اثر آنتاگونیستی جدایه‌های قارچی و ترکیبات زیستی در کنترل نماتود سیستی چغندرقند *Heterodera schachtii*

منصوره حسینی[۱]، مهدی نصر اصفهانی*[۲]، مرتضی قربانی[۱]

۱- گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

* مسئول مکاتبات: مهدی نصر اصفهانی، پست الکترونیک: mne2011@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۴ ۵(۲) ۱-۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۱

چکیده

برای بررسی کنترل بیولوژیک نماتود سیستی چغندرقند *Heterodera schachtii*، اثر جدایه‌های قارچی *Trichoderma harzianum*، *Talaromyces flavus*، *Fusarium solani* و *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia* جدا شده از سیست‌های آلوده در استان اصفهان، و ترکیبات زیستی تجاری ماری گُلد (محصول شرکت ABPL کشور هندوستان) و تریکومیکس اچ. وی. (TRICHO-MIX H.V.) با ماده مؤثره *T. harzianum* T39 محصول شرکت فن‌آوران حیات سبز)، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار و پنج تکرار در گلخانه، طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ مورد بررسی قرار گرفت. یک نمونه از هر یک از جدایه‌های قارچ تکثیر یافته روی گندم سترون، به‌میزان ۱۰ گرم و ترکیبات زیستی ماری گُلد و تریکومیکس اچ. وی. به‌ترتیب به‌میزان ۰/۲ و ۲ گرم، به گلدان‌های حاوی خاک مزرعه با آلودگی ۰/۶۷عدد سیست و ۱۲ عدد تخم و لارو سن دو نماتود در یک گرم خاک افزوده و در دمای ۲±۲۵ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰±۷۰ درصد به‌مدت ۹۰ روز نگه‌داری شد. تجزیهٔ واریانس با نرم افزار SAS 9.1 و میانگین صفات مورد مطالعه در مقایسه با خاک سترون، به‌وسیلهٔ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ارزیابی شد. نتایج نشان داد که از نظر جمعیت نهایی بین تیمارها در مقایسه با تیمار نماتود به‌تنهایی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که جدایه *T. harzianum* 128، ماری گُلد، *T. harzianum* 93، TRICHO-MIX H.V.، *F. solani*، *T. flavus* 94، *T. flavus* 134 و *P. chlamydosporia* به‌ترتیب به‌میزان ۶۵/۰۸، ۶۰/۷۲، ۵۳/۰۸، ۴۷/۹۹، ۴۵/۸۱، ۴۲/۱۷، ۴۱/۴۵ و ۲۰/۳۵ درصد، جمعیت نهایی نماتود سیستی چغندرقند را کاهش دادند. بوته‌های چغندرقند کشت شده در خاک سترون و مزرعه، از نظر شاخص‌های رشدی طول، وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی، دارای اختلاف معنی‌داری بودند. قارچ‌های فوزاریوم و پوکونیا، نسبت به سایر تیمارها، باعث رشد بیشتر بوته‌های چغندرقند شدند.

واژه‌های کلیدی: تریکومیکس اچ. وی.، ماری گُلد، *Pochonia chlamydosporia*، *Trichoderma harzianum*، *Talaromyces flavus*

مقدمه

گیاه چغندرقند *Beta vulgaris* L.، یکی از محصولات مهم کشاورزی است که علاوه بر تولید قند و شکر، از لحاظ تولید سایر فرآورده‌ها، مانند ملاس و تفاله، نقش مهمی در صنعت و تهیه غذای دام و طیور دارد که همانند سایر محصولات کشاورزی، دستخوش برخی از عوامل بیماری‌زا می‌شود (Norouzi, 2013). براساس گزارش دریکوت، خسارت نماتودها در جهان، حدود ۷۷ میلیارد دلار در سال است (Draycott, 2006). کاهش عملکرد چغندرقند در اثر حمله گونه‌های مختلف نماتودهای انگل، حدود ۱۰ درصد برآورد شده است (Mehdikhani *et al.*, 2009). نماتود سیست چغندرقند (*Heterodera schachtii*)، یکی از مهم‌ترین عوامل بیماری‌زای چغندرقند در ایران و جهان می‌باشد و بیش از ۱۰۰ سال است که موضوع مطالعات گسترده‌ای است (Khezrinejad *et al.*, 2006). این نماتد از استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی، فارس،

Archive of SID

www.SID.ir

آذربایجان غربی، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، کرمانشاه، کرمان و همدان، از روی انواع چغندرقند و کلزا گزارش شده است (Keshavarz *et al*., 2013). علائم مشخصه آلودگی به نماتود، به‌صورت پژمردگی لکه‌ای بوته‌ها، به‌ویژه در اوقات گرم روز و برگشت به حالت شادابی در ساعات خنک شب می‌باشد و گیاهان آلوده دچار توقف رشد شده و ریشه اصلی کوتاه و ریشه‌های فرعی متعددی ایجاد می‌شود (Sobczak & Golinowski, 2011).

کنترل این نماتود، با روش‌های زراعی و شیمیایی بسیار مشکل است، زیرا سیست‌های این نماتود می‌تواند در غیاب میزبان، سال‌ها در خاک بقای خود را حفظ کنند (Ahmadi *et al*., 1998; Gray & Koch, 1997). تحقیقات Abdelazzez Heba & Tewfike (2014)، در زمینه کنترل بیولوژیک نماتود چغندرقند، بیشتر روی عواملی بوده است که می‌توانند در مراحل مختلف زندگی نماتودها، روی آن‌ها اثر کرده و باعث از بین بردن آن‌ها شود (Mehdikhani *et al*., 2009). در این بین، قارچ‌های انگل تخم، ماده و سیست از اهمیت بسیاری برخوردارند (Ahmadi *et al*., 1998). هم چنین، یکی از روش‌های نوین برای کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی، به‌ویژه برای تولید محصولات ارگانیک، استفاده از مواد و ترکیبات طبیعی یا سبز با منشاء میکروبی و گیاهی است (Naraghi *et al*., 2014). گل جعفری با نام علمی (*Tagetes* spp.) گیاهی است یک‌ساله از خانواده گل آفتابگردان (Astraceae) که به‌عنوان یک گیاه با خاصیت نماتودکشی فعال، دارای سابقه طولانی در تحقیقات انجام شده در خارج از کشور است و اثر کنترل کنندگی آن روی جنس‌های مختلف نماتد به اثبات رسیده و می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای سموم نماتودکش مورد استفاده قرارگیرد (Wang *et al*., 2007). این گیاه، به‌عنوان یک گیاه پوششی، به‌دلیل داشتن خاصیت آللوپاتی، مواد توکسینی به نام آلفا- ترتینیل از ریشه ترشح کرده که از تفریخ تخم و ادامه رشد و تکامل لارو نماتود ممانعت می کند (Hooks *et al*., 2010).

