



Investigating the role of medicinal plants extract on the control of the root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) in tomato

Narges Esmaili Irani^{*1} and Majid Olia²

1*- Corresponding author, M.Sc. student of crop protection, Crop protection department, Faculty of agriculture, Shahrekord university, Shahrekord, Iran, E-mail: narges.esmaili9613@gmail.com

2- Crop protection department, Faculty of agriculture, Shahrekord university, Shahrekord, Iran

Received: December 202

Revised: August 2024

Accepted: October 2024

Abstract

Background and objectives: Nowadays, medicinal plants have been expanded in the biological control of many plant pathogens. It is also widely recognized that tomato is an essential product in the food industry worldwide. The root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.), a hazardous parasite in tomato plants, produces gall by feeding and reproducing in the root and consequently causes biochemical and physiological changes. It also provides a suitable environment for the activity of saprophytic fungi and other soil parasites, which indirectly results in serious damage to the plant. Therefore, this study aimed to examine the effect of fenugreek, lavender, borage and purslane plant extracts on controlling the root-knot nematode.

Methodology: Separate experiments in laboratory and greenhouse conditions were conducted as a factorial experiment in the form of a completely randomized design to investigate the effect of natural compounds of fenugreek, lavender, borage and purslane on the control of root-knot nematode in tomato. Nematode-infected tomato roots were collected, and after that, a single suitable egg mass was taken and placed near the tomato Falat cultivar root system; using the single egg mass method for nematode purification, nematode was identified and then propagated at the same tomato seedlings. After 70 days, the infected roots were cut into two-centimetre pieces and exposed to 10% sodium hypochlorite solution. After that, it was passed through a 400-mesh sieve. Eventually, the obtained egg suspension was used in the laboratory and greenhouse trials. First, water, ethanol, and acetone extracts were prepared from the mentioned plants to experiment. The laboratory section assessed the effect of extracts on larval mortality and the number of egg hatching after 24, 48, and 72 hours of exposure to 0, 250, 500, 750, and 1000 ppm extracts. Afterwards, these compounds' anti-nematode activity was investigated at the greenhouse condition by adding 0, 250, 500, 750, and 1000 ppm of the water extract to the pots containing tomato seedlings and nematode-infected soil. Finally, the obtained average data were compared based on the LSD test.

Results: The results revealed that water, ethanol, and acetone extracts of fenugreek, lavender, borage, and purslane had the highest inhibition properties in hatching nematode eggs, respectively. The highest inhibition rate was dedicated to 1000 ppm of the extract. Also, the greatest inhibition of egg hatching was observed in fenugreek water extract and 1000 ppm of the extracts, respectively. The highest number of unhatched eggs was perceived in 1000 ppm of fenugreek extract and 72 h after starting the experiment. According to the results, water extract



was the most effective in destroying nematode larvae, followed by ethanol and acetone extracts. Fenugreek, lavender, borage, and purslane had the highest impacts on the mortality of second-instar larvae, respectively. Also, among different extracts, the concentration of 1000 ppm had the greatest effect compared to the control. The fenugreek extract application caused gall formation at the lowest level in the experiment. After fenugreek, the lavender, borage, and purslane extracts showed the highest inhibition of gall formation on tomato roots. Regarding reducing nematode numbers in the soil, the greatest effect was related to 1000 ppm water extract of fenugreek and purslane. However, they did not significantly differ significantly from other plants using the same concentration.

Conclusion: The results of the laboratory studies showed the positive effects of water, ethanol, and acetone extracts of four medicinal plants, including fenugreek, lavender, borage, and purslane, on the prevention of egg hatching and the mortality of instar larvae of root-knot nematodes. The evaluation of the growth and development indicators showed that in fenugreek extract, a few galls were observed on roots, and the formation of galls was greatly reduced. After fenugreek, the lavender, borage, and purslane extracts showed the highest gall formation inhibition on tomato roots, respectively. The obtained data showed that fenugreek extract positively affected root-knot nematode decrease, and lavender, borage, and purslane extracts were in the next ranks, respectively.

Keywords: Fenugreek, lavender, borage, purslane, biocontrol.

بررسی نقش عصاره گیاهان دارویی بر کنترل نماتد ریشه گرهی (*Meloidogyne javanica*) در گوجه‌فرنگی

نرگس اسماعیلی ایرانی^{۱*} و مجید اولیا^۲

*۱- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری‌های گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

پست الکترونیک: narges.esmaili9613@gmail.com

۲- دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۳

تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۴۰۳

تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۲

چکیده

سابقه و هدف: امروزه استفاده از گیاهان دارویی برای مهار زیستی بسیاری از عوامل بیماری‌زای گیاهی گسترش یافته است. گوجه‌فرنگی نیز به‌عنوان یک محصول ضروری در صنایع غذایی اهمیت ویژه‌ای در سراسر جهان دارد. از آن‌جا که نماتد ریشه گرهی (*Meloidogyne spp.*) با تغذیه و تولیدمثل در ریشه، گال تولید می‌کند و باعث تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک می‌شود و نیز محیط مناسبی برای فعالیت قارچ‌های ساپروفیت و انگل خاکزی فراهم می‌کند، در نتیجه سبب تشدید خسارت به گیاه میزبان می‌شود. از این‌رو، هدف از این پژوهش، بررسی اثر عصاره‌های گیاهان شنبلیل (*Trigonella foenum-graecum*)، اسطوخودوس (*Lavandula sublepidota*)، گل‌گاوزبان (*Echium amoenum*) و خرفه (*Portulaca oleracea*) بر کنترل نماتد ریشه گرهی بود.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی اثر ترکیبات طبیعی گیاهان دارویی شنبلیل، اسطوخودوس، گل‌گاوزبان و خرفه بر کنترل نماتد ریشه گرهی در گوجه‌فرنگی، آزمایش‌هایی جداگانه در شرایط آزمایشگاه و گلخانه به صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. ریشه‌های گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد جمع‌آوری و از هر نمونه به روش تک کیسه تخم، یک توده تخم مناسب درون پتری‌دیش حاوی آب مقطر قرار داده شد. نشاء ۲ تا ۴ برگه گوجه‌فرنگی رقم فلات برای تکثیر نماتد ریشه گرهی انتخاب شد. ریشه‌های آلوده پس از ۷۰ روز به قطعات دو سانتی‌متری خرد شد و در تماس با محلول ۱۰٪ هیپوکلریت سدیم قرار گرفت. سپس از الک ۳۷۰ و ۴۰۰ مش عبور داده شد. سوسپانسیون تخم بدست آمده در بخش گلخانه استفاده شد. به منظور انجام آزمایش، ابتدا عصاره‌های آبی، اتانولی و استونی از گیاهان مذکور تهیه گردید. در بخش آزمایشگاهی، تأثیر عصاره‌ها بر مرگ‌ومیر لارو و نیز تعداد تفریح تخم بعد ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت قرارگیری لاروها و تخم‌ها در معرض عصاره‌ها با غلظت‌های ۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ ppm بررسی شد. در بخش گلخانه‌ای، با اضافه کردن غلظت‌های ۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ ppm عصاره به گلدان‌های حاوی نشاء گوجه‌فرنگی و خاک آلوده به نماتد، فعالیت ضد نماتدی این ترکیبات بررسی شد. در پایان، مقایسات میانگین داده‌های بدست آمده براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار انجام شد.

نتایج: نتایج مطالعات آزمایشگاهی نشان داد عصاره‌های آبی، الکلی و استونی شنبلیل، اسطوخودوس، گل‌گاوزبان و خرفه به ترتیب بیشترین بازدارندگی از تفریح تخم نماتد را داشتند. بیشترین میزان بازدارندگی به غلظت ۱۰۰۰ ppm اختصاص داشت. همچنین، بیشترین ممانعت از تفریح تخم به ترتیب در عصاره آبی شنبلیل و غلظت ۱۰۰۰ ppm عصاره‌ها مشاهده شد. بیشترین تعداد تخم تفریح نشده در غلظت ۱۰۰۰ ppm عصاره شنبلیل و ۷۲ ساعت پس از شروع آزمایش مشاهده گردید. مطابق نتایج بدست آمده، عصاره آبی بیشترین تأثیر را در از بین بردن لارو نماتد داشت و بعد از آن عصاره الکلی و استونی در رده‌های بعد قرار گرفتند. شنبلیل، اسطوخودوس، گل‌گاوزبان و خرفه به ترتیب بیشترین اثرگذاری در مرگ و میر لاروهای سن دوم را داشتند. در بین غلظت عصاره‌های مختلف نیز، غلظت ۱۰۰۰ ppm بیشترین تأثیر را در مقایسه با تیمار شاهد داشت. در این آزمایش تشکیل گال توسط نماتد در شرایط کاربرد عصاره گیاه شنبلیل در کمترین مقدار بود. عصاره گیاهان اسطوخودوس، گل‌گاوزبان و خرفه به ترتیب بعد از شنبلیل، بیشترین ممانعت از تشکیل گال روی ریشه گوجه‌فرنگی را ثبت کردند. بیشترین اثر در کاهش تعداد نماتد در خاک، مربوط به

عصاره آبی گیاهان شنبلیله و خرفه با غلظت ppm ۱۰۰۰ بود. هرچند از نظر آماری اختلافی با سایر گیاهان در همین غلظت نشان ندادند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان‌دهنده اثرهای مثبت عصاره‌های آبی، اتانولی و استونی چهار گیاه دارویی شنبلیله، اسطوخودوس، گل‌گاوزبان و خرفه بر ممانعت از تفریح تخم و مرگ‌ومیر لارو سن دو نماتد ریشه گرهی بود. در تیمار شنبلیله تعداد محدودی گال روی ریشه‌ها مشاهده شد و تشکیل گال را به شدت کاهش داد. عصاره اسطوخودوس و گل‌گاوزبان و خرفه به ترتیب بیشترین ممانعت از تشکیل گال روی گوجه‌فرنگی را بعد از شنبلیله نشان دادند. عصاره گیاه شنبلیله بیشترین تأثیر مثبت را بر کنترل نماتد ریشه گرهی داشت و عصاره گیاهان اسطوخودوس، گل‌گاوزبان و خرفه به ترتیب در درجات بعدی بودند.

