

اثر تلفیق کود سبز برخی از گیاهان بازدارنده و قارچ *Paecilomyces lilacinus* بر فعالیت نماتود ریشه گرهی *Meloidogyne incognita* و گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه*

شکوه‌السادات کمالی و اکبر کارگریده^{۱**}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۷)

چکیده

تأثیر عصاره‌های آبی بارهنگ، کرچک، گل جعفری و منداب بر تفریح تخم و مرگ و میر لاروهای سن دو *Meloidogyne incognita* در شرایط آزمایشگاهی و کود سبز آنها (۱۲ گرم/کیلوگرم خاک) به تنهایی و یا در ترکیب با قارچ *Paecilomyces lilacinus* بر رشد گوجه‌فرنگی (رقم ارلی‌اربانا) آلوده و فعالیت نماتود در خاک مخلوط سترون و خاک مزرعه غیرسترون در شرایط گلخانه‌ای بررسی گردید. نتایج نشان داد که همه عصاره‌ها باعث افزایش معنی‌دار مرگ و میر لارو سن دو و عصاره‌های منداب و بارهنگ باعث کاهش معنی‌دار تفریح تخم گردیدند، ولی هیچکدام تأثیری سویی بر قارچ نداشتند. نتایج آزمون‌های گلخانه‌ای نشان داد که در حضور نماتود و در خاک سترون، تیمار گل جعفری-سوسپانسیون اسپور قارچ باعث افزایش ۱۴۰/۵٪ طول شاخساره گیاه گوجه‌فرنگی و تیمارهای دارای گل جعفری، به ترتیب باعث افزایش ۱۱/۸-۱۱/۴ و ۲۳/۱-۲۰/۱ برابری و کرچک ۱۰/۰-۱۰/۱ و ۱۷/۷-۱۰/۰ برابری وزن تر و خشک گردیدند. در خاک مزرعه تیمارهای دارای کرچک، به ترتیب با ۴۷/۹-۶۷/۵٪ و ۳۲/۴-۱۴۰/۵٪ افزایش در وزن تر و خشک شاخساره بالاترین تأثیر داشتند. شاخص گال در تیمارهای مختلف در هر دو خاک در دامنه ۴/۲-۵/۰ قرار داشت. در خاک مخلوط سترون به استثناء تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ با ۸۴٪ کاهش، سایر تیمارها باعث افزایش جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل شدند. در خاک مزرعه غیرسترون تمام تیمارها باعث کاهش تعداد گال و کیسه تخم گردید، متناهی تیمارهای دارای بارهنگ فقط برخی از تیمارهای دارای گل جعفری و کرچک باعث کاهش فاکتور تولیدمثل شدند.

کلیدواژه: بارهنگ، کرچک، کنترل، گل جعفری، منداب

* بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول، ارائه شده به دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

** مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: karegar@shirazu.ac.ir

۱. به ترتیب دانش‌آموخته و استاد بخش گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

The combined effect of green manure of some inhibitory plants and *paecilomyces lilacinus* on root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in tomato plants, under greenhouse conditions*

Sh. Kamali and A. Karegar^{1**}

(Received: 28.2.2015; Accepted: 28.12.2015)

Abstract

Effects of aqueous extracts of plantain, castor, marigold and eruca on egg hatching and the mortality of second stage Juveniles (J2) of *Meloidogyne incognita*, was studied in vitro. Also the effects of their green manures (12 g/kg soil) and *Paecilomyces lilacinus* alone and in combination on the root-knot nematode and growth parameters of infected tomato (CV Early Urbana) in sterilized mixed soil and non-sterilized farm soil were studied, under greenhouse conditions. The results of in vitro test showed that all plants extracts increased the mortality of J2, and plantain and eruca reduced the egg hatching, significantly, and they had not negative effect on *P. lilacinus*. The result of greenhouse test in sterilized soil revealed that in the presence of the nematode, marigold- fungus spore suspension caused 140.5% increase in the shoot height of tomato plants. In addition, marigold treatments caused 11.4-11.8 and 20.1-23.1 folds and caster 10.0-10.1 and 10.0-17.7 folds in fresh and dried shoot weight, respectively. In non-sterilized soil, caster treatments with 47.9-67.5% and 32.4-140.5% increases in fresh and dried shoot weights have the highest effects. The nematode gall index in both tests was 4.2-5.0. Except for the treatment of plantain-fungus spore suspension with 84% decrease, the other treatments in sterilized soil test caused increases in the final population and reproduction factor of nematode. In non-sterilized soil, all treatments reduced gall and egg masses, but only plantain treatments and some of marigold and caster treatments reduced the reproduction factor of the nematode.

Keywords: Castor, control, eruca, marigold, plantain

* A Part of MSc Thesis of The First Author Submitted to College of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran

** Corresponding author's E-mail: karegar@shirazu.ac.ir

1. Graduate MSc. Student and Prof. of Plant Phathol., College of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

مقدمه

کرده و جنین درون تخم را از بین می‌برد. درصد آلودگی تخم به طور مستقیم در ارتباط با دوره‌ی در معرض بودن با قارچ است. مراحل آلودگی با رشد ریشه‌ی قارچ در ماده ژلاتینی کیسه تخم شروع شده و ریشه‌های رویشی آن وارد تخم و یا منفذ تولیدمثلی یا دفعی نماتود ماده می‌شود. همچنین لاروهای سن سه و چهار را نیز به خوبی کلونیزه می‌کند (Esser & EL-Gholl 1993, Holland et al. 1986). این قارچ باعث کاهش تعداد کیسه تخم، تفریح تخم و تعداد گره‌ها ناشی از حمله *M. incognita* به ریشه شده و از تشکیل سلول‌های غول‌آسا در بافت ریشه میزبان جلوگیری به عمل آورده است (Bhat et al. 2009).

چندین مطالعه در مورد قارچ *P. lilacinus* در ایران صورت گرفته است. در یک بررسی استفاده از *P. lilacinus* در شرایط آزمایشگاهی باعث آلوده شدن ۹۳٪ تخم‌های *M. javanica* گردیده است ولی بر جمعیت این نماتود در خاک تأثیری نداشته است (فاطمی ۱۹۹۷). در بررسی تأثیر کاربرد توأم قارچ *P. lilacinus* و سم کادوزافوس بر کنترل نسل‌های اول و دوم *Meloidogyne spp.*، تیمار نماتود، سم، سوسپانسیون اسپور قارچ و مایه‌ی کاه گندم بهترین تیمار مؤثر اعلام شد (پاک‌نیت ۲۰۱۰).

در سال‌های اخیر استفاده از ترکیبات آلی با منشأ گیاهی جهت کنترل نماتودهای انگل گیاهی مورد توجه قرار گرفته است یکی دیگر از شیوه‌های قابل قبول است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. ترکیبات آلی علاوه بر اثر مثبت روی ساختار فیزیکی خاک و ظرفیت نگهداری آب، توانایی کاهش جمعیت نماتودها را به درجات مختلفی دارد. استفاده از مواد آلی از طریق افزایش حاصلخیزی خاک و جمعیت دشمنان طبیعی نماتودهای انگل گیاهی می‌تواند راهی برای کاهش میزان خسارات ناشی از این نماتودها باشد (Akhtar & Malik 2000).

نماتودهای ریشه‌گرهی (*Meloidogyne spp.*) به عنوان مهم‌ترین نماتودهای انگل گیاهی در سطح جهان شناخته شده‌اند. این جانوران باعث کاهش حدود ۵٪ محصولات کشاورزی در سطح جهان شده و یکی از موانع اصلی تولید غذای مناسب در بسیاری از کشورهای در حال توسعه می‌باشند (Sasser & Carter 1985). این گروه از نماتودها دامنه‌ی میزبانی وسیعی دارند و تقریباً تمام گیاهان آوندی را شامل می‌شود. این نماتودها، انگل داخلی ساکن هستند و اغلب باعث تشکیل گره‌ها و یا غده‌های مشخص بر روی اندام آلوده می‌گردند (Perry & Mones 2011).

تعداد زیادی از دشمنان طبیعی می‌توانند به گونه‌های *Meloidogyne* در خاک حمله کرده و جمعیت آن‌ها را کاهش دهند اما موجوداتی که تا به حال به عنوان کنترل زیستی استفاده شده‌اند کم هستند (Karssen & Mones 2006). در این میان، قارچ‌هایی که دارای پتانسیل کنترل زیستی‌اند موفقیت مهمی را در نتیجه‌ی تنوع رفتارهای انگلی، آنتاگونیستی یا شکارگری دارند (Kerry 2000). در بین آنتاگونیست‌های قارچی جنس *Meloidogyne* گونه‌های *Pochonia* و *Paecilomyces lilacinus* و *chlamydosporia* بیشتر مطالعه شده‌اند. پراکنش *P. lilacinus* جهانی است اما به طور خاص در مناطق گرم یافت می‌شود. این قارچ‌های انگل اختیاری تخم نماتود، ابتدا یک پوده‌رست هستند و قادرند که از دامنه‌ی وسیعی از بسترهای معمول خاک استفاده کنند. جمعیت این قارچ‌ها در خاک ممکن است بالا رفته و اثرات مفیدی روی کاهش جمعیت نماتودهای ریشه‌گرهی بگذارد (Karssen & Moens 2006).

قارچ *P. lilacinus* تخم‌های *M. incognita* را آلوده

2011). علاوه بر آن کاردی باعث کاهش جمعیت *Mesocriconema xenoplax* بر روی نهال‌های هلو گردیده است (Whittington & Zehr 1992).

در مورد کاربرد تلفیقی *P. lilacinus* و گیاهان بازدارنده تحقیق چندانی صورت نگرفته است. استفاده ترکیبی از برگ‌های کرچک (40 g/kg soil) و *P. lilacinus* (4 g/kg soil) تأثیر بیشتری در مقایسه با استفاده از هر کدام به تنهایی، در کاهش جمعیت نماتود و افزایش شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی داشته است (Zaki & Bhatti 1990). در بررسی دیگر کاشت بذره‌های تیمار شده با سوسپانسیون آبی کنجاله کرچک (۱۰٪) همراه با اسپور قارچ *P. lilacinus* در زمینی که سوسپانسیون کنجاله کرچک به آن تزریق شده است، به اندازه مصرف دو کیلوگرم/هکتار از نماتودکش کربوفوران و یا مصرف مستقیم دو تن کنجاله کرچک، باعث کاهش معنی‌داری شاخص گال و جمعیت نهایی نماتود *M. incognita* و افزایش عملکرد گیاه بامیه، همچنین افزایش میزان کلونیزه کردن ریشه و آلودگی تخم نماتود توسط قارچ شد (Rao et al. 1990).

