



Research Article

Effect of wood vinegar, humic acid and Effective Microorganisms against *Meloidogyne javanica* on tomato

HABIBALLAH CHAREHGANI✉

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj, Iran

Received: 20.12.2020

Accepted: 10.02.2021

Charehgani H (2020) Effect of wood vinegar, humic acid and Effective Microorganisms against *Meloidogyne javanica* on tomato. *Plant Pathology Science* 9(2):73-84.

DOI: 10.2982/PPS.9.2.73.

Abstract

Introduction: Root-knot nematode *Meloidogyne javanica* is the most economically important plant-parasitic nematode worldwide. Because of the environmental hazards of chemical nematicides used to control this nematode, there is an urgent need to replace these nematicides with alternative compounds that are environmentally friendly. **Material and methods:** An experiment was conducted to control *M. javanica* infestation on tomato plants (cv. Early-Urbana) using wood vinegar at the rates of 0.3, 0.6 and 0.9 percent (v/v), Effective Microorganisms (EM[®]) at the rates of 5, 10 and 15 percent (v/v), humic acid at the rates of 0.2, 0.4 and 0.6 percent (v/v) and tervigo (positive control) at the rate of 0.4 percent (v/v), in greenhouse. **Results:** EM[®] at the highest concentration (15%) was the most effective organic compound which reduced the nematode indices. Shoot length, shoot fresh weight and shoot dry weight increased by 41, 28 and 36%, respectively. The number of eggs, galls, egg masses per root system and reproduction factor were decreased by 58, 48, 49 and 57% in treated tomato with EM[®] at the rate of 15%, compared to control (non-treated) plants, respectively. **Conclusion:** The organic compounds used in the present study are effective to control *M. javanica* on tomato under greenhouse conditions.

Key words: Nematode population indices, Plant growth indices, Tervigo

✉ h.charehgani@yu.ac.ir

مقاله پژوهشی

تأثیر سرکه چوب، اسید هیومیک و ریزجانداران موثر
بر نماتد *Meloidogyne javanica* روی گوجه‌فرنگی

حبیب‌اله چاره‌گانی ✉

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج، یاسوج

پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۲

دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۳۰

چاره‌گانی ح (۱۳۹۹) تأثیر سرکه چوب، اسید هیومیک و ریزجانداران موثر بر نماتد *Meloidogyne javanica* روی گوجه‌فرنگی. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۹(۲): ۸۴-۷۳.

DOI:10.2982/PPS.9.2.73.

چکیده

مقدمه: نماتد غده ریشه *Meloidogyne javanica* خطرناک‌ترین نماتد بیماری‌زای گیاهی در جهان است. با توجه به خطرهای زیست محیطی حاصل از سم‌های شیمیایی برای مهار این نماتد، یافتن ترکیب‌های ایمن و دوستدار محیط زیست ضروری می‌باشد. **مواد و روش‌ها:** در مطالعه حاضر اثر سرکه چوب در غلظت‌های ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد حجمی-حجمی، ریزجانداران مؤثر (EM[®]) در غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی-حجمی و اسید هیومیک در غلظت‌های ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد حجمی-حجمی و نماتدکش ترویگو (شاهد مثبت) در غلظت ۰/۴ درصد حجمی-حجمی در خسارت *M. javanica* روی گوجه‌فرنگی رقم Early-Urbana در شرایط گلخانه بررسی شد. **یافته‌ها:** EM[®] در بالاترین غلظت (۱۵ درصد حجم به حجم) موثرترین ترکیب آلی مورد استفاده برای کاهش شاخص‌های جمعیتی نماتد بود. این تیمار موجب افزایش طول، وزن تر و خشک شاخساره به ترتیب به میزان ۴۱، ۲۸ و ۳۶ درصد و کاهش تعداد تخم، گال و کیسه‌تخم در ریشه و عامل تولیدمثل نماتد به ترتیب به میزان ۵۸، ۴۸، ۴۹ و ۵۷ درصد شد. نماتدکش ترویگو موجب کاهش تعداد تخم، گال و کیسه‌تخم در ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد به ترتیب به میزان ۸۷، ۸۸، ۹۶ و ۸۷ درصد درمقایسه با گیاهان تیمار نشده گردید. **نتیجه‌گیری:** ترکیب‌های آلی مورد استفاده در این آزمایش توانایی مهار *M. javanica* در گوجه‌فرنگی کشت شده در شرایط گلخانه را دارند.

