ارزیابی کارایی دو سم نماتدکش در کنترل نماتد سیست طلایی سیب‌زمینی (*Globodera rostochiensis*) در گلخانه

Evaluation of the effectiveness of two nematicides for control of potato golden cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) in greenhouse

مهدی شریفی مشهود[۱]، محمد ترابی[۲*] و مزدشت گیتی[۳]

دریافت: ۱۳۹۳/۵/۲ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳

چکیده

نماتد سیست طلایی سیب‌زمینی (*Globodera rostochiensis*) یکی از مهم‌ترین بیماری‌هایی است که می‌تواند خسارت زیادی به این محصول وارد نماید و در صورت عدم کنترل می‌تواند تا صد در صد محصول را نابود کند. در این پژوهش تاثیر سموم نماکیک و ماری‌گلد در مقایسه با متیل بروماید‌در کنترل نماتد مذکور، در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. دو رقم سیب‌زمینی مارفونا (حساس) و بامبا (نیمه‌مقاوم) و در دو سطح آلودگی به مقدار ۵ و ۲۰ تخم و لارو در گرم خاک در گلدان‌ها کاشته شدند. قبل از کاشت، نماتدکش ماری گلد در دو دوز ۱۵۰ و ۳۰۰ و نماکیک در دو دوز ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم به خاک اضافه شدند. یک صد روز بعد از کاشت سیب‌زمینی، بوته‌ها را از خاک بیرون آورده و جمعیت سیست در ۲۰۰ گرم خاک و همچنین تعداد تخم و لارو در هر سیست و در هر گرم خاک شمارش گردید. تعداد و وزن غده‌های سیب‌زمینی نیز اندازه‌گیری شد و درنهایت داده-ها با نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. براساس نتایج تیمارهای آزمایش بر جمعیت نماتد، تعدا و وزن غده سیب‌زمینی تاثیر معنی‌داری داشتند و رقم بامبا وضعیت بهتری از نظر تعداد سیست و تخم و لارو در گرم خاک نسبت به رقم مارفونا نشان داد. سموم مورد استفاده در رقم مارفونا باعث کاهش ۳۵ درصدی تعداد تخم و لارو در تیمارهای مختلف نسبت به تیمارشاهد آلوده شد. تیمارهای کاربرد سم ماری گلد به میزان ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بهترین اثر را در کنترل نماتد داشتند. تیمارهای کاربرد نماکیک ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز با کنترل موثر نماتد در گروه نزدیک به ماری گلد قرار گرفت.

واژگان کلیدی: نماتد سیست سیب‌زمینی، نماکیک، ماری‌گلد، فاکتور تولید مثل

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین- پیشوا، دانشکده کشاورزی، گروه بیماری‌شناسی گیاهی، ورامین

۳- مربی، پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، همدان

نویسنده مسئول مکاتبات: m_torabi28@yahoo.com

مقدمه

براساس آمار سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) سیب‌زمینی به عنوان یک محصول مهم با سطح زیر کشت ۲۲ میلیون هکتار در جهان، ۱۸۴ هزار هکتار در ایران و بیش از ۲۶ هزار هکتار در استان همدان سهم مهمی در اقتصاد جهانی منطقه‌ای و ملی دارد (Anonymous, 2009). سیب‌زمینی مورد حمله آفات و بیماری‌های مختلفی قرار می‌گیرد، از جمله این بیمارگرها، نماتد سیست طلایی سیب‌زمینی به عنوان یکی از مخرب‌ترین عوامل بیماری‌زای محصول سیب‌زمینی در دنیا محسوب می‌شود، متاسفانه به دلیل سوء مدیریت، این نماتد در سال ۱۳۸۷ به ایران وارد و از اراضی شهرستان بهار واقع در استان همدان شناسایی و معرفی شد (گیتی و تنهامعافی، ۱۳۸۷). یکی از راه‌های کنترل این نماتد استفاده از نماتدکش‌ها است ولی استفاده از نماتدکش‌ها برای کنترل نماتد سیست طلایی سیب‌زمینی با توجه به قیمت بالای آن‌ها و دز بالای مورد نیاز و اثر مضر زیست محیطی که به دنبال دارد، فقط در موارد قرنطینه قابل انجام می‌باشد. متیل بروماید، ۱-۳ دی کلروپروپن (1-3-D) و متیل ایزوتیوسیانات (MITC)، به تنهایی و یا به صورت ترکیب با یک دیگر سه نماتدکش تدخینی موجود برای کنترل نماتد سیستی سیب‌زمینی هستند. کنترل کامل نماتد سیست طلایی سیب‌زمینی در سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به ترتیب با ۱۴۶۴ و ۴۸۸ کیلوگرم متیل بروماید در هکتار به روش گازدهی زیر پوشش پلی‌اتیلن انجام‌پذیر است (Peachey *et al*., 1973). در برخی خاک‌ها متام سدیم که یک پیش ماده MITC است، اثر کم‌تری نسبت به دزهای مشابه تلون دارد. در خاک‌های فاقد مواد آلی اختلاط دازومت، ماده تولید کننده MITC، با خاک تا عمق ۱۵ سانتی‌متری نسبت به تلون با همان دز، نماتدها و قارچ‌های خاک را بهتر کنترل می‌کند (Whitehead *et al*., 1979). میزان اثربخشی نماتدکش‌های تدخینی به شرایط سنگینی بافت خاک بستگی دارد. خاک باید ماده آلی کمی داشته و عاری از بقایای تجزیه شده محصول بوده و همچنین فاقد رطوبت باشد زیرا گاز در آب به خوبی حرکت نمی‌کند و روی نماتدها اثر مطلوب ندارد اما در خاک‌های زهکشی شده و سبک به خوبی در خاک نفوذ کرده و سیست‌ها را از بین می‌برد. سرعت تدخین به دمای خاک نیز بستگی دارد اما دما اهمیت کم‌تری نسبت به رطوبت دارد. دمای مناسب برای تدخین خاک برای متیل بروماید‌پنج درجه سانتی‌گراد، برای 1-3-D هفت درجه سانتی‌گراد و برای MITC ده درجه سانتی‌گراد است (Whitehead *et al*., 1979).