در این تحقیق اثر استفاده تلفیقی از کود سبز تعدادی از گیاهان بازدارنده شامل بارهنگ (*Plantago major* L.)، منداب (*Eruca sativa* Mill.)، کرچک (*Ricinus communis* L.) و گل جعفری (*Tagetes sp.*) همراه با قارچ *P. lilacinus* روی فعالیت نماتود ریشه‌گرهی *M. incognita* و رشد گیاه گوجه‌فرنگی آلوده به این نماتود بررسی شده است.

روش بررسی

الف- آماده‌سازی نماتود، قارچ و گیاهان مورد نیاز

تهیه‌ی جمعیت مورد نیاز نماتود ریشه‌گرهی

خاصیت نماتودکشی تعدادی از گیاهان از قبیل چریش (*Melia azadirachta* L.)، کرچک (*Ricinus communis* L.)، گل جعفری (*Tagetes spp.*) و گیاهان خانواده Brassicaceae به اثبات رسیده است (Chitwood 2002). رایسین موجود در کرچک برای پستانداران سمی است و ترکیب اصلی کنجاله‌ی کرچک را تشکیل می‌دهد. تحقیقات نشان داده که این پروتئین تأثیرات گسترده‌ای بر روی حرکت لاروهای سن دو *M. incognita* دارد. در یک بررسی عصاره‌ی ۱۰۰٪ ریشه‌ی کرچک باعث جلوگیری از تفریح تخم *M. incognita* به میزان ۹۳٪ و مرگ و میر لاروها به میزان ۶۲٪ شد. استفاده از عصاره‌ی رقیق‌تر تأثیر کم‌تری در جلوگیری از تفریح تخم و مرگ و میر لاروها داشته است (Adegbite & Adesiyun 2005). گل جعفری به عنوان یک منبع تولید ترکیب نماتودکش شناخته شده است. کاشت گل جعفری قبل از کشت گیاه اصلی، باعث کاهش تعداد گال و لارو سن دو نماتودهای ریشه‌گرهی *M. hapla*، *M. javanica*، *M. arenaria*، *M. incognita* روی ریشه‌ی گوجه‌فرنگی در مقایسه با شاهد شده است (Ploeg 1999).

در چندین مطالعه خاصیت ضد نماتودی گونه‌هایی از *Plantago* از جمله بارهنگ (*P. major*) و کاردی (*P. lanceolata*) نشان داده شده است. به عنوان مثال در آزمایشاتی تأثیر عصاره بارهنگ بر کاهش میزان خسارت ناشی *Xiphinema index* بر روی مو و کنترل *Ditylenchus dipsaci* بر روی سیر (Insunza & Valenzuela 1995, Aballay et al. 2005)، همچنین تأثیر عصاره کاردی بر تفریح تخم مرگ و میر لارو سن دو *M. incognita* (Meyer et al. 2006) و کاهش تعداد گال در گرم ریشه گوجه‌فرنگی آلوده به نماتود ریشه‌گرهی *M. incognita* گردیده است (Hamzehzarghani et al.).

گردید. جهت جداسازی قارچ از فراریشه گیاه گوجه‌فرنگی آلوده به نامتود از محیط کشت سیب‌زمینی-دکستروز-آگار اسیدی استفاده گردید. این محیط کشت با اضافه کردن ۵۰-۶۰ قطره اسید لاکتیک ۵۰٪ به محیط PDA بعد از سترون نمودن و قبل از سرد شدن به دست آمده و با داشتن pH پایین (حدود ۴/۲) می‌تواند از رشد باکتری‌ها روی محیط جلوگیری کند. جهت جداسازی قارچ، یک گرم از خاک گلدان با نه میلی‌لیتر آب مقطر سترون مخلوط کرده و به مدت ۱۵ دقیقه توسط دستگاه لرزا به شدت تکان داده شد. سپس توسط پیپت سترون یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون به لوله دیگری حاوی ۹۹ میلی‌لیتر اضافه کرده و با تکرار این عمل سری رقت تا 10^{-4} تهیه گردید. سپس از هر رقت به طور جداگانه حدود یک میلی‌لیتر بر روی محیط کشت PDA اسیدی به صورت یکنواخت در سطح محیط پخش گردید. تشتک‌های پتری در دمای 25°C قرار داده و هر روز مورد بررسی قرار گرفتند.

به منظور اطمینان از نفوذ قارچ به درون ریشه و امکان دسترسی به نامتود، جداسازی قارچ مورد نظر از ریشه‌های گوجه‌فرنگی آلوده به نامتود ریشه‌گرهی در یکی از گلدان‌ها صورت گرفت. این عمل با قطعه‌قطعه کردن ریشه، قرار دادن آن در هیپوکلیت‌سدیم، سه بار شستشو در آب مقطر سترون و حذف رطوبت اضافی با استفاده از دستمال کاغذی انجام گرفت. سپس این قطعات با کمک پنس به محیط کشت PDA حاوی اسیدلاکتیک منتقل و پس از ظاهر شدن پرگنه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

جهت خالص‌سازی این قارچ از روش نوک ریشه‌کردن استفاده شد. برای این کار یک بلوک از پرگنه‌ی این قارچ که روی محیط کشت PDA رشد کرده بود به محیط آب-آگار منتقل شد و در دمای 21°C قرار گرفت. پس از رشد قارچ، ریشه‌ها با کمک استرئومیکروسکوپ بررسی و با

Meloidogyne incognita: به منظور تکثیر و تهیه جمعیت نامتود مورد نیاز، از بوته‌های گوجه‌فرنگی آلوده به جمعیت خالص نامتود ریشه‌گرهی استفاده گردید. چند قطعه از ریشه‌ی گوجه‌فرنگی حاوی گال نامتود به آزمایشگاه منتقل، پس از شستشو با آب با کمک استرئومیکروسکوپ حدود ۲۰-۳۰ کیسه تخم را جدا و درون تشتک پتری قرار داده و محلول هیپوکلیت‌سدیم ۵/۰٪ به آن اضافه شد. سپس به مدت ۳-۴ دقیقه تکان داده تا تخم‌ها آزاد شود. سپس با استفاده از الک ۵۰۰ مش تخم‌ها را با آب شستشو داده و جمع‌آوری و با ایجاد چند سوراخ در اطراف ریشه‌های گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی رقم ارلی‌اربان (Early urbana) در مرحله چهاربرگی مایه‌زنی انجام گردید. دو ماه پس از مایه‌زنی، ریشه‌های دارای نامتود قطعه‌قطعه گردیده، درون مخلوط‌کن حاوی محلول هیپوکلیت‌سدیم ۵/۰٪ قرار داده و به مدت ۴۰ ثانیه کاملاً مخلوط گردید. سپس محتویات مخلوط‌کن از الک ۲۰۰ مش که بر روی الک ۵۰۰ مش قرار داده شده بود عبور داده و بلافاصله با آب شستشو گردید. تخم‌های سطح الک ۵۰۰ مش به وسیله‌ی آب‌فشان حاوی آب مقطر جمع‌آوری و پس از انتقال به یک بشر شمارش گردید. جهت تهیه لارو سن دو سوسپانسیون تخم به دست آمده درون تشتک پتری حاوی مقدار کمی آب، درون ژرمیناتور با دمای 28°C - 26°C قرار داده شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت، لاروهای حاصل جمع‌آوری گردید.

جداسازی، خالص‌سازی و تهیه‌ی مایه‌ی قارچ

Paecilomyces lilacinus: قارچ *P. lilacinus* از کلکسیون قارچ بخش گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز که در خاک سترون درون لوله نگهداری می‌شد تهیه گردید. جهت جداسازی قارچ از خاک از محیط کشت سیب‌زمینی-دکستروز-آگار (PDA) استفاده

گلخانه کشت گردید. گلدان‌ها هر روز آبیاری شد. برای تهیه‌ی کود سبز دو ماه پس از کشت و قبل از مرحله گلدھی و خشبی شدن بافت گیاهی، کل اندام‌های گیاهی شامل برگ، ساقه و ریشه از گلدان خارج شده، کاملاً خرد و با هم مخلوط شد. سپس به هر گلدان ۴۲ گرم (۱۲ گرم/کیلوگرم خاک) از گیاه تر کشت شده در همان گلدان اضافه شده با خاک مخلوط شدند تا امکان تجزیه آن‌ها در خاک فراهم شود. برای بهتر تجزیه شدن سطح خاک با پلاستیک پوشانده شد.

تهیه‌ی عصاره‌ی آبی گیاهان بازدارنده: پس از کشت گیاهان مورد نظر و رسیدن به مرحله‌ی مناسب از نظر رشدی، بوته‌ها به طور کامل از خاک بیرون آورده، پس از شستشو و خشک کردن در سایه، آسیاب شده تا به صورت پودر درآیند. برای تهیه‌ی غلظت پایه از عصاره‌ی آبی یک گرم پودر با ۱۰ میلی‌لیتر آب سترون مخلوط شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد. سپس محتویات از پارچه ملامل و بعد از کاغذ واتمن عبور داده تا بقایای گیاهی حذف گردد. عصاره به دست آمده جهت استفاده در مراحل بعدی در یخچال نگهداری شد.