واژگان کلیدی: ترویگو، شاخص‌های جمعیتی نماتد، شاخص‌های رویشی گیاه

Introduction

مقدمه

✉ h.charehgani@yu.ac.ir

نماتدهای غده ریشه (*Meloidogyne spp.*) با کاهش پنج درصدی محصولات کشاورزی به عنوان مهم‌ترین نماتدهای انگل گیاهی در سطح جهان شناخته شده‌اند. در سبزیجات میزان خسارت این نماتدها بین ۵۰ تا ۸۰ درصد گزارش شده است (Siddiqi 2000). اگرچه نماتدکش‌های شیمیایی مهار سریع و موثری را ارائه می‌دهند اما می‌توانند باعث ایجاد مشکلاتی زیست محیطی شوند (Seenivasan and Senthilnathan 2018). بنابراین تلاش‌ها در جستجوی راه‌های مؤثر و سازگار با محیط زیست برای جایگزین نمودن مبارزه شیمیایی می‌باشد (Julio et al. 2017).

ریزجاندارانی مؤثر (EM^{\circledR} Effective Microorganisms)، از ترکیب آزاد و سودمند ریزجاندارانی که اغلب در تولید فرآورده‌های خوراکی به کار می‌روند به دست می‌آیند. این ریزجانداران نقش موثری در افزایش تولید محصولات کشاورزی داشته (Mohan 2008) و به عنوان عوامل مهار زیستی برای کاهش خسارت بیمارگرهای گیاهی می‌توانند عمل کنند (Olle and Williams 2013).

اسید هیومیک یک ترکیب آلی است که در آب، خاک و رسوبات یافت می‌شود. اسید هیومیک نقش موثری در بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک دارد که منجر به رشد پایدار گیاهان می‌شود (Piccolo et al. 1996). تیمار اسید هیومیک در غلظت‌های ۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۴ و ۰/۸ درصد روی ریشه گیاه موز آلوده به *M. incognita* (Kofid and White) Chitwood باعث کاهش معنی‌دار شاخص‌های جمعیتی نماتد و افزایش شاخص‌های رشدی گیاه گردید (Seenivasan and Senthilnathan 2018).

سرکه چوب مایعی تیره رنگ است که از حرارت دادن چوب یا سایر اندام‌های گیاهی در محیطی بسته و بدون هوا به دست می‌آید. مواد اصلی تشکیل دهنده سرکه چوب اسید استیک، استون و متانول است (Mungkunkamchao et al. 2013). پژوهش‌های مختلف نقش ضد میکروبی سرکه چوب را نشان داده است (Santos de Souza et al. 2018, Suresh et al. 2019).

با توجه به اهمیت استفاده از ترکیب‌های دوست‌دار محیط زیست به منظور مهار نماتدهای غده ریشه، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر ترکیب‌های آلی تجارتي و ریزجانداران مؤثر در مهار نماتد *M. javanica* (Treub 1885) Chitwood و مقایسه اثر آنها با نماتدکش تماسی ترویگو (Trevigo 20SC, Syngenta) در کاهش جمعیت نماتد روی گوجه‌فرنگی بود.

Materials and Methods

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی جمعیت نماتد

بوته‌های گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد دارای نشانه‌های زردی، پژمردگی و غده روی ریشه از گلخانه‌ها و مزرعه‌های استان کهگیلویه و بویراحمد جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردیدند و با استفاده از روش تک توده تخم (single egg mass) اقدام به خالص‌سازی نماتد شد (Hussey and Barker 1973). با استفاده از نقوش اثر انگشتی شبکه کوتیکولی در اطراف روزنه دفعی-تناسلی نماتد ماده (perineal pattern) گونه *M. javanica* شناسایی گردید (Jepson 1987). برای به دست آوردن جمعیت بیشتر، نماتد روی گیاه گوجه‌فرنگی رقم ارلی اوربانا (Early-Urbana) به طور متوالی تکثیر گردید (Hussey and Barker 1973).

ترکیب‌های آلی مورد استفاده

ترکیب‌های آلی مورد استفاده در این پژوهش شامل سرکه چوب و اسید هیومیک تهیه شده از شرکت فصل پنجم، EM[®] از شرکت امکان‌پذیر پارس بودند.

