CC BY

مقاله پژوهشی

تأثیر گل گوگرد و چند کود شیمیایی بر فعالیت نماتد سیستی چغندرقند (*Heterodera schachtii*) در شرایط میکروپلات

الهام دهقان گودزاغی[۱]، اکبر کارگربیده[۲*]، رضا قادری[۳]، حبیب‌اله حمزه‌زرقانی[۴] و رضا قاسمی[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۵)

چکیده

کاهش خسارت نماتد سیستی چغندرقند *Heterodera schachtii* یکی از زمینه‌های تحقیقاتی کشورهای تولیدکننده چغندرقند است. کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش حاصلخیزی می‌توانند خسارات ناشی از نماتدهای انگل گیاهی را کاهش دهند. در این پژوهش تأثیر سولفات‌های آمونیوم، کلسیم، روی و پتاسیم، نیترات پتاسیم، سیلیکات سدیم، سوپرفسفات‌تریپل، سکوسترین آهن و گوگرد بر فعالیت *H. schachtii* و خصوصیات رشدی چغندرقند رقم حساس شریف در دو آزمایش مطالعه شد. آزمایش اول در گلدان‌های پلاستیکی حاوی شش کیلوگرم خاک زراعی و ماسه رودخانه‌ای (۱:۱) سترون و آزمایش دوم در گلدان‌های حاوی نه کیلوگرم خاک زراعی غیرسترون، به‌ترتیب به مدت چهار و پنج ماه، در شرایط میکروپلات انجام شد. کودها قبل از کشت با خاک گلدان‌ها مخلوط و مایه‌زنی نماتد با اضافه کردن ۲۰۰ گرم خاک آلوده حاوی ۱۸ سیست پر با ۴۲۰۰ تخم انجام شد. نتایج نشان داد که کودهای شیمیایی و گوگرد تأثیر معنی‌داری بر رشد چغندرقند آلوده در خاک مخلوط سترون و خاک زراعی نداشته و بعضاً باعث کاهش آن شدند. در خاک مخلوط سترون، سولفات روی ۵۰ کیلوگرم، سکوسترین آهن پنج کیلوگرم، سیلیکات سدیم ۱۰ کیلوگرم و سوپرفسفات‌تریپل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش نسبی بیش از ۶۷٪ جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد گردیدند. در خاک زراعی، این شاخص‌ها در تیمارهای سوپرفسفات‌تریپل ۱۰۰ کیلوگرم و گوگرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار کم‌تر از سایر تیمارها افزایش نشان دادند، ولی با شاهد در یک سطح آماری قرار گرفتند. آزمایش سوم به منظور بررسی تأثیر تیمارها بر تفریخ تخم نماتد درون ظروف کوچک حاوی خاک آلوده در گلخانه صورت گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین تفریخ مربوط به تیمار سولفات آمونیوم ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار بود که از نظر آماری با سوپرفسفات‌تریپل ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار در یک سطح آماری قرار گرفت.

کلیدواژه: چغندرقند، مدیریت، نماتد انگل گیاهی

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

۱، ۲، ۳ و ۴. به ترتیب دانش‌آموخته، استاد و استادیار و دانشیار بخش گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۵. استاد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

CC BY

Research Article

Effects of elemental sulfur and some chemical fertilizers on activity of the sugar beet cyst nematode *Heterodera schachtii* under microplot conditions

E. Dehghan Goodzaghi[1], A. Karegar[2]*, R. Ghaderi[3], H. Hamzehzarghani[4], and R. Ghasemi[5]

(Received: 11.5.2021; Accepted: 16.8.2021)

Abstract

Reducing the damage of the cyst nematode *Heterodera schachtii* is one of the research fields in sugar beet producing countries. Using chemical fertilizers can improve soil fertility and reduce damages of plant parasitic nematodes. In this study, the effects of ammonium sulfate, calcium sulfate, zinc sulfate, potassium sulfate, potassium nitrate, sodium silicate, triple superphosphate, iron sequesterine and sulfur on *H. schachtii* and growth parameters of susceptible sugar beet cultivar (cv Sharif) were investigated in two experiments. The first experiment was performed in plastic pots containing 6 kg of pasteurized field soil and river sand (1:1), and the second one in pots filled with 9 kg of field soil for four and five months, respectively, both under microplot conditions. Fertilizers were mixed with pots soils before sowing and the nematode was inoculated by adding 200 g of infested soil containing 18 cysts with 4200 eggs. The results showed that chemical fertilizers and sulfur did not have significant effects on growth of the infected sugar beet plants in pasteurized mixed or field soils, and some of them reduced it. In the pasteurized soil, zinc sulfate 50 kg/ha, iron sequestrene 5 kg/ha, sodium silicate 10 kg/ha and triple superphosphate 100 kg/ha caused a relative decrease of more than 67% in the nematode final population and reproduction factor. In the field soil, these indices in triple superphosphate 100 kg/ha and sulfur 100 and 200 kg/ha were lower than other treatments, but were at the same statistical level with the control. The third experiment was performed in small containers filled with infested soil to investigate the effects of treatments on nematode egg hatching in greenhouse. The results showed that the highest hatching was happened in the treatment of ammonium sulfate 200 kg/ha, which was statistically at the same level with triple superphosphate 100 kg/ha.

Keywords: Management, plant parasitic nematode, sugar beet

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

1, 2, 3, & 4. Graduated MSc. Student, Prof., Assistant Prof. and Assistant Prof. of Plant Phathol., respectively, School of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

5. Prof. of Soil Sciences, School of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) یکی از دو محصول مهم تأمین‌کننده قند در جهان است و حدود یک چهارم شکر جهان در مناطق معتدل را تولید می‌کند (Hauer *et al.* 2015). میزان تولید چغندرقند در کشور در سال زراعی ۹۷-۹۶ حدود ۷/٤ میلیون تن بوده است (Ahmadi *et al.* 2019). در دنیا تاکنون بیش از ٦٠ گونه نماتد انگل گیاهی در مزارع چغندرقند مشاهده و شناسایی شده‌اند که سالیانه حدود ۱۱٪ محصول چغندرقند را کاهش می‌دهند. حدود ۹۰٪ این خسارت به نماتد سیستی چغندرقند (*Heterodera schachtii*, Schmidt 1871) نسبت داده شده است (Pourrahim *et al.* 2016).