ب- آزمون‌های آزمایشگاهی

بررسی تأثیر عصاره‌ی آبی گیاهان بازدارنده بر مرگ و میر لارو سن دو و تفریح تخم نماتود ریشه‌گرهی: یک میلی‌لیتر از عصاره‌ی پایه هر کدام از گیاهان کرچک، بارهنگ، گل جعفری و منداب با یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون حاوی ۱۰۰ عدد لارو سن دو فعال نماتود و ۱۰۰ عدد تخم، در تشتک‌های پتری مجزا، مخلوط و درون ژرمیناتور با دمای ۲۸-۲۶°C قرار داده شد. از آب مقطر به عنوان شاهد استفاده گردید. هر دو آزمون در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه (لارو سن دو) و چهار (تخم) تکرار

استفاده از یک سوزن که نوک آن توسط شعله سترون شده بود، نوک آخرین ریشه موجود در اطراف تشتک پتری به صورت یک بلوک بسیار کوچک برداشته و در چهار قسمت تشتک پتری حاوی محیط کشت PDA قرار داده شد. پس از رشد قارچ، تشتک‌های پتری که در هر چهار قسمت، پرگنه‌های قارچی به طور یکنواخت رشد کرده بود انتخاب و برای مراحل بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

به منظور تهیه‌ی مایه‌ی قارچ از دانه‌ی گندم استفاده شد. دانه‌های گندم در درون ارلن ریخته و چندین مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد. سپس آب اضافه شده و دانه‌ها به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شد. پس از این مدت آب اضافی از ارلن‌ها خارج شده و سر ارلن‌ها با پنبه و فویل آلومینیومی بسته و سه مرتبه با فاصله یک روز در دمای ۲۴°C و فشار یک اتمسفر سترون گردید. سپس به هر ارلن چندین بلوک از قارچ مورد نظر در زیر هود اضافه شد و تا دو روز تکان داده نشد و پس از این مدت هر روز تا موقع رشد کامل قارچ بر روی دانه‌ها ارلن‌ها را تکان داده تا تمام دانه‌ها به صورت یکنواخت از قارچ پوشانده شد.

جهت تهیه سوسپانسیون اسپور قارچ، تعدادی دانه‌ی گندم در ارلن حاوی آب مقطر ریخته و به مدت چند دقیقه در دستگاه شیکر با ۶۰ دور در دقیقه در دمای ۲۴-۲۲°C قرار داده شد تا اسپورها از گندم جدا شوند. سپس از پارچه ملامل عبور داده تا دانه‌های گندم از سوسپانسیون گردد. در نهایت با استفاده از هموسایتومتر تعداد اسپور در یک میلی‌لیتر از این سوسپانسیون شمارش گردید.

تهیه‌ی کود سبز کاشت گیاهان بازدارنده: به منظور تهیه‌ی کود سبز گیاهان بازدارنده‌ی نماتود، ابتدا بذور کرچک، بارهنگ، گل جعفری محلی و منداب در گلدان‌های ۳/۵ کیلوگرمی حاوی خاک مخلوط سترون (ماسه رودخانه و خاک مزرعه به نسبت سه به یک) درون

انجام و به ترتیب پس از ۴۸ ساعت و ۷۲ ساعت تعداد لاروهای غیرفعال و تخم‌های تفریح نشده شمارش گردید. **بررسی تأثیر عصاره‌ی آبی گیاهان بازدارنده بر رشد *Paecilomyces lilacinus***: در این آزمون ابتدا عصاره پایه (یک گرم پودر در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر) هر کدام از گیاهان کرچک، بارهنگ، گل جعفری و منداب از فیلتر ۰/۲۲ ضد باکتریایی عبور داده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر محیط کشت PDA با استفاده از پیپت سترون به داخل تشتک پتری مربوطه ریخته شده و پس از خنک شدن و قبل از بستن محیط، با استفاده از میکروپیپت یک میلی‌لیتر عصاره با غلظت‌های مختلف شامل ۰/۱۰۰، ۰/۷۵، ۰/۵۰ و ۰/۲۵ از غلظت پایه، به محیط کشت اضافه شد. سپس یک بلوک از قارچ با استفاده از چوب‌پنبه سوراخ‌کن در وسط تشتک پتری قرار داده و در دمای اتاق نگهداری شد. پس از یک هفته میزان رشد قارچ در هر تشتک پتری بررسی شد.

ج- آزمون‌های گلخانه‌ای

تأثیر کاربرد تلفیقی قارچ و کود سبز گیاهان بازدارنده کرچک، بارهنگ، گل جعفری و منداب بر فعالیت نامتود ریشه‌گرهی و گوجه‌فرنگی رقم ارلی‌اربانا در دو آزمون مستقل با خاک مخلوط سترون (آزمون اول)، شامل خاک مزرعه و ماسه به نسبت یک به سه و خاک مزرعه غیرسترون (آزمون دوم) بررسی گردید. جمعیت اولیه نامتود شامل سه تخم و لارو سن دو در هر گرم خاک بود که ۲۴ ساعت بعد از نشاء با ایجاد سه سوراخ در اطراف ریشه، به خاک اضافه گردید. آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار و ۳۰ تیمار به شرح زیر انجام شد:

۱- شاهد (گوجه‌فرنگی بدون مایه‌زنی با نامتود یا قارچ)، ۲- نامتود (گوجه‌فرنگی مایه‌زنی شده با نامتود ولی

بدون قارچ)، ۳- سوسپانسیون قارچ، ۴- دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ، ۵- سوسپانسیون قارچ + نامتود، ۶- نامتود + دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ، ۷- کرچک، ۸- بارهنگ، ۹- گل جعفری ۱۰- منداب، ۱۱- نامتود + کرچک، ۱۲- نامتود + بارهنگ، ۱۳- نامتود + گل جعفری، ۱۴- نامتود + منداب، ۱۵- سوسپانسیون قارچ + کرچک، ۱۶- سوسپانسیون قارچ + بارهنگ، ۱۷- سوسپانسیون قارچ + گل جعفری، ۱۸- سوسپانسیون قارچ + منداب، ۱۹- دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ + کرچک، ۲۰- دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ + بارهنگ، ۲۱- دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ + گل جعفری، ۲۲- دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ + منداب، ۲۳- سوسپانسیون قارچ + کرچک، ۲۴- سوسپانسیون قارچ + نامتود + بارهنگ، ۲۵- سوسپانسیون قارچ + نامتود + گل جعفری، ۲۶- سوسپانسیون قارچ + نامتود + منداب، ۲۷- دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ + نامتود + کرچک، ۲۸- دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ + نامتود + بارهنگ، ۲۹- دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ + گل جعفری، ۳۰- دانه‌ی گندم مایه‌زنی شده با قارچ + نامتود + منداب.

گلدان‌های ۳/۵ کیلوگرمی با خاک حاوی کود سبز حاصل از تجزیه گیاهان بازدارنده پر شده و با گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی سه تا چهار برگی نشاء گردید. برای تیمارهایی دارای قارچ، ریشه‌ی نشاهای گوجه‌فرنگی در سوسپانسیون اسپور قارچ با غلظت 10^6 به مدت چند ثانیه قرار داده شد تا کنیدی‌ها به ریشه‌ها چسبیده و سپس به گلدان منتقل شد. در تیمارهای دارای دانه‌های گندم مایه‌زنی شده با قارچ، سه گرم دانه مایه‌زنی شده (۹ هزارم/گرم خاک) پس از نشاء در اطراف ریشه قرار گرفت و سپس با خاک پوشانده شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه

مقدار مساوی گلسیرین و اسید لاکتیک و آب مقطر با هم مخلوط و ۱۹ قسمت از این مخلوط با یک قسمت از اسید فوشین ۱٪ (مخلوط ۵/۰ گرم اسید فوشین در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر) مخلوط شد. ریشه‌ها به مدت سه دقیقه درون محلول رنگ آمیزی، حرارت و سپس شستشو داده شده تا رنگ اضافی حذف شود. سپس آب اضافی آن توسط دستمال کاغذی گرفته شد و جهت رنگ‌بری از مقدار مساوی گلسیرین و آب مقطر و چند قطره اسید لاکتیک استفاده شد (Hooper 1985).

پس از اندازه‌گیری وزن تر ریشه‌ها، شاخص گال به روش تایلور و ساسر (Sasser & Taylor 1978) تعیین شد. جهت تعیین تعداد لارو سن دو آزاد شده، خاک هر گلدان در یک تشت برگردانده و پس از مخلوط کردن خاک، ۱۰۰ گرم از آن را برداشته و با استفاده از روش سینی نماتودهای موجود در آن استخراج و سپس شمارش گردید (Whitehead & Hemming 1965).

پس از شمارش تخم‌ها در یک گرم ریشه و همچنین تعداد نماتودها در ۱۰۰ گرم خاک، جمعیت نهایی نماتود در زمان برداشت و فاکتور تولیدمثل نماتود با تقسیم جمعیت نهایی نماتود (تعداد تخم‌های موجود در ریشه + تعداد لاروهای سن دو آزاد شده در خاک + تعداد کیسه تخم، معادل تعداد نماتود ماده) بر جمعیت اولیه محاسبه گردید.

محاسبات آماری: نتایج آزمون‌های گلخانه‌ای با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

الف) آزمون‌های آزمایشگاهی

تأثیر عصاره‌ی آبی گیاهان بر مرگ و میر لارو سن دو و

در دمای ۲۲-۲۴°C تا ۳۴°C نگهداری و به صورت روزانه در یک نوبت آبیاری شدند. دو ماه پس از مایه‌زنی با نماتود، شاخص‌های مربوط به گیاه گوجه‌فرنگی و نماتود بررسی گردید.

بررسی شاخص‌های گیاه گوجه‌فرنگی: جهت

اندازه‌گیری طول اندام هوایی، هر بوته از محل طوقه قطع شده و طول آن‌ها تا جوانه‌ی انتهایی اندازه‌گیری شد. بوته‌های تازه برداشت شده با کمک ترازوی دیجیتالی توزین شدند. سپس هر بوته درون پاکت کاغذی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲°C قرار داده شد و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین وزن تر ریشه، هر گلدان درون یک سینی یا تشت برگردانده و خاک اطراف ریشه به آرامی از ریشه‌ها جدا و ریشه‌های قطع شده هر گلدان در یک صافی به همراه ریشه‌ی اصلی به دقت شستشو داده شد تا ذرات خاک کاملاً جدا گردد. پس از حذف رطوبت با دستمال حوله‌ای ریشه‌ها توزین شدند.