واژه‌های کلیدی: شنبلیله، اسطوخودوس، گل‌گاوزبان، خرفه، مهار زیستی.

مقدمه

گیاه گوجه‌فرنگی یک محصول ضروریست که نقش بسزایی در تغذیه مستقیم انسان‌ها و صنایع غذایی دارد و با مزایای بی‌شماری که دارد، به عنصر اصلی غذایی در بسیاری از خانواده‌ها در سراسر جهان تبدیل شده است. یکی از مهمترین فواید گیاه گوجه‌فرنگی، ارزش غذایی آن است (Mulugeta *et al.*, 2020). گوجه‌فرنگی سرشار از ویتامین‌های A، C و K و پتاسیم و فیبر است. این مواد مغذی برای حفظ سلامتی و پیشگیری از بیماری‌های مزمن مانند سرطان و بیماری‌های قلبی ضروری هستند (Panno *et al.*, 2021). گیاه گوجه‌فرنگی علاوه بر ارزش غذایی و سهولت کشت، مزایای اقتصادی نیز دارد. تقاضا برای گوجه‌فرنگی هم در بازارهای محلی و هم در بازارهای بین‌المللی زیاد است و آن را به محصولی سودآور برای کشاورزان تبدیل کرده است (Collins *et al.*, 2022). با این حال، عوامل مختلفی از جمله انواع آفات و بیماری‌های گیاهی باعث کاهش ظرفیت تولید این محصول می‌شود.

گوجه‌فرنگی فواید زیست محیطی نیز دارد. عوامل مختلفی از جمله انواع آفات و بیماری‌های گیاهی باعث کاهش ظرفیت تولید این محصول می‌شود. یکی از این عوامل، بیمارگر نماتدها هستند. نماتد ریشه گرهی *Meloidogyne spp.* مهمترین نماتد پارازیت گیاهی در سطح جهان است که به دامنه گسترده‌ای از گیاهان حمله می‌کند و باعث بروز خسارت اقتصادی می‌شود (Elling, 2013). پراکندگی در سراسر دنیا، طیف میزبانی وسیع و

تعامل با عوامل بیماری‌زای دیگر، نماتدها را در گروه بیمارگرهای مهم گیاهی قرار داده است که تأمین غذای جهان را با خطر مواجه کرده است (Khoiyi, 2008).

نماتد ریشه گرهی با تغذیه و تولیدمثل در بافت ریشه باعث ایجاد گال‌های کوچک و بزرگ می‌شود. در اثر حمله شدید این بیمارگر بی‌کیفیت شدن محصول، کوتولگی، پژمردگی و کاهش کمیّت محصول اتفاق می‌افتد (Damadzadeh, 2007) و حتی ممکن است باعث مرگ گیاه شود. نماتد ریشه گرهی علاوه بر خسارت مستقیم باعث تغییراتی در فعل‌وانفعالات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از قبیل کاهش جذب عناصر غذایی و آب از خاک و کاهش تولید مواد پرورده در گیاه میزبان می‌شود و محیطی مغذی و مناسب برای قارچ‌ها و انگل‌خاکی فراهم می‌کند و اثرهای متقابل این عامل بیمارگر با عوامل بیماری‌زای دیگر باعث تشدید خسارت به گیاه می‌شود. تضعیف بنیه گیاه که ناشی از نماتد ریشه گرهی می‌باشد باعث می‌شود این گیاه محیط مناسبی برای حمله و تکثیر قارچ‌های عامل پژمردگی مانند *Fusarium spp.* و *Verticillium spp.* و عامل پوسیدگی ریشه مانند *Rhizoctonia spp.* و باکتری‌هایی مانند *Pseudomonas spp.* باشد و گاهی باعث شکسته شدن مقاومت گیاه در برابر حمله بیمارگرهای قارچی یا باکتریایی می‌شوند (Walia *et al.*, 2003).

بیشتر روش‌های کنترل نماتد ریشه گرهی براساس مواد تدخینی و نماتدکش‌های ارگانوفسفات و کاربامات می‌باشد و به علت ممنوعیت استفاده از تدخین‌کننده‌های خاک،

کردند و نتایج آنان نشان داد اسانس رازیانه، زنیان و نعنای بالاترین فعالیت نماتدکشی را در بین اسانس‌های آزمایش شده در شرایط آزمایشگاهی داشتند. اسانس دارچین و سیر و اسانس گیاهان دارویی حاصل از ۲۹ گونه گیاهی موجود در ۱۸ تیره گیاهی از لحاظ فعالیت نماتدکشی بررسی گردید و اسانس برخی گیاهان مورد آزمایش موجب مرگ و میر افراد نر، ماده و لارو نماتد تا حد ۱۰۰٪ شد (Park et al., 2005). نتایج این یافته‌ها نشان داد امکان کنترل جمعیت نماتد در گیاه گوجه‌فرنگی با استفاده از عصاره گیاهان دارویی وجود دارد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی اثر عصاره‌های آبی، استونی و الکلی گیاهان شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)، اسطوخودوس (*Echium sublepidota*)، گل‌گاوزبان (*Portulaca oleracea*) بر کنترل نماتد ریشه‌گرهی در آزمایشگاه و گلخانه به‌عنوان روشی سازگار با محیط‌زیست می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ریشه‌های آلوده به نماتد از گلخانه‌های گوجه‌فرنگی شهرستان شهررضا استان اصفهان جمع‌آوری شد. برای بدست آوردن جمعیت خالص از نماتد، ریشه‌های حاوی گره درون پتری حاوی آب مقطر قرار گرفت، در زیر باینوکولر با پنس سترون از هر نمونه به روش تک توده تخم، یک توده تخم مناسب به آرامی از ریشه جدا و درون یک پتری حاوی آب مقطر قرار داده شد. در گلخانه یک سوراخ در کنار نشاء ۲ تا ۴ برگگی گوجه‌فرنگی رقم فلات ایجاد و یک کیسه تخم نماتد در آن قرار داده شد. برای تکثیر گونه نماتد ریشه‌گرهی، ریشه‌های گوجه‌فرنگی مایه‌زنی شده با تک کیسه تخم بعد از ۷۰ روز از خاک خارج گردید و پس از شست‌وشو با آب روان به قطعات ۲ سانتی‌متری خرد شدند. سپس به مدت ۲ دقیقه همراه با محلول ۱۰٪ هیپوکلریت سدیم در بطری تکان داده شدند (Hussey & Janssen, 2002). سپس این سوسپانسیون روی الک ۳۷۰ و ۴۰۰ مش منتقل و با آب مقطر سترون شسته شد تا از محلول

اهمیت محیط‌زیست و توسعه مقاومت به مواد شیمیایی، روش‌های مدیریتی جدیدی اتخاذ شده است (Huang et al., 2004). از روش‌های جایگزین کاربرد سموم می‌توان به تناوب زراعی، کشت بدون خاک، گیاهان مقاوم، اضافه کردن مواد آلی به خاک و بخاردهی خاک اشاره کرد (Verdejo et al., 2003). مهار زیستی به‌عنوان یک روش مناسب برای مهار پاتوژن‌ها مطرح شده که در این روش از هم‌ستیزها استفاده می‌شود (Sharon et al., 2001) که فاقد آلودگی زیست محیطی می‌باشد. البته روش‌های مهار زیستی در کاهش جمعیت آفات و بیماری‌های گیاهی از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند.

اولین بار Linford و همکاران (۱۹۳۸) اثر نماتدکشی برگ‌های خرد شده آناناس (*Ananas comosus* L.) را در اصلاح خاک علیه نماتدهای ریشه‌گرهی استفاده کردند و توجه محققان را به استفاده از مواد آلی معطوف نمودند. در سال ۱۹۹۵ استفاده از شش گرم برگ خشک چریش در هر کیلوگرم خاک، موجب افزایش رشد گیاه و کاهش تعداد گال‌های *M. javanica* در گیاه گوجه‌فرنگی شد. در آزمایشی دیگر، کاربرد همزمان برگ‌های گیاه کرچک با مقادیر مختلف کودهای شیمیایی موجب افزایش رشد گیاه گوجه‌فرنگی و کاهش تعداد گال، توده تخم و تخم در نماتد *M. javanica* شد (Vats et al., 1995). تعدادی گونه گیاهی با فعالیت ضدنماتدی شناخته شده‌اند که از مهمترین آنها گل جعفری (*Tagetes spp.*)، چریش (*Azadirachta indica* L.) و زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.) را می‌توان نام برد (Azhar et al., 2007). مطالعه اثر نماتدکشی عصاره متانولی افسنتین، پونه و آویشن، به منظور کنترل نماتد ریشه‌گرهی در گوجه‌فرنگی (*Meloidogyne javanica*) در شرایط آزمایشگاه توسط Zare Bidaki و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد. نتایج آنان بیانگر وجود متابولیت‌های ثانویه گیاهی موجود در عصاره‌های گیاهی به‌عنوان عاملی مؤثر در کنترل نماتد ریشه‌گرهی بوده است (Oka et al., 2000). اثر نماتدکشی اسانس‌ها و ترکیبات حاصل از ۲۷ گونه گیاهی را علیه نماتد ریشه‌گرهی بررسی

عصاره استونی

مقدار ۵۰ گرم پودرهای گیاهی مذکور به ۱۰۰ میلی لیتر استون ۹۶٪ اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با دور ۳۸۰ قرار گرفت. محلول آماده شده از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد. سپس در آون با دمای ۴۵ درجه سانتی گراد کاملاً خشک گردید (Abdolmaleki *et al.*, 2011) و در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی گراد تا زمان استفاده نگهداری شد.

