

مقاله پژوهشی

اثر بازدارندگی برخی از گیاهان بر نماتد سیستی چغندر قند (*Heterodera schachtii*) در شرایط گلخانه و میکروپلات

سولماز عباسی^۱، اکبر کارگریده^{۲*}، رضا قادری^۳، حبیب‌اله حمزه‌زرقانی^۴ و محسن بذرافشان^۵

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۷)

چکیده

نماتد سیستی *Heterodera schachtii* مهم‌ترین نماتد چغندر قند در دنیا می‌باشد. مواد آلی می‌تواند باعث کاهش جمعیت نماتدهای انگل گیاهی شود. در این پژوهش اثر بازدارندگی پودر خشک خارلته، خاکشیر وحشی، شیرین‌بیان، کاردی، کاهو وحشی، کرچک، گل جعفری، گل گندم، گلرنگ وحشی و منداب بر چغندر قند رقم شریف و نماتد سیستی در دو آزمایش در شرایط میکروپلات بررسی گردید. آزمایش اول در مخلوط خاک زراعی و ماسه رودخانه‌ای سترون (۱:۱) و آزمایش دوم در خاک زراعی غیرسترون با جمعیت اولیه ۴۲۰۰ تخم به ازای هر گیاه انجام شد. در آزمایش سوم تأثیر تیمارها بر تفریح تخم و نفوذ نماتد به ریشه در خاک آلوده و در گلخانه بررسی گردید. نتایج نشان داد اضافه کردن پودر خشک گیاهان به خاک سترون تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی چغندر قند آلوده نداشت. تنها به جز گل جعفری، سایر تیمارها باعث افزایش نسبی وزن ریشه از ۰.۵٪ تا ۲۴.۱٪ گردیدند. گل گندم، کاهو وحشی و گلرنگ وحشی سبب افزایش بیش از دو برابری وزن ریشه نسبت به شاهد شدند. هم‌چنین خارلته، کرچک و کاردی باعث کاهش نسبی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد شدند. در خاک زراعی کرچک، گل جعفری، گل گندم، کاهو وحشی و خاکشیر وحشی باعث افزایش حداقل دو برابری وزن ریشه و منداب باعث افزایش ۱/۲ برابری عیار قند شدند. تیمارها اثر معنی‌داری بر شاخص‌های نماتد نداشتند. کاردی و کاهو وحشی باعث کاهش نسبی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد شدند. در آزمایش سوم کاهو وحشی باعث بیشترین کاهش تفریح تخم و گلرنگ وحشی بیشترین کاهش نفوذ نماتد به ریشه شدند.

کلیدواژه: گیاهان بازدارنده، مدیریت نماتد، 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. استادیار بخش تحقیقات چغندر قند مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

Research Article

Inhibitory effects of some plants on the sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*, under microplot conditions

S. Abbasi¹, A. Karegar^{2*}, R. Ghaderi³, H. Hamzehzarghani⁴, and M. Bazrafshan⁵

(Received: 15.1.2022; Accepted: 17.5.2022)

Abstract

Heterodera schachtii is the most important nematode of sugar beet worldwide. Application of organic matter can reduce populations of plant-parasitic nematodes. In this study, the inhibitory effects of creeping thistle, tall sisymbrium, liquorice, narrow-leaf plantain, wild lettuce, castor bean, French marigold, cornflower, wild safflower and arugula on sugar beet cv. Sharif and *H. schachtii* were investigated in two microplot experiments. The first experiment was conducted in pasteurized mixed field soil and river sand, and the second in field soil, both with an initial population of 4200 eggs/plant. Also, the effects of the treatments on nematode egg hatching and root penetration were studied in a glasshouse experiment. The results showed that adding plant powders to pasteurized soil had no significant effect on the infected sugar beet growth indices. However, except marigold, the other treatments caused a relative increase in taproot weight of 5% to 241% compared to the control. Cornflower, wild lettuce and wild safflower increased taproot weight more than twofold compared to the control. Moreover, creeping thistle, castor bean and plantain caused a relative decrease in nematode final population and reproduction factor. In field soil, castor bean, marigold, wild lettuce, cornflower and sisymbrium increased taproot weight by at least twofold, and arugula increased sugar content by 1.2-fold. The treatments had no significant effect on the nematode indices. Plantain and wild lettuce caused a relative decrease in the nematode reproduction factor. In glasshouse experiment, wild lettuce caused the greatest reduction in egg hatching and safflower reduced nematode penetration into the roots.

Keywords: Inhibitory plants, nematode management, plant-parasitic nematode

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

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

5. Sugar Beet Research Department, Fars Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

مقدمه

تجزیه مواد آلی گیاهی باعث آزاد شدن مقادیر زیادی سولفید کربن و اسیدهای سمی نماتدکش می‌شود (Chitwood 2002).

اضافه کردن عصاره آبی فرفیون، شقایق، خاکشیر وحشی، *Gypsophila pilosa* و پونه باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* نسبت به شاهد شده است. از طرف دیگر شاخص گال نماتد در گیاه گوجه‌فرنگی تیمار شده با فرفیون، کاردی، خاکشیر وحشی، کلزا و ازمک نسبت به شاهد افزایش و فاکتور تولیدمثل در گیاهان تیمار شده با نعناع، کلزا، ازمک، فرفیون و *G. pilosa* نسبت به شاهد کاهش یافته است (Hamzehzarghani et al. 2011).

در شرایط آزمایشگاهی، هرکدام از عصاره‌های منداب، فلفل زیتنی، ترخون، کنجد، کرچک، کنگر، زیتون تلخ و گوش‌بره باعث مرگ بیش از ۵۰٪ و عصاره‌های خارلته، رعنازیا و سلوی باعث مرگ حداقل ۴۲٪ لاروهای سن دوم نماتدهای ریشه‌گرهی *M. incognita* و *M. javanica* شده‌اند. همچنین در خاک زراعی غیرسترون، عصاره‌های منداب و کرچک بیش‌ترین تأثیر در کاهش فاکتور تولیدمثل به ترتیب در *M. incognita* و *M. javanica* داشته‌اند. علاوه بر آن عصاره خارلته در هر دو خاک زراعی غیرسترون و خاک مخلوط سترون (ماسه رودخانه‌ای و خاک زراعی) باعث کاهش معنی‌دار فاکتور تولیدمثل هر دو گونه شده است (زندیه شیرازی و کارگر بیده ۲۰۱۹). استفاده از گلرنگ وحشی (*Carthamus glaucus*) باعث کاهش معنی‌دار شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در گوجه‌فرنگی شده است (Moosavi 2012).

اعمال تناوب زراعی دوساله با دو گونه گل جعفری شامل *Tagetes patula* و *T. erecta*، خسارت نماتد مولد

نماتد سیستی چغندرقد (*Heterodera schachtii*) Schmidt, 1871) در تمام مناطق مهم کشت چغندرقد دنیا، به‌خصوص در مناطق معتدل گسترده است. این نماتد باعث کاهش عملکرد و میزان قند چغندرقد می‌گردد. در سال ۱۹۹۹ میزان خسارت این نماتد به محصول چغندرقد در اروپا ۹۰ میلیون یورو برآورد شده است (Moens et al. 2018). در آلودگی بالا با ۲۰ تخم و لارو در یک میلی‌لیتر خاک و شرایط معتدل آب و هوایی، میزان خسارت به محصول ارقام حساس تا ۳۰-۴۰٪ و ارقام متحمل ۱۰-۲۰٪ برآورد شده است (Blok et al. 2018).

استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی خاک یک روش مرسوم برای بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، حفظ رطوبت و تأمین مواد غذایی ضروری برای رشد گیاهان است. استفاده از مواد آلی در خاک می‌تواند باعث تغییر در جمعیت ریزگیاهان و ریزجانوران خاک از جمله نماتدها شود. تغییر در نماتدهای موجود در خاک می‌تواند منجر به افزایش تعداد نماتدهای مفید باکتری‌خوار یا قارچ‌خوار و کاهش یا سرکوب نماتدهای انگلی مهم اقتصادی شود. انواع مختلفی از اصلاح‌کننده‌های آلی مانند کود حیوانی، کود سبز، مواد آلی تجزیه‌شده یا تجزیه نشده برای این منظور استفاده می‌شود. اصلاح‌کننده‌های آلی خاک می‌تواند جایگزین مناسبی برای نماتدکش‌های شیمیایی، که اغلب گران و از نظر زیست‌محیطی خطرناک هستند باشد (Renčo 2013).

تحقیقات نشان داده است که برخی از گیاهان از قبیل چریش (*Azadirachta indica*) و گل جعفری (*Tagetes patula*) و کلزا (*Brassica napus*) دارای ترکیباتی هستند که روی نماتدهای مختلف خاصیت بازدارندگی دارند.

سفید رقم Sirola در دو سال متوالی در زمین آلوده به نماتد سیستی چغندر قند، باعث کاهش جمعیت نهایی نماتد به میزان ۸۹/۲٪ و افزایش عملکرد ریشه و قند چغندر شده است (Karimpourfard et al. 2006). علاوه بر آن نشان داده شده است در بین کودهای آلی شامل کود نپوسیده دامی، کمپوست، ورمی کمپوست، کود مرغی و ضایعات برگ کلم، افزودن کود مرغی باعث کاهش فاکتور تولیدمثل نماتد سیستی و افزایش میزان محصول و عیار قند گردیده است (Helalat et al. 2017). علی‌رغم تحقیقات انجام شده در زمینه گیاهان تله، هم‌چنین در مورد تأثیر مواد آلی در کاهش خسارت ناشی از نماتدهای ریشه‌گرهی، تاکنون هیچ تحقیقی در مورد اثر مواد آلی گیاهی بر فعالیت نماتدهای سیستی از جمله نماتد سیستی چغندر قند در ایران انجام نشده است.

مواد و روش‌های بررسی

در این پژوهش تأثیر پودر خشک اندام‌های هوایی ۱۰ گیاه از خانواده‌های *Asteraceae* (گل گندم، خارلته و گل جعفری)، *Brassicaceae* (منداب و خاکشیر وحشی)، *Compositae* (گل‌رنگ وحشی و کاهو وحشی)، *Euphorbiaceae* (کرچک)، *Fabaceae* (شیرین بیان) و *Plantaginaceae* (کاردی) (جدول ۱)، که در تحقیقات مختلف اثر بازدارندگی آن‌ها نسبت به نماتدهای انگل گیاهی به اثبات رسیده است و یا به راحتی در دسترس بودند، بر فعالیت نماتد سیستی چغندر قند و شاخص‌های رشدی گیاه چغندر قند آلوده به آن در دو آزمایش مستقل در خاک مخلوط سترون و خاک زراعی رسی غیرسترون و در شرایط میکروپلات بررسی گردید. علاوه بر آن اثر آن‌ها بر تفریح تخم‌های درون سیست در خاک و در حضور گیاهچه چغندر و نفوذ لاروهای سن دو به ریشه در شرایط

زخم ریشه *Pratylenchus penetrans* روی تنباکو را کاهش داده است (Chitwood 2002). هم‌چنین کاشت گل جعفری قبل از گل نرگس در خاک آلوده به *P. penetrans* پوسیدگی ریشه ناشی از آن را کاهش داده است (Uhlenbroek & Bijloo 1958). عصاره‌های آبی بذر گونه‌های *T. erecta* و *T. patula*، به‌طور قابل توجهی مرگ‌ومیر *H. schachtii*، *M. hapla* و *P. penetrans* را افزایش داده است (Riga et al. 2005).

اصلاح خاک با منداب، جعفری و رازیانه رومی (*Pimpinella anisum*) منجر به کاهش گال و نماتد ماده در ریشه گوجه‌فرنگی و لارو سن دوم نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* در خاک شده است (Ntalli et al. 2019). نشان داده شده است که مخلوط کردن کنجاله کرچک با خاک، ترکیبات آلی فراری تولید می‌کند که منجر به مرگ ۹۶٪/۹ لاروهای سن دوم و کاهش ۷۴٪/۳ تفریح تخم *M. incognita* در تمام غلظت‌ها شده است (Pedroso et al. 2019). استفاده از کاردی باعث ۷۵٪ کاهش تفریح تخم و مرگ لارو سن دوم *M. incognita* طی پنج روز گردیده است (Adekunle et al. 2007).

به منظور کاهش خسارت نماتد سیستی چغندر قند پژوهش‌هایی در زمینه تناوب زراعی با گیاهان غیر میزبان یا گیاهان تله در کشور انجام شده است. کاشت رقم Maxi خردل سفید (*Sinapis alba* L.) در مزرعه آلوده به نماتد سیستی باعث کاهش معنی‌دار تعداد تخم و لارو در سیست گردیده است (Pakniyat 1998). هم‌چنین کاشت خردل سفید (رقم Maxi) و ارقام Nemex و Pegletta تریبچه روغنی (*Raphanus sativus* var. *oleifera*) باعث کاهش معنی‌داری جمعیت نماتد در مزرعه آلوده شده است (Parvizi et al. 2000). در یک پژوهش سه‌ساله نشان داده شده است که کاشت مخلوط ذرت رقم ۷۰۴ و خردل

جدول ۱. گیاهان استفاده شده به عنوان تیمار در مطالعه حاضر.

Table 1. The plants used as treatments in the present study.

No.	Common name	Scientific name	Family
1	Wild safflower	<i>Carthamus oxyacanthus</i> M.Bieb.	Compositae
2	Cornflower	<i>Centaurea cyanus</i> L.	Asteraceae
3	Creeping thistle	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Asteraceae
4	Arugula	<i>Eruca sativa</i> Mill.	Brassicaceae
5	Liquorice	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Fabaceae
6	Wild lettuce	<i>Lactuca virosa</i> L.	Compositae
7	Narrow-leaf plantain	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae
8	Castor bean	<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae
9	Tall sisymbrium	<i>Sisymbrium altissimum</i> L.	Brassicaceae
10	French marigold	<i>Tagetes patula</i> L.	Asteraceae

۱- گلرنگ وحشی، ۲- گل گندم، ۳- خارلته، ۴- منداب، ۵- شیرین بیان، ۶- کاهو وحشی، ۷- کاردی، ۸- کرچک، ۹- خاکشیر وحشی، ۱۰- گل جعفری

جمعیت مورد نیاز نماتد سیستی چغندر قند از خاک مزرعه آلوده ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زرقان که در پاییز سال قبل از آزمایش برداشت گردیده بود تأمین گردید. جمعیت اولیه نماتد ۲۱ تخم/گرم خاک برآورد گردید. خاک‌های آلوده قبل از استفاده در چندین نوبت کاملاً مخلوط گردید. سپس سیست‌های یک نمونه ۲۰۰ گرمی خاک آلوده استخراج با دستگاه فنویک استخراج و شمارش گردید. سپس ۱۰ سیست 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.

