بررسی برهمکنش نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* و قارچ *Verticillium dahliae* در گوجه‌فرنگی*

زینب محبوبی[۱]**، مجید اولیا[۲] و بهرام شریف‌نبی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۲)

چکیده

برهمکنش *Meloidogyne javanica* و قارچ *Verticillium dahliae* روی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه بررسی شد. نماتد و قارچ در حالات مختلف زمانی به صورت نماتد دو هفته قبل از قارچ، نماتد همزمان با قارچ، قارچ دو هفته قبل از نماتد، نماتد تنها و قارچ تنها مایه‌زنی شدند و برهمکنش آنها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که حضور توام این عوامل بیمارگر در خاک موجب بیشترین کاهش شاخص‌های رشدی شده و این کاهش در تیمار نماتد دو هفته قبل از اضافه کردن قارچ و نماتد همزمان با قارچ مشهودتر بود. بالاترین شاخص شدت بیماری ۹۰ روز پس از مایه‌زنی قارچ در تیمار نماتد دو هفته قبل از قارچ مشاهده گردید، که اختلاف معنی‌داری با تیمار قارچ به تنهایی داشت و در کلیه تیمارهایی که قارچ را دریافت کرده بودند شاخص شدت بیماری بیش از دو بود. حضور نماتد باعث افزایش شدت بیماری پژمردگی ورتیسلیومی گوجه‌فرنگی شد در حالی که حضور قارچ شاخص‌های بیماری‌زایی و رشدی نماتد را کاهش داد. کمترین میزان شاخص قهوه‌ای شدن بافت آوندی و درصد کلونیزاسیون ساقه در تیمار قارچ به تنهایی مشاهده شد. به عبارتی نماتد موجب افزایش این شاخص و درصد کلونیزاسیون ساقه شد. بالاترین درصد کاهش طول گیاه در تیمارهایی که هر دو عامل بیمارگر حضور داشتند، مشاهده گردید. برهمکنش عوامل مذکور با کاهش شاخص‌های رشدی گیاه و افزایش بیماری پژمردگی گوجه‌فرنگی خسارت وارده به گیاه را افزایش داد.

کلیدواژه: پژمردگی، بیماری‌زایی، کلونیزاسیون، شاخص شدت بیماری، شاخص قهوه‌ای شدن

---

* بخشی از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد نگارنده اول، ارائه شده به دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: zeinab_mahboubi@ymail.com

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد (zeinab_mahboubi@ymail.com).

۲. دانشیار بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد (olia100@yahoo.com).

۳. استاد بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان (sharifna@cc.iut.ac.ir).

Investigation on the interaction between *Meloidogyne javanica* and *Verticillium dahliae* on tomato*

Z. Mahboubi[1], M. Olia[2], and B. Sharifnabi[3]**

(Received: 8.3.2017; Accepted: 11.2.2018)

Abstract

Interaction between nematode *Meloidogyne javanica* and fungus *Verticillium dahliae* on tomato in greenhouses were investigated. Nematode and the fungus inoculated in different time intervals, nematode two weeks before the fungus, nematode and the fungus at the same time, fungus two weeks before the nematode, nematode alone and the fungus alone and the interaction of the pathogen agents were tested. The results showed that the presence of the both of the pathogens in the soil can lead to the greatest reduction in growth factors and the reduction in nematode two weeks before the fungus and nematode+ fungus (simultaneous) treatments was more significant. The highest disease severity index was observed after 90 days in the nematode two weeks before the fungus treatment, that was significantly different with fungus alone treatment and in all fungus received treatments disease severity index was more than two. Presence of the nematode *M. javanica* increased severity and rate of wilting caused by *V. dahliae* on tomato while the presence of fungus, reduced nematode pathogenicity and population indices. The least amount of vascular tissue browning index and stem colonization percent was observed in treatment with fungus alone inoculated and in other words, nematode increases vascular tissue browning index and stem colonization percent. The highest plant height reduction observed in the treatments where both of the pathogens were present. The interaction between pathogen agents with reduction in growth factors indices and increase in tomato wilt disease increases the damage to the plant.

Keywords: wilt, pathogenesis, colonization, disease severity index, browning index

---

* A part of M.Sc. thesis submitted by the first author in Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Corresponding author's E-mail: zeinab_mahboubi@yahoo.com

1,2. Graduate Student of Plant Pathology and Associate Professor of Plant Pathology, College of Agriculture, Shahrekord University, Iran, respectively.

