مقایسه واکنش ارقام مختلف فلفل نسبت به نماتدهای ریشه‌گرهی *M. Javanica* و *M. incognita*

منصوره یزدانی[1*] و علی‌اکبر فدایی تهرانی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۷)

چکیده

نماتد ریشه‌گرهی یکی از عوامل مهم بیماری‌زایی گیاهی است که به طیف وسیعی از گیاهان، از جمله محصولات گلخانه‌ای، خسارت می‌زند. فلفل نیز یکی از گیاهانی است که کشت آن در سال‌های اخیر، به ویژه به‌صورت گلخانه‌ای، توسعه یافته است. اغلب روش‌های کنترل برای مدیریت این نماتد، کارایی لازم را نداشته‌اند. در این پژوهش، واکنش تعدادی از ارقام فلفل شامل المینا، توانا، چالیستون، سرادمره۸، هیبرید آریستوتل، کالیفرنیا واندر، دیماز و تندفرنگی به‌طور جداگانه نسبت به حضور و یا عدم حضور دو گونه نماتد ریشه‌گرهی (*M. javanica* و *M. incognita*) مورد بررسی قرار گرفت. نماتد از نمونه‌های ریشه آلوده جمع‌آوری‌شده از گلخانه‌های اطراف اصفهان و شهرستان ساوه جدا شد و با استفاده از ویژگی‌های ریخت‌شناسی، گونه آن تعیین شده و روی گوجه‌فرنگی خالص‌سازی و تکثیر شد. بذرهای فلفل در سینی‌های نهال کشت و نهال‌های دارای رشد یکسان، به گلدان‌های اصلی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر، حاوی دو کیلوگرم مخلوط خاک (نسبت مساوی خاک مزرعه، شن و کود دامی) استریل منتقل شدند و در مرحله چهاربرگی با ۲۵۰۰ تخم و لارو بر کیلوگرم خاک بستر مایه‌زنی شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. ارزیابی نتایج چهار ماه پس از مایه‌زنی نماتد و با استفاده از شاخص‌های رشدی گیاهان (وزن تازه و خشک ریشه و اندام هوایی به‌همراه طول ریشه و اندام هوایی) و فاکتورهای رشد و نموی نماتد (تعداد گال در گرم ریشه، تعداد توده تخم در گرم ریشه، تعداد تخم در هر توده تخم، جمعیت لارو سن دوم در ۲۰۰ گرم خاک) انجام شد. نتایج حاصل بیانگر حساسیت کم ارقام چالیستون، کالیفرنیا واندر، هیبرید آریستوتل و توانا نسبت به نماتد *M. javanica* در مقایسه با ارقام دیگر بود. شاخص‌های رشد و نموی نماتدی بین ارقام مختلف نیز تفاوت معنی‌دار نشان دادند، به گونه‌ای که بر اساس سیستم کانتوسنز در دو گروه حساس و مقاوم قرار گرفتند. اما تمامی ارقام، به‌جز رقم کالیفرنیا واندر، نسبت به نماتد *M. incognita* حساس بودند.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های رشدی، تولیدمثل، مقاومت، نماتد ریشه‌گرهی، *Meloidogyne* spp.

مقدمه

فلفل، با نام علمی *Capsicum annuum* L. از خانواده Solanaceae، یکی از انواع محصولات کشاورزی قابل کشت در فضای آزاد و همچنین گلخانه است که دارای ارقام مختلف و رنگ‌های متفاوت است (۷). فلفل، گیاهی علفی یک‌ساله تا دوساله و گرمادوست است که به سرما و یخزدگی حساس

۱. گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: starehyazdani@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

است. شرایط آب‌وهوایی، یک‌ساله یا چندساله شدن آن را تعیین می‌کند. مقادیر نامناسب آب و دما دو عامل مهم در افتادن گل و میوه آن است (۲۱). براساس آمار سازمان خواروبار جهانی در سال ۲۰۱۲، سطح زیر کشت فلفل در جهان در گلخانه و مزرعه به ترتیب حدود ۱۶۷۰۰۰۰ و ۱۸۰۰۰۰۰ هکتار بوده است (۱۰). کشورهای هند، اندونزی و ویتنام جایگاه اول تا سوم را از نظر سطح زیر کشت فلفل دارند. ایران، با سطح زیر کشت ۴۰۰۰ هکتار، رتبه ۳۵ را در میان ۱۱۰ کشور تولید کننده فلفل داراست. فلفل، دومین گیاه مهم جهان پس از گوجه‌فرنگی است (۲۳).

فلفل نیز مانند بسیاری از محصولات کشاورزی مورد حمله آفات و عوامل بیماری‌زای متعددی قرار می‌گیرد. آنتراکنوز، پژمردگی باکتریایی، انواع لکه‌برگی‌ها، پوسیدگی میوه، سفیدک حقیقی، بیماری بوته میری فیتوفتورایی، انواع بیماری‌های ویروسی و نماتدها، به‌ویژه نماتد مولد غده، از جمله بیماری‌های مهم فلفل محسوب می‌شوند (۱۱). در میان نماتدهای انگل گیاهی، نماتدهای ریشه‌گرهی (*Meloidogyne* spp.) از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت بیشتری هستند و محدود کننده کیفیت و میزان تولیدات کشاورزی هستند (۹، ۱۷ و ۲۵). نماتدهای ریشه‌گرهی دارای طیف میزبانی وسیعی در بین گیاهان مختلف هستند (۵). به‌نظر می‌رسد که جنس *Meloidogyne* مهم‌ترین جنس در میان نماتدهای انگل گیاهی، از نظر میزان خسارت وارده به محصولات است (۱۹). گونه‌های *M. javanica* و *M. incognita* به‌ترتیب دارای بیشترین شیوع در ایران هستند (۲). اعلام شده است که نماتد *Meloidogyne javanica* هر سال سبب تخریب ۵۰٪ از سبزی‌ها و میوه‌ها می‌شود که از لحاظ اقتصادی مهم است (۳ و ۲۴). استفاده از ارقام مقاوم به نماتدها به‌تنهایی و یا در تلفیق با روش‌های دیگر کنترل ممکن است مؤثرترین روش باشد که بدین وسیله می‌توان استفاده از نماتدکش‌های شیمیایی معمول را کاهش داده و یا حتی حذف کرد. این گیاهان مقاوم، مانع استفاده از تناوب‌های درازمدت در بین گیاهان میزبان شده و همچنین برای کشاورزی پایدار در کشورهای در حال توسعه و یا در مورد گیاهان کم‌ارزش که استفاده از نماتدکش‌ها اقتصادی نیست، بسیار مناسب هستند (۱۷). با توجه به توسعه کشت محصولات در گلخانه و افزایش سطح زیر کشت فلفل گلخانه‌ای، شناسایی و معرفی ارقام مقاوم به‌عنوان راهکاری در جلوگیری از خسارت نماتد ریشه‌گرهی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. هدف از این پژوهش، ارزیابی مقاومت ارقام فلفل نسبت به دو گونه نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* و *M. incognita* بوده است.

