

اثر آنتاگونیستی جدایه‌های قارچی و ترکیبات زیستی در کنترل نماتود سیستی چغندر قند *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

۱-۱۲ (۲) ۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۱

چکیده

برای بررسی کنترل بیولوژیک نماتود سیستی چغندر قند *Heterodera schachtii*، اثر جدایه‌های قارچی *Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia* و *Fusarium solani*، *Talaromyces flavus*، *Trichoderma harzianum* جدا شده از سیست‌های آلوده در استان اصفهان، و ترکیبات زیستی تجاری ماری گلد (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، به میزان ۱۰ گرم و ترکیبات زیستی ماری گلد و تریکومیکس اچ.وی. به ترتیب به میزان ۰/۲ و ۲ گرم، به گلدان‌های حاوی خاک مزرعه با آلودگی ۰/۶۷ عدد سیست و ۱۲ عدد تخم و لارو سن دو نماتود در یک گرم خاک افزوده و در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 70 ± 10 درصد به مدت ۹۰ روز نگهداری شد. تجزیه واریانس با نرم افزار SAS 9.1 و میانگین صفات مورد مطالعه در مقایسه با خاک سترون، به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن ارزیابی شد. نتایج نشان داد که از نظر جمعیت نهایی بین تیمارها در مقایسه با تیمار نماتود به تنهایی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به طوری که جدایه *T. harzianum* 128، ماری گلد، *T. harzianum* 93، TRICHO-MIX H.V.، *F. solani*، *T. flavus* 94، *T. flavus* 134 و *P. chlamydosporia* به ترتیب به میزان $65/08$ ، $60/72$ ، $53/08$ ، $47/99$ ، $45/81$ ، $42/17$ ، $41/45$ و $20/35$ درصد، جمعیت نهایی نماتود سیستی چغندر قند را کاهش دادند. بوته‌های چغندر قند 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 چغندر قند شدند.

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

مقدمه

میلیارد دلار در سال است (Draycott, 2006). کاهش عملکرد چغندر قند در اثر حمله گونه‌های مختلف نماتودهای انگل، حدود ۱۰ درصد برآورد شده است (Mehdikhani et al., 2009). نماتود سیست چغندر قند (*Heterodera schachtii*)، یکی از مهم‌ترین عوامل بیماری‌زای چغندر قند در ایران و جهان می‌باشد و بیش از ۱۰۰ سال است که موضوع مطالعات گسترده‌ای است (Khezzinejad et al., 2006). این نماتد از استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی، فارس،

گیاه چغندر قند *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). بر اساس گزارش دریکوت، خسارت نماتودها در جهان، حدود ۷۷

تخم‌های موجود در سیستم‌ها توسط گونه‌های *Cylindrocarpon*، *Fusarium solani*، *Fusarium oxysporum destructans*، *Cylindrocarpon cochliodes*، *Pyrenochaeta terrestris* پارازیته شده‌اند. جمعیت نماتود سیستی چغندر قند در خاک‌های بازدارنده و خاک‌های مستعد مورد بررسی قرار گرفت و در خاک‌های بازدارنده، یک سوم سیستم‌ها به قارچ‌های *Dactylella*، *Fusarium oxysporum*، *oviparasitica* و *Paecilomyces lilacinus* آلوده بودند (Westphal & Becker, 2001). در همین راستا، خضری‌نژاد و همکاران، ۱۶ گونه مختلف قارچ از سیستم‌های *H. schachtii* شامل: *Cremonium kiliens*، *Lecanicillium aphanocladii*، *A. strictum*، *A. sclerotigenum*، *Plectosporium tabacinum*، *Myrothecium verrucaria*، *Verticillium epiphytum*، *Stachybotrys chartarum*، *F. nygamai*، *Fusarium sulphureum*، *V. nigriscens*، *Clonostachys rosea*، *F. equiseti*، *F. oxysporum*، *F. solani* و *Paecilomyces lilacinus* شناسایی و معرفی نموده‌اند (Khezrinejad, et al., 2006). احمدی و همکاران (۱۳۷۷)، قارچ‌های *Fusarium solani* و *Paecilomyces* spp. را از سیستم 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 دانسته‌اند (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.

