تأثیر گل گوگرد بر فعالیت نماتد ریشه‌گرهی، *Meloidogyne incognita* در خیار*

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۴)

چکیده

نماتدهای ریشه‌گرهی (*Meloidogyne* spp.)، یکی از عوامل محدودکننده کشت خیار در مزارع و گلخانه‌ها محسوب می‌شوند. تقویت خاک با کودهای حیوانی یا شیمیایی در کاهش میزان خسارت ناشی از این نماتدها مؤثر است. به همین منظور در سال ۹۲-۹۳ طی یک آزمایش اثرات سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم خاک در زمان کشت و ٤٥ روز قبل از کشت، در خاک سترون و غیرسترون در دو نوبت در گلخانه مورد مطالعه قرار گرفت. ابتدا دو عدد تخم یا لارو سن دوم نماتد/گرم خاک و سطوح گوگرد با خاک گلدان‌ها مخلوط، سپس در نیمی از گلدان‌ها بلافاصله و در نیمی دیگر پس از ٤٥ روز بذور خیار (رقم نگین) کشت گردید. به منظور بررسی اثر تبخیر گوگرد بر جمعیت اولیه‌ی نماتد، نیمی از گلدان‌های ٤٥ روزه درون کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. نتایج آزمایش در دو نوبت کشت نشان داد که استفاده از ۵۰ میلی‌گرم گوگرد در کیلوگرم در گلدان‌های حاوی خاک مزرعه، قرار داده شده داخل کیسه پلاستیکی به طور میانگین باعث افزایش ۳٦٪ وزن خشک شاخساره و ۱۱٤٪ وزن محصول نسبت به شاهد گردید. همچنین گوگرد ۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم خاک جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل را به ترتیب ۷۰ و ٦۹٪ نسبت به شاهد کاهش داد.

کلیدواژه: خیار رقم نگین، شاخص‌های رویشی، کنترل نماتد، فاکتور تولیدمثل

---

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

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

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

Effect of elemental sulfur on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, activities in cucumber plants*

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

(Received: 8.8.2015; Accepted: 15.11.2015)

Abstract

Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are one of the main pests of cucumber production in greenhouses and farms. Applications of chemical and organic fertilizers are effective in reducing the damages caused by these nematodes. For this purpose, during 2013-2014, in an experiment, effects of 25, 50 and 100 mg/kg of elemental sulfur at planting time and 45 days before planting, in sterilized and non-sterilized soil were studied in two turns in greenhouse. First, two eggs or second stage juveniles of the nematode/g of soil and sulfur levels were mixed with the soil. Then cucumber seeds cv. Negin were sown immediately in the half of the pots and in the other half after 45 days. In order to evaluate the effect of sulfur evaporates on the initial nematode population, one half of 45 days pots were placed in plastic bags. The results of two trails showed that sulfur 50 mg/kg of soil in 45 days pots, filled with non-sterilized soil and placed inside plastic bags caused 36% increase in the shoot dry weight and 114% in the yield, on average. In addition, sulfur 100 mg/kg of soil caused 70% and 69% decreases in the final population and reproduction factor of the nematode, respectively.

Keywords: Cucumber cv. Negin, growth parameters, 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. Former M.Sc. Student, Prof., Associate Prof. and Prof. of Plant Phathol., respectively, School of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

مقدمه

خیار یکی از مهم‌ترین محصولات گلخانه‌ای در سراسر دنیا است. کشور ایران با تولید ۱۵۷۰۰۷۸ تن، پس از کشورهای چین و ترکیه مقام سوم تولید خیار در جهان را به خود اختصاص داده است (Anonymous 2013). نماتدهای ریشه‌گرهی به عنوان مخرب‌ترین انگل‌های گیاهی، به دلیل داشتن دامنه‌ی وسیع میزبانی و ارتباط با سایر بیمارگرها و افزایش خسارت به محصولات کشاورزی، به عنوان یکی از پنج عامل درجه اول بیماری‌زا و مهم‌ترین بیمارگرهای گیاهی محسوب می‌شوند (Hussey & Janssen 2000, Barker 1985). گونه‌ی *M. incognita* دارای اهمیت اقتصادی فراوان و دامنه‌ی میزبانی بسیار وسیعی است و از مهم‌ترین گونه‌های نماتد انگل خیار گلخانه‌ای می‌باشد (Shokouhian 2001).

اکثر خاک‌های موجود در کشور ایران آهکی و دارای pH بالا هستند (Sameni & Kasaraian 2004). در بین عنصرهای غذایی، گوگرد متداول‌ترین، بهترین و مقرون به صرفه‌ترین آنها برای اسیدیته کردن خاک می‌باشد (Garcia de la Fuente *et al.* 2007). گوگرد به وسیله‌ی باکتری‌های اکسیدکننده .*Thiobacillus* spp به اسید سولفوریک اکسید و باعث کاهش pH خاک می‌شود (Jacq & Fortuner 1979, Stamford *et al.* 2003). اسیدی شدن خاک حلالیت و جذب عنصر فسفر (Ryan & Stroehlein 1979)، مس، روی (Wang *et al.* 2008)، آهن، منگنز و سایر ریزمغزی‌های وابسته به pH در خاک و در نهایت میزان محصول در خاک‌های با pH بالا را افزایش می‌دهد (Kaplan & Orman 1998, Besharaty *et al.* 2002).

برخی از تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیبات گوگردی گلوکوسینولات و مشتقات حاصل از آن‌ها تأثیر مثبتی در جهت کاهش جمعیت نماتدهای انگل گیاهی داشته‌اند (Lazzeri *et al.* 1993, Potter *et al.* 1998). گلوکوسینولات‌ها به همراه کوفاکتورها، پس از هیدرولیز به وسیله‌ی آنزیم‌های هیدروسیناز و میروسیناز، به یون سولفات و گلوکز و بسیاری از ترکیبات فعال بیولوژیکی شامل ایزوتیوسیانات، نیتریل و تیوسیانات تبدیل می‌شوند (Borek *et al.* 1996). این ترکیبات شکل‌های مختلف قارچ‌کش، باکتری‌کش (Sarwar *et al.* 1998) و نماتدکش دارند (Mojtahedi *et al.* 1991, Buskov *et al.* 2002). به عنوان مثال متیل‌ایزوتیوسیانات محصول تجزیه متام‌سدیم است که یک نماتدکش محسوب می‌شود (Pinkerton *et al.* 1986, Zasada & Ferris 2003).

