Archive of SID

اثر کودهای گوگرددار بر فعالیت نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* در خیار، در شرایط گلخانه*

محمد رومیانی، اکبر کارگر بیده**، حبیب‌اله حمزه‌زرقانی و ضیاءالدین بنی‌هاشمی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۶)

چکیده

در سال‌های اخیر کنترل غیرشیمیایی گونه‌های رایج نماتدهای ریشه‌گرهی (*Meloidogyne* spp.)، با تقویت خاک با استفاده از مواد آلی، کودهای حیوانی و یا شیمیایی مورد توجه قرار گرفته است. تأثیر کودهای گوگرددار شامل سولفات آمونیوم، سولفات کلسیم، سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم و سولفات روی (در دو سطح ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم گوگرد در هر کود/کیلوگرم خاک) و سطوح ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد /کیلوگرم خاک بر فعالیت نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* در خاک سترون در دو نوبت در گلخانه در سال ۱۳۹۳ بررسی شد. گیاهچه‌های خیار رقم نگین در مرحله سه تا چهار برگی با دو عدد تخم و لارو سن دوم نماتد در گرم خاک مایه‌زنی شدند. نتایج آزمایش در دو نوبت کشت نشان داد که استفاده از ۱۰ میلی‌گرم سولفات منیزیم به‌طور میانگین باعث افزایش ۱۷۹٪ میزان محصول نسبت به شاهد گردید. بیشترین کاهش تعداد تخم در گرم ریشه و فاکتور تولیدمثل، به ترتیب در تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات کلسیم با ۷۱/۶٪ و ۵۸/۶٪ کاهش و تیمار ۲۵ میلی‌گرم گوگرد با ۶۹/۱٪ و ۵۷/۰٪ کاهش اتفاق افتاد. تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد نیز در رتبه بعدی قرار گرفت.

کلیدواژه: خیار رقم نگین، شاخص‌های رویشی، کنترل نماتد، سولفات کلسیم، سولفات منیزیم.

---

* بخشی از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد نگارنده اول، ارائه شده به دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

** مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: karegar@shirazu.ac.ir

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار و استاد بیماری‌شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of sulfur fertilizers on activity of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, in cucumber plants under greenhouse conditions*

M. Rumiani, A. Karegar, H. Hamzehzarghani, and Z. Banihashemi[1]**

(Received: 25.2.2019; Accepted: 28.7.2019)

Abstract

In recent years, non-chemical control of common species of the root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), including soil enrichments by organic matters, animal manures and chemical fertilizers has received considerable attention. In 2014, in an experiment, effects of two levels (10 and 25 mg/kg) of sulfur fertilizers *viz.* ammonium sulfate, calcium sulfate, potassium sulfate, magnesium sulfate and zinc sulfate, and the levels of 25 and 50 mg/kg of elemental sulfur on the activity of the root-knot nematode *M. incognita*, in pasteurized soil were studied in greenhouse. Seedlings of cucumber cv. Negin at three or four-leaf stages were inoculated with two eggs or second stage juveniles of the nematode/g of soil. The results of two trials showed that magnesium sulfate 10 mg/kg caused 179% increase in the yield on average. The highest reduction was recorded in the number of eggs/g of root and reproductive factor in 25 mg/kg level of calcium sulfate with 71.6% and 58.6%, decrease followed by 25 mg/kg sulfur with 69.1% and 57.0% decrease respectively. The treatment of 50 mg/kg of sulfur was also in the next rank.

Keywords: Calcium sulfate, cucumber cv. Negin, magnesium sulfate, nematode control, reproduction factor

---

* A Part of M.Sc. Thesis of The First Author Submitted to School of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

**Corresponding author's E-mail: karegar@shirazu.ac.ir

1. Ph.D. Student, Prof., Associate Prof. and Prof. of Plant Phathol., respectively, School of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ایران با تولید ۱۷۴۶۹۶۲ تن، پس از چین، مقام دوم تولید خیار در جهان را داراست (Anonymous 2018). گونه‌های مختلف نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne* spp.) به بیش از ۳۰۰۰ گونه گیاهی مختلف زراعی، باغی و زینتی، به‌خصوص در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آسیب می‌زنند (Sasser & Freckman 1987). این نماتدها به دلیل پراکندگی جهانی، وسعت دامنه میزبانی و تعامل با سایر عوامل بیمارگر گیاهی، به عنوان یکی از پنج عامل مهم خسارت‌زای گیاهان به شمار می‌روند (Hussey & Janssen 2000, Barker 1985). گونه‌های *M. javanica* و *M. incognita* به ترتیب رایج‌ترین گونه‌های ایران و جهان محسوب می‌شوند.

افزایش حاصلخیزی خاک با استفاده از کودهای آلی و شیمیایی از روش‌های افزایش عملکرد محصولات گیاهی است. این مواد در ایجاد تعادل شیمیایی خاک، بهبود رشد میزبان، اصلاح ساختار خاک و افزایش عناصر قابل دسترس خاک، مؤثر هستند (Messenger *et al.* 1997). از طرفی تحمل و مقاومت به آفات و بیماری‌ها یک پدیده‌ی ژنتیکی است، ولی تحت تأثیر فاکتورهای تغذیه‌ای گیاه قرار می‌گیرد. گیاهان با تغذیه‌ی مناسب، تحمل بیشتری نسبت به بیمارگرها دارند (Gomes *et al.* 2013). تأثیر عناصر غذایی و اصلاح‌کننده‌های خاک در کاهش بیماری‌های گیاهی باعث شده است که در بسیاری از مواقع در خط اول دفاع علیه بیمارگرها قرار گیرند (Rodriguez-Kabana 1986, Datnoff *et al.* 2007, Li *et al.* 2017).

برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ترکیبات دارای گوگرد، علاوه بر افزایش شاخص‌های رشدی گیاهان، باعث کاهش جمعیت نماتدهای انگل گیاهی نیز شده‌اند. گوگرد عنصری است که در خاک به وسیله‌ی باکتری‌های شیمیوتروف جنس *Thiobacillus* sp. اکسید شده و در نتیجه اسیدیته خاک افزایش می‌یابد (Jacq & Fortuner 1979). اسیدی شدن خاک، حلالیت عنصرهای ریزمغذی خاک را افزایش داده و سدیم قابل تبادل و EC در عصاره‌ی اشباع خاک را کاهش می‌دهد و در نهایت افزایش محصول در خاک‌های با pH بالا را سبب می‌شود (Ryan & Stroehlein 1979, Kalbasi *et al.* 1988, Stamford *et al.* 2003, Wang *et al.* 2008). گوگرد و سولفات قابل دسترس، برای سازوکارهای مقاومت القایی وابسته به گوگرد (Sulfur Induced Resistance) در گیاه، مورد نیاز هستند (Salac *et al.* 2005, Datnoff *et al.* 2007). سولفات آمونیوم روی برگ رسوب کرده و یا روی ذرات ریز در سطح خاک مانده و منجر به افزایش اسیدیته‌ی خاک می‌شود (Khan & Khan 1997). سولفات به وسیله‌ی باکتری‌های احیاءکننده‌ی سولفات، به سولفید هیدروژن که یک ترکیب سمی برای نماتدها می‌باشد تبدیل می‌گردد (Jacq & Fortuner 1979). نتایج حاصل از تحقیقات نشان داده است که سولفات‌آمونیوم (Elmer & LaMondia 1999, Noweer & Hasabo 2005)، سولفات آهن (Zheng *et al.* 2010)، سولفات پتاسیم و سولفات روی (Seifi & Karegarbideh 2013) جمعیت نماتدهای انگل گیاهی از جمله *Pratylenchus penetrans*، *M. incognita*، *Heterodera glycine* و *H. filipjevi* را کاهش داده‌اند.

در مطالعه‌ای استفاده از سولفات‌آمونیوم به همراه کود دامی باعث کاهش ۵۲-۵۹ درصدی لاروهای سن دو، کاهش ۳۶-۵۰ درصدی تعداد گال *M. incognita* و افزایش ۵/۰-۵/۸ درصدی عملکرد کدو گردید (Jacq & Fortuner 1979).در تحقیق دیگر، تأثیر برخی از مواد

www.SID.ir

Archive of SID

ریزمغذی در کاهش جمعیت نماتد سیستی غلات *H. filipjevi*) و افزایش میزان عملکرد گندم در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. تیمار سولفات پتاسیم بیشترین تأثیر را در افزایش میزان کاه و کلش داشت (Seifi & Karegarbideh 2013). در پژوهش دیگر تأثیر گل گوگرد بر فعالیت *M. incognita* در خیار گلخانه‌ای بررسی و نشان داده شد که تیمار گوگرد در سطح ۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم به طور میانگین باعث افزایش ۳۶٪ وزن خشک شاخساره و ۱۱۴٪ وزن محصول نسبت به شاهد شد و جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد را به ترتیب ۷۰ و ۶۹٪ نسبت به شاهد در تیمار گوگرد ۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم خاک کاهش داد (Rumiani *et al.* 2015).

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای گوگرددار بر فعالیت *M. incognita* و هم‌چنین شاخص‌های رشدی گیاه خیار آلوده به آن، در شرایط گلخانه انجام شده است.

مواد و روش‌های بررسی

تهیه‌ی جمعیت نماتد و خاک مورد نیاز

نماتد مورد نیاز با تکثیر جمعیت خالص *M. incognita* موجود در گلخانه بخش گیاه‌پزشکی دانشگاه شیراز روی گوجه‌فرنگی رقم ارلی‌اوربانا (Early Urbana) تأمین گردید. خاک مورد استفاده مخلوطی از خاک زراعی و ماسه رودخانه‌ای به نسبت یک به دو بود که به صورت جداگانه ضدعفونی و پس از مخلوط کردن، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید. این خاک با داشتن ۶۶/۵٪ ماسه، ۱۷/۱٪ سیلت و ۱۶/۴٪ رس در گروه خاک‌های لومی-شنی قرار داشت و با pH = 7.7 از نظر شیمیایی دارای ۰/۰۴٪ درصد نیتروژن کل، ۷ میلی‌گرم/کیلوگرم فسفر، ۲۹۰ میلی‌گرم/کیلوگرم پتاسیم، ۰/۳۸ میلی‌گرم/کیلوگرم روی، ۴/۰۲ میلی‌گرم/کیلوگرم آهن، ۰/۵۹ میلی‌گرم/کیلوگرم مس و ۱۴/۶۴ میلی‌گرم/کیلوگرم منگنز بود (Rumiani *et al.* 2015).

با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل خاک مورد استفاده در مطالعه‌ی قبلی و مشاهده‌ی کمبود نیتروژن، فسفر و پتاسیم در آن، مقادیر ۱۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم از منبع کود اوره ($(NH_2)_2CO$)، ۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم از منبع کود سوپرفسفات‌تریپل ($Ca(H_2PO_4)_2$ $CaSO_4.2H_2O$) و ۳۰ میلی‌گرم/کیلوگرم از منبع کود نیترات پتاسیم (KNO_3) به آن اضافه گردید. برخی از کودها حاوی مقادیری پتاسیم، کلسیم و نیتروژن هستند که این مقادیر برای هرکدام به‌دقت اندازه‌گیری و از کود پایه‌ای افزوده‌شده، کسر گردید (Rumiani *et al.* 2015).

آماده‌سازی تیمارهای کود

در این آزمایش، بر اساس حد مجاز هر کود در هکتار خاک زراعی، از سطوح ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم گوگرد از هر کود/کیلوگرم خاک، از کودهای سولفات آمونیوم، سولفات کلسیم، سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم و سولفات روی استفاده گردید. علاوه بر آن، جهت مقایسه از سطوح ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم /کیلوگرم خاک گل گوگرد نیز استفاده شد.