۱- بررسی اثر پودر خشک گیاهان بازدارنده بر نماتد سیستی و گیاه چغندر قند آلوده در شرایط میکروپلات

۱-۱- مخلوط خاک زراعی و ماسه رودخانه‌ای سترون

این آزمایش در گلدان‌های پلاستیکی بلند با قطر دهانه ۲۲ و بلندی ۲۱ سانتی‌متر حاوی شش کیلوگرم مخلوط

گلخانه نیز مطالعه گردید. با توجه به محدود بودن فصل رویش هر کدام از گیاهان و عدم دسترسی در تمام فصول سال از پودر خشک آن‌ها استفاده شد. بدین منظور منداب و گل جعفری در زمان مناسب کشت و اندام‌های هوایی آن‌ها در مرحله گلدهی و شروع تشکیل بذر برداشت گردید. سایر گیاهان در مرحله گلدهی از محوطه دانشکده کشاورزی و مزارع اطراف آن جمع‌آوری گردید. قسمت‌های مختلف اعم از ساقه، برگ و گل هر گیاه به قطعه‌های کوچک خرد و در سایه و به دور از نور مستقیم خورشید قرار داده شد تا کاملاً خشک گردد. سپس به وسیله آسیاب صنعتی پودر شده و در پاکت‌های کاغذی در یک محیط خنک برای مصارف بعدی نگه‌داری گردید. میزان پودر خشک مورد نیاز برای هر گلدان بر اساس وزن خاک در هر هکتار تا عمق ۲۵ سانتی‌متری (۳,۲۵۰,۰۰۰ کیلوگرم) و ۴۰ تن کود سبز تازه در هکتار تعیین گردید. بر این اساس مقدار اندام تازه هر گیاه ۱۲/۳ گرم در هر کیلوگرم خاک محاسبه شد ($۱۲/۳ = ۳,۲۵۰,۰۰۰ \div ۴۰,۰۰۰,۰۰۰$) و میانگین وزن خشک این مقدار از بافت تازه گیاهان مورد استفاده (پنج گرم/کیلوگرم خاک معادل ۰/۵٪ وزنی یا ۱۶/۲۵ تن/هکتار) مبنا قرار گرفت.

یکبار و در روزهای گرم یک روز در میان به صورت دستی آبیاری شدند.

در روز ۲۹ مهرماه (۹۹ روز بعد از کشت) همراه با قطع آبیاری، قسمت‌های هوایی گیاه از محل طوقه برداشت و وزن تر و خشک آن‌ها تعیین گردید. برای تعیین وزن خشک، ابتدا اندام‌های هوایی به مدت چند روز در داخل گلخانه در مقابل نور غیرمستقیم قرار داده شدند. سپس درون آن با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت نگهداری و پس از آن وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. هفده روز بعد از برداشت اندام‌های هوایی (۱۵ آبان) و پس از کاهش رطوبت خاک، ریشه‌های چغندر قند برداشت و وزن تر آن اندازه‌گیری شد. سپس خاک هر گلدان به صورت کامل مخلوط و لاروهای سن دو و افراد نر در ۲۰۰ گرم خاک مرطوب به روش سینی (Whitehead & Hemming 1965) و سیست‌های موجود در ۲۰۰ گرم خاک خشک با استفاده از دستگاه فنویک استخراج (Fenwick 1940)، سپس جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد تعیین گردید.

به منظور بهتر نشان دادن اثر تیمارها بر شاخص‌های رشدی گیاه، وزن ریشه، وزن تر و خشک شاخساره گیاه آلوده به نماتد در هر کدام از تیمارها را با شاهد همان شاخص مقایسه و به صورت درصد افزایش یا کاهش (-) در جداول نشان داده شد. همین عمل برای شاخص‌های نماتد نیز صورت گرفت.

۲-۱- خاک زراعی غیرسترون

این آزمایش از نظر تعداد تیمار، تکرار، زمان سم‌پاشی و غلظت سم استفاده شده همانند آزمایش اول انجام گرفت. با این تفاوت که آزمایش در گلدان‌های نه کیلویی پلاستیکی بلند با قطر دهانه ۲۴ و بلندی ۲۵ سانتی‌متر انجام

خاک زراعی و ماسه رودخانه‌ای سترون (به نسبت ۱:۱) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۱ تیمار و شش تکرار انجام شد. سترون کردن خاک با استفاده از دستگاه و قرار گرفتن لایه خاک مرطوب در معرض شعله مستقیم انجام شد. به منظور فراهم کردن شرایط طبیعی از نظر دمایی، ابتدا گلدان‌های شش کیلویی بر روی قطعه‌ای از زمین که خاک آن تا عمق ۲۰ سانتی‌متری برداشته شده بود به صورت منظم قرار داده شد به نحوی که فقط سه سانتی‌متر از لبه گلدان‌ها خارج از سطح خاک قرار داشت و فضای بین آن‌ها با خاک پر گردید.

بر اساس تجزیه خاک و نیاز کودی گیاه، میزان ۲۰ میلی‌گرم فسفر (سوپر فسفات تریپل)، ۱۰۰ میلی‌گرم پتاس (نترات پتاسیم) و ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن (اوره) در کیلوگرم خاک قبل از کشت با خاک مخلوط گردید. سپس ۳۰ گرم پودر خشک هر گیاه به هر گلدان اضافه شد. پودر خشک گیاهان و کود پیش‌کاشت مورد نیاز به صورت ساندریجی با خاک قسمت میانی گلدان مخلوط گردید. سپس در ۲۲ تیرماه هر گلدان با ۲۰۰ گرم خاک آلوده حاوی ۱۸ سیست با ۴۲۰۰ تخم به روش ساندریجی مایه‌زنی و هم‌زمان با آن بذر چغندر قند رقم شریف کشت و به صورت دستی آبیاری گردید. پس از سبز شدن بذرها، به تدریج تعدادی از گیاهچه‌ها حذف شد و بعد از هفت روز در هر گلدان فقط یک گیاهچه نگه داشته شد.

در مرحله پنجم تا شش برگی جهت کنترل کرم برگ‌خوار چغندر قند گیاهچه‌ها با سموم حشره‌کش دورسبان و دلتامترین با غلظت یک در هزار محلول‌پاشی گردید. جهت کنترل سفیدک پودری در زمان رشد کامل ریشه چغندر قند از گل گوگرد و در زمان نزدیک به برداشت جهت کنترل شته سیاه از حشره‌کش کنفیدور با غلظت یک در هزار استفاده گردید. گلدان‌ها هر سه روز

مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ انجام گردید. تجزیه و تحلیل داده‌های شاخص‌های نماتد با استفاده از روش ناپارامتریک (NPAR ANOVA) و رتبه‌بندی فریدمن (Friedman rank test) و تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به شاخص‌های گیاه با استفاده از تجزیه واریانس (Proc ANOVA) انجام شد.

نتایج

۱- تأثیر گیاهان بازدارنده بر نماتد سیستی و گیاه چغندر قند آلوده در مخلوط خاک زراعی و ماسه رودخانه‌ای سترون

شاخص‌های گیاه چغندر قند: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر تیمارها بر وزن ریشه و وزن تر و خشک شاخساره گیاهان چغندر آلوده به نماتد معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین شاخص‌ها نشان داد که در حضور نماتد، به استثناء گل جعفری، سایر تیمارها باعث افزایش نسبی وزن ریشه شدند. بیش‌ترین وزن ریشه به ترتیب مربوط به تیمارهای گل گندم، کاهو وحشی، گلرنگ وحشی و خاکشیر وحشی می‌باشد. تیمارهای کاهو وحشی، خاکشیر وحشی و شیرین بیان باعث بیشترین افزایش نسبی و تیمارهای گل جعفری، کرچک و خارلته باعث کاهش نسبی وزن تر و خشک شاخساره نسبت به شاهد شدند (جدول ۲).