پژوهش‌ها نشان داده است که استفاده از گوگرد در خاک اثر معنی‌داری در کاهش نماتدهای انگل موجود در خاک دارد. نتایج یک آزمایش مزرعه‌ای نشان داده است که کاربرد سطوح ۳۳/۳، ۶۶/۶ و ۱۳۳/۳ کیلوگرم/هکتار گل گوگرد باعث کاهش معنی‌دار جمعیت بسیاری از نماتدهای انگل گیاهی از جمله .*Tylenchorhichus* spp و نماتد قلوه‌ای، *Rotylenchulus reniformis* و همچنین نماتدهای آزادزی در خاک شده است (Kassab & Hafez 1990). بقایای گیاه سیر در کاهش خسارت نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* و افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی نقش مهمی داشته است. اضافه کردن ۲٪ بقایای سیر و کود خرگوش به خاک و پوشاندن آن با پلاستیک قبل از کشت، باعث افزایش ۷۲/۶٪ محصول گوجه‌فرنگی و کاهش ۷۲/۴٪ شاخص گال نماتد شده است. نشان داده شده است که ۷۶/۷٪ مواد فرار سیر خام و ۴۲/۹٪ مواد فرار سیر تخمیر شده ترکیب‌های گوگرددار هستند. ترکیبات گوگودی در شرایط بی‌هوازی باعث آزاد شدن گوگود غیرآلی شامل H_2S می‌گردد که برای نماتدها سمی هستند (Gong *et al.*

2013).

در ایران هیچگونه مطالعه‌ای در ارتباط با تأثیر گوگرد بر فعالیت نماتدهای انگل گیاهی صورت نگرفته است. لذا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر گوگرد بر شاخص‌های نماتد و همچنین شاخص‌های رشدی گیاه خیار گلخانه آلوده به نماتد انجام شده است.

مواد و روش‌های بررسی

تهیه‌ی جمعیت نماتد و خاک مورد نیاز

به منظور تهیه نماتد مورد نیاز، جمعیت خالص *M. incognita* موجود در گلخانه بخش گیاه‌پزشکی دانشگاه شیراز بر روی گوجه‌فرنگی رقم ارلی‌اوربانا (Early Urbana) تکثیر گردید.

خاک مورد نیاز از مخلوط خاک مزرعه و ماسه رودخانه‌ای، جمع‌آوری شده از منطقه سیوند استان فارس، به نسبت یک به دو تهیه گردید. بدین منظور ابتدا خاک و ماسه مورد نظر پس از مرطوب کردن با استفاده از دستگاه ضدعفونی‌کننده خاک به صورت جداگانه ضدعفونی و سپس مخلوط گردید. خاک تهیه شده از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این خاک با داشتن ۶۶/۵٪ ماسه، ۱۷/۱٪ سیلت و ۱۶/۴٪ رس، از نظر بافت در گروه خاک‌های لومی-شنی قرار داشت و از نظر شیمیایی دارای pH = 7.7، ۰/۰۴٪ 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، ۱۴/۶۴ میلی‌گرم/کیلوگرم منگنز بود.

با توجه به این‌که خاک مخلوط تهیه شده از نظر عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم کمبود داشت، لذا این عناصر به ترتیب به میزان 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 خاک اضافه گردید. برای افزودن کودها به خاک ابتدا مقدار کود مورد نیاز برای هر گلدان محاسبه و در حجم مشخصی از آب حل و یا مخلوط شد و به طور یکنواخت با خاک درون گلدان‌ها مخلوط گردید.

آزمایش‌های گلخانه‌ای

بررسی تأثیر گوگرد بر شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* و شاخص‌های رشدی گیاه خیار رقم نگین، در دو آزمایش جداگانه دو ماهه صورت گرفت. آزمایش اول با هدف بررسی تأثیر گل گوگرد بر شاخص‌های نماتد و گیاه، در خاک پاستوریزه و غیر پاستوریزه هم‌زمان با کشت انجام شد. آزمایش دوم نیز با هدف بررسی تأثیر گل گوگرد بر شاخص‌های نماتد و گیاه، در خاک سترون و غیرسترون ۴۵ روز قبل از کشت انجام شد. برای هر سطح گوگرد از گلدان‌های تیمار شده با نماتد و گلدان‌های شاهد بدون نماتد حاوی خاک سترون و غیرسترون استفاده شد. علاوه بر شاهد بدون نماتد برای هر کدام از تیمارهای حاوی گوگرد، شاهد کلی برای تمامی تیمارها شامل گلدان‌های (بدون کود و با نماتد) و گلدان‌های (بدون نماتد و بدون کود) در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل در دو نوبت، انجام شدند. گلدان‌های بر اساس نیاز با آب دارای املاح کم آبیاری شدند.

آزمایش اول؛ کاشت بذور خیار هم‌زمان با اضافه کردن گل گوگرد: در این آزمایش ابتدا سطوح ۲۵، ۵۰ و

۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم خاک و دو تخم یا لارو سن دوم نماتد/گرم خاک با خاک سترون و غیرسترون گلدان‌ها مخلوط و سپس بذور خیار رقم نگین در آنها کشت گردید. با توجه به حجم زیاد کار در این آزمایش، تعداد تکرار برای گلدان‌های تیمار شده با نماتد پنج و برای گلدان‌های شاهد سه عدد در نظر گرفته شد. کشت اول آزمایش در گلدان‌های چهار کیلوگرمی و کشت دوم در گلدان‌های ۱۲ کیلوگرمی انجام شد.