بررسی شاخص‌های مربوط به نماتود: جهت تعیین

تعداد تخم در یک گرم ریشه ابتدا ریشه‌ها به قطعات ۲-۳ سانتی متری تقسیم و پس از مخلوط کردن کامل، یک گرم از آن به طور تصادفی برداشته و درون مخلوط‌کن ریخته و با محلول هیپوکلریت سدیم ۵/۰٪ به مدت ۴۰ ثانیه مخلوط شد (Baeker 1985). سپس بلافاصله محتویات مخلوط‌کن بر روی الک ۲۰۰ مشی که روی الک ۵۰۰ مش قرار داشت ریخته شد و با آب، باقیمانده‌ی هیپوکلریت سدیم شستشو شد. سپس تخم و لارو باقیمانده روی الک ۵۰۰ مش درون بشر کوچکی جمع‌آوری شد. در نهایت توسط شمارشگر دستی سه بار شمارش گردید.

جهت تعیین تعداد گال و کیسه‌ی تخم یک گرم از ریشه‌های خرد و مخلوط شده رنگ‌آمیزی شد. بدین منظور

جدول ۱- تأثیر عصاره‌های گیاهی بر تفریخ تخم و مرگ و میر لاروهای سن دو نمتود ریشه گرهی *Meloidogyne incognita* در شرایط آزمایشگاهی.

Table 1. Effect of plant extracts on egg hatching and mortality of the second stage juveniles of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, under laboratory conditions.

Treatments	Dead juveniles (%)	Unhatched eggs (%)
Eruca (<i>Eruca sativa</i>)	41.0 a	59.0 a
Plantain (<i>Plantago major</i>)	41.0 a	42.8 a
Marigold (<i>Tagetes</i> sp.)	38.3 a	38.0 ab
Caster (<i>Ricinus communis</i>)*	-	-
Control	18.3 b	16.7 b

* به دلیل غلظت بالای عصاره در دو نوبت آزمون، حتی با چند بار عبور دادن از فیلتر هیچ تخم و لاروی مشاهده نگردید.

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر حسب آزمون دانکن، در سطح آماری ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Due to high concentration of castor extract in the tests, any eggs and juveniles did not find, even with multiple passes through the filter.

Values followed by the same letters in each column are not significantly different ($P = 0.01$), according to Duncan's multiple-range test.

ب) آزمون‌های گلخانه‌ای تأثیر کاربرد تلفیقی قارچ و کود سبز گیاهان بازدارنده بر شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی رقم ارلی‌اربانا و فعالیت نمتود

۱- شاخص‌های رشدی گیاه

جداول تجزیه واریانس نشان داد که در خاک مخلوط سترون اثر کود سبز، نمتود و کود سبز-نمتود بر طول، وزن تر و خشک شاخساره، همچنین اثر کود سبز و نمتود بر وزن تر ریشه در سطح ۱٪ معنی‌داری است. در خاک مزرعه غیرسترون اثر کود سبز، قارچ، نمتود و کود سبز-قارچ بر طول و وزن تر شاخساره و وزن تر ریشه، همچنین اثر کود سبز و قارچ بر وزن خشک شاخساره در سطح ۱٪، معنی‌دار است.

میانگین شاخص‌های رویشی گیاه شامل طول، وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر ریشه در خاک مخلوط سترون (آزمون اول) و خاک غیرسترون مزرعه (آزمون دوم)، به ترتیب در جداول ۲ و ۳ آمده است. در جداول مقایسه میانگین‌ها چهار گروه شامل تیمارهای بدون نمتود، تیمارهای دارای نمتود ولی بدون قارچ و کود سبز،

تفریخ تخم *Meloidogyne incognita*: پس از گذشت ۴۸ ساعت تعداد لاروهای غیرفعال و پس از ۷۲ ساعت تعداد تخم‌های تفریخ نشده شمارش شد. به دلیل غلظت بسیار بالای عصاره کرچک در دو نوبت آزمون، حتی با چند بار عبور دادن از فیلتر هیچ تخم و لاروی مشاهده نشد. مقایسه میانگین تیمارها نشان می‌دهد که منداب، بارهنگ و گل جعفری باعث افزایش مرگ و میر لاروها شده و از این نظر در یک سطح آماری قرار داشته و نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری دارند. از نظر کاهش تفریخ تخم نیز همه‌ی گیاهان باعث کاهش تفریخ تخم شده، منتها تیمارهای منداب و بارهنگ بیشترین تأثیر را داشته و نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۱).

تأثیر عصاره‌ی آبی بافت تازه‌ی گیاهان بر رشد قارچ *Paecilomyces lilacinus*: نه روز پس از شروع آزمایش مشاهده گردید که قارچ در تمام تشتک‌های پتری حاوی عصاره‌های بارهنگ، منداب، کرچک و گل جعفری در هر چهار غلظت پایه، ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ به صورت عادی مانند تیمار شاهد رشد کرده و هیچکدام از عصاره‌های مورد استفاده اثر سویی روی رشد قارچ نداشته است.

دارای نماتود، مربوط به تیمار گل جعفری- نماتود است که با سایر تیمارهای دارای گل جعفری اختلافی ندارد و کمترین آن مربوط به شاهد دارای نماتود است. به استثناء تیمارهای دارای منداب، بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

وزن تر ریشه: بیشترین وزن تر مربوط به تیمار گل جعفری-سوسپانسیون قارچ-نماتود است که با سایر تیمارهای دارای گل جعفری اختلافی ندارد و کمترین آن مربوط به شاهد دارای نماتود است که با بسیاری از تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفته است. بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

۱-۲- آزمون دوم، خاک مزرعه غیرسترون

طول شاخساره: در تیمارهای دارای نماتود-قارچ-کود سبز، بیشترین طول مربوط به تیمار دارای گندم مایه‌زنی شده با قارچ است که از نظر آماری با شاهد و تیمار سوسپانسیون قارچ در یک سطح قرار گرفته است (جدول ۳).

وزن تر شاخساره: بیشترین وزن تر شاخساره در بین تیمارهای دارای نماتود، مربوط به تیمار کرچک-گندم مایه‌زنی شده با قارچ-نماتود است که با سایر تیمارهای دارای کرچک در یک سطح آماری قرار گرفته و با شاهد در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار دارد. کمترین آن مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ-نماتود می‌باشد که با بقیه تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار دارد.

وزن خشک شاخساره: بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار کرچک-گندم مایه‌زنی شده با قارچ-نماتود است که با تیمار کرچک-نماتود در یک سطح آماری قرار گرفته

تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای دارای نماتود-قارچ-کود سبز قرار دارد. بررسی تأثیر تیمارهای دارای نماتود، کود سبز و قارچ به صورت فرو بردن ریشه گیاهچه گوجه‌فرنگی در سوسپانسیون قارچ یا اضافه کردن دانه گندم مایه‌زنی با قارچ به خاک، از اهداف اصلی پژوهش بوده است.

۱-۱- آزمون اول، خاک مخلوط سترون

طول شاخساره: بین تیمارهای دارای نماتود، بیشترین طول شاخساره مربوط به تیمار گل جعفری-سوسپانسیون قارچ-نماتود است که از نظر آماری با شاهد، تیمارهای سوسپانسیون قارچ-نماتود، بارهنگ-سوسپانسیون قارچ-نماتود و گندم مایه‌زنی شده با قارچ-نماتود در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری دارد ولی با سایر تیمارها در یک سطح قرار گرفته است. به استثناء تیمارهای دارای بارهنگ، بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز هر کدام از گیاهان بازدارنده و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۲).

وزن تر شاخساره: بیشترین وزن تر شاخساره در بین تیمارهای دارای نماتود، مربوط به تیمار گل جعفری-سوسپانسیون قارچ-نماتود است که با تمام تیمارهای دارای گل جعفری، کرچک و تیمار منداب-گندم مایه‌زنی شده با قارچ-نماتود در یک سطح قرار گرفته است. کمترین وزن تر شاخساره به ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد، سوسپانسیون قارچ-نماتود و بارهنگ-سوسپانسیون قارچ-نماتود می‌باشد که در یک سطح آماری قرار گرفته‌اند. بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز هر کدام از گیاهان بازدارنده و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

وزن خشک شاخساره: بیشترین وزن در بین تیمارهای

جدول ۲- تأثیر کاربرد تلفیقی قارچ *Paecilomyces lilacinus* و کود سبزی گیاهان بازاریارنده بر شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی (ارلی اریانا) آلوده به نماتود ریشه‌گرهسی *Meloidogyne incognita* در شرایط گلخانه و خاک سترون (آزمون اول).

Table 2. The combined effect of *Paecilomyces lilacinus* and green manure of inhibitory plant extracts on the growth parameters of tomato (Early Urbana) infected with *Meloidogyne incognita*, under greenhouse conditions and sterilized soil (1st test).

