Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, 2024, p. 23-33

The Use of Several Soil Amendments to Control the Root-knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) in the West of Guilan Province

Z. Alipour Plang Koli[1], S. Jamali[2*], S. Mousanejad[2], H. Pedramfar[3]

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Associate Professor and Instructor, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Gilan, Rasht, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: jamali@guilan.ac.ir)

Received: 26-07-2023
Revised: 10-03-2024
Accepted: 17-03-2024
Available Online: 09-06-2024

How to cite this article:
Alipour Plang Koli, Z., Jamali, S., Mousanejad, S., & Pedramfar, H. (2024). The use of several soil amendments to control the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) in the west of Guilan province. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(1), 23-33. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.83615.1158

Introduction

Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are among the most important soil-borne pathogens that cause serious economic damage to orchards and agricultural products. Over 2000 plant species are attacked by root-knot nematodes. Root-Knot Nematodes limit the absorption of water and nutrients, and create favorable conditions for infection by root-pathogenic microorganisms in many crops, resulting in the formation of giant cells. Due to their high reproductive rate, RKN management is challenging. *Meloidogyne* species can be controlled using various methods, including agricultural practices, resistant cultivars, and chemical nematicides, which are easier and more effective to use. The use of chemical nematicides has decreased due to health and environmental concerns. The agricultural community needs new and alternative management strategies, especially those that are environmentally acceptable. The aim of this study was to investigate the efficacy of several combinations of chicken manure, liquid chicken manure, vermicompost, vermiwash, cabbage and broccoli waste in the management of root-knot nematodes in kiwi orchards.

Materials and Methods

Inspection and sampling were carried out in kiwi orchards in the western province of Guilan (Talesh and Astara) to determine the infected orchards for planned treatments. The nematode species were identified by using morphological characteristics of perineal pattern, and second-stage juveniles. Three orchards located in Asalem, Lisar, and Lavandevil were selected based on their high similarity in terms of contamination level and other characteristics such as tree age, row distance, irrigation, slope, and soil type. Nine treatments were applied using a complete randomized block design for three months. The treatments consisted of 40 tons of chicken manure, vermicompost, and cabbage waste per hectare, planting of broccoli, vermiwash, and liquid chicken manure (one liter per tree). Ragbi was also used as a nematicide at a rate of 10 g/m^3 alongside other treatments. For the application of chicken manure, vermicompost, and cabbage waste, the area of the plant's nutrient root expansion was first determined. Then, the desired amount of treatments was mixed with the soil at a depth of 3

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.83615.1158

to 30 centimeters. After preparing the designated plots, broccoli seedlings were planted around the damaged trees.

Results and Discussion

Based on the morphological and histological characteristics, the studied species was identified as *M. incognita*. The results showed that all treatments had a significant difference compared to the control and were able to reduce nematode infection indices. The best treatment in nematode control was chicken manure which decreased the number of galls, the number of egg masses, the number of larvae and eggs per gram of root, the number of second stage juveniles per hundred grams of soil and the reproduction factor by 86.7%, 76.7%, 89.8%, 90.3% and 91%, respectively, compared to the control. The results revealed that vermicompost was the least effective treatment which reduced the number of galls and egg masses per root system, the number of larvae and eggs per gram of root, the number of second stage juveniles per hundred grams of soil, and the reproduction factor by 78.8%, 36%, 65.4%, 64.7% and 65.1%, respectively, compared to the control. The results suggest that the use of organic amendments as an alternative to chemical nematicides can be effective in reducing nematode populations in kiwi orchards. In addition, the use of organic amendments may improve soil fertility and plant growth, which can have a positive impact on overall crop yield and quality.

Conclusion

Based on the findings of this study, all treatments were successful in reducing nematode indices. However, comparisons of the treatments showed that chicken manure had the most significant effect in reducing the indices compared to other treatments. Following chicken manure, vermiwash and liquid chicken manure treatments were the next most effective. Additionally, all treatments successfully increased production. These results may be attributed to effective nematode control and improved plant nutrition. Application of chicken manure, vermicompost, and vegetable waste as organic amendments have been reported to have positive effects on soil health and plant growth, as they improve soil fertility and increase the population of beneficial soil microorganisms. In this study, these organic amendments were effective in reducing nematode infection indicators, such as the number of galls, egg masses, and larvae per gram of root, as well as the reproduction factor. It's important to conduct further research to confirm the effectiveness of these treatments in different environmental conditions and on different crops. It's also important to consider the potential for nutrient leaching and other environmental impacts associated with the use of organic amendments.

Keywords: *Actinidia deliciosa*, Crop loss, Soil amendments

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۳۳-۲۳

کاربرد چند اصلاح‌کننده خاک برای کنترل نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne incognita*) در گیاهان کیوی (*Actinidia deliciosa*) در غرب استان گیلان

زهره علی‌پور پلنگ‌کلی[۱]- سالار جمالی[۲*]- صدیقه موسی‌نژاد[۲]- حسن پدرام فر[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷

چکیده

امروزه به‌منظور کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از کاربرد سموم، روش‌های جایگزین جهت کنترل عوامل خسارت‌زای گیاهی مورد توجه قرار دارد. در این ارتباط، استفاده از اصلاح‌کننده های خاک برای کنترل نماتدها مناسب تشخیص داده شده است. در این تحقیق، شش تیمار ورمی‌کمپوست، کود مرغی، ضایعات کلم، کاشت کلم بروکلی، ورمی‌واش و کود مرغی مایع در چهار تکرار، دو سال متوالی و در سه منطقه از غرب استان گیلان، جهت کنترل نماتد ریشه‌گرهی به کار گرفته شد. ارزیابی براساس شاخص‌های آلودگی به نماتد (تعداد گال، تعداد توده تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در صد گرم خاک و فاکتور تولیدمثل) در باغ کیوی انجام شد. به‌منظور ارزیابی بهتر میزان کارآیی تیمارهای ذکر شده، شاهد مثبت، شاهد منفی و سم راگبی نیز به‌عنوان تیمار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تمامی تیمارها با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بوده و به خوبی توانستند تعداد گال و جمعیت نماتد را کاهش دهند. بهترین تیمار جهت کنترل نماتد، کود مرغی بوده که نسبت به شاهد، تعداد گال، تعداد توده تخم، تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در صد گرم خاک و فاکتور تولیدمثل را به‌ترتیب ۸۶/۷ درصد، ۷۶/۷، ۸۹/۸، ۹۰/۳ و ۹۱ درصد کاهش داد. نتایج نشان داد کم اثرترین تیمار جهت کنترل نماتد، ورمی‌کمپوست بود که نسبت به شاهد تعداد گال، تعداد توده تخم، تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در صد گرم خاک و فاکتور تولیدمثل را به‌ترتیب ۷۸/۸، ۳۶، ۶۵/۴، ۶۴/۷ و ۶۵/۱ درصد تقلیل داد. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، نشان از قابلیت این ترکیبات و امکان به کارگیری آنها در مدیریت تلفیقی نماتد ریشه‌گرهی دارد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح‌کننده خاک، خسارت، *Actinidia deliciosa*