عصاره الکلی

مقدار ۵ گرم پودر گیاهی (از گیاهان نامبرده شده) به ۱۰۰ میلی لیتر الکل ۸۰٪ اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با دور ۳۸۰ قرار گرفت. محلول آماده شده از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد. سپس به ۷۵ میلی لیتر از محلول، ۲۵ میلی لیتر آب مقطر استریل اضافه شد. سپس هم حجم با آن، هگزان اضافه و مخلوط حاصل به مدت دو ساعت روی شیکر قرار داده شد. پس از این مرحله، بخش‌های مختلف به کمک دکانتور جدا شده و بخش متانولی برای تبخیر متانول و استحصال عصاره در آون با دمای ۴۵ درجه سانتی گراد کاملاً خشک شد و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد تا زمان استفاده نگهداری گردید.

مطالعات آزمایشگاهی

با استفاده از عصاره‌های آبی، الکلی و استونی گیاهان دارویی، غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ ppm تهیه شد. غلظت‌های مختلف عصاره و شاهد (آب مقطر استریل) داخل پتری‌دیش‌های استریل ریخته شد. سپس تعداد ۱۰۰ عدد تخم نماتد ریشه گرهی برای بررسی در هر ظرف کشت و در ۴ تکرار در نظر گرفته شد و بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت تفریح تخم نماتد بررسی گردید. داده‌های حاصل به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی آنالیز گردید.

همچنین با استفاده از عصاره‌های آبی، الکلی و استونی گیاهان دارویی غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ppm

سفیدکننده عاری شود. این سوسپانسیون تخم در گلخانه با غلظت مساوی در گلدان‌های حاوی نشاء ۲ تا ۴ برگگی گوجه‌فرنگی ریخته شد. بعد از گذشت ۷۰ روز ریشه گلدان‌ها دارای میزان کافی تخم و لارو سن دو جهت انجام آزمایش بودند.

برای استخراج مایه تلقیح، پس از بیرون آوردن بوته‌های گیاه از خاک و شست‌وشوی ریشه‌ها با آب، با قیچی به قطعات یک تا دو سانتی متری خرد شدند و به مدت دو دقیقه همراه با محلول ۱۰٪ هیپوکلریت سدیم (به منظور حل شدن ماده ژلاتینی اطراف تخم‌ها) در بطری تکان داده شدند. بعد از ۲ دقیقه، محتویات بطری را به سرعت از الک‌های ۶۰، ۱۸۰ و ۴۰۰ مش عبور داده و سطح الک مش ۴۰۰ را با آب جاری شسته تا آثار وایتکس از سطح توده تخم از بین برود. در نهایت محتویات الک مش ۴۰۰ به درون بشر انتقال داده شد. برای شمارش تعداد تخم‌ها، با پیپت یک میلی لیتر از سوسپانسیون بدست آمده را به پتری شمارش منتقل و با افزودن چند قطره آب در زیر بینوکولار (با سه تکرار) شمارش انجام شد و به عنوان تعداد تخم در یک میلی لیتر تعیین گردید. برای بدست آوردن جمعیت لارو سن دوم (J₂)، تخم‌های شمارش شده به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در دمای ۲۸ درجه در انکوباتور نگهداری شدند تا تفریح شوند و پس از آن دوباره مورد شمارش قرار گرفتند.

تهیه عصاره‌های گیاهی

عصاره آبی

۵۰ گرم پودر برگ شنبلیله، خرفه، اسطوخودوس و گل گاوزبان به طور جداگانه وزن گردید و در یک لیتر آب مقطر قرار داده شدند. سپس سوسپانسیون محلول روی شیکر مغناطیسی به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت تا مواد در آب حل شوند. آنگاه محلول آماده شده از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد (Abdolmaleki *et al.*, 2011). عصاره بدست آمده، تا زمان استفاده، در آون با دمای کمتر از ۶۰ درجه خشک و در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شد.

$$Rf = \frac{Pf}{Pi} \quad \text{رابطه ۱}$$

غلظت‌های مورد بررسی در پژوهش گلخانه‌ای (۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ ppm از عصاره آبی گیاهان شنبلیله، اسطوخودوس، گل گاوزبان و خرفه) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار بررسی شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS به روش LSD و در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس بررسی اثر غلظت‌ها و نوع عصاره‌های مورد استفاده بر تعداد تخم نماتد در زمان‌های مواجهه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود (جدول ۱). نتایج حاصل نشان داد بین اثر بازدارندگی توسط عصاره گیاهان و غلظت‌های مختلف آنها تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت ($p < 0.01$). در بین عصاره‌های آبی، الکلی و استونی گیاهان مورد مطالعه به ترتیب شنبلیله، اسطوخودوس، گل گاوزبان و خرفه بیشترین بازدارندگی از تفریح تخم نماتد را داشتند (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد در همه گیاهان مورد بررسی و انواع عصاره، بیشترین میزان بازدارندگی به غلظت ۱۰۰۰ ppm اختصاص داشت. در بین انواع عصاره‌ها و غلظت‌های مورد استفاده بیشترین ممانعت از تفریح تخم به ترتیب در عصاره آبی شنبلیله و غلظت ۱۰۰۰ ppm عصاره‌ها مشاهده شد. با وجود آنکه با گذشت زمان تعداد تخم‌های تفریح شده در تمام تیمارها افزایش یافت، ولی میزان افزایش در تیمارهای مختلف متفاوت بود، به نحوی که بیشترین تعداد تخم تفریح نشده در غلظت ۱۰۰۰ ppm عصاره شنبلیله و ۷۲ ساعت پس از شروع آزمایش مشاهده گردید.

۱۰۰۰ از غلظت‌های مختلف عصاره به همراه شاهد (آب مقطر استریل) داخل پتری‌دیش‌های سترون منتقل و به هر پتری‌دیش تعداد ۱۰۰ عدد لارو سن دو اضافه شد و بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت تعداد لاروهای مرده مشاهده شده و ثبت گردید. این بررسی، با استفاده از غلظت‌ها و عصاره گیاهان مختلف و زمان‌های مختلف انجام شد. تیمارها در چهار تکرار و به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی ارزیابی شدند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها به روش کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵٪ انجام شد.

مطالعات گلخانه‌ای

برای بررسی اثر عصاره آبی در غلظت‌های مختلف در کنترل نماتد ریشه گوجه‌فرنگی، پس از گذشت ۷ روز از انتقال نشاء (رقم فلانت) به گلدان‌ها سوسپانسیونی از لارو سن دو (J_2 ; second stage Juveniles) و تخم *M. javanica* تهیه شد و به هر گلدان دو کیلویی ۶۰۰۰ تخم و لارو سن دو در مجاورت ریشه گیاه چهار برگگی مایه‌زنی گردید. در طول آزمایش در نمونه‌های شاهد از آب مقطر استفاده شد. گلدان‌ها در گلخانه با دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری و به طور مرتب آبیاری انجام شد. پس از گذشت دو روز از تلقیح ریشه‌ها با نماتد، عصاره‌های آبی به مقدار ۲۰ میلی‌لیتر به خاک اطراف نشاءها اضافه شد. اضافه کردن عصاره‌های آبی گیاهان دو روز متوالی انجام شد و در مجموع به هر گلدان ۴۰ میلی‌لیتر عصاره آبی اضافه گردید. پس از گذشت ۷۰ روز از تلقیح نماتد، گیاهان از گلدان خارج و شاخص‌های مربوط به نماتد (تعداد گال، تخم و لارو سن دو) در ۲۰۰ گرم از خاک استخراج و اندازه‌گیری شد. فاکتور تولیدمثل (Rf) با استفاده از جمعیت نهایی (Pf) و جمعیت اولیه نماتد (Pi) از طریق رابطه ۱ محاسبه شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس تعداد تخم نماتد ریشه گرهی (*Meloidogyne javanica*) در گوجه فرنگی در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از اعمال تیمار عصاره‌های مختلف خرفه (*Portulaca oleracea*)، گل گاوزبان (*Echium amoenum*)، اسطوخودوس (*Lavandula sublepidota*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)

Table 1. ANOVA of number of nematode *Meloidogyne javanica* eggs in tomato at 24, 48, and 72 hours after application of different extract treatments of *Portulaca oleracea*, *Echium amoenum*, *Lavandula sublepidota*, and *Trigonella foenum-graecum*

| S.O.V. | d.f. | M.S. | | |
|--------------------|------|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | Time after extract application (h) | | |
| | | 24 | 48 | 72 |
| Plant (P) | 3 | 202** | 160** | 144** |
| Extract (E) | 2 | 400** | 1158** | 1206** |
| Concentration (C) | 4 | 1718** | 3089** | 3192** |
| P*E | 6 | 3.1 ^{ns} | 56** | 58** |
| P*C | 12 | 67** | 52** | 52** |
| E*C | 8 | 22** | 29** | 27** |
| P*E*C | 2 | 1.5 ^{ns} | 8.7 ^{ns} | 9.1 ^{ns} |
| Experimental error | 180 | 4.6 | 6.14 | 7.6 |
| C.V. (%) | - | 2.66 | 3.4 | 4.42 |

n.s. and **: non-significant and significant at 1% probability level, respectively

بررسی به ترتیب شنبلیله، اسطوخودوس، گل گاوزبان و خرفه تأثیر بیشتری در مرگ و میر لاروهای سن دوم داشتند. در تمامی تیمارها بیشترین مرگ و میر لارو سن دوم نماتد، ۷۲ ساعت پس از شروع آزمایش و در بین غلظت‌ها، غلظت ۱۰۰۰ ppm بیشترین تأثیر را داشته است. همچنین نتایج نشان داد در بین غلظت عصاره‌های مختلف، غلظت ۱۰۰۰ ppm بیشترین تأثیر را در مقایسه با تیمار شاهد به خود اختصاص داد.

نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌ها و عصاره‌های گیاهی در زمان‌های مواجهه بر درصد کشندگی لارو نماتد نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود (جدول ۳). نتایج حاصل نشان داد بین اثر کشندگی توسط عصاره‌های گیاهان و غلظت‌های مختلف آنها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود داشت ($p < 0.05$). در بین نوع عصاره‌های مورد استفاده، عصاره آبی بیشترین تأثیر را در از بین بردن لارو نماتد داشت و بعد از آن عصاره الکلی و استونی بود (جدول ۴). در بین گیاهان مورد

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد تخم نماتد ریشه گرهی (*Meloidogyne javanica*) در گوجه فرنگی در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از اعمال تیمار عصاره‌های مختلف خرفه

(*Portulaca oleracea*)، گل گاوزبان (*Echium amoenum*)، اسطوخودوس (*Lavandula sublepidota*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)

Table 2. Means comparison of number of nematode *Meloidogyne javanica* eggs in tomato at 24, 48, and 72 hours after application of different extract treatments of *Portulaca oleracea*, *Echium amoenum*, *Lavandula sublepidota*, and *Trigonella foenum-graecum*

| Extrac t | Concentration (ppm) | Time after extract application (h) | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| | | 24 | | | | 48 | | | | 72 | | | |
| | | <i>P.</i> <i>oleracea</i> | <i>E.</i> <i>amoenum</i> | <i>L.</i> <i>sublepidota</i> | <i>T. foenum-</i> <i>graecum</i> | <i>P.</i> <i>oleracea</i> | <i>E.</i> <i>amoenum</i> | <i>L.</i> <i>sublepidota</i> | <i>T. foenum-</i> <i>graecum</i> | <i>P.</i> <i>oleracea</i> | <i>E.</i> <i>amoenum</i> | <i>L.</i> <i>sublepidota</i> | <i>T. foenum-</i> <i>graecum</i> |
| Water | Control | 74.8 ^f | 72.5 ^f | 75.8 ^f | 74.8 ^f | 66.3 ^f | 66.0 ^f | 67.3 ^f | 69.3 ^f | 55.8 ^d | 56.3 ^d | 56.8 ^d | 52.0 ^d |
| | 250 | 76.0 ^f | 75.8 ^{df} | 78.8 ^d | 78.5 ^{df} | 69.8 ^f | 69.8 ^{de} | 72.0 ^{de} | 72.8 ^{de} | 59.8 ^{cd} | 59.8 ^{cd} | 59.5 ^{cd} | 62.8 ^c |
| | 500 | 80.0 ^{cd} | 84.5 ^{cd} | 81.0 ^{cd} | 84.8 ^c | 72.3 ^{df} | 73.5 ^d | 76.3 ^{cd} | 79.5 ^{cd} | 62.0 ^{cd} | 63.5 ^c | 66.3 ^{bc} | 69.5 ^{bc} |
| | 750 | 81.0 ^{cd} | 87.3 ^{bc} | 89.3 ^{bc} | 91.5 ^{ab} | 78.5 ^{cd} | 77.3 ^{cd} | 85.0 ^{bc} | 88.8 ^{ab} | 68.8 ^{bc} | 67.5 ^{bc} | 75.0 ^b | 78.8 ^{ab} |
| | 1000 | 85.3 ^c | 90.5 ^b | 93.5 ^{ab} | 96.3 ^a | 81.3 ^{bc} | 85.8 ^{bc} | 90.0 ^{ab} | 92.8 ^a | 71.3 ^{bc} | 74.0 ^b | 79.5 ^{ab} | 83.5 ^a |
| Ethanol | Control | 73.0 ^f | 72.0 ^f | 75.0 ^f | 73.3 ^f | 65.5 ^f | 63.5 ^f | 62.5 ^f | 63.5 ^f | 55.5 ^d | 53.5 ^d | 53.0 ^d | 53.5 ^d |
| | 250 | 74.8 ^{df} | 74.0 ^f | 76.0 ^f | 76.5 ^{df} | 67.3 ^{ef} | 64.3 ^{ef} | 65.3 ^{ef} | 62.8 ^{ef} | 57.3 ^{cd} | 54.3 ^d | 55.3 ^d | 52.8 ^d |
| | 500 | 77.5 ^{df} | 81.8 ^{cd} | 77.8 ^{df} | 82.0 ^{cd} | 69.5 ^{de} | 75.0 ^{cd} | 68.5 ^e | 66.8 ^{ef} | 59.8 ^{cd} | 64.0 ^c | 58.5 ^d | 56.8 ^d |
| | 750 | 79.5 ^d | 85.3 ^c | 86.3 ^{bc} | 88.0 ^{bc} | 73.5 ^{de} | 80.5 ^c | 81.5 ^{bc} | 81.5 ^{bc} | 64.8 ^c | 70.5 ^{bc} | 69.0 ^{bc} | 71.5 ^{bc} |
| | 1000 | 83.3 ^{cd} | 88.5 ^{bc} | 89.5 ^{bc} | 92.3 ^{ab} | 78.5 ^{cd} | 84.5 ^{bc} | 84.3 ^{bc} | 86.8 ^b | 69.5 ^{bc} | 74.5 ^{bc} | 74.8 ^b | 76.8 ^{ab} |
| Aceton e | Control | 75.8 ^f | 72.0 ^f | 74.5 ^f | 73.8 ^f | 63.8 ^f | 62.0 ^f | 62.5 ^f | 63.5 ^f | 53.8 ^d | 51.8 ^d | 51.8 ^d | 51.0 ^d |
| | 250 | 72.3 ^f | 71.8 ^f | 74.0 ^f | 73.5 ^f | 64.0 ^{ef} | 63.8 ^{ef} | 64.3 ^{ef} | 64.0 ^{ef} | 53.5 ^d | 53.3 ^d | 54.3 ^d | 54.0 ^d |
| | 500 | 75.0 ^{df} | 79.3 ^d | 75.8 ^f | 79.3 ^d | 65.5 ^{ef} | 63.8 ^{ef} | 65.3 ^{ef} | 66.0 ^{ef} | 55.5 ^d | 53.0 ^d | 55.0 ^d | 55.3 ^d |
| | 750 | 77.5 ^{df} | 81.8 ^{cd} | 84.3 ^{cd} | 84.5 ^{cd} | 70.8 ^{de} | 74.3 ^{de} | 75.5 ^{cd} | 77.0 ^{cd} | 58.3 ^{cd} | 64.3 ^c | 64.8 ^{bc} | 66.8 ^c |
| | 1000 | 80.5 ^{cd} | 85.0 ^c | 85.0 ^c | 89.0 ^{bc} | 74.5 ^d | 79.0 ^{cd} | 79.3 ^{cd} | 83.8 ^{bc} | 64.5 ^c | 69.3 ^{bc} | 70.8 ^{bc} | 73.3 ^b |

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

جدول ۳- تجزیه واریانس کشندگی لارو نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne javanica*) در گوجه‌فرنگی در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از اعمال تیمار عصاره‌های مختلف خرفه (*Portulaca oleracea*)، گل‌گاوزبان (*Echium amoenum*)، اسطوخودوس

(*Trigonella foenum-graecum*) و شنبلیله (*Lavandula sublepidota*)

Table 3. ANOVA of mortality of nematode *Meloidogyne javanica* larvae in tomato at 24, 48, and 72 hours after application of different extract treatments of *Portulaca oleracea*, *Echium amoenum*, *Lavandula sublepidota*, and *Trigonella foenum-graecum*

| S.O.V. | d.f. | M.S. | | |
|--------------------|------|------------------------------------|--------------------|--------|
| | | Time after extract application (h) | | |
| | | 24 | 48 | 72 |
| Plant (P) | 3 | 273** | 297** | 542** |
| Extract (E) | 2 | 755** | 649** | 401** |
| Concentration (C) | 4 | 185** | 2143** | 1499** |
| P*E | 6 | 0.14 ^{ns} | 0.56 ^{ns} | 156** |
| P*C | 12 | 24** | 22** | 89** |
| E*C | 8 | 16** | 34** | 48** |
| P*E*C | 24 | 0.19 ^{ns} | 1 ^{ns} | 35** |
| Experimental error | 180 | 224 | 1.6 | 7.4 |
| C.V. (%) | | 6.92 | 4.96 | 5.92 |

^{ns} and ^{**}: non-significant and significant at 1% probability level, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین کشندگی لارو نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne javanica*) در گوجه‌فرنگی در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از اعمال تیمار عصاره‌های مختلف خرفه (*Portulaca oleracea*)، گل‌گاوزبان (*Echium amoenum*)، اسطوخودوس

(*Trigonella foenum-graecum*) و شنبلیله (*Lavandula sublepidota*)