Treatments	Shoot length (cm)		Shoot fresh weight (g)		Shoot dried weight (g)		Root fresh weight (g)	
	With nematode	Without nematode	With nematode	Without nematode	With nematode	Without nematode	With nematode	Without nematode
Control	33.1 e	66.0 b-d	5.2 g	28.2 d-f	0.7 j	5.3 h-j	0.3 f	3.2 d-f
Spore suspension*	31.8 e	80.9 ab	10.0 g	35.7 c-e	2.5 ij	6.2 g-j	1.7 ef	3.9 c-f
Inoculated wheat seeds**	55.8 cd	71.7 bc	20.7 e-g	33.2 c-e	4.5 h-j	4.8 h-j	4.1 c-f	4.2 c-f
Castor ¹	72.8 a-c	78.1 a-c	57.2 ab	61.1 a	10.1 b-h	10.1 c-h	3.6 c-f	5.7 c-f
Castor-Inoculated wheat seeds	75.2 a-c	78.6 a-c	57.2 ab	56.1 ab	7.7 e-j	7.4 f-j	8.4 b-e	8.4 b-e
Castor-Spore suspension	73.3 a-c	79 a-c	57.8 ab	63.1 a	13.1 b-g	8.1 d-i	6.8 c-f	8.7 b-d
Eruca ²	61.4 b-d	95.0 a	33.5 c-e	63.2 a	5.6 h-j	13.2 a-f	4.3 c-f	5.1 c-f
Eruca-Inoculated wheat seeds	75.8 a-c	75.2 a-c	49.8 a-c	55.8 ab	10.8 b-h	17.1 ab	9.6 b-d	17.8 a
Eruca-Spore suspension	67.7 b-d	95.5 a	41.6 b-d	63.9 a	8.1 d-i	14.4 a-e	8.6 b-d	6.3 c-f
Marigold ³	73.1 a-c	71.0 bc	64.7 a	58.8 ab	16.9 a-c	14.6 a-d	14.3 ab	10.4 bc
Marigold-Inoculated wheat seeds	71.5 bc	78.3 a-c	65.7 a	65.2 a	15.6 a-c	18.1 a	17.1 a	16.8 a
Marigold-Spore suspension	79.6 ab	77.3 a-c	66.5a	65.6 a	14.8 a-d	15.3 a-c	19.6 a	17.4 a
Plantain ⁴	60.8 b-d	76.8 a-c	21.3 e-f	35.1 c-e	2.8 ij	6.1 h-j	2.7 d-f	2.8 d-f
Plantain-Inoculated wheat seeds	72.6 a-c	73.8 a-c	29.3 d-f	30.7 d-f	4.4 h-j	5.8 h-j	4.8 c-f	5.1 c-f
Plantain-Spore suspension	47.6 de	68.9 b-d	14.2 gf	40.4 b-d	2.8 ij	7.2 fi	1.4 f	3.4 d-f

اعداد میانگین پنج تکرار است. اعداد دارای حروف مشابه در ستون‌های هر شاخص بر حسب آزمون دانکن در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

۱- کرچک، ۲- منداب، ۳- گل جعفری، ۴- بارهنگ.

*: Inoculated by dipping the tomato roots into a spore suspension of *P. lilacinus*; **: Treatment of the pot soil with wheat seeds inoculated with the fungus. Data are means of five replications. Values followed by the same letters in columns of each index are not significantly different ($P = 0.01$).

جدول ۳- تأثیر کاربرد تلفیقی قارچ *Paecilomyces lilacinus* و کود سبز گیاهان بازدارنده بر شاخص های رشدی گوجهفرنگی (ارلی اربانا) آلوده به نماتود ریشه گرهی *Meloidogyne incognita* در شرایط گلخانه و خاک منزرعه غیرسترون (آزمون دوم).

Table 3. The combined effect of *Paecilomyces lilacinus* and green manure of inhibitory plant extracts on the growth parameters of tomato (Early Urbana) infected with *Meloidogyne incognita*, under greenhouse conditions and non-sterilized farm soil (2nd test).

Treatments	Shoot length (cm)		Shoot fresh weight (g)		Shoot dried weight (g)		Root fresh weight (g)	
	With nematode	Without nematode	With nematode	Without nematode	With nematode	Without nematode	With nematode	Without nematode
Control	79.0 c-e	86.8 a-e	38.2 g-j	52.0 d-g	3.7 fi	8.1 a-d	8.3 b-d	7.9 b-g
Spore suspension*	74.8 d-f	87.8 a-e	37.8 g-j	48.5 e-h	5.5 c-g	8.8 ab	6.6 d-j	7.6 c-h
Inoculated wheat seeds**	87.3 a-e	86.7 a-e	47.1 e-h	50.0 d-h	4.1 fi	7.9 a-e	9.6 a-c	7.2 e-j
Castor ¹	77.0 d-f	83.2 b-e	61.8 b-e	67.2 bc	6.7 a-f	6.4 b-f	8.1 b-f	8.5 b-d
Castor-Inoculated wheat seeds	81.6 b-e	95.4 ab	64.0 b-d	84.0a	8.9 ab	9.6 a	11.5 a	10.6 ab
Castor-Spore suspension	79.3 c-f	83.7 b-e	56.5 c-f	68.1 bc	4.9 d-h	6.7 a-f	7.4 c-i	8.3 b-d
Eruca ²	77.3 d-f	76.4 d-f	43.8 f-i	42.3 f-i	4.1 fi	5.3 c-h	5.4 f-k	5.5 e-k
Eruca-Inoculated wheat seeds	68.0 f-h	94.2 a-c	30.1 ij	75.6 ab	2.3 g-j	9.1 ab	4.7 i-k	8.4 b-d
Eruca-Spore suspension	78.5 d-f	83.4 b-e	35.1 h-j	45.1 f-h	6.2 b-f	4.6 e-h	4.5 jk	5.4 g-k
Marigold ³	80.2 c-f	90.2 a-d	47.2 e-h	50.5 d-h	4.9 d-h	5.1 c-h	6.1 d-j	6.7 d-j
Marigold-Inoculated wheat seeds	82.6 b-e	100.2 a	48.1 e-h	76.1 ab	4.7 e-h	8.3 a-c	8.2 b-e	9.4 a-c
Marigold-Spore suspension	60.8 hi	79.0 c-f	36.6 g-j	38.9 g-j	2.2 g-j	4.1 fi	3.1 kl	5.2 h-k
Plantain ⁴	53.5 i	59.2 hi	13.5 kl	15.5 kl	1.1 ij	1.1 ij	1.3 l-m	1.6 l-m
Plantain-Inoculated wheat seeds	72.7 ef	77.4 d-f	25.8 j-k	47.1 e-h	2.1 h-j	5.2 c-h	3.3 kl	4.6 j-k
Plantain-Spore suspension	36.9 j	62.6 g-i	4.3 l	16.4 kl	0.2 j	1.1 ij	0.4 m	1.9 l-m

اعداد میانگین پنج تکرار است. اعداد دارای حروف مشابه در ستونهای هر شاخص بر حسب آزمون دانکن در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری ندارند.

۱- کرچک، ۲- منداب، ۳- گل جعفری، ۴- بارهنگ.

*: Inoculated by dipping the tomato roots into a spore suspension of *P. lilacinus*; **: Treatment the pot soil with wheat seeds inoculated with the fungus.

Data are means of five replications. Values followed by the same letters in columns of each index are not significantly different (P = 0.01).

غیرسترون مزرعه (آزمون دوم)، به ترتیب در جداول ۴ و ۵ آمده است. در این جداول دو گروه شامل تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای دارای نماتود-قارچ-کود سبز قرار دارد.

۲-۱- آزمون اول، خاک مخلوط سترون

گال در گرم ریشه: کمترین تعداد گال مربوط به تیمار سوسپانسیون قارچ است که با تیمار شاهد و سایر تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری دارد. بیشترین تعداد گال مربوط به تیمار بارهنگ است که با شاهد در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری دارد. به استثناء تیمارهای دارای بارهنگ، بین سایر تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۴).

کیسه تخم در گرم ریشه: کمترین تعداد کیسه تخم مربوط به تیمار سوسپانسیون قارچ است که با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری دارد. بیشترین آن مربوط به تیمار بارهنگ است که با شاهد و تیمارهای منداب-سوسپانسیون قارچ، کرچک، بارهنگ-سوسپانسیون قارچ و کرچک-سوسپانسیون قارچ در یک سطح آماری قرار گرفته است. بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

شاخص گال: پایین‌ترین شاخص گل مربوط به تیمار سوسپانسیون قارچ است که با سایر تیمارها و شاهد در یک سطح آماری قرار گرفته است.

تخم در گرم ریشه: کمترین تعداد تخم در گرم ریشه مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ است که با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری دارد. بیشترین تعداد تخم مربوط به تیمار سوسپانسیون قارچ

است ولی با شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. کمترین وزن مربوط به تیمارهای دارای بارهنگ است که با شاهد در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری دارند. بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز گیاهان بازدارنده و تیمارهای مشابه دارای سوسپانسیون قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

وزن تر ریشه: بیشترین وزن تر ریشه مربوط به تیمار کرچک-گندم مایه‌زنی شده با قارچ-نماتود و کمترین آن مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ-نماتود است که هر دو با شاهد اختلاف معنی‌داری دارند.

۲- شاخص‌های نماتود

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در خاک مخلوط سترون، اثر کود سبز بر تعداد تخم/گرم ریشه، تعداد تخم و کیسه تخم در کل سیستم ریشه، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در سطح ۱٪، اثر قارچ بر شاخص گال، اثر کود سبز و قارچ بر تعداد گال و کیسه تخم در گرم ریشه، همچنین اثر قارچ و قارچ-کود سبز بر هر دو فاکتور در سطح ۵٪ معنی‌داری است. منتها اثر تیمار بر تعداد لارو سن دو در خاک در سطوح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد. در خاک زراعی غیرسترون اثر کود سبز و کود سبز-قارچ بر تعداد تخم/گرم ریشه، تعداد تخم در کل ریشه، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل، اثر قارچ بر تعداد کیسه تخم/گرم ریشه و در کل ریشه، در سطح ۱٪، و اثر قارچ بر تعداد لارو سن دو در کل خاک در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. منتها اثر کود سبز، قارچ و کود سبز×قارچ بر شاخص گال در سطح ۱٪ و ۵٪ اختلاف معنی‌دار نیست.

میانگین شاخص‌های نماتود شامل تعداد کیسه تخم و گال در گرم ریشه، شاخص گال، تعداد تخم در کل ریشه، تعداد لارو سن دو در خاک گلدان، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در خاک مخلوط سترون (آزمون اول) و خاک

جدول ۴- تاثیر کاربرد تلفیقی قارچ و کود سبز گیاهان بازدارنده بر فعالیت نematode ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* روی گوجه‌فرنگی (اری‌ارباتا) در شرایط گلخانه و خاک سترون.

Table 4. The combined effect of *Paeclomyces lilacinus* and green manure of inhibitory plant extracts on the indices of *Meloidogyne incognita* on tomato (Early Urbana), under greenhouse conditions and sterilized soil.

