

Effect of potassium sulfite compared with biological and chemical components against tea root lesion nematode (*Pratylenchus loosi*)

Samira Mehrzad Salakjani¹, Salar Jamali^{✉1}, Ali Seraji², Sanam Safaei Chaeikar²



¹ Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
² Tea Research Center, HSRI, AREEO, Lahijan, Iran

Corresponding author

[✉]jamali@guilan.ac.ir

Abstract

Keywords

Management, Nematiclean, Potassium Sulfite, Tea, Velum

Root lesion nematode, *Pratylenchus loosi* is one of the important damaging agent of tea crop in world and Iran which, causing quantitative and qualitative damage to this crop. In this research, the effectiveness of Potassium Sulfite at the rate of 5, 10 and 15 g and chemical and organic nematicide of Flopiram (Velum) at 0.5, 1, and 1.5 ml, Cadusafos (Rugby) at 7.5 g, Nematiclean biofertilizer at 5, 15, and 20 ml for each young tea seedling along with healthy and infected control plants against root lesion nematode were evaluated. The experiment was conducted in a completely randomized block design with 12 treatments and 5 repetitions at Shaft Shahid Eftekhari tea research station (Fashalam) in the west of Guilan province. The studied indices were diameter, height, and weight, root mass, root fresh weight, shoot fresh and dry weight of seedling, nematode population in 100 g of soil, and in one gram of root measured and recorded, too. Results showed that Rugby treatment, in two indices of root mass and fresh root weight, Velum 1 treatment, in shoot fresh weight, Velum 1.5 and Potassium Sulfite 5, in shoot dry weight, Velum 1.5 in two nematode population indices in soil and roots, had the best effect. Results of this study revealed that the Rugby and Velum components had the greatest impact on performance indices. Potassium sulfite and Nematiclean compounds in terms of population reduction in the soil and roots, can be considered as a safe alternative in the integrated management of tea root lesion nematode.

Received: 29 January 2025

Revised: 31 March 2025

Accepted: 21 April 2025

Available online: 31 August 2025

Cite this article:

Mehrzad Salakjani S, Jamali S, Seraji A, Safaei Chaeikar S, 2025. Effect of potassium sulfite compared with biological and chemical components against tea root lesion nematode (*Pratylenchus loosi*). *J Appl Res Plant Prot* 14 (3): 253–262. <https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2025.20281>



Copyright© 2025 University of Tabriz, Published by the University of Tabriz.

This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

کارایی سولفیت پتاسیم در مقایسه با ترکیبات زیستی و شیمیایی علیه نماتد مولد زخم ریشه چای (*Pratylenchus loosi*)

سمیرا مهرزاد سلاکجانی^۱، سالار جمالی^۱، علی سراجی^۲، صنم صفائی چائی کار^۲

^۱ گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

^۲ پژوهشکده چای، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران

نویسنده مسئول: jamali@guilan.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۱۱ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱

چکیده

نماتد زخم ریشه چای (*Pratylenchus loosi*)، یکی از عوامل خسارت‌زا در جهان و ایران بوده و باعث خسارت کمی و کیفی به این محصول می‌شود. در این تحقیق، کارایی سولفیت پتاسیم به میزان پنج، ۱۰ و ۱۵ گرم و نماتدکش‌های شیمیایی و آلی فلوپیرام (ولوم) به میزان نیم، یک و یک و نیم میلی‌لیتر، کادزافوس (راگی) به میزان هفت و نیم گرم، کود زیستی نماتکین به میزان پنج، ۱۵ و ۲۰ میلی‌لیتر برای هر نهال جوان چای همراه با شاهد‌های سالم و آلوده برای کنترل نماتد مولد زخم ریشه چای مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و پنج تکرار در ایستگاه تحقیقات چای شهید افتخاری شفت (فشالم) در غرب استان گیلان اجرا شد. شاخص‌های قطر، ارتفاع و وزن نهال، حجم ریشه، وزن تر ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، جمعیت نماتد در ۱۰۰ گرم خاک و یک گرم ریشه اندازه‌گیری و ثبت گردید. نتایج نشان داد که تیمار راگی در دو شاخص حجم ریشه و وزن تر ریشه؛ تیمار ولوم یک، در شاخص وزن تر اندام هوایی؛ ولوم یک و نیم و سولفیت پتاسیم پنج، در شاخص وزن خشک اندام هوایی؛ تیمار ولوم یک و نیم در دو شاخص جمعیت نماتد در خاک و ریشه بهترین اثر بخشی را داشتند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که دو ترکیب راگی و ولوم، از بیشترین تأثیر در شاخص‌ها برخوردار بودند. ترکیب‌های سولفیت پتاسیم و نماتکین از نظر کاهش جمعیت در خاک و ریشه می‌توانند به‌عنوان گزینه‌ای در مدیریت تلفیقی نماتد مولد زخم ریشه چای مورد توجه واقع شوند.

کلمات کلیدی: چای، سولفیت پتاسیم، مدیریت، نماتکین، ولوم

مقدمه

تلقی می‌شود. این نماتد با ورود به ریشه، باعث اختلال در رشد، بهره‌وری و عملکرد محصول می‌گردد (Mohotti et al. 2018). در سال ۱۳۶۸ شمسی، نماتد روی نهال‌های وارداتی از کشور ژاپن، در ایستگاه تحقیقات چای کاشف سیاهکل (ازبرم) مشاهده و در سال ۱۳۷۱ به طور رسمی گزارش شد (Tanhamaafi 1992). نماتد *P. loosi* از چای، مرکبات، سیب، گلابی، به، سورگوم، چمن و چندین گونه علف هرز گزارش گردیده، ولی چای میزبان اختصاصی و ترجیحی آن محسوب می‌شود (Campos et al. 1990; Seraji et al. 2007).