Table 4. Means comparison of mortality of nematode *Meloidogyne javanica* larvae in tomato at 24, 48, and 72 hours after application of different extract treatments of *Portulaca oleracea*, *Echium amoenum*, *Lavandula sublepidota*, and *Trigonella foenum-graecum*

| Extract | Concentration (ppm) | Time after extract application (h) | | | | | | | | | | | |
|---------|---------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | 24 | | | | 48 | | | | 72 | | | |
| | | <i>P. oleracea</i> a | <i>E. amoenum</i> m | <i>L. sublepidota</i> ota | <i>T. foenum-graecum</i> | <i>P. oleracea</i> a | <i>E. amoenum</i> m | <i>L. sublepidota</i> ota | <i>T. foenum-graecum</i> | <i>P. oleracea</i> a | <i>E. amoenum</i> m | <i>L. sublepidota</i> ota | <i>T. foenum-graecum</i> |
| Water | Control | 8.3 ⁱ | 8.3 ⁱ | 7.8 ⁱ | 8.5 ⁱ | 16.0 ^g | 16.0 ^g | 16.3 ^g | 16.3 ^g | 36.0 ^d | 36.0 ^d | 36.3 ^d | 36.3 ^d |
| | 250 | 13.0 ^{fg} | 16.3 ^{ef} | 18.5 ^{de} | 20.5 ^d | 18.0 ^{ef} | 26.3 ^{de} | 28.5 ^{dc} | 30.5 ^{fed} | 40.0 ^{cd} | 46.3 ^{cd} | 48.5 ^{bc} | 49.3 ^{bc} |
| | 500 | 16.5 ^{ef} | 19.5 ^{de} | 20.5 ^d | 23.0 ^c | 19.5 ^{de} | 29.5 ^{cd} | 33.0 ^{bc} | 33.0 ^{bc} | 41.5 ^{cd} | 48.0 ^{bc} | 53.0 ^b | 53.0 ^{ab} |
| | 750 | 21.3 ^{cd} | 23.0 ^{cd} | 25.3 ^{bc} | 25.8 ^{ab} | 31.3 ^{cd} | 32.5 ^c | 35.3 ^{bc} | 35.8 ^b | 46.0 ^{bc} | 51.0 ^{bc} | 55.3 ^b | 58.0 ^{ab} |
| | 1000 | 23.3 ^c | 25.0 ^{bc} | 27.3 ^{ab} | 29.8 ^a | 33.3 ^{bc} | 35.0 ^{bc} | 37.3 ^{ab} | 39.8 ^a | 50.3 ^{bc} | 55.8 ^{ab} | 57.3 ^{ab} | 60.3 ^a |
| Ethanol | Control | 8.3 ⁱ | 7.0 ⁱ | 7.0 ⁱ | 7.5 ⁱ | 16.0 ^g | 16.3 ^g | 16.3 ^g | 16.3 ^g | 36.3 ^d | 36.0 ^d | 36.3 ^d | 36.3 ^d |
| | 250 | 9.0 ^{gh} | 13.3 ^{fg} | 15.5 ^{ef} | 17.5 ^e | 19.0 ^{fg} | 23.3 ^{ef} | 25.5 ^e | 27.5 ^{de} | 41.0 ^d | 43.0 ^c | 45.5 ^{bc} | 47.5 ^{bc} |
| | 500 | 13.0 ^{fg} | 16.5 ^{ef} | 17.5 ^e | 20.0 ^{de} | 23.0 ^{ef} | 26.5 ^{de} | 27.5 ^{de} | 30.0 ^{cd} | 42.0 ^d | 46.5 ^{bc} | 47.5 ^{bc} | 50.0 ^{bc} |
| | 750 | 18.3 ^{de} | 20.0 ^{bc} | 22.3 ^{cd} | 22.8 ^{cd} | 28.3 ^{df} | 30.0 ^{cd} | 32.3 ^c | 32.8 ^{bc} | 42.5 ^{bc} | 50.0 ^{bc} | 52.3 ^{bc} | 52.8 ^{ab} |
| | 1000 | 20.3 ^d | 22.0 ^{cd} | 24.5 ^{bc} | 26.8 ^b | 30.3 ^{cd} | 32.0 ^c | 34.5 ^{bc} | 36.8 ^{ab} | 43.5 ^{bc} | 52.0 ^{bc} | 54.5 ^{ab} | 56.8 ^{ab} |
| Acetone | Control | 6.0 ⁱ | 5.8 ⁱ | 5.3 ⁱ | 5.5 ⁱ | 16.0 ^g | 15.8 ^g | 15.3 ^g | 15.5 ^g | 36.0 ^d | 35.8 ^d | 35.3 ^d | 36.3 ^d |
| | 250 | 6.0 ^{hi} | 9.0 ^{gh} | 11.5 ^g | 13.3 ^{fg} | 16.0 ^g | 19.0 ^{fg} | 21.5 ^f | 23.3 ^{ef} | 36.0 ^d | 40.5 ^{cd} | 41.3 ^{cd} | 44.0 ^c |
| | 500 | 9.5 ^{gh} | 12.5 ^{fg} | 13.5 ^{fg} | 16.0 ^{ef} | 19.5 ^f | 22.5 ^{ef} | 23.5 ^{ef} | 26.0 ^{de} | 37.0 ^d | 41.3 ^{cd} | 43.0 ^c | 46.3 ^{bc} |
| | 750 | 14.3 ^f | 16.0 ^{ef} | 18.3 ^{de} | 18.8 ^{de} | 24.3 ^{ef} | 26.0 ^{cd} | 28.3 ^d | 28.8 ^d | 44.3 ^c | 45.8 ^{bc} | 48.5 ^{bc} | 48.5 ^{bc} |
| | 1000 | 16.5 ^{ef} | 18.0 ^{de} | 20.3 ^d | 22.8 ^{cd} | 26.5 ^{de} | 28.0 ^{cd} | 32.8 ^{bc} | 32.8 ^{bc} | 46.5 ^{bc} | 48.0 ^{bc} | 53.5 ^{bc} | 53.8 ^b |

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

باعث شدند.

نتایج حکایت از وجود اثر معنی‌دار برهم‌کنش گونه گیاهی و غلظت عصاره آبی بر تعداد نماتد در خاک داشت (جدول ۵). به طوری که بیشترین تعداد نماتد در خاک به تیمار شاهد آلوده تعلق داشت (جدول ۶). عصاره آبی گیاهان مختلف باعث کاهش معنی‌دار تعداد نماتد در خاک شد و مشترکاً با گیاه شنبلیله و خرفه و غلظت ۱۰۰۰ ppm اثر کاهندگی بالایی به خود اختصاص دادند، همچنین با کاهش غلظت عصاره آبی، در همه گیاهان تعداد نماتد در خاک روند افزایشی نشان داد (جدول ۶).

یکی از شاخص‌های اصلی بیماری‌زایی نماتد ریشه گرهی، ایجاد گال روی ریشه است. میانگین تعداد گال در واحد وزن ریشه در تیمارهای مختلف این بررسی تفاوت معنی‌دار داشتند ($p < 0.01$). به نحوی که بیشترین تعداد گال در تیمار شاهد آلوده به نماتد و تیمار شده با آب مقطر استریل و کمترین آن در تیمار شنبلیله مشاهده شد (جدول ۶). به عبارت دیگر، عصاره گیاه شنبلیله تشکیل گال توسط نماتد را به صورت معنی‌داری کاهش داده بود. بعد از شنبلیله، اسطوخودوس، گل گاوزبان و خرفه به ترتیب بیشترین ممانعت از تشکیل گال روی ریشه گوجه‌فرنگی را

جدول ۵- تجزیه واریانس تعداد گال در ریشه، تعداد نماتد در خاک، تعداد کیسه تخم روی ریشه، تعداد تخم درون کیسه تخم، فاکتور تولیدمثل و جمعیت نهایی نماتد ریشه گرهی در گوجه فرنگی پس از اعمال غلظت‌های مختلف عصاره آبی خرفه (*Portulaca oleracea*).

گل گاوزبان (*Echium amoenum*)، اسطوخودوس (*Lavandula sublepidota*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)

Table 5. ANOVA of number of galls per roots, number of nematodes in soil, number of egg sacs on roots, number of eggs in egg sacs, reproduction factor, and final nematode population of nematode *Meloidogyne javanica* in tomato after application of different water extract concentrations of *Portulaca oleracea*, *Echium amoenum*, *Lavandula sublepidota*, and *Trigonella foenum-graecum*

| S.O.V. | d.f. | M.S. | | | | | |
|--------------------|------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | Number of galls per roots | Number of nematodes per soil | Number of egg sacs on roots | Number of eggs in egg sacs | Reproduction factor | Final nematode population |
| Plant (P) | 3 | 534** | 188313** | 437** | 13347** | 0.47** | 1883** |
| Concentration (C) | 5 | 1077** | 13102300** | 1293** | 174346** | 1087** | 13102300** |
| P*C | 15 | 60** | 45303** | 50** | 2247** | 0.12** | 4530389** |
| Experimental error | 72 | 4.8 | 11019 | 4.9 | 343 | 0.03 | 11019 |
| C.V. (%) | | 17.7 | 6.87 | 16.89 | 12.31 | 7.19 | 6.87 |

** : significant at 1% probability level.

بیشترین اثر کاهندگی را بر دو صفت مذکور داشت (جدول ۷).

نتایج نشان داد اثر گونه گیاهی و غلظت بر فاکتور تولیدمثل و اثر برهم‌کنش گونه گیاهی و غلظت عصاره آبی بر جمعیت نهایی نماتد معنی‌دار بود (جدول ۵). با افزایش غلظت عصاره آبی گونه‌های مختلف گیاهی، فاکتور تولیدمثل و جمعیت نهایی نماتد روند کاهشی نشان دادند (جدول ۸). عصاره آبی شنبلیله با غلظت ۱۰۰۰ ppm بیشترین اثر کاهشی بر فاکتور تولیدمثل و جمعیت نهایی نماتد را به خود اختصاص داد و بعد از آن به ترتیب خرفه، اسطوخودوس و گاوزبان قرار داشتند (جدول ۸).

