Journal of Phytoallexins
Vol. 1, No. 1, Spring & Summer 2024 (Serial 1)

https://gyahpad.shahed.ac.ir/

Reaction of the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* to the amount of plant residues in the soil

Maliheh Abbaspour [1] | **Ayatollah Saeedizadeh** [2*]

1. Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Damghan, Iran.
2. Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.

** Corresponding Author Email: ayatsaeed314@gmail.com*

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 24/06/2024
Accepted: 16/09/2024

Keywords:

Nematode,
Root,
Antagonist,
medicinal plant,
Tomato.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Root knot nematodes (RKNs) are one of the most important plant parasitic nematodes in the world that damage a wide range of plants. In most parts of the world, plant parasitic nematodes, including root knot nematodes, are controlled using industrial nematicides; however, sometimes access to effective and appropriate pesticides is not possible or their supply is limited and farmers are forced to use alternative methods to manage plant parasitic nematodes. On the other hand, the adverse environmental effects of industrial pesticides including nematicides have encouraged researchers to find effective and environmentally friendly methods. Therefore, there is a growing interest in the development and application of non-chemical management strategies for plant parasitic nematodes among researchers and agricultural producers. Meanwhile, the use of plant residues as green manure, in addition to improving and modifying the physical structure and increasing the microbial population of the soil, has also been suggested as a strategy to control the population of plant parasitic nematodes. For example, some plants with bioremediation capabilities, such as members of Brassicaceae, have been reasonably effective in suppressing plant parasitic nematode populations in greenhouse experiments. In this regard, the aim of this research was to study the effect of shredded tissue of some plants as a control method on the activity of *Meloidogyne javanica* root knot nematode on tomato seedlings as a host in greenhouse conditions. In the current study, the effect of adding crushed masses of plant organs of thyme (*Thymus vulgaris*), French marigold (*Tagetes patula*), fennel (*Foeniculum vulgare*), balango shirazi (*Lallemantia royleana*) and chamomile (*Matricaria chamomillae*) to the soil of tomato seedlings infected with RKN, *M. javanica* was studied under greenhouse.

Cite this article: *Abbaspour, Maliheh; Saeedizadeh, Ayatollah* (2024). Reaction of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* to the amount of plant residues in the soil. *Journal of Phytoallexines , 1(1).*

© The Author(s).

Publisher: Shahed University

Journal of Phytoallexins
Vol. 1, No. 1, Spring & Summer 2024 (Serial 1)
https://gyahpad.shahed.ac.ir/

Materials and Methods: After sampling and propagating nematodes, nematode inoculum (10 second instar larvae per gram of soil) and plant dry mass (0, 5, 10, 25 and 50 g/kg soil) were added to the soil and homogenized. The soil was transferred to the pots. Then the host seedlings, Super Chief tomato, were cultivated. The plants were kept in a greenhouse (27±2 °C and natural light (May and June)) for two months. After that, the test was stopped and the number of galls and egg masses in each root and the reproductive factor of the nematode were calculated.