در گلخانه استفاده از حلال کلروفنول یا پی-ام کرزول در عمق ۷-۵ سانتی‌متری خاک به مقدار ۵/۵ تا ۱۱ لیتر پس از تدخین خاک با متیل بروماید به مقدار ۴۴۸ کیلوگرم در هکتار در فضای سربسته، نماتد را به خوبی کنترل می‌کند (Stone, 1957). بهتر است مزارع سیب‌زمینی در پاییز توسط 1,3-D یا MITC ضدعفونی شوند. اگر تدخین در بهار انجام شود ممکن است تا آماده شدن شرایط برای کشت سیب‌زمینی تاخیر ایجاد شود، همچنین این کار باعث می‌شود که قبل از بارندگی‌های زمستانه و بالا رفتن رطوبت خاک عملیات تدخین به خوبی انجام شود (Peachy *et al*., 1973).

چند نوع نماتدکش غیر تدخینی وجود دارد که روی نماتدها موثر هستند. این‌ها عموما از خانواده ارگانوفسفره-ها یا کاربامات‌ها هستند که بازدارنده قوی کولین استرآز هستند و باعث فلج عصبی در نماتدها می‌شوند، این ترکیبات در دز کم‌تری نسبت به نماتدکش‌های تدخینی روی نماتدها موثر هستند. این ترکیبات اکثرا به فرم گرانوله در بهار و قبل از کاشت در خاک به کار می‌روند. نحوه تاثیر کادوزافوس از این گروه نماتدکش‌ها، از طریق تماسی و یا پس از تغذیه از سلول‌های ریشه گیاهان که در تماس با خاک هستند می‌باشد. تحقیقات نشان داده که کادوزافوس روی نماتد سیست سیب‌زمینی خاصیت تخم‌کشی نیز دارد (Ibrahim and Haydock, 1999). کادوزافوس در خاک-های متوسط و یا سنگین مدت ۵-۴ ماه و در خاک‌های شنی مدت ۲/۵- ۲ ماه دوام دارد. به همین خاطر توصیه شده است که میزان دز مصرفی را در دو نوبت به کار برند. نوبت اول در موقع کاشت و نوبت دوم، دو ماه بعد از آن (دامادزاده، ۱۳۸۶).

با توجه به اهمیت استراتژیک سیب‌زمینی و از آن جا که بیماری‌های گیاهی به عنوان یکی از عوامل محدود کننده مهم این محصول می‌باشند، لزوم مبارزه و کنترل آن‌ها جهت بالا بردن میزان تولید در واحد سطح ضروری

به نظر می‌رسد. با توجه به این که استان همدان از مراکز مهم تولید سیب‌زمینی در کشور است، و نماتد سیست طلایی یکی از بیماری‌های مهم این محصول در منطقه است، در این تحقیق کارایی سموم نماتدکش جدید در کنترل نماتد *G. rostochiensis* روی سیب‌زمینی در استان همدان بررسی گردید.

نماکیک یک نماتدکش تماسی سیستمیک جدید است. این نماتدکش دارای اثر قوی و دامنه اثر گسترده‌ای روی طیف وسیعی از نماتدهای انگل گیاهی می‌باشد و به دو فرم گرانول ۱/۵ درصد و امولسیون ۳۰ درصد تولید شده است. ماده موثره این سم ارگانوفسفره ایمیسیافوس است که دارای اثر نماتدکشی بسیار قوی است. اثر این نماتدکش روی تعداد زیادی از نماتدهای مولد گره در محصولات زراعی و باغی و نماتد زخم و سایر نماتدهای انگل گیاهی در کشور ژاپن با موفقیت آزمایش شده است. نماتدکش دیگر مورد استفاده در این آزمایش ماری گلد بود. بیش از ۶۰ سال است که اثر ماری گلد (گیاه گل جعفری) در کنترل نماتدهای انگل گیاهی به خصوص گونه‌های Meloidogyne و Pratylenchus (Oostenbrink, 1960., Hooks *et al*., 2010) شناخته شده است. تایلر ۲۹ رقم گیاه گل جعفری را که به نماتد گره ریشه مقاوم بودند گزارش کرد (Tyler, 1938). به هرحال، ماری گلد فرانسوی (*Tagetes patula* L.) از سایر گونه‌ها و ارقام گیاه گل جعفری در کنترل *M. incognita* موثرتر می‌باشد (Ploeg, 2002). بر این باورند که ماده موثره Alpha-terthienyl ترکیب اصلی آللوپاتیک در گیاه گل جعفری است که مسئول کنترل نماتد می‌باشد (Gommers and Bakker, 1988).