مواد و روش‌ها

تهیه مایه تلقیح نماتد

ابتدا تعدادی نمونه خاک و ریشه آلوده از گلخانه‌های اطراف اصفهان و شهرستان ساوه جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه نماتدشناسی منتقل شد. پس از شستشوی ریشه‌ها، توده‌های تخم در زیر بینوکولار جدا شده و هر یک در مجاورت ریشه یک نشای چهاربرگی گوجه‌فرنگی رقم فلات قرار گرفت و برای تکثیر و تولید جمعیت خالص مورد نیاز به مدت ۹۰ روز در شرایط مناسب گلخانه (دمای ۵± ۲۷درجه سلسیوس و رطوبت نسبی حدود ۷۰٪) نگهداری شدند. برای استخراج تخم و لارو، ریشه‌ها پس از شستشو به قطعات یک تا دو سانتی‌متری تقسیم شده و مدت دو دقیقه در مخلوط‌کن حاوی هیپوکلریت سدیم تجاری ۱۰٪ به‌هم زده شدند. سپس، برای حذف هیپوکلریت سدیم، ضمن عبور مخلوط از الک‌های ۵۰، ۱۸۰ و ۴۰۰ مش با آب شستشو داده شد و در نهایت تخم‌ها و لاروها در بشر جمع‌آوری شد (۱۳). برای شناسایی نماتد، از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی نماتد ماده و لاروهای سن دوم استفاده شد. برای تعیین نژاد از واکنش میزبان‌های افتراقی استفاده شد.

انجام آزمایش

برای ارزیابی، ارقام فلفل شامل المینا، توانا، چالیستون و سرادمره۸ از شرکت سبز مهرگان و رقم فلفل دلمه‌ای هیبرید آریستوتل (سمینیس) از شرکت تعاونی نهالستان قائم و ارقام کالیفرنیا واندر،

www.SID.ir

Archive of SID

دیماز و تندفرنگی از عرضه‌کنندگان مجاز بذر تهیه شدند. بذرها در گلدان‌های حاوی خاک سترون شامل خاک، ماسه، کود (۱:۱:۱) کشت شد. برای ضدعفونی مخلوط خاک تهیه‌شده از متیل بروماید به‌میزان ۵۵ گرم بر مترمربع و عمق ۳۰ سانتی‌متر خاک استفاده شد. بدین ترتیب که مخلوط خاک به‌صورت یک لایه با ضخامت ۳۰ سانتی‌متر روی پلاستیک پخش شده و پس از کشیدن پوشش پلاستیکی و درزگیری اطراف آن با خاک (برای ممانعت از فرار گاز)، مقدار گاز محاسبه‌شده برای حجم خاک مورد تیمار از طریق لوله متصل به مخزن به زیر پوشش تزریق شد. هر گلدان دو کیلویی در مرحله چهاربرگی با ۵۰۰۰ عدد تخم و لارو سن دوم نماتد مایه‌زنی شد. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار برای هر گونه به‌صورت جداگانه در حضور و غیاب نماتد صورت گرفت. ارزیابی نتایج چهار ماه پس از مایه‌زنی نماتد و با استفاده از شاخص‌های رشدی گیاهان شامل وزن ریشه و اندام هوایی به‌همراه طول ریشه و طول ساقه و شاخص‌های نماتدها شامل تعداد گال و توده تخم در ریشه، تعداد تخم در توده تخم، تعداد لارو در ۲۰۰ گرم خاک بستر و فاکتور تولیدمثل صورت گرفت. فاکتور تولیدمثل از طریق محاسبه نسبت جمعیت نهایی به جمعیت اولیه (Rf = Pf/Pi) به دست آمد (۴). شاخص گال به روش تیلور و ساسر و بر اساس سیستم درجه‌بندی صفر تا پنج محاسبه شد. بدین ترتیب که برای حالت بدون گال درجه صفر، ۱ تا ۲ گال درجه ۱، ۳ تا ۱۰ گال درجه ۲، ۱۱ تا ۳۰ گال درجه ۳، ۳۱ تا ۱۰۰ درجه ۴ و بیش از ۱۰۰ گال درجه ۵ منظور شد (۲۶). در نهایت، واکنش میزبان با توجه به میزان گال ایجادشده و فاکتور تولیدمثل نماتد بر اساس سیستم کانتوسنز تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و میانگین شاخص‌های رشدی گیاه به وسیله Fisher LSD صورت گرفت.

نتایج و بحث

تعیین گونه نماتد

مشخصات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی ماده‌های بالغ و لاروهای سن دوم دو گونه با مشخصه‌های ذکرشده در شرح آنها مقایسه شد (۲۷). در نمونه‌های جداشده از ریشه فلفل و گوجه‌فرنگی از گلخانه‌های اصفهان، طول استایلت ماده بین ۱۴ تا ۱۸ میکرومتر و در برش تهیه شده از شبکه کوتیکولی انتهای بدن نماتد ماده انحنای کمان پشتی نسبتاً کم و شیارهای جانبی مشخص بود. لاروهای سن دوم، سری صاف و هم‌تراز با بدن داشتند. میانگین طول بدن و طول استایلت (۲۰ عدد) به‌ترتیب ۴۵۰ و ۱۲ میکرومتر به‌دست آمد. این مشخصه‌ها با ویژگی‌های ذکرشده برای گونه *M. javanica* در کلید ایسنباک و تریانتافیلو هم‌خوانی داشت. در نمونه‌های جداشده از ریشه انار (جمع‌آوری‌شده از باغ‌های انار ساوه) طول استایلت ماده ۱۶/۵ تا ۱۷ میکرومتر و در برش تهیه‌شده از شبکه کوتیکولی انتهای بدن ماده کمان پشتی بلند و فاقد شیارهای جانبی مشخص بود. لاروهای سن دوم، سر صاف و هم‌تراز بدن داشته و میانگین طول بدن و طول استایلت (۲۰ عدد) به‌ترتیب ۴۰۰ و ۱۱/۵ میکرومتر به‌دست آمد. مشخصه‌های مذکور با ویژگی‌های ذکرشده برای *M. incognita* در کلید ایسنباک و تریانتافیلو مشابه بود.