Results and Discussion: The results of comparing the average pathogenic activity data (number of galls, egg mass and reproduction factor) of the nematode *M. javanica* on tomato plants treated with plant residues under greenhouse conditions showed that the pathogenic activity of the nematode had a significant difference ($P \leq 0.05$) on the tested plants. The highest control effect on nematode galling activity was observed in marigold, fennel, thyme, chamomile and balango shirazi treatments, respectively. Also, with an increase in the amount of plant residues, the number of galls produced on the root decreased in the host plant substrate, especially the amounts of 25 and 50 grams per kilogram of soil. The reduction of plant residues on the number of nematode egg mass and reproduction factor such as nematode galling had a similar trend, so that the lowest egg mass and reproduction factor were obtained in the treatments of marigold, fennel, thyme, chamomile and balango shirazi, respectively. By increasing the amount of plant residues in all treatments, the nematode activity has decreased in terms of egg mass and reproduction factor. Similar research has been conducted on the controlling and suppressive effect of plant residues on the population of plant parasitic nematodes, especially root knot nematodes in Iran and the world. Considering the reduction of nematode activity in the rhizosphere of host plants, it seems that soil amendment with some plant residues has at least a stabilizing effect on the active nematode population. This feature is likely initiated by interfering with the nematode's ability to penetrate host roots. In the use of plants as green manure to improve the soil and reduce the activity of nematodes, two issues should be considered. Plant species that are used as green manure are not suitable hosts for nematodes. Also, the plant species used do not have a negative effect on the growth of the desired plant. In addition to inhibiting the population of some pathogens, plant residues in the soil seem to have positive effects on the vegetative activities of the host plant. The potential of soil amendment to reduce the activity of plant pathogens, including nematodes, as part of integrated pest management includes a direct suppressive effect on nematode populations, as well as an indirect suppressive effect by changing the microbial balance of the soil in favor of the host. The indirect or secondary effect of soil amendment plays a very important role in promoting soil microbial diversity and therefore can be expected to have a positive effect on stimulating the competition between soil-borne diseases in the rhizosphere.

Conclusion: The presence of plant tissue has reduced the activity of *M. javanica*. The reduction of nematode activity was observed in marigold and fennel treatments. Using the remains of some plants, in addition to increasing organic matter, can be effective in reducing nematode population.

دوفصلنامه گیاه‌پاد
دوره ۱/ شماره ۱/ بهار و تابستان ۱۴۰۳ (پیاپی ۱)
https://gyahpad.shahed.ac.ir/

واکنش نماتد ریشه گرهی، *Meloidogyne javanica* به میزان بقایای گیاهی در خاک

ملیحه عباس پور [۱] | آیت اله سعیدی زاده [۲*]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.
۲. گروه گیاهپزشکی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

* ایمیل نویسنده مسئول: ayatsaeed314@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶

واژه‌های کلیدی:
نماتد
ریشه
آنتاگونیست
گیاه دارویی
گوجه‌فرنگی

چکیده

نماتدهای ریشه گرهی از مهمترین نماتدهای انگل گیاهی در سطح جهان بوده که به طیف وسیعی از گیاهان آسیب می‌زنند. با توجه به هزینه‌های سنگین کاربرد نماتدکش‌ها و اثرات نامطلوب زیست محیطی آنها، امروزه تمایل برای یافتن روش‌های کنترلی موافق با محیط زیست افزایش یافته است. در تحقیق حاضر، اثر اضافه شدن توده‌های خرد شده اندام‌های گیاهی آویشن (*Thymus vulgaris*)، همیشه بهار فرانسوی (*Tagetes patula*)، رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، بالنگوی شیرازی (*Lallemantia royleana*) و بابونه (*Matricaria chamomillae*) به خاک گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد ریشه گرهی *Meloidogyne javanica* در شرایط گلخانه مورد مطالعه قرار گرفت. پس از نمونه‌برداری و تکثیر نماتد، مایه آلوده‌کننده نماتد (۱۰ عدد لارو سن دوم در هر گرم خاک) و توده خشک گیاهی (صفر، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ گرم بر کیلوگرم خاک) به خاک اضافه و همگن شد. خاک به گلدان ها منتقل و سپس گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی سوپرچیف کشت گردید. بوته‌ها در گلخانه به دمای ۲±۲۷ درجه سلسیوس و نور طبیعی (اردیبهشت و خرداد) به مدت دو ماه نگهداری شدند. پس از آن آزمون متوقف و فعالیت نماتد با ثبت تعداد گال و توده تخم در هر ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که وجود بقایای گیاهان مورد آزمایش موجب کاهش معنی دار ($P\leq0.05$) فعالیت *M. javanica* روی ریشه گوجه‌فرنگی شده است. بیشترین سرکوب نماتد به ترتیب در همیشه بهار، رازیانه، آویشن، بالنگو شیرازی و بابونه مشاهده شد. به عنوان نتیجه‌گیری، استفاده از بقایای برخی گیاهان علاوه بر اصلاح خاک می‌تواند در کاهش فعالیت نماتدهای ریشه گرهی مؤثر باشد

استناد: عباس‌پور، ملیحه؛ سعیدی‌زاده، آیت‌الله (۱۴۰۳). واکنش نماتد ریشه گرهی، *Meloidogyne javanica* به میزان بقایای گیاهی در خاک. *دوفصلنامه گیاه‌پاد*، ۱ (۱)، ۹۵-۸۹

ناشر: دانشگاه شاهد

حق‌مؤلف © نویسندگان.