برای افزودن کودها به خاک ابتدا میزان کود مورد نیاز برای هر گلدان (چهار کیلوگرمی) محاسبه، سپس مقادیر ۱۶۴/۸ و ۴۱۳/۲ میلی‌گرم سولفات آمونیوم، ۲۲۰ و ۵۵۰ میلی‌گرم سولفات کلسیم، ۲۱۷/۲ و ۵۴۳/۶ میلی‌گرم سولفات پتاسیم، ۳۰۸ و ۷۷۰/۴ میلی‌گرم سولفات منیزیم و ۲۲۴/۸ و ۵۶۲/۴ میلی‌گرم سولفات روی، به ترتیب برای تأمین سطوح ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم گوگرد در هر کود/کیلوگرم خاک، در حجم مشخصی از آب حل و یا

www.SID.ir

Archive of SID

مخلوط شد و به‌طور یکنواخت با خاک درون گلدان‌ها مخلوط گردید. کود اوره به دلیل حلالیت در آب و احتمال زیاد آبشویی، در سه مرحله قبل از کشت، هنگام سبز شدن بوته‌های خیار و قبل از میوه‌دهی به خاک افزوده شد.

آزمایش‌های گلخانه‌ای

بررسی تأثیر کودهای گوگرددار شامل سولفات آمونیوم، سولفات کلسیم، سولفات پتاسیم، سولفات روی و سولفات منیزیم، هم‌چنین گل گوگرد ۹۹٪ بر شاخص‌های نماتد *M. incognita* و شاخص‌های رشدی خیار رقم نگین در یک آزمایش دوماهه در دو نوبت متوالی انجام شد. برای هر کدام از سطوح کودی از گلدان‌های تیمار شده با نماتد و گلدان‌های شاهد بدون نماتد حاوی خاک سترون استفاده شد. علاوه بر شاهد برای هر تیمار، شاهد کلی برای تمامی تیمارها شامل گلدان‌های بدون کود و بدون نماتد و گلدان‌های بدون کود با نماتد بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلدان‌های چهار کیلوگرمی با شش تکرار در آزمایش اول و پنج تکرار در آزمایش دوم انجام شد.

در این آزمایش ابتدا سطوح ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد/کیلوگرم خاک و سطوح ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم کودهای دارای گوگرد/کیلوگرم با خاک سترون درون گلدان‌ها مخلوط و سپس بذرهای خیار رقم نگین در آن کشت گردید. گیاهچه‌ها در مرحله سه تا چهار برگی با دو تخم و لارو سن دوم نماتد ریشه‌گرهی /گرم خاک مایه‌زنی شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه با میانگین دمای ۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بر اساس نیاز با آب داری املاح کم آبیاری شدند.

بررسی شاخص‌های گیاه و نماتد: دو ماه پس از مایه‌زنی نماتدها، بوته‌ها از ناحیه‌ی طوقه قطع، ریشه‌ها شستشو داده شده و وزن تر شاخساره و ریشه اندازه‌گیری شد. هم‌چنین وزن محصول در زمان شروع محصول‌دهی تا هنگام برداشت، اندازه‌گیری شد. پس از خشک کردن اندام هوایی وزن خشک شاخساره نیز اندازه‌گیری گردید. سپس شاخص‌های مربوط به نماتد، شامل تعداد گال، تخم و کیسه‌ی تخم در نیم گرم ریشه و تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاک اندازه‌گیری و شاخص گال، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نیز محاسبه گردید.

تعیین شاخص گال به روش تایلور و ساسر (۱۹۷۸) انجام شد. به این صورت که شاخص صفر برای عدم وجود گال یا کیسه‌ی تخم در ریشه، شاخص یک نشان‌دهنده‌ی ۱-۲ گال و کیسه‌ی تخم، شاخص دو بین ۳-۱۰، شاخص سه بین ۱۱-۳۰، شاخص چهار بین ۳۱-۱۰۰ و شاخص پنج نشان‌دهنده‌ی بیش از ۱۰۰ گال یا کیسه‌ی تخم در ریشه است (Taylor & Sasser 1978).

محاسبات آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. تجزیه و تحلیل شاخص‌های گیاه با رویه Proc ANOVA و شاخص‌های نماتد به روش Friedman rank test انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح ۵٪صورت گرفت.

نتایج

تأثیر کاربرد گل گوگرد و کودهای شیمیایی دارای گوگرد بر شاخص‌های رویشی گیاه خیار

آزمایش اول: مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان می‌دهد در کشت اول تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم سولفات آمونیوم، ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد، ۱۰ میلی‌گرم سولفات پتاسیم و ۱۰ میلی‌گرم سولفات منیزیم به ترتیب در مقایسه با شاهد بیشترین تأثیر را در افزایش وزن تر و خشک شاخساره،

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. اثر گل گوگرد و کودهای شیمیایی گوگرددار بر وزن تر و خشک شاخساره (گرم) خیار رقم نگین آلوده به نماتد *Meloidogyne incognita* در خاک سترون (آزمایش اول و دوم).

Table 1. Effect of elemental sulfur and sulfur fertilizers on shoot fresh and dry weights (g) of cucumber (cv. Negin) inoculated with *Meloidogyne incognita* in pasteurized soil (first and second trials).

	Shoot fresh weight					Shoot dry weight				
	1st trial		2nd trial		Average	1st trial		2nd trial		Average
Treatments	g	%*	g	%*	%**	g	%*	g	%*	%**
Control	75.9 g	-	55.5 h	-	-	9.5 j	-	9.3 l	-	-
$CaSO_4$, 10	100.9 c-f	32.9	57.9 h	4.3	18.6	13.8 a-c	45.3	10.8 j-k	16.1	30.7
$CaSO_4$, 25	100.0 d-f	31.8	65.8 d-h	18.6	25.2	12.2 b-g	28.4	11.7 d-k	25.8	27.1
$MgSO_4$, 10	103.2 c-f	36.0	60.7 f-h	9.4	22.7	12.1 c-h	27.4	11.3 g-k	21.5	24.4
$MgSO_4$, 25	84.3 fg	11.1	57.6 h	3.8	7.4	11.1 g-i	16.8	10.0 k-l	7.5	12.2
$ZnSO_4$, 10	106.1 b-e	39.8	67.2 b-g	21.1	30.4	10.5 h-j	10.5	12.8 b-h	37.6	24.1
$ZnSO_4$, 25	91.1 b-e	20.0	63.4 e-h	14.2	17.1	10.2 i-j	7.4	10.9 h-k	17.2	12.3
K_2SO_4, 10	111.5 b-d	46.9	65.8 d-h	18.6	32.7	13.4 a-e	41.1	10.8 i-k	16.1	28.6
K_2SO_4, 25	106.0 b-e	39.7	65.9 d-h	18.7	29.2	13.1 a-f	37.9	11.5 f-k	23.7	30.8
$(NH_4)_2SO_4$, 10	105.8 b-e	39.4	60.8 f-h	9.5	24.5	12.9 a-f	35.8	11.2 g-k	20.4	28.1
$(NH_4)_2SO_4$, 25	120.1 a-c	58.2	72.7 d-h	31.0	44.6	12.4 b-g	30.5	11.6 e-k	24.7	27.6
Sulfur, 25	99.0 d-f	30.4	59.5 g-h	7.2	18.8	13.4 a-e	41.1	12.5 c-j	34.4	37.7
Sulfur, 50	109.3 b-e	43.6	58.2 g-h	4.9	24.2	13.9 ab	46.3	12.9 b-h	38.7	42.5