برهم‌کنش گونه گیاه و غلظت مورد استفاده عصاره آبی اثر معنی‌داری بر تعداد کیسه تخم روی ریشه و تعداد تخم درون کیسه‌های تخم داشت (جدول ۵). نتایج نشان داد کاربرد عصاره آبی گیاهان مختلف باعث کاهش معنی‌دار تعداد کیسه تخم نماتد در ریشه و تعداد تخم در کیسه‌های تخم شد (جدول ۷). همچنین نتایج نشان داد با افزایش غلظت عصاره آبی گونه‌های مختلف گیاهی، تعداد کیسه تخم و تعداد تخم درون کیسه روند کاهشی نشان داد، به نحوی که کمترین تعداد کیسه تخم و تخم درون کیسه به غلظت ۱۰۰۰ ppm تعلق داشت و در بین گونه‌های گیاهی نیز شنبلیله

جدول ۶- مقایسه میانگین تعداد گال در ریشه، تعداد نماتد در خاک، تعداد کیسه تخم روی ریشه، تعداد تخم درون کیسه تخم، فاکتور تولیدمثل و جمعیت نهایی نماتد ریشه گرهی در گوجه فرنگی پس از اعمال غلظت‌های مختلف عصاره آبی خرفه (*Portulaca oleracea*).

گل گاوزبان (*Echium amoenum*)، اسطوخودوس (*Lavandula sublepidota*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)

Table 6. Means comparison of number of galls per roots, number of nematodes in soil, number of egg sacs on roots, number of eggs in egg sacs, reproduction factor, and final nematode population of nematode *Meloidogyne javanica* in tomato after application of different water extract concentrations of *Portulaca oleracea*, *Echium amoenum*, *Lavandula sublepidota*, and *Trigonella foenum-graecum*

| Plant | Concentration (ppm) | Number of galls per roots | Number of nematodes per soil | Number of egg sacs on roots | Number of eggs in egg sacs | Reproduction factor | Final nematode population |
|--------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|
| <i>P. oleracea</i> | 0 | 23 ^a | 2625 ^a | 23 ^a | 270 ^a | 3.9 ^a | 23300 ^a |
| | 250 | 23 ^a | 2075 ^b | 22 ^b | 250 ^b | 3.5 ^b | 20750 ^b |
| | 500 | 19.8 ^{ab} | 1875 ^{bc} | 21.8 ^b | 222.5 ^{bc} | 3.1 ^{bc} | 18750 ^{bc} |
| | 750 | 19 ^b | 1462.5 ^{cd} | 18 ^{bc} | 170 ^{cd} | 2.4 ^d | 14625 ^d |
| | 1000 | 18 ^b | 1250 ^d | 16 ^c | 125 ^{de} | 2.0 ^{de} | 12500 ^{de} |
| | Control | 0 ^d | 0 ^e | 0 ^e | 0 ^f | 0 ^f | 0 ^f |
| | 0 | 23.3 ^a | 2600 ^a | 23.1 ^a | 271 ^a | 3.9 ^a | 23100 ^a |
| <i>E. amoenum</i> | 250 | 20.5 ^{ab} | 1850 ^b | 19.5 ^{bc} | 220 ^{bc} | 3.0 ^{bc} | 18500 ^{bc} |
| | 500 | 18.3 ^b | 1760 ^c | 18 ^{bc} | 207.5 ^{bc} | 2.9 ^c | 17600 ^c |
| | 750 | 14.3 ^{bc} | 1617.5 ^c | 16.25 ^c | 135 ^d | 2.7 ^{cd} | 16175 ^{cd} |
| | 1000 | 13.5 ^{bc} | 1537.5 ^{cd} | 12.75 ^c | 105 ^{de} | 2.4 ^{de} | 15375 ^{cd} |
| | Control | 0 ^d | 0 ^e | 0 ^e | 0 ^e | 0 ^f | 0 ^f |
| | 0 | 23.1 ^a | 2675 ^a | 23.4 ^a | 273 ^a | 3.9 ^a | 23410 ^a |
| | 250 | 10.5 ^c | 1730 ^{cd} | 12.5 ^c | 162.5 ^{cd} | 2.9 ^c | 17300 ^c |
| <i>L. sublepidota</i> | 500 | 9 ^c | 1635 ^c | 10 ^{cd} | 142.5 ^{cd} | 2.7 ^{cd} | 16350 ^{cd} |
| | 750 | 7 ^{cd} | 1525 ^{cd} | 7.8 ^{cd} | 107.5 ^{de} | 2.7 ^{cd} | 15250 ^{cd} |
| | 1000 | 5.5 ^{cd} | 1417.5 ^{cd} | 6.8 ^d | 82.5 ^e | 2.4 ^{de} | 14175 ^{de} |
| | Control | 0 ^d | 0 ^e | 0 ^e | 0 ^f | 0 ^f | 0 ^f |
| <i>T. foenum-graecum</i> | 0 | 23.2 ^a | 2675 ^a | 23.2 ^a | 274 ^a | 3.8 ^a | 23200 ^a |
| | 250 | 10 ^c | 1650 ^c | 9.3 ^{cd} | 182.5 ^c | 2.8 ^{cd} | 16500 ^{cd} |
| | 500 | 6.5 ^{cd} | 1575 ^{cd} | 6.8 ^d | 125 ^{de} | 2.6 ^{cd} | 15750 ^{cd} |
| | 750 | 2 ^d | 1350 ^d | 3.5 ^d | 85 ^e | 2.2 ^{de} | 13500 ^{de} |
| | 1000 | 2 ^d | 1175 ^d | 2.8 ^d | 60 ^e | 1.95 ^e | 11750 ^e |
| | Control | 0 ^d | 0 ^e | 0 ^e | 0 ^f | 0 ^f | 0 ^f |

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

In concentration column: 0 means no extract + nematode and control means no extract + no nematode.

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne javanica*) بر شاخص‌های رشد و نمو گیاه گوجه‌فرنگی پس از اعمال غلظت‌های مختلف عصاره آبی خرفه (*Portulaca oleracea*)، گل‌گاوزبان (*Echium amoenum*)، اسطوخودوس (*Lavandula*)

(*sublepidota*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)

Table 7. ANOVA of nematode *Meloidogyne javanica* effects on tomato growth and development indices after application of different water extract concentrations of *Portulaca oleracea*, *Echium amoenum*, *Lavandula sublepidota*, and *Trigonella foenum-graecum*

| S.O.V. | d.f. | M.S. | | | | | |
|--------------------|------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------|
| | | Root dry weight | Stem dry weight | Root fresh weight | Stem fresh weight | Stem length | Root length |
| Plant (P) | 3 | 1.84** | 3.52** | 8.21** | 21.31** | 432.1** | 13.71** |
| Concentration (C) | 5 | 31.4** | 34.51** | 97.37** | 296.67** | 558.1** | 356.76** |
| P*C | 15 | 0.42** | 0.77** | 1.74** | 7.37** | 49.72** | 2.9** |
| Experimental error | 72 | 0.06 | 0.08 | 0.28 | 0.8 | 3.39 | 1.4 |
| C.V. (%) | | 10.31 | 6.79 | 7.82 | 6.71 | 4.73 | 10.28 |

** : significant at 1% probability level.

جدول ۸- مقایسه میانگین تأثیر نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne javanica*) بر شاخص‌های رشد و نمو گیاه گوجه‌فرنگی پس از اعمال غلظت‌های مختلف عصاره آبی خرفه (*Portulaca oleracea*)، گل‌گاوزبان (*Echium amoenum*)، اسطوخودوس (*Lavandula*)

(*sublepidota*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)

Table 8. Means comparison of nematode *Meloidogyne javanica* effects on tomato growth and development indices after application of different water extract concentrations of *Portulaca oleracea*, *Echium amoenum*, *Lavandula sublepidota*, and *Trigonella foenum-graecum*