Chen و Chen در سال ۲۰۰۳، ضمن بررسی ۱۵۰۰ نماتود سیست سویا در آمریکا، دریافتند که حدود نیمی از تخم‌های موجود در سیست‌ها توسط گونه‌های *Cylindrocarpon destructans*، *Fusarium oxysporum*، *Fusarium solani*، *Cylindrocarpon cochliodes, Pyrenochaeta terrestris* پارازیته شده‌اند. جمعیت نماتود سیستی چغندرقند در خاک‌های بازدارنده و خاک‌های مستعد مورد بررسی قرارگرفت و در خاک‌های بازدارنده، یک سوم سیست‌ها به قارچ‌های *Fusarium oxysporum*، *Dactylella oviparasitica* و *Paecilomyces lilacinus* آلوده بودند (Westphal & Becker, 2001). در همین راستا، خضری‌نژاد و همکاران، ۱۶ گونه مختلف قارچ از سیست‌های *H. schachtii* شامل: *Cremonium kiliens*، *A. sclerotigenum*، *A. strictum*، *Lecanicillium aphanocladii*، *Myrothecium verrucaria*، *Plectosporium tabacinum*، *Stachybotrys chartarum*، *Verticillium epiphytum*، *V. nigrescens*، *Fusarium sulphureum*، *F. nygamai*، *F. solani*، *F. oxysporum*، *F. equiseti*، *Clonostachys rosea* و *Paecilomyces lilacinus* شناسایی و معرفی نموده‌اند (Khezrinejad, *et al.,* 2006). احمدی و همکاران (۱۳۷۷)، قارچ‌های *Fusarium solani* و *Paecilomyces* spp. را از سیست چغندر جداسازی و کارایی آن‌ها را در کنترل بیولوژیک تخم‌های نماتود *H. schachtii* در شرایط آزمایشگاه، موفقیت‌آمیز گزارش نمودند (Ahmadi *et al*., 1998). هم‌چنین، فاطمی و همکاران (۱۳۷۷)، با مطالعه اثر آنتاگونیستی *Paecilomyces fumosoroseus* روی *H. schachtii* و *Meloidogyne javanica* کارایی آن را در کنترل بیولوژیک این نماتد مؤثر دانسته است(Fatemy, 1997). Sharon و همکاران (۲۰۰۱)، در بررسی کنترل بیولوژیک نماتود مولد گره ریشه چندین جدایه از قارچ *Trichoderma harzianum* را مورد آزمایش قرار دادند. همه جدایه‌های قارچ تریکودرما، تخم‌ها و لاروهای سن دوم نماتود مولد گره ریشه را کلونیزه کردند.

قارچ‌کش بیولوژیک TRICHO-MIX H.V. (با ماده مؤثره *T. harzianum* T39 محصول شرکت فن‌آوران حیات سبز) براساس دو گونه قارچ آنتاگونیست تریکودرما، از خاک‌های بومی ایران جداسازی و تهیه شده

Archive of SID

www.SID.ir

است و به‌علت اثر قارچ‌کشی و هم‌زیستی با ریشه و ترشح آنزیم و آنتی‌بیوتیک‌های رشدی و ترکیبات آنتاگونیستی، باعث تقویت و تسریع در رشد گیاه می‌شود (Karimi *et al*., 2016). گونه‌های *T. harzianum*، *T. viridae*، *T. virens*، *T. hamatum*، *T. roseum* و *T. koningii* جزو گونه‌هایی هستند که قابلیت کنترل عوامل بیماری‌زای زیادی را دارند (Karimi *et al*., 2016). در حال حاضر، فرمولاسیون‌های متعددی از این گونه‌ها به‌صورت تجاری و برای کنترل تعدادی از بیماری‌های خاکزاد در دسترس می‌باشد (Naraghi *et al*., 2012a & b). اولین فرمولاسیون تجاری و ثبت شده برای کنترل بیماری‌های گیاهی در محصولات گلخانه‌ای و تاکستان‌ها، جدایه T39 از گونه *T. harzianum* با نام تجاری TRICHODEX در فلسطین اشغالی بوده است (Freeman *et al*., 2004). فرمولاسیون‌های ECOFIT (*T. viridae*) و TRI002 (*T. harzianum*)، در حال حاضر برای کنترل بیماری‌های خاکزاد محصولات زراعی و گلخانه‌ها به‌ترتیب در هندوستان و کشورهای اروپایی تولید و به‌فروش می‌رسند (Koch, 1991). هدف از این تحقیق، جداسازی قارچ‌های آنتاگونیست و بررسی میزان کنترل کنندگی آن‌ها در مقایسه با ترکیبات زیستی ماری گُلد، محصول شرکت ABPL کشور هندوستان و محصول تولید داخل TRICHO-MIX H.V.، روی جمعیت نماتود سیستی و تاثیر آن‌ها روی فاکتورهای رشدی چغندرقند در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

در بهار و تابستان ۱۳۹۴، نمونه‌برداری از خاک مزارع چغندرقند آلوده به نماتود سیستی، به تعداد ۱۰ مزرعه و از هر مزرعه، پنج نمونه نیم کیلویی خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری از قطر هر مزرعه، در منطقه خوراسگان اصفهان انجام شد.

استخراج سیست‌های *Heterodera* و شناسایی گونه *H. schachtii*

برای استخراج سیست از روش فنویک (Fenwick, 1940) و برای تشخیص گونه نماتود سیستی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی لارو سن دو و سیست استفاده شد (Mulvey, 1972; Mulvey and Golden, 1983).

جداسازی قارچ از نماتود

برای جداسازی قارچ‌های *F. solani* و *Pochonia chlamydosporia var. chlamydosporia* ابتدا، سیست‌های قهوه‌ای رنگ توسط هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به‌مدت یک دقیقه، ضدعفونی و سپس روی محیط کشت PDA قرارداده شد. پس از ۴-۳ روز نگه‌داری پتری‌های حاوی سیست در دمای ۲۸ درجهٔ سلسیوس انکوباتور، قارچ‌های رشد کرده از سیست‌ها به محیط کشت PDA دیگری انتقال داده شدند (Meyer *et al*., 1990).