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش توان آلودگی روی میزبان‌های افتراقی (تشکیل گال روی ریشه توتون NC95، گوجه‌فرنگی روتگرز، فلفل کالیفرنیا واندر و هندوانه چارلستون گری و عدم تشکیل گال روی بادام زمینی و پنبه رقم دلتاپین) نژاد گونه اخیر "نژاد ۲" تعیین شد.

الف) مقایسه ارقام مختلف فلفل نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica*

شاخص رشدی گیاه

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی گیاهان ارقام مختلف نشان‌دهنده معنی‌داربودن اثر آلودگی به نماتد و متفاوت‌بودن واکنش ارقام به نماتد بود (جدول ۱). مقایسه میانگین شاخص های رشدی مختلف (جدول ۲) نیز بیان‌گر اختلاف معنی‌دار بین گیاهان سالم و آلوده در اکثر ارقام بود. برای مثال، تفاوت وزن تازه اندام هوایی در گیاهان سالم و آلوده ارقام

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* بر صفات رشدی ارقام فلفل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		اندام هوایی			ریشه		
		طول (cm)	وزن تازه (g/plant)	وزن خشک (g/plant)	طول (cm)	وزن تازه (g/plant)	وزن خشک (g/plant)
رقم	۷	۱۰۱/۴۱**	۴۲/۳۳**	۱/۰۲**	۵۸/۸۳**	۱۴/۹۷**	۰/۴۴**
نماتد	۱	۳۹۸/۵۰**	۲۹۲/۱۱**	۲۱/۴۷**	۴۲۰/۲۵**	۹۲/۶۴**	۱/۳۶**
رقم×نماتد	۷	۷/۷۵**	۱۰/۸۵**	۱/۰۲**	۹/۹۴**	۲/۲۶**	۰/۱۹**
خطای آزمایش	۴۸	۱۹/۶۶	۹/۱۲	۱/۰۳	۲۱/۷۳	۳/۲۵	۰/۰۵
CV (٪)		۲۴/۷۷	۳۱/۹۳	۲۱/۵۵	۲۸/۰۷	۱۵/۴۰	۲۴/۶۰

** بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش رقم و نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* بر صفات رشدی رقم‌های فلفل

رقم	نماتد	وزن تازه ریشه (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)	طول ریشه (cm)	وزن تازه اندام‌هوایی (g/plant)	وزن خشک اندام‌هوایی (g/plant)	طول اندام هوایی (cm)
المینا	غیرآلوده	۴/۱۲^{cde}	۰/۲۸^{cde}	۱۴/۴۳^{d}	۱۰/۷۷$^{d-h}$	۱/۶۶$^{a-d}$	۱۵/۵۲^{def}
	آلوده	۷/۴۵^{a}	۱/۲۳^{a}	۱۱/۸۸^{d}	۵/۸۸^{gh}	۱/۳۹$^{b-e}$	۱۳/۲۷^{ef}
تندفرنگی	غیرآلوده	۱/۴۸^{fg}	۰/۲۲^{bcd}	۱۸/۱۳$^{a-d}$	۹/۷۴$^{b-g}$	۲/۴۱$^{a-d}$	۱۸/۶۵$^{b-e}$
	آلوده	۴/۵۶^{bcd}	۰/۳۳^{cde}	۱۳/۱^{d}	۸/۹۹$^{c-g}$	۱/۱۷^{cde}	۱۵/۵۵^{def}
توانا	غیرآلوده	۱/۹۹^{efg}	۰/۱۵^{cd}	۱۸/۱$^{a-d}$	۱۲/۸۳^{bc}	۲/۵۸^{abc}	۲۰/۰۷^{bcd}
	آلوده	۴/۱۴^{cde}	۰/۲۷^{bcd}	۱۵/۶۸^{cd}	۷/۲۷$^{e-h}$	۱/۵۴$^{b-e}$	۱۳/۶۰^{ef}
چالیستون	غیرآلوده	۱/۶۶^{efg}	۰/۱۳^{cd}	۲۳/۰۸^{ab}	۱۱/۹۷^{bcd}	۳^{a}	۲۳/۸۷^{ab}
	آلوده	۳/۶۹$^{c-g}$	۰/۲۴^{cde}	۱۶/۵۸^{bcd}	۸/۷۲$^{c-g}$	۱/۹۳$^{a-e}$	۱۹/۲۰$^{b-e}$
دیماز	غیرآلوده	۲/۰۹$^{d-g}$	۰/۱۹^{bcd}	۱۸/۳۸$^{a-d}$	۹/۹۹$^{b-g}$	۲/۱۳$^{a-e}$	۱۷/۱۷$^{c-f}$
	آلوده	۵/۴۲^{abc}	۰/۴۷^{b}	۱۲/۳۸^{d}	۶/۰۱^{fgh}	۱/۲۲^{cde}	۱۱/۵۰^{f}
سرادمره۸	غیرآلوده	۳/۵۴$^{c-g}$	۰/۴۱^{bc}	۱۲/۰۲^{d}	۱۰/۱۹$^{b-f}$	۱/۷۴$^{a-e}$	۱۷/۰۵$^{c-f}$
	آلوده	۶/۸۶^{ab}	۰/۹۶^{a}	۱۰/۱۹^{d}	۴/۲۲^{h}	۰/۸۲^{e}	۱۳/۵۷^{ef}
کالیفرنیا واندر	غیرآلوده	۱/۴۰^{g}	۰/۰۸^{d}	۲۴/۳۵^{a}	۱۶/۷۱^{a}	۳^{a}	۲۸/۲۲^{a}
	آلوده	۱/۷۷^{efg}	۰/۲۲^{bcd}	۱۷/۳^{bcd}	۱۱/۵۳$^{b-e}$	۰/۸۹^{e}	۲۰/۱۵^{bcd}
هیبرید آریستوتل	غیرآلوده	۲/۳۳$^{d-g}$	۰/۱۹^{bcd}	۲۱/۵۸^{abc}	۱۴/۰۳^{ab}	۲/۷۹^{ab}	۲۲/۶۰^{abc}
	آلوده	۴/۰۲$^{c-f}$	۰/۲۵^{bcd}	۱۳/۲۳^{d}	۵/۹۷^{fgh}	۱/۱۰^{de}	۱۶/۴۰$^{c-f}$