رایس خاصیت آللوپاتیکی این ترکیب را به عنوان تقابل بیوشیمیایی گیاه-گیاه یا گیاه-میکروارگانیسم توصیف کرد (Rice, 1984). تاثیر کنترلی ماری گلد بر نماتد در ریشه‌های فعال گیاه حالت غالب‌تری داشت (Jagdale *et al*., 1999). اگرچه، در برخی موارد، ماری گلد فرانسوی در کنترل نماتدهای پارازیت گیاهی موثر واقع نشد (Dao, 1972; Marahatta *et al*., 2010). ماری گلد فرانسوی زمانی‌که در شرایط آیش زمین به خاک اضافه شد نتوانست تاثیر مثبتی در کنترل نماتد *M. incognita* داشته باشد (Marahatta *et al*., 2010). در مقابل، زمانی‌که این رقم ماری گلد بلافاصله بعد از کشت میزبان حساس به *Meloidogyne charanita* در خاک کشت شد، گیاه ماری گلد (گل جعفری) حدودا ۵۰ درصد در مقایسه با شرایط آیش توانست نماتد را کنترل نماید (Marahatta *et al*., 2010). یک فرضیه دیگر این است که ماری گلد (گیاه گل جعفری) می‌تواند به حالت موثرتری Meloidogyne را کنترل نماید، چنانچه نماتدها در مرحله فعال سیکل زندگی (مرحله لارو سن دو) در مقایسه با مراحل غیرفعال سیکل زندگی قراد داشته باشند (از قبیل مرحله تخم و غیره).

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری، شناسایی و شمارش سیست نماتد

در تابستان ۱۳۹۳ نمونه‌های خاک از مزارع آلوده سیب‌زمینی در شهرستان بهار به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان منتقل گردید. به منظور شمارش تعداد تخم و لارو نماتد در گرم خاک، مقداری از آن در سینی فلزی ریخته و جهت خشک شدن در محیط معمولی آزمایشگاه نگهداری شد. قسمت بیش‌تر خاک بعد از خشک شدن جهت آلوده نمودن گلدان‌های گلخانه در انبار نگهداری شد (Southey, 1986). از خاک خشک شده با روش شناورسازی به روش فنویک سیست‌های موجود در آن جدا شد (Fenwick, 1940). توده حاوی سیست به دست آمده از قیف فنویک پس از خشک شدن، زیر بینوکولرسیست‌های موجود توسط نوک سوزن، جدا شد و در ظرف‌های شیشه‌ای دربسته نگهداری شدند. شناسایی نماتد *G. rostochiensis* از طریق بررسی مشخصات شکل‌شناسی (رنگ، شکل و اندازه) و بررسی شکاف ناحیه تناسلی در نماتد ماده (سیست) انجام شد. با بررسی قطر و طول لاروهای نماتد، اندازه استایلت، توسعه شبکه ناحیه کوتیکولی سر و اندازه Hyaline ناحیه دم، جنس نماتد شناسایی گردید (Karssen, 2004; Marks and Brodie, 1998). برای شمارش تعداد تخم و لارو زنده موجود در هر سیست، از هر مجموعه سیست جمع‌آوری شده ده سیست در اندازه‌های مختلف جدا شد، سیست‌ها در لوله سیست خردکن ریخته و به خوبی آن‌ها را خرد کرده تا تخم و لاروهای موجود در سیست‌ها آزاد شوند و سپس توسط لام

شمارش در زیر بینوکولار تعداد تخم و لارو شمارش شد. با تناسب میانگین تعداد تخم و لارو در سیست و تعداد سیست در گرم خاک، مقادیر لازم جهت آلوده کردن گلدان‌ها به اندازه‌ای که مد نظر می‌باشد به دست آمد.

آزمایش گلخانه‌ای

خاک تیمارهای شاهد مورد استفاده در این آزمایش با سم متیل برماید با دُز ۲۰ گرم در مترمربع خاک تدخین شد. نماتدکش‌های مورد بررسی شامل نماکیک در دو دُز ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و سم ماری گلد در دو دُز ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، برای ۵ کیلوگرم خاک گلدان آماده و به گلدان‌ها اضافه شد (لازم به ذکر است، دز مورد استفاده از سموم طبق توصیه شرکت سازنده می‌باشد). در هر گلدان ۵ کیلوگرم خاک ریخته و گلدان‌ها به نسبت ۱به ۳ با شن و خاک پر شد. در این تحقیق از دو رقم سیب‌زمینی مارفونا که رقم حساس به نماتد سیست سیب‌زمینی و بامبا که رقم نیمه مقاوم به نماتد سیست سیب‌زمینی است، استفاده شد. غده‌ها که همه به یک اندازه و یک دست بودند از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان تهیه و در آزمایشگاه قرار داده شدند تا خوابشان شکسته شده و جوانه‌زنی نمایند. برای فعال شدن جوانه‌های سیب‌زمینی پانزده روز زمان مناسبی می‌باشد. این بررسی در یک آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح کاملا تصادفی شامل ۲۲ تیمار که هر تیمار شامل هفت گلدان (۷ تکرار) و سه فاکتور آزمایش ارقام سیب‌زمینی، نوع سم و مقدار آلودگی به نماتد سیست طلایی سیب‌زمینی بودند انجام شد. تیمارهای آزمایش مطابق جدول ۱ بودند.