در بررسی اثر نماتدکش ولوم SC400 در مقدارهای مختلف ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۵۰ و ۸۰۰ گرم در هکتار باغ چای، نتایج نشان داد که مقادیر ۶۰۰ تا ۸۰۰ گرم در ۵۰۰ لیتر آب در هر هکتار، از بهترین کارایی در مدیریت نماتد برخوردار هستند (Mohotti et al. 2018). در طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰، در دو منطقه غرب و شرق گیلان، نماتدکش‌های فنامیفوس (نماکور)، گرانول ۱۰ درصد و کادزوفوس (راگی)، گرانول ۱۰ درصد به همراه سطوح

چای (*Camellia sinensis* [L] O. Kuntze) درختچه‌ای، همیشه سبز و دولپه از خانواده Theaceae می‌باشد که دمنوش آن بعد از آب، به عنوان دومین نوشیدنی مصرفی مردم جهان محسوب می‌شود (Kumhar et al. 2022). بنابراین، ضرورت دارد عوامل مختلف مؤثر بر کاهش عملکرد آن از جمله نماتدهای انگل مورد مدیریت قرار گیرند. نماتدهای انگل گیاهی تهدیدی جدی برای کشاورزی جهان به شمار رفته و باعث ایجاد خسارت‌های کمی و کیفی به محصولات گیاهی می‌شوند (Banihashemian et al. 2023a). کاربرد گیاهان غیرمیزبان، ارقام مقاوم، عوامل آنتاگونیست و ترکیبات نماتدکش از جمله روش‌های مدیریتی نماتدهای انگل گیاهی محسوب می‌شوند (Banihashemian et al. 2022).

نماتد مولد زخم ریشه چای *Pratylenchus loosi* Loof، از مهم‌ترین نماتدهای بیمارگر چای است که در تمام مناطق چایکاری به عنوان یک عامل خسارت‌زا، تهدیدی جدی

مختلف پتاسیم مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج مشخص نمود که کاربرد سموم نماتدکش همراه با کود سولفات پتاسیم باعث کنترل نماتد می‌گردد (Tanhamaafi et al. 2002). برای کنترل نماتد ریشه‌گرهی توتون، (Kofoid & Meloidogyne incognita (White, 1919) در شرایط گلخانه؛ روی رقم ویرجینیا، ضایعات توتون و گرانول ۱۰ درصد راگی استفاده گردید. نماتدکش راگی مؤثرتر از ضایعات توتون عمل نمود. مصرف بیش از حد ضایعات توتون موجب پژمردگی و زردی گیاه شد (Mahdavian et al. 2000). در یک پژوهش دیگر، استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک از منابع اوره و سوپرفسفات تریپل، پنج میلی‌گرم روی و ۲/۵ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منابع سولفات روی و سکستین آهن، علاوه بر افزایش شاخص‌های رویشی خیار، باعث کاهش تعداد کیسه تخم، گال و شاخص گال در نماتد مذکور گردید (Charehgani et al. 2010).

مدیریت نماتدهای انگل گیاهی به دلیل دامنه‌ی میزبانی وسیع و زنده‌مانی در شرایط متنوع محیطی دشوار بوده و در بین روش‌های مدیریتی، کاربرد نماتدکش‌های شیمیایی از رایج‌ترین و آسان‌ترین روش‌های مدیریت نماتدهای انگل گیاهی می‌باشند (Touray et al. 2021; Banihashemian et al. 2023b). با این حال، باید با ایجاد سیستم‌های نظارتی و گواهی نهال، از انتشار نماتدهای انگل به مناطق جدید جلوگیری گردد (Mohammad Alian et al. 2018). هدف از انجام این مطالعه، مدیریت تلفیقی نماتد مولد زخم ریشه چای با بررسی کارایی سولفیت پتاسیم در مقایسه با چندین ترکیب زیستی و شیمیایی علیه این نماتد بوده است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، با عنایت به این که از خاک آلوده به نماتد مولد زخم ریشه چای (*P. loosi*) به میزان جمعیت مناسب بایستی استفاده می‌شد (Seraji et al. 2009)؛ بنابراین، ابتدا نیاز بود قطعه باغی آلوده به عامل بیماری با میزان جمعیت ذکر شده، در فصل زمستان شناسایی و انتخاب می‌گردید. به همین منظور پس از انجام نمونه‌برداری‌های تصادفی در زمستان ۱۳۹۸ از باغ‌های چای آلوده در استان گیلان، باغ چای آلوده به عامل بیماری (قطعه ۳۴) واقع در ایستگاه تحقیقات چای شهید افتخاری شفت، فشالم (25.37N|25.49W) در غرب استان گیلان (یکی از ایستگاه‌های تحقیقاتی زیر مجموعه پژوهشکده چای موسسه تحقیقات علوم باغبانی) انتخاب گردید که دارای