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تجزیه واریانس فاکتورهای بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در ارقام مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد گال در گرم ریشه	تعداد توده تخم در گرم ریشه	تعداد تخم داخل هر توده تخم	جمعیت لارو سن دوم در ۲۰۰ گرم خاک
رقم	۷	۲۸۶۱/۳۶**	۲۹۷۵/۵۰**	۷۷۲۰/۷۹**	۲۲۰۱۱/۸۹**
خطای آزمایش	۲۴	۸/۵۲	۱۰/۷۱	۱۰/۵۸	۱/۳۲
CV (٪)		۱۱/۴۴	۱۳/۴۱	۷/۵۰	۱/۳۶

**: بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است.

کالیفرنیا واندر، توانا، سرادمره۸ و هیبرید آریستوتل معنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر، نماتد بر وزن تازه ارقام مذکور نسبت به ارقام دیگر اثر بیشتری داشته است. درحالی که تفاوت وزن خشک اندام هوایی تنها در ارقام کالیفرنیا واندر و هیبرید آریستوتل معنی‌دار بود. در مورد صفات رشدی ریشه تا حدودی روند متفاوت بود. به این ترتیب که تفاوت وزن تازه در گیاهان سالم و آلوده ارقام المینا، دیماز، تندفرنگی و سرادمره۸ معنی‌دار بود و تفاوت وزن خشک گیاهان سالم و آلوده تنها در ارقام المینا و سرادمره معنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر، اثر نماتد بر شاخص‌های مختلف رشدی، متفاوت بود. تفاوت فرایندهای فیزیولوژیک تأثیر پذیرفته در ارقام، احتمالاً موجب اختلال در جذب آب و مواد غذایی برخی ارقام همچون کالیفرنیا واندر، توانا و هیبرید آریستوتل در مراحل اولیه حمله نماتد و در نتیجه کاهش رشد اندام‌های هوایی شده است. درحالی که در ارقامی مانند تندفرنگی، دیماز و سرادمره۸ فرایندهایی همچون سنتز مواد قندی و انتقال به ریشه تحت تأثیر قرار گرفته است. در نهایت، سیستم ریشه دچار نقصان رشد شد. در بررسی واکنش هشت رقم گوجه‌فرنگی به نماتد ریشه گرهی *M. javanica* در شرایط گلخانه توسط میره‌کی و همکاران (به نقل از ۱۲) نشان داده شد که ارقام تحت بررسی درجات مختلفی از حساسیت در برابر این نماتد دارند. در صفات رویشی، ارقام GH12، Ajeet، Manisha و Karina نسبت به بقیهٔ ارقام دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ بوده و کمترین تأثیرپذیری را از آلودگی به نماتد از خود نشان دادند. از طرف دیگر، رقم بومی و Tolstoi از نظر صفات رویشی به عنوان‌های ارقام حساس شناخته شدند (۱۲). با ارزیابی مقاومت هشت رقم لوبیا نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* نشان داده شد که طول ریشه در اثر آلودگی به نماتد در ارقام مذکور، کاهش می‌یابد. همچنین، افزایش ریشه‌های فرعی توسط نماتد ریشه‌گرهی، عامل افزایش وزن ریشه تیمارهای آلوده است.

آلودگی ارقام مختلف به نماتد باعث کاهش ارتفاع اندام هوایی گیاهان شد. بیشترین و کمترین کاهش ارتفاع به‌ترتیب در ارقام کالیفرنیا واندر و سرادمره۸ مشاهده شد. این کاهش تنها در مورد رقم کالیفرنیا واندر معنی‌دار بود. ارزیابی واکنش برخی از ارقام رایج بادمجان در ایران نسبت به نماتد ریشه گرهی *Meloidogyne incognita* Race 2 در شرایط گلخانه نیز نشان‌دهنده کاهش طول اندام هوایی در گیاهان آلوده به نماتد بود (۲۰).

شاخص‌های نماتد *M. javanica*

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شاخص‌های نماتد به ترتیب در جداول (۳) و (۴) نشان داده شده است. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که شاخص‌های رشد و نموی نماتد بین تیمارهای مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین تعداد گال در رقم المینا مشاهده شد. ارقام دیماز، سرادمره۸، تندفرنگی، توانا و هیبرید آریستوتل در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کمترین تعداد گال در ارقام چالیستون و کالیفرنیا واندر دیده شد. در مورد سایر شاخص‌ها نیز روند تقریباً مشابهی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. مقایسه میانگین فاکتورهای بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در ارقام فلفل

تیمار	تعداد گال در گرم ریشه	تعدادتوده تخم در گرم ریشه	تعداد تخم در هرتوده تخم	جمعیت لارو سن دوم در ۲۰۰ گرم خاک	شاخص تولیدمثل (RF)
المینا	۶۱/۵^{a}	۸۴/۵^{a}	۱۲۲/۲۵^{a}	۱۹۹/۵^{a}	۱۰/۱۴^{a}
تندفرنگی	۱۱/۲۵^{c}	۱۸/۷۵^{d}	۴۶/۵^{d}	۷۴/۵^{c}	۱/۳۱^{bc}
توانا	۱۱^{c}	۱۹/۲۵^{d}	۱۶^{e}	۴۹/۵^{d}	۰/۱۸^{c}
چالیستون	۰^{d}	۰^{f}	۰^{f}	۰^{e}	۰^{c}
دیماز	۵۱/۵^{b}	۲۸/۲۵^{c}	۶۱/۲۵^{c}	۱۴۹/۵^{b}	۱/۳۱^{bc}
سرادمره۸	۵۸/۵^{a}	۳۴/۷۵^{b}	۸۷/۷۵ ^{b}	۱۴۹/۵^{b}	۲/۶۸^{b}
کالیفرنیا واندر	۰^{d}	۰^{f}	۰^{f}	۰^{e}	۰^{c}
هیبرید آریستوتل	۱۱^{c}	۹/۵^{e}	۱۵/۲۵^{e}	۴۹/۲۵^{d}	۰/۰۹۷^{c}

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

جدول ۵. ارزیابی ارقام مختلف فلفل بر اساس سیستم کانتو سنز (۸)

رقم	شاخص تولیدمثل	شاخص گال	درجه مقاومت
المینا	۱۰/۱۴	۴	حساس
تندفرنگی	۱/۳۱	۳	حساس
توانا	۰/۱۸	۲	مقاوم
چالیستون	۰	۰	مقاوم
دیماز	۱/۳۱	۴	حساس
سرادمره۸	۲/۶۸	۴	حساس
کالیفرنیا واندر	۰	۰	مقاوم
هیبرید آریستوتل	۰/۰۹۷	۲	مقاوم

مشاهده شد. با این حال، چنین روندی در مورد سایر ارقام مشاهد نشد. واکنش ارقام مورد بررسی به مراحل مختلف زندگی نماتد متفاوت بود. به‌عنوان مثال، از نظر تعداد گال بین رقم‌های المینا و سرادمره۸ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اما از نظر سایر شاخص‌ها تفاوت معنی‌دار داشتند. به‌عبارت دیگر، احتمالاً دو رقم مورد بحث نسبت به ورود به ریشه و تحریک گال مشابه بودند. ولی شرایط یکسانی برای تولیدمثل نماتد نداشتند. وضعیت مشابهی بین ارقام تندفرنگی، توانا و هیبرید آریستوتل مشاهده شد. از آنجایی که در رقم‌های چالیستون و کالیفرنیا واندر هیچگونه تعداد گال، کیسه تخم، تخم و لارو سن دوم مشاهده نشد، احتمالاً ورود و تغذیه اولیه لاروهای سن دوم منجر به تحریک سیستم دفاعی گیاه و در نهایت مقاومت آن به نماتد شده است (۱۶).