مقدمه

کیوی فروت (*Actinidiae deliciosa* (A.chev.) C.F. Liang et A.R.Ferguson) از شاخه گیاهان گلدار و خانواده Actinidiaceae بسیار پررشد و رونده بوده و برای ایستایی نیازمند قیم می‌باشد. کشورهای عمده تولیدکننده کیوی در جهان شامل ایتالیا، نیوزلند، شیلی، فرانسه، ایران، یونان، آمریکا، اسپانیا و پرتقال هستند (Khazai, 2003). کیوی نخستین بار به‌عنوان گیاه عاری از بیماری معرفی شده بود اما به تدریج با توسعه سطح زیرکشت، تعداد آفات و بیماری‌های این محصول نیز افزایش یافت. عوامل خسارت‌زای متعددی از جمله قارچ‌ها، باکتری‌ها و نماتدها به این گیاه حمله می‌کنند (Michailades & Elmer, 2000). میزان تولید سالانه کیوی در ایران در سال ۱۴۰۰، ۴۴۳۲۰۴ تن و سطح زیرکشت آن ۱۵۴۳۷ هکتار بوده است. استان گیلان با تولید ۲۰۹۶۱۶ تن و سطح ۷۴۰۱ هکتار مقام دوم را در تولید کیوی در کشور را دارد (Ahmadi *et al.*, 2023).

نماتدهای ریشه‌گرهی متعلق به جنس *Meloidogyne* spp. یکی از بیمارگرهای مهم خاک هستند که سالیانه خسارات اقتصادی

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و مربی گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: jamali@guilan.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.83615.1158

قابل توجهی به محصولات باغی و زراعی وارد می‌کنند (Oka *et al.*, 2000). این گروه، به بیش از ۲۰۰۰ گونه گیاهی حمله کرده و خسارت می‌زنند (Sasser & Carter, 1985). همچنین به‌دلیل تشکیل سلول‌های غول‌آسا در ریشه، مانع جذب آب و مواد مغذی شده و شرایط را برای ایجاد عفونت توسط میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا تسهیل می‌کنند. کنترل این عوامل دشوار است زیرا علاوه بر طیف گسترده دامنه میزبانی، دوره تکثیر کوتاه و نرخ تولیدمثل بالایی دارند (Manzanilla-Lopez *et al.*, 2004). جهت کنترل گونه‌های *Meloidogyne*، روش‌های مختلفی از جمله اقدامات زراعی، ارقام مقاوم و نماتدکش‌های شیمیایی توصیه می‌شود. نگرانی‌ها در مورد سلامت عمومی انسان و ملاحظات زیست‌محیطی، باعث توجه به کاهش کاربرد نماتدکش‌های شیمیایی شده است. در نتیجه، استفاده از روش‌های جایگزین مدیریتی، به‌ویژه روش‌های سازگار با محیط زیست، مورد توجه جوامع بشری قرار دارد (Khan *et al.*, 2008).

استفاده از جنس‌های مختلف گیاه کلم به‌دلیل دارا بودن ترکیبات گلوکوزینولات که تولید مواد سمی مانند تیوسیانات و ایزوتیوسیانات می‌نمایند، از اثر مطلوبی در کاهش جمعیت نماتد ریشه‌گرهی برخوردار است (Boydston & Vaughn 2002). اصلاح خاک آلوده به نماتد *M. incognita* با بقایای کلم بروکلی در محصول گوجه‌فرنگی، منجر به کاهش آلودگی شده است (López-Pérez *et al.*, 2005). کنترل *M. javanica* توسط خانواده Brassicaceae به‌دلیل ایجاد گازهای کنترل کننده، مؤثر بوده است (Charles *et al.*, 2015). کاربرد دانه‌های آسیاب شده خانواده چلیپائیان از جمله کلم و کلم بروکلی به منظور کنترل نماتد *M. incognita* در محصول سویا، مشخص نمود که تیمارهای مورد استفاده تأثیر بسزایی در کنترل نماتد، به‌خصوص کاهش تعداد گال، توده تخم و ماده بالغ داشته‌اند (Gad *et al.*, 2021).