قارچ کش 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

آذربایجان غربی، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، کرمانشاه، کرمان و همدان، از روی انواع چغندر قند و کلزا گزارش شده است (Keshavarz et al., 2013). علائم مشخصه آلودگی به نماتود، به صورت پژمردگی لکه‌ای بوته‌ها، به ویژه 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 سیستم‌های 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 چغندر قند، 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). هم‌چنین، یکی از روش‌های نوین برای کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی، به ویژه 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 به عنوان یک گیاه با خاصیت نماتودکشی فعال، دارای سابقه طولانی در تحقیقات انجام شده در خارج از کشور است و اثر کنترل‌کنندگی آن روی جنس‌های مختلف نماتد به اثبات رسیده و می‌تواند به عنوان جایگزینی برای سموم نماتودکش مورد استفاده قرار گیرد (Wang et al., 2007). این گیاه، به عنوان یک گیاه پوششی، به دلیل داشتن خاصیت آلوپاتی، مواد توکسینی به نام آلفا-ترینیل از ریشه ترشح کرده که از تفریح تخم و ادامه رشد و تکامل لارو نماتود ممانعت می‌کند (Hooks et al., 2010).

Chen و Chen در سال ۲۰۰۳، ضمن بررسی ۱۵۰۰ نماتود سیست سویا در آمریکا، دریافتند که حدود نیمی از

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 به مدت یک دقیقه، ضدعفونی و سپس روی محیط کشت PDA قرار داده شد. پس از ۴-۳ روز نگهداری پتری‌های حاوی سیست در دمای ۲۸ درجه 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 ژربنگال به میزان ۰/۰۵ در لیتر قرار داده و سپس، تشتک پتری‌ها در چند تکرار به مدت ۴-۳ روز درون انکوباتور با دمای ۲۸ درجه سلسیوس نگهداری و پس از رشد قارچ، جداپه‌ها به محیط کشت PDA منتقل شدند.

خالص‌سازی قارچ‌ها

برای خالص‌سازی قارچ‌ها از روش‌های تک اسپور و نوک ریشه استفاده شد. بدین صورت که برای تک اسپور و تک ریشه 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 درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. پس از آن، پتری‌ها از سطح پشت با بزرگمایی 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

است و به علت 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. virens*, *T. viridae*, *T. harzianum*, *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 به صورت 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، جداپه 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 به ترتیب در هندوستان و کشورهای اروپایی تولید و به فروش می‌رسند (Koch, 1991). هدف از این تحقیق، جداسازی قارچ‌های آنتاگونیست و بررسی میزان کنترل‌کنندگی آن‌ها در مقایسه با ترکیبات زیستی ماری گلد، محصول شرکت ABPL کشور هندوستان و محصول تولید داخل TRICHO-MIX H.V. روی جمعیت نماتود سیستی و تاثیر آن‌ها روی فاکتورهای رشدی چغندر قند در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری

در بهار و تابستان ۱۳۹۴، نمونه برداری از خاک مزارع چغندر قند 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 چغندر قند، 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 قرار گرفت. از این خاک برای بررسی اثر تیمارهای قارچی و زیستی روی جمعیت نماتود سیست چغندر قند 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 چغندر قند استفاده شد. خاک مزرعه به میزان دو کیلوگرم به درون ۴۵ گلدان و در مجموع ۹۰ گلدان پلاستیکی متوسط دو کیلویی اضافه شد. سپس، به میزان ۱۰ گرم از گندم‌های حاوی قارچ که معادل یک گرم قارچ خالص (۱۰^۶ عدد اسپور در گرم خاک) بود و ۰/۲ گرم ترکیب تجاری ماری گلد و ۲ گرم تریکو میکس اچ. وی. طبق دستورالعمل، با یک دوم خاک بالایی گلدان‌ها مخلوط شد و پس از آن بذور چغندر قند رقم مونوزرم ۰۰۵ کشت و در نهایت سه بوته حفظ شد. گلدان‌ها، در شرایط گلخانه با دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی بین ۸۰-۶۰ درصد به مدت 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 چغندر قند صورت گرفت. به منظور ارزیابی فاکتورهای رشدی گیاهان، پس از خارج کردن بوته‌های چغندر قند از گلدان‌ها، طول، وزن تر و خشک ریشه اندام‌های هوایی، اندازه گیری 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، به صورت درصد (Multiplication Rate, %MR) محاسبه و درصد کاهش جمعیت نماتود با استفاده از فرمول 100-MR%

خالص‌سازی، از روش نوک ریشه، با اخذ انتهای ریشه‌های 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), Samson, Nelson et al. (1983), صورت گرفت. (1974)