بعد از تعیین جمعیت نمونه‌های جمع‌آوری شده از مزارع جهت آلوده کردن گلدان‌ها از خاک آلوده به نسبتی که آلودگی مورد نظر هر گلدان به دست آید اضافه شد. با توجه به این‌که در هر هکتار سیب‌زمینی ۶۰۰۰۰ بوته و در هر گلدان یک بوته قرار می‌گیرد، بعد از محاسبات دقیق مشخص گردید که جهت آغشته کردن خاک گلدان با وزن ۵ کیلوگرم با نماکیک در دُز ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ۴ گرم و در دُز ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار ۸ گرم نیاز است و جهت آغشته کردن خاک گلدان با وزن ۵ کیلوگرم با ماری گلد، بایستی جهت تأمین ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به نسبت هر گلدان ۵ گرم و جهت آغشته کردن خاک با دُز ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به نسبت هر گلدان ۱۰ گرم ماری گلد اضافه شود. در پایان آزمایش بوته‌ها با دقت از گلدان خارج وهمراه ۲۰۰ گرم خاک اطراف ریشه داخل ظرف‌های آب از قبل پیش‌بینی شده قرار داده شدند، بعد از دو دقیقه خاک بوته شسته شد، سپس وزن تر کل بوته باغده‌ها و همچنین وزن غده‌ها به طور جداگانه اندازه‌گیری شد. بوته‌ها داخل پاکت‌های کددار و داخل آون قرار داده شدند تا بعد از خشک شدن وزن خشک بوته نیز اندازه‌گیری شود. از خاک هر یک از گلدان‌هاپس از اختلاط کامل، ۲۰۰ گرم به عنوان زیرنمونه، در هوای آزاد قرار داده شد و پس از خشک شدن استخراج و جداسازی سیست‌ها، تعداد تخم و لارو نهایی نماتد در یک گرم خاک هر گلدان شمارش گردید (همان‌طور که در مورد تعیین جمعیت اولیه نماتد قبل از مایه‌زنی عمل شد). همچنین فاکتور تولید مثل (pf/pi) نسبت جمعیت نهایی تخم و لارو بعد از برداشت گیاه سیب‌زمینی (pf) به جمعیت اولیه مایه‌زنی شده به خاک (pi)، محاسبه گردید.

اطلاعات و داده‌ها در نرم‌افزار Excel وارد شد و ترسیم جدول‌ها و نمودارها دراین نرم‌افزار انجام شد سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس داده‌ها انجام و مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ درصد و ۱ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به عملکرد و فاکتورهای رشدی گیاه نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول‌های تجزیه واریانس ارائه نشده‌اند). مقایسه میانگین صفات عملکردی سیب‌زمینی در تیمارهای مختلف آزمایش نیز تاثیر نماتدکش‌ها بر این صفات را نشان داد. تیمار شاهد آلوده به نماتد و رقم مارفونا کم‌ترین تعداد و وزن غده و کم‌ترین وزن تر و خشک بوته را داشت، در حالی که تیمار کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سم ماری گلد در گلدان آلوده به ۲۰ تخم و لارو در گرم خاک بیش‌ترین تعداد

و وزن غده را داشت. تیمار با آلودگی ۲۰ تخم و لارو در یک گرم خاک و رقم حساس مارفونا با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نماکیک بیش‌ترین اثر را از نظر وزن تر و خشک بوته به خود اختصاص داد. از نظر تعداد و وزن غده، تیمارهای T12، T15، T14، T8، T4 و T2 که به ترتیب رقم بامبا در تیمار خاک استریل، بامبا در تیمار ۵ تخم و لارو و ۲۰۰ کیلوگرم نماکیک، بامبا با ۵ تخم و لارو و ۱۰۰ کیلوگرم نماکیک، مارفونا با آلودگی ۲۰ تخم و لارو و ۲۰۰ کیلوگرم نماکیک، مارفونا با ۵ تخم و لارو و ۱۰۰ کیلوگرم نماکیک و مارفونا ۵ تخم و لارو در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱).

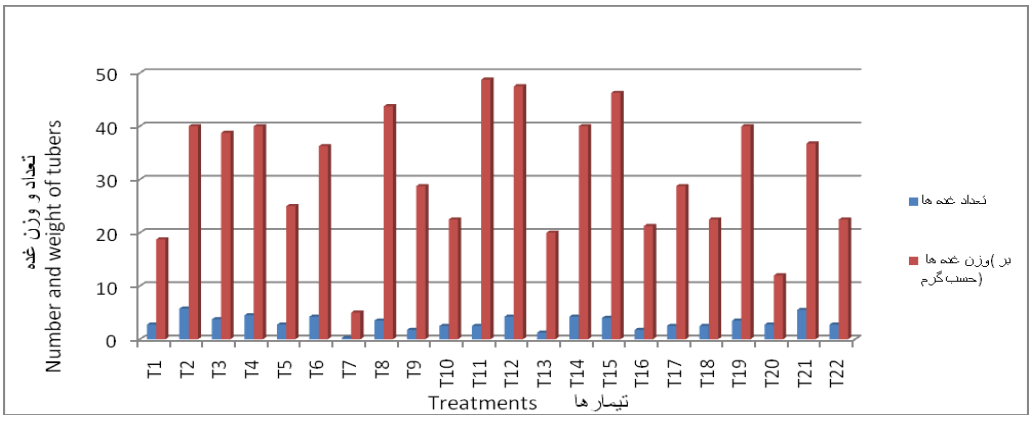
جدول ۱- تیمارهای مختلف در آزمایش بررسی اثر نماتدکش‌ها در کنترل نماتد سیست طلایی سیب‌زمینی (*Globodera rostochiensis*)

Table 1. Different treatments applied for study the effects of nematicides in control of potato golden cyst nematode (*Globodera rostochiensis*)