آزمایش دوم؛ کاشت بذور خیار ٤٥ روز بعد از اضافه کردن گل گوگرد: در این آزمایش نیز ابتدا گوگرد و نماتد به میزان ذکر شده در آزمایش اول به خاک گلدان‌ها افزوده شد ولی پس از گذشت ۴۵ روز کاشت خیار انجام گرفت. در این آزمون برای جلوگیری از خروج مواد حاصل از تدخین گوگرد و همچنین برای تعیین اثر پوشاندن خاک با پلاستیک و افزایش دمای حاصل از پوشاندن، نیمی از گلدان‌ها درون کیسه‌های پلاستیکی و نیمی دیگر در فضای آزاد قرار داده شدند. تعداد تکرار برای گلدان‌ها مشابه آزمایش قبلی بود با این تفاوت که در اینجا شاهد برای گلدان‌های داخل پلاستیک و گلدان‌های بدون پلاستیک، در هر دو نوع خاک سترون و غیرسترون، جداگانه در نظر گرفته شد. دو نوبت کشت آزمایش در گلدان‌های چهار کیلوگرمی انجام شد.

بررسی شاخص‌های مربوط به گیاه و نماتد

دو ماه پس از اضافه‌کردن نماتد، گیاه از ناحیه‌ی طوقه قطع و ریشه‌ها شستشو و توزین شدند. سپس وزن تر و خشک ریشه، وزن خشک شاخساره و وزن محصول اندازه گرفته شد. سپس شاخص‌های مربوط به نماتد شامل تعداد گال، تعداد تخم و کیسه‌ی تخم در یک گرم ریشه و تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاک اندازه‌گیری و شاخص گال، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نیز محاسبه گردید. شاخص گال بر اساس روش *تایلور و ساسر* (۱۹۷۸) تعیین گردید. در این روش در صورت عدم گال یا کیسه تخم بر روی ریشه شاخص صفر، بین ۱-۲ گال یا کیسه تخم شاخص یک، بین ۳-۱۰ شاخص دو، بین ۱۱-۳۰ شاخص سه، بین ۳۱-۱۰۰ شاخص چهار و بیش از ۱۰۰ گال شاخص پنج در نظر گرفته می‌شود (Taylor & Sasser 1978).

محاسبات آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد (SAS 9.1). تجزیه و تحلیل شاخص‌های پارامتریک (شاخص‌های مربوط به گیاه) به روش Proc ANOVA و شاخص‌های غیرپارامتریک (شاخص‌های نماتد) به روش Friedman rank test انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح ۵٪ صورت گرفت.

نتایج

با توجه به حجم زیاد داده‌ها، در بخش نتایج فقط شاخص‌های گیاهی تیمارهای مایه‌زنی شده با نماتد مورد مقایسه قرار گرفته است.

تأثیر کاربرد گل گوگرد بر شاخص‌های نماتد و گیاه در خاک سترون و غیرسترون همزمان با کشت

۱- شاخص‌های رویشی گیاه: مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در کشت اول بیشترین وزن تر شاخساره خیار مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در خاک سترون است که با شاهد و سایر تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفته است. بیشترین وزن خشک شاخساره مربوط به سطح ۲۵ در خاک سترون می‌باشد که نسبت به

جدول ۱. تأثیر گل گوگرد بر شاخص‌های رویشی گیاه خیار آلوده به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* در خاک سترون و غیرسترون.

Table 1. Effect of elemental sulfur on the growth parameters of cucumber, inoculated with *Meloidogyne incognita* in sterile and non-sterile soil, at planting (first and second trials of test in 4 kg and 12 kg pots, respectively).

Sulfur	Shoot fresh weight (g)		Shoot dry weight (g)		Root fresh weight (g)		Yield (g)	
(mg/kg of soil)	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial
Sterilized soil								
Zero (control)	50.9 e	205.3 ef	11.0 fg	19.5 fg	6.6 f	41.7 ef	27.2 h	31.6 de
25	57.9 de	239.7 b-f	15.2 bc	27.8 b-d	13.8 b-d	58.0 b-e	74.8 c	48.1 c-e
50	51.5 e	240.5 b-f	13.3 de	29.9 b-d	15.6 ab	65.46 ab	91.2 b	57.3 b-e
100	65.4 b-e	227.6 c-f	12.9 d-f	23.9 d-g	13.6 b-e	65.2 ab	67.0 dc	34.6 de
Non-sterilized soil								
Zero (control)	51.7 e	197.3 f	11.3 fg	17.9 g	11.6 e	37.0 f	54.2 e-g	32.0 de
25	57.7 de	215.9 d-f	10.0 g	24.1 d-g	12.4 de	61.8 bc	61.2 d-f	43.0 de
50	58.4 de	210.4 ef	11.7 e-g	33.9 b-d	15.4 ab	62.2 bc	53.5 gf	51.5 c-e
100	55.2 de	204.8 ef	12.2 ef	20.7 e-g	12.6 de	44.7 c-f	49.5 g	29.7 e

Data are the means of five replicates for levels of 25, 50 and 100, and three replicates for the level of zero (control). Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

شاهد و سایر تیمارها در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار دارد. بیشترین وزن تر ریشه مربوط به سطح ۵۰ در خاک سترون و غیرسترون، همچنین بالاترین میزان محصول مربوط به سطح ۵۰ در خاک سترون است که اختلاف آن با شاهد و سایر تیمارها در سطح ۵٪ معنی‌دار است.

در کشت دوم بیشترین وزن تر شاخساره در تیمارهای ۵۰ و ۲۵ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در خاک سترون، مشاهده گردید که اختلاف آنها با شاهد و سایر تیمارها معنی‌دار نبود. بیشترین وزن خشک شاخساره مربوط به سطح ۵۰ در خاک غیرسترون است که با تیمار ۲۵ در خاک غیرسترون و تیمارهای ۲۵ و ۵۰ در خاک سترون در یک سطح آماری قرار گرفته است ولی اختلاف آنها با سطح ۱۰۰ و شاهد در هر دو خاک معنی‌دار است. بیشترین وزن تر ریشه مربوط به سطح ۵۰ و ۱۰۰ در خاک سترون است که با شاهد در خاک سترون و غیرسترون دارای اختلاف معنی‌دار است. بیشترین میزان محصول مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در خاک سترون است، ولی با سایر تیمارها و شاهد در هر دو خاک در یک سطح قرار گرفته است (جدول ۱).