در ارزیابی ارقام، از فاکتور تولیدمثل و شاخص گال نیز استفاده شد (جدول ۵). با توجه به این که شاخص گال در ارقام المینا، دیماز، سرادمره۸ و تندفرنگی بزرگ‌تر از ۲ و فاکتور تولیدمثل بزرگ‌تر از ۱ به‌دست آمد، بر اساس روش کانتو سنز، ارقام مذکور در گروه حساس به نماتد قرار گرفتند. ارقام توانا و هیبرید آریستوتل (با شاخص گال ۲ و RF>۱) و ارقام

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* بر صفات رشدی ارقام فلفل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		اندام هوایی			ریشه		
		طول (cm)	وزن تازه (g/plant)	وزن خشک (g/plant)	طول (cm)	وزن تازه (g/plant)	وزن خشک (g/plant)
رقم	۷	۷۵/۵۰**	۹۳/۲۵**	۱۰/۵۰**	۵۸/۸۳**	۵/۵۱**	۰/۳۷**
نماتد	۱	۷۳۷/۰۹**	۱۶۷۰/۶۶**	۱۲۶/۵۶**	۴۲۰/۲۵**	۹۹/۶۴**	۶/۲۴**
رقم × نماتد	۷	۱۹/۲۵**	۳۴/۴۶**	۳/۰۴**	۹/۹۴**	۰/۶۶**	۰/۴۲**
خطای آزمایش	۴۸	۲۱/۴۰	۱۷/۲۳	۱/۰۸	۱۲/۷۳	۲/۶۷	۰/۴۳
CV (٪)		۲۴/۲۷	۲۶/۱۵	۲۴/۲۷	۱۳/۹۲	۲۴/۳۹	۱۸/۵۷

**: بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است.

چالیستون و کالیفرنیا واندر (با شاخص گال کمتر از ۲ و RF>۱) در گروه مقاوم دسته‌بندی شدند.

ب) مقایسه ارقام مختلف فلفل نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita*

شاخص رشدی گیاه

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی گیاه در واکنش به گونه نماتد ریشه‌گرهی (جدول ۶) نشان‌دهنده اثر معنی‌دار فاکتور رقم و نماتد بر شاخص‌های مذکور بود. مقایسه میانگین شاخص‌های رشدی مختلف جدول (۷) نیز بیان‌گر اثر کاهنده آلودگی نماتد بر شاخص‌های رشدی ارقام بود. ولی میزان کاهش در بین ارقام، متفاوت ظاهر شد. به‌عنوان مثال، در بین ارقام مورد بررسی، گیاهان سالم رقم کالیفرنیا واندر بیشترین وزن تازه اندام هوایی را داشتند و با تمام ارقام (به‌جز چالیستون) تفاوت معنی‌دار نشان دادند. تفاوت وزن تازه و خشک اندام هوایی در گیاهان سالم و آلوده در تمامی ارقام، به‌جز المینا، معنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر، نماتد باعث کاهش معنی‌دار وزن اندام هوایی در اکثر ارقام شد. در مورد صفات رشدی ریشه تا حدودی روند متفاوت بود. به این ترتیب که هرچند تفاوت وزن تازه در گیاهان سالم و آلوده ارقام تندفرنگی، دیماز، چالیستون، سرادمره۸ و هیبرید آریستوتل معنی‌دار بود، با این حال تفاوت وزن خشک تنها در ارقام المینا و سرادمره۸ معنی‌دار بود. با مطالعه واکنش مقاومت ده رقم خیار گلخانه‌ای نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica*، کاهش طول ریشه در اثر آلودگی به نماتد در تمام ارقام مورد بررسی گزارش شده است (۱). یکی از دلایل کاهش رشد ریشه مربوط به اختلالات ایجاد شده در نوک ریشه است. نماتد ریشه‌گرهی با حمله به نوک ریشه سبب توقف رشد طولی شده و گیاه را به تولید ریشه‌های فرعی تحریک می‌کند. اما با تشکیل ریشه‌های فرعی، نماتد به آنها نیز حمله کرده و از رشد آن‌ها ممانعت می‌کند و به این ترتیب باعث کوتاهی ریشه‌ها می‌شود (۲۲). در پژوهش‌هایی که اثر دور آبیاری را بر صفات تکثیری نماتد ریشه‌گرهی در دو رقم لوبیا سفید بررسی کردند نشان داده شده که وزن تازه و خشک ریشه در تیمارهای آلوده بیشتر از تیمارهای شاهد است و این افزایش در اثر هایپرتروفی و هایپرپلازی سلول‌های ریشه، همچنین افزایش ریشه‌های فرعی، به‌عنوان واکنش میزبان نسبت به نماتد است. افزایش وزن تازه و خشک ریشه ناشی از پرازدیادی و افزایش رشد است که سبب رشد غیرعادی و افزایش وزن آن می‌شود (۱۴).