مقدمه

نماتدهای ریشه گرهی (*Meloidogyne* spp.) از نظر اقتصادی جزو خسارت زا ترین نماتدهای انگلی گیاهان محسوب می‌شوند. این نماتدها طیف وسیعی از محصولات مختلف زراعی، باغی، زینتی، جالیزی و گلخانه‌ای را در اغلب نقاط جهان به ویژه شرایط آب و هوای نیمه گرمسیری مورد آسیب قرار داده‌اند (Perry et al., 2009). در ایران و اغلب نقاط دنیا نماتدهای انگلی گیاهی از جمله نماتدهای ریشه گرهی با استفاده از نماتدکش‌های صنعتی کنترل می‌شوند. با این وجود، گاهی دسترسی به آفت‌کش‌های مؤثر و مناسب مقدور نبوده یا عرضه آن‌ها محدود است و کشاورزان ناگزیر به استفاده از روش‌های جایگزین برای مدیریت نماتدهای انگلی گیاهی می‌باشند. از طرفی اثرات نامطلوب زیست محیطی آفت‌کش‌های صنعتی از جمله نماتدکش‌ها، محققین را به یافتن روش‌های مؤثر و موافق با طبیعت ترغیب کرده است. بنابراین، علاقه فزاینده‌ای به ایجاد و کاربرد راهبردهای مدیریت غیرشیمیایی نماتدهای انگل گیاهان در میان محققین و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی شکل گرفته است. در این میان، استفاده از بقایای گیاهی به عنوان کود سبز علاوه بر بهبود و اصلاح ساختار فیزیکی و افزایش جمعیت میکروبی خاک، به عنوان یک راهکار برای مهار جمعیت نماتدهای انگل گیاهان نیز پیشنهاد شده است (Monfort et al., 2007; Poelman et al., 2009; Yim et al., 2016; Soheili and Saeedizadeh, 2017). به عنوان مثال برخی گیاهان با قابلیت زیست تدخینی (biofumigation) مانند اعضای تیره Brassicaceae به نحو قابل‌قبولی در سرکوب جمعیت نماتدهای انگل گیاهان در آزمایشات گلخانه‌ای مؤثر بوده‌اند (Kruger et al., 2013). در این راستا، هدف این پژوهش مطالعه اثر بافت خرد شده برخی گیاهان به عنوان یک روش کنترلی بر فعالیت نماتد ریشه گرهی، *Meloidogyne javanica* Treub روی گیاهچه گوجه‌فرنگی به عنوان میزبان در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها

تهیه مایه آلوده‌کننده نماتد *M. javanica*

جهت تهیه مایه آلوده‌کننده نماتد *M. javanica* ابتدا نمونه‌برداری از مزارع گوجه‌فرنگی جنوب تهران انجام پذیرفت. خالص‌سازی و تکثیر نماتد به روش توده تخم منفرد (single egg mass) انجام گرفت (Hussey and Barker, 1973). با توجه به خصوصیات ریخت‌شناسی شبکه کوتیکولی انتهای بدن ماده و با استفاده از منابع معتبر (Siddiqi, 2000) گونه *M. javanica* تشخیص داده شد. نماتد روی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی رقم سوپرچیف (Super Chief)، به عنوان میزبان حساس، تکثیر شد. سوپانسیون تخم‌های نماتد از ریشه‌های آلوده به نماتد استخراج گردید. سوسپانسیون نماتد به مدت یک دقیقه در محلول یک درصد هیپوکلریت سدیم سترون و نهایتا تعداد لاروهای زنده شمارش گردید. مایه آلوده‌کننده نماتد مورد استفاده در این تحقیق سوسپانسیون لارو سن دو در نظر گرفته شد (McClure et al., 1973).