* & **: The percentage increase of the plant growth parameter compared to its control and the average of percentages in the two trials.
The numbers 10, 25 and 50 in the first column represent the levels (mg/kg of soil) for each fertilizer and sulfur.
Data are the means of six replicates for the first trial and five replicates for the second trial.
Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

وزن تر ریشه و میزان محصول داشتند (جداول ۱ و ۲).

بیشترین وزن تر شاخساره مربوط به تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات آمونیوم بود که اختلاف آن با شاهد و تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم سولفات کلسیم، سولفات منیزیوم و گوگرد در سطح ۵٪ معنی‌دار است، ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری ندارد. بیشترین وزن خشک شاخساره مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد بود که اختلاف آن با شاهد و سطوح ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی و سولفات منیزیم در سطح ۵٪ معنی‌دار است ولی با سایر تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفته است (جدول ۱). بالاترین وزن تر ریشه مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم سولفات پتاسیم بود که اختلاف آن با شاهد معنی‌دار است ولی با سایر تیمارها در یک سطح آماری قرار دارد. بالاترین میزان محصول مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم سولفات منیزیم بود که اختلاف آن با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۲).

آزمایش دوم: به طور کلی بیشترین وزن تر و وزن خشک شاخساره در مقایسه با شاهد به ترتیب در حضور تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم سولفات آمونیوم و تیمارهای ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد و ۱۰ میلی‌گرم سولفات روی حاصل گردید. وزن تر ریشه و میزان محصول نیز در حضور تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد در مقایسه با شاهد بیشترین میزان بود (جداول ۱ و ۲).

مقایسه‌ی میانگین‌ها در کشت دوم نشان می‌دهد که بیشترین وزن تر شاخساره مربوط به تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات آمونیوم بود، ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری ندارد. بیشترین وزن خشک شاخساره، به‌ترتیب مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد و تیمار ۱۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. اثر گل گوگرد و کودهای شیمیایی گوگرددار بر وزن تر ریشه و محصول و (گرم) خیار رقم نگین آلوده به نماتد *Meloidogyne incognita* در خاک سترون (آزمایش اول و دوم).

Table 2. Effect of elemental sulfur and sulfur fertilizers on root fresh weight and yield (g) of cucumber (cv. Negin) inoculated with *Meloidogyne incognita* in pasteurized soil (first and second trials).

	Root fresh weight					Yield				
	1st trial		2nd trial		Average	1st trial		2nd trial		Average
Treatments	g	%*	g	%*	%**	g	%*	g	%*	%**
Control	23.4 g	-	22.1 c-g	-	-	40.5 k	-	23.0 i-k	-	-
$CaSO_4$, 10	51.0 ab	117.9	19.2 e-h	-13.1	52.4	64.5 h-k	-2.6	22.4 k	59.3	28.3
$CaSO_4$, 25	45.1 a-d	92.7	17.5 f-h	-20.8	36.0	80.4 d-i	16.1	26.7 h-k	98.5	57.3
$MgSO_4$, 10	41.7 b-e	78.2	16.0 g-h	-27.6	25.3	145.3 b	100	46.0 c-g	259	179
$MgSO_4$, 25	46.9 a-c	100.4	15.3 h	-30.8	34.8	104 c-h	133	53.6 cd	157	145
$ZnSO_4$, 10	40.4 b-f	72.6	20.5 e-h	-7.2	32.7	82.3 d-i	13.5	26.1 h-k	103	58.3
$ZnSO_4$, 25	40.0 b-f	70.9	20.7 d-h	-6.3	32.3	41.9 jk	3.9	23.9 i-k	3.5	3.7
K_2SO_4, 10	47.2 a-c	101.7	22.9 c-f	3.6	52.7	85.1 d-i	37.0	31.5 f-k	110	73.5
K_2SO_4, 25	46.3 a-d	97.9	25.3 c-e	14.5	56.2	75.0 ek	50.0	34.5 e-k	85.2	67.6
$(NH_4)_2SO_4$, 10	40.9 b-f	74.8	20.2 e-h	-8.6	33.1	98.0 c-h	20.0	27.6 g-k	142	81.0
$(NH_4)_2SO_4$, 25	49.2 a-c	110.3	24.5 c-e	10.9	60.6	80.2 d-i	43.0	32.9 e-k	98.0	70.5
Sulfur, 25	39.5 b-f	68.8	24.1 c-e	9.0	38.9	65.9 g-k	-10.0	20.7 jk	62.7	26.4
Sulfur, 50	39.5 b-f	68.8	26.9 b-d	21.7	45.3	77.2 e-j	134	53.9 cd	90.6	112

* & **: The percentage increase or decrease (-) of the plant growth parameter compared to its control and the average of percentages in the two trials.
The numbers 10, 25 and 50 in the first column represent the levels (mg/kg of soil) for each fertilizer and sulfur.
Data are the means of six replicates for the first trial and five replicates for the second trial.
Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

میلی‌گرم سولفات روی بود که اختلاف آن با شاهد و تیمارهای ۱۰ میلی‌گرم سولفات کلسیم و ۲۵ میلی‌گرم سولفات منیزیم در سطح ۵٪ معنی‌دار است ولی با سایر تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفته است (جدول ۱). بالاترین وزن تر ریشه مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد بود که با شاهد، تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی، ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم سولفات پتاسیم و ۲۵ میلی‌گرم سولفات آمونیوم در یک سطح آماری قرار گرفته و اختلاف آن با سایر تیمارها معنی‌دار است. بالاترین میزان محصول مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد بود که با تیمارهای ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم سولفات منیزیم در یک سطح آماری قرار گرفته است ولی اختلاف آن با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۲).