نماتد سیستی چغندرقند به طور وسیعی در اکثر مناطق چغندرکاری دنیا از جمله اروپا، آمریکای شمالی و آسیا یافت می‌شود (Vahedi *et al.* 2012). این نماتد بیش از ۲۰۰ گونه در ۹۸ جنس از ۲۳ خانواده‌ی گیاهی را مورد حمله قرار داده و بیشتر میزبان‌های آن در دو خانواده‌ی *Amaranthaceae* و *Brassicaceae* قرار دارند (Handoo & Subbotin 2018). این نماتد در اکثر مناطق عمده کشت چغندرقند در کشور شامل استان‌های خراسان، فارس، اصفهان و آذربایجان غربی انتشار دارد (Tanha Maafi & Kheiri 2017) و میزان خسارت آن در شرایط میکروپلات با جمعیت اولیه پنج، ١٤ و ٤٠ تخم در گرم خاک، به‌ترتیب ۲۰، ۵۰ و ۸۰٪ عملکرد برآورد شده است (Fatemy et al. 2007).

از راهکارهای مدیریت نماتد سیستی چغندرقند می‌توان به کاشت زودهنگام، تناوب زراعی با گیاهان غیرمیزبان، کاشت گیاهان تله، استفاده از ارقام مقاوم و نماتدکش‌های شیمیایی اشاره کرد. استفاده از سموم شیمیایی علاوه بر هزینه بالای اقتصادی، آلودگی‌های زیست‌محیطی را نیز به دنبال دارد (Rahmani 2009, Stewart *et al.* 2014).

افزایش حاصلخیزی خاک با استفاده از کودهای شیمیایی، آلی و بیولوژیک از روش‌های افزایش عملکرد محصولات گیاهی است. مطالعات نشان داده است که استفاده از کودهای شیمیایی بر کاهش فعالیت نماتدهای انگل گیاهی داخلی ساکن از جمله نماتدهای ریشه‌گرهی (Rumiani *et al.* 2016, Saedi *et al.* 2017) و نماتد سیستی غلات (Seifi & Karegarbideh 2013) مؤثر است.

در آزمایشی ترکیبی از عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی موجب کاهش خسارت نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* و افزایش رشد گیاه بامیه آلوده گردیده است (Bamel *et al.* 2003). مطالعات نشان داده است که عناصر کم‌مصرف آهن، روی و سیلیس و عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم به صورت مجزا و ترکیبی بر کاهش تعداد گال نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* و بهبود شاخص‌های رشدی خیار رقم گلخانه‌ای نگین مؤثر است (Ahmadi Mansourabad *et al.* 2016).

استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن و فسفر در کیلوگرم خاک از منابع اوره و سوپرفسفات‌تریپل، ۵ میلی‌گرم روی و ۲/۵ میلی‌گرم آهن/کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین آهن باعث کاهش تعداد کیسه تخم و تخم، گال و شاخص گال نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* و افزایش شاخص‌های رویشی گیاه خیار رقم Super Amelia در شرایط گلخانه شده است (Charehgani *et al.* 2010).

اضافه کردن ۵۰ میلی‌گرم گل گوگرد/کیلوگرم در گلدان‌های حاوی خاک زراعی غیرسترون که به منظور جلوگیری از فرار گازهای متساعد شده درون کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شده بودند، به‌طور میانگین باعث

افزایش ۳۶٪ وزن خشک شاخساره و ۱۱۴٪ وزن محصول خیار گلخانه‌ای آلوده به نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* نسبت به شاهد گردیده است. همچنین کاربرد گوگرد به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم خاک، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد را، به ترتیب ۷۰ و ۶۹٪ نسبت به شاهد کاهش داده است (Rumiani *et al*. 2016).

استفاده از سولفات آهن (FeSO4 7H2O) ۰/۰۵ تا ۰/۵ مولار باعث کاهش ۹۹/۲٪ تفریخ تخم نماتد سیستی سویا شده است (Zheng *et al*. 2010). در پژوهش دیگر تأثیر تعدادی از کودهای شیمیایی شامل اوره، سولفات‌پتاسیم، سوپر فسفات و سولفات بر نماتد سیستی غلات (*H. filipjevi*) بررسی و نشان داده شد که تیمارها به صورت جداگانه افزایش قابل ملاحظه‌ای در تعداد دانه در هر خوشه و وزن هزار دانه داشته است. هم‌چنین تیمار سولفات‌پتاسیم بیش‌ترین تأثیر در افزایش میزان کاه و کلش گندم آلوده به نماتد سیستی غلات داشته است (Seifi & Karegarbideh 2013).

در مورد تأثیر کودهای شیمیایی بر فعالیت نماتد سیستی چغندرقند و میزان خسارت ناشی از آن، تاکنون تحقیقی در ایران صورت نگرفته است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر کودهای شیمیایی مختلف و گوگرد بر فعالیت نماتد سیستی چغندرقند و چغندرقند آلوده به آن در شرایط میکروپلات بوده است.

مواد و روش‌های بررسی

در این پژوهش تأثیر گل گوگرد و هشت کود شیمیایی شامل سولفات آمونیوم، سولفات کلسیم، سولفات روی، سولفات پتاسیم، نیترات پتاسیم، سیلیکات سدیم، سوپرفسفات‌تریپل و سکوسترین آهن بر فعالیت نماتد سیستی چغندرقند و شاخص‌های رشدی گیاه چغندرقند رقم حساس شریف در قالب دو آزمایش جداگانه و در شرایط میکروپلات انجام شد. آزمایش اول در مخلوط خاک زراعی و ماسه رودخانه‌ای سترون و آزمایش دوم در خاک زراعی غیرسترون انجام گردید. جمعیت مورد نیاز نماتد سیستی چغندرقند، از خاک آلوده مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زرقان استان فارس تأمین گردید. جمعیت اولیه نماتد ۲۱ تخم/گرم خاک برآورد گردید. بدین منظور ابتدا سیست‌های یک نمونه ۲۰۰ گرمی خاک آلوده استخراج و شمارش گردید. سپس ۱۰ سیست پر به صورت تصادفی انتخاب و تخم‌های آن با استفاده از لام و لامل آزاد گردید. پس از آن تخم‌ها به حجم معینی آب انتقال داده شد و با شمارش تخم‌های سه نمونه یک میلی‌لیتری از سوسپانسیون تخم، تعداد تخم در ۱۰ سیست و ۲۰۰ گرم خاک برآورد گردید. انتخاب سطح مناسب کودها بر اساس تجزیه خاک، نیاز کودی گیاه، نتایج آزمایش‌های قبلی و مقاله‌های منتشر شده محاسبه گردید (جدول ۱). علاوه بر آن‌ها، تأثیر گل گوگرد و کودهای شیمیایی بر تفریخ تخم و نفوذ نماتد سیستی به ریشه چغندرقند نیز در آزمایش گلخانه‌ای بررسی گردید

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی خاک‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر.

Table 1. Chemical properties of soil used in the present study.

Soil type	pH	Ec (dS/m)	Na^+ (mg/liter)	K^+ Solution (mg/liter)	K^+ Available (ppm)	P (mg/kg)
Mixed soil*	7.29	0.42	38.91	6/9	189.4	16
Field soil	8	0.34	19.02	3.36	386.8	8.2

*: Mixture of field soil and river sand (1:1).