شاخص‌های نماتد *M. incognita*

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش رقم و نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* بر صفات رشدی رقم‌های فلفل

رقم	نماتد	وزن تازه ریشه (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)	طول ریشه (cm)	وزن تازه اندام‌هوایی (g/plant)	وزن خشک اندام هوایی (g/plant)	طول اندام هوایی (cm)
المینا	غیرآلوده	۴/۲۲$^{a-e}$	۰/۴۴^{cd}	۹/۳۲^{d}	۱۳/۴۹^{efg}	۳/۲۰^{fgh}	۱۶/۷۰^{cde}
	آلوده	۶/۳۹^{a}	۱/۷۳^{a}	۶/۲۰^{d}	۷/۹۸^{g}	۱/۹۳^{h}	۱۲/۵^{e}
تندفرنگی	غیرآلوده	۲/۸۸^{def}	۰/۳۸^{cd}	۱۶/۱$^{a-d}$	۱۸/۴۵^{cde}	۴/۹۳^{cd}	۲۲/۰۵^{abc}
	آلوده	۵/۹۸^{abc}	۱/۲۶^{abc}	۱۳/۶۸^{cd}	۱۱/۳۶^{fg}	۲/۷۳ ^{gh}	۱۵/۶۹^{cde}
توانا	غیرآلوده	۳/۰۷^{def}	۰/۳۲^{d}	۱۶/۱۳$^{a-d}$	۲۳/۱۳^{bc}	۶/۹۴^{ab}	۲۶/۷۷^{a}
	آلوده	۴/۵۵$^{a-d}$	۱/۰۵$^{a-d}$	۱۱/۱^{d}	۱۱/۶^{fg}	۳/۷۳$^{d-g}$	۱۶/۰۳^{cde}
چالیستون	غیرآلوده	۲/۲^{ef}	۰/۴۵^{cd}	۲۱/۰۸^{ab}	۲۶/۷^{ab}	۷/۵۳^{a}	۲۵^{ab}
	آلوده	۴/۵۴$^{a-d}$	۰/۷۱^{bcd}	۱۴/۵۸^{bcd}	۸/۵۵^{g}	۳/۷۳$^{d-g}$	۱۹/۵۸^{bcd}
دیماز	غیرآلوده	۲/۹۵^{def}	۰/۷۵^{bcd}	۱۶/۳۸$^{a-d}$	۱۸/۴۴^{cde}	۴/۷۵^{cde}	۲۰/۰۵^{bcd}
	آلوده	۶^{abc}	۱/۱۱^{abcd}	۱۰/۳۸^{d}	۱۰/۸۵^{fg}	۲/۶۴^{gh}	۱۳/۷۵^{de}
سرادمره۸	غیرآلوده	۳/۶۸$^{c-f}$	۰/۳۹^{cd}	۸/۸۸^{cd}	۱۸/۵۶^{cde}	۴/۳۹$^{c-f}$	۱۶/۸۰^{cde}
	آلوده	۶/۱۶^{ab}	۱/۵۵^{ab}	۱۰/۰۲^{d}	۸/۱۶^{g}	۲/۹۰^{gh}	۱۴/۸۵^{de}
کالیفرنیا واندر	غیرآلوده	۱/۶۳$^{b-f}$	۰/۲۸^{d}	۲۲/۳۵^{a}	۲۹/۱^{a}	۸/۱۳^{a}	۲۷/۱۳^{a}
	آلوده	۳/۸۶^{f}	۰/۵۹^{cd}	۱۵/۳^{bcd}	۱۵/۴۷^{def}	۳/۴$^{e-h}$	۱۸/۶۷$^{b-e}$
هیبرید آریستوتل	غیرآلوده	۲/۶۷^{def}	۰/۷۷ ^{bcd}	۱۹/۵۸^{abc}	۱۹/۹۸^{cd}	۵/۷۱^{bc}	۲۵/۱۰^{ab}
	آلوده	۵/۸۰^{abc}	۰/۷۸^{bcd}	۱۱/۲۳^{d}	۱۲/۱۲^{fg}	۲/۰۱^{h}	۱۴/۲۳^{de}

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

جدول ۸. تجزیه واریانس فاکتورهای بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* در ارقام مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد گال در گرم ریشه	تعداد توده تخم در گرم ریشه	تعداد تخم داخل هر توده تخم	جمعیت لارو سن دوم در ۲۰۰ گرم خاک
رقم	۷	۳۰۲۸/۲۱**	۳۵۰۱/۹۸**	۹۸۸۱/۸۹**	۲۶۱۶۹/۶۴**
خطای آزمایش	۲۴	۷/۲۸	۹/۷۵	۶/۹۴	۱۷/۶۸
CV (٪)		۶/۶۰	۷/۴۴	۴/۲۱	۳/۱۵

**: بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است.

نموی نماتد به‌ترتیب در جداول (۸) و (۹) نشان داده شده است. بیشترین تعداد گال در رقم المینا مشاهده شد و ارقام دیماز، سرادمره۸، تندفرنگی، توانا، هیبرید آریستوتل و چالیستون در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین تعداد گال نیز در رقم کالیفرنیا واندر دیده شد. سایر شاخص‌های رشد و نموی روند تقریباً مشابهی نشان دادند. با این حال، ارقام مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹. مقایسه میانگین فاکتورهای بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* در ارقام فلفل

تیمار	تعداد گال در گرم ریشه	تعداد توده تخم در گرم ریشه	تعداد تخم در هر توده تخم	جمعیت لارو سن دوم در ۲۰۰ گرم خاک	شاخص تولید مثل (RF)
المینا	۷۱/۵^{a}	۹۰/۵^{a}	۱۴۳/۷۵^{a}	۲۵۰^{a}	۱۴/۳۳^{a}
تندفرنگی	۶۱/۷۵^{b}	۴۴^{d}	۷۶/۵^{d}	۱۱۲/۵^{d}	۲/۳۱^{c}
توانا	۱۷/۲۵^{c}	۲۰/۲۵^{ef}	۲۳/۷۵	۸۲/۵^{e}	۱/۳۵^{c}
چالیستون	۱۳/۲۵^{d}	۱۵/۷۵^{f}	۱۳/۷۵^{g}	۶۳/۵^{f}	۱/۳۲^{c}
دیماز	۶۳^{b}	۴۵/۲۵^{c}	۸۶^{c}	۱۹۴/۵^{c}	۲/۴۵^{c}
سرادمره۸	۶۹^{a}	۷۵/۵^{b}	۱۱۳^{b}	۲۳۴/۵۰^{b}	۸/۸۳^{b}
کالیفرنیا واندر	۱۰/۲۵^{d}	۱۵/۷۵^{f}	۱۲/۷۵^{g}	۴۳/۵^{g}	۱/۱۰^{c}
هیبرید آریستوتل	۱۹/۷۵^{c}	۲۰/۵^{e}	۳۰/۲۵^{e}	۸۳/۵^{e}	۱/۸۷^{c}

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

جدول ۱۰. ارزیابی ارقام مختلف فلفل بر اساس سیستم کانتو سنز (۸)

رقم	شاخص تولیدمثل	شاخص گال	درجه مقاومت
المینا	۱۴/۳۳	۴	حساس
تندفرنگی	۲/۳۱	۴	حساس
توانا	۱/۳۵	۲	حساس
چالیستون	۱/۳۲	۲	حساس
دیماز	۲/۴۵	۴	حساس
سرادمره۸	۸/۸۳	۴	حساس
کالیفرنیا واندر	۱/۱۰	۲	متحمل
هیبرید آریستوتل	۱/۸۷	۳	حساس

در برخی شاخص‌ها واکنش‌های متفاوت نشان دادند. برای مثال، علی‌رغم معنی‌دار نبودن تفاوت تعداد گال بین ارقام المینا و سرادمره۸، تفاوت تعداد توده تخم و فاکتور تولیدمثل معنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر، دو رقم مذکور نسبت به ورود نماتد واکنش یکسان ولی از نظر حمایت از توسعه و تولیدمثل نماتد عکس‌العمل متفاوت نشان دادند. تفاوت تعداد گال و فاکتور تولیدمثل بین ارقام تندفرنگی و دیماز نیز معنی‌دار نبود. ولی تفاوت تعداد توده تخم در آنها معنی‌دار بود.