| Plant | Concentration (ppm) | Root dry weight (g) | Stem dry weight (g) | Root fresh weight (g) | Stem fresh weight (g) | Stem length (cm) | Root length (cm) |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| <i>P. oleracea</i> | 0 | 1.5 ^a | 3.1 ^f | 9.5 ^a | 21.1 ^e | 430.1 ^d | 13.7 ^d |
| | 250 | 3.4 ^b | 3.7 ^f | 9.5 ^a | 10.4 ^{de} | 29.3 ^d | 6.6 ^d |
| | 500 | 2.8 ^{bc} | 3.1 ^{ef} | 8.4 ^b | 11.1 ^d | 30.1 ^d | 8.2 ^{cd} |
| | 750 | 2.3 ^{cd} | 3.4 ^{ef} | 6.7 ^{cd} | 11.7 ^d | 32.8 ^d | 10.8 ^{cd} |
| | 1000 | 1.9 ^{de} | 4.5 ^d | 5.8 ^{cd} | 11.9 ^d | 38.3 ^c | 14.0 ^b |
| | Control | 1.3 ^e | 6.5 ^a | 4.3 ^e | 18.3 ^a | 49.9 ^a | 16.6 ^a |
| <i>E. amoenum</i> | 0 | 4.6 ^a | 2.6 ^f | 9.6 ^a | 8.3 ^e | 29.1 ^d | 6.9 ^d |
| | 250 | 2.8 ^c | 3.2 ^{ef} | 9.7 ^a | 10.4 ^{de} | 29.3 ^d | 7.5 ^d |
| | 500 | 2.1 ^{cd} | 3.3 ^{ef} | 7.3 ^{bc} | 10.9 ^d | 31.6 ^d | 9.0 ^{cd} |
| | 750 | 1.8 ^{de} | 4.2 ^{de} | 5.9 ^{cd} | 12.8 ^{cd} | 37.2 ^{cd} | 12.6 ^{bc} |
| | 1000 | 1.7 ^{de} | 5.2 ^{cd} | 4.9 ^{de} | 13.9 ^{cd} | 40.9 ^c | 14.6 ^b |
| | Control | 1.2 ^e | 6.4 ^a | 4.0 ^e | 18.3 ^a | 51.6 ^a | 17.0 ^a |
| <i>L. sublepidota</i> | 0 | 4.5 ^a | 2.6 ^f | 9.7 ^a | 8.3 ^e | 29.4 ^d | 6.1 ^d |
| | 250 | 2.3 ^{cd} | 3.6 ^e | 8.5 ^b | 10.4 ^{de} | 33.5 ^d | 7.5 ^d |
| | 500 | 1.8 ^{de} | 4.0 ^{de} | 6.9 ^c | 10.9 ^d | 38.5 ^c | 8.5 ^d |
| | 750 | 1.8 ^{de} | 4.7 ^{cd} | 5.2 ^d | 14.3 ^c | 40.0 ^c | 14.5 ^b |
| | 1000 | 1.5 ^{de} | 5.6 ^{bc} | 4.3 ^{de} | 16.5 ^d | 45.8 ^b | 17.0 ^{ab} |
| | Control | 1.2 ^e | 6.4 ^a | 4.0 ^e | 18.3 ^a | 49.8 ^a | 17.6 ^a |
| <i>T. foenum-graecum</i> | 0 | 4.6 ^a | 2.4 ^f | 9.5 ^a | 7.9 ^e | 29.7 ^d | 7.9 ^d |
| | 250 | 2.1 ^{cd} | 3.7 ^e | 7.0 ^c | 10.6 ^d | 43.0 ^{bc} | 6.9 ^d |
| | 500 | 1.6 ^{de} | 4.6 ^{cd} | 6.3 ^{cd} | 13.6 ^{cd} | 46.2 ^b | 8.5 ^{cd} |
| | 750 | 1.3 ^e | 5.2 ^c | 4.8 ^d | 17.1 ^b | 48.9 ^{ab} | 14.1 ^b |
| | 1000 | 1.1 ^e | 6.0 ^b | 4.0 ^{de} | 17.9 ^{ab} | 49.7 ^{ab} | 17.0 ^{ab} |
| | Control | 1.1 ^e | 6.4 ^a | 4.0 ^e | 18.5 ^a | 49.9 ^a | 17.8 ^a |

In each column, means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (LSD test).

In concentration column: 0 means no extract + nematode and control means no extract + no nematode.

مرگ و میر لارو نماتد ریشه گرهی بررسی کرده و به نتایج مشابهی دست یافتند.

نتایج این مطالعه نشان داد با افزایش غلظت عصاره آبی گیاهان مختلف، تعداد گال در ریشه و تعداد نماتد در خاک روند کاهشی نشان داد و در این بین بیشترین اثر کاهندگی بر دو صفت مذکور را عصاره آبی گیاه شنبلیله نشان داد. در تحقیق دیگری نیز با بررسی اثر کود سبز گزنه روی نماتد ریشه گرهی نتایج مشابهی گرفتند (Ghobadi et al., 2018). این ممانعت می‌تواند ناشی از تأثیر مستقیم عصاره روی لارو و تخم نماتد و یا به‌طور غیرمستقیم از طریق فراهم نمودن شرایط مناسب برای رشد گوجه‌فرنگی و دفاع در مقابل حمله نماتد باشد. Katooli و همکاران (۲۰۱۰) با بکارگیری عصاره آبی برگ‌های درمنه و کرچک به خوبی کاهش تعداد گال و جمعیت نماتد را در گیاهان خیار آلوده مشاهده کردند. Sohaili و همکاران (۲۰۱۱) نیز با بررسی اثرهای چند گیاه از جنس Brassica روی بستر رویشی گوجه‌فرنگی به نتایج مشابهی دست یافتند.

Caboni و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند عصاره اندام‌های هوایی گل جعفری مانع رشد نماتدهای *M. javanica* شد و در شرایط آزمایشگاهی ممانعت از تفریح تخم نماتدها را موجب شد. گل جعفری فرانسوی (*Tagetes patula* L.) و نوع آفریقایی آن (*T. erecta* L.) دو گونه از هفت گونه گیاهی بودند که آلودگی‌های نماتد ریشه گرهی را در طول یک دوره ۸۰ روزه در گیاهان زینتی یک‌ساله کاهش دادند (Wang et al., 2007). Onifade و همکاران (۲۰۰۸) اثر اسانس دو گیاه (*Haplophyllum tuberculatum*) و (*Plectranthus cylindceraus*) را بر نماتد ریشه گرهی (*M. javanica* و *M. incognita*) در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد که هر دو گیاه قادر به کنترل نماتد هستند.

در این مطالعه کاربرد عصاره آبی چهار گیاه دارویی خرفه، گاوزبان، اسطوخودوس و شنبلیله باعث کاهش فاکتور تولیدمثلی و کاهش جمعیت نهایی نماتد شد، همچنین افزایش غلظت عصاره آبی اثر بازدارندگی بر فاکتور

اثر برهم‌کنش گونه گیاهی و غلظت عصاره آبی بر وزن خشک ریشه و شاخساره گوجه‌فرنگی معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین وزن خشک ریشه و اندام هوایی نشان‌دهنده افزایش وزن خشک ریشه و کاهش وزن شاخساره در تیمارهای آلوده به نماتد بود (جدول ۸). همچنین غلظت‌های مختلف عصاره اختلاف معنی‌داری با شاهد آلوده داشت و به‌طور کلی افزایش غلظت عصاره سبب افزایش وزن خشک شاخساره و کاهش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد آلوده گردید. در میان تیمارهای آلوده به نماتد، کمترین میزان وزن ریشه در تیمار شنبلیله با غلظت ۱۰۰۰ ppm مشاهده شد، در حالی که بیشترین میزان وزن ریشه در تیمار گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مشاهده گردید. همچنین تیمار ۱۰۰۰ ppm شنبلیله در میان تیمارهای مورد بررسی، بیشترین وزن شاخساره را نیز داشت.

بحث

در این آزمایش عصاره آبی، الکلی و استونی گیاهان دارویی مورد بررسی باعث کاهش تفریح تخم نماتد و کاهش لارو نماتد در زمان‌های مختلف شد و در این بین غلظت ۱۰۰۰ ppm عصاره‌های مختلف بیشترین اثر بازدارندگی را داشت. مشابه نتایج این آزمایش، تحقیقی روی اثر بازدارندگی گیاهان نعناع وحشی و زردچوبه بر تفریح تخم نماتد *Meloidogyne incognita* بیان‌کننده اثر نماتدکشی غلظت‌های مختلف این گیاهان و بیشتر شدن این اثر با افزایش غلظت بود (Abtahi & Koshy et al., 2005). Bakooie, 2017). در بررسی، اثر نماتدکشی چهار گیاه دارویی (زیره سبز، زیره سیاه، زنیان و رازیانه) از خانواده چتریان علیه نماتد ریشه گرهی مشاهده گردید، عصاره‌های همه این گیاهان موجب ممانعت از تفریح تخم نماتد شد (Sadeghi et al., 2012). آزمایش‌های Ntalli و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان داد عصاره گیاه *Melia azedarach* در کنترل نماتد ریشه گرهی مؤثر بود. Heydari و همکاران (۲۰۱۱) نیز عصاره آبی دو گیاه فریون و کرچی را روی

می‌گردد (Anderson et al., 2009). در میان تیمارهای آلوده به نماتد، کمترین میزان وزن تر ریشه در تیمار شنبلیله غلظت ۱۰۰۰ ppm مشاهده شد، با وجود تعداد گال محدود و بسیار ریز روی ریشه، قابل توجیه است. یکی از علائم بارز آلودگی گیاه به نماتد ریشه گرهی، کاهش تعداد برگ می‌باشد. کمترین میزان وزن تر اندام هوایی نیز در تیمار گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مشاهده شد که بخش عمده این کاهش ناشی از مصرف مواد غذایی توسط نماتد در ریشه و بخشی نیز ناشی از ریزش و یا کاهش تعداد برگ‌ها بوده است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که نتایج حاصل از آزمایش‌های گلخانه‌ای حکایت از تأثیرات مشهود عصاره‌های آبی چهار گیاه دارویی (شنبلیله، اسطوخودوس، گل‌گاوزبان و خرفه) بر کنترل نماتد ریشه گرهی داشت. همچنین بررسی نتایج مربوط به ارزیابی شاخص‌های رشد و نمو نشان داد میانگین تعداد گال در واحد وزن ریشه در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار داشتند. در تیمار شنبلیله تعداد محدودی گال روی ریشه‌ها مشاهده شد. به عبارت دیگر، عصاره شنبلیله، تشکیل گال توسط نماتد را به شدت کاهش داده است. بعد از شنبلیله، اسطوخودوس و گل‌گاوزبان و خرفه به ترتیب بیشترین ممانعت از تشکیل گال روی گوجه‌فرنگی را باعث شدند. همچنین کمترین لارو سن دوم در ۲۰۰ گرم خاک و تعداد توده تخم در یک گرم ریشه و تعداد تخم در هر توده تخم مربوط به تیمار شنبلیله و بیشترین مقدار این صفات مربوط به تیمار گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد بود. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های رشد و نمو نماتد نشان داد که شنبلیله بیشترین تأثیر مثبت را بر کنترل نماتد ریشه گرهی داشته است و تیمار اسطوخودوس، گل‌گاوزبان و خرفه به ترتیب در درجات بعدی قرار گرفتند.