آزمایش گلخانه‌ای

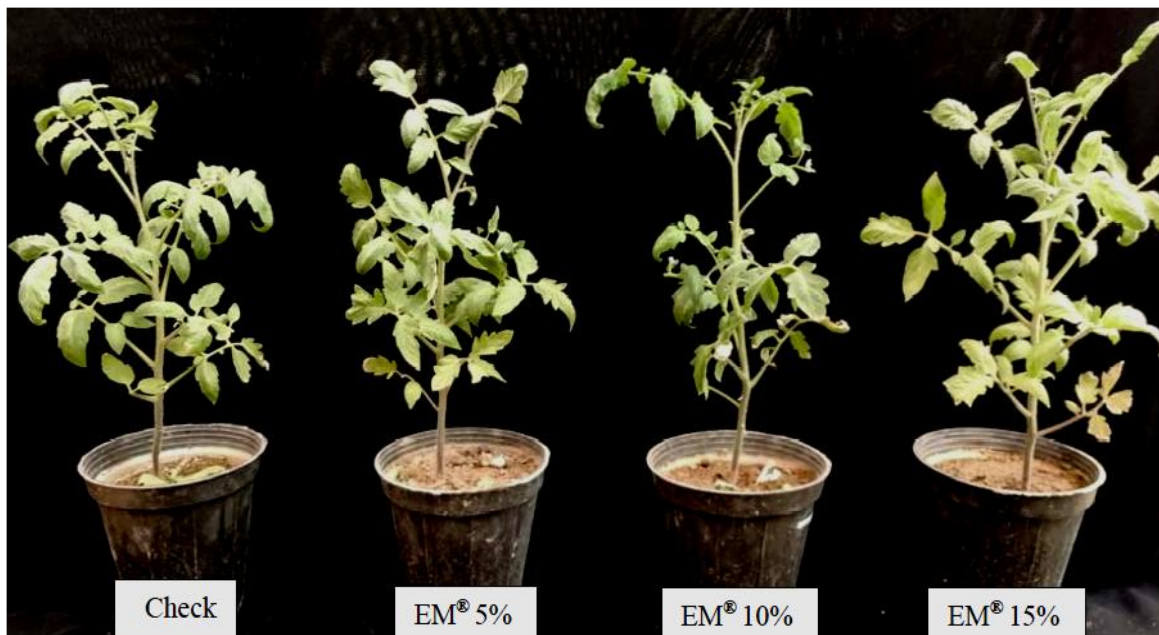
بذر گوجه‌فرنگی رقم Early-Urbana در گلدان‌های پلاستیکی یک کیلوگرمی حاوی نسبت مساوی از خاک مزرعه، ماسه و کود گاوی کشت شد. گلدان‌ها در گلخانه با دمای 27 ± 4 درجه سلسیوس با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شدند. پس از رسیدن گیاهان به مرحله چهار برگی، با ۵۰۰۰ تخم و لارو سن دوم نماتد *M. javanica* مایه‌زنی شدند. یک هفته پس از مایه‌زنی نماتد، ۵۰ میلی‌لیتر سرکه چوب در غلظت‌های ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد حجمی-حجمی، EM[®] در غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی-حجمی و اسید هیومیک در غلظت‌های ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد حجمی-حجمی به روش خیساندن خاک تیمار شد. از سم نماتدکش ترویگو با غلظت ۰/۴ درصد حجمی-حجمی به عنوان شاهد مثبت استفاده شد. گیاهان آلوده به نماتد و بدون تیمار با ترکیبها مورد بررسی نیز به عنوان شاهد منفی در نظر گرفته شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۱ تیمار در پنج تکرار اجرا گردید. پس از گذشت ۶۰ روز از زمان مایه‌زنی نماتد، گیاهان برداشت و شاخص‌های رویشی گیاه شامل طول، وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر ریشه اندازه‌گیری شد. همچنین شاخص‌های جمعیتی نماتد شامل تعداد تخم در ریشه بر اساس روش (Hussey and Barker 1973)، تعداد گال و کیسه تخم در ریشه بر اساس روش (Taylor and Sasser 1978) و تعداد لارو سن دوم در خاک بر اساس روش (Whitehead and Hemming 1965) شمارش شد. در نهایت با محاسبه جمعیت نهایی نماتد (تعداد نماتد در ریشه و خاک) و تقسیم آن بر جمعیت اولیه، عامل تولیدمثل نماتد محاسبه شد (Taylor and Sasser 1978). تجزیه و

تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش توکی-کرامر (Tukey-Kramer HSD test) در سطح پنج درصد انجام شد.