جداسازی قارچ از خاک آلوده به نماتود

برای جداسازی قارچ از خاک آلوده به نماتود، ابتدا خاک خشک شده را از الک با شماره مش ۳۰ عبور داده و سپس، در زیر هود با جریان هوای سترون، عمل رقیق‌سازی مطابق روش Nelson و همکاران (۱۹۸۳) تا سطح ۰/۰۰۱ انجام شد و در نهایت یک میلی‌لیتر از رقت ۰/۰۰۱ را جدا و درون یک تشتک پتری حاوی محیط کشت PDA و رُزبنگال به میزان ۰/۰۵ در لیتر قرار داده و سپس، تشتک پتری‌ها در چند تکرار به‌مدت ۴-۳ روز درون انکوباتور با دمای ۲۸ درجهٔ سلسیوس نگه‌داری و پس از رشد قارچ، جدایه‌ها به محیط کشت PDA منتقل شدند.

خالص‌سازی قارچ‌ها

برای خالص سازی قارچ ها از روش‌های تک اسپور و نوک ریسه استفاده شد. بدین‌صورت که برای تک اسپور و تک ریسه کردن، قسمت کوچکی از قارچ را جدا کرده و به درون یک لوله آزمایش سترون منتقل شد و پس از تکان دادن لوله آزمایش، یک سی‌سی از آن به درون پتری حاوی محیط کشت آب آگار (WA) اضافه شد. پتری‌ها در انکوباتور با دمای ۲۸ درجهٔ سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت نگه‌داری شدند. پس از آن، پتری‌ها از سطح پشت با بزرگنمایی ۱۰۰ میکروسکوپ، برای بررسی اسپورها یا هیف‌های تندش یافته مشاهده شدند. سپس، در زیر هود، قطعات کوچکی از محیط کشت حاوی اسپور جوانه زده یا هیف رشد کرده به محیط کشت PDA منتقل شد. برای

Archive of SID

www.SID.ir

خالص‌سازی، از روش نوک ریسه، با اخذ انتهای ریسه‌های قارچی و یک‌دست و فاقد هر گونه آلودگی، قسمت کوچکی را برداشته و روی محیط PDA کشت داده شد (Siddiqui *et al.*, 2000). پس از خالص‌سازی و تهیه اسلاید، شناسایی قارچ‌های آنتاگونیست با استفاده از منابع معتبر علمی، از جمله کلیدهای شناسایی Booth (1971)، Domsch *et al.* (2007)، Nelson *et al.* (1983)، Samson (1974) صورت گرفت.

تهیه زاد مایه قارچ

برای تکثیر جدایه‌ها، از کشت آن‌ها روی دانه گندم سترون استفاده شد. بدین‌صورت که دانه‌های گندم به‌مدت ۴۸-۲۴ ساعت در آب خیسانده شدند. سپس، بشرهای ۲۵۰ میلی‌لیتری تا نیمه با گندم‌های مذکور پرگشته و با مسدود کردن درب بشرها، دو بار در دستگاه اتوکلاو ضدعفونی شد. سپس، در شرایط سترون ۳-۲ قطعه از قارچ‌های خالص *T. harzianum* 128، *T. harzianum* 93، *F. solani*، *T. flavus* 94، *T. flavus* 134 و *P. chlamydosporia* توسط سوزن سترون درون هر بشر قرار داده شد و بشرها به درون انکوباتور با دمای ۲۸ درجهٔ سلسیوس، به‌مدت یک ماه نگه‌داری شدند و هر ۳-۲ روز یک‌بار، بشرها برای رشد بهتر و یکنواخت‌تر قارچ‌ها تکان داده می‌شدند (Kooliyottil *et al.*, 2016; Siddiqui & Sayeed Akhtar, 2008).

بررسی‌های گلخانه‌ای

این بررسی‌ها، در شرایط گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار ازجدایه‌های قارچی و ترکیبات تجاری و بیولوژیک، شامل *T. harzianum* 128، ماری گلد، *T. harzianum* 93، TRICHO-MIX H.V.، *F. solani*، *T. flavus* 94، *T. flavus* 134 و *P. chlamydosporia* در مقایسه با کنترل (فقط حاوی نماتد سیستی) هرکدام در پنج تکرار، به اجرا در آمد. برای انجام آزمایش از دو نوع خاک مزرعه آلوده به نماتود و خاک سترون (فاقد نماتود) استفاده شد. قبل از به‌کار بردن خاک مزرعه آلوده به نماتود سیست چغندرقند، برای محاسبه جمعیت اولیه نماتود، ۲۰۰ گرم از آن خاک به وسیله قیف فنویک شسته شد و سپس، باتوجه به داشتن جمعیتی با آلودگی ۰/۶۷ عدد سیست و ۱۲ عدد تخم و لارو سن دو در هر گرم یا یک گرم خاک مورد استفاده قرارگرفت. از این خاک برای بررسی اثر تیمارهای قارچی و زیستی روی جمعیت نماتود سیست چغندرقند استفاده شد. خاک سترون، شامل ترکیب خاک، ماسه و خاک برگ با نسبت حجمی ۱:۱:۱ برای بررسی اثر تیمارهای آزمایش در کنترل نماتود سیست چغندرقند استفاده شد. خاک مزرعه به‌میزان دو کیلوگرم به درون ۴۵ گلدان و در مجموع ۹۰ گلدان پلاستیکی متوسط دو کیلویی اضافه شد. سپس، به‌میزان ۱۰ گرم از گندم‌های حاوی قارچ که معادل یک گرم قارچ خالص (10^6 عدد اسپور در گرم خاک) بود و ۰/۲ گرم ترکیب تجاری ماری گُلد و ۲ گرم تریکو میکس اچ. وی. طبق دستورالعمل، با یک دوم خاک بالایی گلدان‌ها مخلوط شد و پس از آن بذور چغندرقند رقم مونوژرم ۰۰۵ کشت و در نهایت سه بوته حفظ شد. گلدان‌ها، در شرایط گلخانه با دمای ۲±۲۵ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی بین ۸۰-۶۰ درصد به‌مدت ۹۰ روز نگه‌داری شدند.