در غیاب نماتد خاکشیر وحشی، خارلته، کاردی، گل جعفری و کرچک سبب کاهش و سایر تیمارها سبب افزایش نسبی وزن ریشه نسبت به شاهد گردیدند. بیشترین تأثیر مربوط به گل گندم و گلرنگ وحشی است. خاکشیر وحشی علی‌رغم افزایش وزن ریشه گیاهان آلوده به نماتد، وزن ریشه گیاهان سالم را کاهش داد. گل گندم و گلرنگ

شد. خاک مورد استفاده خاک زراعی غیرسترون بود و متناسب با اندازه گلدان مقدار ۴۵ گرم از پودر خشک هر گیاه در هر گلدان استفاده گردید. کشت بذر در هفتم مرداد و برداشت اندام‌های هوایی در ۱۳ آبان (۹۸ روز بعد) و قبل از شروع یخبندان انجام شد. به علت بارندگی‌های زیاد پس از برداشت و خیس بودن خاک گلدان‌ها، برداشت ریشه‌ها در ۱۴ دی (۶۱ روز بعد از برداشت اندام‌های هوایی) صورت گرفت. در این آزمایش علاوه بر اندازه‌گیری وزن، عیار قند ریشه‌ها نیز با استفاده از دستگاه Refractometer دستی (کمپانی AKRUSS، کشور آلمان) تعیین گردید.

۲- بررسی اثر گیاهان بازدارنده بر تفریح تخم نماتد سیستی درون خاک و نفوذ لارو سن دو آن به ریشه چغندر قند در شرایط گلخانه

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در لیوان‌های یک‌بارمصرف حاوی ۴۰۰ گرم خاک آلوده به نماتد سیستی چغندر قند (۱۵ تخم در گرم خاک) انجام گردید. تیمارها شامل دو گرم پودر خشک گیاهان گل گندم، خارلته، گل جعفری، منداب، خاکشیر وحشی، گلرنگ وحشی، کاهو وحشی، کرچک، شیرین بیان و کاردی بود که با خاک هر لیوان به صورت کامل مخلوط و بذر چغندر قند رقم حساس شریف در آن‌ها کاشته شد. پس از گذشت ۲۱ روز تعداد لارو سن دو نماتد درون خاک با روش سینی (Whitehead & Hemming 1965) و تعداد لاروهای درون ریشه پس از رنگ‌آمیزی ریشه با اسید فوشین شمارش گردید (Daykin & Hussey 1985).

محاسبات آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 و

جدول ۲. اثر بازدارندگی برخی از گیاهان بر شاخص‌های رویشی گیاه چغندر قند (رقم شریف) آلوده به نماتد سیستی *Heterodera schachtii* در خاک مخلوط سترون.

Table 2. Inhibitory effects of some plants on plant growth parameters of the sugar beet (cv. Sharif) infected with the cyst nematode *Heterodera schachtii* in pasteurized mixed soil.

Treatments	Root weight (g)			Shoot fresh weight (g)			Shoot dry weight (g)		
	Without nematode	With nematode	%*	Without nematode	With nematode	%*	Without nematode	With nematode	%*
Control	261	109	-	443	247	-	84.2	39.8	-
Wild safflower	464	217	99.1	582	248	0.4	72.0	44.0	10.6
Cornflower	517	262	140	541	300	21.5	60.5	51.4	29.1
Creeping thistle	201	121	11.0	345	206	-16.6	42.5	35.0	-12.1
Arugula	319	172	57.8	556	308	24.7	59.4	46.4	16.6
Liquorice	383	133	22.0	434	323	30.8	55.9	60.7	52.5
Wild lettuce	308	241	121	255	391	58.3	34.7	63.1	58.5
Narrow-leaf plantain	212	114	4.6	354	263	6.5	44.8	43.0	8.0
Castor bean	118	119	9.2	244	220	-10.9	34.5	33.0	-17.1
Tall sisymbrium	156	210	92.7	200	401	62.3	26.1	62.1	56.0
French marigold	194	70.4	-35.4	354	217	-12.1	46.9	33.7	-15.3

*: درصد افزایش یا کاهش (-) شاخص‌های رشدی گیاهان آلوده چغندر قند نسبت به شاهد. داده‌ها میانگین شش تکرار است.

*: Percentage increase or decrease (-) of growth indices of infected sugar beet plants compared to the control. Data are the means of six replicates.

آن‌ها خارلته با کاهش ۶۷٪ شاخص‌های نماتد مؤثرترین تیمار بود. ولی سایر تیمارها باعث افزایش جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد گردیدند (جدول ۳).

۲- تأثیر گیاهان بازدارنده بر نماتد سیستی و گیاه چغندر قند آلوده در خاک زراعی غیر سترون

شاخص‌های گیاه چغندر قند: بر اساس نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های چغندر قند آلوده به نماتد، تأثیر تیمارها بر عیار قند در سطح ۵٪ و بر وزن تر و خشک شاخساره در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ولی بر وزن ریشه معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین شاخص‌ها نشان داد که در حضور نماتد، به ترتیب تیمارهای کرچک، گل جعفری، گل گندم، کاهو وحشی و خاکشیر وحشی باعث بیشترین افزایش و گلرنگ وحشی و کاردی باعث کاهش نسبی وزن ریشه نسبت به شاهد گردیدند. کرچک با افزایش دو و ۲/۴ برابری، به ترتیب وزن تر و خشک شاخساره

وحشی بهترین تیمارها در افزایش وزن ریشه در حضور یا غیاب نماتد بودند (جدول ۲).

شاخص‌های نماتد سیستی چغندر قند: نتایج تجزیه

واریانس شاخص‌های نماتد سیستی نشان داد که تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر تعداد سیست، تخم، لارو سن دو و نماتدهای نر در خاک، هم‌چنین تعداد تخم در سیست نداشته‌اند، ولی تأثیر آن‌ها بر شاخص‌های جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. علاوه بر آن بین پودر و نماتد در هیچ‌کدام از شاخص‌های رشدی گیاه برهم‌کنشی وجود نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که به استثناء خارلته و کاهو وحشی، سایر تیمارها باعث افزایش تعداد سیست نسبت به شاهد شدند. تیمارهای کرچک، کاردی و گل گندم باعث کاهش نسبی و سایر تیمارها باعث افزایش تعداد تخم در سیست شدند. خارلته، کرچک، کاردی و کاهو وحشی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد را نسبت به شاهد کاهش دادند که در بین

جدول ۳. اثر بازدارندگی برخی از گیاهان بر شاخص‌های نماتد سیستی *Heterodera schachtii* در گیاه چغندر قند (رقم شریف) آلوده در خاک مخلوط سترون.

Table 3. Inhibitory effects of some plants on indices of the cyst nematode *Heterodera schachtii* on sugar beet (cv. Sharif) in pasteurized mixed soil.

Treatments	Cysts/pot soil	Eggs/cyst	Total eggs/pot soil	Number of J2s/pot soil	Number of males/pot soil	Final population	Reproduction factor (Rf)	% (Rf)*
Control	335	213	73050	39583	500	113132 a-d	26.4 abc	-
Wild safflower	860	262	255672	10956	666	267294 a	62.5 a	137
Cornflower	870	197	151604	9165	166	160935 abc	37.6 ab	42.4
Creeping thistle	140	296	34914	1998	374	37285 d	8.7 c	-67.0
Arugula	720	234	162502	7998	875	171374 a-d	40.1 abc	51.9
Liquorice	565	288	173626	2998	125	176749 a-d	41.3 abc	56.4
Wild lettuce	280	293	85056	2205	125	87386 a-d	20.4 abc	-22.7
Narrow-leaf plantain	405	125	57305	3748	165	61217 cd	14.3 bc	-45.8
Castor bean	360	122	40827	7706	0.0	48534 bcd	11.3 bc	-57.2
Tall sisymbrium	880	218	191609	8539	41.3	200189 ab	46.8 a	77.3
French marigold	445	251	130470	4165	500	135135 a-d	31.6 abc	19.7

*: درصد افزایش یا کاهش (-) فاکتور تولیدمثل نماتد نسبت به شاهد. داده‌ها با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵٪ معنی‌دار نیستند. داده‌ها میانگین شش تکرار است.

