستم دفاعی گیاه و افزایش مقاومت گیاه به این بیمارگر می شود.

در بررسی میزان کلنیزاسیون آلودگی فوزاریوم در ریشه گیاهچه‌های آلوده تیمار شده با تمامی سویه‌ها، تقریبا بالای ۸۰ درصد بود. ورود فوزاریوم به بافت ریشه گیاهچه‌های تیمار شده با تریکودرما بیانگر عدم توانایی آنتاگونیست در جلوگیری از نفوذ بیمارگر به بافت میزبان می‌باشد و از طرف دیگر می توان بیان داشت که با وجود نفوذ فوزاریوم به بافت ریشه، بیمارگر نتوانسته است در گیاه علائم چندانی ایجاد کند و تریکودرما با مکانسیم‌های مختلف خود در گیاه مقاومت ایجاد کرده و جلوی بروز بیماری را گرفته است. بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته توسط هاول (۲۰۰۲) و نوروزی و همکاران (۲۰۱۴) ریسه‌های قارچ تریکودرما توانایی نفوذ به درون ریشه گیاه را دارا می‌باشند، اهمیت این امر در رابطه با بیمارگرهای داخلی ریشه مشخص می‌شود و ریسه‌های قارچ پس از نفوذ به درون ریشه می‌توانند بیمارگر را پارازیته نمایند.

با توجه به پژوهش انجام شده میتوان با کاربرد سویه‌های بومی(T189-4) *T. aureoviride* و (*T. harzianum* T127-12) سبب کاهش بیماری پوسیدگی فوزاریومی ساقه و ریشه وکاهش مصرف سموم شیمیایی در مدیریت تلفیقی کنترل بیماری شد.

References

Akrami, M. 2015. Effects of *Trichoderma* spp. in bio-controlling *Fusarium solani* and *F. oxysporum* of cucumber (*Cucumis sativus*). Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 4(3): 241–245.

Akrami, M., Golzary, H. & Ahmadzadeh, M. 2011. Evaluation of different combinations of *Trichoderma* species for controlling *Fusarium* rot of lentil. African Journal of Biotechnology, 10(14): 2653–2658.

Alizadeh, A. & Salari, Kh. 2016. Induction of systemic resistance (ISR) against *Fusarium oxysporum* f.sp. *radiciscucumerinum* on cucumber by isolates of *Trichoderma* and fluorescent Pseudomonads from cucumber rhizosphere. Applied Research in Plant Protection, 5: 215–225.

Altomare, C., Norvell, W.A., Björkman, T. & Harman, G.E. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295–22. Applied Environmental Microbiology, 65: 2926–2933.

Asadi, F., Alaei, H., Saberi Riseh, R. & Zeynadini, A. 2016. The effect of beneficial *Trichoderma* species isolated from alkaline and saline soils to control *Fusarium* wilt of cucumber (*Fusarium solani*). M.Sc. Thesis, Vali-e-Asr University, Rafsanjan.

Baker, R. 1988. *Trichoderma* sp. as plant-growth stimulants. Critical Reviews in Biotechnology, 37: 97–106.

Benitez, T., Rincon, A.M., Limon, M.C. & Codon, A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International Microbiology, 7(4):249–260.

Cotxarrera, L., Trillas-Gay, M.I., Steinberg, C. & Alabouvette, C. 2002. Use of sewage sludge compost and

www.SID.ir

Archive of SID

Trichoderma asperellum isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato. Soil Biology and Biochemistry, 34: 467–476.

Dubey, S.C., Suresh, M. & Singh, B. 2007. Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* for integrated management of chickpea wilt. Biological Control, 40(1): 118–127.

Ebtsam, M.H., Abdel-Kawi, K.A. & Khalil, M.N.A. 2009. Efficiency of *Trichoderma viride* and *Bacillus subtillis* as biocontrol agents *Fusarium solani* on tomato plants. Phytopathology, 37(1): 47–57.

Edraki, V. & Banihashemi, Z. 2010. Phenotypic diversity among isolates of *Macrophomina phaseolina* and ITS relation to pathogenicity. Iranian Journal of Plant Pathology, 46(4): 93–100.

Eifediyi, E.K. & Remison, S.U. 2010. Growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizer. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 2: 216–220

El-Hasan, A., Walker, F. & Buchenauer, H. 2008. *Trichoderma harzianum* and its metabolite 6-Pentyl-alpha-pyrone suppress fusaric acid produced by *Fusarium moniliforme*. Journal of Phytopathology, 156: 79–87.

El-Mohamedy, R.S.R., Abd El-Samad, E.H., Hoda, A.M., Habib, T. & Fath El-Bab, S.H. 2011. Effect of using biocontrol agents on growth, yield, head quality and root rot control in broccoli plants grown under greenhouse conditions. International Journal of Academic Research, 3(2): 71–80.

Fahri, Y. & Murta, D. 2007. Control of *Fusarium* wilt of tomato by combination of fluorescent *Pseudomonas*, non-pathogen *Fusarium* and *Trichoderma harzianum* T22 in greenhouse conditions. Plant Pathology Journal, 6(2): 159–163.

Ghisalberti, E.L. & Rowland, C.Y. 1993. Antifungal metabolites from *Trichoderma harzianum*. Natural Products, 56(10): 1799–1804.

Haran, S., Schickler, H. & Chet, I. 1996. Molecular mechanisms of lytic enzymes involved in the biocontrol activity of *Trichoderma harzianum*. Microbiology, 142: 2321–2331.

Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I. & Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species–opportunistic, avirulent plant symbions. Nature Reviews Microbiology, 2: 43–56.

Howell, C.R. 2002. Cotton seedling preemergence damping-off incited by *Rhizopus oryzae* and *Pythium* spp. and its biological control with *Trichoderma* spp. Phytopathology, 92: 177–180.