میزان جمعیت مدنظر آستانه خسارت (بیش از ۸۰ نماتد در یکصد گرم خاک) برای انجام پژوهش بود (Seraji et al. 2009). سپس در اسفند ماه ۱۳۹۸، نهال‌های جوان (با سن ۱۲ تا ۱۸ ماه) از رقم کاشف چای که نسبت به نماتد مولد زخم ریشه چای (*P. loosi*) حساسیت دارند به خاک آلوده باغ منتقل شدند (Seraji et al. 2012; Seraji et al. 2009; Seraji 2007). به منظور تعیین جمعیت اولیه خاک هر گلدان (میزان جمعیت در یک صد گرم خاک)، نمونه خاک از هر گلدان تهیه و جهت استخراج نماتد از خاک از روش سینی (Whitehead & Hemming 1965) استفاده شد. میزان جمعیت اولیه نماتد عامل بیماری در هر گلدان، با استفاده از پتری مدرج شمارش گردید. پس از گذشت ۴۵ روز و مطمئن شدن از تثبیت نهال‌ها در گلدان، بر اساس طرح آزمایشی؛ در نیمه دوم فروردین ماه ۱۳۹۹، تیمارهای آزمایشی اعمال گردید. پس از انجام این مرحله، به مدت شش ماه (از اردیبهشت تا مهر ماه ۱۳۹۹) مراقبت‌های معمول گلخانه‌ای شامل آبیاری و کنترل آفات و بیماریها صورت گرفت. این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و شامل ۱۲ تیمار: شاهد مثبت (بدون آلودگی)، شاهد منفی (آلوده به نماتد)، فلوپیرام (ولوم) به میزان نیم، یک و یک و نیم میلی‌لیتر، کادوزانوس (راگی) به میزان هفت و نیم گرم، نماکلین (Nemaclean) به میزان پنج، ۱۵ و ۲۰ میلی‌لیتر و کود سولفیت پتاسیم به میزان پنج، ۱۰ و ۱۵ گرم به ازای هر نهال چای بودند. هر تیمار با پنج تکرار اجرا گردید. به منظور تعیین مقدار باقی‌مانده نماتدکش فنامیفوس (نماکور، گرانول ۱۰ درصد) در برگ سبز و چای خشک، در صورتی که گرانول‌پاشی پای بوته‌ها (به میزان پنج یا ۱۰ گرم به ازای هر بوته) توسط نماتدکش فنامیفوس قبل از اسفند ماه صورت گیرد، میزان باقی‌مانده سم در اولین برداشت برگ سبز، کم‌تر از حد آشکارسازی بوده و همین نتیجه درخصوص چای خشک نیز صادق است. به عبارتی، دوره کارنس این سم بسته به میزان مصرف نماتدکش (پنج یا ۱۰ گرم) به ترتیب حدود ۴۵ تا ۶۰ روز می‌باشد (Seraji 2007). ثبت داده‌های آزمایشی به منظور بررسی تأثیر نماتدکش‌ها بر شاخص‌های صفات رویشی شامل؛ وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، حجم ریشه (با استفاده از استوانه مدرج) و ارتفاع نهال از محل طوقه پس از گذشت شش ماه از اعمال تیمارهای آزمایشی انجام شد (Seraji et al. 2009). همچنین پس از گذشت شش ماه از اعمال تیمارها، مجدداً نمونه‌برداری از خاک هر تکرار هر تیمار آزمایشی برای تعیین جمعیت نماتد در یک صد گرم خاک انجام و بلافاصله جمعیت نماتد در هر گرم ریشه

توسط آزمون توکی انجام گردید.

نتایج

تأثیر نماتدکشی‌های شیمیایی و آلی بر شاخص‌های رشدی گیاه بر اساس تجزیه واریانس، در شاخص‌های وزن خشک اندام هوایی، وزن نهال و حجم ریشه در شرایط آلودگی به *P. loosi* در سطح احتمال یک درصد، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین، در قطر نهال، وزن تر ریشه و اندام هوایی، در سطح پنج درصد، این اختلاف معنی‌دار بود. در رابطه با شاخص ارتفاع نهال، اختلاف معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارهای مورد بررسی مشاهده نشد (جدول ۱).

برای هر تیمار در تکرارهای آزمایشی ثبت شد. به منظور تعیین جمعیت، استخراج نماتد از ریشه به روش (Coolen & d'Herde 1972) و برای استخراج نماتد از خاک از روش سینی (Whitehead & Hemming 1965) استفاده گردید. پس از استخراج و شمارش، میانگین جمعیت نماتد در یک صد گرم خاک و یک گرم ریشه محاسبه شد. نتایج حاصل با کمک نرم افزار آماری SAS ویرایش ۱۳ تجزیه و تحلیل و نمودارها با نرم افزار Excel ترسیم گردیدند. درصد کاهش جمعیت نماتدها با استفاده از فرمول ابوت (Abbot) و به شرح زیر محاسبه شد.

$$100 \times (\text{داده شاهد}) / (\text{داده شاهد} - \text{داده تیمار}) = \text{ابوت}$$

مقایسه میانگین بین تیمارهای دارای اختلاف معنی‌دار،

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مورد بررسی روی شاخص‌های نهال.

Table 1. Variance analysis of studied treatments effect on seedling indices.

Mean square (MS)								
Source of variations (sov)	Degree of Freedom (df)	Shoot dry weight (g)	Shoot fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Root mass (cm3)	Seedling weight (g)	Seedling height (cm)	Seedling diameter (cm)
Treatment	11	66.41**	2.25*	7.8*	4.77**	2.35**	0.9 ^{ns}	0.34*
Error	48	20.2	0.94	1.36	1.36	0.72	0.63	0.15
Total	59	-	-	-	-	-	-	-
Coefficient Variation (%)		31.72	16.78	17.34	17.34	19.68	25.4	31.64

**, * and ns: significant at the probability level 1%, 5% and not significant, respectively.

نیم و سولفیت پتاسیم پنج، به ترتیب با ۴۵ و ۴۴ گرم وزن تر اندام هوایی، بهترین تیمارها بوده و عملکرد خوبی از خود نشان دادند و به تنهایی در یک گروه آماری مجزا قرار گرفتند. پس از آن، تیمارهای شاهد سالم، نماتکین ۲۰، ولوم نیم و نماتکین ۱۵ به ترتیب با وزن ۴۱، ۳۹، ۳۶ و ۳۶ گرم در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارها در شاخص وزن خشک اندام هوایی نشان داد که تیمار ولوم ۱/۵، با وزن خشک ۲۱/۹۷ گرم، بهترین تیمار بوده و به تنهایی در یک گروه آماری مجزا قرار گرفت. پس از آن، تیمارهای شاهد سالم (کنترل مثبت یا بدون آلودگی) و نماتکین ۲۰ به ترتیب با وزن خشک ۱۷/۳۵ و ۱۶/۹۷ گرم در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۲). همچنین، در میان تیمارهای مورد بررسی، دو تیمار ولوم یک و

جدول ۲. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مورد بررسی روی شاخص‌های مورد آزمایش.

Table 2. Comparison of mean effect of studied treatments on tested indices.