در بررسی دیگر نشان داده شده که استفاده از کود مرغی به‌منظور کنترل نماتد *M. incognita* در بامیه، مؤثر بوده، به گونه‌ای که میزان تأثیر آن مشابه تیمار نماتدکش کربوفوران به کار رفته در این آزمون بوده است (Amulu & Adekunle, 2015). بررسی تیمارهای کود مرغی، قارچ *Trichoderma*، باکتری *Bacillus* و کود معدنی در کنترل نماتد ریشه‌گرهی نشان داد که بهترین تیمار مورد استفاده، کود مرغی با کاهش مشخص در شاخص‌های آلودگی نماتد بوده است (Osman *et al.*, 2018). اثر کودهای آلی در تراکم جمعیت نماتد سیستی چغندر *Heterodera schachtii* Schmidt مورد مطالعه قرار گرفته است. این اصلاح کننده‌ها شامل کودهای نپوسیده دامی، کود مرغی، کود سبز (ضایعات کلم)، دو نوع کمپوست ۰۸و ۰۱۵ و ورمی‌کمپوست هر کدام به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ تن در هکتار بوده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که هر کدام از این ترکیبات روی کاهش شاخص‌های نماتد تأثیر مثبت داشته‌اند (Helalat *et al.*, 2017). در پژوهشی دیگر، استفاده از ورمی‌کمپوست نه تنها باعث کاهش شاخص‌های آلودگی نماتد شده، بلکه شاخص‌های رشدی گیاه را نیز ارتقاء داده است (Zuhair *et al.*, 2022). کاربرد ورمی‌کمپوست روی نماتد *M. javanica* در محصول بادمجان نشان داد که این تیمار سبب کاهش آلودگی و بهبود شاخص رشدی گیاه می‌گردد. این اثر کنترل‌کنندگی، به تولید ترکیباتی مانند آمونیوم با دارا بودن خاصیت سمی برای نماتد نسبت داده شده است. از سوی دیگر، ورمی‌کمپوست باعث بهبود سطح مواد مغذی خاک، رشد گیاه و در نهایت تحمل بیشتر آن در برابر آسیب‌های ناشی از نماتد خواهد شد (Ebrahimi *et al.*, 2021). هدف از انجام تحقیق حاضر، ارزیابی تأثیر کود مرغی، کود مرغی مایع، ورمی‌کمپوست، ورمی‌واش، ضایعات کلم و کاشت کلم بروکلی در کنترل نماتد ریشه‌گرهی در باغ‌های کیوی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور شناسایی مکان‌های آلوده برای اعمال تیمارهای آزمایشی، از باغ‌های کیوی در غرب استان گیلان (شهرستان‌های تالش و آستارا) بازدید و نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌برداری از خاک و ریشه درختانی که علائم آلودگی به نماتد را داشتند، انجام شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، استخراج نماتد از ریشه‌های آلوده با استفاده از محلول هیپوکلریت‌سدیم ۰/۵ ٪ به روش هوسی و بارکر انجام شد (Hussey & Barker, 1973). به‌منظور به‌دست آوردن جمعیت لارو سن دوم در خاک از روش سینی استفاده گردید (Whitehead & Hemming, 1965). سپس شناسایی برپایه ریخت‌سنجی با تهیه اسلاید میکروسکوپی از لاروهای سن دوم و برش شبکه کوتیکولی انتهای بدن نماتدهای ماده بالغ گونه نماتد مشخص گردید (Taylor & Netscher, 1974). شناسایی گونه نماتد براساس کلید جیپسون صورت پذیرفت (Jepson, 1987). سپس تعداد تخم، گال و توده تخم در سیستم ریشه به روش هوسی و باکر (یک گرم ریشه) و لارو سن دوم استحصالی از خاک (صد گرم خاک) براساس روش سینی شمارش و محاسبه گردید (Hussey & Taylor & Netscher, 1974; Whitehead & Barker, 1973; Hemming, 1965). در نهایت سه باغ در سه منطقه اسالم، لیسار و لوندویل که از نظر میزان آلودگی و سایر خصوصیات (مانند سن درختان باغ، فاصله بین درختان و ردیف‌ها، خصوصیات آب مورد استفاده، شیب زمین، نوع خاک) بیشترین مشابهت را داشتند، برای انجام سایر مراحل تحقیق انتخاب شدند.

این آزمون در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار، سه تکرار و در شهریور ماه دو سال متمادی و به‌مدت ۹۰ روز به مرحله اجرا در آمد. کلیه‌ی مراحل آزمون دوره اول (شهریور ۹۶)، در

دوره دوم (شهریور ۹۷) و در همان باغ آلوده، روی درختان دیگر باغ اعمال گردید. تیمارها شامل استفاده از کود مرغی پوسیده (مرغ تخمگذار)، ورمی‌کمپوست و ضایعات کلم هر کدام به میزان ۴۰ تن در هکتار، کاشت کلم بروکلی، ورمی‌واش و کود مرغی مایع هر کدام به میزان یک لیتر برای هر درخت، نماتدکش راگبی به میزان ۱۰ گرم در متر مربع و اعمال شاهد مثبت (آلوده به نماتد) و شاهد منفی (عاری از نماتد) بود. جهت کاربرد تیمارهای کود مرغی، ورمی‌کمپوست و ضایعات کلم، ابتدا منطقه گسترش ریشه‌های تغذیه‌کننده گیاه مشخص گردید. سپس میزان مناسب از تیمارهای ذکر شده در عمق ۳ تا ۳۰ سانتی‌متری منطقه فاریشه، با خاک مخلوط گردید. برای این منظور، ابتدا مساحت اطراف سایه‌انداز درخت در ناحیه گسترش ریشه‌ها، محاسبه و با توجه به تناسب میان مساحت به‌دست آمده و یک هکتار، میزان کاربرد محاسبه و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک اطراف ریشه مخلوط گردید. بعد از آماده کردن کرت‌های مورد نظر، نشاء کلم بروکلی به آنها منتقل و در اطراف درختان آلوده، کشت انجام گرفت. تیمار ورمی‌واش و کود مرغی مایع نیز به میزان یک لیتر برای هر درخت همراه با آب آبیاری در باغ‌های آزمایشی اعمال شد. تیمار نماتدکش به میزان ۱۰ گرم در متر مربع مورد استفاده قرار گرفت. ارزیابی اثر تیمارهای استفاده شده بعد از ۹۰ روز به کمک اندازه‌گیری شاخص‌های آلودگی نماتد (تعداد گال، تعداد توده تخم در یک گرم ریشه، تعداد تخم و لارو در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در صد گرم خاک) تعیین گردید. در نهایت شاخص تولیدمثل (RF) یا نسبت جمعیت نهایی به جمعیت اولیه محاسبه شد (Oostenbrink, 1966). به‌منظور بررسی و مقایسه و حصول نتیجه شفاف‌تر و با توجه به اینکه آزمایشات در دو دوره زمانی و در سه مکان متفاوت (در هر باغ چهار تکرار برای هر تیمار اعمال گردید و برای هر تکرار یک درخت انتخاب شد) صورت گرفت، نتایج براساس برنامه تجزیه مرکب (آزمون دانکن) نرم‌افزار SAS ارزیابی و شکل توسط نرم‌افزار Excel 2016 رسم گردید.

نتایج

گونه نماتد مورد مطالعه براساس مشخصات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی برش انتهای بدن نماتد ماده و لارو سن دوم، *M. incognita* تشخیص داده شد (Jepson, 1987).