2. Professor of Plant Pathology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

مقدمه

در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، حدود ۵۱۹ هزار هکتار معادل ۴۵/۶ درصد از سطح برداشت اراضی محصولات زراعی کشور به گروه سبزی‌ها اختصاص داشته است. محصول سیب‌زمینی با ۳۰/۹ و گوجه‌فرنگی با ۲۹/۳ درصد به ترتیب رتبه‌های اول و دوم از سطح برداشت سبزی‌ها را به خود اختصاص داده‌اند (Ministry of Agriculture_Jahad 2016). ایران هفتمین تولید کننده گوجه‌فرنگی در جهان است و ۱۵۹۱۳۲ هکتار با عمکرد ۳۷/۵۳ تن در هکتار را به خود اختصاص داده است (FAO 2014). در سال ۲۰۱۲ سطح زیر کشت این محصول در جهان ۳/۷ میلیون هکتار و تولید سالانه آن در حدود ۱۰۰ میلیون تن بوده است (FAO 2012). عوامل مختلفی باعث کاهش عملکرد گوجه‌فرنگی در مناطق مختلف تحت کشت این محصول می‌شوند. نماتدها از عوامل بیماری‌زای مهمی هستند که خسارت زیادی به تولیدات کشاورزی وارد می‌سازند (Chen & Robert 2003). نماتدهای ریشه-گرهی *Meloidogyne* spp. از عوامل بیماری‌زای مهم محدود کننده تولیدات سبزی‌ها در سراسر جهان هستند (Sikora & Fernandez 2005) و همچنین *Verticillium dahliae* Kleb. بیمارگر مهم اقتصادی مولد پژمردگی آوندی است که بیش از ۱۶۰ گونه گیاهی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Korolev *et al.* 2000). از جمله مهمترین میزبان‌های این بیمارگر سیستمیک (Gold *et al.* 1996) پنبه، گوجه‌فرنگی، هندوانه، پسته، زیتون و تعدادی از گیاهان زینتی می‌باشند. علاوه بر اینها این قارچ دامنه وسیعی از علف‌های هرز را نیز آلوده می‌سازد (Elena & Paplomatas 1998). اوریون و کریکون (Orion & Krikun 1976) با بررسی برهمکنش نماتد *Meloidogyne javanica* (Treub.) Chitw. و قارچ *V. dahliae* بر روی گوجه‌فرنگی دریافتند که بروز علائم قارچی نظیر علائم برگی و قهوه‌ای شدن آوندها در رقم حساس به قارچ مورد بررسی، در حضور نماتد افزایش می‌یابد و کمترین وزن تر و ارتفاع ساقه در تیمار ترکیبی عوامل مشاهده شده است. سعیدی‌زاده و نیاستی (Saeedizadeh & Niasti 2011) با بررسی برهمکنش نماتد *M. javanica* و قارچ *V. dahliae* روی نهال‌های برخی از ارقام زیتون نشان دادند که نشانه-های بیماری حاصل از قارچ *V. dahliae* به صورت میزان درصد نشانه‌های بیماری، قهوه‌ای شدن آوندها، کاهش ارتفاع نهال و کلونیزاسیون بافت‌ها در تیمارهای دارای نماتد *M. javanica* از بیشترین مقدار برخوردار بوده است. برهمکنش نماتد *M. incognita* و قارچ *V. dahliae* در کاهش شاخص‌های رشدی نهال‌های زیتون به صورت افزایشی گزارش شده است (Haghighi *et al.* 2008). ولر و ردل (Wheeler & Riedel 1994) برهمکنش نماتد *Pratylenchus penetrans* و قارچ *V. dahliae* را در کاهش محصول سیب‌زمینی قابل توجه توصیف کردند و گزارش نمودند جمعیت نهایی و نرخ تولیدمثل نماتد در حضور قارچ کاهش می‌یابد. جاکوبسن و همکاران (Jacobsen *et al.* 1979) با بررسی برهمکنش نماتد *M. hapla* و قارچ *V. albo-atrum* در مزرعه و گلخانه نقش نماتد را در افزایش شدت پژمردگی سیب‌زمینی تایید کردند و هم‌افزایی نماتد *M. hapla* و قارچ *V. albo-atrum* در پژمردگی سیب‌زمینی را مشابه هم‌افزایی نماتد *P. penetrans* و قارچ *V. albo-atrum* برشمردند. دوای و همکاران (Devay *et al.* 1997) گزارش نمودند مقیاس لگاریتمی تراکم جمعیت نماتد *M. incognita* و قارچ *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* با همدیگر و با توسعه پژمردگی به شدت ارتباط دارد. کمالی‌دهقان و

همکاران (Kamali dehghan *et al.* 2013) با مطالعه اثر قارچ *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* و نماتد *M. incognita* دریافتند که وجود هر دو عامل در ریزوسفر گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی موجب افزایش معنی‌دار نشانه‌های زردی و پژمردگی در بخش هوایی گوجه‌فرنگی و کاهش شاخص‌های رشدی میزبان شده است. هدف از این پژوهش، بررسی برهمکنش نماتد *Meloidogyne javanica* و قارچ *Verticillium dahliae* بر روی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌های بررسی

شناسایی و آماده‌سازی جمعیت نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica*

ریشه آلوده به نماتد ریشه‌گرهی از گلخانه گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد ریشه‌گرهی در استان اصفهان جمع‌آوری گردید و با روش توده تخم منفرد خالص‌سازی و روی گوجه‌فرنگی رقم فلات‌وای تکثیر شد. بعد از گذشت سه ماه، استخراج تخم‌ها از ریشه‌های آلوده با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪ به روش هوسی و باکر (Hussey & Barker 1973) انجام گردید. جهت شناسایی نماتد از روش ریخت‌شناسی استفاده شد. به همین منظور، از انتهای بدن نماتد ماده به روش هارتمن و ساسر (Hartman & Sasser 1985) برش تهیه شد و مشخصات ریخت‌شناسی آن مورد بررسی قرار گرفت.

آماده‌سازی قارچ *V. dahliae*

در این بررسی از قارچ عامل پژمردگی ورتیسلیومی گوجه‌فرنگی با شماره‌ی ثبت IRAN224C استفاده شد.

آزمایش گلخانه‌ای

الف) آماده‌سازی زادمایه قارچ و جمعیت نماتد و افزودن به خاک گلدان‌ها

بذر گوجه‌فرنگی رقم فلات‌وای تهیه و در گلدان‌های حاوی خاک سترون در شرایط گلخانه کشت شد. گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی چهار برگی برای آزمایش انتخاب شدند.