ارزیابی آزمایش

ارزیابی آزمایش براساس جمعیت نهایی نماتود، شامل تعداد سیست و تخم و لارو سن دوم و فاکتورهای رشدی بوته‌های چغندرقند صورت گرفت. به‌منظور ارزیابی فاکتورهای رشدی گیاهان، پس از خارج کردن بوته‌های چغندرقند از گلدان‌ها، طول، وزن تر و خشک ریشه اندام‌های هوایی، اندازه‌گیری شد. هم‌چنین، برای ارزیابی جمعیت نهایی نماتود، ۲۰۰ گرم از خاک خشک شده تکرارهای حاوی نماتود، برای استخراج سیست‌های آن توسط قیف فنویک شسته شد. سپس، سیست‌ها توسط سیست خردکن، خرد شده و جمعیت تخم و لارو سن دوم در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی ۲۰۰ شمارش شد (Southey, 1970). پس از آن فاکتور تولید مثل، به‌صورت درصد (Multiplication Rate, %MR) محاسبه و درصد کاهش جمعیت نماتود با استفاده از فرمول %MR-100

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین شد. تجزیهٔ واریانس با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه، به‌وسیلهٔ آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) انجام شد (SAS Institute, 2004).

نتایج

شناسایی نماتود سیستی چغندرقند گونهٔ *Heterodera schachtii*

نماتدهای سیستی جدا شده از مزارع چغندرقند منطقه خوراسگان براساس مشخصات مخروط انتهای بدن سیست‌ها و بررسی میکروسکوپی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی سیست و لارو سن دوم افراد نمونه با گونهٔ *Heterodera schachtii* Schmidt,1871 مطابقت نشان دادند (Mulvey and Golden, 1983).

شناسایی قارچ‌های انگلی جدا شده از نماتود سیست چغندرقند

از بین قارچ‌های جدا شده از سیست و خاک آلوده به نماتود، دو گونه قارچ انگلی *F. solani* و *P. chlamydosporia* var. *chlamydosporia* براساس مشخصات مورفولوژیکی و فنولوژیکی، شناسایی شدند. هم‌چنین براساس مشخصات ماکروسکوپی (سرعت رشد کلنی، رنگ کلنی) و میکروسکوپی (اسپورودوکیوم، نوع فیالید، میکروکنیدیوفور، میکروکنیدی، ماکروکنیدی و کلامیدوسپور) و با استفاده از کلیدها و منابع علمی موجود، شناسایی قارچ‌های *F. solani* و *P. chlamydosporia* var. *chlamydosporia* صورت گرفت (Booth, 1971، Domsch *et al*., 2007، Nelson *et al*., 1983، Samson, 1974). قارچ‌های *T. harzianum* 128 و *T. harzianum* 93 از خاک آلوده به نماتود سیست چغندرقند در ارومیه و جدایه‌های *Talaromyces flavus* 134 و *T. flavus* 94 (دریافتی از کلکسیون سرکار خانم دکتر نراقی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران) پیش از این تهیه و شناسایی شده بودند.

نتایج بررسی‌های گلخانه‌ای

مقایسه میانگین و تجزیهٔ واریانس جمعیت نهایی (Pf)، تولیدمثل، درصد تکثیر و کنترل نماتود در تیمارهای قارچ و ترکیبات بیولوژیک نشان داد که تفاوت معنی‌داری (P =۰/۰۱) بین تیمارهای آزمایش وجود دارد (جدول ۱). به‌طوری‌که *T. harzianum* 128، ترکیب ماری گلد، *T. harzianum* TRICHO-MIX H.V. 93، *F. solani* 94، *T. flavus* 134 و *P. chlamydosporia* به‌ترتیب ۶۵/۰۸، ۶۰/۷۲، ۵۳/۰۸، ۴۷/۹۹، ۴۵/۸۱، ۴۲/۱۷، ۴۱/۴۵ و ۲۰/۳۵ درصد، جمعیت نهایی نماتود را کاهش دادند.

ارزیابی شاخص‌های رشدی

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین شاخص‌های رشدی به‌دست آمده؛ طول، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی (برگ)، دارای تفاوت معنی‌دار (P =۰/۰۱)، اما وزن تر برگ فاقد تفاوت معنی‌داری بود (جدول ۲). بیشترین میانگین فاکتورهای رشدی گیاهان آلوده به نماتود سیست چغندرقند در گلخانه مربوط به قارچ‌های *P. chlamydosporia* در طول ساقه و ریشه به‌ترتیب با ۱۳/۹۰ و ۱۱/۸۰ سانتی‌متر و *F. solani* با ۱۳/۷۰ و ۹/۹۰ سانتی‌متر نسبت به سایر تیمارها بودند. هم‌چنین، بیشترین میانگین فاکتورهای رشدی وزن تر و خشک ساقه و ریشه به‌ترتیب مربوط به این دو قارچ در گیاهان آلوده به نماتود سیست چغندرقند مشاهده شد. اما، در خصوص بیشترین میانگین فاکتورهای رشدی تیمارهای فاقد نماتود سیست چغندرقند در گلخانه، با اختلاف نامحسوسی کماکان همان روند را به‌ترتیب در پی داشته است، با این تفاوت که فقط در فاکتور طول، پس از قارچ *P. chlamydosporia*، قارچ *T. harzianum* 128 با مقدار ۱۶/۴۰ سانتی‌متر در مقام دوم قرارگرفت (جدول ۲) (P =۰/۰۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- میانگین تعداد سیست، جمعیت نهایی، تولیدمثل، درصد تکثیر و درصد کنترل نماتود سیست چغندرقند پس از سه ماه در شرایط گلخانه (۹۳- ۱۳۹۲).

Table 1. The average number of cysts, final population, reproduction factor, multiplication rate and control percentage of cyst nematode on sugar beet after 3 months in the greenhouse (2013-15).

Treatment	Number of cysts/g soil	Final egg and larva population/g soil	Reproduction factor	Multiplication rate (%)	Cyst control (%)
Control + nematode alone	2.15 a	55.00 a	3.66 a	100.00 a	0.00 e
F. solani	1.31 c	29.80 cd	1.98 cd	54.18 cd	45.81 bc
P. chlamydosporia	1.73 b	43.80 b	2.91 b	79.63 b	20.35 d
T. flavus 134	1.26 c	32.20 c	2.14 c	58.54 c	41.45 c
T. flavus 94	1.69 b	31.80 c	2.11 c	57.81 c	42.17 c
T. harzianum 93	1.43 bc	25.80 cde	1.71 cde	46.90 cde	53.80 abc
T. harzianum 128	1.41 bc	19.20 e	1.27 e	36.90 e	65.08 a
Marigold	1.31 c	21.60 de	1.43 de	39.26 de	60.72 ab
TRICHO-MIX H.V.	1.27 c	28.60 cd	1.90 cd	51.99 cd	47.99 c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

The means with the same letters in each column are not significant at 1% level according to Duncan's test.