Treatment	Shoot dry weight (g)	Shoot fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Root mass (cm3)	Seedling weight (g)	Seedling height (cm)	Seedling diameter (cm)
Infected controls	9.62 ^{cd}	28 ^{bc}	32 ^c	33 ^c	14 ^{bc}	6.8 ^a	0.77 ^c
Rugby	13.99 ^{bcd}	33 ^{abc}	55 ^{abc}	52 ^{abc}	29 ^{ab}	8.6 ^a	3.5 ^a
Velum 0.5	14.69 ^{bc}	39 ^{ab}	51 ^{bc}	56 ^{abc}	19 ^{abc}	8.4 ^a	2.22 ^{abc}
Velum 1	13.57 ^{bcd}	28 ^{bc}	73 ^{ab}	68 ^{ab}	18 ^{abc}	12 ^a	1.03 ^{bc}
Velum 1.5	21.97 ^a	45 ^a	38 ^{bc}	34 ^c	22 ^{abc}	11 ^a	1.47 ^{bc}
Nemaclean 5	12.99 ^{bcd}	33 ^{abc}	43 ^{bc}	44 ^{abc}	19 ^{abc}	14.8 ^a	1.92 ^{abc}
Nemaclean 15	15.2 ^{bc}	36 ^{ab}	31 ^c	36 ^{bc}	11 ^c	13 ^a	1.99 ^{abc}
Nemaclean 20	16.97 ^{ab}	39 ^{ab}	51 ^{bc}	36 ^{bc}	19 ^{abc}	13.6 ^a	1.67 ^{bc}
Potassium Sulfite 5	14.53 ^{bcd}	44 ^a	49 ^{bc}	58 ^{abc}	24 ^{abc}	8.8 ^a	1.27 ^{bc}
Potassium Sulfite 10	10.15 ^{cd}	29 ^{bc}	30 ^c	46 ^{abc}	17 ^{abc}	9.6 ^a	1.06 ^{bc}
Potassium Sulfite 15	8.92 ^d	20 ^c	33 ^c	36 ^{bc}	12 ^c	6.8 ^a	1.3 ^{bc}
Healthy controls	17.35 ^{abc}	41 ^{ab}	89 ^a	70 ^a	32 ^a	12.6 ^a	2.56 ^{ab}

Means with the same letters are not statistically significantly different at the 1%.

تأثیری در شاخص ارتفاع نهال نداشته و نمی‌توان هیچ تیماری را برتر از تیمار دیگر دانست (جدول ۲).

علاوه بر این، در مورد شاخص قطر نهال، در میان تیمارهای مورد آزمایش، تیمار راگی با اختلاف قطر سه و نیم سانتی‌متر، بهترین تیمار بوده و به‌تنهایی در یک گروه آماری جداگانه قرار گرفت. پس از آن، به ترتیب تیمارهای شاهد سالم، ولوم نیم، نماکلین ۱۵ و نماکلین پنج با اختلاف قطر ۲/۵۶، ۲/۲۲، ۱/۹۹ و ۱/۹۲ سانتی‌متر در جایگاه‌های بعدی جای گرفتند. همچنین تیمار شاهد آلوده با ۰/۷۷ سانتی‌متر، ضعیف‌ترین تیمار بود (جدول ۲).

تأثیر تیمارها روی شاخص جمعیت نماتد در ریشه

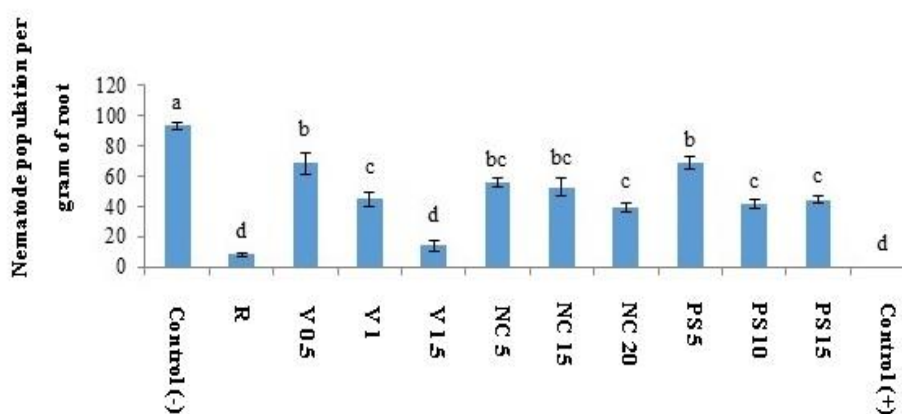
در میان تیمارهای مورد بررسی، دو تیمار راگی و ولوم یک و نیم به‌ترتیب با جمعیت هشت و ۱۴/۲ عدد نماتد در یک گرم ریشه، بهترین تیمارها بوده و به‌تنهایی در یک گروه آماری جداگانه قرار گرفتند (شکل ۱).

نتایج تأثیر تیمارها روی شاخص جمعیت نماتد در خاک

در میان تیمارهای مورد بررسی، دو تیمار راگی و ولوم یک و نیم به‌ترتیب با ۲۳/۲ و ۳۱ عدد نماتد در ۱۰۰ گرم خاک، جزو بهترین تیمارها بوده و به‌تنهایی در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند (شکل ۲).

در ارتباط با وزن تر ریشه، پس از تیمار شاهد سالم با ۸۹ گرم، تیمار ولوم یک با ۷۳ گرم، بهترین تیمار بوده و در یک گروه آماری مجزا قرار گرفت. پس از آن نماتدکش راگی با ۵۵ گرم وزن تر ریشه در جایگاه بعدی قرار گرفت. سایر تیمارها، اثر قابل توجهی از خود نشان ندادند (جدول ۲). همچنین، نتایج نشان داد که پس از تیمار شاهد سالم با حجم ریشه‌ی ۷۰ سانتی‌متر مکعب، تیمار ولوم یک با حجم ریشه‌ی ۶۸ سانتی‌متر مکعب، بهترین تیمار بوده و اثربخشی مناسبی را از خود نشان داد. پس از آن، تیمارهای سولفیت پتاسیم پنج، ولوم نیم، راگی، سولفیت پتاسیم ۱۰ و نماکلین پنج، به‌ترتیب با حجم ریشه ۵۸، ۵۶، ۵۲، ۴۶ و ۴۴ سانتی‌متر مکعب، در یک گروه آماری مشابه قرار گرفته و جایگاه بعدی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