Treatments	Galls /g of roots	Egg masses /g of roots	Gall index	Egg /g of roots	Eggs /root system	Juveniles /pot soil	Final papulation	Reproductive factor
Control	306.2 b	163.3 a	5.0 a	14381 a	4217 d	217.0 b	25972 d	2.6 d
Spore suspension*	92.0 d	31.2 d	4.4 ab	9920 b	30854 d	406.0 b	71561 cd	7.1 cd
Inoculated wheat seeds**	286.3 bc	94.9 bc	5.0 a	5620 c	26072 d	70.0 b	33406 d	3.3 d
Castor ¹	237.8 bc	115.0 a-c	5.0 a	5044 c	19578 d	350.0 b	55007 cd	5.5 cd
Castor-Inoculated wheat seeds	301.6 b	91.8 bc	5.0 a	4546 c	41167 cd	210.0 b	42240 d	4.2 d
Castor-Spore suspension	312.4 b	134.8 ab	5.0 a	5297 c	28866 d	140.0 b	43629 d	4.3 d
Eruca ²	235.8 bc	79.6 bc	4.8 ab	7468 c	34891 cd	420.0 b	77267 cd	7.7 cd
Eruca-Inoculated wheat seeds	333.2 ab	101.0 a-c	5.0 a	4571 c	42853 cd	700.0 ab	113893 bc	11.3 bc
Eruca-Spore suspension	228.7 bc	103.0 a-c	4.8 ab	4530 c	36726 cd	532.0 b	90976 cd	9.1 cd
Marigold ³	223.8 bc	98.8 bc	5.0 a	5231 c	77385 bc	560.0 b	134793 bc	13.4 bc
Marigold-Inoculated wheat seeds	380.6 ab	143.6 ab	5.0 a	6358 c	106772 b	560.0 b	165265 bc	16.5 bc
Marigold-Spore suspension	278.2 bc	72.2 c	5.0 a	8437 b	165641 a	1470.0 a	314092 a	31.4 a
Plantain ⁴	521.2 a	174.2 a	5.0 a	6678 c	22972 d	532.0 b	76528 cd	7.6 cd
Plantain-Inoculated wheat seeds	348.0 ab	97.6 bc	5.0 a	4390 c	20376 d	252.0 b	46030 d	4.6 d
Plantain-Spore suspension*	278.2 bc	120.5 a-c	4.6 ab	2376 d	3350 d	0.0 b	3538 d	0.4 d

*: Inoculated by dipping the tomato roots into a spore suspension of *P. lilacinus*; **: Treatment the pot soil with wheat seeds inoculated with the fungus. Data are means of five replications. Values followed by the same letters in each column are not significantly different (P = 0.01).

۱- کرچک، ۲- منداب، ۳- گل جعفری، ۴- بارهنگ.

اعداد میانگین پنج تکرار است. اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر حسب آزمون دانکن در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری ندارند.

۲-۲- آزمون دوم، خاک مزرعه غیرسترون

گال در گرم ریشه: کمترین تعداد گال در گرم ریشه مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ است که با تیمارهای منداب، منداب-گندم مایه‌زنی شده با قارچ، بارهنگ، گل جعفری-سوسپانسیون قارچ و گل جعفری-گندم مایه‌زنی شده با قارچ در یک سطح آماری قرار گرفته است ولی با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری دارد. بیشترین تعداد مربوط به شاهد است. بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۵).

کیسه تخم در گرم ریشه: کمترین تعداد کیسه تخم در گرم ریشه مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ است و اختلاف آن با شاهد در سطح ۱٪ معنی‌داری است. بیشترین تعداد مربوط به گل جعفری است که با شاهد و سایر تیمارهای در یک سطح آماری قرار گرفته است. اکثر تیمارهای دارای کود سبز گیاهان بازدارنده و قارچ نسبت به تیمارهای بدون قارچ تعداد کیسه تخم کم‌تری دارند. به استثناء تیمار دارای بارهنگ، بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای سوسپانسیون قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

شاخص گال: پایین‌ترین شاخص گل مربوط به تیمار بارهنگ است که نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌دار است.

تخم در گرم ریشه: کمترین تعداد تخم در گرم ریشه مربوط به تیمار گل جعفری-گندم مایه‌زنی شده با قارچ است که نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌دار است. بیشترین تعداد مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ است که نسبت به شاهد و سایر تیمارها در یک سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار است. تیمارهای بارهنگ، گل

است و با تیمار گل جعفری-سوسپانسیون قارچ در یک سطح آماری قرار گرفته و با تیمار شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. تعداد تخم در تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ نسبت به تیمار بارهنگ کمتر و در تیمار گل جعفری-سوسپانسیون قارچ بیش از تیمار گل جعفری است. بین سایر تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

تخم در کل ریشه: کمترین تعداد تخم در کل ریشه مربوط در آزمون اول مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ است که با تیمار شاهد و سایر تیمارها، به استثناء تیمارهای دارای گل جعفری، در یک سطح آماری قرار گرفته است. به استثناء تیمار دارای بارهنگ، بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

لارو سن دو درون خاک گلدان: تعداد لارو سن دو در آزمون با خاک مخلوط سترون بیش از آزمون با خاک مزرعه غیرسترون می‌باشد. کمترین تعداد مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ است که به استثناء تیمارهای گل جعفری-سوسپانسیون قارچ و تیمار منداب-گندم، با شاهد و سایر تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفته است.

جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل: کم‌ترین جمعیت و فاکتور تولیدمثل مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ است که تیمارهای دارای گل جعفری و تیمار منداب-گندم مایه‌زنی شده با قارچ اختلاف معنی‌داری دارد، ولی با شاهد سایر تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفته است. به استثناء تیمار دارای گل جعفری، بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای سوسپانسیون قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۵- تاثیر کاربرد تلفیقی قارچ و کود سبز گیاهان بازدارنده ضایعات نماتود ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* روی گوجه‌فرنگی (ارلی اربانا) در گلخانه و خاک زراعی.

Table 5. The combined effect of *Paeclomyces lilacinus* and green manure of inhibitory plant extracts on the activity of *Meloidogyne incognita* on tomato (Early Urbana), under greenhouse conditions and non-sterilized farm soil.

Treatments	Galls /g of roots	Egg masses /g of roots	Gall index	Egg /g of roots	Eggs /root system	Juveniles /pot soil	Final population	Reproductive factor
Control	324.3 a	204.6 a	5.0 a	7664 bc	28086 b-d	0.0 a	28700 b-d	2.8 b-d
Spore suspension*	225.4 ab	115.2 b	5.0 a	4655 c-e	29602 bc	0.0 a	30332 bc	3.0 bc
Inoculated wheat seeds**	214 ab	128.8 ab	4.8 ab	3020 de	11504 c-e	0.0 a	11907 c-e	1.1 c-e
Castor ¹	241.2 ab	133.6 ab	5.0 a	3952 de	27341 b-d	0.0 a	28262 b-d	2.8 b-d
Castor-Inoculated wheat seeds	240 ab	84.6 bc	4.8 ab	7780 bc	69512 a	140.0 a	84248 a	8.4 a
Castor-Spore suspension	237.38 ab	104.9 bc	5.0 a	3414 de	19242 b-e	0.0 a	19731 b-e	1.9 b-e
Eruca ²	204 ac	116.6 b	4.6 ab	3916 de	15756 b-e	210.0 a	37188 b	3.7 b
Eruca-Inoculated wheat seeds	174.1 bc	81.9 bc	5.0 a	4986 c-e	11389 c-e	210.0 a	32588 bc	3.2 bc
Eruca-Spore suspension	222.6 ab	114.2b	5.0 a	4882 c-e	36045 b	0.0 a	36746 b	3.6 b
Marigold ³	237.2 ab	149.7 ab	5.0 a	5725 cd	27477 b-d	0.0 a	28026 b-d	2.8 b-d
Marigold-Inoculated wheat seeds	191.6 a-c	80.8 bc	4.8 ab	1570 e	5978 c-e	245.0 a	30921 b-c	3.1 bc
Marigold-Spore suspension	184.8 bc	66.2 bc	5.0 a	5687 cd	14247 b-e	0.0 a	14360 b-e	1.4 b-e
Plantain ⁴	183.1 bc	134.4 ab	4.4 b	9404 b	8488 c-e	70.0 a	15605 b-e	1.6 b-e
Plantain-Inoculated wheat seeds	245.8 ab	104.8 bc	5.0 a	5652 cd	11869 c-e	0.0 a	12089 c-e	1.2 c-e
Plantain-Spore suspension	79.3 c	23.3 c	4.2 b	14380 a	2776 d-e	0.0 a	2780 f	0.2 f

*: Inoculated by dipping the tomato roots into a spore suspension of *P. lilacinus*; **: Treatment the pot soil with wheat seeds inoculated with the fungus. Data are means of five replications. Values followed by the same letters in each column are not significantly different ($P = 0.01$).

۱- کرچک، ۲- منداب، ۳- گل جعفری، ۴- بارهنگ.

اعداد میانگین پنج تکرار است. اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر حسب آزمون دانکن در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

ناشی از نماتودهای انگل گیاهی به صورت افزایش تحمل و شاخص‌های رشدی گیاه و یا کاهش جمعیت نماتود ظاهر می‌شود. مقایسه تیمارهای دارای نماتود-کود سبز گیاهان بازدارنده و تیمارهای مشابه دارای قارچ (سوسپانسیون اسپور قارچ یا اضافه کردن دانه گندم مایه‌زنی با قارچ به خاک) و تأثیر آن‌ها بر روی شاخص‌های گوجه‌فرنگی رقم ارلی‌اربانا آلوده و نماتود ریشه‌گرهی از اهداف اصلی پژوهش بوده است.

تأثیر تیمارها بر شاخص‌های رشدی گیاه: نتایج دو آزمون کاربرد تلفیقی قارچ و گیاهان بازدارنده بر شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی و شاخص‌های نماتود در خاک مخلوط سترون (آزمون یک) و خاک مزرعه غیرسترون (آزمون دو)، یکسان نیست و تیمارهای مختلف از یک روند پیروی نمی‌کنند. در خاک سترون، شاهد سالم و شاهد آلوده به نماتود از نظر طول و وزن تر شاخساره اختلاف معنی‌داری دارند، در حالی که در خاک مزرعه اختلاف آن‌ها در وزن خشک شاخساره است.