نتایج حاصل از ارزیابی مرکب اثر تیمارهای مورد استفاده روی شاخص‌های رشدی نماتد نشان داد که از نظر کاهش شاخص آلودگی، بین تیمارهای مورد آزمایش، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۱). اثر تیمار در شاخص آلودگی تعداد گال معنی‌دار نبود. در این شاخص، تأثیر مکان‌های مختلف در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه اثر مکان روی تعداد گال نشان داد که دو منطقه لوندویل و لیسار در یک سطح قرار داشته و عملکرد تیمارها در این دو منطقه بهتر بوده است (شکل ۱). با مقایسه بین میانگین تیمارها، مشخص شد که کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد مثبت رخ داده است. به‌گونه‌ای که تیمار کود مرغی در تمامی شاخص‌ها، بعد از دو تیمار شاهد منفی و راگبی، از بیش‌ترین کارآیی برخوردار بوده است (شکل‌های ۲، ۳ و ۵). کم‌اثرترین تیمار در شاخص‌های تعداد توده تخم، تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاک و فاکتور تولیدمثل، تیمار ورمی‌کمپوست بود. البته این تیمار، در شاخص‌های تعداد توده تخم و تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه با تیمار کاشت کلم بروکلی، تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل‌های ۲ تا ۵). در شاخص فاکتور تولیدمثل، سطوح ایجاد شده بین اکثر تیمارها مشترک بوده و اختلاف آماری معنی‌داری را نمی‌توان مشاهده نمود (شکل ۵). همچنین در مکان‌های مختلف، اثر تیمارها روی تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاک در سطح یک درصد، معنی‌دار نشان داد. بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاک در مکان‌های متفاوت مورد آزمایش و در دو سال اجرای پژوهش مشخص نمود که پس از تیمار شاهد منفی و راگبی، بهترین عملکرد مربوط به تیمار کود مرغی بوده و بعد از آن و با فاصله نزدیک، تیمارهای ورمی‌واش و کود مرغی مایع قرار می‌گیرند. همچنین مشخص شد ورمی‌کمپوست در کاهش این شاخص، نسبت به سایر تیمارها ضعیف‌تر عمل نمود (شکل ۴).

بحث

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان داد با وجود مؤثر بودن تمامی تیمارهای مورد استفاده جهت کاهش شاخص‌های آلودگی نماتد، کود مرغی از بهترین اثربخشی برخوردار بود. بررسی میانگین‌ها، حکایت از کارآیی دو تیمار کود مرغی و ورمی‌کمپوست جهت کاهش شاخص‌های آلودگی به نماتد داشت. البته کود مرغی نسبت به ورمی‌کمپوست در این رابطه، از عملکرد بهتری برخوردار بود. نتایج کسب شده با مطالعه انجام شده در این زمینه همخوانی داشت به گونه‌ای که با مقایسه این دو ترکیب در کنترل نماتد، کود مرغی موفق‌تر از ورمی‌کمپوست عمل نموده است (Sunita devi & Debanand, 2016).

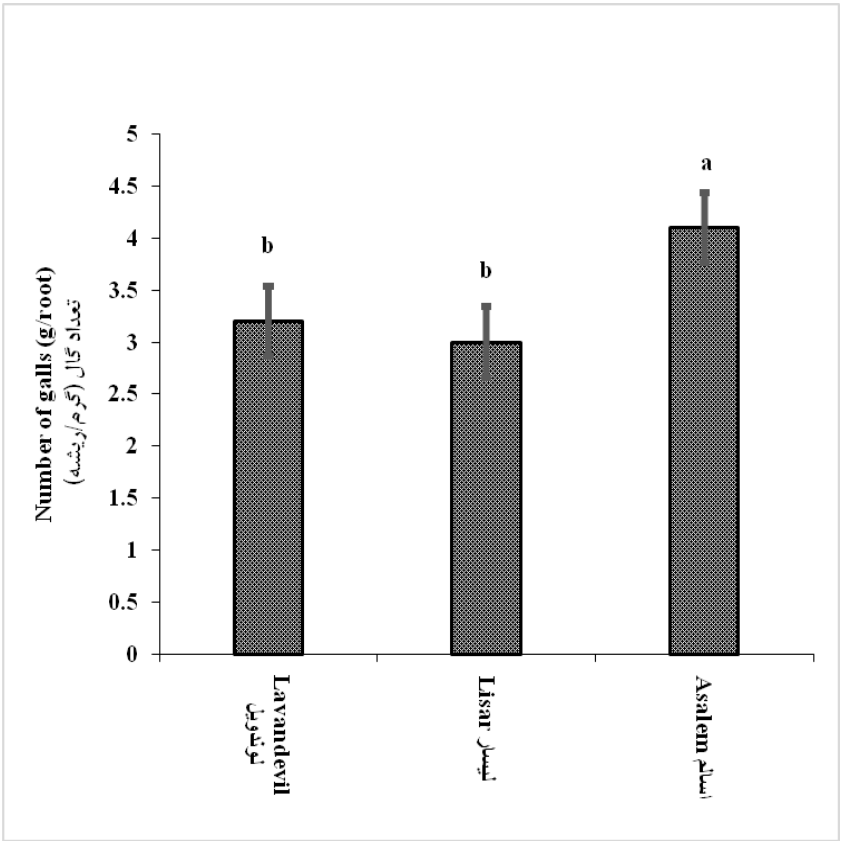
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های آلودگی به نماتد

Table 1- ANOVA (Mean Square) of nematode indices

منابع تغییرات Source	درجه آزادی DF	تعداد گال (ریشه) Number of galls (Root)	تعداد توده تخم (ریشه) Number of egg mass (Root)	تعداد تخم و لارو (ریشه) Number of eggs and larvae (Root)	تعداد لارو سن دوم (خاک) Number of J2 (Soil)	فاکتور تولیدمثل Reproduction Factor
مکانPlace	2	25.6**	5.7 ns	27358.9ns	479.5**	0.003 ns
سال Year	1	1.3ns	5.3 ns	13035.5ns	8.56ns	0.0003 ns
مکان*سال Place*Year	2	0.03 ns	0.03 ns	51. 4ns	0.42 ns	0.00001 ns
بلوک (مکان*سال)block(place*year)	18	0.47 ns	1.62 ns	5652.1ns	19.6 ns	0.0004 ns
تیمار Treatment	8	157.7 ns	295.9**	1967347.8**	118320.4**	2.84**
تیمار*مکان Ttreatment*Place	16	2.28 ns	2.3 ns	6351.1 ns	1129.7**	0.022 ns
تیمار*سال Treatment*Year	8	0.27ns	0.47ns	6870.2ns	0.04ns	0.00006ns
تیمار*مکان*سال Ttreatment*Place*Year	16	0.11ns	0.26ns	1311.1ns	0.04ns	0.00004ns
خطا Error	144	1.5	2.2	5786.9ns	34.5	0.0007
کل Corrected Total	215					
ضریب تغییرات (درصد) CV%		35.5	42.4	31.9	10.8	10.5