آزمون گلخانه‌ای

مایه آلوده‌کننده نماتد به میزان ۱۰ عدد لارو سن دوم در هر گرم خاک بستر و همچنین مقادیر صفر، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ گرم بر کیلوگرم خاک از بافت خشک (در دمای اتاق) خرد شده آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، همیشه بهار فرانسوی (*Tagetes patula* L.)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، بالنگوی شیرازی (*Lallemantia royleana* Benth.) و بابونه (*Matricaria chamomillae* L.) با خاک بستر بر حسب تیمار مخلوط و همگن شد. پس از آن

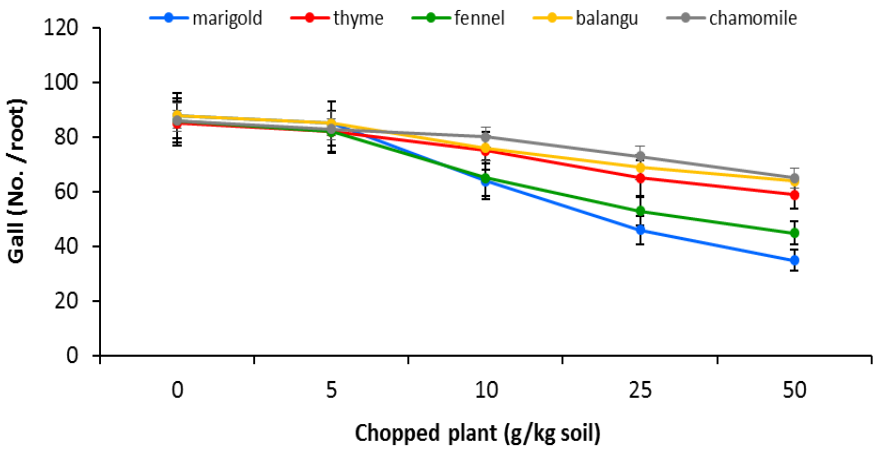
گیاهچه‌های میزبان، گوجه‌فرنگی رقم سوپرچیف (*Solanum lycopersicum* L. cv. Super Chief)، که از قبل در سینی نشا آماده شده بود، در گلدان‌ها کشت گردید. در هر گلدان یک بوته در نظر گرفته شد. بوته‌ها در گلخانه به دمای ۲۷±۲ درجه سلسیوس و نور طبیعی (اردیبهشت و خرداد) به مدت دو ماه نگهداری شد. پس از آن آزمون متوقف و تعداد گال و توده تخم در هر ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد مورد نظر محاسبه گردید. محاسبه فاکتور تولیدمثل بر اساس روش ارائه شده توسط والترز و همکاران (Walters et al., 1999) طبق فرمول RF = Pf/Pi انجام گرفت که در آن RF فاکتور تولیدمثل، Pf جمعیت نهایی و Pi جمعیت اولیه نماتد بوده است (Soheili and Saeedizadeh, 2017).

تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در پنج تکرار در شرایط گلخانه با دمای ۲۷±۲ درجه سلسیوس انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل نوع بقایای گیاهی (آویشن، همیشه بهار، رازیانه، بالنگو شیرازی و بابونه) و میزان مایه آلوده‌کننده نماتد (در یک سطح شامل ۱۰ عدد لارو سن دوم در گرم خاک بستر) بودند. جهت تجزیه آماری (تجزیه واریانس)، مقایسه میانگین با آزمون دانکن و همبستگی پیرسون بین صفات از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج

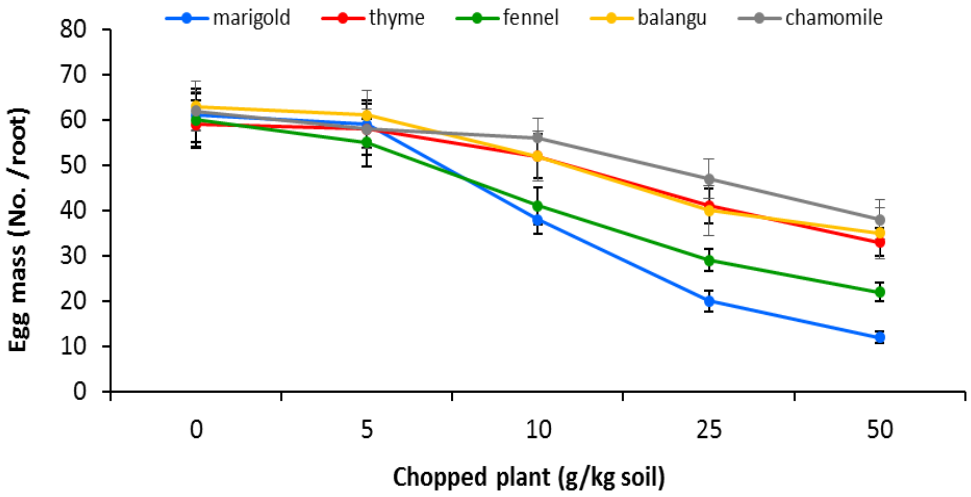
نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به میزان فعالیت بیماریزایی (تعداد گال، توده تخم و فاکتور تولیدمثل) نماتد *M. javanica* روی بوته‌های گوجه‌فرنگی تیمار شده با بقایای گیاهی تحت شرایط گلخانه نشان داد که میزان فعالیت بیماریزایی نماتد روی گیاهان مورد آزمون، از اختلاف معنی‌دار ($P\leq0.05$) برخوردار بوده است. بیشترین اثر کنترلی بر فعالیت گالزایی نماتد به ترتیب در تیمارهای مربوط به گیاهان همیشه بهار، رازیانه، آویشن، بابونه و بالنگو شیرازی مشاهده شد. همچنین با افزایش مقدار بقایای گیاهی در بستر گیاه میزبان به ویژه مقادیر ۲۵ و ۵۰ گرم بر کیلوگرم خاک، تعداد گال تولید شده بر ریشه کاهش معنی‌دار ($P\leq0.05$) نشان داده است (شکل ۱).



شکل ۱. میزان فعالیت گالزایی نماتد *Meloidogyne javanica* روی ریشه گوجه فرنگی رقم سوپرچیف تیمار شده با بقایای گیاهی در شرایط گلخانه (Tukey's test, P≤0.05; n=5)

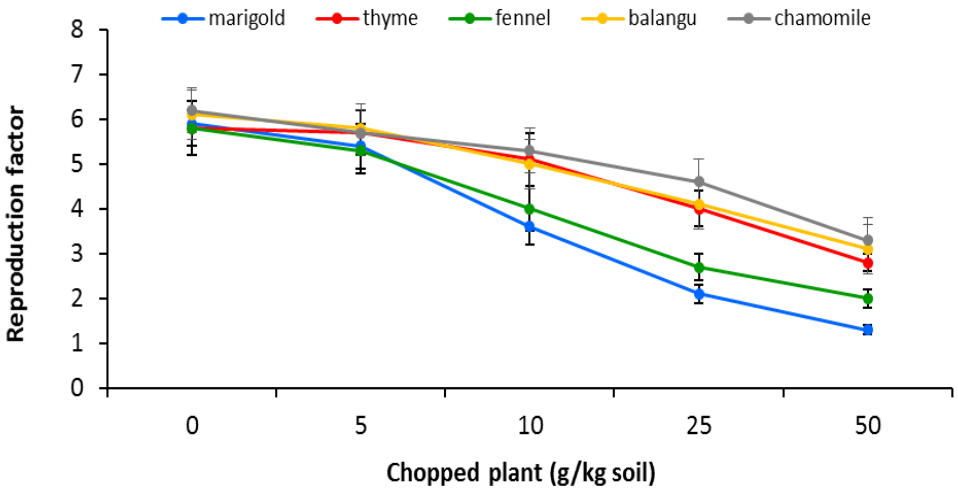
Fig. 1. The galling activity of the nematode *Meloidogyne javanica* on tomato cv. Super Chief roots treated with chopped plants in greenhouse (Tukey's test, P≤0.05; n=5)