تأثیر کاربرد گل گوگرد و کودهای شیمیایی دارای گوگرد بر شاخص‌های نماتد *M. incognita*

آزمایش اول: در کشت اول کم‌ترین تعداد گال در گرم ریشه، تخم در گرم و کل ریشه، فاکتور تولیدمثل و شاخص گال در مقایسه با شاهد به ترتیب در گلدان‌های حاوی تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم سولفات‌منیزیم، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم گوگرد، ۵۰ میلی‌گرم گوگرد و ۲۵ میلی‌گرم سولفات منیزیم مشاهد شد (جداول ۳ و ۴).

تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات‌منیزیم داری کم‌ترین تعداد گال در گرم ریشه بود که با تیمارهای ۱۰ میلی‌گرم همین کود، ۱۰ میلی‌گرم سولفات روی، ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم سولفات کلسیم در یک سطح آماری قرار دارد ولی اختلاف آن با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۵٪ معنی‌دار است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. اثر گل گوگرد و کودهای شیمیایی گوگرددار بر تعداد گال، کیسه تخم و تخم نماتد *Meloidogyne incognita* در خیار رقم نگین در خاک سترون (آزمایش اول و دوم).

Table 3. Effect of elemental sulfur and sulfur fertilizers on the number of galls, egg masses and eggs of *Meloidogyne incognita* in cucumber (cv. Negin) in pasteurized soil (first and second trials).

	Galls/0.5 g of roots					Egg masses/0.5 g of roots					Eggs/0.5 g of roots				
	1st trial		2nd trial		Average	1st trial		2nd trial		Average	1st trial		2nd trial		Average
Treatments	Amount	%*	Amount	%*	%**	Amount	%*	Amount	%*	%**	Amount	%*	Amount	%*	%**
Control	84.4 a	-	103.7 a	-	-	44.8 a	-	62.7 a	-	-	5011 a	-	6897 a	-	-
$CaSO_4$, 10	51.2 de	39.3	52.5 c	49.4	44.4	17.9 de	60.0	31.5 bc	49.8	54.9	2154 fe	57.0	2280 ef	66.9	62.0
$CaSO_4$, 25	48.8 de	42.2	52.8 c	49.1	45.6	19.5 c-e	56.5	25.9 dc	58.7	57.6	1504 fg	70.0	1851 f	73.2	71.6
$MgSO_4$, 10	44.8 de	46.9	56.9 bc	45.1	46.0	22.2 b-e	50.4	33.2 bc	47.0	48.7	4048 bc	19.2	3590 b-d	47.9	33.6
$MgSO_4$, 25	36.8 e	56.4	46.5 cd	55.2	55.8	15.1 e	66.3	24.9 dc	60.3	63.3	3465 cd	30.9	2762 d-f	60.0	45.4
$ZnSO_4$, 10	46.5 de	44.9	44.8 cd	56.8	50.9	22.8 c-e	49.1	19.0 de	69.7	59.4	4298 ab	14.2	3638 b-d	47.3	30.7
$ZnSO_4$, 25	54.1 cd	35.9	39.6 d	61.8	48.9	21.9 b-e	51.1	15.9 e	74.6	62.9	4407 ab	12.1	4245 bc	38.5	25.3
K_2SO_4, 10	58.7 bc	30.5	48.6 cd	53.1	41.8	24.2 b-e	46.0	23.6 de	62.4	54.2	3363 cd	32.9	3661 b-d	46.9	39.9
K_2SO_4, 25	58.9 bc	30.2	50.7 c	51.1	40.7	34.7 ab	22.5	18.5 de	70.5	46.5	2401 e	52.1	2690 d-f	61.0	56.5
$(NH_4)_2SO_4$, 10	55.9 cd	33.8	59.6 c	42.5	38.1	16.4 de	63.4	26.9 dc	57.1	60.2	3071 d	38.7	5148 ab	25.4	32.0
$(NH_4)_2SO_4$, 25	58.5 b-d	30.7	82.9 ab	20.1	25.4	31.4 a-c	29.9	47.0 ab	25.0	27.5	3225 cd	35.6	4899 a-c	29.0	32.3
Sulfur, 25	68.9 ab	18.4	53.0 c	48.9	33.6	25.3 b-d	43.5	31.1 c	50.4	47.0	1241 g	75.2	2559 d-f	62.9	69.1
Sulfur, 50	58.5 b-d	30.7	45.4 cd	56.2	43.5	20.6 c-e	54.0	19.4 de	69.1	61.5	1234 g	75.4	3347 c-e	51.5	63.4

* & **: The percentage decrease of the nematode index compared to its control and the average of percentages in the two trials.
The numbers 10, 25 and 50 in the first column represent the levels (mg/kg of soil) for each fertilizer or sulfur.
Data are the means of six replicates for the first trial and five replicates for the second trial.
Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

کمترین تعداد تخم در گرم ریشه و در کل سیستم ریشه مربوط به سطوح ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم گوگرد بود که با تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات کلسیم در یک سطح آماری قرار دارد ولی اختلاف آن با شاهد و سایر تیمارها از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار است. کم‌ترین میزان فاکتور تولیدمثل مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد بود که اختلاف آن با تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم گوگرد و سولفات کلسیم از نظر آماری معنی‌دار نبوده ولی با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۵٪ معنی‌دار است (جداول ۳ و ۴). کم‌ترین شاخص گال بر اساس سیستم تایلور و ساسر (Taylor & Sasser 1978) در این نوبت از آزمایش برابر با چهار و در تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات منیزیم قرار داشت. اختلاف شاخص گال در این تیمار با سطح ۱۰ میلی‌گرم سولفات منیزیم با میانگین شاخص گال ۴/۳ و تیمارهای ۱۰ میلی‌گرم سولفات کلسیم و سولفات روی با میانگین شاخص گال ۴/۵ از نظر آماری معنی‌دار نیست ولی با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار است.