*،** و ns به‌ترتیب سطح معنی‌داری پنج درصد، یک درصد و فاقد تفاوت معنی‌دار

*, **, ns significant level at 5%, 1% and no significant, respectively

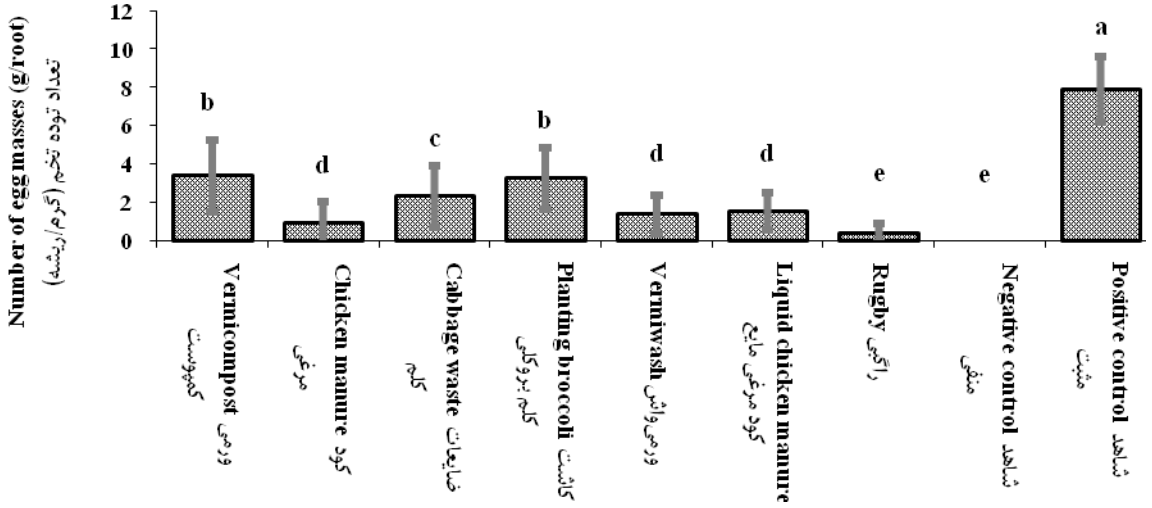


شکل ۱- تأثیر مکان بر تعداد گال (گرم در ریشه) گیاهان کیوی آلوده به *Meloidogyne incognita* تیمار شده با ترکیبات مختلف

هر ستون نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

Figure 1- The effect of location on number of gall (g.root)$^{-1}$ on kiwifruit plants infected with *Meloidogyne incognita* and treated with different compounds

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test

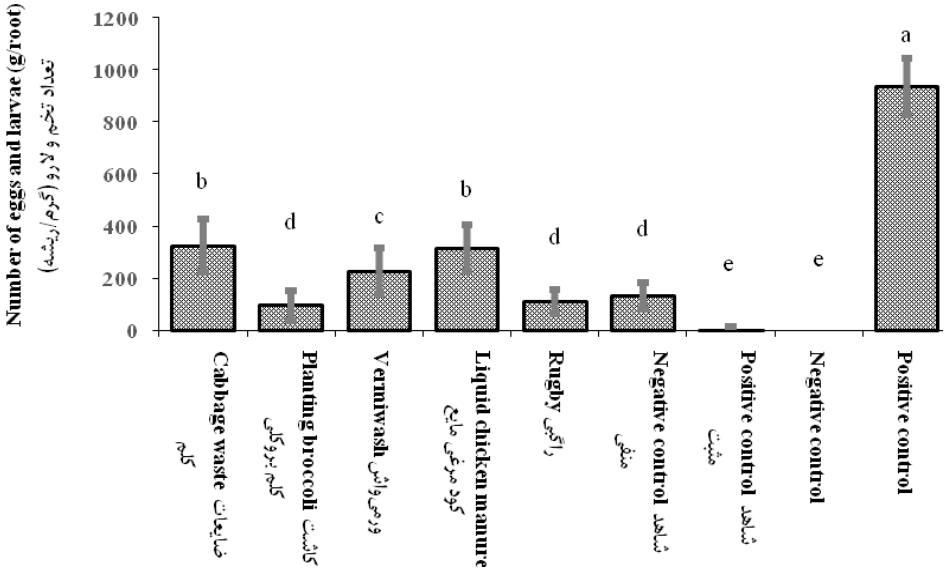


شکل ۲- میانگین تعداد توده تخم (گرم در ریشه) گیاهان آلوده به *Meloidogyne incognita* تیمار شده با ترکیبات مختلف

اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

Figure 2- The average number of egg masses (g. root)$^{-1}$ on kiwifruit plants infected with *Meloidogyne incognita* and treated with different compounds