اثر کاهش بقایای گیاهی بر تعداد توده تخم نماتد و همچنین فاکتور تولیدمثل نیز به مانند گالزایی نماتد از روند مشابهی برخوردار بوده است به طوری که کمترین میزان توده تخم و فاکتور تولیدمثل نماتد به ترتیب در تیمارهای همیشه بهار، رازیانه، آویشن، بابونه و بالنگو شیرازی بدست آمد. با افزایش مقدار بقایای گیاهی در تمام تیمارها از میزان فعالیت نماتد از نظر تعداد توده تخم و فاکتور تولیدمثل کاسته شده است (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۲. میزان توده تخم نماتد *Meloidogyne javanica* روی ریشه گوجه فرنگی رقم سوپرچیف تیمار شده با بقایای گیاهی در شرایط گلخانه (Tukey's test, P≤0.05; n=5)

Fig. 2. Egg masses of *Meloidogyne javanica* on tomato cv. Super Chief roots treated with chopped plants in greenhouse (Tukey's test, P≤0.05; n=5)



شکل ۳. میزان فاکتور تولیدمثل نماتد *Meloidogyne javanica* در بستر و ریشه گوجه فرنگی رقم سوپرچیف تیمار شده با بقایای گیاهی در شرایط گلخانه (Tukey's test, P≤0.05; n=5)

Fig. 3. The reproductive factor of the nematode *Meloidogyne javanica* on the rhizosphere and root of tomato cv. Super Chief treated with chopped plants in greenhouse (Tukey's test, P≤0.05; n=5)

بحث

تحقیقات مشابهی در زمینه اثر کنترلی و سرکوبگری بقایای گیاهی بر جمعیت نماتدهای انگل گیاهی به ویژه نماتدهای ریشه گرهی در ایران و جهان انجام گرفته است که در غالب موارد استفاده از این مواد گیاهی در محیط خاک موجب کاهش فعالیت بیماریزایی نماتد شده است (Kruger et al., 2013; Fourie, 2012; Rahman et al., 2009; Zasada and Ferris, 2004; Soheili and Saeedizadeh, 2017).

در مورد اثر کنترلی آویشن بر فعالیت نماتدهای انگل گیاهی، آمورا و همکاران (Amora et al., 2017) دریافتند که ترکیبات گیاهی موجود در آویشن موجب کاهش جمعیت و مرگ و میر لاروهای سن دوم نماتد *M. javanica* در شرایط آزمایشگاهی شده است. نتایج تحقیقات ابراهیمی و همکاران (Ibrahim et al., 2006) نشان داد که عصاره‌های گیاهی آویشن، اکالیپتوس، افسنطین شیرین (*Artemisia obsinthium*)، رازیانه و نعناع فلفلی (*Mentha spicata*) میزان تفریخ تخم‌های نماتد *M. incognita* را در شرایط آزمایشگاه کاهش داده اند.