Treatment name	Description of treatment	شرح تیمار
T1 and T12	Steriled soil + Methyl bromide 20kgha^{-1}	خاک استریل +۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متیل بروماید
T2 and T13	Steriled soil + 5 egg & j2 per g soil	خاک استریل + ۵ تخم و لارو نماتد در یک گرم خاک
T3 and T14	Steriled soil + 5 egg & j2 per g soil + 200 kgha^{-1} Nemakick	خاک استریل + ۵ تخم و لارو نماتد + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نماکیک
T4 and T15	Steriled soil + 5 egg & j2 per g soil + 100 kgha^{-1} Nemakick	خاک استریل + ۵ تخم و لارو نماتد + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نماکیک
T5 and T16	Steriled soil + 5 egg & j2 per g soil + 150 kgha^{-1} Marigold	خاک استریل + ۵ تخم و لارو نماتد + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ماری گلد
T6 and T17	Steriled soil + 5 egg & j2 per g soil + 300 kgha^{-1} Marigold	خاک استریل + ۵ تخم و لارو نماتد + ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار ماری گلد
T7 and T18	Steriled soil + 20 egg & j2 per g soil	خاک استریل + ۲۰ تخم و لارو نماتد در یک گرم خاک
T8 and T19	Steriled soil + 20 egg & j2 per g soil + 200 kgha^{-1} Nemakick	خاک استریل + ۲۰ تخم و لارو نماتد + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نماکیک
T9 and T20	Steriled soil + 20 egg & j2 per g soil + 100 kgha^{-1} emakick	خاک استریل + ۲۰ تخم و لارو نماتد + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نماکیک
T10 and T21	Steriled soil + 20 egg & j2 per g soil + 150 kgha^{-1} Marigold	خاک استریل + ۲۰ تخم و لارو نماتد + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ماری گلد
T11 and T22	Steriled soil + 20 egg & j2 per g soil + 300 kgha^{-1} Marigold	خاک استریل + ۲۰ تخم و لارو نماتد + ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار ماری گلد

تیمارهای T1 تا T11 مربوط به رقم مارفونا و T12 تا T22 مربوط به رقم بامبا هستند.

Treatments T1-T11 are for cultivar Marfona and T12- T22 for cultivar Bamba.



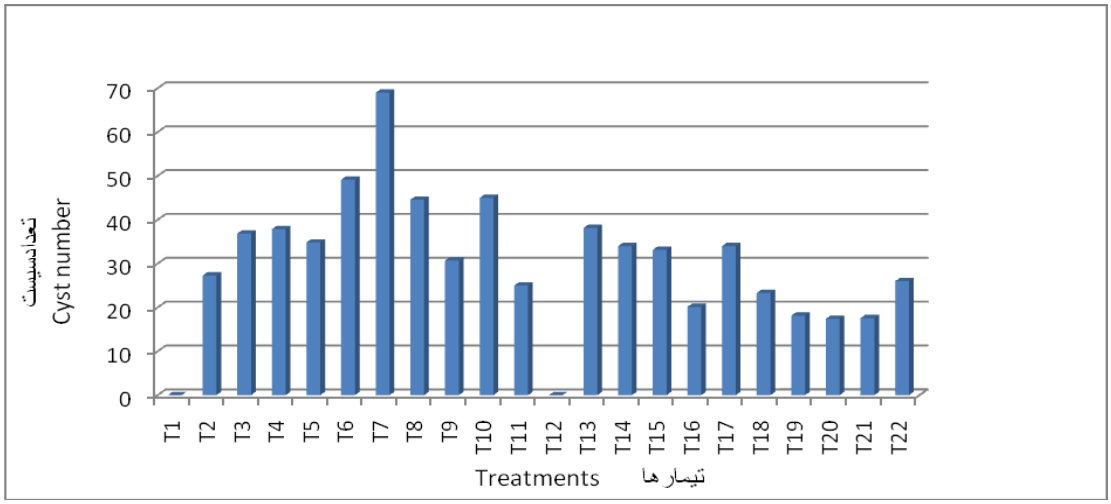
شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد و وزن غده‌ها در تیمارهای مختلف آزمایش

Fig. 1. Mean comparison of number and weight of potato tubers in different treatments

For description of treatments see Table 1. برای مشخصات تیمارها به جدول ۱ مراجعه شود.

به نظر می‌رسد در شرایط آزمایش تعداد جمعیت اولیه ۵ تخم و لارو به اندازه کافی برای ایجاد آلودگی و کاهش صفات عملکردی سیب‌زمینی کارائی نداشته است در حالی که جمعیت اولیه ۲۰ تخم و لارو در گرم خاک به اندازه کافی بوده و آلودگی مورد نظر آزمایش را تامین کند. سموم مورد استفاده در آزمایش با وجود بالای آلودگی تاثیر مثبتی داشته و نهایتا منجر به عملکرد بالای بوته و غده در تیمارها شدند.

با توجه به مقایسه میانگین تعداد سیست در تیمارهای مختلف آزمایش (شکل ۲)، تیمار T7 که تیمار شاهد آلوده با ۲۰ تخم و لارو در گرم خاک و رقم سیب‌زمینی مارفونا بود، بیش‌ترین تعداد سیست را داشت. تیمارهای T6، T10 و T8 که آن‌ها نیز مربوط به رقم حساس مارفونا بودند در رتبه‌های بعدی از نظر تعداد سیست قرار گرفتند. تیمار T20 که خاک آلوده به ۲۰ تخم و لارو در گرم خاک و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نماکیک و رقم بامبا بود، کم‌ترین تعداد سیست را داشت و تیمارهای T21، T16 و T19 در رتبه‌های بعدی قرار گرفته و توانستند در کنترل تشکیل سیست موفق عمل کنند.