۲- شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita*:

کم‌ترین تعداد گال و کیسه در گرم ریشه در کشت اول مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم و در کشت دوم مربوط به سطوح ۵۰ و ۱۰۰ در هر دو خاک است که با شاهد و سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. بر اساس سیستم تایلور و ساسر شاخص گال شاهد و سایر تیمارها در هر دو خاک پنج است (Taylor & Sasser 1978). منتها در کشت دوم شاخص گال در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ در هر دو خاک کم‌تر از شاهد و تیمار ۲۵ میلی‌گرم/کیلوگرم است.

در کشت اول تعداد تخم در کل ریشه در سطوح ۲۵ و ۵۰ در خاک سترون بیشتر از شاهد و در خاک غیرسترون سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کم‌تر از شاهد می‌باشد. در کشت دوم تعداد تخم در سیستم ریشه در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ در خاک سترون کم‌تر از شاهد و در خاک غیرسترون با شاهد

در یک سطح آماری قرار داشت. فاکتور تولیدمثل در کشت اول در همه تیمارها (بجز تیمار ۱۰۰ در خاک سترون) بیش از شاهد بود. در حالی‌که در آزمایش دوم فاکتور تولیدمثل در تیمار ۱۰۰ در خاک سترون و تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ در خاک غیرسترون کم‌تر از شاهد بود (جدول ۲).

نتایج کاربرد گل گوگرد ۴۵ روز قبل از کشت

الف) خاک غیرسترون

۱- شاخص‌های رویشی گیاه خیار: بیشترین وزن تر شاخساره در کشت اول مربوط به سطح ۵۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در خاک پوشیده شده با پلاستیک است، منتها با شاهد خود و سایر تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفته است. این شاخص در کشت دوم در همه تیمارها در یک سطح آماری قرار دارد. بالاترین وزن خشک شاخساره در کشت اول مربوط به تیمار ۵۰ در خاک پوشیده شده با پلاستیک است که با شاهد خود دارای اختلاف معنی‌دار است. در کشت دوم نیز تیمار ۵۰ در هر دو حالت (خاک پوشیده شده با پلاستیک و خاک بدون پلاستیک) نسبت به شاهد وزن خشک شاخساره بیشتری دارند. بالاترین وزن تر ریشه در هر دو کشت مربوط به تیمار ۵۰ در خاک پوشیده شده با پلاستیک می‌باشد. بیشترین میزان محصول در کشت اول مربوط به سطوح ۵۰ و ۱۰۰ و در کشت دوم مربوط به هر سه سطح گوگرد در خاک پوشیده شده با پلاستیک است که با شاهد خود دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۳).

۲- شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita*: تأثیر گل گوگرد بر شاخص‌های نماتد در حالتی که گلدان‌ها درون کیسه پلاستیک قرار داده شده‌اند بیشتر از حالت بدون پلاستیک بوده است. در کشت اول و دوم همه

جدول ۲. تأثیر گل گوگرد بر شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* در گیاه خیار آلوده، در خاک سترون و غیرسترون.

Table 2. Effect of elemental sulfur on the nematode indices of *Meloidogyne incognita* in infected cucumber in sterile and non-sterile soil, at planting (first and second trials of test in 4 kg and 12 kg pots, respectively).

Sulfur (mg/kg of soil)	Galls/0.5 g of roots		Egg masses/0.5 g of roots		Gall index		Eggs/0.5 g of roots		Eggs/root system		2nd stage Juveniles/pot soil		Reproduction factor	
	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial
Sterilized soil														
Zero (control)	119 a	81.6 ab	42.5 ab	44.6 a	5.0 a	5.0 a	7510 ab	3538 a	99662 d	288815 ab	5900 d	30092 ab	13.3 d	14.0 ab
25	71.5 dc	57.2 b	25 cd	32.4 a	5.0 a	4.8 a	7255 b	2876 ab	196022 a	328946 ab	11150 ab	2577 ab	26.2 a	15.2 a
50	61.5 de	32.8 c	22 de	17.4 b	5.0 a	4.2 b	5918 c	1655 c	183935 a-c	214016 c	10836 b	2700 ab	24.8 a-c	10.4 cd
100	48 ef	35.6 c	13.5 f	17.8 b	5.0 a	4.2 b	5834 c	1987 c	157368 cd	246904 bc	7652 cd	23208 b	21.0 dc	11.4 b-d
Non-sterilized soil														
Zero (control)	104.5 ab	89.3 a	45.5 a	49.6 a	5.0 a	5.0 a	8305 a	3543 a	188962 ab	264133 a-c	8368 c	29452 ab	25.3 ab	12.6 a-c
25	80.5 bc	70.6 ab	35 bc	30.0 a	5.0 a	5.0 a	2861 ab	3052 a	190217 ab	379164 a	7320 cd	32995 a	25.0 a-c	17.4 a
50	67 cd	34.8 c	22.5 d	16.6 b	5.0 a	4.2 b	5468 c	1537 c	167089 c	184171 c	14220 a	28519 ab	22.8 bc	9.0 d
100	44.5 f	24.6 c	17.5 ef	12.2 b	5.0 a	3.6 b	6127 c	2048 bc	156574 cd	180684 c	13428 ab	25879 ab	21.6 cd	8.8 d

Data are the means of five replicates for levels of 25, 50 and 100, and three replicates for the level of zero (control).
Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۳. تأثیر گل گوگرد بر شاخص‌های رویشی گیاه خیار آلوده به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* در خاک غیرسترون، ٤٥ روز قبل از کاشت.

Table 3. Effect of elemental sulfur on the growth parameters of cucumber, inoculated with *Meloidogyne incognita* in non-sterile soil, 45 days before planting (first and second trials of test).