در مورد همیشه بهار محققین دریافتند که کشت بوته‌های همیشه بهار در خاک‌های آلوده به *M. incognita* سبب کاهش جمعیت فعال این نماتد می‌شود. تعداد ماده‌های بالغ روی ریشه گیاه میزبان (خیار) به ویژه در تیمارهای دارای خاک مرطوب کاهش داشته است. این تحقیقات نشان داد که گیاه همیشه بهار در شرایط رشدی مطلوب و در زمان فعال بودن مایه آلوده‌کننده نماتد در خاک روی جمعیت نماتد مؤثر می‌باشد (Marahatta et al., 2012). توانایی برخی گیاهان برای سرکوب نماتدها از طریق فعالیت نماتدکشی متابولیت‌های ثانویه گزارش شده است (Ntalli and Caboni, 2012). اثر سرکوب‌کنندگی گونه‌های برخی گیاهان به‌عنوان کود سبز بر بیمارگرهای خاکزاد، علف‌های هرز و نماتدهای انگلی گیاهی در شرایط آزمایشگاهی، گلخانه‌ای و مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفته است (Larkin and Griffin, 2007; Larkin, 2013). در تحقیق حاضر، تأثیر نماتدکشی اصلاح خاک با بافت خرد شده برخی گیاهان به ویژه همیشه بهار، رازیانه و آویشن بر فعالیت *M. javanica* (گالزایی، تولید توده تخم و فاکتور تولیدمثل) در ریزوسفر بوته‌های گوجه-فرنگی مشاهده شد. برخی محققین در این زمینه نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند (Roubtsova et al., 2007; Everts et al., 2006).

با توجه به کاهش فعالیت نماتد در ریزوسفر گیاهان میزبان چنین به نظر می‌رسد که اصلاح خاک با بقایای برخی گیاهان حداقل یک اثر ایستایی روی جمعیت فعال نماتد داشته است. این ویژگی احتمالاً با تداخل در توانایی نماتد برای نفوذ به ریشه‌های میزبان آغاز می‌شود. در کاربرد گیاهان به عنوان کود سبز جهت اصلاح خاک و کاهش فعالیت نماتدها دو موضوع باید مورد توجه قرار گیرد: ۱- گونه‌های گیاهی که به عنوان کود سبز استفاده می‌شوند میزبان مناسبی برای نماتد نباشند. ۲- گونه‌های گیاهی بکار رفته تأثیر منفی بر رشد گیاه مورد نظر نداشته باشند. بقایای گیاهی موجود در خاک علاوه بر مهار جمعیت برخی بیمارگرها، به نظر می‌رسد اثرات مثبتی بر فعالیت‌های رویشی گیاه میزبان دارند (Matthiessen et al., 2004). پتانسیل اصلاح خاک جهت کاهش فعالیت بیمارگرهای گیاهی از جمله نماتدها به عنوان بخشی از مدیریت تلفیقی آفات شامل اثر سرکوبگری مستقیم بر جمعیت نماتدها، و همچنین اثر سرکوبگری غیرمستقیم با تغییر تعادل میکروبی خاک به نفع میزبان می‌باشد. اثر غیرمستقیم یا ثانویه اصلاح خاک نقش بسیار مهمی در ارتقاء تنوع میکروبی خاک دارد و بنابراین می‌توان انتظار داشت که تأثیر مثبتی بر تحریک رقابت بین بیماری‌های خاکزاد در ریزوسفر داشته باشد.

نتیجه‌گیری

اضافه کردن بقایای گیاهی همیشه بهار فرانسوی و رازیانه موجب کاهش فعالیت *M. javanica* در ریزوسفر بوته‌های گوجه‌فرنگی شده است. استفاده از بقایای برخی گیاهان علاوه بر افزایش مواد آلی می‌تواند در کاهش جمعیت نماتدها مؤثر باشد.

References

Amora, D.X., G.S. de Podestá, P.H.F. Grupioni, E.g. Nasu, L.D. de Figueiredo, F.C. Ferreira, L.G. de Freitas, E.A. Lopes, and S. Ferraz. 2017. Effect of essential oils on the root-knot nematode management. Revista Agri-Environmental Sciences. 3(1): 15-23.

Everts, K.L., S. Sardanelli, R.J. Kratochvil, D.K. Armentrout, and L.E. Gallagher. 2006. Root-knot and root-lesion nematode suppression by cover crops, poultry litter, and poultry litter compost. Plant Diseases. 90: 487-492.