آزمایش دوم: در این نوبت از آزمایش تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی در مقایسه با شاهد بیشترین تأثیر را در کاهش تعداد گال در گرم ریشه و شاخص گال داشت. تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات کلسیم نیز موثرترین تیمار در کاهش تعداد تخم در گرم و در کل سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل بود (جداول ۳ و ۴).

در این آزمایش کم‌ترین تعداد گال در گرم ریشه مربوط به تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی بود که اختلاف آن با شاهد و سایر تیمارها (بجز تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد و تیمارهای ۲۵ میلی‌گرم سولفات منیزیم، ۱۰ میلی‌گرم سولفات روی و سولفات پتاسیم) در سطح ۵٪ معنی‌دار است. کم‌ترین تعداد تخم در گرم ریشه مربوط به تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات کلسیم بود. این تیمار از نظر آماری با

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤. اثر گل گوگرد و کودهای شیمیایی گوگرددار بر فاکتور تولیدمثل و تعداد لارو سن دو درون خاک و تخم در کل ریشه نماتد *Meloidogyne incognita* در خیار رقم نگین در خاک سترون (آزمایش اول و دوم).

Table 4. Effect of elemental sulfur and sulfur fertilizers on the reproduction factor and number of the second stage juvenile in pot soil and eggs/root system of *Meloidogyne incognita* in cucumber (cv. Negin) in pasteurized soil (first and second trials).

	Eggs/root system					2nd stage juveniles/pot soil					Reproduction factor				
	1st trial		2nd trial		Average	1st trial		2nd trial		Average	1st trial		2nd trial		Average
Treatments	No.	%*	No.	%*	%**	No.	%*	No.	%*	%**	Amount	%*	Amount	%*	%**
Control	234355 b	-	300244 a	-	-	6765 a	-	20298 a	-	-	30.8 b	-	41.0 a	-	-
$CaSO_4$, 10	225370 b	3.8	86736 ef	71.1	37.4	3100 b	54.2	8040 bc	60.4	57.3	29.4 b	4.5	12.2 ef	70.2	37.4
$CaSO_4$, 25	135836 cd	42.0	65553 f	78.2	60.1	4077 b	39.7	9200 bc	54.7	47.2	18.2 cd	40.9	9.7 f	76.3	58.6
$MgSO_4$, 10	326657 a	-39.4	114871 d-f	61.7	11.1	3090 bc	54.3	12232 ab	39.7	47.0	41.9 a	-36.0	16.2 d-f	60.5	12.2
$MgSO_4$, 25	324382 a	-38.4	87300 ef	70.9	16.2	2985 b	55.9	12464 ab	38.6	47.2	41.5 a	-34.7	12.7 ef	69.0	17.1
$ZnSO_4$, 10	342138 a	-46.0	148345 de	50.6	2.3	1090 cd	83.9	7980 bc	60.7	72.3	43.5 a	-41.2	19.8 b-e	51.7	5.2
$ZnSO_4$, 25	343116 a	-46.4	181453 b-d	39.6	-3.4	535 d	92.1	4804 c	76.3	84.2	43.7 a	-41.9	23.5 b-d	42.7	0.4
K_2SO_4, 10	309781 a	-32.2	163496 cd	45.5	6.6	899 d	86.7	6020 bc	70.3	78.5	39.7 a	-28.9	21.5 b-d	47.6	9.3
K_2SO_4, 25	217637 bc	7.1	133481 d-f	55.5	31.3	1880 b-d	72.2	9468 bc	53.4	62.8	28.5 bc	7.5	18.3 e-d	55.4	31.4
$(NH_4)_2SO_4$, 10	244896 b	-4.5	208795 bc	30.5	12.9	3297 b	51.3	11188 ab	44.9	48.1	31.7 b	-2.9	27.9 ab	32.0	14.5
$(NH_4)_2SO_4$, 25	311126 a	-32.8	236446 ab	21.2	-5.7	3275 b	51.6	11460 ab	43.5	47.6	40.3 a	-30.8	31.7 ab	22.7	-4.1
Sulfur, 25	97534 d	58.4	128344 d-f	57.3	57.8	3453 b	49.0	6768 ab	66.7	57.8	13.5 d	56.2	17.3 e-d	57.8	57.0
Sulfur, 50	92741 d	60.4	178824 b-d	40.4	50.4	3957 b	41.5	11044 bc	45.6	43.5	12.8 d	58.4	24.1 bc	41.2	49.8

* & **: The percentage decrease or increase of the nematode index compared to its control and the average of percentages in the two trials (-).
The numbers 10, 25 and 50 in the first column represent the levels (mg/kg of soil) for each fertilizer or sulfur.
Data are the means of six replicates for the first trial and five replicates for the second trial.
Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

تیمارهای سطح ۱۰ میلی‌گرم از این کود، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم گوگرد و ۲۵ میلی‌گرم سولفات منیزیم و سولفات پتاسیم در یک سطح قرار داشته ولی اختلاف آن با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۵٪ معنی‌دار است. تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات کلسیم کم‌ترین تعداد تخم در کل سیستم ریشه نیز را داشت که با تیمارهای ۱۰ میلی‌گرم سولفات کلسیم، ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم سولفات منیزیم، ۲۵ میلی‌گرم سولفات پتاسیم و ۲۵ میلی‌گرم گوگرد در یک سطح آماری قرار دارد ولی با شاهد و سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است. فاکتور تولیدمثل در تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات کلسیم کم‌ترین میزان بود و جز در سطوح ۱۰ و ۲۵ سولفات آمونیوم، در شاهد و تمام تیمارها در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار است (جداول ۳ و ۴). کم‌ترین میانگین شاخص گال در کشت دوم نیز برابر با چهار و مربوط به تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات روی بود که اختلاف آن با شاهد، تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات آمونیوم و ۱۰ میلی‌گرم سولفات منیزیم با میانگین شاخص‌های گال به ترتیب پنج، پنج و ۴/۸ از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار است و با سایر تیمارها در یک سطح قرار می‌گیرد.

بحث

گلدان‌های شاهد در برخی موارد به‌شدت مورد حمله نماتد قرارگرفته و رشد ریشه و سایر قسمت‌های رویشی آن‌ها محدود شده است، بنابراین با وجود جمعیت بالای نماتد/گرم ریشه، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در تیمارهای شاهد کمتر از سایر تیمارها است (جدول ۴).