۱- بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و گوگرد بر نماتد سیستی و گیاه چغندرقند در خاک مخلوط سترون (آزمایش اول)

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با شش تکرار در گلدان‌های شش کیلوگرمی پلاستیکی با قطر ۲۲ و ارتفاع ۲۱ سانتی‌متر انجام شد. تیمارها شامل سولفات آمونیوم ($(NH_4)_2SO_4$) (۲۰۰ کیلوگرم / هکتار)، سولفات کلسیم ($CaSO_4$ (H_2O)) (۵۰ کیلوگرم / هکتار)، سولفات روی ($ZnSO_4$ $7H_2O$) (۵۰ کیلوگرم / هکتار)، سولفات پتاسیم (K_2SO_4) (۵۰ کیلوگرم / هکتار)، نیترات پتاسیم (KNO_3) (۱۰۰ کیلوگرم / هکتار)، سیلیکات سدیم (Na_2SiO_3) (۱۰ کیلوگرم / هکتار)، سوپرفسفات‌تریپل ($Ca(H_2PO_4)_2CaSO_4.2H_2O$) (۱۰۰ کیلوگرم / هکتار)، سکوسترین آهن (۵ کیلوگرم / هکتار)، گل گوگرد (۲۰۰ کیلوگرم / هکتار) و گل گوگرد (۱۰۰ کیلوگرم / هکتار) بود. علاوه بر آن گلدان‌های بدون کود با نماتد و گلدان‌های بدون کود و بدون نماتد به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. خاک مورد استفاده مخلوطی از خاک زراعی و ماسه رودخانه‌ای (نسبت ۱:۱) بود که با استفاده از دستگاه ضدعفونی خاک به صورت جداگانه سترون و پس از مخلوط شدن مورد استفاده قرار گرفت.

جهت انجام کار ابتدا گلدان‌ها در گودال‌هایی درون خاک قرار داده شد (شرایط میکروپلات) تا از نظر دمایی به شرایط طبیعی خاک زراعی نزدیک باشد. سپس گلدان‌ها با خاک مخلوط سترون تقریباً پر گردید. برای افزودن کودها به خاک ابتدا مقدار کود مورد نیاز برای هر گلدان محاسبه و در حجم مشخصی از آب حل شده و به طور یک‌نواخت با خاک درون گلدان‌ها مخلوط گردید. در مورد کودهایی که در آب محلول نبودند، به صورت جامد به خاک اضافه شدند. مایه‌زنی نماتد با اضافه کردن مقدار ۲۰۰ گرم خاک آلوده حاوی ۱۸ سیست پر با ٤۲۰۰ تخم نماتد سیست به ازای هر گیاه در وسط هر کدام از گلدان‌ها انجام و با یک لایه نازک خاک سالم پوشانده شد. سپس سه عدد بذر چغندرقند (رقم شریف) در عمق حدود دو تا سه برابر قطر بذر کاشته شد. پس از جوانه‌زنی بذرها، عملیات تنک کردن در دو مرحله انجام و در مرحله چهار برگی فقط یک گیاهچه سالم چغندرقند در وسط گلدان نگه داشته شد. آبیاری در روزهای گرم تابستان یک روز در میان و با خنک شدن هوا هفته‌ای یک‌بار انجام شد. آزمایش در اواسط تیرماه شروع و در اواسط آبان‌ماه برداشت گردید.

۲- بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و گوگرد بر نماتد سیستی و گیاه چغندرقند در خاک زراعی غیرسترون (آزمایش دوم)

این آزمایش از نظر تعداد تیمارها و تکرار، محل گلدان‌ها، نحوه اضافه کردن کود به خاک، مایه‌زنی گلدان‌ها، آبیاری مشابه آزمایش اول بود و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و در شش تکرار انجام گردید. ولی در خاک زراعی غیرسترون و گلدان‌های نه کیلوگرمی پلاستیکی بلند با قطر ۲٤ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر انجام شد. آزمایش اوایل مردادماه شروع شد و در اوایل دی‌ماه برداشت گردید.

۳- بررسی تأثیر کودهای شیمیایی بر تفریخ تخم و نفوذ نماتد سیستی به ریشه چغندرقند در شرایط گلخانه

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر کودهای شیمیایی بر تفریخ تخم و نفوذ لارو به درون ریشه چغندر انجام شد. تیمارها مشابه آزمایش‌های میکروپلات بود با این تفاوت که کشت به صورت مستقیم در ۳۰۰ میلی‌لیتر (۳۷۰ گرم)

خاک آلوده، حاوی ۱۵/۵ تخم/گرم (۱۹/۳ در میلی‌لیتر) خاک، در لیوان‌های یک‌بار مصرف و در شرایط گلخانه با دامنه دمایی ۲۰-۲۵ درجه سلسیوس انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۱ تیمار و شش تکرار انجام گردید. بعد از گذشت یک ماه گیاهان برداشت شدند. سپس رنگ‌آمیزی ریشه‌ها با استفاده از فوشین‌اسید انجام و تعداد نماتدهای درون ریشه شمارش گردید. علاوه بر آن تعداد لارو موجود در کل خاک با روش سینی استخراج و شمارش گردید.

بررسی شاخص‌های رویشی گیاه

در انتهای دو آزمایش، اندام هوایی بوته‌های چغندرقند از محل طوقه گیاه قطع شد و وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر ریشه اندازه‌گیری و عیار قند آن در تیمارهای مختلف و شاهد تعیین گردید. برای تعیین وزن خشک شاخساره هر تیمار، ابتدا وزن تر هر کدام از آن‌ها اندازه‌گیری، سپس نمونه‌ها چند روز در محیط باز، هوا خشک شدند. پس از آن به صورت مجزا درون پاکت‌های کاغذی قرار داده و درون آون با دمای ۷۲°C به مدت ٤٨ ساعت به صورت کامل خشک شده و سپس وزن شدند. وزن تر ریشه اصلی پس از حذف خاک و ریشه‌های فرعی اطراف آن‌ها تعیین گردید.

عیار قند هر ریشه با استفاده از دستگاه Refractometer تعیین گردید. برای اندازه‌گیری عیار قند، عصاره هر ریشه چغندرقند با استفاده از مخلوط‌کن، به صورت جداگانه گرفته شد. سپس یک قطره از عصاره، بر روی دستگاه قرار داده و عیار آن تعیین شد. این عمل برای هر نمونه سه بار تکرار گردید و میانگین آن به عنوان عیار قند هر ریشه در نظر گرفته شد.