تولید مثلی و جمعیت نهایی را تشدید کرد. نتایج مشابهی در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است، برای نمونه، اثر فرآورده‌های مختلف میخک هندی روی مراحل تخم و لارو سن دو نماتد ریشه گرهی *M. javanica* در شرایط آزمایشگاهی و در شرایط گلدانی اثر حفاظت‌کنندگی اسانس آن در کنترل این نماتد بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده ظرفیت بالایی برای کاربرد آن در کنترل نماتد بوده است (Sadeghi & Mahdikhani Moghadam, 2012). در مطالعه‌ای اثر آنتاگونیستی چهار گونه گیاه ریحان، خرفه، آویشن باغی و همیشه‌بهار بر فعالیت *M. javanica* در ریزوسفر خیار رقم سلطان بررسی شد؛ نتایج نشان داد اثر متقابل گیاه آنتاگونیست و رقم، تفاوت معنی‌داری با شاهد داشته است و به‌طور معنی‌داری تعداد گال، ماده بالغ و جمعیت نماتد را در خاک و ریشه هر بوته نسبت به شاهد کاهش داده است (Abdollahi & Ghazalbash, 2011). (Vahidian et al., 2011) با کاشت گیاهان گوجه‌فرنگی در گلدان‌های حاوی عصاره آبی و بودر گیاه جویبل و آویشن شیرازی، دریافتند تعداد گره و تخم نماتد به صورت معنی‌داری کاهش یافت و این دو گیاه قادر به کنترل نماتد ریشه گرهی *M. javanica* هستند.

نتایج نشان داد وزن خشک ریشه افزایش و وزن خشک شاخساره در تیمارهای آلوده به نماتد کاهش یافت. ترشحات غدد مری لاروهای سن دوم نماتد حاوی پروتئاز می‌باشد که باعث شکستن پروتئین‌های گیاه میزبان به اسیدهای آمینه می‌شود. تجمع اسیدهای آمینه به‌ویژه تریپتوفان که پیش‌نیاز تولید ایندول استیک اسید است، موجب افزایش تولید اکسین و عدم تعادل هورمونی در محل تغذیه نماتد و ایجاد گال می‌گردد. تولید گال و افزایش ریشه‌های فرعی در واکنش به حمله نماتدهای ریشه گرهی منجر به افزایش وزن ریشه در تیمارهای آلوده به نماتد

References

- Abdolmaleki, M., Bahraminejad, S., Salari, M., Abbasi, S. and Panjeke, N., 2011. Antifungal Activity of Peppermint (*Mentha piperita* L.) on Phytopathogenic Fungi. *Journal of Medicinal Plants*, 2(38): 26-34.
- Abtahi, F. and Bakooie, M., 2017. Medicinal plant diseases caused by nematodes: 329-344, In: Ghorbanpour M. and Varma A., (Eds.). *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Switzerland, Springer, 426p.
- Anderson, R.C., Chabaud, A.G. and Willmott, S., 2009. Keys to the nematode parasites of vertebrates: archival volume. *Parasites Vectors* 2, Cabi digitallibrary, 463p.
- Azhar, R.M., Ahmad, F. and Seddiqu, M., 2007. Bio efficacy of some botanical extracts for the management of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in *Lycopersicon sculentum*. *National Journal of Life Science*, 4(1): 101-104.
- Caboni, P., Saba, M., Oplos, C., Aissani, N., Maxia, A., Menkissoglu-Spiroudi, U., Casu, L. and Ntalli, N., 2015. Nematicidal activity of furanocoumarins from parsley against *Meloidogyne* spp. *Pest Management Science*, 71(8), 1099-1105.
- Collins, E.J., Bowyer, C., Tsouza, A. and Chopra, M., 2022. Tomatoes: An extensive review of the associated health impacts of tomatoes and factors that can affect their cultivation. *Biology*, 11(2): 239.
- Damadzadeh, M., 2007. *Nematology in agriculture* (first edition). Isfahan Andisheh Gostar Publications, 208p.
- Elling, A.A., 2013. Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. *Phytopathology*, 103(11): 1092-1102.
- Ghazalbash, N. and Abdollahi, M., 2014. 'Inhibition effect of *Zataria multiflora* Boiss. and *Ferulago angulata* (Schlecht.) Boiss. on tomato root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) in greenhouse condition'. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 29(4): 842-853.
- Ghobadi, N., Rakhshanderoo, F. and Saeedi Zadeh, A., 2018. Study on the control effect of fennel (*Foeniculum vulgare*) and stinging nettle leaf (*Urtica dioica*) extract against root knot nematode in cucumber plant. *Applied Entomology and Phytopathology*, 85(2): 167-180.
- Heydari, M., Sodaizadeh, H., Shakeri, M. and Hokmi Meybodi, M. H., 2011. Investigating the nematicidal properties of two plants, Karchich and Ferfion, on cucumber root tuber nematode *Meloidogyne javanica* in laboratory conditions. Summary of articles of the 20th Iranian Herbal Medicine Congress, 26-29 August, Shiraz, 744.
- Huang, X., Zhao, N. and Zhang, K., 2004. Extracellular enzymes serving as virulence factors in nematophagous fungi involved in infection of the host. *Research in Microbiology*, 155(10): 811-816.
- Hussey, R.S. and Janssen, G.J.W., 2002. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species. In *Plant resistance to parasitic nematodes* (Cabi digitallibrary), 43-70.
- Katooli, N., Mahdikhani Moghadam, E. and Maghsodlu, R., 2010. Effect of leaf extracts of sweet wormwood and castor bean in reducing population of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on cucumber. *Journal Of Agroecology*, 2(4): 587-592.
- Khoyi, T., 2008. Identification of root-knot nematode on Maryam flower in Khuzestan province and its biological control by antagonistic plants. Master thesis. Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
- Koshy, P.K., Eapen, S.J. and Rakesh Pandey, R.P., 2005. Nematode parasites of spices, condiments and medicinal plants. In *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (Cabi digitallibrary), 751-791.
- Linfoord, M.B., Yap, F. and Oliveira, J.M., 1938. Reduction of soil populations of the root-knot nematode during decomposition of organic matter. *Soil Science*, 45(2): 127-142.
- Mulugeta, T., Muhinyuza, J.B., Gouws-Meyer, R., Matsaunyane, L., Andreasson, E. and Alexandersson, E., 2020. Botanicals and plant strengtheners for potato and tomato cultivation in Africa. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2): 406-427.
- Ntalli, N., Monokrousos, N., Rumbos, C., Kontea, D., Zioga, D., Argyropoulou, M.D., Menkissoglu-Spiroudi, U. and Tsiropoulos, N.G., 2018. Greenhouse biofumigation with *Melia azedarach* controls *Meloidogyne* spp. and enhances soil biological activity. *Journal of Pest Science*, 91: 29-40.
- Onifade, A.K., Fatope, M.O., Deadman, M.L. and Al-Kindy, S.M., 2008. Nematicidal activity of *Haplophyllum tuberculatum* and *Plectranthus cylindraceus* oils against *Meloidogyne javanica*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 36(9): 679-683.
- Oka, Y., Nacar, S., Putievsky, E., Ravid, U., Zohara, Y. and Spiegel, Y., 2000. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. *Phytopathology*, 90: 710-715.
- Panno, S., Davino, S., Caruso, A.G., Bertacca, S., Crnogorac, A., Mandić, A., Noris, E. and Matić, S., 2021. A review of the most common and economically important diseases that undermine the

- cultivation of tomato crop in the mediterranean basin. *Agronomy*, 11(11): 2188.
- Park, I.K., Kim, L.S., Choi, I.H., C.S. and Shin, S.C., 2005. Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamom umverum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology*, 7: 767-774.
 - Sadeghi, Z. and Mahdikhani Moghadam, E., 2012. Effects of plant products of clove (*Eugenia caryophyllata*) for controlling root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. *Applied Entomology and Phytopathology*, 80(1): 23-32.
 - Sadeghi, Z., Mahdikhani Moghadam, E. and Azizi, M., 2012. Evaluation of plant products to control *Meloidogyne javanica* on tomato. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 48(2): 155-163.
 - Sharon, E., Chet, I.K., Leifeld, O. and Spiegel, Y., 2001. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Biological control*, 91: 687-693.
 - Sohaili, A., Saidizadeh, A. and Eskandari, A., 2011. Investigating the effect of Brassica plants on *Meloidogyne javanica* root knot nematodes on tomato. Summary of the papers of the 20th Iran Botanical Congress, 26-29 August, Shiraz University, 670.
 - Vahidian, N., Saidizadeh, A. and Eskandari, A., 2011. Control effect of some plants on the activity of root knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) in cucumber rhizosphere under greenhouse conditions. Summary of the papers of the 20th Iran Botanical Congress, 26-29 August, Shiraz University.
 - Vats, R., Nandal, S.N. and Dalal, M.R., 1995. Efficacy of different plant extracts for managing root knot nematode, *Meloidogyne javanica* on tomato. *Haryana Agricultural University Journal of Research*, 25(3): 113-116.
 - Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F.J., Ornat, C. and Galeano, M., 2003. Evaluating *Pochonia chlamydosporia* in a double-cropping system of lettuce and tomato in plastic houses infested with *Meloidogyne javanica*. *Plant Pathology*, 52(4): 521-528.
 - Walia, R.K., Walia, R.K. and Bajaj, H.K., 2003. Textbook on Introductory Plant Nematology. Director, Directorate of Information and Publications of Agriculture, 227pp.
 - Wang, K.H., Hooks, C. and Ploeg, A., 2007. Protecting crops from nematode pests: using marigold as an alternative to chemical nematicides. *Plant Disease*, PD-35, 1-6.
 - Zare Bidaki, A., Salari, M. and Shakri, M., 2011. Studying the nematicidal effect of methanol extract of three species of medicinal plants, in order to control root tuber nematode in tomato in laboratory conditions (*Meloidogyne javanica*). 20th of the Iran Botanical Congress. 26-29 August, Shiraz University.