*: Percentage increase or decrease (-) of nematode reproduction factor compared to the control. Data with similar letters in each column are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test. Data are the means of six replicates.

تأثیر بر شاخص‌های نماتد سیستی چغندر قند: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر هیچ‌کدام از شاخص‌های نماتد سیستی نداشتند. هم‌چنین بین پودر و نماتد در هیچ‌کدام از شاخص‌های رشدی گیاه برهم‌کنشی وجود نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که به استثناء کاردی و گل گندم، سایر تیمارها باعث افزایش نسبی تعداد سیست در خاک شدند. هم‌چنین، به ترتیب، کاردی، کاهو وحشی، گل جعفری و گل گندم باعث کاهش تعداد تخم در سیست شدند. تیمارهای کاردی، کاهو وحشی، خاکشیر وحشی، گل جعفری و گل گندم باعث کاهش نسبی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد گردیدند. کم‌ترین شاخص‌ها مربوط به تیمار کاردی است (جدول ۵).

مؤثرترین تیمار بود و تیمارهای گلرنگ وحشی، خارلته و کاردی باعث کاهش وزن تر و خشک شاخساره شدند (جدول ۴).

در تیمارهای دارای نماتد، منداب، گلرنگ وحشی، خاکشیر وحشی و کاهو وحشی، به ترتیب، باعث بیشترین افزایش و تیمارهای کاردی، کرچک و گل جعفری باعث کاهش عیار قند نسبت به شاهد شدند (جدول ۴).

در تیمارهای بدون نماتد، منداب بالاترین افزایش در وزن ریشه، هم‌چنین وزن تر و خشک شاخساره را به خود اختصاص داد. به استثناء منداب و کرچک، سایر تیمارها باعث کاهش وزن ریشه و وزن تر شاخساره شدند. هم‌چنین به استثناء منداب، سایر تیمارها باعث کاهش وزن خشک شاخساره نسبت به شاهد شدند. همه تیمارها باعث افزایش نسبی عیار قند شدند. بیش‌ترین عیار قند مربوط به تیمار گل گندم می‌باشد.

جدول ۴: اثر بازدارندگی برخی از گیاهان بر شاخص‌های رویشی گیاه چغندر قند (رقم شریف) آلوده به نماتد سیستی *Heterodera schachtii* در خاک زراعی غیرسترون.

Table 4. Inhibitory effects of some plants on plant growth parameters of the sugar beet (cv. Sharif) infected with the cyst nematode *Heterodera schachtii* in non-pasteurized field soil.

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	543	141	-	1074	473 d	-	147.9	62.1 dc	-	14.7	13.6 ab	-
Wild safflower	345	92.4	-34.5	719	309 c	-34.7	86.6	50.2 bc	-19.2	16.3	15.8 ab	16.2
Cornflower	389	302	114	794	517 bc	9.3	102.6	91.4 b	47.2	17.5	14.8 b	8.8
Creeping thistle	293	173	22.7	539	297 bc	-37.2	74.7	48.4 a	-22.1	16.3	13.5 b	-0.7
Arugula	1070	213	51.1	1616	603 d	27.5	163.6	80.0 d	28.8	15.0	16.8 a	23.5
Liquorice	246	217	53.9	527	427 ab	-9.7	70.6	67.4 a	8.5	17.3	14.8 b	8.8
Wild lettuce	428	293	108	627	555 ab	17.3	76.3	85.4 a	37.5	15.0	15.0 ab	10.3
Narrow-leaf plantain	307	122	-13.5	763	309 c	-34.7	86.2	43.5 bc	-30.0	15.3	11.3 b	-16.9
Castor bean	646	412	192	1146	947 ab	100	85.2	150 bc	142	15.7	11.5 b	-15.4
Tall sisymbrium	353	281	99.3	538	578 ab	22.2	74.7	93.2 a	50.1	16.0	15.5 ab	14.0
French marigold	278	390	177	526	590 a	24.7	64.7	88.6 a	42.7	16.0	13.0 b	-4.4

*: درصد افزایش یا کاهش (-) شاخص‌های رشدی گیاهان آلوده چغندر قند نسبت به شاهد. داده‌ها با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰.۰۵٪ معنی‌دار نیستند. داده‌ها میانگین شش تکرار است.

*: Percentage increase or decrease (-) of growth indices of infected sugar beet plants compared to the control. Data with similar letters in each column are not significantly different ($P \leq 0.05$), according to Duncan's Multiple Range Test. Data are the means of six replicates.

می‌باشد (جدول ۶).

بحث

علی‌رغم تحقیقات متعدد انجام شده در مورد تأثیر مواد آلی بر فعالیت نماتدهای ریشه‌گرهی، در خصوص اثر اصلاح خاک با استفاده از گیاهان بر فعالیت نماتد سیستی چغندر قند تحقیقی صورت نگرفته است که بتوان نتایج پژوهش حاضر را با آن مقایسه کرد. پژوهش حاضر نشان داد که افزودن پودر خشک برخی از گیاهان به خاک تأثیرات متفاوتی بر فعالیت نماتد سیستی و شاخص‌های رشدی گیاه چغندر قند آلوده به آن داشته است. برخی از گیاهان باعث کاهش و برخی دیگر باعث افزایش شاخص‌های جمعیتی نماتد و شاخص‌های رشدی یکسان نبود. در خاک زراعی غیرسترون قارچ‌ریشه‌ها، قارچ‌ها و

۳- تأثیر گیاهان بازدارنده بر تفریح تخم نماتد سیستی درون خاک و نفوذ لارو سن دو آن به ریشه چغندر قند در شرایط گلخانه

نتایج این بررسی نشان داد که به استثناء خاکشیر وحشی سایر تیمارها باعث کاهش معنی‌دار یا نسبی تفریح تخم و تعداد لارو سن دو درون خاک شدند. خاکشیر وحشی باعث افزایش بیش از دو برابری تعداد لارو سن دو پس از ۲۱ روز گردید. کم‌ترین تعداد لارو مربوط به کاهو وحشی است که با تیمارهای گلرنگ وحشی، شیرین‌بیان، کاردی، کرچک و گل جعفری در یک سطح آماری قرار گرفت. بیش‌ترین تعداد لارو درون ریشه به ترتیب، مربوط به خاکشیر وحشی، گل گندم، کاهو وحشی و منداب و کمترین تعداد مربوط به گلرنگ وحشی، کرچک و کاردی

جدول ۵. اثر بازدارندگی برخی از گیاهان بر شاخص‌های نماتد سیستی *Heterodera schachtii* در گیاه چغندر قند (رقم شریف) آلوده در خاک زراعی غیرسترون.

Table 5. Inhibitory effects of some plants on nematode indices of the cyst nematode *Heterodera schachtii* on sugar beet (cv. Sharif) in non-pasteurized field soil.

Treatments	Cysts/pot soil	Eggs/cyst	Total eggs (final population)	Reproduction factor (Rf)	% (Rf)**
Control	157.5	64.17	12450	2.91	-
Wild safflower	157.5	68.75	13800	3.23	11.0
Cornflower	150	58.33	12038	2.81	-3.4
Creeping thistle	300	82.50	30750	7.19	147.1
Arugula	225	83.75	20025	4.68	60.8
Liquorice	225	87.08	24806	5.80	99.3
Wild lettuce	165	46.25	8138	1.90	-34.7
Narrow-leaf plantain	142.5	36.25	6038	1.41	-51.5
Castor bean	172.5	82.08	16875	3.94	35.4
Tall sisymbrium	157.5	53.33	9788	2.29	-21.3
French marigold	210	46.67	10088	2.36	-18.9

*: درصد افزایش یا کاهش (-) فاکتور تولیدمثل نماتد نسبت به شاهد. داده‌ها با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی‌دار نیستند. داده‌ها میانگین شش تکرار است.