تیمار ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد/کیلوگرم خاک در بین تیمارها بیشترین تأثیر را بر وزن خشک شاخساره داشت و این شاخص به ترتیب در کشت اول و دوم، ۴۶/۳ و

www.SID.ir

Archive of SID

۳۸/۷٪ نسبت به شاهد افزایش یافت. به‌طور میانگین در تیمار گل گوگرد ۵۰ میلی‌گرم، وزن خشک شاخساره در دو نوبت کشت افزایش ۴۲/۵ درصدی داشت. میانگین‌ها در کشت اول و دوم نشان داد که ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم سولفات منیزیم/کیلوگرم خاک به ترتیب ۱۷۹ و ۱۴۵درصد میزان محصول را نسبت به شاهد افزایش دادند. بنابراین می‌توان گفت که سطح ۱۰ میلی‌گرم سولفات منیزیم بهترین تأثیر را بر افزایش محصول داشته است (جدول ۲). منیزیم یک عنصر ضروری در گیاه و از اجزاء ساختمانی بافت‌ها است. کمبود ناشی از منیزیم درنهایت به صورت کاهش عملکرد ظاهر می‌شود و میزان بالای آن مانع از جذب پتاسیم، منگنز و کلسیم می‌گردد (Persson & Olsson 2000). در تغذیه‌ی خاک هنگامی‌که افزایش pH لازم نباشد می‌توان از سولفات‌کلسیم و منیزیم استفاده کرد (Datnoff *et al.* 2007). این یافته‌ها با آزمایش انجام‌شده که در آن سولفات‌منیزیم در سطح ۱۰ میلی‌گرم/کیلوگرم موجب افزایش معنی‌دار میزان محصول گردید، مطابقت دارد.

در تیمار ۲۵ میلی‌گرم سولفات‌کلسیم/کیلوگرم خاک در کشت اول و دوم تعداد تخم/گرم ریشه به ترتیب ۷۰ و ۷۳/۲٪ و فاکتور تولیدمثل ۴۰/۹ و ۷۶/۳٪ کاهش یافت. کاهش تعداد تخم/گرم ریشه در دو نوبت کشت، ۷۱/۶٪ بود (جداول ۳ و ۴). این یافته با آزمایش‌های دیگر که نشان می‌دهند کاربرد سولفات‌کلسیم در خاک باعث کاهش شدت بسیاری از بیماری‌های قارچی، شبه قارچی و باکتریایی مهم از نظر اقتصادی می‌شود، مطابقت دارد (Datnoff *et al* 2007). کلسیم با ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه و تشکیل پکتات کلسیم باعث استحکام دیواره‌ی سلولی شده و می‌تواند از ورود و حرکت بعدی نماتد در گیاه جلوگیری کند. بنابراین می‌توان گفت که سولفات‌کلسیم با داشتن قسمت کلسیم و قسمت سولفات از مزایای هر دو بهره‌مند بوده و از نفوذ لاروها به بافت ریشه جلوگیری کرده و با این سازوکار باعث کاهش شاخص‌های نامبرده می‌گردد.

در تیمار حاوی ۲۵ میلی‌گرم سولفات‌روی/کیلوگرم خاک نیز تعداد لارو *M. incognita* در کل گلدان به ترتیب در کشت اول و دوم ۹۲ و ۷۶٪ کاهش یافت. این یافته‌ها با یافته‌های دیگر که بر اساس آن‌ها استفاده از کود مرغی نپوسیده و کود شیمیایی NPK (Nasr-Esfahani & Ahmadi 2005) و برخی دیگر از عناصر پرمصرف با منبع سولفات و سولفات روی باعث کاهش تعداد لاروهای سن دوم *M. incognita* در خاک اطراف ریشه‌ی خیار شده‌اند (Charegani *et al.* 2010, Datnoff *et al.* 2007)، در تطابق است. روی یک عنصر سمی است و سمیت آن برای بسیاری از موجودات به اثبات رسیده است. مطالعات قبلی نشان می‌دهد که عنصر روی با خاکِ مخلوط شده با زیست جامدها (بیوسولیدها) باعث کاهش تنوع نماتد در خاک و در مواردی اختلال در تعادل بیولوژیکی خاک می‌شود (Qi *et al.* 2006, Datnoff *et al.* 2007). هم‌چنین استفاده از سولفات‌روی و سولفات‌پتاسیم برای تأمین منابع روی و پتاسیم در برخی پژوهش‌ها، تأثیر زیادی در کاهش شاخص‌های نماتد ازجمله تعداد کل لاروها در خاک گلدان و بهبود شاخص‌های رشدی گیاه داشته (Charegani *et al.* 2010, Ahmadi Mansourabad *et al.* 2016) که این یافته‌ها تا حدود زیادی با یافته‌های حاصل از آزمایش حاضر مطابقت دارند.

در سطح ۲۵ سولفات‌منیزیم در کشت اول و دوم تعداد کیسه تخم در نیم گرم ریشه به ترتیب ۲۰ و ۱۲درصد و شاخص گال ۶۶ و ۶۲ درصد کاهش یافت. منیزیم به اندازه کلسیم در جلوگیری از له‌شدگی بافت‌ها مؤثر است

www.SID.ir

Archive of SID

(Persson & Olsson 2000). بنابراین می‌توان گفت منیزیم نیز می‌تواند باعث افزایش استحکام بافت ریشه، جلوگیری از نفوذ لاروها و کاهش شاخص‌های نام‌برده گردد.

در کشت اول کم‌ترین میزان تخم در سیستم ریشه و فاکتور تولیدمثل در سطوح ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد مشاهده شد. این یافته با یافته‌های حاصل از آزمایش قبلی که در آن استفاده از سطح ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد/ کیلوگرم خاک غیر سترون پوشیده شده با پلاستیک بیشترین تأثیر در بهبود شاخص‌های رویشی گیاه و کاهش فاکتور تولیدمثل *M. incognita* داشت، مطابقت دارد (Rumiani *et al.* 2015).