بررسی شاخص‌های نماتد

برای محاسبه جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد، تعداد سیست، تعداد تخم در هر سیست و کل خاک، تعداد لارو سن دو و نماتد نر درون خاک تعیین گردید. برای تعیین تعداد سیست، ابتدا خاک هر گلدان به صورت کامل مخلوط شد و وزن گردید سپس سیست‌های موجود در ۲۰۰ گرم خاک خشک با دستگاه فنویک استخراج و شمارش گردید. علاوه بر آن خاک اطراف ریشه‌های اصلی با دقت جمع‌آوری و سیست‌های آن شمارش گردید. برای شمارش تعداد تخم، تخم‌های ۱۰ سیست با اندازه‌های مختلف خرد کرده و تخم‌های آزادشده در ۲۰ میلی‌لیتر آب شمارش شد. سپس به کل خاک گلدان تعمیم داده شد.

با توجه به وجود تعداد قابل توجهی لارو سن دو و نماتد نر درون خاک گلدان در زمان برداشت، با استفاده از روش سینی آن‌ها نیز از خاک استخراج و شمارش گردیدند.

محاسبات آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS 9.3 استفاده شد. تجزیه و تحلیل شاخص‌های گیاه (داده‌های پارامتریک) با تجزیه واریانس (Proc ANOVA) و شاخص‌های نماتد (داده‌های غیرپارامتریک) با استفاده از روش رتبه‌بندی فریدمن (Friedman Rank Test) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح یک و پنج درصد مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج

یافته‌های حاصل از تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌های داده‌های آزمون‌های انجام شده به شرح زیر

است:

۱- تأثیر کودهای شیمیایی و گوگرد بر نماتد سیستی و گیاه چغندرقند در خاک مخلوط سترون (آزمایش اول)

الف) شاخص‌های رویشی گیاه چغندرقند

تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی گیاه نشان داد که کودهای شیمیایی مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر ریشه چغندرقند آلوده به نماتد نداشتند. به همین دلیل مقایسه میانگین هر کدام از شاخص‌ها در هر تیمار نسبت به شاهد (با نماتد) صورت گرفته است (جدول ۲).

نتایج نشان می‌دهد تأثیر تیمارهای کودی بر شاخص‌های رشدی گیاهان آلوده و سالم یکسان نبوده است. در گیاهان سالم، تیمارهای گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار، سولفات پتاسیم و سولفات کلسیم باعث کاهش، و سایر تیمارها باعث افزایش نسبی وزن ریشه شدند. تیمار سولفات آمونیوم ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار بیشترین تأثیر را داشت. بالاترین افزایش وزن تر و خشک شاخساره مربوط به تیمار نیترات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار است. در تیمارهای آلوده، کودهای شیمیایی و گوگرد نه فقط شاخص‌های رشدی را افزایش ندادند، بلکه باعث کاهش آن‌ها شدند. فقط سوپرفسفات‌تریپل ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار باعث افزایش نسبی وزن ریشه چغندرقند آلوده به میزان ۱۷٪/۳ گردید.

ب) شاخص‌های نماتد سیستی چغندرقند

تجزیه واریانس شاخص‌های نماتد نشان داد که کودهای شیمیایی بر تعداد سیست و تخم، تعداد تخم در هر سیست، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل تأثیر معنی‌داری نداشته ولی بر تعداد لارو سن دو درون خاک در سطح ۵٪ و تعداد نماتد نر در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است (جدول ۳).

تیمار سولفات پتاسیم ۵۰ کیلوگرم/هکتار باعث افزایش همه شاخص‌های نماتد گردید. به استثنای سولفات پتاسیم، سایر تیمارها در مقایسه با شاهد باعث کاهش نسبی تعداد سیست در خاک، تعداد تخم در هر سیست، جمعیت نهایی و فاکتور تولید مثل شدند ولی هیچ‌یک از شاخص‌ها تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان ندادند (جدول ۳). معهذا بیشترین درصد کاهش فاکتور تولید مثل نسبت به تیمار شاهد مربوط به تیمارهای به‌ترتیب سولفات روی ۵۰ کیلوگرم، سکوسترین آهن ۵ کیلوگرم و سیلیکات سدیم ۱۰ کیلوگرم/هکتار بود که باعث کاهش نسبی بیش از ۷۲٪ جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نسبت به شاهد گردیدند.

۲- تأثیر کودهای شیمیایی و گوگرد بر نماتد سیستی و گیاه چغندرقند در خاک زراعی غیرسترون (آزمایش دوم)

الف) شاخص‌های رویشی گیاه چغندرقند

تجزیه واریانس شاخص‌های رویشی چغندرقند آلوده به نماتد سیستی در خاک زراعی نشان داد که تأثیر کودهای شیمیایی و گوگرد بر وزن ریشه در سطح ۱٪ و بر وزن تر شاخساره و عیار قند در سطح ۵٪ معنی‌دار است ولی تأثیر آن‌ها بر وزن خشک شاخساره معنی‌دار نیست.

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ٤) نشان می‌دهد که تأثیر اکثر تیمارها بر وزن تر شاخساره، وزن ریشه و عیار قند منفی است. به استثناء تیمار نیترات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار، سایر تیمارها نه فقط وزن تر و خشک

جدول ۲. اثرات کودهای شیمیایی و گل گوگرد بر شاخص‌های رشدی گیاه چغندرقند رقم شریف آلوده به نماتد سیستی ***Heterodera schachtii*** در خاک مخلوط سترون در شرایط میکروپلات (آزمون اول).

Table 2. Effects of chemical fertilizers and elemental sulfur on plant growth parameters of the sugar beet, cv. Sharif infected with the cyst nematode *Heterodera schachtii* in pasteurized mixed soil under microplot conditions (first trial).

Treatments*	Root fresh weight (g)			Shoot fresh weight (g)			Shoot dry weight (g)		
	Without nematode	With nematode	%**	Without nematode	With nematode	%**	Without nematode	With nematode	%**
Control	353	450	-	331	422	-	48.3	58.7	-
Ammonium sulfate 200	552	292	-35.1	371	335	-20.6	42.9	44.2	-24.7
Calcium sulfate 50	285	82.1	-81.8	228	155	-63.3	29.8	14.0	-76.1
Iron sequestrene 5	478	253	-43.8	377	292	-30.8	47.9	34.7	-40.9
Potassium nitrate 100	488	173	-61.6	642	148	-64.9	72.1	17.9	-69.5
Potassium sulfate 50	102	102	-77.3	133	67.2	-84.1	15.2	9.4	-84.0
Sodium silicate 10	480	344	-23.6	421	300	-28.9	46.0	37.1	-36.8
Sulfur 100	287	127	-71.8	289	172	-59.2	38.0	19.2	-67.3
Sulfur 200	384	396	-12.0	538	394	-6.6	60.7	49.2	-16.2
Triple superphosphate 100	421	528	17.3	521	378	-10.4	58.3	45.3	-22.8
Zinc sulfate 50	361	156	-65.3	284	133	-68.5	37.7	23.9	-59.3

*: The numbers 200, 100, 50, 10 and 5 indicate the amounts of fertilizers or sulfur (kg/ha).