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test

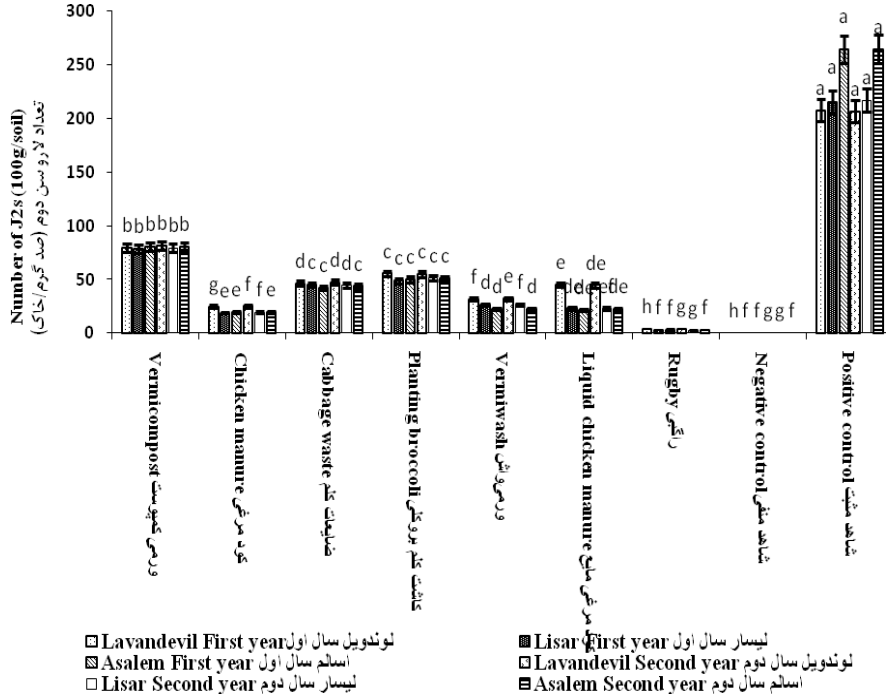


شکل ۳- میانگین تعداد تخم و لارو (گرم در ریشه) گیاهان آلوده به *Meloidogyne incognita* تیمار شده با ترکیبات مختلف

اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند

Figure 3- The average number of eggs and larva (g. root)$^{-1}$ on kiwifruit plants infected with *Meloidogyne incognita* and treated with different compounds

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

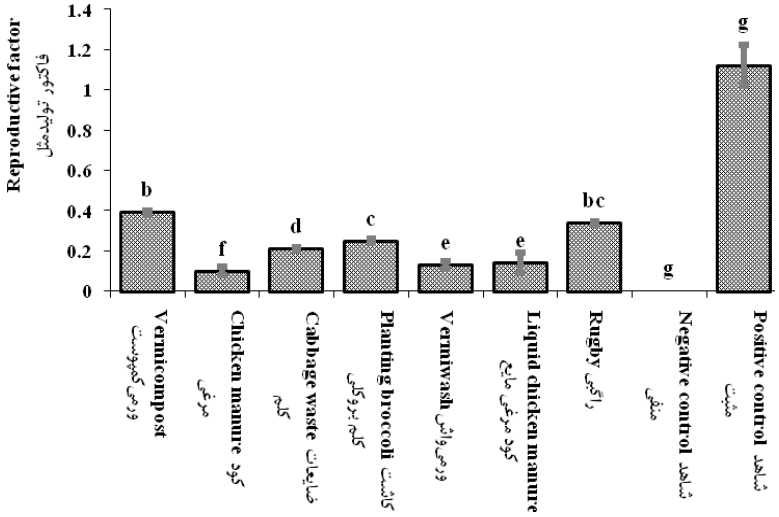


شکل ٤- تأثیر تیمارها در مکان‌های متفاوت بر شاخص تعداد لارو سن دوم نماتد ریشه‌گرهی کیوی *(Meloidogyne incognita)* در صد گرم خاک

اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

Figure 4- The effect of treatments in different locations on the number of second-stage juveniles of Kiwi fruit RKNs (*Meloidogyne incognita)* per hundred grams of soil

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.



شکل ۵- میانگین فاکتور تولیدمثل نماتد *Meloidogyne incognita* روی کیوی تیمار شده با ترکیبات مختلف

اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

Figure 5- Mean reproduction factor of *Meloidogyne incognita* on kiwifruit treated with different compounds