در ارزیابی ارقام از فاکتور تولیدمثل و شاخص گال نیز استفاده شد (جدول ۱۰). با توجه به این که شاخص گال در ارقام المینا، تندفرنگی، دیماز و سرادمره۸ بزرگ‌تر از ۲ و فاکتور تولیدمثل بزرگ‌تر از ۱ است، این ارقام نسبت به نماتد مورد بررسی حساس هستند و همچنین ارقام توانا، چالیستون و هیبرید آریستوتل با شاخص گال ۳ و فاکتور تولیدمثل بزرگ‌تر از ۱ نیز رقم حساس شناخته می‌شوند و همچنین کالیفرنیا واندر با شاخص گال ۲ و فاکتور تولیدمثل بزرگ‌تر از ۱ متحمل شناخته شد.

نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های انجام شده در سایر

www.SID.ir

Archive of SID

کشورها نشان داده است که تعدادی از ارقام فلفل Cayene, Carolina Wonder و Charleston Belle دارای شاخص گال کوچک‌تر از ۲ و فاکتور تولیدمثل کوچک‌تر از ۱ در برابر نماتد مقاوم بودند و ارقام گوجه‌فرنگی Celebrity, Jetsetter, Small Fry شاخص گال کوچک‌تر از ۲ و فاکتور تولیدمثل کوچک‌تر از ۱ نیز مقاوم بودند (۱۵).

در آزمایشی دیگر، با بررسی حساسیت ارقام فلفل و گوجه فرنگی به نماتد ریشه‌گرهی نشان داده شده که ارقام فلفل Bawa, Rodo, Tatase و Goliath شاخص گال بزرگ‌تر از ۲ و فاکتور تولیدمثل بزرگ‌تر از ۱ حساس و ارقام کالیفرنیا واندر و چارلیستون شاخص گال کوچک‌تر از ۲ و فاکتور تولیدمثل کوچک‌تر از ۱ مقاوم به نماتد هستند و در ارقام گوجه‌فرنگی Tropmech, Ibadan local شاخص گال بزرگتر از ۲ و فاکتور تولیدمثل بزرگ‌تر از ۱ حساس بودند (۶).

در بررسی انجام‌شده روی ارزیابی رقم‌های فلفل دلمه‌ای نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* race2 در نواحی جنوب غربی نیجریه روی ۳۲ لاین منطقه، مقاومت در شش لاین مشاهده شد. هشت لاین دارای حساسیت زیاد بودند و بقیه لاین‌ها در بین این دو گروه و با حساسیت‌های متفاوت قرار گرفتند. هیچیک از ارقام مورد آزمون نسبت به نماتد ایمن نبودند. با این حال، AI07-3 دارای بیشترین مطلوبیت ژنتیکی در بین ارقام بود (۱۸).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بین هشت رقم فلفل تحت تأثیر قرار گرفته از تنش نماتدی، تفاوت آماری معنی‌داری از لحاظ صفات رویشی گیاه و صفات تولیدمثلی نماتد وجود دارد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های حاصل بیانگر حساسیت کمتر رقم‌های چالیستون، کالیفرنیا واندر، هیبرید آریستوتل و توانا نسبت به هر دو گونه نماتد در مقایسه با رقم های دیگر بود. بر اساس سیستم کانتو سنز (۱۹۸۳) از نظر واکنش به نماتد *M javanica* ارقام مورد بررسی در دو گروه دسته‌بندی شدند. به این ترتیب که ارقام کالیفرنیا واندر، چالیستون، هیبرید آریستوتل و توانا در گروه مقاوم و ارقام المینا، سرادمره۸، دیماز، تندفرنگی در گروه حساس قرار گرفتند ولی از نظر واکنش به نماتد *M. incognita* تمام ارقام در گروه حساس به‌جز رقم کالیفرنیا واندر دسته‌بندی شدند. بنابراین برای توصیه کشت هر رقم حتماً گونه شایع نماتد ریشه‌گرهی باید مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش به‌عنوان بخشی از پایان نامهٔ نگارنده اول تحت راهنمایی نگارنده دوم در دانشگاه شهرکرد انجام گرفته است که از حمایت مسئولان محترم دانشگاه سپاسگزاری می شود.

منابع مورد استفاده

1. Abdollahi, M. 2015. The reaction of greenhouse cucumber cultivars to the root-knot nematode *Meloidogyn javanica*. J. Seed Plant Improve. 31: 55–75. (In Persian)
2. Akhyani, A., H. Mojtahedi and A. Naderi. 1994. Species and physiological races of root-knot nematodes in Iran. J. Plant Pathol. 20: 1–4. (In Persian)
3. Adesiyan, S.O., F.E. Caveness, M.O. Adeniji and B. Fawole. 1990. Nematode pests of Tropical Crops. Heinemann Educational Books (Nigeria) Ltd., 114 p.
4. Allen, M.W., W.H. Hart and K. Baghott. 1970. Crop rotation controls barley root-knot nematode at Tulelake. Calif. Agric. 24(7): 4–5.
5. Barker, K.R. C.C. Carter and J.N. Sasser. (Eds.) 1985. An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. pp. 212–233.
6. Bello, T.T., B. Fawole and C.C. Abiodun. 2015. Susceptibility of seven varieties of pepper and tomato to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp) in Ibadan, Nigeria. J. Agric. Vet. Sci. 8: 79–82.
7. Bosland, P.W. and E.J. Votava. 1999. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. CABI, 103 p.