*: Percentage increase or decrease (-) of nematode reproduction factor compared to the control. Data with similar letters in each column are not significantly different ($P \leq 0.05$) according to Duncan's Multiple Range Test. Data are the means of six replicates.

جدول ۶. اثر برخی از گیاهان بر تعداد لارو سن دو و مراحل مختلف نماتد سیستی *Heterodera schachtii* به ترتیب درون خاک و ریشه چغندر قند (رقم شریف) در شرایط گلخانه.

Table 6. Effects of some plants on numbers of the second stage juveniles and different stages of the cyst nematode *Heterodera schachtii* in soil and roots of sugar beet (cv. Sharif), respectively, under greenhouse conditions.

Treatments	Soil		Roots	
	Number	%*	Number	%*
Control	730 ab	-	9.2 abc	-
Wild safflower	270 cd	-63.0	4.2 c	-54.3
Cornflower	695 ab	-4.8	30 a	226
Creeping thistle	700 ab	-4.1	8.6 bc	-6.5
Arugula	650 bc	-11.0	21.8 abc	137
Liquorice	335 bcd	-54.1	8.6 bc	-6.5
Wild lettuce	210 d	-71.2	23.8 ab	159
Narrow-leaf plantain	350 bcd	-52.1	5.8 c	-37.0
Castor bean	460 bcd	-37.0	4.8 c	-47.8
Tall sisymbrium	1730 a	137	36 abc	291
French marigold	475 bcd	-34.9	10.4 abc	13.0

*: درصد افزایش یا کاهش (-) تعداد لارو سن دو درون خاک یا تعداد نماتد در ریشه نسبت به شاهد. داده‌ها با حروف مشابه در ستون‌های دو و چهار بر اساس آزمون دانکن به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار نیستند. داده‌ها میانگین پنج تکرار است.

*: Percentage increase or decrease (-) in the number of second-stage juveniles in the soil or number of nematodes in the root compared to the control. Data with similar letters in columns two and four are not significantly different ($P \leq 0/01$ and $P \leq 0.05$, respectively) according to Duncan's Multiple Range Test. Data are the means of five replicates.

استفاده از کود برگ گل جعفری (Hussain *et al.* 2011) و عصاره برگ جعفری (Shah *et al.* 2018) باعث افزایش وزن شاخساره گیاه آلوده به نماتد ریشه‌گرهی شده است. در پژوهش حاضر نیز اضافه کردن پودر خشک گل جعفری به خاک زراعی غیرسترون وزن شاخساره را نسبت به شاهد افزایش داده است. گل جعفری می‌تواند با کاهش تأثیر منفی نماتد، باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاه گردد. دو ترکیب α -terthienyl و 5-(3-buten-1-ynyl)-2,2'-bithienyl از برخی گونه‌های گل جعفری جدا شده که فعالیت نماتدکشی قوی دارند (Uhlenbroek & Bijloo 1958).

اثر گیاهان بازدارنده بر شاخص‌های نماتد سیستی چغندر قند

جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تیمارها است. این شاخص‌ها تحت تأثیر حجم ریشه و تعداد سیست، هم‌چنین تعداد تخم در هر سیست قرار می‌گیرند. در این پژوهش در بین ۱۰ گیاه مورد استفاده، پودر خشک خارلته، کاهو وحشی، کاردی، کرچک، خاکشیر وحشی و گل جعفری، از خانواده‌های گیاهی مختلف، باعث کاهش نسبی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در یک یا هر دو نوبت آزمایش شده است. تیمار خارلته در خاک مخلوط سترون کم‌ترین تعداد سیست در خاک، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل را به خود اختصاص داد ولی در خاک زراعی غیرسترون علی‌رغم مؤثر بودن، بالاترین شاخص‌ها را داشت. این تفاوت می‌تواند مربوط به اختلاف در ترکیبات خاک مورد استفاده و یا بی‌اثر شدن احتمالی ترکیبات مؤثر این گیاه در حضور قارچ‌ها و باکتری‌ها در خاک زراعی غیرسترون باشد. کاهو وحشی و کاردی هم در خاک مخلوط سترون و خاک

باکتری‌های ساپروفیت در فراریشه وجود دارند که می‌توانند در کنترل نماتدها نقش داشته باشند ولی در خاک سترون ریزموجودات از بین می‌روند. علاوه بر آن‌ها ترکیبات موجود در ماسه رودخانه‌ای می‌تواند بر فعالیت نماتدها مؤثر باشد. به نظر می‌رسد کنترل نماتدها توسط چغندر قند آلوده شده‌اند. علاوه بر آن، تأثیر برخی از تیمارها در خاک مخلوط سترون و خاک زراعی غیرسترون گیاهان حاوی ترکیبات نماتدکش در خاک‌های سبک مانند خاک‌های شنی نسبت به خاک‌های سنگین بهتر صورت گیرد. در خاک سنگین ترکیبات فعال ممکن است توسط ذرات رس جذب شده و غیرفعال شوند (Oka 2010). اندازه گلدان نیز در مقدار رشد بوته و ریشه چغندر قند تأثیر دارد.

اثر گیاهان بازدارنده بر شاخص‌های رشدی چغندر قند آلوده به نماتد سیستی

عملکرد ریشه و عیار قند مهم‌ترین شاخص چغندر قند است. اضافه کردن پودر خشک خاکشیر وحشی، گل گندم، گل‌رنگ وحشی، کاهو وحشی، گل جعفری و کرچک باعث افزایش دو برابری وزن ریشه در یک یا هر دو نوبت آزمایش گردید. خاکشیر وحشی، گل گندم و کاهو وحشی در هر دو نوبت آزمایش وزن ریشه را افزایش دادند. در مقابل کاردی به عنوان مؤثرترین تیمار در کاهش فاکتور تولیدمثل، تأثیری بر عملکرد چغندر قند نداشت.

در خاک زراعی غیرسترون پودر خشک خاکشیر وحشی باعث افزایش نسبی وزن خشک شاخساره چغندر قند آلوده به نماتد گردید که با نتایج افزایش وزن خشک گیاه گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد ریشه‌گرهی ناشی از اضافه کردن عصاره آبی خاکشیر وحشی تطابق دارد (Hamzehzarghani *et al.* 2011).

فنولی با مقاومت گیاه نسبت به برخی از حشرات و بیمارگرهای گیاهی مرتبط است. نشان داده شده است که گاهی بین سطوح فنول‌ها و مقاومت یا عکس‌العمل گیاهان نسبت به آلودگی به نماتد ارتباط وجود دارد. علاوه بر آن، برخی ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها نسبت به تعدادی از نماتدهای انگل گیاهی سمیت دارند (Chitwood 2002).

نتیجه آزمایش در خاک سترون که در آن پودر خشک کاردی باعث کاهش نسبی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل شده است با نتایج تأثیر کاردی در کاهش آلودگی نهال هلو به *Mesocriconema xenoplax* در شرایط میکروپلات (Whittington & Zehr 1992) و کاهش ۷۵٪ تفریح تخم و لارو سن دو نماتد ریشه‌گرهی (Adekunle et al. 2007) تطابق دارد. در کاردی ترکیبات فعال نماتدکش مانند فلاونوئید، پلی‌ساکارید، تریپنوئید، لیپید، گلیکوزید ایریدوئید، فنولیک اسید و مشتقات کافئیک اسید وجود دارد (Najafian et al. 2018).