**: The percentage increase or decrease (-) of plant growth parameters of the infected sugar beet, compared to theirs controls. Data are the means of six replicates.

جدول ۳. اثرات کودهای شیمیایی و گل گوگرد بر شاخص‌های نماتد سیستی ***Heterodera schachtii*** در گیاه چغندرقند رقم شریف آلوده و خاک مخلوط سترون در شرایط میکروپلات (آزمون اول).

Table 3. Effects of chemical fertilizers and elemental sulfur on nematode indices of the cyst nematode *Heterodera schachtii* on sugar beet. cv. Sharif in pasteurized mixed soil under microplot conditions (first trial).

Treatments*	Cysts/pot soil	Eggs/cyst	Eggs/g of soil	Total eggs/pot soil	Number of J2s/pot soil	Number of males/pot soil	Final population	Reproduction factor (Rf)	% (Rf)**
Control	316	413	19.1	114404	27660a	290ab	142354	33.3	-
Ammonium sulfate 200	279	171	8.0	48267	18445a	570a	67282	15.7	-52.9
Calcium sulfate 50	272	225	14.3	85843	3540abc	225ab	89608	20.9	-37.2
Iron sequestrene 5	97.3	212	4.0	24144	7970ab	70.0bc	32184	7.5	-77.5
Potassium nitrate 100	217	269	9.7	58332	10132ab	0.0c	68464	16.0	-52.0
Potassium sulfate 50	384	454	31.8	190750	30070ab	435a	221255	51.7	55.3
Sodium silicate 10	124	265	5.6	33480	5115bc	140abc	38735	9.1	-72.7
Sulfur 100	164	352	13.4	80519	5380abc	65.0bc	85964	20.1	-39.6
Sulfur 200	136	242	6.4	38203	13726ab	110bc	52039	12.2	-63.4
Triple superphosphate 100	131	287	7.2	43314	3545abc	20.0bc	46879	11.0	-67.0
Zinc sulfate 50	101	236	4.2	25261	1358c	205abc	26824	6.3	-81.1

*: The numbers 200, 50, 100, 10 and 5 indicate the amounts of fertilizers or sulfur (kg/ha).

**: The percentage increase or decrease (-) of the nematode reproduction factor compared to the control.

Data are the means of six replicates. Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

DOI: 10.22034/IJPP.2021.530231.353

جدول ٤. اثرات کودهای شیمیایی و گل گوگرد بر عیار قند ریشه و شاخص‌های رشدی گیاه چغندرقند رقم شریف آلوده به نماتد سیستی *Heterodera schachtii* در خاک زراعی غیرسترون در شرایط میکروپلات (آزمایش دوم).

Table 4. Effects of chemical fertilizers and elemental sulfur on sugar content and plant growth parameters of the sugar beet. cv. Sharif infected with the cyst nematode *Heterodera schachtii* in unpasteurized field soil under microplot conditions (second trial).

Treatments*	Root weight (g)			Shoot fresh weight (g)			Shoot dry weight (g)			Sugar content (%)		
	Without nematode	With nematode	%**	Without nematode	With nematode	%**	Without nematode	With nematode	%**	Without nematode	With nematode	%**
Control	336	389ab	-	304	297ab	-	39.2	37.7	-	17.8	16.8ab	-
Ammonium sulfate 200	197	41.6de	-89.3	167	98.7ab	-66.8	23.9	10.3	-72.7	18.6	12.4c	-26.2
Calcium sulfate 50	92.1	130a	-66.6	122	151ab	-49.2	18.7	19.0	-49.6	17.3	15.0abc	-10.7
Iron sequestrene 5	248	215abc	-44.7	324	282ab	-5.1	39.7	31.4	-16.7	18.7	13.2bc	-21.4
Potassium nitrate 100	282	225bcd	-42.2	261	305ab	2.7	35.9	35.9	-4.8	19.3	16.3bc	-3.0
Potassium sulfate 50	825	121e	-68.9	1043	274b	-7.7	119	32.0	-15.1	16.2	13.7bc	-18.5
Sodium silicate 10	389	225cde	-42.2	437	287b	-3.4	47.1	31.2	-17.2	16.9	13.9bc	-17.3
Sulfur 100	453	222cde	-42.9	493	220b	-25.9	59.8	30.3	-19.6	16.8	17.2a	2.4
Sulfur 200	529	165cde	-57.6	485	154b	-48.1	58.4	18.2	-51.7	17.6	15.4abc	-8.3
Triple superphosphate 100	166	121abc	-68.9	202	91.2b	-69.3	24.9	13.5	-64.2	18.2	16.5ab	-1.8
Zinc sulfate 50*	410	229bcd	-41.1	290	155a	-47.8	37.0	31.3	-17.0	17.9	15.9ab	-5.4

*: The numbers 200, 100, 50, 10 and 5 indicate the amounts of fertilizers or sulfur (kg/ha).

**: The percentage increase or decrease (-) of plant growth parameters of the infected sugar beet compared to theirs controls.

Data are the means of six replicates. Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

شاخساره و وزن ریشه گیاهان آلوده به نماتد را افزایش ندادند بلکه باعث کاهش آن‌ها نیز شدند. بیشترین کاهش وزن خشک و تر شاخساره در تیمارهای سوپرفسفات‌تریپل ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار و سولفات آمونیوم ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار و بیشترین کاهش وزن ریشه در تیمار سولفات آمونیوم اتفاق افتاد. از نظر عیار قند هیچ‌کدام از تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند و تیمار سولفات آمونیوم باعث کاهش معنی‌دار عیار قند و تیمار گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار باعث افزایش نسبی آن گردید.

ب) شاخص‌های نماتد سیستی چغندرقند

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های نماتد نشان داد که کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر تعداد تخم در هر سیست نداشته ولی تأثیر آن‌ها بر تعداد لارو سن دو و نماتد نر در خاک، تعداد تخم در گرم خاک، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در سطح ۵٪ و تعداد سیست در خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار است. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد (جدول ۵) تیمارهای کودی نه فقط باعث کاهش شاخص‌های نماتد نشدند بلکه برخی از تیمارها باعث افزایش شاخص‌ها شدند. تیمارهای گوگرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، هم‌چنین تیمار سوپرفسفات‌تریپل ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار تأثیر معنی‌داری بر جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نداشتند و از نظر آماری با شاهد در یک سطح قرار گرفتند و سایر تیمارها باعث افزایش آن‌ها شدند. بیشترین افزایش نسبی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در سولفات روی ۵۰ کیلوگرم/هکتار و نیترات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار اتفاق افتاد.