طول گیاه: طول شاخساره در شرایط گلخانه تابع شرایط نوری است و شاخص مناسبی برای مقایسه تیمارها نمی‌باشد. در خاک مخلوط سترون، همه تیمارها باعث افزایش طول شاخساره به میزان $4/4-44/7$ درصد در گیاهان بدون نماتود نسبت به شاهد شده‌اند. این درصد افزایش در تیمارهای دارای نماتود بیشتر است. به نحوی که به استثناء تیمار سوسپانسیون اسپور قارچ (با کاهش $3/9\%$ نسبت به شاهد)، سایر تیمارها باعث افزایش $43/8-140/5$ درصدی طول شاخساره نسبت به شاهد شده‌اند. بیشترین درصد افزایش ($140/5\%$) مربوط به تیمار گل جعفری-سوسپانسیون اسپور قارچ است که اختلاف آن با شاهد معنی‌دار است.

میزان افزایش طول در خاک مزرعه غیرسترون به مراتب

جعفری، گل جعفری-سوسپانسیون قارچ، منداب-سوسپانسیون قارچ و سوسپانسیون قارچ با شاهد اختلاف معنی‌داری ندارند. تیمارهای کرچک، منداب و کرچک-سوسپانسیون قارچ نسبت به شاهد تعداد تخم کمتری دارند. به استثناء تیمار دارای بارهنگ، بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای سوسپانسیون قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

تخم در کل ریشه: کمترین تعداد تخم مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ است که با شاهد و سایر تیمارها به استثناء تیمارهای سوسپانسیون قارچ، منداب-سوسپانسیون قارچ و کرچک-گندم مایه‌زنی شده با قارچ در یک سطح آماری قرار گرفته است. بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

لارو سن دو درون خاک گلدان: بیشترین تعداد لارو مربوط به به گل جعفری-گندم است که با شاهد و سایر تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفته است.

جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل: کم‌ترین جمعیت و فاکتور تولیدمثل مربوط به تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ است که با شاهد سایر تیمارها در سطح 1% دارای اختلاف معنی‌دار است. متنها بیشترین جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتود مربوط به تیمار کرچک-گندم مایه‌زنی شده با قارچ است که با شاهد و سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار است. به استثناء تیمار دارای بارهنگ، بین تیمارهای دارای نماتود-کود سبز و تیمارهای مشابه دارای سوسپانسیون قارچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

بحث

اثر اعمال روش‌های مدیریتی در جهت کاهش خسارت

جعفری و کرچک باید دلیل دیگری داشته باشد که نیاز به بررسی دارد. احتمال دارد رشد گیاه گوجه‌فرنگی حضور نماتود و کود سبز گل جعفری و کرچک تحریک شده باشد.

در خاک مزرعه روند متفاوت است. اولاً تعدادی از تیمارهای دارای نماتود، از جمله تیمارهای دارای بارهنگ باعث کاهش وزن تر و خشک، همچنین طول شاخساره نسبت به شاهد شده‌اند. این کاهش در تیمارهای بدون نماتود بیشتر است. ثانیاً میزان افزایش در تیمارهای مثبت به مراتب کم‌تر از خاک مخلوط سترون است. میزان افزایش وزن تر و خشک شاخساره در تیمارهای مثبت ترتیب $14/7-67/5\%$ و $10/8-140/5\%$ نسبت به شاهد است. تیمارهای دارای کرچک با داشتن $47/9-67/5\%$ افزایش در وزن تر و $32/4-140/5\%$ افزایش در وزن خشک شاخساره بالاترین درصد افزایش را به خود اختصاص داده‌اند. در این آزمایش نیز وزن خشک شاخساره نسبت به وزن تر افزایش بیشتری داشته و افزایش وزن تر و خشک با افزایش طول شاخساره تطابق دارد.

وزن تر ریشه: آلودگی به نماتود ریشه‌گرهی از یک طرف باعث کاهش حجم سیستم ریشه و از طرف دیگر به دلیل تشکیل گال باعث افزایش وزن برخی از تیمارها می‌گردد. این تغییرات در تیمارهای مختلف از یک روند مشخص و یکنواخت تبعیت نمی‌کند. لذا شاخص خوبی جهت مقایسه تیمارها به شمار نمی‌آید. در آزمون خاک مخلوط سترون و در گلدان‌های بدون نماتود، به استثناء تیمار بارهنگ با $12/5\%$ کاهش، سایر تیمارها باعث افزایش $21/9\%$ تا $4/56$ برابر وزن ریشه شده‌اند. این افزایش در گلدان‌های دارای نماتود $4/67$ تا $64/33$ برابر وزن ریشه شاهد می‌باشد.

کم‌تر از خاک مخلوط سترون است. اکثر تیمارهای دارای نماتود و بدون نماتود طول کمتری نسبت به شاهد داشته و بر خلاف خاک مخلوط سترون، میزان افزایش در تیمارهای دارای نماتود کم‌تر از تیمارهای بدون نماتود است. تغییرات طول شاخساره در تیمارهای دارای نماتود نسبت به شاهد از $53/3-$ تا $10/5\%$ و در تیمارهای بدون نماتود از $31/8-$ تا $15/4\%$ می‌باشد.

وزن تر و خشک شاخساره: همه تیمارها در خاک مخلوط سترون باعث افزایش وزن تر شاخساره بوته‌های آلوده به نماتود به میزان 173% تا $11/79$ برابر وزن تر شاهد شده‌اند. در مورد وزن خشک شاخساره همین روند وجود دارد. منتها تأثیر تیمارها بیشتر و میزان افزایش از 300% تا $23/14$ برابر است. بیشترین تأثیر بر وزن تر و خشک شاخساره، به ترتیب، مربوط به تیمارهای دارای گل جعفری (به ترتیب با $11/44-11/78$ و $20/14-23/14$ برابر) و کرچک (به ترتیب با $10/00-10/11$ و $10/00-10/71$) برابر افزایش در وزن تر و خشک است. این افزایش توأم با افزایش طول گیاه است. از این نظر منداب در جایگاه بعدی قرار دارد. نکته‌ای که وجود دارد این است که میزان افزایش وزن در تیمارهای بدون نماتود به مراتب کم‌تر است. تیمارهای مختلف بدون نماتود فقط باعث افزایش $8/9-132/6\%$ وزن تر و $9/4-241/5\%$ وزن خشک شاخساره نسب به شاهد شده‌اند. جمعیت‌های کم نماتود می‌تواند باعث تحریک رشد گیاه گردد. ولی در این آزمایشات جمعیت اولیه نماتود بیش از آستانه خسارت اقتصادی ($0/5-1/0$ تخم و یا لارو سن دو در خاک) بوده است و مقایسه شاهد بدون نماتود با شاهد دارای نماتود نشان‌دهنده تأثیر منفی نماتود بر شاخص‌های رشدی گیاهان آلوده تیمار نشده است. بنابراین افزایش شاخص‌های رشدی گیاه در حضور نماتود و کود سبز گل

توأم آن با کودهای سبز بسیار بهتر عمل کرده است. احتمال دارد اصلاح خاک با مواد آلی باعث تحریک قارچ به عنوان یک عامل انگلی برای نماتود و پراکندگی بیشتر آن گردیده است. (Lopez-Ilorca et al. 2008). در تحقیقات مشابه کاربرد هم‌زمان کرچک و قارچ (Rao et al. 1997, Zaki & Bhatti 1990) یا کرچک به تنهایی باعث افزایش شاخص‌های رشدی گیاه شده است (Ritzinger & Mensorley 1998).

اثر کود سبز گیاهان بازدارنده در خاک مزرعه غیرسترون بر شاخص‌های رشدی گیاه سالم و آلوده به نماتود کم‌تر از خاک مخلوط سترون است. علت این امر احتمال جذب مواد حاصل از تجزیه مواد آلی توسط اجزای خاک رسی و سنگین مزرعه و کاهش تأثیر آن‌ها می‌باشد. خاک سترون از مخلوط ماسه رودخانه‌ای و خاک مزرعه (به نسبت ۱:۱) به دست آمده است.

شاخص‌های نماتود: شاخص گال و فاکتور تولیدمثل از معیارهای اصلی ارزیابی اعمال روش‌های مدیریتی علیه نماتودهای انگل گیاهی محسوب می‌شوند، منتها تغییرات آن‌ها همیشه هماهنگ نیست. در این تحقیق تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخص گال بسیار اندک (۴/۴-۵/۰) در خاک مخلوط سترون و در ۴/۲-۵/۰ خاک مزرعه غیرسترون) بوده است. در مورد فاکتور تولیدمثل که تابعی از جمعیت نهایی است، نتایج آزمون در دو نوع خاک یکسان نیست. در خاک مخلوط سترون فقط تیمار بارهنگ-سوسپانسیون قارچ توانسته است جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل را بیش از ۸۴٪ کاهش را کاهش دهد، ولی سایر تیمارها باعث افزایش فاکتور تولیدمثل شده‌اند. به نحوی که تیمارهای دارای گل جعفری علی‌رغم کاهش ۱۲/۱ تا ۵۵/۸ درصدی تعداد کیسه تخم در گرم ریشه، به دلیل تأثیر مثبت بر شاخص‌های رشدی گیاه، باعث افزایش ۴۱/۵ تا ۱۱۰/۷

در خاک مزرعه غیرسترون در گلدان‌های دارای نماتود فقط تیمار کرچک مایه‌زنی شده با دانه گندم و تیمار دانه گندم مایه‌زنی شده با قارچ باعث افزایش وزن تر ریشه، به ترتیب ۳۸/۶ و ۱۵/۷٪ شده‌اند. اکثر تیمارها تأثیر منفی بر وزن تر ریشه در گلدان‌های بدون نماتود داشته و باعث کاهش ۳/۸ تا ۷۹/۷ درصدی آن شده‌اند. فقط تیمارهای دارای کرچک، همچنین تیمارهای منداب و گل جعفری مایه‌زنی شده با دانه گندم باعث افزایش ۵/۱-۱۹/۰٪ وزن ریشه شده‌اند.