برای تهیه سوسپانسیون کنیدی جهت آزمون بیماری‌زایی و آزمایش اصلی، به هر پتری حاوی پرگنه ده روزه قارچ در حدود ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر سترون اضافه شد. توسط یک میله شیشه‌ای سر کج سترون کنیدی‌ها از پرگنه جدا شده و در آب مقطر به صورت سوسپانسیون درآمدند. با کمک لام گلبول‌شمار تعداد کنیدی‌های موجود در هر میلی‌لیتر از سوسپانسیون تعیین گردید. با اضافه کردن آب مقطر سترون و یا اضافه کردن مجدد سوسپانسیون، غلظت نهایی سوسپانسیون روی ۱×۱۰^{۶} کنیدی در هر میلی‌لیتر تنظیم شد (Khan *et al.* 2000). پس از ۱۰ روز نگهداری گلدان‌ها در گلخانه با دمای ۲۰ الی ۲۵ درجه سانتی‌گراد، هر گلدان دو کیلویی در تیمارهای دارای قارچ با ۱۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون کنیدی قارچ و در تیمارهای دارای نماتد با ۵۰۰۰ تخم و لارو سن دوم نماتد *M. javanica* استخراج شده به روش هوسی و باکر (Hussey & Barker 1973) به روش حفر چاهک‌هایی کنار ریشه گیاهچه گوجه‌فرنگی مایه‌زنی شد. پس از دو هفته در تیمارهای تناوبی عوامل بیمارگر (نماتد دو هفته قبل از قارچ و قارچ دو هفته قبل از نماتد) مجددا مایه‌زنی انجام شد. تیمارها شامل مایه‌زنی نماتد دو هفته قبل از قارچ، نماتد همزمان با قارچ، قارچ دو هفته قبل از نماتد، نماتد تنها و قارچ تنها بود. در تیمار شاهد، به گلدان‌ها فقط آب مقطر سترون اضافه شد.

ب) شرایط نگهداری و شاخص‌های اندازه‌گیری شده

گلدان‌ها به مدت ۹۰ روز در شرایط گلخانه با دمای ۲۰ الی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و نور طبیعی نگهداری و آبیاری یکسان و منظم یک روز در میان انجام شد. هر واحد آزمایش یک گلدان حاوی دو کیلوگرم خاک سترون (مخلوط خاک، ماسه و کود حیوانی به ترتیب با نسبت‌های حجمی ۱:۱:۲) بود. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار اجرا شد. برای ارزیابی میزان بیماری ورتیسلیوز روی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی (تمام گیاهانی که قارچ را دریافت کرده بودند به علاوه گیاهان شاهد فاقد قارچ و نماتد) به صورت زیر عمل گردید.

۱- محاسبه شاخص شدت بیماری: بعد از مایه‌زنی گیاهان، بطور هفتگی شدت علائم بر روی رقم مورد آزمایش با استفاده از شاخص صفر تا پنج ارائه شده توسط شارما و نواک (Sharma & Nowak 1998) ارزیابی شد. ۰: هیچ گونه علائمی مشاهده نمی‌شود، ۱: ۱ تا ۲۵ درصد شاخ و برگ علائم کلروز و پژمردگی نشان می‌دهند، ۲: ۲۶ تا ۵۰ درصد شاخ و برگ علائم کلروز و پژمردگی نشان می‌دهند، ۳: ۵۱ تا ۷۵ درصد شاخ و برگ علائم کلروز و پژمردگی نشان می‌دهند، ۴: ۷۶ تا ۱۰۰ درصد شاخ و برگ علائم کلروز و پژمردگی نشان می‌دهند و ۵: مرگ کل گیاه.

۲- درصد کلونیزاسیون: کل طول ساقه به سه قسمت تحتانی، میانی و فوقانی تقسیم شد و از هر قسمت ۳۰ مقطع عرضی به ضخامت ۳ میلی‌متر از ساقه هر گیاه برداشته شد. مقطع‌های عرضی پس از ضدعفونی سطحی با الکل اتیلیک ۷۰ درصد به مدت یک دقیقه، بر روی محیط PDA آنتی‌بیوتیک‌دار (پنی‌سیلین و ریفامپین به ترتیب ۱۰۰ و ۱۰ ppm به ازای هر لیتر از محیط کشت) کشت داده شدند. کشت‌ها از نظر وجود *V. dahliae* بررسی و تعداد قطعات کلونیزه شده بر حسب درصد محاسبه شد (Banihashemi & Hadizadeh 2005).

۳- شاخص قهوه‌ای شدن: سنجش میزان تغییر رنگ آوندی (علائم داخلی) با تغییراتی در روش اروین و همکاران (Erwin *et al.* 1976) انجام شد. از ساقه هر گیاه در فواصل ۳ سانتی‌متری برش‌هایی عرضی به ضخامت ۳ میلی‌متر تهیه و میزان تغییر رنگ آوندی با استفاده از شاخص صفر تا چهار تعیین شد. ۰: بدون تغییر رنگ آوندی، ۱: دو تا پنج ناحیه یا نقطه قهوه‌ای رنگ محدود به بافت آوندی در هر قطعه، ۲: وجود نواحی قهوه‌ای رنگ در کمتر از ۵۰ درصد از مقطع عرضی ساقه، ۳: وجود نواحی قهوه‌ای رنگ در بیش از ۵۰ درصد از مقطع عرضی ساقه تا قهوه‌ای شدن کامل حلقه آوندی و ۴: قهوه‌ای شدن بافت‌های آوندی و بافت‌های مجاور در تمام مقطع عرضی ساقه.

۴- کاهش ارتفاع گیاه: در پایان آزمایش، ارتفاع گیاه از قسمت طوقه تا جوانه انتهایی اندازه‌گیری شد و اختلاف ارتفاع هر گیاه از میانگین ارتفاع گیاهان شاهد مایه‌زنی نشده محاسبه گردید و به صورت درصد کاهش ارتفاع بیان شد (Hadizadeh & Banihashemi 2005).

با استفاده از شاخص صفر تا پنج ارائه شده توسط تایلور و ساسر (Taylor & Sasser 1978) ۰: بدون گال، ۱: ۱–۲ گال، ۲: ۳–۱۰ گال، ۳: ۱۱–۳۰ گال، ۴: ۳۱–۱۰۰ گال و ۵: بیش از ۱۰۰ گال، شاخص گال (GI) و توده تخم (EI) تعیین شدند.

شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل طول، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه، تعداد گال، توده تخم، تعداد تخم و جمعیت لارو سن دوم نماتد بود. همچنین فاکتور تولیدمثل (RF) (نسبت جمعیت نهایی/جمعیت اولیه)، درصد تکثیر (Mr٪) و درصد کنترل (NC٪) نماتد

جدول ۱. تجزیه واریانس تاثیر نماتد *Meloidogyne javanica* و قارچ *Verticillium dahliae* بر شاخص‌های رشدی گیاه گوجه‌فرنگی.

Table 1. The results of analysis of variance effect of nematode *Meloidogyne javanica* and fungus *Verticillium dahliae* on tomato growth characteristics.

Source of variation	Df	Mean Squares							
		Root dried weight (g)	Root fresh weight (g)	Root length (cm)	Shoot dried weight (g)	Shoot fresh weight (g)	Shoot length (cm)	plant dried weight (g)	plant fresh weight (g)
Treatment	5	11.64^{*}	74.10^{*}	122.73^{**}	32.22^{**}	447.08^{ns}	92.61^{**}	44.97^{**}	636.34^{ns}
Error	18	3.08	2.10	7.07	1.32	302.94	20.03	7.98	313.81
Cv%		28.93	18.85	9.95	10.64	38.33	9.93	16.87	24.48

*,**: significant difference at 5% and 1%, respectively.

ns: represents no significant difference.

تعیین شدند (Oostenbrink 1966).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. جدول تجزیه واریانس ترسیم و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج

الف) شناسایی گونه نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica*

با بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی نماتد ماده و استفاده از کلید شناسایی *ایسنباک* و *تریانتافیلو* (Eisenback & Triantaphyllou 1991) گونه نماتد *Meloidogyne javanica* تعیین گردید.

ب) تاثیر نماتد *M. javanica* و قارچ *V. dahliae* روی شاخص‌های رشدی گیاه گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی گیاه (جدول ۱) نشان‌دهنده موثر بودن تیمارهای اعمال شده بر اکثر آنها بود. مقایسه میانگین شاخص‌های مذکور (جدول ۲) نیز بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود. بدین ترتیب که بیشترین طول اندام‌های هوایی در گیاهان شاهد (بدون نماتد و قارچ) و کمترین آن در گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد دو هفته قبل از قارچ مشاهده شد. اگرچه گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد دو هفته قبل از قارچ بیشترین کاهش طول اندام‌های هوایی را نشان دادند اما با گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد و قارچ و قارچ به تنهایی اختلاف معنی‌داری نداشتند. در مورد شاخص‌های طول ریشه، وزن خشک اندام‌های هوایی و کل گیاه نیز نتایج مشابهی مشاهده شد که می‌تواند ناشی از هم‌افزایی نماتد و قارچ باشد. بیشترین وزن تر ریشه در گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد و کمترین آن در گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد و قارچ بطور همزمان مشاهده شد. بیشترین وزن خشک ریشه در گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد و کمترین آن در گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد دو هفته قبل قارچ مشاهده شد. گره ایجاد شده در ریشه توسط نماتد می‌تواند دلیل افزایش وزن تر و خشک ریشه باشد.

ج) تاثیر نماتد *M. javanica* و قارچ *V. dahliae* روی میزان بیماری ورتیسلیوز گیاه گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های قارچ *V. dahliae* (جدول ۳) نشان‌دهنده موثر بودن تیمارهای اعمال شده بر اکثر آنها بود. مقایسه میانگین شاخص‌های مذکور (جدول ۴) نیز بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود.

جدول ۲. مقایسه میانگین شاخص‌های رشدی گیاه گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف.

Table 2. Means comparison of growth characteristics under different treatments in tomato.

Treatment	Root dried weight (g)	Root fresh weight (g)	Root length (cm)	Shoot dried weight (g)	Shoot fresh weight (g)	Shoot length (cm)	plant dried weight (g)	plant fresh weight (g)
Control	6.19^{b}	28.26^{a}	34.60^{a}	16.40^{a}	64.85^{a}	52.50^{a}	21.89^{a}	93.03^{a}
Nematode (nem.)	9.30^{a}	30.10^{a}	27.83^{b}	10.35^{b}	49.09^{ab}	49.37^{ab}	19.65^{ab}	79.20^{ab}
Fungus (fun.)	6.10^{b}	28.19^{a}	31.66^{ab}	10.30^{bc}	40.27^{ab}	44.25^{bc}	16.40^{bc}	68.46^{ab}
Nem. simultaneous with fun.	5.30^{b}	20.43^{b}	22^{c}	8.98^{bc}	36.35^{b}	41.70^{c}	14.28^{c}	56.79^{b}
Nem. 2 weeks before fun.	4.64^{b}	28.25^{a}	21.66^{c}	8.61^{c}	44.02^{ab}	40.37^{c}	13.25^{c}	72.27^{ab}
Fun. 2 weeks before nem.	4.85^{b}	20.53^{b}	22.50^{c}	10.17^{bc}	37.86^{b}	42.25^{c}	15.02^{c}	64.39^{b}

Data are means of four replicates.
Data with the same letters are not significantly different at 5% level according to LSD- test.

جدول ۳. تجزیه واریانس تاثیر نماتد *Meloidogyne javanica* و قارچ *Verticillium dahliae* بر شاخص‌های قارچ *V. dahliae*.

Table 3. The results of analysis of variance effect of nematode *Meloidogyne javanica* and fungus *Verticillium dahliae* on fungus *V. dahliae* indices.