کرچک باعث کاهش نسبی تعداد کل تخم در خاک زراعی غیرسترون و فاکتور تولیدمثل نماتد سیستی در خاک مخلوط سترون گردید. نشان داده شده است که اضافه کردن پودر خشک گیاه کرچک به خاک سبب کاهش ۶۹٪ تعداد تخم *Meloidogyne javanica* شده است (Lopes et al. 2011). هم‌چنین نشان داده شده است کنجاله دانه کرچک تولیدمثل نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* را به میزان قابل توجهی کاهش داده است (Roldi et al. 2013). کرچک دارای استروئیدها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها، فلاونوئیدها و گلیکوزیدها است (Suvarna et al. 2018). کاهش تعداد تخم به وسیله کرچک می‌تواند مرتبط با این ترکیبات باشد.

اضافه کردن پودر برگ و دانه گلرنگ وحشی گونه *Carthamus glaucus* به میزان ۷/۵٪ به خاک شنی سترون

زراعی غیرسترون باعث کاهش نسبی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد شدند. کاهش شاخص‌های نماتد در حضور کاردی با کاهش تعداد سیست و تعداد تخم در هر سیست همراه بود.

علاوه بر اختلافات بیان‌شده، مقایسه شاخص‌های نماتد در دو آزمایش نشان داد که تعداد سیست، تعداد تخم در هر سیست، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد در خاک زراعی غیرسترون نسبت به خاک مخلوط سترون کاهش یافته است. بخش عمده این اختلاف مربوط به خطای آزمایش است که به علت تأخیر در خارج کردن ریشه‌ها از خاک و استخراج سیست‌ها اتفاق افتاد. در اثر بارندگی‌های زیاد پس از برداشت اندام‌های هوایی و خیس بودن خاک گلدان‌ها، برداشت ریشه‌ها و استخراج سیست‌ها برای مدت طولانی امکان‌پذیر نبود و این امر باعث شد بخش قابل توجهی از سیست‌ها و تخم‌ها درون آن‌ها، هم‌چنین لاروهای آزاد شده درون خاک از بین بروند. این کاهش می‌تواند به کنترل طبیعی نماتدها توسط آنتاگونیست‌ها موجود در خاک غیرسترون مرطوب نیز مرتبط باشد.

نتایج بررسی تأثیر پودر خشک برخی از گیاهان بر فعالیت نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* در شرایط گلخانه نشان داده است که در خاک سترون پودر خشک خارلته با کاهش ۴۹/۷٪ فاکتور تولیدمثل نماتد ریشه‌گرهی نسبت به منداب و کرچک تأثیر بیشتری داشته است (زندیه شیرازی و کارگر بیده ۲۰۱۹). ولی در مطالعه حاضر خارلته نسبت به منداب و کرچک تأثیر کم‌تری در کاهش فاکتور تولیدمثل نماتد در خاک مخلوط سترون نشان داد. خارلته دارای ترکیبات فنولی، فلاونوئیدها و ترکیباتی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی زیاد ضد باکتری و ضد قارچی می‌باشد (Khan et al. 2011, Popova et al. 2018). ترکیبات

نظر گیاهان تأثیرات متفاوتی نشان دادند. در پژوهش حاضر خاکشیر وحشی باعث افزایش بیش از دو برابری تعداد لاروهای حاصل از تفریخ تخم گردید. از طرف دیگر خاکشیر وحشی و برخی دیگر از گیاهان از قبیل منداب باعث افزایش نفوذ نماتد به ریشه شدند. کاردی و کرچک باعث کاهش تفریخ تخم و نفوذ لارو سن دو نماتد به ریشه شده‌اند. درحالی‌که کاهو وحشی از یک طرف باعث بیشترین کاهش در تفریخ تخم و از طرف دیگر افزایش قابل توجه تعداد نماتد درون ریشه گردید. نشان داده شده است که پودر آسیاب شده دانه منداب و کرچک منجر به کاهش تعداد لارو سن دو نماتد ریشه‌گرهی در خاک و ریشه بادمجان در شرایط گلخانه شده است (Ismail et al. 2012). از این ویژگی‌ها می‌توان جهت کاهش جمعیت نماتد سیستی در زمان تناوب با گیاه غیر میزبان استفاده کرد.

این پژوهش ویژگی‌های تعدادی از گیاهان در مهار نماتد سیستی چغندر قند و کاهش خسارت ناشی از آن را در شرایط میکروپلات نشان داد. گیاهان مورد بررسی از نظر این ویژگی‌های یکسان نبودند و نوع خاک و وجود ریزموجودات بر میزان تأثیر آن‌ها تعیین‌کننده بود. در خاک زراعی غیرسترون، اضافه کردن پودر خشک خاکشیر وحشی به میزان ۰/۵٪ وزنی به خاک جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد را کاهش، وزن و عیار قند ریشه را افزایش داد. از طرف دیگر میزان تفریخ تخم نماتد و نفوذ آن به ریشه را افزایش داد. کاهو وحشی نیز سبب کاهش تفریخ تخم، جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد و افزایش وزن ریشه گردید، ولی تأثیر مثبتی بر عیار قند نداشت. کاردی جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل نماتد را کاهش داد و منداب عیار قند ریشه را افزایش داد. لذا کاشت هم‌زمان خاکشیر وحشی و منداب و برگرداندن

باعث کاهش معنی‌دار شاخص‌های نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در گوجه‌فرنگی شده است (Moosavi 2012) که با نتایج پژوهش حاضر که در آن از پودر خشک گلرنگ وحشی گونه *C. oxyacanthus* استفاده گردید تطابق ندارد. بیشترین جمعیت نهایی و فاکتور تولیدمثل در خاک مخلوط سترون مربوط به این تیمار بود. اختلاف در گونه گیاه بازدارنده، اندام مورد استفاده، گونه نماتد و میزان ماده آلی استفاده شده (۵ گرم/کیلوگرم خاک معادل ۰/۵٪ در مقابل ۷/۵٪) می‌تواند از دلایل احتمالی این اختلاف باشد. از نظر میزان لینولیک اسید و اولئیک اسید این دو گونه گلرنگ وحشی با هم تفاوت دارند (Murthy & Anjani 2007).

خاکشیر وحشی از خانواده *Brassicaceae* است. تقریباً تمام اعضای این خانواده حاوی ترکیبات گلوکوزینولات هستند که می‌توانند جمعیت نماتد در مزرعه را کنترل کنند. میزان گلوکوزینولات در مرحله گلدهی گیاه حداکثر است. این ترکیبات در خاک هیدرولیز شده و به مواد سمی از قبیل نیتریل (nitrile)، تیوسیانات (thiocyanate) و ایزوتیوسیانات (isothiocyanate) تبدیل می‌شود. ایزوتیوسیانات‌ها سمی‌ترین ترکیبات فرار هستند که فعالیت آن‌ها در نتیجه واکنش با گروه‌های سولفیدی پروتئین‌ها است (Chitwood 2002, Oka 2010, Ntalli et al. 2020, (Zasada & Ferris 2004).

تأثیر گیاهان بازدارنده در تفریخ تخم نماتد سیستی در خاک و نفوذ لارو سن دو به ریشه‌ی چغندر قند

مواد آلی مختلف می‌توانند بر تفریخ تخم و نفوذ لارو سن دو نماتد به ریشه تأثیر گذارند. از این ویژگی می‌توان جهت کاهش جمعیت نماتد در غیاب میزبان و یا کاهش تعداد نماتد تغذیه‌کننده از ریشه میزبان استفاده کرد. از این

سپاسگزاری

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

آن‌ها به خاک قبل از کشت چغندر و اضافه کردن توأم کاه و وحشی و کاردی در زمان کشت، به عنوان یکی از راه‌کارهای کاهش خسارت نماتد، می‌تواند در مزارع چغندر قند نواحی مختلف کشور بررسی شود.