Results

یافته‌ها

میانگین طول و وزن تر شاخساره در تمام تیمارها به طور معنی‌داری از تیمار شاهد منفی بیشتر بود. بیشترین میانگین طول شاخساره در گیاهان تیمار شده با EM[®] در غلظت ۱۵ درصد بود که تنها با گیاهان تیمار شده با EM[®] در غلظت ۱۰ درصد اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۱). بیشترین میانگین وزن تر شاخساره در گیاهان تیمار شده با EM[®] در غلظت ۱۵ درصد بود که تنها با گیاهان تیمار شده با ترویگو اختلاف معنی‌دار نداشت ($P \leq 0.5$). کمترین میانگین وزن خشک شاخساره در گیاهان تیمار نشده (شاهد منفی) مشاهده شد که تنها با گیاهان تیمار شده با سرکه چوب در غلظت ۰/۳ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. بیشترین میانگین وزن خشک شاخساره در گیاهان تیمار شده با EM[®] در غلظت ۱۵ درصد بود که با گیاهان تیمار شده با ترویگو، گیاهان تیمار شده با EM[®] در غلظت ۱۰ درصد و



شکل ۱. تأثیر غلظت‌های مختلف ریزجانداران موثر بر گوجه‌فرنگی آلوده به *Meloidogyne javanica*، ۶۰ روز بعد از مایه‌زنی نماتد در شرایط گلخانه.

Figure 1. Effect of different concentrations of EM[®] on inoculated tomato with *Meloidogyne javanica*, 60 days after nematode inoculation under greenhouse conditions.

جدول ۱. مقایسه میانگین و درصد افزایش شاخص‌های رویشی گوجه‌فرنگی آلوده به *Meloidogyne javanica* تیمار شده با ترویگو و غلظت‌های مختلف ریزجاندارانی مؤثر (EM[®]), سرکه چوب و اسید هیومیک نسبت به شاهد، ۶۰ روز بعد از مایه‌زنی نماتد در شرایط گلخانه.

Table 1. Comparing of mean and increase percentages of plant growth indices of inoculated tomato with *Meloidogyne javanica* and soil drenched with tervigo and different concentrations of EM[®], wood vinegar and humic acid with control, 60 days after nematode inoculation under greenhouse conditions.

Treatments	Shoot length (cm)		Shoot fresh weight (g)		Shoot dry weight (g)		Root fresh weight (g)	
	Mean	Increase %	Mean	Increase%	Mean	Increase %	Mean	Increase%
Humic acid 0.2%	36.25 cde	18	8.52 g	11	2.68 de	15	1.63c	-16
Humic acid 0.4%	36.5 bcde	18	8.92 de	17	2.76 cd	19	1.69c	-13
Humic acid 0.6%	37 bcd	20	9.2 cd	20	2.97 ab	28	1.85ab	-5
Wood vinegar 0.3%	34.5 e	12	8.6 fg	12	2.5 ef	8	1.47d	-25
Wood vinegar 0.6%	36 de	17	8.72 efg	14	2.72 cd	17	1.62c	-17
Wood vinegar 0.9%	38.75 b	26	8.9 def	16	2.89 bc	24	1.70 c	-13
EM [®] 5%	37 bcd	20	8.67 efg	13	2.66 de	14	1.75bc	-1.5
EM [®] 10%	41.25 a	34	9.35 bc	22	3.04 ab	31	1.92a	-0.2
EM [®] 15%	43.5 a	41	9.77 a	28	3.15 a	36	1.94 a	-0.03
Control	30.75 f	-	7.66 h	-	2.33 f	-	1.95a	-
Tervigo	38.5 bc	25	9.57 ab	25	2.99 ab	29	1.65c	-15

Values followed by the same letter in each column are not significantly different using Tukey-Kramer HSD test at $P < 0.05$.