	Source of variation	Treatment	Error	Cv%
	Df	4	15	
Mean Squares	disease severity index(25 days after inoculation)	0.12^{ns}	0.29	144.01
	disease severity index (45 days after inoculation)	6.92^{**}	0.3	23.81
	disease severity index (90 days after inoculation)	10.42^{**}	0.1	11.29
	Bottom Browning index	4.32^{**}	0.06	14.12
	Middle Browning index	4.77^{**}	0.21	25.33
	Top Browning index	6.38^{**}	0.10	14.81
	Stem Browning index	5.03^{**}	0.04	10.45
	Bottom colonization	1474.73^{**}	73.12	46.05
	Middle colonization	155.50^{ns}	201.81	170.51
	Top colonization	6.25^{ns}	47.43	157.47
	Stem colonization	232.95^{*}	47.31	67.14
	Plant height reduction	339.35^{**}	57.93	48.24

*,**: significant difference at 5% and 1%, respectively.
ns: represents no significant difference.

۱- تاثیر نماتد *M. javanica* و قارچ *V. dahliae* روی شاخص بیماری پژمردگی گیاه گوجه‌فرنگی

بیشترین شاخص بیماری پژمردگی ۹۰ روز پس از تلقیح قارچ در گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد دو هفته قبل از قارچ مشاهده شد که با گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ اختلاف معنی‌داری داشتند. افزایش شاخص بیماری پژمردگی در حضور نماتد می‌تواند دلیل برهمکنش دو عامل بیماری‌زا باشد. در همه گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ (۴۵ و ۹۰ روز پس از تلقیح قارچ) شاخص بیماری پژمردگی بیش از دو بود و در واقع بیشترین علائم هوایی در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ و نماتد مشاهده شد. این علائم در گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد دو هفته قبل از قارچ شدت بیشتری داشت. نتایج تجزیه واریانس شاخص بیماری پژمردگی ۲۵ روز پس از تلقیح قارچ نشان دهنده عدم تاثیر تیمارهای اعمال شده بر آنها بود (جدول ۴).

۲- تاثیر نماتد *M. javanica* و قارچ *V. dahliae* روی شاخص قهوه‌ای شدن بافت آوندی گیاه گوجه‌فرنگی

بیشترین شاخص قهوه‌ای شدن بافت آوندی حاصل از

قـارچ *V. dahliae* در بخـش تحتـانی سـاقه در گیاهـان مایه‌زنی‌شده با قارچ دو هفته قبل نماتـد، در بخـش میـانی ساقه در گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد دو هفته قبل قـارچ و در بخش فوقانی ساقه در گیاهان مایه‌زنی شده بـا قـارچ و نماتد به طور همزمان مشاهده شد. کمترین میزان شـاخص مذکور در بخش‌های مختلف ساقه (بخش تحتانی، میانی و فوقانی) در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ مشـاهده شـد. در کل ساقه (بخش تحتانی، میانی و فوقانی) نیز نتایج مشابهی مشاهده شد بدین ترتیـب کـه بیشـترین شـاخص قهـوه‌ای شدن بافت آوندی در گیاهان مایـه‌زنـی شـده بـا نماتـد دو هفته قبل از قارچ و کمترین آن در گیاهان مایه‌زنی شده بـا قارچ مشاهده شد و اختلاف بین آنها معنی‌دار بود که مـی-تواند نمایانگر نقش نماتد در افزایش تغییـر رنـگ آونـدی باشد (جدول ۴).

۳- تاثیر نماتد *M. javanica* و قارچ *V. dahliae* روی درصد کلونیزاسیون بافت ساقه گیاه گوجه‌فرنگی

بیشترین درصد کلونیزاسیون بافت ساقه حاصل از قارچ *V. dahliae*، در بخش تحتانی سـاقه در گیاهـان مایـه‌زنـی شده با قارچ دو هفته قبل از نماتد و کمترین آن در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ مشـاهده شـد. در کـل سـاقه (بخـش تحتانی، میانی و فوقانی) نیز نتـایج مشـابهی مشـاهده شـد. نتایج تجزیه واریانس درصد کلونیزاسـیون بافـت سـاقه در بخش میانی و فوقانی ساقه نشان دهنده عدم تاثیر تیمارهای اعمال شده بر آنها بود (جدول ۴).

٤- تاثیر نماتد *M. javanica* و قارچ *V. dahliae* روی درصد کاهش ارتفاع گیاه گوجه‌فرنگی

بیشترین درصد کاهش ارتفاع گیاه در گیاهان مایـه‌زنـی شده با نماتد دو هفته قبل از قارچ و کمترین آن در گیاهان

جدول ٤. مقایسه میانگین تاثیر تیمارها بر شاخص‌های قارچ *Verticillium dahliae* در گیاه گوجه‌فرنگی.

Table 4. Mean comparison of effect of treatments on the indices of the fungus *Verticillium dahliae* in tomato.

Treatment	disease severity index (25)	disease severity index (45)	disease severity index (90)	Bottom Browning index	Middle Browning index	Top Browning index	Stem Browning index	Bottom colonization	Middle colonization	Top colonization	Stem colonization	Plant height reduction
Control	0^{a}	0^{b}	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{a}	0^{a}	0^{c}	0^{b}
Fungus (fun.)	0^{a}	2.5^{a}	3^{b}	1.95^{b}	1.89^{b}	2.35^{b}	2.04^{b}	0^{c}	0^{a}	3.33^{a}	1.11^{c}	15.7^{a}
Nem. simultaneous with fun.	0.25^{a}	2.75^{a}	3.75^{a}	2.24^{ab}	1.98^{b}	3.11^{a}	2.55^{a}	6.66^{c}	8.33^{a}	5^{a}	7^{bc}	20.56^{a}
Nem. 2 weeks before fun.	0.5^{a}	3.25^{a}	4^{a}	2.28^{ab}	2.82^{a}	2.87^{a}	2.69^{a}	24.99^{b}	14.99^{a}	5.83^{a}	14.99^{ab}	23.09^{a}
Fun. 2 weeks before nem.	0^{a}	3^{a}	3.25^{b}	2.59^{a}	2.46^{ab}	2.68^{ab}	2.49^{a}	42.61^{a}	9.99^{a}	3.33^{a}	17.87^{a}	19.52^{a}

Data are means of four replicates.
Data with the same letters are not significantly different at 5% level according to LSD- test.
25: 25 days after inoculation.
45: 45 days after inoculation.
90: 90 days after inoculation.