Sulfur	Shoot fresh weight (g)		Shoot dry weight (g)		Root fresh weight (g)		Yield (g)	
(mg/kg of soil)	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial
Pots without plastic bags								
Zero (control)	67.4 d	59.9 a	10.3 f	9.6 de	15.4 f	20.5 a-c	27.7 h	12.5 e
25	80.4 b-d	60.3 a	12.2 d-f	9.0 e	19.6 c-e	15.0 f	42.6 g	15.0 de
50	83.6 bc	67.9 a	12.3 de	14.7 b	18.2 d-f	15.8 d-f	67.1 f	21.0 b-e
100	75.8 cd	49 a	11.4 ef	9.4 de	17.7 ef	10.1 g	54.5 g	12.3 e
Pots in plastic bags								
Zero (control)	80.3 b-d	61.3 a	11.8 d-f	10.8 d-e	20.5 a-e	19.3 a-d	50.6 g	17.0 c-e
25	90.4 bc	60.9 a	13.4 c-e	9.7 de	20.9 a-d	17.7 b-f	89.1 d-c	26.9 b-e
50	96.3 ab	85.7 a	15.0 bc	14.7 b	22.1 a-c	21.3 a	99.3 b	39.6 ab
100	89.4 bc	62.2 a	13.7 c-e	8.9 e	19.8 c-e	12.0 g	102 b	29.1 b-e

Data are the means of five replicates for levels of 25, 50 and 100, and three replicates for the level of zero (control). 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 دارای گوگرد درون پلاستیک باعث کاهش معنی‌دار تعداد گال/گرم ریشه نسبت به شاهد شدند. تعداد کیسه تخم/گرم ریشه در شاهد و تیمارهای درون پلاستیک در کشت اول نسبت به حالت بدون پلاستیک کم‌تر بود و در کشت دوم تیمارهای دارای گوگرد درون پلاستیک نسبت به شاهد و سایر تیمارها دارای کیسه تخم کم‌تری بودند. شاخص گال در تیمار ۱۰۰ بدون پلاستیک و تیمارهای دارای گوگرد درون پلاستیک نسبت به شاهد دارای پلاستیک و بدون پلاستیک کم‌تر است. کم‌ترین تعداد تخم/گرم ریشه و کل ریشه در کشت اول مربوط به تیمارهای ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ و در کشت دوم مربوط به تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ درون پلاستیک بود که اختلاف آنها با شاهد خود و سایر تیمارها دارای گوگرد معنی‌دار است. کم‌ترین فاکتور تولیدمثل در کشت اول مربوط به سطوح ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ و در کشت دوم مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در خاک پوشیده شده با پلاستیک می‌باشد و اختلاف آنها با شاهدها و سایر تیمارها معنی‌دار است (جدول ۴).

ب) خاک سترون

۱- شاخص‌های رویشی گیاه خیار: جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد گوگرد ۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم در خاک پوشیده شده با پلاستیک و یا بدون پلاستیک در کشت اول و در خاک پوشیده با پلاستیک در کشت دوم بیشترین وزن تر شاخساره را داشته که با شاهد اختلاف معنی‌دار دارد. بیشترین وزن خشک شاخساره در کشت اول مربوط به تیمارهای ۲۵ و ۵۰ در خاک بدون پلاستیک و تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ در خاک پوشیده با پلاستیک و در کشت دوم مربوط به تیمار ۵۰ در خاک بدون پلاستیک و تیمارهای ۲۵ و ۵۰ در خاک پوشیده شده با پلاستیک است که نسبت شاهد دارای اختلاف معنی‌دار هستند. وزن تر ریشه در تیمارها در همه حالات یا کم‌تر از شاهد و یا هم‌اندازه آن می‌باشد. بیشترین میزان محصول در کشت اول در تیمارهای ۵۰ و ۲۵ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در خاک

جدول ٤. تأثیر گل گوگرد بر شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* در گیاه خیار آلوده در خاک غیرستروژ، ٤٥ روز قبل از کاشت.

Table 4. Effect of elemental sulfur on the nematode indices of *Meloidogyne incognita* in infected cucumber in non-sterile soil, 45 days before planting.

Sulfur (mg/kg of soil)	Galls/0.5 g of roots		Egg masses/ 0.5 g of roots		Gall index		Eggs/0.5 g of roots		Eggs/root system		2nd stage Juveniles/pot soil		Reproduction factor	
	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial
Pots without plastic bags														
Zero (control)	48.1 a	108 a	17.4 a	73.8 a	4.6 a	5.0 a	2567 a	3288 a	79224 a	136453 a	4853 a	20500 a	10.8 a	20.5 a
25	27.6 b	52.8 ab	11.0 ab	24.7 bc	3.8 ab	4.6 ab	1458 ab	1885 b	55939 ab	5647 b	4588 ab	12062 ab	7.74 ab	8.8 b
50	31.1 ab	41.1 b	13.3 ab	21.5 c	4.0 ab	4.4 ab	1079 b	1748 b	39601 b	55026 b	3962 ab	11112 bc	5.7 bc	8.5 b
100	17.7 c	31.6 bc	9.7 bc	19.9 bc	3.4 bc	4.0 b-d	1083 b	1445 c	38407 b	29355 c	2852 b	5690 c	5.3 c	4.5 d
Pots in plastic bags														
Zero (control)	23.3 b	47.0 ab	8.7 bc	37.8 ab	4.0 ab	4.3 a-c	996 b	947 d	41216 b	36691 c	2626 b	9260 bc	5.6 b	6.1 c
25	15.2 c	18.2 dc	5.0 c	6.9 d	3.4 bc	3.0 dc	484 c	611 e	20218 c	21488 d	1444 c	9260 d	2.8 d	2.9 e
50	13.6 c	11.4 d	8.2 bc	6.4 d	3.0 c	2.2 d	374 c	337 f	16335 c	14001 e	856 c	2356 d	2.3 d	2.1 f
100	12.4 c	16.8 dc	7.20 bc	6.6 d	2.6 c	3.0 dc	347 c	406 f	13465 c	9530 f	714 c	2416 d	1.9 d	1.6 g

Data are the means of five replicates for levels of 25, 50 and 100, and three replicates for the level of zero (control).
Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

پوشیده شده با پلاستیک و در کشت دوم مربوط به تیمارهای ۲۵ و ۵۰ پوشیده شده با پلاستیک و تیمارهای ۲۵ و ۵۰ بدون پلاستیک است (جدول ۵).