منابع

- Adekunle O. K., Singh N., Kumar N. and Singh B. 2007. Nematicidal action of some plant extracts against *Meloidogyne incognita* and isolation of nematicidal fraction from *Plantago lanceolata*. *Pakistan Journal of Nematology* 25(1): 189-197.
- Blok V. C., Tylka G. L., Smiley R. W., de Jong W. S. and Daub M. 2018. Resistance breeding, pp. 174-214. In: R. N. Perry, M. Moens and J. T. Jones (Eds). *Cyst Nematodes*. CABI, Wallingford, UK.
- Chitwood D. J. 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology* 40(1): 221-249.
- Daykin M. E. and Hussey R. S. 1985. Staining and histopathological techniques in nematology, pp: 39-48. In: Barker K. R., Carter C. C. and Sasser J. N. (eds). *An advanced treatise on Meloidogyne*, volume II: Methodology. North Carolina State University Graphics, USA.
- Fenwick D. W. 1940. Methods for the recovery and counting of cyst of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology* 18: 155-172.
- Hamzehzarghani H., Hoseinpoor R. and Karegar A. 2011. Effect of powder and aqueous extracts of some plant species on reproduction of *Meloidogyne incognita* on tomato and on growth parameters of the crop. pp. 538-541. In: Proceedings of the Third Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR). *Namyangju: International Society of Organic Agricultural Research (ISO FAR)*.
- Haseeb A., Khan A. M. and Saxena S. K. 1982. Toxicity of leaf extract of some plants on the root-knot and reniform nematodes. *Indian Journal of Parasitology* 6: 119-120.
- Helalat N., Nasreesfahani M. and Olia M. 2017. The effect of organic fertilizers on population dynamics of sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii* 1871. *Journal of Plant Protection* 31: 475-487.
- Hussain M. A., Mukhtar T. and Kayani M. Z. 2011. Efficacy evaluation of *Azadirachta indica*, *Calotropis procera*, *Datura stramonium* and *Tagetes erecta* against root-knot nematodes *Meloidogyne incognita*. *Pakistan Journal of Botany* 43(1): 197-204.
- Ismail A. E., Dawood M. G. and El-Nagdi W. M. 2012. Role of organic soil amendments with some non-conventional plant additives on the growth of eggplant and their role against *Meloidogyne incognita* infection. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 45(18): 2155-2164.
- Karimpourfard H., Jahadakbar M. R., Damadzadeh M. and Ahmadi, A., (2006). Integrated application of resistant catch crops and rotation with non-host crops in infected fields to *Heterodera schachtii* on quantity and quality of sugar beets in Semirom, Esfahan. *Journal of Sugar Beet*: 22(1), 59-73 (in Persian with English abstract).
- Khan Z. U. H., Ali F., Khan S. U. and Ali I. 2011. Phytochemical study on the constituents from *Cirsium arvense*. *Mediterranean Journal of Chemistry* 1(2): 64-69.
- Lopes E. A., Ferraz S., Ferreira P. A., Freitas L. G. D. and Dallemole-Giaretta R. 2011. Soil amendment with chopped or ground dry leaves of six species of plants for the control of *Meloidogyne javanica* in tomato under greenhouse conditions. *Ciência Rural* 41(6): 935-938.
- Moens M., Perry R. N. and Jones J. T. 2018. Cyst nematodes-life cycle and economic importance, pp. 1-26. In: R. N. Perry, M. Moens and J. T. Jones (Eds). *Cyst Nematodes*. CABI, Wallingford, UK.
- Moosavi M. R. 2012. Nematicidal effect of some herbal powders and their aqueous extracts against *Meloidogyne javanica*. *Nematropica* 42: 48-56.
- Murthy I. Y. L. N. and Anjani, K. 2007. Fatty acid composition in *Carthamus* species. In: 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, Australia. New South Wales: Agri-MC Marketing and Communication.

- Najafian Y., Hamed S. S., Farshchi M. K. and Feyzabadi Z. 2018. *Plantago major* in traditional Persian medicine and modern phytotherapy: a narrative review. *Electronic Physician* 10(2): 6390–6399.
- Ntalli N., Adamski Z., Doula M. and Monokrousos N. 2020. Nematicidal amendments and soil remediation. *Plants* 9(4): 429.
- Ntalli N., Zioga D., Argyropoulou D. M., Papatheodorou M. E., Menkissoglu-Spiroudi U. and Monokrousos N. 2019. Anise, parsley and rocket as nematicidal soil amendments and their impact on non-target soil organisms. *Applied Soil Ecology* 143: 17-25.
- Oka Y. 2010. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments-a review, *Applied Soil Ecology* 44(2): 101-115.
- Pakniyat M. 1998. The use of trap crops in reduction of sugarbeet nematode *Heterodera schachtii* population in Fars, p. 131. In: Proceedings of the 13th Iranian Plant Protection Congress, Volume II: Plant diseases & Weeds, Karaj, Iran (Abst.).
- Parvizi R., Eshtiaghi H. and Barooti Sh. 2000. Effect of resistant catch crops on population decline of the sugar beet cyst nematode in W. Azarbaijan. *Journal of Sugar Beet* 16: 48-57 (In Persian).
- Pedroso L. A., Campos V. P., Pedroso M. P., Barros A. F., Freire E. S. and Resende F. M. 2019. Volatile organic compounds produced by castor bean cake incorporated into the soil exhibit toxic activity against *Meloidogyne incognita*. *Pest Management Science* 75(2): 476-483.
- Popova Y. V., Mazulin O. V., Mazulin G. V. and Oproshanska T. V. 2018. The phytochemical investigation of polyphenolic composition of herbs *Cirsium arvense* (L.) Scop. of Ukraine flora. *Farmatsevtichnyi Zhurnal* (2): 83-87.
- Renčo M. 2013. Organic amendments of soil as useful tools of plant parasitic nematodes control. *Helminthologia* 50(1): 3-14.
- Riga E., Hooper C. and Potter J. 2005. In vitro effect of marigold seed exudates on plant parasitic nematodes. *Phytoprotection* 86(1): 31-35.
- Roldi M., Dias-Arieira C. R., Severino J. J., de Melo Santana S., Santo Dadazio T., Marini P. M. and Mattei D. 2013. Use of organic amendments to control *Meloidogyne incognita* on tomatoes. *Nematropica* 43(1): 49-55.
- Shah N. H., Dar A. R., Qureshi I. A., Akhter A., Wani M. R. and Andleeb L. 2018. Control of root-knot disease of brinjal (*Solanum melongena* L.) by the application of leaf extracts of certain medicinal plants. *Indian Journal of Agricultural Research* 52(4): 444-447.
- Suvarna Ch. M., Sriya P., Arshad Md. and Pavan. 2018. A review on phytochemical and pharmacological properties of *Ricinus communis*. *International Journal of Pharma Research and Health Sciences* 6(4): 2651-2655.
- Uhlenbroek J. H. and Bijloo J. D. 1958. Investigations on nematicides: I. Isolation and structure of a nematicidal principle occurring in *Tagetes* roots. *Recueil Des Travaux Chimiques Des Pays-Bas* 77(11): 1004-1009.
- Whithead A. G. and Hemming J. R. 1965. A comparison of some quantitative methods of extracting vermiform nematodes from soil. *Annual Applied Biology* 55: 25-38.
- Whittington D. P. and Zehr E. I. 1992. Populations of *Criconemella xenoplax* on peach interplanted with certain herbaceous plants. *Journal of Nematology* 24(4S): 688–692.
- Zandieh Shirazy L. and Karegar, A. 2019. Effect of aqueous extracts and dry powder of some plants on the root-knot nematodes *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* under greenhouse conditions. *Iranian Journal of Plant Pathology* 55: 129-148. (In Persian with English abstract).
- Zasada I. A. and Ferris H. 2004. Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology & Biochemistry* 36: 1017-1024.