در ارتباط با وزن نهال، پس از تیمار شاهد سالم با ۳۲ گرم اختلاف وزن نهال، تیمار راگی با ۲۹ گرم بهترین تیمار بود و به‌تنهایی در یک گروه آماری مجزا قرار گرفت. پس از آن، به‌ترتیب تیمارهای سولفیت پتاسیم پنج و ولوم یک و نیم با ۲۴ و ۲۲ گرم اختلاف وزن نهال به همراه تیمارهای ولوم نیم، نماکلین پنج و نماکلین ۲۰ با ۱۹ گرم اختلاف وزن، در کنار ولوم یک با ۱۸ و سولفیت پتاسیم ۱۰ با ۱۷ گرم اختلاف وزن، در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۲). با این حال، از مشاهده نتایج تأثیر تیمارها در ارتباط با شاخص ارتفاع نهال می‌توان این‌گونه استنباط نمود که تیمارهای مورد بررسی در این طرح آزمایشی،



شکل ۱. مقایسه تأثیر تیمارها بر شاخص جمعیت نماتد در یک گرم ریشه. مقایسه تأثیر تیمارها بر شاخص جمعیت نماتد در ۱۰۰ گرم خاک. Control (+) شاهد سالم، PS15) سولفیت پتاسیم ۱۵، PS10) سولفیت پتاسیم ۱۰، PS5) سولفیت پتاسیم ۵، NC20) نماکلین ۲۰، NC15) نماکلین ۱۵، NC5) نماکلین ۵، V1.5) ولوم ۱/۵، V1) ولوم ۱، V0.5) ولوم ۰/۵، R) راگی، Control (-) شاهد آلوده.

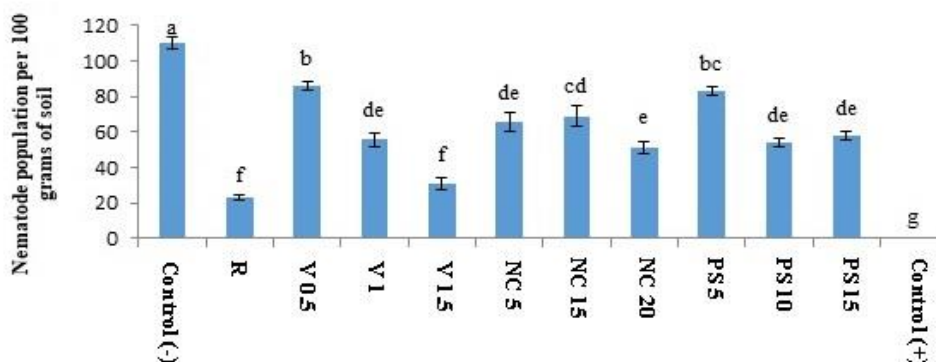
Figure 1. Comparison of effect of treatments on nematode population index in one gram of root. Control (+) Healthy control, PS 15) Potassium Sulfite 15, PS 10) Potassium Sulfite 10, PS 5) Potassium Sulfite 5, NC 20) Nematiclean 20, NC 15) Nematiclean 15, NC 5) Nematiclean 5, V 1.5) Velum 1.5, V 1) Velum 1, V 0.5) Velum 0.5, R) Rugby, Control (-): Infected control.

که تغذیه آن‌ها از ریشه گیاهان ممکن است منجر به آلودگی‌های ثانویه توسط سایر بیمارگرهای گیاهی شود (Forghani & Hajihassani 2020; Banihashemian *et al.* 2023c). از بین نماتدهای انگل گیاهی، نماتد مولد زخم ریشه چای (*P. loosi*) به‌عنوان یک عامل خسارت‌زا، تهدیدی جدی برای باغ‌های چای شمال کشور محسوب می‌شود که سالانه خسارت قابل توجهی به این محصول وارد می‌کند (Seraji 2007; Mirghasemi *et al.* 2021). استفاده بهینه از کودهای آلی و شیمیایی (پس از انجام آزمون خاک)، به‌منظور تقویت درختچه‌ها و همچنین کنترل شیمیایی در باغ‌های با آلودگی شدید، از اقدامات توصیه شده است. طبق تحقیقات صورت گرفته در زمینه مدیریت این عامل بیماری‌زا، تقویت گیاه و افزایش حاصلخیزی خاک با کودهای آلی، شیمیایی و زیستی، سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود. گیاهانی که به لحاظ تغذیه از وضعیت مناسب‌تری برخوردارند، در برابر حمله نماتدها نیز از خود تحمل بیشتری نشان می‌دهند (Santana-Gomes *et al.* 2013).

محاسبه درصد کاهش جمعیت نماتد در خاک و ریشه
 نتایج محاسبات درصد کاهش جمعیت نماتد در خاک و ریشه با استفاده از فرمول ابوت در محیط آلوده به *P. loosi* نشان داد که در این محیط، دو تیمار راگی و ولوم یک و نیم در تمامی شاخص‌های مورد بررسی بیشترین تأثیر را در کاهش میزان جمعیت نماتد داشته‌اند. به‌طوری که در شاخص درصد کنترل-کنندگی نماتد در ۱۰۰ گرم خاک، تیمار راگی با ۷۶/۸٪ و تیمار ولوم یک و نیم با ۶۹٪ بیشترین میزان درصد کاهش جمعیت نماتد در خاک را داشته و مؤثرتر از سایر تیمارها واقع شدند. همچنین در شاخص درصد کنترل‌کنندگی نماتد در یک گرم ریشه، تیمار راگی با ۹۲٪ و ولوم یک و نیم با ۸۵/۸٪ قوی‌تر از سایر تیمارها بوده و اثربخشی مناسبی را از خود نشان دادند (شکل ۳).