۲- شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita*: به طور کلی کم‌ترین شاخص‌های نماتد مربوط به تیمارهای موجود در خاک پوشیده با پلاستیک هستند که این تیمارها با شاهد در هر دو حالت اختلاف معنی‌دار نشان دادند. کم‌ترین تعداد گال/گرم ریشه در کشت اول، در هر دو حالت با پلاستیک و بدون پلاستیک مربوط به تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ و در کشت دوم مربوط به تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم است. پایین‌ترین تعداد کیسه تخم/گرم ریشه در تیمارهای بدون پلاستیک، در کشت اول مربوط به سطوح ۵۰ و ۱۰۰ و در کشت دوم مربوط به سطوح ۲۵ و ۱۰۰ و در تیمارهای داری پلاستیک در هر دو کشت مربوط به سطوح ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ است. شاخص گال در تیمارهای بدون پلاستیک در کشت اول در سطوح ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ و در تیمارهای دارای پلاستیک در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ از شاهدها کم‌تر است. در کشت دوم در تیمارهای بدون پلاستیک بین شاهد و سطوح مختلف گوگرد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی در تیمارهای دارای پلاستیک، سطوح ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ دارای شاخص گال پایین‌تری نسبت به شاهد هستند.

تعداد تخم/گرم ریشه در سطوح ۱۰۰ و۵۰ دارای پلاستیک در کشت اول و سطح ۱۰۰ گوگرد در کشت دوم به طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد است. همچنین تعداد تخم در کل ریشه در تیمارهای دارای پلاستیک در کشت اول و دوم در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کم‌تر از شاهد است. کم‌ترین فاکتور تولیدمثل در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ در کشت اول و سطوح ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در کشت دوم، در تیمارهای دارای پلاستیک اتفاق افتاد (جدول ۶).

جدول ۵. تأثیر گل گوگرد بر شاخص‌های رویشی گیاه خیار آلوده به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* در خاک سترون، ٤٥ روز قبل از کاشت.

Table 5. Effect of elemental sulfur on the growth parameters of cucumber, inoculated with *Meloidogyne incognita* in sterile soil, 45 days before planting.

Sulfur	Shoot fresh weight (g)		Shoot dry weight (g)		Root fresh weight (g)		Yield (g)	
(mg/kg of soil)	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial
Pots without plastic bags								
Zero (control)	69.2 e	45.9 fg	10.7 h	7.6 f	25.7 a-d	26.6 a	35.3 f	8.0 e
25	98.0 b	51.4 e-g	14.8 b-e	9.5 d-f	23.3 c-e	16.0 e-h	74.6 e	23.4 a-e
50	115 a	67.1 b-d	14.7 b-f	14.2 b	28.6 a	13.9 h-i	89.3 c-e	41.3 a
100	84.8 b-d	38.7 g	12.4 f-h	8.4 ef	23.2 c-e	11.6 i	78.2 e	15.1 c-e
Pots in plastic bags								
Zero (control)	76.1 de	49.9 e-g	12.0 gh	9.8 d-e	24.4 b-d	15.2 g-h	51.6 f	13.6 c-e
25	92.6 bc	77.9 b	13.9 c-h	14.6 b	27.6 ab	19.5 b-d	100 a-d	22.9 a-e
50	115 a	93.6 a	15.5 b-d	15.8 ab	22.4 d-f	18.6 c-f	108 a-c	27.3 a-d
100	76.0 de	61.1 c-e	14.4 b-f	8.8 d-f	19.3 fg	15.7 f-h	75.9 e	12.4 d-e

Data are the means of five replicates for levels of 25, 50 and 100, and three replicates for the level of zero (control). Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

بحث

در اکثر موارد شاهدهای بدون گوگرد کم‌ترین شاخص‌های رویشی گیاه را به خود اختصاص داده‌اند که این خود حکایت از نقش مثبت گوگرد در بهبود شاخص‌های رویشی گیاه دارد. شاخص‌ها در نوبت دوم آزمایش که در گلدان‌های بزرگ‌تر انجام شده است به مراتب بالاتر از نوبت اول است. محدود بودن حجم گلدان باعث می‌شود اثر تیمارها به خوبی نشان داده نشود.

در کشت اول با توجه به این‌که وزن تر ریشه در گلدان‌های شاهد به ویژه تیمار شاهد در خاک سترون بسیار کم است، بنابراین مجموع کل تخم در آنها کمتر از سایر تیمارها است. جمعیت نهایی نیز تا حدود زیادی تحت تأثیر تعداد کل تخم‌ها است. بنابراین جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نیز در تیمارهای شاهد کمتر از سایر تیمارها است. با توجه به این‌که کشت دوم این آزمایش در گلدان‌های ۱۲ کیلوگرمی انجام شد، ریشه فضای بیشتری برای رشد و توسعه داشته و شرایط آزمایش تا حدود زیادی به شرایط مزرعه نزدیک‌تر و یافته‌های آن قابل اعتمادتر از کشت اول آزمایش است.

میانگین نتایج کشت اول و دوم در آزمایش انجام شده نشان می‌دهد که بیشترین افزایش میزان محصول نسبت به شاهد (۱۵۸/۳٪) در تیمار سطح ۵۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در خاک سترون، هم‌چنین بیشترین افزایش در وزن خشک شاخساره (۴۶/۵٪) در همین تیمار در خاک غیرسترون مشاهده شد. علاوه بر آن فاکتور تولیدمثل در سطح ۱۰۰ در خاک غیرسترون نسبت به شاهد به کم‌ترین میزان خود (۲۲/۴٪) رسید و کم‌ترین تعداد تخم/گرم ریشه در سطح ۵۰ در این خاک مشاهده شد (۴۵/۴٪).

به طور کلی سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در هر دو نوع خاک سترون و غیرسترون بهترین تأثیر را روی شاخص‌های نماتد داشته‌اند. نظر به این‌که سطح ۵۰ گوگرد نسبت به سطح ۱۰۰ شاخص‌های رویشی گیاه را بیشتر ارتقاء داد، پس می‌توان این سطح از گوگرد را هم برای بهبود وضعیت گیاه و هم برای کاهش

جدول ٦. تأثیر کاربرد گل گوگرد بر شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* در گیاه خیار آلوده در خاک سترون، ٤٥ روز قبل از کاشت.

Table 6. Effect of elemental sulfur on the nematode indices of *Meloidogyne incognita* in infected cucumber in sterile soil, 45 days before planting.