گیاهان تیمار شده با اسید هیومیک در غلظت ۰/۶ درصد اختلاف معنی‌دار نداشت ($P \leq 0.5$). بیشترین میانگین وزن تر ریشه در گیاهان شاهد منفی مشاهده شد که تنها با گیاهان تیمار شده با EM[®] در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ درصد و اسید هیومیک در غلظت ۰/۶ درصد اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین میانگین وزن تر ریشه در گیاهان تیمار شده با سرکه چوب در غلظت ۰/۳ درصد مشاهده شد که به طور معنی‌داری از سایر تیمارها کمتر بود (جدول ۱). یافته‌های شاخص‌های جمعیتی نماتد نشان داد که کمترین میزان میانگین شاخص‌های جمعیتی نماتد در گیاهان تیمار شده با ترویگو مشاهده شد که به طور معنی‌داری با سایر تیمارها اختلاف داشتند ($P \leq 0.5$). شاخص‌های جمعیتی نماتد در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های مختلف سرکه چوب، EM[®] و اسید هیومیک در مقایسه با گیاهان شاهد

جدول ۲. مقایسه میانگین و درصد کاهش شاخص‌های جمعیتی نماتد *Meloidogyne javanica* ۶۰ روز بعد از مایه‌زنی نماتد به گوجه‌فرنگی تیمار شده با ترویگو و غلظت‌های مختلف ریزجاندارانی مؤثر (EM[®])، سرکه چوب و اسید هیومیک نسبت به شاهد، در شرایط گلخانه.

Table 2. Mean and reduction percentages of *Meloidogyne javanica* population indices 60 days after nematode inoculation on tomato plants soil drenched with tervigo and different concentrations of EM[®], wood vinegar and humic acid with control, in greenhouse conditions.

Treatments	Number of eggs / root system		Number of galls / root system		Number of egg-masses / root system		Number of second stage juveniles / pot		Reproduction factor	
	Mean	Reduction %	Mean	Reduction %	Mean	Reduction %	Mean	Reduction %	Mean	Reduction %
Humic acid 0.2%	21360 bc	42	182 b	28	150 b	36	165 c	47	4.33 bc	42
Humic acid 0.4%	20350 c	45	167.5 cd	34	140 cd	40	139 cd	56	4.13 c	45
Humic acid 0.6%	18902 d	49	156.5 de	38	129 de	45	121 de	61	3.83 d	49
Wood vinegar 0.3%	21695 b	41	186.25 b	27	147 bc	37	139 bc	55	4.4 b	41
Wood vinegar 0.6%	20580 bc	44	164.75 cd	35	127 e	46	119 de	62	4.22 bc	44
Wood vinegar 0.9%	17850 d	52	147.25 e	42	127 e	46	103 e	67	3.61 d	52
EM [®] 5%	18200 d	51	174.75 bd	31	146 bc	38	260 b	17	3.72 d	50
EM [®] 10%	17915 d	51	148.5 e	42	123 e	47	260 b	17	3.66 d	51
EM [®] 15 %	15607 e	58	130.75 f	48	120 e	49	238 b	24	3.19 e	57
Control	36805 a	-	254.25 a	-	234 a	-	314 a	-	7.47 a	-
Tervigo	4792 f	87	30.75 g	88	9.75 f	96	13.5 f	96	0.96 f	87

Values followed by the same letter in each column are not significantly different using Tukey-Kramer HSD test at $P < 0.05$.

منفی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. مقایسه گیاهان تیمار شده با غلظت‌های مختلف سرکه چوب، EM[®] و اسید هیومیک نشان داد که کمترین میانگین تعداد تخم و گال در سیستم ریشه و عامل تولیدمثل در گیاهان تیمار شده با EM[®] در غلظت ۱۵ درصد بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.5$) مشاهده شد (جدول ۲). در بوته‌هایی که تنها با EM[®] تیمار شده بودند، بیشترین میانگین تعداد کیسه تخم در ریشه بوته‌های تیمار شده با کمترین غلظت EM[®] مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری از دو غلظت دیگر بیشتر بود. یافته‌ها مشابهی در ارتباط با گیاهان تیمار شده با سرکه چوب مشاهده شد اما در ارتباط با اسید هیومیک، بیشترین میانگین تعداد کیسه‌تخم در سیستم ریشه گیاهان تیمار شده با کمترین غلظت اسید هیومیک مشاهده شد که تنها با گیاهان تیمار شده با بیشترین غلظت اسید هیومیک اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. مقایسه گیاهان تیمار شده با غلظت‌های مختلف سرکه چوب، EM[®] و اسید

هیومیک نشان داد که کمترین میانگین تعداد لارو سن دوم در گیاهان تیمار شده با سرکه چوب در بیشترین غلظت (۰/۹ درصد) مشاهده شد که با گیاهان تیمار شده با سرکه چوب در غلظت متوسط (۰/۶ درصد) و گیاهان تیمار شده با اسید هیومیک در بیشترین غلظت (۰/۶ درصد) اختلاف معنی‌دار نداشت.