جدول ۵. مقایسه میانگین تاثیر تیمارها بر شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* در گیاه گوجه‌فرنگی.

Table 5. Mean comparison of effect of treatments on the indices of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in tomato.

Treatment	No. of galls/ root	No. of egg masses/root	No. of eggs/ root	J2/2000 g soil
Nematode (nem.)	3450.4[a]	519.1[a]	231719[a]	10248[a]
Nem. simultaneous with fungus (fun.)	1961.1[b]	237.5[ab]	108204[ab]	2762[c]
Nem. 2 weeks before fun.	2682.5[ab]	203.8[b]	75679[b]	6900[b]
Fun. 2 weeks before nem.	112.5[c]	57.7[b]	15497[b]	2364[c]

Data are means of four replicates.
Data with the same letters are not significantly different at 5% level according to LSD- test.

شاهد (بدون نماتد و قارچ) مشاهده شد. تیمارها صرفنظر از شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

د) تاثیر نماتد *M. javanica* و قارچ *V. dahliae* روی شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در گیاه گوجه‌فرنگی

بیشترین تعداد گال در گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد و کمترین آن در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ دو هفته قبل از نماتد مشاهده شد. در مورد تعداد توده تخم نیز نتایج مشابهی مشاهده شد. شاخص گال و توده تخم در تمام گیاهان صرف نظر از گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ دو هفته قبل از نماتد به ترتیب بیش از چهار و دو بودند. حضور قارچ باعث کاهش معنی‌دار شاخص توده تخم و تعداد لارو سن دوم در ۲۰۰۰ گرم خاک شد (جدول‌های ۵ و ۶).

شاخص‌های نماتد ریشه گرهی در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ و نماتد اختلاف معنی‌داری با گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد داشتند بدین ترتیب که جمعیت نهایی، فاکتور تولید مثل و درصد تکثیر نماتد در حضور قارچ کاهش معنی‌دار نشان دادند. با بررسی شاخص درصد کنترل نماتد، اختلال ایجاد شده توسط قارچ بر فعالیت‌های نماتد ریشه گرهی مشخص می‌گردد (جدول ۶).

بحث

در اثر آلودگی میزبان به نماتدهای ریشه‌گرهی تغییرات مرفولوژیک، آناتومیک و بیوشیمیایی در منطقه تغذیه نماتد رخ می‌دهد از طرف دیگر قارچ عامل پژمردگی نیز در همین ناحیه فعالیت و بیماری‌زایی داشته و سرانجام از طریق آوند چوبی در گیاه گسترش می‌یابد (Mai & Abawi 1987). معمولا گیاهان در واکنش به حضور نماتد و برای کاهش خسارت و جبران آن، تولید ریشه‌های جدید می‌نمایند، از طرف دیگر در اثر آلودگی به *M. javanica* روی ریشه‌ی گیاه میزبان گال‌هایی تشکیل می‌شود که باعث افزایش وزن ریشه می‌گردد (Perry *et al.* 2009). کاهش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاهان آلوده به میزان قابل توجهی کلروفیل، کربوهیدرات و ترکیبات نیتروژنی را در آن‌ها کاهش می‌دهد. به طور کلی گیاهان آلوده به نماتد ریشه‌گرهی به انواع تنش‌ها آسیب پذیری بیشتری دارند (France & Abawi 1994). نتایج برخی تحقیقات در خصوص تاثیر نماتد ریشه‌گرهی بر شاخص‌های رشدی گیاهان آلوده به *V. dahliae* و *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* نشان داده است که کمترین وزن تر ریشه در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ و نماتد به طور همزمان به دست آمده است (Saeedizadeh *et al.* 2006، Kamali dehghan *et al.* 2013). تغییرات شیمیایی

جدول ٦. مقایسه میانگین تاثیر تیمارها بر شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی ***Meloidogyne javanica*** در گیاه گوجه‌فرنگی.

Table 6. Mean comparison of effect of treatments on the indices of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in tomato.

Treatment	No. of galls/g root	No. of egg mass/g root	No. of eggs/egg mass	J2/200 g soil	Gall index (GI)	Egg mass index (EI)	Final population (Pf)	(RF)	(Mr%)	Nematode control %
Nematode (nem.)	113.88^{a}	9.55^{a}	477.3^{a}	1024.8^{a}	4.50^{a}	3^{a}	269044^{a}	53.81^{a}	100^{a}	0^{c}
Nem. simultaneous with fungus (fun.)	95.83^{a}	8.49^{a}	437.5^{a}	276.2^{c}	4.25^{a}	2.25^{b}	78110^{b}	15.37^{b}	29.03^{bc}	70.91^{ab}
Nem. 2 weeks before fun.	94.33^{a}	8.88^{a}	422^{a}	690^{b}	4.25^{a}	2.25^{b}	129526^{b}	25.90^{b}	47.75^{b}	52.25^{b}
Fun. 2 weeks before nem.	5.58^{b}	2.91^{b}	314.5^{a}	236.4^{c}	1.75^{b}	1.50^{c}	17861^{b}	3.57^{b}	6^{c}	94^{a}

Data are means of four replicates.
Data with the same letters are not significantly different at 5% level according to LSD- test.