Sulfur (mg/kg of soil)	Galls/0.5 g of roots		Egg masses/ 0.5 g of roots		Gall index		Eggs/0.5 g of roots		Eggs/root system		2nd stage Juveniles/pot soil		Reproduction factor	
	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial	1st trial	2nd trial
Pots without plastic bags														
Zero (control)	70.2 a	104 a	47.3 a	82.4 a	5.0 a	5.0 a	1404 a	3229 a	72163 a	171073 a	2417 a	21593 a	10.0 a	25.3 a
25	21.9 a-c	55.2 bc	11.2 bc	27.9 bc	4.0 b	4.6 a	1340 a	2881 a	61885 b	89746 a	3752 b	12280 b	8.4 b	13.0 a
50	17.4 dc	56.3 bc	9.9 b-d	35.5 ab	3.6 bc	4.6 a	1050 b	2248 b	60378 b	62196 b	3008 ab	8884 c	8.1 b	9.2 b
100	11.8 d	53.8 bc	4.5 d	29.3 bc	3.2 cd	4.6 a	1262 a	1844 c	58059 b	42899 d	2144 bc	13668 b	7.6 b	7.3 c
Pots in plastic bags														
Zero (control)	27.5 ab	66.1 ab	14.8 ab	45.9 ab	4.0 b	5.0 a	1072 b	1882 c	51930 c	57478 bc	2073 bc	6305 c	6.9 c	8.4 b
25	18.2 b-d	38.9 dc	9.4 b-d	16.1 c	3.8 b	3.4 b	612 c	1348 d	33862 d	52337 c	1428 dc	992 d	4.6 c	6.9 d
50	11.7 d	35.8 dc	6.6 cd	14.3 c	2.4 d	3.4 b	220 d	820 e	10294 e	30263 e	708 e	910 d	1.4 d	4.1 d
100	11.4 d	28.6 d	5.0 d	13.6 c	2.6 cd	3.8 b	186 d	1117 d	6997 e	35272 de	1086 de	758 d	1.0 d	4.6 d

Data are the means of five replicates for levels of 25, 50 and 100, and three replicates for the level of zero (control).
Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

جمعیت نماتد مناسب دانست. گوگرد و ترکیبات گوگردی به طور مستقیم به عنوان زیست‌کش عمل می‌کنند. نقش گوگرد و کودهای گوگرددار در کاهش جمعیت بسیاری از بیمارگرها از جمله نماتدهای انگل گیاهی در پژوهش‌های قبلی روشن شده است و نتایج آزمایش حاضر در تطابق با آنها است (Lazzeri *et al.* 1993, Potter *et al.* 1998, Kassab & Hafez 1999).

میانگین اکثر شاخص‌های نماتد اندازه‌گیری شده در این آزمایش کمتر از آزمایش کاربرد همزمان گوگرد و کاشت است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که وجود نماتد در غیاب میزبان به مدت ۴۵ روز در خاک، باعث کاهش طبیعی قسمتی از جمعیت اولیه و در نهایت جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل شده است. از طرف دیگر اثر سطوح مختلف گوگرد و اثر پلاستیک در کاهش شاخص‌های نماتد معنی‌دار بوده است. سطح ۱۰۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در خاک پوشیده شده با پلاستیک بهترین اثر را در جهت کنترل نماتد داشته است. ولی از آن‌جایی‌که این تیمار کارایی لازم در بهبود شاخص‌های رویشی گیاه را نداشت، نمی‌توان آن را به عنوان سطح بهینه مصرف گوگرد در نظر گرفت.

در این آزمایش با وجود این‌که سطوح ۵۰ و ۱۰۰ گوگرد در خاک بدون پلاستیک نیز باعث کاهش اکثر شاخص‌های نماتد نسبت به شاهد بدون گوگرد در همان خاک شدند، ولی بیشترین کاهش در خاک پوشیده شده با پلاستیک ملاحظه شد. این نتایج حاکی از آن است که علاوه بر تأثیر متفاوت سطوح مختلف گوگرد در کنترل نماتد، پوشاندن خاک با پلاستیک نیز در کاهش جمعیت آنها بسیار مؤثر است. هنگام پوشاندن خاک با پلاستیک مواد متصاعد شده حاصل از فعل و انفعالات شیمیایی و میکروبی از فضای گلدان خارج نمی‌شود و در همان‌جا

می‌ماند. از سوی دیگر افزایش دما در زیر پلاستیک نیز می‌تواند باعث ضعیف شدن یا مرگ و میر لاروها شده و در نهایت تاثیر گوگرد و مواد حاصل از تجزیه آن بر نماتد بیشتر است. این یافته با نتایج تحقیق قبلی که نشان می‌دهد اضافه کردن کود سبز به خاک و پوشاندن آن با پلاستیک باعث افزایش محصول گوجه‌فرنگی می‌شود در تطابق است (Gong *et al.* 2013).

میانگین نتایج کشت اول و دوم در آزمایش انجام شده در خاک سترون نشان می‌دهد که بیشترین افزایش میزان محصول و وزن خشک شاخساره نسبت به شاهد، به ترتیب ۱۰۵ و ۲۶/۷٪، در تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم پوشیده شده با پلاستیک اتفاق افتاد. همچنین جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در تیمار ۱۰۰ گوگرد در این خاک نسبت به شاهد به کم‌ترین میزان، به ترتیب ۶۴/۷ و ۶۵٪ رسید.

میانگین نتایج کشت اول و دوم در خاک غیرسترون نشان می‌دهد، میزان محصول و وزن خشک شاخساره در تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم به ترتیب با ۱۱۴ و ۳۶٪ افزایش نسبت به شاهد، بیشترین تأثیر را داشت که این تأثیر در مقایسه با گوگرد ۵۰ در خاک سترون بیشتر است. همچنین جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در سطح ۱۰۰ گوگرد نسبت به شاهد به کم‌ترین میزان، به ترتیب ۷۰ و ۶۹٪ رسید. بنابر یافته‌های حاصل، تیمار ۵۰ میلی‌گرم گوگرد/کیلوگرم در خاک غیرسترون پوشیده شده با پلاستیک بیشترین تأثیر در بهبود شاخص‌های رویشی گیاه و کاهش جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد ریشه‌گرهی داشت.