Discussion

بحث

پس از کاهش تمایل به مصرف سم‌های نماتدکش به منظور توسعه کشاورزی پایدار، یافتن ترکیب‌های آلی مؤثر در مدیریت نماتدهای انگل گیاهی افزایش یافته است (Rafiee et al. 2019, Moazezikho et al. 2020). یافته‌های این پژوهش با یافته‌های برخی محققین که اثبات کردند استفاده از ترکیب‌های آلی با منشأ گیاهی می‌تواند راهکار موثری در کاهش خسارت و جمعیت نماتدهای غده ریشه باشد، هم‌سو است (Mosahaneh et al. 2020).

فعالیت اسید هیومیک علیه نماتد می‌تواند به دلیل وجود گروه‌های فعال موجود در آن باشد که موجب کاهش تحرک نماتد می‌شوند. این گروه‌های فعال شامل ترکیب‌های هیدروکسیل، کربوکسیل، فنولی و کاربامیل می‌باشند (Chitwood 2002). اسید هیومیک جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و فسفر توسط گیاه را افزایش می‌دهد و از این طریق سبب افزایش طول و وزن ریشه، تعداد ریشه‌های جانبی و افزایش جریان شیره از آوندها می‌شود (Pinton et al. 1999). ثابت شده که مایه‌زنی ریشه‌های انگور با *M. incognita* موجب افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن (Reactive oxygen species= ROS) در ریشه گیاه می‌شود و انگور دارای سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی برای بی‌اثر کردن ROS تولید شده در برهمکنش گیاه-نماتد می‌باشد. تیمار انگور آلوده به نماتد با اسید هیومیک موجب کاهش میزان H_2O_2 و اکسیداسیون چربی از طریق افزایش آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی از جمله گلوکاتایون و اسید اسکوربیک و فعالیت ویژه آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی از جمله اسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز گردید. در نتیجه اسید هیومیک موجب افزایش محصول انگورهای آلوده به نماتد و کاهش تولیدمثل نماتد گردید (Kesba and El-Beltagi 2012). نقش مؤثر اسید هیومیک در کاهش جمعیت و خسارت نماتدهای انگل گیاهی در سایر پژوهش‌ها نیز به اثبات رسیده است (Seenivasan and Senthilnathan 2018).

سرکه چوب دارای بیش از ۲۰۰ ماده شیمیایی بوده که باعث تحریک رشد سلولی شده و همچنین به عنوان یک کاتالیست برای فعالسازی برخی آنزیم‌های مؤثر در فعالیت‌های اساسی سلول از جمله فتوسنتز