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

در تحقیق دیگر نشان داده شد که استفاده از کود مرغی باعث کاهش خسارت نماتد می‌شود (Amulu & Adekunle, 2015). در بررسی مذکور، عملکرد محصول در تیمار کود مرغی نسبت به شاهد بالاتر بوده است. علاوه بر این، کاربرد ورمی‌کمپوست و فرآورده‌های کرم خاکی (*Aisenia fetida*) مانند ورمی‌واش روی کنترل نماتد مؤثر بوده و میزان عملکرد محصول را افزایش داده است (Rostami & Olia, 2016). در این تحقیق نیز تیمار ورمی‌واش و ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد در کاهش شاخص آلودگی به نماتد، موفق عمل کرده‌اند همچنین در پژوهشی دیگر، تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد، افزایش وزن تر و خشک ریشه و ساقه و افزایش طول ریشه و ساقه را به همراه داشته است (Heidari & Oila, 2017). گیاهان خانواده کلم در کنترل نماتد ریشه‌گرهی موفق عمل نموده‌اند (Karavina *et al.*, 2015). کاربرد ضایعات کلم باعث کاهش فاکتور تولیدمثل و کنترل نماتد شده است (El-Sherbiny & Awd Allah, 2014). در این مورد نیز، با نتایج به‌دست آمده از بررسی حاضر هماهنگی به چشم می‌خورد. کاشت کلم بروکلی، هویج، گل جعفری، گوجه‌فرنگی مقاوم و توت‌فرنگی جهت کنترل نماتد ریشه‌گرهی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان داد که استفاده از کاشت کلم بروکلی، می‌تواند مؤثر عمل کند (López-Pérez *et al.*, 2010). بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که کودهای آلی مانند کود مرغی که دارای میزان نیتروژن بالایی هستند، به‌دلیل رهاسازی آمونیاک بعد از شروع تجزیه میکروبی، اثر سریعی در کاهش جمعیت نماتد داشته و با کاهش نسبت کربن به نیتروژن (C/N) می‌تواند مؤثر عمل کند. شایان ذکر است که در کودهای آلی در خاک‌های اسیدی نسبت به خاک‌های خنثی یا قلیایی، کارآمدتر واقع می‌شوند. کودهای آلی از جمله کود مرغی در هنگام تجزیه، ترکیبات نماتدکشی از جمله اسیدها، ترکیبات نیتروژنی و متابولیت‌های ثانویه آزاد می‌کنند (Nahar *et al.*, 2006;Fenwick, 1940). برخی از سازوکارهای اصلاح‌کننده‌های خاک روی کنترل نماتد شامل آزادسازی ترکیبات نماتدکش طبیعی (پلی‌تینیل‌ها، ایزوتیوسیانات‌ها، گلوکوزینولات‌ها، گلیکوزیدهای سیانوژنیک، پلی‌استیلن‌ها، آلکالوئیدها، اسیدهای چرب و مشتقات آنها، سسکویی‌ترپنوئیدها، دی‌ترپنوئیدها و ترکیبات استروئیدی گیاهی)، تحریک دشمنان طبیعی نماتد و بهبود رشد گیاه هستند که به‌دلیل افزایش حاصلخیزی خاک، به‌طور غیرمستقیم بر تحمل یا مقاومت گیاه در برابر آلودگی ناشی از فعالیت نماتد تأثیرگذارند (Oka, 2010; Chitwood, 2002). بقایای گیاهی کلم، حاوی مقادیر بالایی از ترکیبات گوگردی به نام گلوکوزینولات‌ها هستند که می‌توانند طی تجزیه زیستی در خاک به ایزوتیوسیانات و سایر ترکیبات ناشی از هیدرولیز آنزیمی که توسط آنزیم میروزیناز رخ می‌دهد، تبدیل شوند. ایزوتیوسیانات‌ها برای نماتدهای انگلی گیاهی، بسیاری از بیمارگرهای گیاهی و حشرات سمی هستند. دیگر ترکیبات فیتوشیمیایی موجود در گیاهان خانواده کلم مانند فنل‌ها و اسیدهای آسکوربیک ممکن است فعالیت گلوکوزینولات‌ها را تکمیل کنند (Antonious *et al.*, 2009; Avato *et al.*, 2004; Zasada & Ferris, 2013). فرآورده‌های کرم خاکی به‌دلیل وجود آنزیم‌های خاص ترشح شده، عناصر غذایی نامحلول در خاک را به‌صورت قابل جذب درآورده و باعث انتقال آنها از طریق ریشه می‌گردد. درنتیجه با دسترسی عناصر غذایی برای گیاه، خسارت حاصل از نماتد را تا حدودی جبران می‌کنند (Ribero *et al.*, 1998). از سوی دیگر، هورمون‌های تولید شده توسط کرم خاکی مانند سیتوکنین، اکسین و جیبرلین بر رشد طولی، ساقه و ریشه گیاه مؤثر بوده و در نتیجه شرایط فتوسنتز را برای گیاه بهبود می‌بخشند. اسیدهای آلی که از بدن کرم دفع می‌شوند به‌عنوان محرک رشد گیاه عمل می‌کنند (Tomati *et al.*, 1988; Selvaraj, 2011). بررسی‌ها نشان می‌دهد توکسین‌ها، سولفید هیدروژن، آمونیوم، نیترات و اجتماع ریزوباکترها که در اثر استفاده از فرآورده‌های کرم خاکی در اطراف ریشه گیاه افزایش می‌یابند، باعث از بین رفتن نماتدهای بیمارگر می‌شوند (Rodiguez-kabana, 1986). برخی از جمعیت باکتری‌های موجود در فرآورده‌های کرم‌های خاکی با ترشح کیتیناز سبب تجزیه دیواره سلولی سطح بدن برخی از انگل‌ها در محیط می‌شوند (Yasir *et al.*, 2009). ورمی‌کمپوست ممکن است با ازدیاد و انتشار قارچ‌های تله‌گذار نماتد باعث به دام انداختن لاروها و کاهش جمعیت نماتد شود. بیشتر باکتری‌های موجود در ورمی‌کمپوست مربوط به رده اکتینومیست‌ها و پروتئوباکتریا می‌باشند. اکتینومیست‌ها با تولید متابولیت‌های ثانویه، دیواره سلولی نماتد انگل گیاهی را از بین برده و باعث از بین رفتن سلول آنها می‌گردد (Edwards & Fletcher, 1988).

به‌طور کلی، با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد تمامی تیمارهای استفاده شده در کاهش شاخص‌های آلودگی نماتد مؤثر عمل نموده و نسبت به شاهد از اثرات قابل توجهی برخوردار بوده‌اند. تیمار کود مرغی نسبت به سایر تیمارها بهترین تأثیر را نشان داد. در رتبه‌های بعدی به‌ترتیب تیمارهای ورمی‌واش و عصاره کود مرغی قرار گرفتند. پیشنهاد می‌گردد استفاده از ترکیبات دیگر و سازوکارهای کنترل در مطالعات تکمیلی مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی و امکانات فراهم شده توسط صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، دانشگاه گیلان و مدیریت حفظ‌نباتات استان گیلان تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdeshah, H., & Kazemian, A. (2023). *Statistics of agricultural products of 2021-2022 crop year*. Volume One of Crops, Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian)
2. Amulu, L.U., & Adekunle, O.K. (2015). Comparative effects of poultry manure, cow dung, and carbofuran on yield of *Meloidogyne incognita*-infested okra. *Journal of Agricultural Science and Technology, 17*(2), 495-504.
3. Antonious, G.F., Bomford, M., & Vincelli, P. (2009). Screening *Brassica* species for glucosinolate content. *Journal of Environmental Science and Health*, *44*(3), 311-316.
4. Avato, P., D'Addabbo, T., Leonetti, P., & Argentieri, M.P. (2013). Nematicidal potential of Brassicaceae. *Phytochemistry Reviews*, *12*(4), 791-802. https://doi.org/10.1080/03601230902728476
5. Boydston, R.A., & Vaughn, S.F. (2002). Alternative weed management systems control weeds in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology, 16*(1), 23–28.
6. Charles, K., Agathar, K., Ronald, M., Cosmas, P., Ignitius, M., & Blessing, M. (2015). Nematicidal effects of brassica formulation against root knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Pakistan Journal of Phytopathology*, *27*(2), 109-114.
7. Chitwood, D.J. (2002). Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology, 40*, 221-249. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.032602.130045
8. Ebrahimi, M., Mousavi, A., Souri, M.K., & Sahebani, N. (2021). Can vermicompost and biochar control *Meloidogyne javanica* on eggplant? *Nematology*, *23*(9), 1053-1064.
9. Edwards, C.A., & Fletcher, K.E. (1988). Interactions between earthworms and microorganisms in organic matter breakdown. *Agriculture Ecosystems & Environment*, *24*(1-3), 235–249. https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90069-2
10. El-Sherbiny, A.A., & Awd Allah, S.F.A. (2014). Management of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato plants by pre-planting soil biofumigation with harvesting residues of some winter crops and waste residues of oyster mushroom cultivation under field conditions. *Egyptian Journal of Agronematology*, *13*(1), 189-202. https://doi.org/10.21608/ejaj.2014.63695
11. Fenwick, D.W. (1940). Methods for recovery and counting of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology*, *18*(4), 155-177. https://doi.org/10.1017/S0022149X00031485
12. Gad, S.B., Aljboori, Q.H.A., Abido, W.A.E., Abo-El-Kheer, E.A.M., & Saadoon, S.M. (2021). Efficacy of four cruciferous germinated grinded seed on adjusting *Meloidogyne incognita* infecting soybean plants. In *2nd Virtual International Scintific Agrticultural Conference*. (Vol. 735). https://doi.org/10.1088/1755-1315/735/1/012030
13. Heidari, F., & Oila, M. (2017). Studying the separate and integrated application of fungus, *Trichoderma harzianum* i2375 and Vermicompost in control of root-knot Nematode, *Meloidogyne javanica*, on tomato. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, *6*(3), 11-22. (In Persian with English abstract)
14. Helalat, N., Nasresfahani, M., & Olia, M. (2017). The effect of organic fertilizers on population dynamics of sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*. *Journal of Plant Protection*, *31*(3), 475-487. (In Persian with English abstract)
15. Hussey, R.S., & Barker, K.R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique, *Plant Disease Reporter, 57*, 1025-1028.
16. Jepson, S.B. (1987). *Identification of Root-Knot nematodes*. Cambrian news Ltd.
17. Karavina, C., Komota, A., Mandumbu, K., Parwada, C., Mugwati, I., & Masamha, B. (2015). Nematicidal effects of Brassica formulations against root knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Pakistan Journal of Phytopathology*, *27*(02), 109-114.
18. Khan, S.A., Javed, N., Khan, M.A., Kamran, M., & Atif, H.M., (2008). Management of root knot 916 nematode *Meloidogyne incognita* through the use of plant extracts. *Pakistan Journal of Phytopathology*, *20*, 214-217.
19. Khazai pol, Y.Q. (2003). *Biology of flowering and pollination in kiwifruit*. Publication of agricultural education.
20. López-Pérez, J.A., Roubtsova, T., García, M.D.C., & Ploeg, A. (2010). The potential of five winter-grown crops to reduce root-knot nematode damage and increase yield of tomato. *Society of Nematologists*, *42*(2), 120-127.
21. López-Pérez, J.A., Roubtsova, T., & Ploeg, A. (2005). Effect of three plant residues and chicken manure used as biofumigants at three temperatures on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato in greenhouse experiments. *Journal of Nematology*, *37*(4), 489–494.
22. Manzanilla-López, R., Evans, K., & Bridge, J. (2004). Plant diseases caused by nematodes. *Nematology Advances and Perspectives*, *2*, 637–716.
23. Michailides, T.J., & Elmer, P.A.G. (2000). Botrytis gray mold of kiwifruit caused by *Botrytis cinerea* in the United States and New Zeland. *Plant Disease*, *84*(3), 208–223.
24. Nahar, M.S., Grewal, P.S., Miller, S.A., Stinner, D., Stinner, B.R., Kleinhenz, M.D., Wszelaki, A., & Doohan, D. (2006). Differential effects of raw and composted manure on nematode community and its indicative value for soil microbial, physical and chemical properties. *Applied Soil Ecology*, *34*, 140-151.