تهیه زاد مایه قارچ

برای تکثیر جدایه‌ها، از کشت آن‌ها روی دانه گندم سترون استفاده شد. بدین صورت که دانه‌های گندم به مدت ۲۴-۴۸ 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 اتوکلا و ضد عفونی شد. سپس، در شرایط سترون ۳-۲ قطعه از قارچ‌های خالص *F. solani*, *T. harzianum* 93, *T. harzianum* 128, *P. chlamydosporia* و *T. flavus* 134, *T. flavus* 94 توسط سوزن سترون درون هر بشر قرار داده شد و بشرها به درون انکوباتور با دمای ۲۸ درجه سلسیوس، به مدت یک ماه نگهداری شدند و هر ۳-۲ روز یک‌بار، بشرها برای رشد بهتر و یکنواخت تر 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 از جدایه‌های قارچی و ترکیبات تجاری و بیولوژیک، شامل *T. harzianum* 128، ماری گلد، *F. solani*, TRICHO-MIX H.V., *T. harzianum* 93, *P. chlamydosporia* و *T. flavus* 134, *T. flavus* 94 در مقایسه با کنترل (فقط حاوی نماتد سیستی) هر کدام 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 به کار بردن خاک مزرعه آلوده به نماتود

نتایج بررسی های گلخانه ای

مقایسه میانگین و تجزیه واریانس جمعیت نهایی (Pf)، تولیدمثل، درصد تکثیر و کنترل نماتود در تیمارهای قارچ و ترکیبات بیولوژیک نشان داد که تفاوت معنی داری ($P = 0/01$) بین تیمارهای آزمایش وجود دارد (جدول ۱). به طوری که *T. harzianum* 128، ترکیب ماری گلد، *T. harzianum* 128، *T. flavus* 94، *F. solani*، TRICHO-MIX H.V.، 93، *P. chlamydosporia* و *T. flavus* 134 به ترتیب 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 شاخص های رشدی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شاخص های رشدی به دست آمده؛ طول، وزن خشک ریشه و اندام های هوایی (برگ)، دارای تفاوت معنی دار ($P = 0/01$)، اما وزن تر برگ فاقد تفاوت معنی داری بود (جدول ۲). بیشترین میانگین فاکتورهای رشدی گیاهان آلوده به نماتود سیست چغندر قند در گلخانه مربوط به قارچ های *P. chlamydosporia* در طول ساقه و ریشه به ترتیب با *F. solani* ۱۳/۷۰ و ۱۱/۸۰ سانتی متر و *T. harzianum* ۹/۹۰ سانتی متر نسبت به سایر تیمارها بودند. هم چنین، بیشترین میانگین فاکتورهای رشدی وزن تر و خشک ساقه و ریشه به ترتیب مربوط به این دو قارچ در گیاهان آلوده به نماتود سیست چغندر قند مشاهده شد. اما، در خصوص بیشترین میانگین فاکتورهای رشدی تیمارهای فاقد نماتود سیست چغندر قند در گلخانه، با اختلاف نامحسوس کمکان همان روند را به ترتیب 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 سانتی متر در مقام دوم قرار گرفت (جدول ۲) ($P = 0/01$).

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

نتایج

شناسایی نماتود سیستی چغندر قند گونه *Heterodera schachtii*

نماتدهای سیستی جدا شده از مزارع چغندر قند منطقه خوراسگان بر اساس مشخصات مخروط انتهای بدن سیست ها و بررسی میکروسکوپی ویژگی های ریخت شناسی و ریخت سنجی سیست و لارو سن دوم افراد نمونه با گونه *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 مطابقت نشان دادند (Mulvey and Golden, 1983).

شناسایی قارچ های انگلی جدا شده از نماتود سیست چغندر قند

از بین قارچ های جدا شده از سیست و خاک آلوده به نماتود، دو گونه قارچ انگلی *F. solani* و *P. chlamydosporia* var. *chlamydosporia* بر اساس مشخصات مورفولوژیکی و فنولوژیکی، شناسایی شدند. هم چنین بر اساس 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 قارچ های *F. solani* و *P. chlamydosporia* var. *chlamydosporia* صورت گرفت (Domsch et al., 2007، Booth, 1971، Samson, 1974، Nelson et al., 1983). قارچ های *T. harzianum* 128 و *T. harzianum* 93 از خاک آلوده به نماتود سیست چغندر قند در ارومیه و جدا شده های *Talaromyces flavus* 134 و *T. flavus* 94 (دریافتی از کلکسیون سرکار خانم دکتر نراقی، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، تهران) پیش از این تهیه و شناسایی شده بودند.