و تجمع مواد گوناگون در گال ممکن است تولیدمثل قارچ را افـزایش دهـد (Powell 1971, Brodie & Cooper 1964). حقیقـی و همکـاران (Haghighi *et al.* 2008) گزارش نمودند که بیشترین علائم هوایی در گیاهان مایـه-زنی شده با قارچ و نماتد مشاهده شد. شش ایزوله از هفت ایزوله *M. javanica* به طور مشابهی باعث افـزایش تغییـر رنگ آوندی در لوبیا چشـم بلبلـی کالیفرنیـایی رقـم CB3 شـدند امـا یـک ایزولـه *M. javanica* و هفـت ایزولـه *M. incognita* قـادر بـه ایـن کـار نبودنـد (Harris & Ferris 1991). در گزارشی دیگر بـالاترین سـطح مـرگ و میـر و قهوه‌ای شدن آوندها در گیاهان رشد کـرده در کـرت‌هـای آلوده به هـر دو بیمـارگر مشـاهده شـده اسـت (Starr & Martyn 1991). حسینی‌نـژاد و خـان (Hosseininejad & khan 2000) گـزارش نمودنـد کـه حضـور نماتـد باعـث سریع‌تر ظاهر شدن علائـم و تشـدید علائـم پژمردگـی در گیاه گردید و این علائم در تلقـیح تنـاوبی مشـهودتر بـود. اوریـون و کریکـون (Orion & Krikun 1976) نیـز بیـان نمودند که علائم برگی و تغییـر رنـگ آونـدی در حضـور *M. javanica* و *V. dahliae* نسبت به قـارچ تنهـا افـزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

حقیقی و همکـاران (Haghighi *et al.* 2008) بیشـترین میزان شاخص گال و توده تخم را در گیاهان مایه‌زنی شـده با نماتد گزارش کردند. مشاهدات میکروسکوپی بافت گال نشان داد که تعداد زیادی اسپورانژیا و اووسـپور *Pythium tracheiphilum* در ایـن قسـمت وجـود دارد، اگرچـه در سایر قسمت‌های ریشـه نیـز معمـولا قـارچ وجـود دارد و همچنین قطعات میسـلیوم در مجـاری آونـدی بافـت گـال نسبت به بافت غیر گال بیشتر بـود (Gracia *et al.* 1991). تولیدمثل نماتد با توسعه پژمردگی رابطـه عکـس دارد و در برخی موارد *M. javanica* به ترشـحات حاصـل از ریشـه

میزبان جذب شده اما پس از نفوذ به علت نامساعد بودن محیط درونی ریشه، قادر به برقراری ارتباط انگلی و القا سایت‌های تغذیه‌ای نمی‌باشد (Haghighi *et al.* 2008). نرخ بلوغ نماتد *M. javanica* در ریشه میزبان روی تعداد نسل‌های آینده در همان فصل زراعی موثر است، از این رو بر نرخ افزایش جمعیت در طول فصل زراعی نیز تاثیر خواهد گذاشت (Sasanelli *et al.* 1997). توقف تولیدمثل نماتد احتمالا ناشی از محدودیت جا در اثر آلودگی به قارچ و یا تحریک نوعی سیستم دفاعی و یا هر دو است (France & Abawi 1994). کاهش ضریب تکثیر نماتد در حضور *V. dahliae* احتمالا در اثر تخریب بافت ریشه بوسیله قارچ قبل از اینکه نماتد چرخه زندگی خود را روی گیاه کامل کند و یا تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ایجاد شده در میزبان در نتیجه برهمکنش قارچ و نماتد می‌باشد. احتمالا آسیب ریشه‌ای ایجاد شده بوسیله قارچ مکان‌های نفوذ و تغذیه نماتد را کاهش می‌دهد. تولید متابولیت‌های سمی قابل انتقال توسط قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی ممکن است سبب کاهش و فساد سلول‌های غول آسا، کاهش تفریخ و فعالیت لارو سن دوم شوند (Haghighi *et al.* 2008). مارتین و همکاران (Martin *et al.* 1982) گزارش نمودند که گیاهانی که آلودگی شدیدی به *V. dahliae* دارند جایگاه مناسبی برای تکثیر نماتدها نمی‌باشند. این نتیجه می‌تواند ناشی از نامساعد شدن محیط برای رشد نماتد از طریق تخریب سلول غول آسا باشد. اکثر گره‌های ایجاد شده توسط *M. hapla* در گیاهان مایه‌زنی شده با *Pythium tracheiphilum*، فاقد نماتد بودند (Gracia *et al.* 1991). ولر و ردل (Wheeler & Riedel 1994) بیان نمودند جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل *P. penetrans* در حضور *V. dahliae* کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتایج حاصل از این پژوهش موید نقش نماتد به عنوان افزایش دهنده بیماری پژمردگی ورتیسلیومی بود، به علاوه حضور قارچ باعث اختلال در فعالیت‌های نماتد شد. راه-کارهای مدیریتی که بتوانند نماتد را سرکوب کنند در نهایت بیماری ورتیسلیوز را نیز کاهش می‌دهند.

منابع

Brodie B. B. and Cooper W. E. 1964. Relation of parasitic nematodes to postemergence damping-off of cotton. Phytopathology 54: 1023-1027.

Chen P. and Roberts P. A. 2003. Virulence in *Meloidogyne hapla* differentiated by resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris*). Nematology 5: 39-47.

Devay J. E., Gutierrez A. P., Pullman G. S., Wakeman R. J., Garber R. H., Jeffers D. P., Smith S. N., Goodell P. B. and Roberts P. A. 1997. Inoculum densities of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* and *Meloidogyne incognita* in relation to the development of *Fusarium* wilt and the phenology of cotton plants (*Gossypium hirsutum*). Phytopathology 87: 341-346.

Eisenback J. D. and Triantaphyllou H. H. 1991. Root-knot nematode: *Meloidogyne* spp. and races, pp. 191-274. In: W. R. Nickle (Ed.). Manual of Agricultural Nematology. Marcel Dekker, New York, USA.

Elena K. and Paplomatas E. J. 1998. Vegetative compatibility groups within *Verticillium dahliae* isolates from different hosts in Greece. Plant Pathology 47(5): 635-640.