۳- تأثیر کودهای شیمیایی بر تفریخ تخم و نفوذ نماتد سیستی به ریشه چغندرقند در شرایط گلخانه

تجزیه واریانس شاخص‌های نماتد نشان داد که تأثیر

جدول ۵. اثرات کودهای شیمیایی و گل گوگرد بر شاخص‌های نماتد سیستی *Heterodera schachtii* در گیاه چغندرقند رقم شریف الوده در خاک زراعی غیرسترون در شرایط میکروپلات (آزمایش دوم).

Table 5. Effects of chemical fertilizers and elemental sulfur on nematode indices of the cyst nematode *Heterodera schachtii* on sugar beet, cv. Sharif in unpasteurized field soil under microplot conditions (second trial).

Treatments*	Cysts/pot soil[1]	Eggs/cyst	Eggs/g of soil[5]	Total eggs/pot soil[5]	Number of J2s/pot soil[5]	Number of males/pot soil[5]	Final population[5]	Reproduction factor (Rf)[5]	% (Rf)**
Control	120d	162	3.9b	34700b	6900c	2050ab	43650c	10.2c	-
Ammonium sulfate 200	1185abc	323	53.3a	479990a	14600bc	1450b	496040ab	116ab	1037
Calcium sulfate 50	1035abc	276	35.0a	314755a	51950abc	700b	367405ab	85.9ab	742
Iron sequestrene 5	1222ab	220	37.3ab	335325ab	82750ab	2350ab	420425ab	98ab	861
Potassium nitrate 100	1222ab	279	56.3ab	507140ab	110800a	1400b	619340ab	145ab	1322
Potassium sulfate 50	1290a	360	53.9a	485350a	59450abc	1850ab	546650a	128a	1155
Sodium silicate 10	1177abc	277	45.5a	409605a	41300abc	2200ab	453105ab	106ab	939
Sulfur 100	585cd	241	25.2ab	226930ab	11150abc	3150a	241230bc	56bc	449
Sulfur 200	660abc	316	27.3ab	245700ab	19600abc	1950ab	267250abc	62.5abc	513
Triple superphosphate 100	337bcd	242	9.2ab	82850ab	43850abc	1400b	128100abc	30abc	194
Zinc sulfate 50	1365a	326	64.9a	583775a	104750ab	1800b	690325ab	161ab	1478

*: The numbers 200, 50, 100, 10 and 5 indicate the amounts of fertilizers or sulfur (kg/ha).

**: The percentage increase or decrease (-) of the nematode reproduction factor compared to the control.

Data are the means of six replicates. Values in each column followed by the same letters are not significantly different (1: $P \leq 0.01$, 5: $P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

کودهای شیمیایی و گوگرد بر تفریخ تخم و تعداد لارو سن دو درون خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است ولی بر تعداد نماتد درون بافت ریشه تأثیری نداشته است. جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ٦) نشان می‌دهد که همه تیمارها باعث افزایش نسبی و یا معنی‌دار تفریخ تخم و تعداد لارو سن دو درون خاک شدند. بیشترین تعداد لارو مربوط به تیمار سولفات آمونیوم ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار بود که از نظر آماری با سوپرفسفات تریپل ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار در یک سطح آماری قرار گرفت.

بحث

در این پژوهش تأثیر تعدادی از کودهای شیمیایی و گل گوگرد بر فعالیت نماتد سیستی *H. schachtii*، به عنوان یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد چغندرقند در جهان، هم‌چنین شاخص‌های رشدی چغندرقند آلوده به آن در خاک مخلوط سترون و خاک زراعی غیرسترون در شرایط میکروپلات بررسی گردید. بررسی منابع نشان می‌دهد در این زمینه تأثیر کودهای شیمیایی بر فعالیت نماتد سیستی چغندرقند و عملکرد چغندرقند آلوده به آن تحقیقی صورت نگرفته است تا بتوان نتایج پژوهش حاضر را با آن‌ها مقایسه کرد. تحقیقات محدودی در مورد برخی از نماتدهای سیستی دیگر یا نماتدهای ریشه‌گرهی صورت گرفته است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمارهای کودی مختلف اثرات متفاوتی بر فعالیت نماتد و رشد چغندرقند آلوده به آن دارند. از طرف دیگر تأثیر آن‌ها بر شاخص‌های رشدی گیاهان آلوده و سالم یکسان نبوده است. هم‌چنین تأثیر استفاده از کودهای شیمیایی و گوگرد در خاک مخلوط سترون و خاک زراعی غیرسترون نیز یکسان نیست. علاوه بر pH بالاتر، میزان سدیم، فسفر و پتاسیم

جدول ٦. اثرات کودهای شیمیایی و گل گوگرد بر تفریخ تخم و تعداد نماتد سیستی *Heterodera schachtii* درون خاک و ریشه چغندرقند رقم شریف در شرایط گلخانه.

Table 6. Effects of chemical fertilizers and elemental sulfur on egg hatching and number of the cyst nematode *Heterodera schachtii* in soil and roots of sugar beet, cv. Sharif under greenhouse conditions.

	Second stage juveniles in soil		Nematodes in roots	
Treatments*	Number	%**	Number	%**
Control	310e	-	1.3	-
Ammonium sulfate 200	1207a	389	3.3	254
Calcium sulfate 50	552bcd	178	3.0	231
Iron sequestrene 5	558b-e	180	2.2	169
Potassium nitrate 100	592b-e	191	3.2	246
Potassium sulfate 50	657bc	212	5.2	400
Sodium silicate 10	367de	118	4.2	323
Sulfur 100	334de	108	2.5	192
Sulfur 200	536cde	173	7.7	592
Triple superphosphate 100	827ab	267	3.8	292
Zinc sulfate 50	943bc	304	4.2	323

*: The numbers 200, 50, 100, 10 and 5 indicate the amounts of fertilizers or sulfur (kg/ha).
**: The percentage increase in numbers of the second-stage juveniles in soil and different stages of the nematode in roots compared to their controls.
Data are the means of six replicates. Values in each column followed by the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test.

محلول در خاک زراعی تقریباً به اندازه نصف خاک مخلوط سترون، ولی میزان پتاسیم موجود در خاک زراعی بیش از دو برابر آن است. تفاوت در نوع خاک مورد استفاده و اندازه گلدان‌ها می‌تواند از دلایل احتمالی اختلاف بین نتایج دو آزمایش باشد.