جدول ۱- میانگین تعداد سیست، جمعیت نهایی، تولیدمثل، درصد تکثیر و درصد کنترل نماتود سیست چغندر قند 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
<i>F. solani</i>	1.31 c	29.80 cd	1.98 cd	54.18 cd	45.81 bc
<i>P. chlamydosporia</i>	1.73 b	43.80 b	2.91 b	79.63 b	20.35 d
<i>T. flavus</i> 134	1.26 c	32.20 c	2.14 c	58.54 c	41.45 c
<i>T. flavus</i> 94	1.69 b	31.80 c	2.11 c	57.81 c	42.17 c
<i>T. harzianum</i> 93	1.43 bc	25.80 cde	1.71 cde	46.90 cde	53.80 abc
<i>T. harzianum</i> 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 معنی دار 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 چغندر قند 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
<i>F. solani</i> + nematode	13.70 c	9.90 ab	1.79 a	0.78 a	0.40 a	0.14 b
<i>P. chlamydosporia</i> + nematode	13.90 a	11.80 a	1.72 a	0.76 a	0.37 ab	0.19 a
<i>T. flavus</i> 134 + nematode	10.60 bcd	6.50 de	1.04 a	0.18 cd	0.27 bc	0.08 c
<i>T. flavus</i> 94 + nematode	12.80 ab	8 bcd	1.80 a	0.37 b	0.30 bc	0.08 cd
<i>T. harzianum</i> 93 + nematode	11.90 abc	6.80 cde	1.22 a	0.30 bc	0.22 cd	0.08 cd
<i>T. harzianum</i> 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 معنی دار نمی‌باشند.

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

بحث

گفت مکانیسم‌های مختلف این قارچ به جز رقابت بر علیه

نماتودها مؤثر می‌باشد (Sharon *et al.*, 2001).

برای کنترل نماتودهای پارازیت گیاهی به وسیله

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.

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. به‌طوری که می‌توان

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 میکروارگانسیم‌های مفید خاک، *Pochonia chlamydosporia* و *Nematophthora gynophila* توانستند تا حد زیادی (۸۰-۲۰ درصد) جمعیت تخم و لاروهای نماتد سیست غلات، *Heterodera avenae* 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 چغندر قند، *H. schachtii* و نیز مختاری و اولیا (۲۰۱۵) در مهارزیستی نماتود ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* توسط *P. chlamydosporia* 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 گلد و تریکومیکس اچ. وی. و هم‌چنین، قارچ *Talaromyce* spp. برای اولین بار روی نماتود سیست و روی چغندر قند در ایران صورت گرفت و باید تحقیقات گسترده‌ای در رابطه با این ترکیبات صورت گیرد تا بتوان به‌نتیجه ثابت و مطمئنی در زمینه کمیت و کیفیت کنترل بیولوژیک نماتود سیستی چغندر قند دست یافت.

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

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 آلوپاتی از تفریح 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 چغندر قند، برای اولین بار در ایران صورت گرفت.

مکانیسم اثر قارچ *F. solani*، روی تخم‌های نماتود مربوط به تولید توکسین و فشارهای مکانیکی ایجاد شده توسط میسلیوم 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). پوسته تخم اکثریت نماتودها از سه لایه 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 چغندر قند، در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است. Romero و Lopez در سال ۱۹۸۸، انگل‌های قارچی نماتود مولد سیست چغندر قند را در اسپانیا بررسی نمودند و مشخص شد که قارچ *P. chlamydosporia* می‌تواند تخم‌ها و سیست‌های نماتود را انگلی نماید. اثر نماتد کشی ماری گلد با مکانیزم بیوشیمیایی آلوپاتی صورت می‌گیرد. بدین ترتیب که با ترشح توکسین آلفاترینویل، از مهم‌ترین تولیدات سمی ماری گلد، موجب جلوگیری از تفریح تخم‌ها، تولید مثل نماتد و در نهایت کاهش زاد و ولد و

TRICHO-MIX H.V.، به ترتیب درصد بالایی از جمعیت نماتود سیست چغندر قند 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 قرار گیرند. از ویژگی‌های دیگر این قارچ‌ها این که انتشار جهانی داشته و در خاک‌های مقاوم به نماتود، به صورت 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 خانواده گندمیان و سیب زمینی دارند که در دفاع گیاه میزبان در برابر بیماری‌های خاکزی مقابله می‌نمایند و به عنوان 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، بدین وسیله 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.

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 چغندر قند نسبت به سایر تیمارها شده بودند. در این رابطه، سایر گزارش‌ها موارد فوق را روی چغندر قند و سایر محصولات شامل گوجه فرنگی 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 چغندر قند 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، به دلیل تراکم ریشه بیشتر، می‌توانند مواد مغذی موجود در ریزوسفر را بهتر و بیشتر جذب کنند (Butt et al., 2001). این قارچ، اسید فسفات‌های نسبتاً زیادی برای به حرکت در آوردن 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 *T. harzianum* 128، *T. harzianum* 93 و قارچ‌کش بیولوژیک

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*. Commonwealth 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.

- 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., Elekcioğlu, 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.

- 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. Fungal 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, R.M. 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 western 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. Pennsylvania 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. II. 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.

- 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 Biological 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.

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

Mansoureh Hosseini¹, Mehdi Nasr Esfahani^{*2}, Morteza Ghorbani¹

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 flavus*, *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 flavus*, TRICHO-MIX H.V., *Trichoderma harzianum*