www.SID.ir

Archive of SID

8. Canto-Saenz, M. 1983. The nature of resistance to *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. PP. 160–165. *In:* Carter C.C. (Ed.), Proceedings of the Thi Research and Planning Conference on Root-Knot Nematodes, *Meloidogyne* spp, International *Meloidogyne* Project, Lima, Peru.
9. Eisenback, J.D. and H.H. Triantaphyllo. 1991. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species and races. Nickle, W.R. (Ed.), Manual of Agricultural Nematology, Dekker M., NewYork, USA, pp. 191–274.
10. FAO.2012.Statistics http://faostat.fao.org/faosta
11. Ghaderi, R., A. Ahmadi., H. Agha Ramezani and A. Sadeghi. 2013. Recognition and Management of Pests and Diseases of Greenhouse Products. Sarva Publisher, 350 p. (In Persian)
12. Ghayedi, S. and M. Abdollahi. 2014. Evaluation of resistance of eight bean cultivars to root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*). J. Seed Plant Improve. 30(1): 17–36. (In Persian)
13. Hussey, R.S. and G.J.W. Janssen. 2002. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species. PP. 43–70. *In:* Staar J.L. et al. (Eds.), Plant Resistance to Parasitic Nematodes, The Centre for Agriculture and Bioscience International Publishing, Wallingford, UK.
14. Kamelmanesh, M.M. and M. Yarmahmoody. 2013. The effect of irrigation interval on reproduction traits of root knot nematode (*Meloidogyne javanica*) in two varieties of navy bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties. Iran. J. Plant Prot. Sci. 44(2): 339–349. (In Persian)
15. Kwara, B.K. C.K. Kwoseh and J.L. Starr. 2014. Effectiveness of root-knot nematode (*Meloidogyne* species) resistant tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and pepper (*Capsicum* species) cultivars in Ghana. Nematropica 44: 130–136.
16. Marull, J., J. Pinochet. S. Verdejo-Lucas and A. Soler. 1991. Reaction of prunus rootstocks to four *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria* in Spain. J. Nematol. 23(4S): 564–569.
17. Nasr Esfahani, M. and O. Ahmadi.1997. Effect of cover of plastic sheets, animal manure and their integration on cucumber root knot nematode and total population of nematodes in soil. J. Appl. Entomol. Phytopath. 65(1): 79–85.
18. Nwanguma, E.I., O.O. Idowu-Agida and A.A. Oladigbola. 2013. Susceptibility of elite cultivars of pepper (*Capsicum fruitisens*) to the root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita* Race 2, in parts of Southwestern Nigeria. Int. J. Dev. Sustain. 2(4): 2248–2255.
19. Perry, R.N., M. Maurice and J.L. Starr. 2010. Root-Knot Nematodes. CABI, 531 p.
20. Rezaei, Q., S. Jamali, S. Musa Nezhad and H. Pedram Far. 2015. A study on the evaluation of the reaction of some common Iranian eggplant cultivars to the root -knot nematode of *Melodogyne incognita* Race 2. Proceedings of The Second National Conference on Medical Herbs, Traditional Medicine and Organic Agriculture, Hamadan, pp. 1–15. (In Persian)
21. Rice, R.P., L.W. Rice and M.D. Tindall. 1990. Fruit and Vegetable Production in Warm Climates. Macmillan Press Ltd., London, England, pp. 294–295.
22. Sadegh Mousavi, Sh., A. Delju and A. Kargarbideh. 2006. Investigating the response of a number of common greenhouse cucumber cultivars in Iran to the root-knot nematode of *Meloidogyne incognita*. J. Plant Pathol. 42: 241–252.
23. Sanusi, M.M. and I.A. Ayinde. 2013. Profitability of pepper production in derived Savannah zone of Ogun State, Nigeria. Int. J. Agric. Food Secur. 4(2): 401–410.
24. Sasser, J.N. 1980. Root-knot nematodes: A global manace to crop production. Plant Dis. 64(1): 36–41.
25. Singh, S.S., P. Gupta and A.K. Gupta. 1996. Handbook of Agricultural Sciences. Kalyani Publishers, New Delhi, India, pp. 184–185.
26. Taylor, A.L. and J.K. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.). North Carolina State University Graphics, 111 p.
27. Taylor, D.P. and C. Netscher. 1974. An improved technique for preparing perennial pattern of *Meloidogyne* spp. Nematol. 20: 251–268.

www.SID.ir

Archive of SID

Reaction of Different Pepper Cultivars to Two Species of Root- Knot Nematodes (*M. Javanica* and *M. Incognita*)

M. Yazdani[1*] and A. A. Fadaei Tehrani[1]

(Received: 11 September 2018 ; Accepted : 29 July 2019)

Abstract

Root knot nematode is one of the important plant pathogens that causes damage to many crops, including greenhouse crops. Pepper is an agricultural crop which its cultivation has increased in recent years, especially in greenhouses. Most of the adopted management methods for this nematode have not met the required efficiency. In this study, reaction of some pepper cultivars (Elmina, Tuvana, Chaliston, Sera Demre8, hybrid Aristotle, the California Wonder, Dymaz and Green chilli) to the presence or absence of two root-knot nematodes (*M. javanica* and *M. incognita*) was investigated. The nematode was isolated from infested root samples collected from Isfahan and Saveh greenhouses and was identified by the morphometric and morphological characteristics. Nematodes were reared on tomato. The seeds of pepper cultivars were sown in seedling trays and the seedlings with similar growth were transferred to the main pots (having diameter of 15 cm) containing 2 kg of sterilized soil (1:1:1 field soil, sand and manure). At the 4-leaf stage, they were inoculated with 2500 eggs and larvae per kg soil. The experiment was carried out as a factorial based on completely randomized design with four replications. Four months after nematode inoculation, results were evaluated using plants' growth indices (fresh and dry weight of roots and shoots, length of roots and height of shoots) and growth and developmental factors of nematodes (number of moths per g of root, number of egg colonies per g of roots, number of eggs per colony of eggs, and population of second age larvae per 200 g soil). The Chaliston, California Wonder, hybrid Aristotle and Tuvana cultivars showed low sensitivity to *M. javanica* nematode, compared to other cultivars. The growth and developmental indices of nematodes in different cultivars showed significant difference. Therefore, based on the Canto-Saenz system, they were divided into two groups of sensitive and resistant cultivars. But all the cultivars were susceptible to *M. incognita* nematode, except California Wonder cultivar.

Keywords: Growth indices, Reproduction, Resistance, Root-knot nematode, *Meloidogyne* spp.

1. Dept. of Plant Prot. Faculty of Agric., Shahrekord Univ., Shahrekord, Iran.
* Corresponding Author, Email: starehyazdani@yahoo.com

www.SID.ir