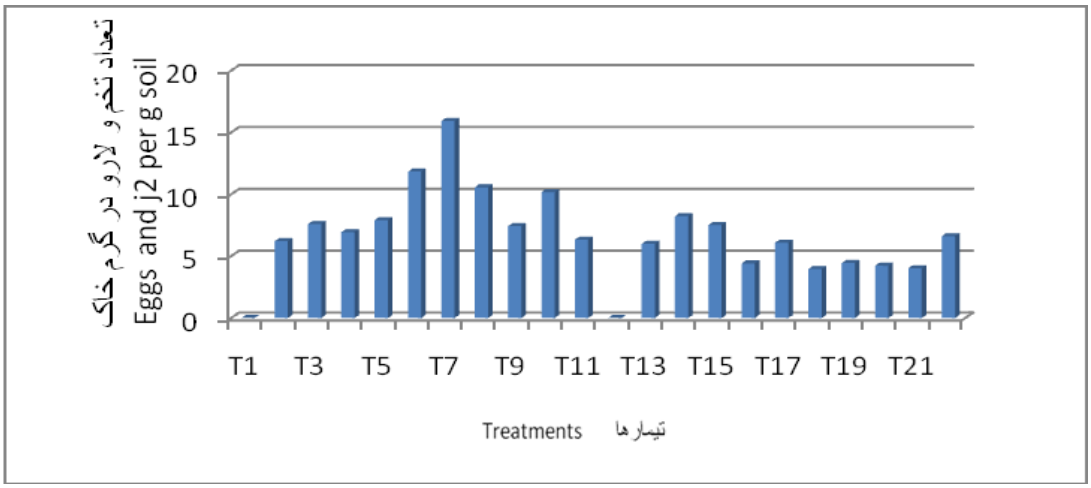
شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد سیست *Globodera rostochiensis* در تیمارهای مختلف آزمایش

Fig. 2. Mean comparison of number of *Globodera rostochiensis* cysts in different treatments

For description of treatment see Table 1. برای مشخصات تیمارها به جدول ۱ مراجعه شود.

با توجه به مقایسه میانگین تعداد تخم و لارو در یک گرم خاک در تیمارهای مختلف آزمایش (شکل ۳)، تیمار T7 که شاهد آلوده به ۲۰ تخم و لارو در گرم خاک و رقم مارفونا بود، بیش‌ترین تعداد تخم و لارو در گرم خاک را داشت و تیمار T21 که خاک آلوده به ۲۰ تخم و لارو در یک گرم خاک با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ماری گلد و رقم بامبا بود، بهترین تیمار بود که کم‌ترین تعداد تخم و لارو در یک گرم خاک را داشت.

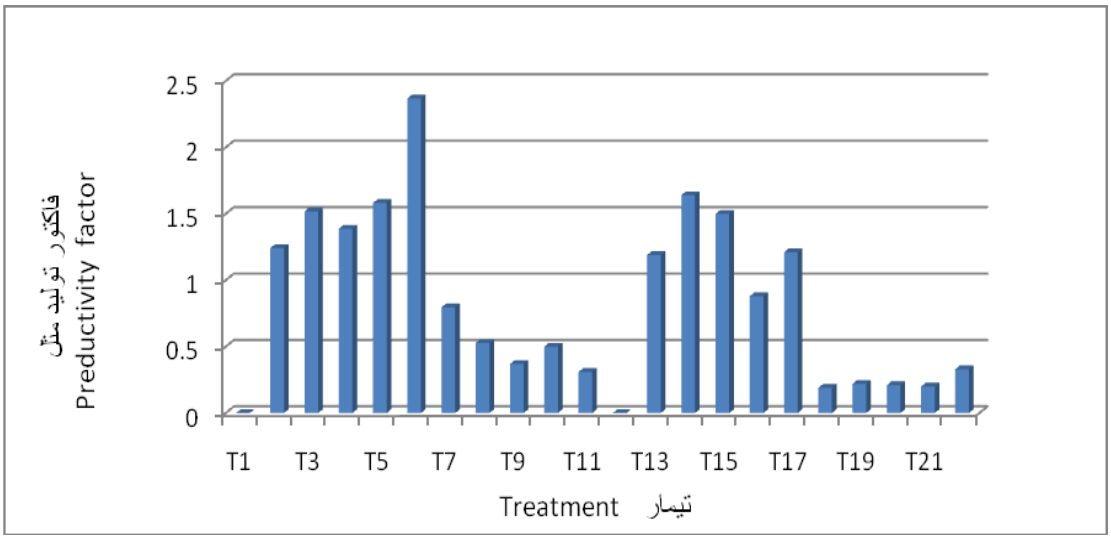
این نتایج نشان داد که تاثیر نماتدکش‌ها بر جمعیت نهایی نماتد معنی‌دار بوده و از این نظر تیمارهای T1 و T12 یعنی شاهد سالم بدون آلودگی به نماتد، سیست تشکیل ندادند و تیمار T7 یعنی رقم مارفونا با آلودگی ۲۰ تخم و لارو در گرم خاک بیش‌ترین جمعیت تعداد سیست و تعداد تخم و لارو در یک گرم خاک را داشت، در حالی که تیمارهای کاربرد سم ماری گلد و کم‌ترین تعداد سیست و تخم و لارو در یک گرم خاک را داشتند (شکل‌های ۲ و ۳). کاربرد سم نماکیک در خاک گلدان‌ها توانست تا حد زیادی جمعیت نماتد را کنترل کند و از این نظر تیمارهای نماکیک نیز در رتبه‌های بعد از تیمارهای ماری گلد قرار گرفتند و جمعیت نهایی کم‌تر از جمعیت اولیه بود اگرچه کاربرد سم نماکیک در مواردی منجر به گیاه‌سوزی روی بوته‌های سیب‌زمینی خصوصا جوانه اولیه و بیش‌تر در رقم مارفونا شد.



شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد تخم و لارو نماتد *Globodera rostochiensis* در گرم خاک در تیمارهای مختلف آزمایش برای مشخصات تیمارها به جدول ۱ مراجعه شود.

Fig. 3. Mean comparison of number of egg and larva of *Globodera rostochiensis* in different treatments For description of treatments see Table 1.

فاکتور تولید مثلی در تیمارهای کاربرد کود سم ماری گلد به میزان ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۰/۵ و ۰/۳۱ و ۰/۲۰ و ۰/۳۳ برای مارفونا و بامبا بود و بهترین اثر را در کنترل نماتد داشتند. تیمارهای کاربرد نماکیک ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب با فاکتور تولید مثلی ۰/۵۲۸ و ۰/۳۷ و ۰/۲۲ ۰/۲۱ نیز با کنترل موثر نماتد در گروه نزدیک به ماری گلد قرار داشتند (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین فاکتورتولید مثل نماتد *Globodera rostochiensis* در تیمارهای مختلف آزمایش

Fig. 4. Mean comparison of preductivity factor (PF) of *Globodera rostochiensis* in different treatments For description of treatments see Table 1. برای مشخصات تیمارها به جدول ۱ مراجعه شود.

بحث

با توجه به اهمیت بالای سیب‌زمینی در استان همدان که قطب تولید سیب‌زمینی بذری و خوراکی کشور می‌باشد و این که هدف کشاورزان منطقه تولید حداکثری محصول با کیفیت مرغوب و بذر عاری از هر گونه آفات و بیماری‌ها است، لذا بیماری‌های گیاهی یکی از عوامل محدود کننده در رسیدن به این مهم می‌باشند. یکی از مهم‌ترین بیماری‌هایی که در سال‌های اخیر کشاورزان منطقه را نگران کرده نماتد سیست طلایی سیب‌زمینی است

که خسارت جبران‌ناپذیری به سیب‌زمینی وارد می‌کند. روش‌های مختلفی برای کنترل این نماتد وجود دارد از جمله این روش‌ها مبارزه شیمیایی علیه این بیماری است که شامل دو روش ضدعفونی خاک با نماتدکش‌های تدخینی و استفاده از نماتدکش‌های گرانوله می‌باشند. در این تحقیق دو سم جدید به نام‌های ماری‌گلد و نماکیک برای کنترل نماتد سیست سیب‌زمینی در ایران مورد آزمایش قرار گرفتند. نماتدکش‌های مذکور عوارض زیست محیطی نداشته و به دلیل هزینه کم‌تر کاربرد آن‌ها در مقایسه با نماتدکش‌های مرسوم و تدخینی موجود در بازار مورد توجه هستند. از طرفی سایر روش‌های کنترلی مانند تناوب زراعی و استفاده از ارقام مقاوم نتوانسته خواسته کشاورزان منطقه را برآورده نماید.

کشاورزان مناطق آلوده در استان همدان از نماتدکش واپام به میزان ۱۰۰۰ لیتر در هکتار برای ضدعفونی خاک و حشره‌کش‌های کنفیدور و آبامکتین و سوین با مقادیر بالا برای بهبود اوضاع مزارع آلوده استفاده می‌کنند که تاثیر خوبی روی نماتد ندارند و آلودگی شدید زیست محیطی ایجاد می‌کند، در ضمن سمومی که از آن‌ها استفاده می‌شود از نظر قیمت برای کشاورزان بسیار پرهزینه است. کلیه نماتدکش‌هایی که به طور تجاری در دسترس قرار دارند بازنگری و مورد بررسی مجدد قرار گرفته‌اند (Whitehead, 1998)، هم چنین بقایای نماتدکش‌ها در آب‌های زیرزمینی و نگرانی‌های محیطی منجر به متوقف شدن برخی از نماتدکش‌ها گردیده است. در این آزمایش اثر دو نماتدکش نماکیک و ماری گلد در کنترل نماتد سیست طلایی روی دو رقم حساس (مارفونا) و نیمه حساس (بامبا) سیب‌زمینی در سطح آلودگی پایین خاک (۵ تخم و لارو در یک گرم خاک) و آلودگی بالای خاک (۲۰ تخم و لارو در یک گرم خاک) در گلخانه مورد بررسی قرار گرفت.

سموم مورد استفاده در تیمارها تاثیر خوبی در کاهش تعداد تخم و لارو در خاک از خود نشان دادند. سموم مورد استفاده در رقم مارفونا باعث کاهش ۳۵ درصدی تخم و لارو نسبت به تیمارهای شاهد آلوده شدند. سم نماکیک با دز بالا (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) با توجه به این که باعث گیاه‌سوزی بوته‌های سیب‌زمینی شد و در نهایت بعضی بوته‌ها در رقم مارفونا نتوانستند عملکرد خوبی از نظر غده و بوته داشته باشند نهایتا تاثیر کم‌تری نسبت به دز پایین این سم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و همچنین تاثیر کم‌تری نسبت به سم ماری گلد در کنترل نماتد سیست سیب‌زمینی نشان داد.

تیمارهای کاربرد سم ماری گلد در گروه‌های برتر قرار گرفتند و جمعیت کم‌تری از نماتد توانست در این تیمارها تکثیر شود، کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سم ماری گلد در گلدان آلوده به ۲۰ تخم و لارو در گرم خاک بیش‌ترین عملکرد غده را داشت. در رقم بامبا با تو جه با این که یک رقم نیمه حساس می‌باشد، جمعیت نماتد در خاک افزایش چندانی نداشت و حتی در بعضی تیمارها کاهش جمعیت مشاهده شد.