جدول ۲- میانگین فاکتورهای رشدی گیاهان آلوده به نماتود سیست چغندرقند پس از سه ماه در شرایط گلخانه (۹۳- ۱۳۹۲).

Table 2. Average sugar beet growth factors infected with cyst nematode after 3 months in the greenhouse (2013-15).

Treatments	Length (cm)		Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
	Stem	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
Control + nematode alone	11.50 abc	9.80 ab	1.21 a	0.28 bcd	0.16 d	0.10 c
F. solani + nematode	13.70 c	9.90 ab	1.79 a	0.78 a	0.40 a	0.14 b
P. chlamydosporia + nematode	13.90 a	11.80 a	1.72 a	0.76 a	0.37 ab	0.19 a
T. flavus 134 + nematode	10. 60 bcd	6.50 de	1.04 a	0.18 cd	0.27 bc	0.08 c
T. flavus 94 + nematode	12.80 ab	8 bcd	1.80 a	0.37 b	0.30 bc	0.08 cd
T. harzianum 93 + nematode	11.90 abc	6.80 cde	1.22 a	0.30 bc	0.22 cd	0.08 cd
T. harzianum 128 + nematode	12.30 abc	8.80 bc	1.40 a	0.37 b	0.27 bc	0.09 c
Marigold + nematode	8.20 d	7.20 cde	1.04 a	0.16 cd	0.14 d	0.04 de
TRICHO-MIX H.V. + nematode	9.60 cd	5.40 e	1.11 a	0.12 d	0.20 cd	0.03 e

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

The means with the same letters in each column are not significant at 1% level according to Duncan's test.

بحث

قارچ تریکودرما با ایجاد رقابت، خواص مایکوپارازیتیسمی و تولید آنزیم و ترکیبات سمی با عوامل بیماری‌زا مقابله می‌کند (Mahdikhani *et al*., 2009; Ahmadi *et al*., 1998). این قارچ، به‌طور اختصاصی در مقابل عوامل نماتودی، دارای مکانیسم‌های ایجاد ترکیبات ضد نماتودی و اثر مستقیم روی لاروهای سن دوم و تخم نماتود و هم‌چنین، با کاهش میزان جذب نماتودها توسط ریشه، نفوذ آن‌ها را محدود کرده و علاوه بر این، با القای مکانیسم‌های دفاعی گیاه در مقابل حمله نماتود موجب محدودیت بیماری‌زایی آن‌ها می‌شود. به‌طوری‌که می‌توان گفت مکانیسم‌های مختلف این قارچ به جز رقابت بر علیه نماتودها مؤثر می‌باشد (Sharon *et al*, 2001).

برای کنترل نماتودهای پارازیت گیاهی به‌وسیلهٔ گونه‌های قارچ تریکودرما، تلاش‌های بسیار زیادی صورت گرفته است. Gabriel و همکاران در سال ۲۰۱۲، گزارش کردند که گونه *T. harzianum* تولید تخم نماتود مولد گره ریشه، *Meloidogyne incognita* را در خاک به میزان ۶۴ درصد و تولید لارو سن دوم را به میزان ۵۰ درصد کاهش داده است. Siddiqui و همکاران در سال ۲۰۰۱، اثر *T. harzianum* را در آزمایشگاه و گلخانه روی تخم و سیست نماتود مولد گره ریشه مورد بررسی قرار دادند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدایه‌های قارچ تریکودرما در آزمایشگاه، باعث شدند که به‌طور متوسط ۳۷ درصد تخم‌ها نسبت به شاهد، انگلی شده و از بین بروند. گیاه جعفری یا ماری گلد *Tagetes* spp.، با داشتن خاصیت جلب لاروها به‌سمت ریشه و خاصیت آللوپاتی از تفریخ تخم نماتود و تکثیر لارو در ریشه ممانعت می‌نماید. بنابراین، می‌توان گفت این گیاه مانند گیاه تله عمل می‌کند و با ترشحات حاصل از ریشه، ضمن جلب لاروها به سمت خود، از رشد و تکثیر آن‌ها جلوگیری به عمل می‌آورد (Wang *et al.*, 2007) که در این تحقیق، توانسته است ۶۰/۷۲ درصد جمعیت نماتود را کاهش دهد. ارزیابی تأثیر ماری گلد روی نماتود سیست چغندرقند، برای اولین‌بار در ایران صورت گرفت.