و جذب عناصر عمل می‌کنند (Grewal et al. 2018). پژوهش حاضر نشان داد که سرکه چوب در بالاترین غلظت (۰/۹ درصد) موجب افزایش شاخص‌های رویشی گیاه شد که با یافته‌ها سایر محققین (Mungkunkamchao et al. 2013) هم‌سو می‌باشد. پژوهشی نقش ضد قارچی و ضد باکتریایی سرکه چوب را به اثبات رسانده است (Velmurugan et al. 2009). برخی محققین نقش ضد میکروبی سرکه چوب را به وجود ترکیب‌های فنولی و اسیدهای ارگانیک نسبت داده‌اند (Mmojieje and Hornung 2015). همچنین ترکیب‌ها فنولی، استرها و اسید استیک موجود در سرکه چوب را با واکنش‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی مرتبط دانسته‌اند که موجب کاهش خسارت بیمارگرهای گیاهی و افزایش محصول گیاه می‌شود (Higashino et al. 2005). پژوهشی نشان داده که غلظت‌های ۱، ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ سرکه چوب مانع از تفریح تخم نماتد *M. javanica* می‌شوند (Saeidi Naeini and Majd Taheri 2019). پژوهشی نشان داده که EM^{\circledast} محیط فیزیکی، شیمایی و زیستی خاک را بهبود بخشیده و خسارت حاصل از عوامل بیماریزا و آفت‌های گیاهی را تعدیل می‌کند، توانایی فتوسنتز محصولات را افزایش داده و همچنین جوانه‌زنی بهتر و استقرار گیاه را تضمین می‌کند (Lindani and Bvenura 2013). EM^{\circledast} بویژه در بردارنده سه خانواده باکتری‌های اسید لاکتیک، مخمرها و مقادیر کم از باکتری‌های فتوسنتزکننده، قارچ‌ها و اکتینومیسیت‌ها می‌باشد (Xu 2000). این ریزجانداران نقش‌های متفاوتی دارند برای مثال اکتینومیسیت‌ها موجب تجزیه کیتین، باکتری‌های اسید لاکتیک موجب تجزیه سلولز و لیگنین، باکتری‌های فتوسنتزکننده موجب تجزیه گازهای سمی و مخمرها موجب تخمیر بی‌هوازی می‌شوند (Golec et al. 2007). ریزجانداران مؤثر از طریق تسریع در تجزیه ترکیب‌های آلی، آزاد کردن گرما و ترکیب‌های ضد میکروبی در حین عمل فتوسنتز که موجب کاهش بیمارگرهای گیاهی می‌شوند، افزایش تثبیت نیتروژن، محدود کردن ریزجانداران خاکزاد حاوی کیتین و تجزیه گازهای سمی موجب افزایش تولید محصولات کشاورزی می‌شوند (Javaid et al. 2000). پژوهشی در مورد تاثیر EM^{\circledast} در غلظت‌های ۰/۱۴، ۰/۱۷، ۰/۲۰ و ۰/۲۵ درصد روی گوجه‌فرنگی آلوده به *M. incognita*، نشان داده که شاخص‌های جمعیتی نماتد با افزایش غلظت EM^{\circledast} همبستگی منفی دارد (Mashela 2016).

Conclusion

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که غلظت‌های مختلف سرکه چوب، EM^{\circledast} و اسید هیومیک به عنوان ترکیب‌های آلی دوستدار محیط زیست، توانایی کاهش خسارت نماتد *M. javanica* در گوجه‌فرنگی کشت شده در

شرایط گلخانه را دارند و همچنین باعث کاهش عامل تولیدمثل نماتد در این شرایط می‌شوند. در بین ترکیب‌های مورد بررسی، EM[®] در غلظت ۱۵ درصد (حجم/حجم) بهترین تأثیر را داشت هرچند که این تأثیر کمتر از اثر نماتدکش تروپگو در کاهش جمعیت نماتد بود. با توجه به یافته‌های این پژوهش کاربرد سرکه چوب، EM[®] و اسید هیومیک برای کاهش خسارت نماتد *M. javanica* روی گوجه‌فرنگی، به عنوان روشی ایمن و کارا به منظور برقراری کشاورزی پایدار در سطح گلخانه توصیه می‌گردد.

References

منابع

1. Chitwood DJ (2002) Phytochemical based strategies for nematode control. Annual Review of Phytopathology 40:221-249.
2. Golec AFC, Pérez PG, Lokare C (2007) Effective microorganisms: Myth or reality? Revista Peruana de Biología 14:315-319.
3. Grewal A, Abbey L, Rao Gunupuru L (2018) Production, prospects and potential application of pyroligneous acid in agriculture. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 135:152-159.
4. Higashino T, Shibata A, Yatagai M (2005) Basic study for establishing specifications for wood vinegar by distillation, 1: study of regulations and reproducibility of compounds contained in distilled wood vinegar. Journal of the Japan Wood Research Society 51:180-188.
5. Hussey RS, Barker KR (1973) A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Disease Reporter 57:1025-1028.
6. Javaid A, Bajwa R, Siddiqi I, Bashir U (2000) EM and VAM technology in Pakistan VIII: nodulation, yield and VAM colonisation in *Vigna mungo* (L.) in soils with different histories of EM application. International Journal of Agriculture and Biology 2:1-2.
7. Jepson SB (1987) Identification of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* Species). CAB International, Wallingford, England, 265p.
8. Julio LF, González-Coloma A, Burillo J, Diaz CE, Andrés MF (2017) Nematicidal activity of the hydrolate byproduct from the semi industrial vapor pressure extraction of domesticated *Artemisia absinthium* against *Meloidogyne javanica*. Crop Protection 94:33-37.
9. Kesba HH, El-Beltagi HS (2012) Biochemical changes in grape rootstocks resulted from humic acid treatments in relation to nematode infection. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 2:287-293.
10. Lindani N, Bvenura C (2013) Effects of the integrated use of effective microorganisms, compost and mineral fertilizer on greenhouse-grown tomato. African Journal of Plant Science 6:120-124.