برای انتخاب مناسب‌ترین تیمار باید تأثیر این عناصر بر شاخص‌های گیاه را نیز در نظر گرفت. سولفات‌کلسیم باعث بهبود رشد گیاه و کاهش جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل شد. بنابراین می‌توان اثرات دو سطح ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم سولفات‌کلسیم /کیلوگرم خاک و سطح ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد را برای رشد بهتر گیاه و برای کاهش جمعیت نماتد ریشه‌گرهی در کشت‌های گلخانه‌ای خیار بررسی کرد. لازم به ذکر است که سولفات منیزیم نیز به عنوان یک کود مناسب در نظر گرفته می‌شود. این تیمار میزان محصول را به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش و شاخص‌های نماتد (به ویژه لاروهای سن دوم در خاک) را تا حدودی کاهش داد.

منابع

Ahmadi Mansourabad M., Kargar Bideh A. and Abdollahi M. 2016. Effects of some micronutrients and macronutrients on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, in greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* cv. Negin). Journal of Crop Protection 5 (4): 507-517.

Anonymous. 2018. FAOSTAT. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize-08-January-2019.

Barker K. R. 1985. The application of microplot techniques in nematological research, pp. 127-134. In: K. R. Baker, C. C. Carter and J. N. Sasser (Eds). An advanced treatise on Meloidogyne. Volume 2, methodology. Raleigh, North Carolina State University Graphics.

Charegani H., Karegar Bideh A. and Hamzehzarghani H. 2010. Effect of chemical fertilizers on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in greenhouse cucumber cultivation. Iranian Journal of Plant Pathology 46 (3): 71-73 (In Persian with English summary).

Datnoff E. L., Elmer H. W. and Huber M. D. 2007. Mineral nutrition and plant disease. American Phytopathological Society. USA. 278 p.

Elmer W. H. and LaMondia J. A. 1999. Influence of ammonium sulfate and rotation crops on strawberry black root rot. Plant Disease 83: 119-123.

Gomes S. M. S., Arieira D. R. C., Roldi M., Dadazio S. T., Marini M. P., Antonio D. and Barizao O. 2013. Mineral nutrition in the control of nematodes. African Journal of Agricultural Research 8: 2413-2420.

Hussey R. S. and Janssen G. J. W. 2002. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species, pp. 43-70. In: J. Starr, R. Cook and J. Bridge (Eds). Plant resistance to parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, UK.

Jacq V. A. and Fortuner R. 1979. Biological control of rice nematodes using sulphate reducing bacteria. Revue de Nématologie 2: 41-50.

Khan M. R. and Khan M. W. 1997. Effects of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, on the sensitivity of tomato to sulfur dioxide and ozone. Environmental and Experimental Botany 38: 117-130.

Li Y., Stirling G. R. and Seymour N. P. 2017. The effect of organic amendment input and crop management practices on the nematode community and suppression of root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) in a grain-growing soil. Australasian Plant Pathology 46: 463-472.

Messenger B. J., Menge J. A., Amrhein C. and Faber B. 1997. The effects of calcium on avacado growth and root

www.SID.ir

Archive of SID

health. California Avocado Society 81: 69-78.
Nasr-Esfahani M. and Ahmadi A. R. 2005. Effect of organic amendments and chemical fertilizers on *Meloidogyne javanica* in cucumber. Iranian Journal of Plant Pathology 41: 1-17 (In Persian with English summary).
Noweer E. M. A. and Hasabo S. A. A. 2005. Effect of different management practices for controlling the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on squash. Egyptian Journal Phytopathology 33: 73-81.
Oka Y. 2010. Mechanism of nematode suppression by organic soil amendments –a review. Applied Soil Ecology 44: 101-115.
Pahlavan R., Omid M. and Akram A. 2011. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for greenhouse cucumber production. Journal of Agricultural Technology 7: 1509-1521.
Persson L. and Olsson S. 2000. Abiotic characteristic of soils suppressive to Aphanomyces root rot. Soil Biology & Biochemistry 32:1141-1150.
Qi L., Yong J. and Wen-ju L. 2006. Effect of heavy metals on soil nematode communities in the vicinity of a metallurgical factory. Journal of Environmental Sciences 18: 323-328.
Rodriguez-Kabana R. 1986. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. Journal of Nematology 18: 129-135.
Rumiani M., Karegar A., Hamzehzarghani H. and Banihashemi Z. 2015. Effect of elemental sulfur on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, activities in cucumber plants. Iranian Journal of Plant Pathology 52 (1): 85-98 (In Persian with English summary).
Ryan J. and Stroehlein J. L. 1979. Sulphuric acid treatment in calcareous soils: Effect on phosphorus solubility, inorganic phosphorus forms and plant growth. Soil Science Society of America Journal 43: 731-735.
Salac I. 2005. Influence of the sulphur and nitrogen supply on S metabolites involved in Sulphur Induced Resistance (SIR) of *Brassica napus* L. Landbauforsch Völkenrode SH 277. Federal Agricultural Research Centre (FAL). 134 p.
Sasser J. N. and Freckman D. W. 1987. A world prospective on nematology: The role of the society, pp. 7-14. In: J. A. Veech and D. W. Dickson (Eds). Vistas on Nematology. Society of Nematologists, Inc. Hyattsville, Maryland, USA.
Seifi S. and Karegarbideh A. 2013. Effect of mineral fertilizers on cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* population and evaluation of wheat. World Applied Programming 3: 137-141.
Stamford N. P., Freitas A. D. S., Ferraz D. S., Montenegro A. and Santos C. E. R. S. 2003. Nitrogen fixation and growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) and yam bean (*Pachyrhizus erosus*) in a sodic soil as affected by gypsum and sulphur inoculated with *Thiobacillus* and rhizobial inoculation. Tropical Grasslands 37: 11-19.
Taylor A. L. and Sasser J. N. 1978. Biology, identification, and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the United States Agency for International Development 111 p.
Wang Y., Li Q., Hui W., Shi J., Lin Q., Chen X., and Chen Y. 2008. Effect of sulphur on soil Cu/Zn availability and microbial community composition. Journal of Hazardous Materials 159: 385-389.
Zheng Y., Duan Y., Chen S., Sun, J. and Chen L. 2010. Responses of soybean cyst nematode *Heterodera glycines* to macroelement and microelement compounds. Bulgarian Journal of Agricultural Science 16: 172-180.

www.SID.ir