مکانیسم اثر قارچ *F. solani*، روی تخم‌های نماتود مربوط به تولید توکسین و فشارهای مکانیکی ایجاد شده توسط میسیلیوم آن می‌باشد (Qadri and Saleh,1990). قارچ فوزاریوم در تحقیقات متعددی از سیست‌های *H. schachtii* گزارش شده است (Ahmadi *et al*., 1998; Khezrinejad *et al*., 2006; Gao *et al*., 2006). ساختمان پوسته تخم اکثریت نماتودها از سه لایهٔ ویتالین، کیتین و لیپید تشکیل شده است و این سه لایه در جنس‌های مختلف نماتودهای انگل گیاهی متفاوت می‌باشد (Stirling, 1991). با توجه به وجود کیتین در ساختمان پوسته تخم نماتودها، آنزیم کیتیناز تولید شده توسط *P. chlamydosporia*، نقش مهمی در نفوذ قارچ به درون تخم نماتودها دارد. این قارچ با ۲۰/۳۵ درصد کمترین میزان کنترل‌کنندگی را داشت. جداسازی این گونه از نماتود سیست چغندرقند، در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است. Lopez وRomero در سال ۱۹۸۸، انگل‌های قارچی نماتود مولد سیست چغندرقند را در اسپانیا بررسی نمودند و مشخص شد که قارچ *P. chlamydosporia* می‌تواند تخم‌ها و سیست‌های نماتود را انگلی نماید. اثر نماتدکشی ماری گلد با مکانیزم بیوشیمیایی آللوپتی صورت می‌گیرد. بدین‌ترتیب که با ترشح توکسین آلفاترتینویل، از مهم‌ترین تولیدات سمی ماری گلد، موجب جلوگیری از تفریخ تخم‌ها، تولید مثل نماتد و در نهایت کاهش زاد و ولد و تکثیر نماتد می‌شود (Krueger *et al*., 2007; Riga, 2009). این گزارش با نتایج به‌دست آمده در کاهش قابل توجه جمعیت نماتد در این پژوهش هماهنگی و هم‌خوانی دارد. Dababat و همکاران در سال ۲۰۱۵ با انجام روش‌های زیستی از جمله میکروارگانیسم‌های مفید خاک، *Nematophthora gynophila* و *Pochonia chlamydosporia* توانستند تا حد زیادی (۸۰-۲۰ درصد) جمعیت تخم و لاروهای نماتد سیست غلات، *Heterodera avenea* را کاهش دهند. با ارزیابی جمعیت نهایی نماتود، نتیجه گرفته می‌شود که جدایه‌های ۱۲۸ و ۹۳ تریکودرما با ۶۵/۰۸ و ۵۳/۰۸ درصد و ترکیب تجاری ماری گلد با ۶۰/۷۲ درصد برای کنترل *H. schachtii*، از کارایی خوبی برخوردار است. این نتایج با گزارش مهدی‌خانی و همکاران (۲۰۰۹) در خصوص جدایه‌هایی از *Trichoderma harzianum*، گل میرزایی و همکاران (۲۰۱۳) با *Pochonia chlamydosporia*، خضری‌نژاد روی گونه‌های *F. solani* و *Paecilomyces lilacinus* در کنترل بیولوژیک نماتود سیست چغندرقند، *H. schachtii* و نیز مختاری و اولیا (۲۰۱۵) در مهارزیستی نماتود ریشه گرهی *Meloidogyne javanica* توسط *P. chlamydospoia* و سایرین هم‌خوانی و مطابقت دارد (Keshavarz *et al.*, 2013; Manzanilla-López, 2013; Mahdikhani *et al*., 2009). استفاده از ترکیبات زیستی شامل ترکیب تجاری ماری گُلد و تریکومیکس اچ. وی. و هم‌چنین، قارچ *Talaromyce* spp. برای اولین‌بار روی نماتود سیست و روی چغندرقند در ایران صورت گرفت و باید تحقیقات گسترده‌ای در رابطه با این ترکیبات صورت گیرد تا به‌توان به‌نتیجه ثابت و مطمئنی در زمینه کمیت و کیفیت کنترل بیولوژیک نماتود سیستی چغندرقند دست‌یافت.

براساس نتایج به‌دست آمده، مشخص شد که اکثر قارچ‌های آنتاگونیستی مورد مطالعه در این تحقیق، موجب ازدیاد رشد گیاه چغندرقند به مقادیر متفاوتی شده بودند که در طول ریشه و برگ، وزن تر و خشک ریشه و وزن خشک برگ، قابل مشاهده می باشد. این نتایج با گزارش‌های نراقی و همکاران، در این خصوص روی محصولات چغندرقند،

Archive of SID

www.SID.ir

گوجه فرنگی، خیار و پنبه موافقت و هماهنگی دارد (Naraghi *et al.*, 2012a, 2012b, 2014). البته، دو قارچ فوزاریوم و پوکونیا، باعث رشد بیشتر بوته‌های چغندرقند نسبت به سایر تیمارها شده بودند. در این رابطه، سایر گزارش‌ها موارد فوق را روی چغندرقند و سایر محصولات شامل گوجه‌فرنگی و بامیه تأیید می‌نمایند (Gholmirzaei *et al.*, 2013; Khezrinejad *et al.*, 2006; Mokhtari and Olia, 2015; Siddiqui & Sayeed Akhtar, 2008). نتایج سایر پژوهشگران نشان داده است که تیمار گیاه چغندرقند با قارچ‌های آنتاگونیست به‌ویژه، *T. harzianum* 65 اثر مثبتی در رشد گیاهان دارد و باعث افزایش وزن تر و خشک ساقه و ریشه‌ها می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که جذب مواد مغذی از خاک و رشد ریشه اندام‌های هوایی گیاهان مایه‌زنی شده با *T. harzianum* 65، افزایش یافته است (Karimi *et al.*, 2016). هم‌چنین، احتمالاً گیاهان مایه‌زنی شده، به‌دلیل تراکم ریشه بیشتر، می‌توانند مواد مغذی موجود در ریزوسفر را بهتر و بیشتر جذب کنند (Butt *et al.*, 2001). این قارچ، اسید فسفاتازهای نسبتاً زیادی برای به‌حرکت درآوردن طیف وسیعی از فرم‌های پیچیده و غیرقابل حل فسفات در ریزوسفر تولید می‌کند. لذا، گیاه میزبان دسترسی به فسفر کافی در خاک خواهد داشت (Dababat *et al.*, 2015). در یک جمع‌بندی از نتایج این تحقیق مشخص شد که جدایه‌های آنتاگونیست 128 *T. harzianum*، 93 *T. harzianum* و قارچ‌کش بیولوژیک TRICHO-MIX H.V.، به‌ترتیب درصد بالایی از جمعیت نماتود سیست چغندرقند را کاهش داده و نیز افزایش رشد در گیاه چغندر قند را موجب شده‌اند. لذا، لازم است ترتیبی اتخاذ شود تا این عوامل مفید بیشتر مورد توجه قرارگیرند. از ویژگی‌های دیگر این قارچ‌ها این که انتشار جهانی داشته و در خاک‌های مقاوم به نماتود، به‌صورت انگل نماتودها یافت می‌شوند. هم‌چنین، این قارچ‌ها، می‌توانند در غیاب گیاه و نماتود میزبان در خاک به حالت ساپروفیت باقی‌بمانند. آن‌ها می‌توانند در ریزوسفر ریشه‌های گیاهان میزبان استقرار یابند. حتی گزارش شده است که رفتار درون رُست، در ریشه برخی گونه‌های خانوادهٔ گندمیان و سیب زمینی دارند که در دفاع گیاه میزبان در برابر بیماری‌های خاکزی مقابله می‌نماید و به‌عنوان انگل، روی نماتودهای گوناگون گزارش شده‌اند. لازم به توضیح است که کنترل بیولوژیک نماتودها در قالب یک برنامه مدیریت تلفیقی و با استفاده از شکارگرها و انگل‌ها، ضمن استفاده از ارقام مقاوم، عملیات زراعی، تناوب، آفتاب دهی خاک و استفاده صحیح از نماتودکش‌ها، صورت می‌گیرد (Dababat *et al.*, 2015; Hooks *et al.*, 2010; Karimi *et al.*, 2016).

سپاسگزاری

لازم می‌داند، بدین‌وسیله از بخش گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان، در این که امکانات لازم در اجرای این پروژه در اختیار قرار داده شد تشکر و قدردانی شود.