Erwin D. C., Tsai S. D. and Khan R. A. 1976. Reduction of the severity of *Verticillium* wilt of cotton by the growth retardant, tributyl (5-chloro-2-thienyl methyl) phosphonium chloride. Phytopathology 66: 106-110.

FAO. 2012. http://www.fao.org.

FAO. 2014. http://www.fao.org.

France R. A. and Abawi G. S. 1994. Interaction between *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp.

phaseoli on selected been genotypes. Nematology 26: 467-474.
Gold J., Lee B. and Robb J. 1996. Colonization of tomatoes by *Verticillium dahliae*: determinative phase II. Canadian Journal of Botany 74: 1279-1288.
Gracia J. A., Reeleder R. D. and Belair G. 1991. Interactions between *Pythium tracheiphilum*, *Meloidogyne hapla* and *Pratylenchus penetrans* on lettuce. Phytoprotection 72: 105-114.
Hadizadeh I. and Banihashemi Z. 2005. Reaction of *Pistacia vera* cultivars to *Verticillium dahliae* the causal agent of vascular wilt. Iranian Journal of Plant Pathology 41: 561-583.
Haghighi H., Taheri A. H., Razavi S. E., Tanhamaafi Z. and Mamaghani M. 2008. Investigation greenhouse of Interaction Race two Root-Knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Verticillum dahliae* agent *Verticillium* wilt Olive (*Olea europaea*) Seedlings in Gorgan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15(4): 163-178.
Harris A. R. and Ferris H. 1991. Interactions between *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* and *Meloidogyne* spp. in *Vigna unguiculata*. 2. Specificity of different taxa. Plant Pathology 40: 457-464.
Hartman K. M. and Sasser J. N. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology methodology, pp. 69-77. In: K. R. Barker C. C. Carter and J. N. Sasser (Eds). An advanced treatise on *Meloidogyne*, volume 1. Biology and control. Raleigh: North Carolina State University Graphics.
Hosseininejad S. A. and khan M. W. 2000. Interactions of Root-Knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Race1), and wilt fungus, *Fusarium oxysporium* f.sp. *ciceri* on chick-pea cultivars. Entomology and Phytopathology 68(1-2): 1-12.
Hussey R. S. and Barker K. R. 1973. Comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Disease Reporter 57: 1025-1028.
Jacobsen B. J., MacDonald D. H. and Bissonette H. L. 1979. Interaction between *Meloidogyne hapla* and *Verticillium albo-atrum* in the *Verticillium* wilt disease of potato. Phytopathology 69: 288-292.
Kamali dehghan E., Saeedizadeh A., Eskandari A. and Rahjo V. 2013. A study on effects of *Fusarium* wilt fungus, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* and root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, on growth factors tomato cultivars. Journal of Agronomy and Plant Breeding 9(2): 57-75.
Khan A., Atibalentja N. and Eastburn D. M. 2000. Influence of inoculum density of *Verticillium dahliae* on root discoloration of horseradish. Plant Disease 84: 309-315.
Korolev N., Katan J. and Katan T. 2000. Vegetative compatibility groups of *Verticillium dahliae* in Israel: their distribution and association with pathogenicity. Phytopathology 90: 529-536.
Mai W. F. and Abawi G. S. 1987. Interactions among root-knot nematodes and *Fusarium* wilt fungi on host plants. Phytopatholgy 25: 317-338.
Martin M. J., Riedel R. M. and Rowe R. C. 1982. *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus penetrans*: Interactions in the early dying complex of potatoes in Ohio. Phytopathology 72: 640-644.
Ministry of Agriculture_Jahad. 2016. http://amar.maj.ir.
Oostenbrink M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 66: 1-46.
Orion D. and Krikun J. 1976. Response of *Verticillium*-resistant and *Verticillium*-susceptible tomato varieties to inoculation with the nematode *Meloidogyne javanica* and with *Verticillium dahliae*. Phytoparasitica 4: 41-44.
Perry N., Moens M. and Starr J. L. 2009. Root-knot nematodes. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI). North American Office. 520 p.
Powell N. T. 1971. Interaction between nematodes and fungi: a disease complex. Annual Review of Phytopathology 9: 253-274.
Saeedizadeh A., kheiri A., Okhovvat S. M., Zad J. and Hoseininejad S. A. 2006. A study annual seedlings growth yellow olivea cultivar in the presence nematode of *Meloidogyne javanica* and fungus *Verticillium dahliae*. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37(5): 793-800.
Saeedizadeh A. and niasti F. 2011. A study of the interaction of root-knot nematode *Meloidogyne javanica* and wilt agent *Verticillium dahliae* on seedlings of olive cultivars. Iranian Journal of Plant Protection Science 42: 125-135.
Sasanelli N., Fontanazza G., Lamberti F., Daddabbo T., Patumi M. and Vergari G. 1997. Reaction of olive

cultivars to *Meloidogyne* species. Nematologia Mediterranea 25: 183-190.
Sharma V. K. and Nowak J. 1998. Enhancement of *Verticillium* wilt resistance in tomato transplants by in vitro co-culture of seedlings with a plant growth promoting rhizobacterium (*Pseudomonas* sp. strain PsJN). Canadian Journal of Microbiology 44: 528-536.
Sikora R. A. and Fernandez E. 2005. Nematode parasites of vegetables, pp. 319-392. In: Luc M., Sikora R. A. and Bridge J. (Eds.). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. CAB International, Wallingford UK.
Starr J. L. and Martyn R. D. 1991. Reaction of cotton cultivars to *Fusarium* wilt and root-knot nematodes. Nematropica 21: 51-58.
Taylor A. L. and Sasser J. N. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). North Carlina State University Graphics, 111 p.
Wheeler T. A. 1. and Riedel R. M. 1994. Interactions among *Pratylenchus penetrans*, *P. scribneri*, and *Verticillium dahliae* in the potato early dying disease complex. Journal of Nematology 26(2): 228-234.