سترون بودن خاک بر وزن تر شاخساره و ریشه اثر قابل ملاحظه‌ای نشان نداده است. در حالی که تأثیر آن بر تمام شاخص‌های نماتد بسیار چشم‌گیر است. تمام سطوح گوگرد در خاک غیرسترون باعث کاهش شاخص‌های نماتد شده است. به عبارتی می‌توان گفت که استفاده از خاک غیرسترون در کنترل نماتد ریشه‌گرهی موفق‌تر از خاک سترون بوده است. با توجه به این یافته‌ها می‌توان گفت که در خاک غیرسترون یک‌سری فعل و انفعال‌های میکروبی صورت گرفته است که باعث ایجاد سمیت بیشتر گوگرد و تبدیل آن به ترکیبات سمی از جمله سولفیدهیدروژن و ایزوتیوسیانات‌ها برای نماتد ریشه‌گرهی شده است. شاید به همین دلیل تعداد تخم/گرم ریشه، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در خاک غیرسترون کمتر از خاک سترون است. پژوهش‌های پیشین تا حدود زیادی یافته‌های حاصل از آزمایش حاضر را تأیید می‌کنند. بررسی‌های گذشته نشان می‌دهند که ترکیبات گوگردی گلوکوسینولات و مشتقات حاصل از آنها باعث کاهش جمعیت نماتدهای انگل گیاهی شده‌اند (Lazzeri *et al.* 1993, Potter *et al.* 1998). این ترکیبات به کمک فعالیت‌های آنزیمی به ترکیبات سمی‌تری که خاصیت قارچ‌کشی، باکتری‌کشی و نماتدکشی دارند، شکسته می‌شوند (McSorley & Frederick 1995, Zasada & Ferris 2004). همچنین مطالعات گذشته نشان داده است که باکتری‌های اکسیدکننده‌ی گوگرد (*Thiobacillus* spp.)، باعث اکسید شدن گوگرد و تبدیل آن به سولفات می‌شوند که این ترکیب به نوبه خود توسط باکتری‌های احیاءکننده گوگرد، به سولفید هیدروژن که یک ترکیب سمی برای نماتدها است، تبدیل می‌شود (Jacq & Fortuner 1979). به طور کلی گوگرد و ترکیبات حاصل از آن به صورت مستقیم باعث تأثیر بر نماتد و کاهش شاخص‌های آن می‌شوند، از طرف دیگر باعث کاهش pH خاک و افزایش حلالیت ریزمغذی‌ها می‌شوند که در نهایت تقویت گیاه و بهبود شاخص‌های آن را در پی دارد (Ryan & Stroehlein 1979, Kaplan & Orman 1998, Wang *et al.* 2008).

منابع

Anonymous. 2013. FAOSTAT. Available on: http://faostat3.fao.org/home/E.

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.

Besharaty H., Khavazi K. and Saleh-Rastin N. 2001. Evaluation of some carriers for *Thiobacillus* inoculants used along with sulphur to increase uptake of some nutrients by corn and improve its performance. Plant Nutrition 92: 672-673.

Borek V., Morra M. J. and McCaffrey J. P. 1996. Myrosinase activity in soil extracts. Soil Science Society of America Journal 60 :1792-1797.

Buskov S., Serra B., Rosa E., Sorensen H. and Sorensen, J. C. 2002. Effects of intact glucosinolates and products produced from glucosinolates in myrosinase-catalyzed hydrolysis on the potato cyst nematode (*Globodera rostichiensis* Cv. Woll). Agricultural and Food Chemistry 50: 690-695.

Garcia de la Fuente R., Carrion C., Botella S., Fornes F., Noguera V. and Abad M. 2007. Biological oxidation of elemental sulfur added to three composts from different feedstock's to reduce their pH for horticultural purposes. Bioresource Technology 98: 3561-3569.

Gong B., Bloszies S., Li X., Wei M., Yang F., Shi Q. and Wang X. 2013. Efficacy of garlic straw application against root-knot nematodes on tomato. Scientia Horticulturae 161 :49-57.

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.

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

Kaplan M. and Orman S. 1998. Effect of elemental sulphur and sulphur containing waste in calcareous soil in Turkey. Journal of plant Nutrition 21:1655-1665.

Kassab A. S. and Hafez S. M. 1990. Use of powdered sulfur against the bulb mite, *Rhizoglyphus robini*, and its effect on nematodes in garlic field soil. Annals of Agricultural Science, University of Ain Shams (Egypt) 35: 533-541.

Lazzeri L., Tacconi R. and Palmieri S. 1993. In vitro activity of some glucosinolates and their action products toward a population of the nematode *Heterodera schachtii*. Agricultural and Food Chemistry 41: 825-829.

McSorley R. and Frederick J. J. 1995. Responses of some common cruciferae to root-knot nematodes. Journal of Nematology 27: 550-554.

Mojtahedi H., Santo G. S., Hang A. N. and Wilson J. H. 1991. Suppression of root-knot nematode populations with selected rapeseed cultivars as green manure. Journal of Nematology 23: 170-174.

Pinkerton J. N., Santo G. S., Ponti R. P. and Wilson J. H. 1986. Control of *Meloidogyne chitwoodi* in commercially grown Russet Burbank potatoes. Plant disease 70:860-863.

Potter M. J., Davies K. and Rathjen A. J. 1998. Suppressive impact of glucosinolates in Brassica vegetative tissues on root lesion nematode, *Pratylenchus neg1ectus*. Journal of Chemical Ecology 24: 67-80.

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.

Sameni A. M. and Kasraian A. 2004. Effect of agricultural sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry regions of Iran. I. Disintegration rate of agricultural sulfur and its effects on chemical properties of the soils. Communications of Soil Science and Plant Analysis 35: 1219-1234.

Sarwar M., Kirkegaard J. A., Wong P. T. W. and Desmarchelier J. M. 1998. Biofumigation potential of Brassicas. III. In vitro toxicity of isothiocyanates to soil-borne fungal pathogens. Plant and Soil 210 :103-112.

Shokouhian A. 2001. Greenhouse cucumber in soil and hydroponic. Bagh Andishe publications 228 p. (In Persian).

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.

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.
Zasada I. A. and Ferris H. 2003. Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans* to isothiocyanates in laboratory assays. Phytopathology 93: 747-750.
Zasada I. A. and Ferris H. 2004. Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. Soil Biology & Biochemistry 36: 1017-1024.