References

Abdelazzez Heba, M. & Tewfike, T.A. 2014. Rice straw as nematicidal compound on root-knot nematode and microbial impact of population in rhizosphere of faba bean plant. Journal of Microbiology Research, 4(6): 201–209.

Ahmadi, A.R., Sharifi Tehrani, A., Kairi, A. & Hjaroud, G. 1998. Isolation of *Fusarium solani* and *Paecilomyces* spp. fungi and their performance on biological control of nematode *Heterodera schachtii* eggs in vitro. Iranian Journal of Plant Pathology, 34(3-4): 186–197.

Booth, C. 1971. The Genus Fusarium. Commonwelth Mycological Institute Kew, Surrey, England, CAB International.

Butt, T.M., Gackson, C. & Magan, N. 2001. Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential". CABI Publishing.

Archive of SID

www.SID.ir

Chen, S.Y. & Chen, F.J. 2003. Fungal parasitism of *Heterodera glycines* eggs as influenced by egg. Age and pre-colonization of cysts by other fungi. Journal of Nematology, 35(3): 271–277.

Dababat, A.A., Imren, M. Erginbas-Orakci, G., Ashrafi, S., Yavuzaslanoglu, E., Toktay, H., Pariyar, S.R., Elekcioglu, H.I., Morgounov, A. & Mekete, T. 2015. The importance and management strategies of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp. in Turkey. Euphytica . 202: 173–188.

Domsch, K.H., Gams, W. & Anderson, T.H. 2007. Compendium of soil fungi. 2nd ed. IHW-Verlag. Eching. Germany.

Draycott, A.P. 2006. Sugar Beet (World Agriculture Series). Wiley-Blackwell. London.

Fatemi, S. 1998. Study of antagonistic effects *Paecilomyces fumosoroseus* on *Heterodera schachtii* and *Meloidogyne javanica*. Iran Journal of Plant Pathathology, 49(2): 65–67.

Fenwick, D.W. 1940. Methods for recovery and counting of *H. schachtii* from soil. J. Helminth. 18: 155–177.

Freeman, S., Minz, D., Kolesnik, I., Barbul, O., Zreibil, A., Maymon, M., Nitzani, Y., Kirshner, B., Rav-David, D., Bilo, A., Dag, A., Shafir, S. & Elad, Y. 2004. *Trichoderma* biocontrol of *Colletotrichum acutatum* and *Botrytis cinerea*, and survival in strawberry. European Journal of Plant Pathology, 110: 361–370.

Gabriel, M.M., Mauro, F.B.J. & Jerônimo, V.A.F. 2012. *Trichoderma harzianum* reduces population of *Meloidogyne incognita* in cucumber plants under greenhouse conditions. Journal of Entomology and Nematology, 4(6): 54–57.

Gao, X., Jackson, T.A. Hartman, G.L. & Niblack, T.L. 2006. Interactions between the soybean cyst nematode and *Fusarium solani* f. sp. *glycines* based. Journal of Phytopathology, 96 (12): 1409–1415.

Gholmirzaei N., Mousavi, M.R. & Mohammadi, S. 2013. Impact of compost and antagonistic fungi *Purpureocillium lilacinu* and *Pochonia chlamydosporia* in control of sugar beet cyst *Heterodera schachtii.* MSc Thesis, Islamic Azad University, Marvdasht Branch.

Gray, F.A. & Koch, D.W. 1997. Biology and Management of the sugar beet nematode. University of Wyoming. B-957R .

Henderson, C.F. & Tilton, E.W. 1955. Tests with acaricides against the brow wheat mite. Journal of Economic Entomolgy, 48: 157–161.

Hooks, C.R.R., Wang, K.H., Ploeg, A. & McSorley, R. 2010. Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant-parasitic nematodes. Applied Soil Ecology, 46: 307–320.

Karimi, E., Safaie, N., Shamsbakhsh, M. & Mahmoudi S.B. 2016. Control of seedling damping-off disease on sugar beet caused by *Rhizoctonia solani* ag-2-2 by endophytic fungi and resistance inducer compounds as seed treatment. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 38(4): 33–52.

Keshavarz, A., Mousavi, M.R. & Basirnia, T. 2013. Effects of antagonistic fungi *Trichoderma harzianum* and crop residues and manure *Pochonia chlamydosporia* on control of beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*). M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Marvdasht Branch.

Khezrinejad, N., Ghosta, Y. & Niknam, G.H. 2006. Fungi associated with sugar beet cyst nematode from fields of W. Azerbaijan. Rostaniha, 7 (2): 149–162.

Koch, G. 1991. Evaluation of commercial products for microbial control of soil born plant disease. Crop Production, 18: 119–125.

Kooliyottil, R., Dandurand, L.M., Govindan, B.N. & Knudsen G.R. 2016. Microscopy method to compare cyst nematode infection of different plant species. Advances in Bioscience and Biotechnology, 7: 311–318.

Archive of SID

www.SID.ir

Krueger, R., Dover, K.E., McSorley, R. & Wang, K.H. 2007. Marigolds (*Tagetes* spp.) for nematode management. Entomology and Nematology Dept., Florida Coop. Ext. Serv., Inst. of Food and Agr. Sci., University of Florida, Gainesville. ENY-056. <http://edis.ifas.ufl.edu/NG045>.

Lopez, D.J. & Romero, M.D. 1988. Fangal parasites off eggs and cysts of *Heterodera schachtii* (Nematoda: *Heteroderidae*) in the Duero valley. Page 30 in: *Helminthology*, Abst. (Series B). 58, No.1.

Manzanilla-López, R.H., Esteves,I.M., Finetti-Sialer, M.M. Hirsch, P.R., Ward, E., Devonshire, G.& Hidalgo-Díaz, L. 2013. *Pochonia chlamydosporia*: Advances and challenges to improve its performance as a biological control agent of sedentary endo-parasitic nematodes. The Journal of Nematology. 45(1): 1–7.

Mahdikhani Moghadam, E., Rouhani, H. & Fallahty Rastegar, M. 2009. Biological control of beet cyst nematode *Heterodera schachtii* by *Trichoderma* in laboratory and greenhouse. Water and Soil Sciences. 13: 301–313.

Meyer, S.L.F., Huettel, R.N. & Sayre, RM. 1990. Isolation of fungi from *Heterodera glycines* and in vitro bioassays for their antagonism to eggs. Journal of Nematology, 22(4): 532–537.