در مجموع می‌توان گفت گیاه بارهنگ علی‌رغم داشتن خاصیت ضد نماتودی، اثر بازدارندگی بر روی رشد گوجه‌فرنگی دارد. در تحقیقاتی خاصیت ضد نماتودی گونه‌هایی از *Plantago* علیه نماتودهایی از قبیل *Xiphinema index* بر روی مو، *Ditylenchus dipsaci* بر روی سیر (Insunza & Valenzuela 1995, Aballay et al. 2005) و *M. incognita* نشان داده شده است (Meyer et al. 2006, Hamzehzarghani et al. 2011). علاوه بر آن کاردی از یک طرف باعث کاهش جمعیت *Mesocriconea xenoplax* و از طرف دیگر باعث کاهش رشد نهال‌های هلو شده است (Whittington & Zehr 1992).

استفاده از گل جعفری در خاک مخلوط سترون و کرچک در خاک مزرعه غیرسترون تأثیر خوبی بر شاخص‌های رشدی گیاه گوجه‌فرنگی داشته است. این نتایج با تحقیق مشابهی که در آن کاربرد کرچک باعث بهبود شاخص رشدی گیاه شده است مطابقت دارد (Ritzinger & Mensorley 1998). اصلاح‌کنندگان آلی خاک باعث تغییر در مقاومت گیاه می‌شوند (Akhtar & Malik 2000). تیمارهایی که با قارچ تنها اعمال شده‌اند اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد ندارند ولی استفاده‌ی

(et al. 2011, Ploeg 1999, Zandieh Shirazi 2008). نتایج حاصل از آزمون های انجام شده در خاک سترون و زراعی مشابه نیست که احتمالاً به علت ساختار متفاوت خاک و ترکیبات و میکروارگانیزم هایی است که در خاک زراعی موجود است ولی در خاک سترون به علت حرارت دادن خاک کمتر وجود ندارد. در مخلوط خاک و ماسه سترون خاک سبک است و خلل و فرج بیشتری نسبت به خاک زراعی وجود دارد. همه ی این ها باعث می شود که قارچ و کودهای سبز استفاده شده اثرات متفاوتی در خاک سترون و زراعی داشته باشند. از طرف دیگر تأثیر کود سبز گیاهان نیز یکسان نیست. علت اثرات متفاوت این کودهای سبز احتمالاً به دلیل ترکیبات متفاوت آن ها می باشد که تعدادی از آن ها و اثرات ضد نماتودیشان از جمله رایسین در کرچک (Rich et al. 1989)، terthienyl در گل جعفری (Oka et al. 2001) و ایزوتیوسیانات در منداب (Chitwood 2002, Zasada et al. 2002) شناخته شده و به اثبات رسیده است.

برابری فاکتور تولیدمثل گردیده است. این شرایط به دلیل افزایش جمعیت نماتود در خاک برای کشت بعدی مطلوب نمی باشد. در خاک مزرعه غیرسترون تمام تیمارها باعث کاهش تعداد گال و کیسه تخم گردیده است، منتها علاوه بر تیمارهای دارای بارهنگ فقط برخی از تیمارهای دارای گل جعفری و کرچک باعث کاهش فاکتور تولیدمثل شده است.

در تحقیقاتی استفاده از کودهای سبز کرچک تعداد تخم در گرم ریشه نماتود ریشه را کاهش داده است (Esser & EL-Gholl 1993, Ritzinger & Mcsorley 1998, Ashraf & Khan 2005). کاهش کیسه ی تخم توسط این قارچ (Bhat et al. 2009) و کاهش بیشتر این شاخص در حضور اصلاح کننده های آلی خاک احتمالاً نشان دهنده ی قدرت کلونیزه کردن بیشتر ریشه توسط این سوسپانسیون قارچ و افزایش قدرت انگلی آن می باشد (Rao et al. 1997). اثر بازدارندگی منداب، بارهنگ و گل جعفری بر تفریح تخم و مرگ و میر لارو سن دو نماتود ریشه گرهی *M. incognita* در شرایط آزمایشگاهی نشان داده شده است (Adegbite & Adesiyani 2005, Hamzehzarghani

منابع

- Aballay E., Parraguez A. and Insunza V. 2005. Nematicidal evaluation of five plant species incorporated into the soil as organic matter on the population of *Xiphinema index* in *Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless. *Fitopatología* 40: 35-42.
- Adegbite A. A. and Adesiyani S. O. 2005. Root extracts of plants to control root-knot nematode on edible soybean. *World Journal of Agricultural Sciences* 1: 18-21.
- Akhtar M. and Malik A. 2000. Roles of organic soil amendment and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: A review. *Bioresource Technology* 74: 35-47.
- Ashraf M. S. and Khan T. A. 2005. Effect of opportunistic fungi on the life cycle of the root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on brinjal. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 38: 227-233.
- Bhat M. Y., Muddin H. and Bhat N. A. 2009. Histological interactions of *Paecilomyces lilacinus* and *Meloidogyne incognita* on bitter melon. *American Journal of Science* 5: 8-12.
- Baeker K. R. 1985. Nematode extraction and bioassays, pp: 19-35. In: Barker K. R., Carter C. C. and Sasser J. N. (eds). An advanced treatise on *Meloidogyne*, volume II: Methodology. North Carolina State University Graphics, USA.

- Chitwood D. J. 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. Annual Review of Phytopathology 40: 221-249.
- Esser R. P. and El-Gholl N. E. 1993. *Paecilomyces lilacinus*, a fungus that parasitizes nematode eggs. Nematology Circular No. 203. Florida Department of Agriculture and Consumer Services.
- Hamzehzarghani H., Hoseinpoor R. and Karegar A. 2011. Effect of powder and aqueous extracts of some plant species on reproduction of *Meloidogyne incognita* on tomato and on growth parameters of the crop. Proceedings of the Third Scientific Conference of ISOFAR. Organic is life knowledge for tomorrow, Volume 1: Organic Crop Production. Namyangju. Republic of Korea. Pp: 538-541.
- Holland R. J., Williams K. L. and Khan A. 1999. Infection of *Meloidogyne javanica* by *Paecilomyces lilacinus*. Nematology 1: 131-139.
- Insunza B. V., and Valenzuela A. 1995. Control of *Ditylenchus dipsaci* on garlic (*Allium sativum*) with extracts of medicinal plants from Chile. Nematropica 25: 35-41.
- Jothi G., Babu R. S., Ramakrishnan S. and Rajendran G. 2004. Management of root lesion nematode, *Pratylenchus delattrei* in crossandra using oil cakes. Bioresource Technology 93: 257-259.
- Karssen G. and Moens M. 2006. Root-knot nematodes, pp: 59-90. In: Perry, R. N. and Mones, M. (eds). Plant nematology. CABI, Wallingford, UK.
- Kerry B. R. 2000. Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant parasitic nematodes. Annual Review of Phytopathology 38: 423-441.
- Lopez-Llorca L. V., Macia-Vicente J. G. and Jansson H. B. 2008. Mode of action and interaction of nematophagous fungi, pp: 51-76. In: Ciancio A. and Mukerji K. G (eds). Integrated Management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Meyer S. L. F., Zasada I. A., Roberts D. P., Vinyard B. T., Lakshman D. K., Lee J.-K., Chitwood D. J. and Carta L. K. 2006. *Plantago lanceolata* and *Plantago rugelii* extracts are toxic to *Meloidogyne incognita* but not to certain microbes. Journal of Nematology 38: 333-338.
- Oka, Y. 2001. Nematicidal activity of essential oil components against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. Nematology 3: 159-164.
- Olabiyi T. I., Oyedunmade E. E. A., Ibikunle G. I. and Ojo O. A. 2008. Chemical composition and bio-nematicidal potential of some weed extracts on *Meloidogyne incognita* under laboratory conditions. Plant Sciences Research 1 (2): 30-35.
- Perry R. N. and Moens M. 2011. Introduction to plant-parasitic nematodes; modes of parasitism. In: Jones, J., Gheysen, G. & Fenoll, C. (eds). Genomics and molecular genetics of plant-nematode interaction. Springer. Pp: 3-20.
- Ploeg A. T. 1999. Greenhouse studies on the effect of marigold (*Tagetes* spp.) on four *Meloidogyne* species. Journal of Nematology 31: 62-69.
- Rao M. S., Parvatha Reddy P. and Nagesh M. 1997. Integrated management of *Meloidogyne incognita* on okra by castor cake suspension and *Paecilomyces lilacinus*. Nematologia Mediterranea 25: 17-19.
- Rich J. R., Rahi G. S., Opperman C. H. and Davis E. L. 1989. Influence of the castor bean (*Ricinus communis*) lectin (ricin) on motility of *Meloidogyne incognita*. Nematropica 19: 99-103.
- Ritzinger C. H. S. P. and Mensorley R. 1998. Effect of castor and velvetbean organic amendments on *Meloidogyne arenaria* in greenhouse experiments. Journal of Nematology 30(4S): 624-631.
- Sasser J. N. and Carter C. C., 1985. Overview of the international *Meloidogyne* project 1975-1984. In: Sasser, J. N. & Carter, C. C. (eds). An advanced treatise on *Meloidogyne*. Volume I: Biology and control. North Carolina State University Graphics, North Carolina, USA. Pp: 19-24.
- Sasser J. N. and Taylor A. L. 1987. Biology, identification, and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). North Carolina State University Graphics, North Carolina, USA. 111 pp.
- Whithead A. G. and Hemming J. R. 1965. A comparison of some quantitative methods of extracting vermiform nematodes from soil. Annual Applied Biology 55: 25-38.
- Whittington D. P. and Zehr E. I. 1992. Populations of *Criconemella xenoplax* on peach interplanted with certain herbaceous plants. Supplement to the Journal of Nematology 24: 688-692.
- Zaki F. A. and Bhatti D. S. 1990. Effect of castor (*Ricinus communis*) and the biocontrol fungus *Paecilomyces lilacinus* on *Meloidogyne javanica*. Nematologica 36: 114-122.

- Zandieh Shirazi L. 2008. Investigation of plant extracts against two important species of root-knot nematodes *Meloidogyne javanica* & *M. incognita* in greenhouse condition. MSc. Thesis submitted to Shiraz University, Iran, 130 pp.
- Zasada I. A., Ferris H. and Zheng L. 2002. Plant sources of Chinese herbal remedies: laboratory efficacy, suppression of *Meloidogyne javanica* in soil, and phytotoxicity assays. *Journal of Nematology* 34: 124-129.