در گذشته آزمایش‌های زیادی در مورد کنترل نماتد سیست سیب‌زمینی توسط نماتدکش‌های مختلف در کشورهای زیادی انجام شده و نحوه تاثیر آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

در آزمایشی، استفاده از آلدیکارب اوایل کاشت سیب‌زمینی (۲تا ۴ هفته پس از کاشت) تفریخ تخم *G. pallida* نزدیک به ده درصد در مقایسه با زمانی که آلدیکارب استفاده نشده کاهش یافت (Bromilow *et al*., 1980).

در آزمایش دیگری نشان داده شد که نحوه تاثیر کادوزافوس از طریق تماسی و یا پس از تغذیه از سلول‌های ریشه گیاهان که در تماس با خاک هستند می‌باشد. تحقیقات نشان داده که کادوزافوس روی نماتد سیست سیب‌زمینی خاصیت تخم‌کشی داشته است (Ibrahim and Haydock, 1999).

با توجه به نتایج به دست آمده به جای حذف رقم حساس مارفونا از الگوی کشت که یک رقم زودرس می‌باشد و از نظر اقتصادی و زمان برای رسیدن کشاورزان منطقه اهمیت دارد و جایگزینی ارقام دیگر که بعد از مدتی این ارقام نیز ممکن است مقاومت خود را در مقابل نماتد از دست بدهند، پیشنهاد می‌شود که با کشت تناوبی این رقم در کنار ارقام مقاوم و نیمه مقاوم و استفاده از سموم ماری گلد و نماکیک که از سموم گیاهی و کم خطر هستند، نماتد را با مدیریت خوب کنترل نمود.

منابع **References**

دامادزاده، م، ۱۳۸۶. نماتدشناسی در کشاورزی. انتشارات اندیشه گستر، اصفهان، ۲۲۰ صفحه.

گیتی، م. و تنهامعافی، ز. ۱۳۸۷. گزارش وجود نماتد قرنطینه‌ای سیست سیب‌زمینی در استان همدان. خلاصه مقالات هجدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، دانشگاه بوعلی سینا، همدان. صفحه ۶۰۴.

Anonymous, 2009. FAO Statistics of Agricultural Crops in the World. Appeared on: http:// www.fao.org

Bromilow, R. H., Baker, R. J., Freeman, M. A. H. and Gorog, K. 1980. The degradation of aldicarb and oxamyl in soil. Pesticide Science 11: 371–378.

Dao, D. F. 1972. Influencia de diferentes cultivars en las poblacione de nematodos. Nematropica 2: 30–32.

Fenwick, D. W. 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. Helminth 18: 155-172.

Gommers, F. J. and Bakker, J. 1988. Physiological changes induced by plant responses or products. Pp. 46–49 in Jr. G.O. Poinar and H.B.

Hooks, C. R. R., Wang, K. H., Ploeg, A. and McSorley, R. 2010. Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant-parasitic nematodes. Applied Soil Ecology 46: 307–320.

Ibrahim, S. K. and Haydock, P.P.J. 1999. Cadusafos inhibitis hatching, invasion, and movement of the potato cyst nematode *Globodera pallida*. Journal of Nematology 31(2): 201-206.

Jagdale, G. P., Reynolds, B., Ball-Coelho, B. and Potter, J. 1999. Nematicidal activity of marigold plant parts against root-lesion nematodes (*Pratylenchus penetrans*). Journal of Nematology 31: 546–547(Abstr.).

Karssen, G. 2004. Protocol for the diagnosis of quarantinae organisms *Globodera pallid* and *G. rostochiensis*. EPPO A1 list No. 125.

Marahatta, S. P., Wang, K. H., Sipes, B. S. and Hooks, C. R. R. 2010. Strip-till cover cropping for managing nematodes, soil mesoarthropods and weeds in a bitter melon agroecosystem. Journal of Nematology 42: 111–119.

Marks, R. J. and Brodie, B. B. 1998. Potato Cyst Nematode , Biology, distribiution and Control. CA B International, Wallingford, UK. 408 pp.

Oostenbrink, M. 1960. *Tagetes patula* L. als voorvrucht van enkele land-en tuinbowwgewassenop zand-en dalgrond. Mededelingen van de Landbouwhoogeschool en Opzoekingsstations Gent 25: 1065–1075.

Peachy, J. E., Rao, G. N. and Champan, M. R. 1973. Field tests of experimental and commercial soil strilants against the potato-root nematode, *Heterodera rostochiensis*. Annals of Applied Biology 52: 19-31.

Ploeg, A. T. 2002. Effects of selected marigold varieties on root-knot nematodes and tomato and melon yields. Plant Disease 86: 505–508.

Rice, E. L. 1984. Allelopathy. Orlando, FL: Academic Press, USA.

Southey, J. F. 1986. Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes. Ministry of Agriculture, Fisheris and Food, London, UK. 202 pp.

Stone, A. R. 1957. *Heterodera rostochiensis*. CIH Description of Plant Parasitic Nematodes Set 2, No. 16, Common Wealth Institute of Helminthology, St. Albans, UK.

Tyler, J. 1938. Proceedings of the root-knot conferences held in Atlanta. Plant Disease Reporter Supplement 109: 133–151.

Whitehead, A. G., Tite, D. J., Fraser, J. E. and French, E. M. 1979. Control of potato cyst nematode, *Hetrodera rostochiensis*, in sandy, peaty and silt loam soils by dazomet and Telone applied in different ways. Annals of Applied Biology 75: 257-265.

Whitehead, A. G. 1998. Plant Nematode Control. CAB International, Wallingford, UK. 38 pp