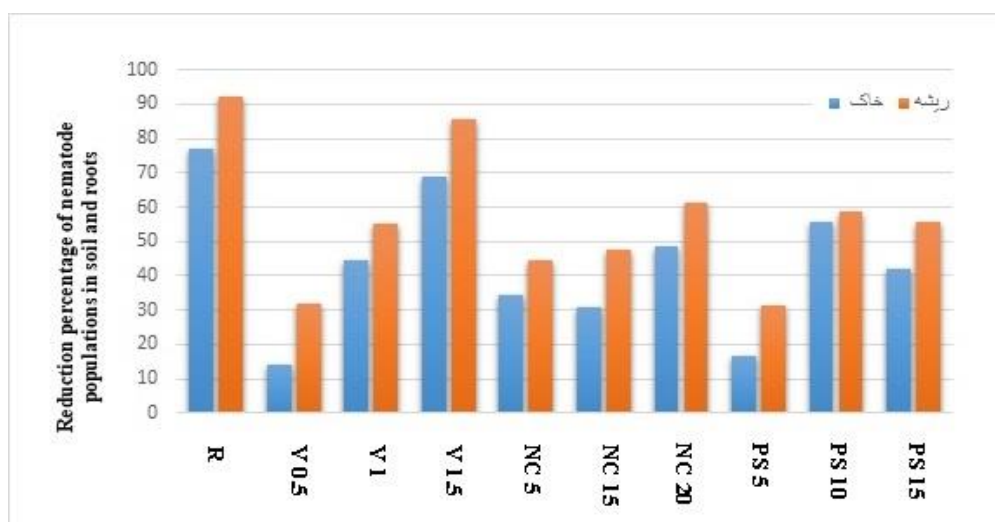
بحث

نماتدهای انگل گیاهی از عوامل بیماری‌زای خاکزاد هستند



شکل ۲. مقایسه تأثیر تیمارها بر شاخص جمعیت نماتد در ۱۰۰ گرم خاک. Control (+) شاهد سالم، PS15 سولفیت پتاسیم ۱۵، PS10 سولفیت پتاسیم ۱۰، PS5 سولفیت پتاسیم ۵، NC20 نماکلین ۲۰، NC15 نماکلین ۱۵، NC5 نماکلین ۵، V1.5 ولوم ۱.۵، V1 ولوم ۱، V0.5 ولوم ۰.۵، R راگی، Control (-) شاهد آلوده.

Figure 1. Comparison of the effect of treatments on nematode population index in 100 grams of soil. Control (+) Healthy control, PS 15) Potassium Sulfite 15, PS 10) Potassium Sulfite 10, PS 5) Potassium Sulfite 5, NC 20) Nematiclean 20, NC 15) Nematiclean 15, NC 5) Nematiclean 5, V 1.5) Velum 1.5, V 1) Velum 1, V 0.5) Velum 0.5, R) Rugby, Control (-) Infected control.



شکل ۳. درصد کاهش جمعیت نماتد در خاک و ریشه تحت تأثیر تیمارهای مختلف. PS15) سولفیت پتاسیم ۱۵، PS10) سولفیت پتاسیم ۱۰، PS5) سولفیت پتاسیم ۵، NC20) نماکلین ۲۰، NC15) نماکلین ۱۵، NC5) نماکلین ۵، V1.5) ولوم ۱/۵، V1) ولوم ۱، V0.5) ولوم ۰/۵، R) راگی.

Figure 1. Percentage of nematode population reduction in soil and roots in different treatments. PS 15) Potassium Sulfite 15, PS 10) Potassium Sulfite 10, PS 5) Potassium Sulfite 5, NC 20) Nematiclean 20, NC 15) Nematiclean 15, NC 5) Nematiclean 5, V 1.5) Velum 1.5, V 1) Velum 1, V 0.5) Velum 0.5, R) Rugby.

است (Seifi & Karegarbideh 2013). در مطالعه‌ای از ترکیبات نماکلین، ایندول-۳ بوتیریک اسید (Indole-3 butyric acid)، جیبرلیک اسید (Gibirilic acid)، ایندول استیک اسید (Indole-acetic acid)، سالیسیلیک اسید (Salicylic acid)، سیتریک اسید (Citric acid) و گلوتامیک اسید (Glutamic acid) در زمین‌های لوبیای آلوده به نماتد *Rotylenchulus reniformis* انجام شد و نتایج حاصله نشان داد که در کاربرد ترکیبات بالا، نماکلین بالاترین عملکرد را از نظر تعداد غلاف، وزن تر و خشک غلاف و تعداد دانه به دست آورد (Farahat et al. 2018). در این گزارش، نماکلین، باعث افزایش قطر و وزن نهال، افزایش حجم ریشه و افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی شد.

غلظت‌های پایین فلوپیرام اثرات منفی بر حرکت نماتدهای *Rotylenchulus reniformis* Linford and *M. incognita* Oliveira گذاشته‌اند (Faske & Hurd 2015). این ترکیب بنزآمیدی که عملکرد آنزیم سوکسینات دهیدروژناز موجود در غشای میتوکندری را مهار می‌کند، به طور منحصربه‌فردی بر حرکت لاروهای سن دوم نماتد تأثیرگذار است (Sang et al. 2018). فلوپیرام به میزان ۶۰۰-۸۰۰ گرم در ۵۰۰ لیتر آب در هکتار در باغات چای برای مدیریت نماتدهای *P. penetrans* و *Radopholus similis* مؤثر بود (Mohotti et al. 2018).