Inbar, J., Abramsky, M., Cohen, D. & Chet, I. 1994. Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. European Journal of Plant Pathology, 100: 337–346.

Johnson, L.F., Curl, E.A., Bond, J.H. & Fribourg, H.A. 1959. Methods for Studying Soil Microflora-Plant Disease Relationships. Burgess Publishing Company, Minneapolis, MN., USA.

Khan, J., Ooka, J.J., Miller, S.A., Madden, L.V. & Hoitink, H.A.J. 2004. Systemic resistance induced by *Trichoderma hamatum* 382 in cucumber against *Phytophthora* crown rot and leaf blight. Plant Disease, 88: 280–286.

Kleifield, O. & Chet, I. 1992. *Trichoderma harzianum*: interaction with plants and effect on growth response. Plant and Soil, 144: 267–272.

Major, D., Banmeister, J. & Zhao, S. 2003. Digital Imaging and Spectral Techniques (Application to Precision Agriculture and Crop Physiology). ASA-CSSA. Special Publication, Madison, USA.

Mirkhani, F. & Alaei. H. 2015. Species diversity of indigenous *Trichoderma* from alkaline pistachio soils in

www.SID.ir

Archive of SID

Iran. Mycologia Iranica, 2(1): 22–37.

Moradzadeh Eskandari M. 2010. Study on the population structure of *Fusarium solani* isolated from potato in Khorasan provinces, determination of phylogenetic relationship among some of its formae speciales. Ph.D thesis, University of Tehran, Iran 150 pp.

Norouzi, S., Rahnama, K., Rabbani nasab, H. & Taqi nasab, M. 2014. Evaluation of efficacy of *Trichoderma* and *Bacillus* isolates in biological control of melon *Fusarium* wilt. Biocontrol in Plant Protection. 2(1):43–55, (In Persian)

Noble, R. & Coventry, E. 2005. Suppression of soilborne plant diseases with composts. Biocontrol Science and Technology, 15(1): 3–20.

Osiewacz, H. D. 2002. Molecular Biology of Fungal Development. Marcel Dekker, New York.

Pandey, A. & Mukerji, K.G. 2006. Biological Control of Plant Diseases. CRC, New York.

Punja, Z.K. & Utkhede, R.S. 2003. Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases. Trends in Biotechnology, 21: 400–407.

Simon, A. & Sivasithamparam, K. 1989. Pathogen suppression: a case study in biological suppression of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* in soil. Soil Biology and Biochemistry, 21: 331–337.

Thomashow, L.S. & Weller, D.M. 1988. Role of a phenazine antibiotic from *Pseudomonas fluorescens* in biological control of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. Journal of Bacteriology, 170: 3499–3508.

Vakalounakis, D.J. 1996. Root and stem rot of cucumber caused by *Fusarium oxysporum*. Plant Disease, 313–313.

Vey, A., Hoagland, R.E. & Butt, T.M. 2001. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents.pp. 311-346. In: Butt, T.M., Jackson, C. & Magan N. (eds.) Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential. CAB International, Bristol.

Windham, M.T., Elad, Y. & Baker, R. 1986. A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. Phytopathology, 76:518–552.

Yedidia, I., Benhamou, N. & Chet, I. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. Applied and Environmental Microbiology, 65: 1061–1070.

Yedidia, I., Srivastva, A., Kapulink, Y. & Chet, I. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentration and increased growth of cucumber plants. Plant Soil , 235: 235–242.

Zaghloul, R.A., Hanafy-Ehsan, A., Neweigy, N.A. & Khalifa-Neamat A. 2007. Application of biofertilization and biological control for tomato production. Conference of Microbiology, 18–22 March, Cairo, Egypt, 198–212.

www.SID.ir

Archive of SID

The effect of beneficial *Trichoderma* species isolated from sodic and saline soils to control Fusarium root rot of cucumber (*Fusarium solani*)

Farzaneh Asadi, Hossein Alaei, Rohollah Saberi Riseh, Azam Zeynadini Riseh

Departmen of Plant Protection, College of Agriculture, Vali-Asr University of Rafsanjan, Iran

Corresponding author: Hossein Alaei, hossein.alaei@vru.ac.ir

Received: Jul., 28, 2018 6(2) 43-55 Accepted: Jul., 2, 2019

Abstract

Trichoderma species are dominant organisms in most of soil microflora due to metabolic diversity and competitiveness and found approximately in all diverse habitats. In this study, four selected *Trichoderma* strains were evaluated to better control of cucumber stem and root rot disease caused by *Fusarium solani*. Cucumber germinated seeds were sown into inoculated soil with *Trichoderma* strains. Cucumber seedlings at forth leaf stages were inoculated with *Fusarium*. One month after inoculation by *Fusarium*, biocontrol effect of *Trichoderma* strains were evaluated by measuring the disease severity and cucumber growth factors. The results showed that *Trichoderma* strains were reduced disease severity and increased the growth factors in which both strains T189-4 (*T. aureoviride)* and T127-12 (*T. harzianum)* had the greatest impact on reducing infection with 91.67% in compare to untreated plants. The effect of *Trichoderma* strains on plant growth factors including root and stem length, dry and wet weight of root and stem, stem diameter and relative chlorophyll resulted that different *Trichoderma* strains have a posetive effects on increasing plant growth factors in which the strains T189-4 and T127-12 had the greatest effect on root dry weight in the presence of the pathogen, with 97% and 82%, respectively. These results indicated that the use of these *Trichoderma* native strains could be recommended for the control of *Fusarium* stem and root rot in the integrated management program of disease.

Keywords: *Trichoderma*, *Fusarium solani*, disease severity, growth factors, colonization.

www.SID.ir