11. Mashela PW (2016) Role of effective microorganisms in efficacy of nemarioc-AG phytonematicide on suppression of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato plants. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science 67:169-174.
12. Mmojieje J, Hornung A (2015) The potential application of pyroligneous acid in the UK agricultural industry. Journal of Crop Improvement 29:228-246.
13. Moazezikho A, Charehgani H, Abdollahi M, Rezaei R (2020) The evidence for inhibitory effect of *Pseudomonas fluorescens* CHA0 and aqueous extracts of *Datura stramonium* and *Myrtus communis* on tomato plants infected with *Meloidogyne javanica* (Tylenchida: Heteroderidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control 30:1-8.
14. Mohan B (2008) Evaluation of organic growth promoters on yield of dryland vegetable crops in India. Journal of Organic Systems 3:23-36.
15. Mosahaneh L, Charehgani H, Abdollahi M, Rezaei R (2020) Biological control agents in the management of different initial population densities of *Meloidogyne javanica* in tomato. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 55(2):161-170.
16. Mungkunkamchao T, Kesmla T, Pimratch S, Toomsan B, Jothityangkoon D (2013) Wood vinegar and fermented bioextracts: natural products to enhance growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Scientia Horticulturae 154:66-72.
17. Olle M, Williams IH (2013) Effective microorganisms and their influence on vegetable production-a review. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 88:380-386.
18. Piccolo A, Celano G, Conte P (1996) Interactions of glyphosate with humic substances. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44:2442-2446.
19. Pinton R, Cesco S, Iacoletti G, Astolfi S, Varanini Z (1999) Modulation of NO₃ uptake by water-extractable humic substances: involvement of root plasma membrane H⁺ATPase. Plant and Soil 215:155-161.
20. Rafiee F, Charehgani H, Abdollahi M (2019) Evaluation of burdock and mountain almond leaf extracts against *Meloidogyne javanica* on tomato. Archives of Phytopathology and Plant Protection 52:1035-1047.
21. Saeidi Naeini F, Majd Taheri Z (2019) Effect of wood vinegar on the activity of some important plant parasitic nematode. Proceedings of 1th Iranian Congress of Nematology, Tehran, Iran, p.22. (In Persian).
22. Santos de Souza JL, da Silva Guimarães VB, Campos AD, Lund RG (2018) Antimicrobial potential of pyroligneous extracts – a systematic review and technological prospecting. Brazilian Journal of Microbiology 49:128-139.
23. Seenivasan N, Senthilnathan S (2018) Effect of humic acid on *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood infecting banana (*Musa* spp.). International Journal of Pest Management 64:110-118.
24. Siddiqi MR (2000) Tylenchida, parasites of plants and insects. CAB International, Wallingford, England, 833p.

25. Suresh G, Pakdel H, Rouissi T, Brar SK, Fliss I, Roy C (2019) *In vitro* evaluation of antimicrobial efficacy of pyroligneous acid from softwood mixture. *Biotechnology Research and Innovation* 3:47-53.
26. Taylor AL, Sasser JN (1978) *Biology, identification and control of root-knot nematodes (Meloidogyne species)*. North Carolina State University Graphics, Raleigh, North Carolina, USA, 111p.
27. Velmurugan N, Chun SS, Han SS, Lee YS (2009) Characterization of chikusaku-eki and mokusaku-eki and its inhibitory effect on sapstaining fungal growth in laboratory scale. *International Journal of Environmental Science and Technology* 1(21):13–22.
28. Whitehead AG, Hemming JR (1965) A comparison of some quantitative methods of extracting vermiform nematodes from soil. *Annals of Applied Biology* 55:25-38.
29. Xu H (2000) Effects of a microbial inoculant and organic fertilizers on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn. *Journal of Crop Production* 3:183–214.