Fourie, J.C. 2012. Soil management in the Breed River Valley wine grape region, South Africa. 4. Organic matter and macro-nutrient content of a medium textured soil. South African Journal of Enology and Viticulture. 33: 105-114.

Hussey, R.S., and K.R. Barker. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Diseases Reports. 57: 1025-1028.

Ibrahim, S.K., A.F. Traboulsi, and S. El-Hajj. 2006. Effect of essential oils and plant extracts on hatching, migration and mortality of *Meloidogyne incognita*. Phytopathologia Mediterranea. 45: 238-246.

Kruger, D.H.M., J.C. Fourie, and A.P. Malan. 2013. Cover Crops with Biofumigation Properties for the Suppression of Plant-Parasitic Nematodes: A Review. South African Journal of Enology and Viticulture. 34: 287–295.

Larkin, R.P. 2013. Green manures and plant disease management. CABI Reviews. 8: 1-10.

Larkin, R.P., and T.S. Griffin. 2007. Control of soil-borne diseases of potato using *Brassica* green manures. Crop Protection. 26: 1067-1077.

Marahatta, S.P., K. Wang, B.S. Sipes, R.R. Cerruti, and C.R.R. Hooks. 2012. Effects of *Tagetes patula* on Active and Inactive Stages of Root-Knot Nematodes. Journal of Nematology. 44(1): 26-30.

Matthiessen, J.N., B. Warton, and M.A. Shackleton. 2004. The importance of plant maceration and water addition in achieving high *Brassica*-derived isothiocyanate levels in soil. Agroindustria. 3: 277-280.

McClure, M.A., T.H. Kruk, and I. Misaghi. 1973. A method for obtaining quantities of clean *Meloidogyne* eggs. Journal of Nematology. 5: 230.

Monfort, W.S., A.S. Csinos, J. Desaeger, K. Seebold, T.M. Webster, and J.C. Diaz-Perez. 2007. Evaluating *Brassica* species as an alternative control measure for root-knot nematode (*M. incognita*) in Georgia vegetable plasticulture. Crop Protection. 26: 1359-1368.

Ntalli, N.G., and P. Caboni. 2012. Botanical nematicides: a review. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60: 9929-9940.

Perry, R.N., M. Moens, and F.J. Starr. 2009. *Root-Knot Nematodes*. CAB International, Wallingford, UK.

Poelman, E.H., N.M. Dam, J.J.A. Loon, L.E.M. Vet, and M. Dicke. 2009. Chemical diversity in *Brassica oleracea* affects biodiversity of insect herbivores. Ecology. 90: 1863-1877.

Rahman, L., M. Weckert, and B. Orchard. 2009. Effect of three consecutive annual applications of brassica green manures on root-knot nematode suppression in soil. Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker. 37: 10-12.

Roubtsova, T., J. Lopez-Perez, S. Edwards, and A. Ploeg. 2007. Effect of broccoli (*Brassica oleracea*) tissue, incorporated at different depths in a soil column, on *Meloidogyne incognita.* Journal of Nematology. 39: 111-117.

Siddiqi, M.R. 2000. *Tylenchida, Parasites of Plants and Insects*, 2nd edition. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, xvii+833 pp.

Soheili, A., and A. Saeedizadeh. 2017. Suppression of brassicaceous tissue on *Meloidogyne javanica* in a rhizosphere. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 19(5): 1012-1018.

Walters, S.A., T.C. Wehner, and K.R. Barker. 1999. Greenhouse and field resistance in cucumber to root-knot nematodes. Journal of Nematology. 1: 279-284.

Yim, B., F.S. Hanschen, A. Wrede, H. Nitt, M. Schreiner, K. Smalla, and T. Winkelmann. 2016. Effects of biofumigation using *Brassica juncea* and *Raphanus sativus* in comparison to disinfection using Basamid on apple plant growth and soil microbial communities at three field sites with replant disease. Plant and Soil. 406: 389-408.

Zasada, I.A., and H. Ferris. 2004. Nematode suppression with brassicaceous amendments. Soil Biology & Biochemistry. 36: 1017-1024.