شاخص‌های رویشی چغندرقند: در خاک مخلوط مزرعه و ماسه سترون، در بین تیمارهای دارای نماتد، فقط تیمار سوپرفسفات‌تریپل ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار باعث افزایش نسبی وزن ریشه گردید. در مقابل در خاک زراعی غیرسترون فقط تیمار نیترات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار و گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار به ترتیب باعث افزایش نسبی وزن تر شاخساره و عیار قند شده‌اند. به عبارتی دیگر هیچ‌کدام از تیمارها تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی و عیار قند چغندر در خاک مخلوط سترون و خاک زراعی غیرسترون نداشتند. این در حالی است که تاثیر مثبت اوره و کودهای دارای NPK بر کاهش شاخص‌های نماتد سیستی غلات *Heterodera avenae* و افزایش شاخص‌های رشدی گندم آلوده به آن گزارش شده است (Al-Hazmi & Dawabah 2014). هم‌چنین استفاده از گوگرد ۵۰ میلی‌گرم/کیلوگرم باعث افزایش وزن خشک شاخساره و وزن محصول خیار گلخانه‌ای آلوده به نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* شده است (Rumiani *et al.* 2016). متفاوت بودن نوع خاک، گونه و جمعیت ریزجانداران موجود در خاک، میزان و نوع کود مصرفی، گیاه میزبان و جمعیت و گونه نماتد می‌تواند از دلایل اختلاف در نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات گذشته باشد. از طرف دیگر پژوهش حاضر در شرایط میکروپلات و در فضای آزاد انجام شده است. با توجه به افزایش وزن تر شاخساره در تیمار نیترات پتاسیم، می‌توان به نقش مثبت پتاسیم در تسریع رشد بافت‌های مریستمی اشاره کرد (Malakouti 2008). هم‌چنین با توجه به وزن ریشه سالم در تیمار سولفات آمونیوم در خاک مخلوط سترون و آهکی

بودن خاک منطقه، این تیمار می‌تواند نقش مثبتی در کاهش pH خاک و رشد گیاهان نقش داشته باشد (Salardini 2003).

با توجه به افزایش نسبی عیار قند توسط تیمار گوگرد، می‌توان به این نکته اشاره کرد که گوگرد و ترکیبات گوگردی به طور مستقیم به عنوان یک زیست‌کش و غیرمستقیم به عنوان محرک مقاومت گیاه و افزایش قابلیت در دسترس بودن دیگر عناصر، بر وقوع و شدت بیماری تأثیر دارد (Datnoff *et al.* 2013).

شاخص‌های نماتد سیستی: در خاک مخلوط سترون، تیمارهای سولفات روی ۵۰ کیلوگرم/هکتار و سکوسترین آهن ۵ کیلوگرم/هکتار باعث کاهش نسبی بیش از ۷۷٪ جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد گردیدند. این یافته با نتایج استفاده از کود سولفات روی و کاهش تعداد لاروهای سن دو نماتد ریشه‌گرهی در خاک اطراف ریشه خیار مطابقت دارد (Nasr- Esfahani & Ahmadi 2005, Charehgani *et al*. 2010, Datnoff *et al*. 2013). عنصر روی باعث افزایش نفوذپذیری دیواره سلولی و افزایش مقاومت گیاه نسبت به آفات و بیماری‌ها می‌شود (Malakouti 2008). مطالعات نشان داده است که عنصر روی با خاک مخلوط شده با زیست‌جامدها (بیوسولیدها) که از تصفیه فاضلاب شهری به‌دست می‌آید، باعث کاهش تنوع نماتد در خاک شده است (Datnoff *et al*. 2013, Qi *et al*. 2006).

در خاک زراعی غیرسترون، به استثناء تیمارهای سوپرفسفات‌تریپل ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار و گوگرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار که در مقایسه با شاهد تأثیر معنی‌داری بر جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نداشتند، سایر تیمارها باعث افزایش معنی‌دار این شاخص‌ها گردیدند. مقایسه شاخص‌های رشدی چغندرقند در گیاهان شاهد با نماتد و بدون نماتد و نزدیک بودن این شاخص‌ها این احتمال را تقویت می‌کند که علی‌رغم مخلوط کردن خاک آلوده، به دلیل رسی بودن و چسبیده شدن ذرات خاک پس از برداشت چغندر در مزرعه و تشکیل کلوخه‌های غیر یکنواخت، جمعیت نماتد در گلدان‌های شاهد، که بعد از سایر تیمارها با باقیمانده خاک آلوده مایه‌زنی شدند، کم‌تر از سایر تیمارها بوده و خطای آزمایش اتفاق افتاده است. در بررسی صیفی و کارگر بیده(۲۰۱۳) استفاده از کودهای اوره، اوره–سوپرفسفات تریپل، سوپرفسفات تریپل–سولفات روی و اوره–سوپرفسفات تریپل–سولفات روی–سولفات پتاسیم باعث کاهش معنی‌دار تعداد تخم و سیست نماتد سیستی غلات *Heterodera filipjevi* در گرم خاک و اوره، اوره–سوپرفسفات تریپل باعث افزایش معنی‌دار میزان محصول گندم در شرایط میکروپلات شده است (Seifi & Karegarbideh 2013). استفاده ترکیبی از کودها در این مطالعه، می‌تواند از دلایل اختلاف با پژوهش حاضر باشد. در مطالعه دیگر کاربرد کود دارای پتاسیم به میزان ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار باعث کاهش تعداد ماده، تعداد تخم به ازای هر ماده و تأخیر در تشکیل سیست نماتد سیستی سویا شده است (Barbosa *et al*. 2010). این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد. با توجه به این‌که اکثر کودهای مورد استفاده شامل سوپرفسفات‌تریپل، سیلیکات سدیم، سولفات آمونیوم، سکوسترین آهن، نیترات پتاسیم، سولفات روی و گوگرد ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار باعث افزایش نسبی وزن ریشه گیاه سالم شدند، به نظر می‌رسد که افزودن آن‌ها باعث تحریک ریشه‌زایی چغندرقند، جذب و نفوذ بیشتر نماتد به ریشه چغندرقند و افزایش خسارت ناشی از آن شده باشد.

اثر کودهای شیمیایی بر تفریخ تخم نماتد سیستی و نفوذ آن به ریشه چغندرقند: نتایج این آزمایش نشان داد

که تیمارهای کودی بر تفریخ تخم و تعداد لارو سن دو تأثیر معنی‌داری در سطح ۵٪ دارد. همه تیمارها باعث افزایش تفریخ تخم و تعداد لارو سن دو درون خاک شدند. بیشترین تعداد لارو سن دو درون خاک مربوط به تیمارهای سولفات آمونیوم ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار و سوپرفسفات تریپل ۱۰۰ کیلوگرم/هکتار است. با وجود تعداد زیاد تخم‌های تفریخ‌شده و لارو سن دو درون خاک، تعداد نماتد درون ریشه زیاد نبود و از طرف دیگر نسبت تعداد لارو تفریخ شده و تعداد نماتد درون ریشه در تیمارهای مختلف نیز یکسان نبود. این احتمال وجود دارد که تیمارها به عنوان محرک تفریخ تخم عمل کرده و نقشی در میزان نفوذ لاروها به ریشه نداشته باشند. با توجه به مدت یک ماهه از کاشت بذر تا برداشت، به نظر می‌رسد گیاهچه‌ها ریشه کافی برای نفوذ تعداد بیشتری لارو سن دو نماتد نداشته‌اند. گرچه نشان داده شده است که تفاوتی در درصد تجمعی تفریخ تخم نماتد سیستی سویا (*H. glycines*) در شرایط گلخانه و در خاک طبیعی آلوده و خاک تیمار شده با مقادیر صفر، ۱/۱۲، ۱۱/۲، ۱۱۲ کیلوگرم روی در هکتار وجود نداشته است (Behm *et al*. 1995)، شاید بتوان متفاوت بودن میزان و نوع کود مصرفی، جمعیت و گونه نماتد و اندازه گلدان از دلایل احتمالی اختلاف نتایج این پژوهش و مطالعه حاضر دانست.