Mokhtari, F. & Olia, M. 2015. Biocontrol of root knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) using isolates *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia* in tomatoes. Plant Protection (Journal of Agriculture), 38(3): 67–79.

Mulvey, R.H. & Golden, M.A. 1983. An illustrated key to the cyst forming genera and species of Heteroderidae in the westem hemisphere with species morphometrics and distribution. Nematology, 15(1): 1–59.

Mulvey, R.H. 1972. Identification of *Heterodera* cyst by terminal and cone top structures. Canadian Journal of Zoology, 50(10): 1277–1292.

Naraghi L., Heydari A., Rezaee S. & Razavi M. 2012a. Biocontrol agent *Talaromyces flavus* stimulates the growth of cotton and potato. Journal of Plant Growth Regulation. 31(4): 471–477.

Naraghi L., Heydari A., Rezaee S., Razavi M. & Afshari-Azad H. 2012b. Promotion of growth characteristics in greenhouse cucumber and tomato by *Talaromyces flavus*. International Journal of Agriculture Science Research, 2(3): 129–141.

Naraghi, L., Heydari, A., Askari, H., Pourrahim, R. & Marzban, R. 2014. Biological control of *Polymyxa betae*, fungal vector of rhizomania disease of sugar beets in greenhouse conditions. Journal of Plant Protection Research, 54(2): 109–113

Nelson, P.E., Toussoun, T.A. & Marasus, W.F.O. 1983. Fusarium species: An illustrated manual for identification. Pensylvania state university. Press. University. Park.

Norouzi, P. 2013. Molecular evaluation and incensement of cyst nematode resistance gene frequency during several generations of self-pollination in sugar beet. Journal of Crop Breeding, 6 (13): 49–60.

Oostenbrink, M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Meded Landbank, Hoogeschool Wageningen, 66: 1–46.

Qadri, A.N. & Saleh, H.M. 1990. Fungi associated with *Heterodera schachtii* (Nematoda) in Jordan. JI. Effect on *H. schachtii* and *M. javanica*. Nematologica, 36: 104–113.

Riga, E. 2009. The potential of marigolds to control insect pests and plant parasitic nematodes. sustaining the pacific northwest, 7 (3): 1–12.

Samson, R. A. 1974. *Paecilomyces* and some allied Hyphomycetes. Studies in Mycology, 6:119.

SAS Institute. 2004. SAS/STAT User's Guide. Version 9.1.3. Cary: SAS Institute Inc.

Archive of SID

www.SID.ir

Sharon, E., Bar-Eyal, M., Chet, I., Herrera-Estrella, A., Keleifed, O. & Spiegel, Y. 2001. Biological control of the root knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. Phytopathology, 91(7): 687–693.

Siddiqui, I.A., Qureshi S.A., Sultana V., Ehteshamul-Haque S. & Ghaffar A. 2000. Biological control of rot-root knot disease complex of tomato. Plant Soil, 227: 163–169.

Siddiqui, I.A., Amer-Zareen, Zaki MJ. & Shaukat, S.S. 2001. Use of *Trichoderma* species in the control of *Meloidogyne javanica*, root knot nematode of okra and mungbean. Pakistan Journal of Biolological Science, 4:846–848.

Siddiqui, Z.A & Sayeed Akhtar, M. 2008. Effects of antagonistic fungi, plant growth-promoting rhizobacteria, and arbuscular mycorrhizal fungi alone and in combination on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. Journal of General Plant Pathology. 75: 144–158.

Sobczak, M. & Golinowski, W. 2011. Cyst nematodes and syncytia. In: Jones J, Gheysen G, Fenoll C, editors. Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science Business Media.

Southey, J.F. 1970. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. London.

Stirling, C.R. 1991. Biological control of plant parasitic nematodes. C.A.B. International. Redwood Press Ltd., Melksham, UK.

Wang, K.H., Hooks, C.R. & Ploeg, A.T. 2007. Protecting crops from nematode pests: Using Marigold as an alternative to chemical nematicides. Plant Disease, 1–6 p.

Westphal, A. & Becker, J.O. 2001. Components of soil suppressiveness against *Heterodera schachtii*. Soil Biology and Biochemistry. 33: 9–16.

Archive of SID

www.SID.ir

Antagonistic effects of fungal isolates and two commercial bioproducts in the control of sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*

Mansoureh Hosseini[1], Mehdi Nasr Esfahani*[2], Morteza Ghorbani[1]

1. Department of Plant Protection, Zabol University, Zabol, Iran

2. Plant Protection Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Isfahan, Iran

*Corresponding author: Mehdi Nasr Esfahani, email: mne2011@gmail.com

Received: Sep., 25, 2016 5(2) 1-12 Accepted: Jun., 11, 2018

Abstract

The biological control of *Heterodera schachtii,* was investigated using *Trichoderma harzianum*, *Talaromyces flauvs*, *Fusarium solani* and *Pochonia chlamydosporium* antagonistic fungi isolated from sugar beet cyst nematode in Isfahan Province of Iran. Their effects were compared to those of two commercial bioproducts including Marigold (Amit Biotech Pvt. Ltd., India) and TRICHO-MIX H.V. (Fanavaran Hayat-e Sabz Co., Iran) in a completely randomized design greenhouse experiment with five replicates. Fungal isolates grown on sterile wheat seeds were added to the field soil and or pasteurized soil at the rate of 10 grams per pot along with Marigold and TRICHO-MIX H.V. at 0.2 and 2 grams per pot respectively. Pots were kept in a greenhouse at 25±2°C, with 70±10% RH for 90 days. Analysis of the variance of the results was first performed and comparisons of the means were done using Duncan's multiple range test by SAS 9.1 statistical software. The results showed that there were significant differences in final population density between treatments compared with nematode alone. *T. harzianum*128, Marigold, *T. harzianum* 93, TRICHO-MIX H.V., *F. solani*, *T. flavus* 94, *T. flavus* 134 and *P. chlamydosporium* reduced final population by 65.08, 60.72, 53.08, 47.99, 45.81, 42.17, 41.45 and 20.35%, respectively. Fresh and dry weight of the above and below ground and length of the stem and the root of sugar beet plants were significantly different in the pasteurized and field soil. Plants treated with *Fusarium* and *Verticillium* showed higher growth compared to the other treatments.

Keywords: Marigold, *Pochonia chlamydosporia, Talaromyces flauvs,* TRICHO-MIX H.V., *Trichoderma harzianum*

Archive of SID

www.SID.ir