25. Oka, Y., Koltai, H., Bar-Eyal, M., Mor, M., Sharon, E., Chet, I., & Spiegel, Y. (2000) New strategies for the control of plant-parasitic nematodes. *Pest Management Science, 56*, 983–988.
26. Oka,Y. (2010) Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments. *Applied Soil Ecology*, *44*(2), 101-115.
27. Oostenbrink, M. (1966). Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen/Landbouwhogeschool Wageningen*, Veenman, Wageningen, pp. 46.
28. Osman, H.A., Ameen, H.H., Mohamed, M., El-Mohamedy, R., & Elkelany, U.S. (2018). Field control of *Meloidogyne incognita* and root rot disease infecting eggplant using nematicide, fertilizers, and microbial agents. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *28*(40). https://doi.org/10.1186/s41938-018-0044-1
29. Ribero, C.F., Miizobutsi, E.H., Silva, D.G., Pereira, J.C.R., & Zambolim, L. (1998). Control of *Meloidognye javanica* on lettuce with organic amendments. *Fitopatologia Brasileira*, *23*, 42–44.
30. Rodriguez-Kabana, R. (1986). Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *Journal of Nematology*, *18*, 129-135.
31. Rostami, M.,& Olia, M. (2016). Control of pathogenicity root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) by earthworm eisenia feoetida-based products in greenhouse. *Iranian Plant Protection Research, 30*(1), 42-53. (In Persian with English abstract)
32. Sasser, J.N., & Carter, C.C. (1985). Overview of the International *Meloidogyne* Project 1975-1984. Pp: 19-24. In: Sasser, J. N. and Carter, C. C. (Eds.), An advanced treatise on Meloidogyne. Volume 1: Biology and control. Raleigh: North Carolina State University Graphics.
33. Selvaraj, A. (2011). Effect of vermicompost tea on the growth and yield of tomato plants and suppression of root knot nematode in the soil. Information website: https://escholarship.org/uc/item/49t6942q
34. Sunita Devi, T.H., & Debanand, D.A.S. (2016). Effect of organic amendments on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in cucumber. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, *22*(2), 110-114.
35. Taylor, D.P., & Netscher, C. (1974). An improved technique for preparing perennial pattern of *Meloidogyne* spp., *Nematologica*, *20*, 268-270.
36. Tomati, U., Grappelli, A., & Galli, E. (1988). The hormone like effect of earthworm casts on plant growth. *Biology and Fertility of Soils*, *5*, 288-294.
37. Whitehead, A.G., & Hemming. J.R., (1965). A comparison of some quantitative methode of extracting small vermiform nematodes from soil. *Annal Applied Biology*, *55*, 25-38.
38. Yasir, M., Aslam, Z., Kim, S.W., Lee, S.W., Jeon, C.O., & Chung, Y.R. (2009). Bacterial community composition and chitinase gene diversity of vermicompost with antifungal activity. *Bioresource Technology*, *100*, 4396–4403.
39. Zasada, I.A., & Ferris, H. (2004). Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*, *36*, 1017-1024.
40. Zuhair, R., Thabet, Y., Moustafa, A., Mustafa, N.S.A., El-Dahshouri, M.F., Zhang, L., & Ageba, M.F. (2022). Efficacy of amended vermicompost for bio-control of root knot nematode (RKN) *Meloidogyne incognita* infesting tomato in Egypt. *Environmental Technology & Innovation*, *27*, 102397. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102397