با توجه به تأثیر سولفات روی، سکوسترین آهن، سیلیکات سدیم و سوپرفسفات‌تریپل در کاهش نسبی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد سیستی چغندرقند در خاک مخلوط سترون و کاهش این شاخص‌ها در تیمارهای سوپرفسفات‌تریپل و گوگرد ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم/هکتار نسبت به سایر تیمارها در خاک زراعی، بررسی تأثیر آن‌ها در سایر خاک‌ها با جمعیت بیشتر نماتد و در شرایط مزرعه می‌تواند به توصیه کاربردی تیمارهای کودی در مدیریت نماتد سیستی چغندر منجر شود. علاوه بر آن می‌توان تأثیر سولفات آمونیوم و سوپرفسفات‌تریپل به عنوان محرک‌های تفریخ تخم در غیاب میزبان و در تناوب با سایر گیاهان، به عنوان عاملی جهت کاهش جمعیت نماتد سیستی چغندرقند، در خاک‌های مختلف را بررسی کرد.

سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول می‌باشد که با حمایت مالی دانشگاه شیراز انجام شده است.

منابع

Ahmadi K., Ebadzadeh H. M., Hatami F., Abdshah H. and Kazemian A. 2019. Agricultural Statistics of the Crop Year 1396-97, Volume One: Crop Products. Tehran: Ministry of Jihad Agriculture.

Ahmadi Mansourabad M., Karegar 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: 507-517.

Al-Hazmi A. S. and Dawabah A. A. 2014. Effect of urea and certain NPK fertilizers on the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) on wheat. Saudi Journal of Biological Sciences 21(2): 191-196.

Bamel V., Verma K. K. and Gupta D. C. 2003. Effect of different fertilizer source on *Meloidogyne incognita* infecting okra (*Abelmoschus esculentus*). Indian Journal of Nematology 33(2): 132-135.

Barbosa K. A. G., Garcia R. A., Santos L. C., Teixeira R. A., Araújo F. G., Rocha M. R. and Lima F. S. O. 2010. Effect of potassium fertilization on *Heterodera glycines* population in susceptible and resistant soybean cultivars. Nematologia Brasileira 34(3): 150-158.

Behm J. E., Tylka G. L., Niblack T. L., Wiebold W. J. and Donald P. A. 1995. Effects of zinc fertilization of corn on hatching of *Heterodera glycines* in soil. Journal of Nematology 27(2): 164-171.

Charehgani H., Karegar A. and Hamzehzarghani H. 2010. Effect of chemical fertilizers on root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) in greenhouse cucumber cultivation. Iranian Journal of Plant Pathology 46: 71-73 [263-274] (In Persian with English abstract).

Datnoff L. E., Elmer W. H. and Huber D. M. 2013. Mineral nutrition and plant disease. (Translated by Z. Banihashemi). Aeeizh Publications, Iran. 353 p.

Fatemy S., Parvizi R. and Greco N. 2007. Response of sugar beet to population densities of Heterodera schachtii in microplots in Iran. Russian Journal of Nematology 15: 9-14.

Handoo Z. A. and Subbotin S. A. 2018. Taxonomy, identification and principal species. pp. 365-398. In: R. N. Perry, M. Moens, and J. T. Jones (Eds), Cyst Nematodes Wallingford: CAB International.

Hauer M., Koch H. J. and Arender B. M. 2015. Water use efficiency of sugar beet cultivars (*Beta vulgaris* L.) susceptible, tolerant or resistant to *Heterodera schachtii* (Schmidt) in environments with contrasting infestation levels. Field Crops Research, 183: 356-364.

Malakouti M., Keshavarz P. and Karimian N. 2008. A Comprehensive approach towards identification of nutrient deficiencies and optimal fertilization for sustainable agriculture. Tehran: Tarbiat Modares University Publications.

Nasr- Esfahani M. and Ahmadi A. 2005. Effects of organic amendments and chemical fertilizers on *Meloidogyne javanica* in cucumber. Iranian Journal of Plant Pathology 41: 1-3 [1-17] (in Persian with English abstarct).

Pourrahim R., Ghasemi A., Fatemi B., Arbabi M., Sheikholeslami M., Ardeh M. G., Najafi H. and Farzadfar Sh. 2016. Sugarbeet Handbook Plant Protection. Tehran, Iran: Iranian Research Institute of Plant Protection.

Qi L., Yang 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(2): 323-328.

Rahmani N. 2009. Evaluation of resistance of several sugar beet genotypes to cyst- nematode in greenhouse conditions. Sugar Beet 25: 13-22.

Rumiani M., Karegar A., Hamzehzarghani H. and Banihashemi Z. 2016. Effect of elemental sulfur on the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, activities in cucumber plants. Iranian Journal of Plant Pathology 52: 85-98. (In Persian with English abstract).

Saedi M., Karegar A. and Taghavi S. M. 2017. Effect of combined application of *Pseudomonas fluorescens* CHA0 and chemical fertilizers on the activity of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, and infected tomato plant in greenhouse. Iranian Journal of Plant Pathology 53: 15-30. (In Persian with English abstract).

Salardini A. A. 2003. Soil Fertility (Sixth Edition). Tehran: University of Tehran Publications.

Seifi S. and Karegar Bide A. 2013. Effect of mineral fertilizers on cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* population and evaluation of wheat. World Applied Programming 3: 137-141.

Stewart J., Clark G., Poindexter S. and Hubbell L. 2014. Sugar beet cyst nematode management guide. Retrieved from https://www. michigansugar.com

Tanha Maafi Z. and Kheiri A. 2017. Cyst nematodes of the subfamily Heteroderinae in Iran and their management. Tehran, Iranian Research Institute of Plant Protection.

Vahedi M., Rajabi A., Mahmudi S. B. and Aghaeizadeh M. 2012. Evaluation of different sugar beet populations for resistance to beet cyst nematode (*Heterodera schachtii* Schmidt). Journal of Agricultural Science 35(3): 31-43.

Zheng Y., Duan Y., Chen S., Sun J. and Chen L. 2010. Responses of soybean nematode *Heterodera glycines* to macroelement and microelement compounds. Bulgarian Journal of Agricultural Science 16: 172-180.