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با اعمال تیمارهای سولفیت پتاسیم (جهت تقویت گیاه) و سایر ترکیبات زیستی و شیمیایی، در دو شاخص اختلاف قطر و اختلاف وزن نهال، تیمار راگی، در شاخص‌های حجم ریشه و وزن تر ریشه، تیمار ولوم یک، در شاخص وزن تر اندام هوایی، ولوم یک و نیم و سولفیت پتاسیم نیم و در شاخص وزن خشک اندام هوایی، ولوم یک و نیم از بالاترین اثر برخوردار بوده‌اند. در ارتباط با درصد کاهش جمعیت نماتد در خاک و ریشه مشخص گردید که کاربرد نماتدکش راگی و ولوم یک و نیم می‌تواند به میزان قابل توجهی سبب کاهش جمعیت نماتد شود. نتایج حاصل از این پژوهش، با سایر تحقیقات انجام شده مطابقت نشان می‌دهد. به طوریکه در گزارش Barbosa et al. (2010)، کاربرد کود پتاسه باعث کاهش فاکتور تولیدمثل و تعداد سیستم‌های تشکیل شده روی سیستم ریشه‌ای ارقام حساس گیاه سویا شده است. استفاده از کود سولفات پتاسیم باعث کاهش جمعیت نهایی نماتد ریشه‌گرهی در میزبان گوجه‌فرنگی شد (Alesaadi et al. 2017). سولفات آهن (Zheng et al. 2010)، سولفات پتاسیم و سولفات روی جمعیت نماتدهای انگل گیاهی *Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) Filipjev and Schuurmans Stekhoven, 1941 *Heterodera Meloidogyne incognita* Kofoid & White و *glycines Ichinohe* H. filipjevi Madzhidov را کاهش داده

بی تأثیر بوده است (Tanhamaafi & Damadzadeh 1995). در تحقیق حال حاضر نیز کاربرد ترکیبات شیمیایی بیشتر روی شاخص‌های آلودگی به نماتد و کاربرد سولفیت پتاسیم روی صفات رشدی بوته‌های چای، اثربخشی نشان داد. سولفیت پتاسیم نمک معدنی است که با فرمول شیمیایی K_2SO_3 شناخته می‌شود. این ترکیب سبب مرتفع نمودن نیاز غذایی گیاه به عنصر پتاسیم شده و با تقویت سیستم ریشه، افزایش محصول را نیز در پی خواهد داشت.

از نتایج به دست آمده در این تحقیق این گونه استنباط می‌شود که کاربرد سولفیت پتاسیم به عنوان ترکیبی متفاوت از سولفات پتاسیم و همچنین نمک‌لین به عنوان یک ترکیب زیستی با خطرات زیست محیطی اندک، توانسته باعث افزایش شاخص‌های رشدی گیاه و کاهش خسارت نماتد شوند. بنابراین می‌توانند به عنوان یک عامل مؤثر در کنترل نماتد مولد زخم ریشه چای (*P. loosi*) در مدیریت تلفیقی در کنار سایر راه کارها، مورد توجه قرار گیرند.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب سپاس خود را از دانشگاه گیلان و پژوهشکده چای کشور به خاطر فراهم آوردن امکانات مناسب انجام این پژوهش اعلام می‌دارند.

References

- Alesaadi GhA, Moosavi SMR, Basirnia T, 2017. Effect of nano-k, potassium sulphate and salicylic acid on tomato growth and control of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*). *Plant protection (Scientific Journal of Agriculture)* 40(3): 71–82.
- Banihashemian SN, Jamali S, Golmohammadi M, Ghasemnejad M, 2022. Isolation and identification of endophytic bacteria associated with kiwifruit and their biocontrol potential against *Meloidogyne incognita*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 32(1): 111.
- Banihashemian SN, Jamali S, Golmohammadi M, Ghasemnejad M, 2023a. Specific identification of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* common in kiwifruit orchards of Guilan and Mazandaran provinces using sec-1 gene sequence. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 11(4): 63–72.
- Banihashemian SN, Jamali S, Golmohammadi M, Noorizadeh S, Atighi MR, 2023b. Reaction of Commercial Cultivars of Kiwifruit to Infection by

کادوزافوس (راگبی) یک نماتدکش با طیف وسیع است که روی اکثر نماتدها اثر نماتدکشی دارد. این ترکیب از پرکاربردترین نماتدکش‌های غیر تدریجی است که جزء نماتدکش‌های ارگانوفسفره یا کاربامات می‌باشد که با مهار استیل کولین استراز (Acetylcholinesterase, AChE) در سیستم عصبی نماتد اختلال ایجاد می‌کنند و در نتیجه حرکت، ته‌اجم، تغذیه و سرعت رشد و تولیدمثل آن‌ها را کاهش می‌دهند (Safdar et al. 2012; Vawa et al. 2019). کاربرد نماتدکش‌های کادوزافوس و فلوپیرام باعث کاهش نماتدهای *Pratylenchus* و *Hemicyclophora* در میزبان گوجه‌فرنگی شده است (Meza et al. 2021). همچنین با تیمار کادوزافوس یک درصد، حداکثر کاهش در جمعیت نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* مشاهده گردید (Safdar et al. 2012). در گزارش دیگر، نمک‌لین باعث کاهش تعداد گال (۸۹٪/۳۴) و توده تخم (۶۸٪/۸۶) نماتد ریشه‌گرهی و همچنین افزایش وزن تر اندام هوایی (۴۱٪/۳۳) نسبت به شاهد در گیاه فلفل شده است (El-Ashry et al. 2018). تأثیر نماکور و راگبی در کنترل نماتد مرکبات، *Tylenchulus semipenetrans* Cobb در استان مازندران نشان داد که مصرف یک گرم ماده مؤثره در متر مربع در خاک سایه‌دار از اطراف درختان به ترتیب موجب کاهش ۷۸/۵ و ۶۵/۲ درصد جمعیت نماتد می‌شود، لیکن در افزایش محصول

- Root-knot Nematode and Its Biocontrol Using Endophytic Bacteria. *Journal of Nematology* 55(1): 1–10.
- Banihashemian SN, Jamali S, Golmohammadi M, Ghasemnejad M, 2023c. Management of root-knot nematode in kiwifruit using resistance-inducing *Bacillus altitudinis*. *Tropical Plant Pathology* 48(4): 443–451.
- Campos VP, Sivapalan P, Gnanapragasam NC, 1990. Nematodes parasites of coffee, cocoa and tea. In: Luc M, Sikora RA, Bridge J (eds). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. CAB International, London. Pp. 404-430.
- Charehgani H, Karegar Bideh A, Hamzehzarghani H, 2010. Effect of chemical fertilizers on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in greenhouse cucumber cultivation. *Iranian Journal of Plant Pathology* 46(3): 263–274 (In Persian with English abstract).
- Coolen WA, D' Herde CJ, 1972. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant

- tissue. State Nematology and Entomology Research Station, Ghent Agriculture, 77 pp.
- Faske TR, Hurd K, 2015. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to fluopyram. *Journal of Nematology* 47: 316–21.
- Farahat A, Al-Sayed A, Adam M, Diab S, 2018. Comparative efficacy of biotic and abiotic Agro-commercial products pgainst *Rotylenchulus reniformis* under field conditions. *Egyptian Journal of Agronematology* 17(1): 77–93.
- Forghani F, Hajihassani A, 2020. Recent advances in the development of environmentally benign treatments to control root-knot nematodes. *Frontiers in Plant Science* 11: 1125.
- Kumhar KC, Babu A, Nisha SN, Kishor CK, 2022. Management of tea (*Camellia sinensis*) diseases with application of microbes: a review. *Applied Microbiological Biotechnology* 10: 2022.
- Mirghasemi N, Fanelli E, Jamali S, Sohani MM, De Luca F, 2021 Molecular Characterization of Three B-1,4-Endoglucanase Genes in *Pratylenchus loosi* and Functional Analysis of Pl-eng-2 Gene. *Plants* 10: 2022.
- Mahdavian A, Eshtiaghi H, Barouti Sh, Mojdehi H, 2000. Effective method of controlling *Meloidogyne incognita* nematode in Guilan tobacco fields in greenhouse. *Proceedings of 14th Iranian Plant Protection Congress*, August 29–31, Isfahan, Iran. p. 120. (in Persian with English abstract).
- Meza P, Elgueta S, Sagredo B, 2021. Evaluation of fluopyram for management of *Meloidogyne ethiopica* and migratory nematodes in commercial tomato greenhouses in the Metropolitan Region of Chile. *Pest Management Science* 77(6): 2863–2869.
- Mohammad Alian Y, Banihashemian SN, Golmohammadi M, Banihashemian SM, Bashiri S, 2018. Evaluation of the tolerance of some citrus rootstocks to citrus nematode in greenhouse (*Tylenchulus semipenetrans*). *Iranian Plant Protection Research* 31(4): 700–705 (In Persian with English abstract).
- Mohotti KM, Prematunga AK, Herath UB, Amarasena PGDS, 2018. New prophylactic nematicide for integrated nematode management in tea. 235th *Experiments and Extension Forum, New Pesticides for Integrated Pest Management in Tea*. Talawakelle, Sri Lanka. P. 10.
- Safdar H, Javed N, Khan SA, Ul Haq I, Safdar A, *et al.*, 2012. Control of *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) chitwood by cadusafos (Rugby®) on tomato. *Pakistan journal of Zoology* 44(6): 1703–1710.
- Sang H, Witte A, Jacobs JL, Chang HX, Wang J, *et al.*, 2018. Fluopyram sensitivity and functional characterization of SDHB in the *Fusarium solani* species complex causing soybean sudden death syndrome. *Frontiers in Microbiology* 9: 2335.
- Santana-Gomes SMS, Arieira DRC, Roldi M, Dadazio ST, Marini MP, *et al.*, 2013. Mineral nutrition in the control of nematodes. *African Journal of Agricultural Research* 8: 2413–2420.
- Seifi S, Karegarbideh A, 2013. Effect of mineral fertilizers on cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* population and evaluation of wheat. *World Applied Programming* 3: 137–141.
- Seraji A, 2007. Biological and dynamic study of *Pratylenchus loosi* nematode population in Iran and the possibility of assessing its damage using epidemiological models. Tarbiat Modares University, Tehran, 208 P.
- Seraji A, Pourjam E, Tanhamaafi Z, Safaei N, 2009. The economic threshold determining of tea root lesion nematode in Iran. *Proceedings of 6th Horticultural Sciences of Iran Congress*, July 13, Rasht, Iran. p. 690. (in Persian with English abstract).
- Seraji A, Mir Ghasemi ST, 2010. Forest millet weed *Oplismenus compositus* is the new host of tea root wound nematode. *Journal of Plant Diseases* 46(1): 91–92.
- Seraji A, Pourjam E, Safaie N, Tanhamaafi Z, 2012. Effect of different population of root lesion nematode, *Pratylenchus loosi*, on growth tea saplings. *Proceedings of 20th Iranian Plant Protection Congress*, Shiraz, Iran. p. 641. (in Persian with English abstract).
- Sivapalan P, 1967. Nematodes and tea. *Tea Quarterly* 38(2): 178–185.
- Tanhamaafi Z, 1992. Report of rootworm nematode of *Pratylenchus loosi* on tea seedlings imported from Japan. *Journal of Plant Pests & Diseases* 60: 94–93.
- Tanhamaafi Z, Damadzadeh M, 1995. An investigation

- on the effect of nonvolatile nematicides on citrus nematode in north of Iran. *12th Iranian Plant Protection Congress*, Karaj, Iran. p. 228. (in Persian with English abstract).
- Tanhamaafi Z, Mir Hosseini Moqaddam SA, Gholamreza Zadeh Yousefi N, Farid R, 2002. Use of nematicides and fertilizers in controlling tea root lesion nematode in Guilan province. Final Report of Research Projects of the General Directorate of Tea Research Services, 28 pp.
- Touray M, Cimen H, Gulsen SH, Ulug D, Erdogus D, *et al.*, 2021. The impact of chemical nematicides on entomopathogenic nematode survival and infectivity. *Journal of Nematology* 53(1): 1–17.
- Vawa OST, Gnonhouiri GP, Seri SP, Adiko A, Otchoumou A, 2019. Evaluation de l'efficacité d'une formulation de fluopyram (velum prime) contre deux nematodes *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*, en culture de bananier en Cote d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 8(1): 161–166.
- Whitehead AG, Hemming JR, 1965. A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. *Annals of Applied Biology* 55(1): 25–38.
- Zheng Y, Duan Y, Chen S, Sun J, Chen L, 2010. Responses of soybean cyst nematode *Heterodera glycines* to macroelement and microelement compounds. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 16: 172–180.

