



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

نمادهای بیمارگر حشرات، عوامل کنترل بیولوژیک آفات



نگارش
دکتر لاله ابراهیمی
دکتر حسین کربلائی خیابوی

نشریه فنی، شماره ۷۶، سال ۱۳۹۴

بسم الله الرحمن الرحيم

نشریه فنی

نماتدهای بیمارگر حشرات، عوامل کنترل بیولوژیک آفات

نگارش

دکتر لاله ابراهیمی

دکتر حسین کربلائی خیاوی

اعضای هیات علمی بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان
اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

سال انتشار

۱۳۹۴

نشریه فنی، شماره ۷۶، سال ۱۳۹۴

این نشریه در تاریخ ۱۳۹۴/۸/۶ با شماره ۴۸۰۷۵ در مرکز اطلاعات و
مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل

عنوان نشریه: نمادهای بیمارگر حشرات، عوامل کنترل بیولوژیک آفات

نگارش: دکتر لاله ابراهیمی، دکتر حسین کربلائی خیابی

ویرایش علمی: مهندس حمید یدایی

ویرایش فنی: مهندس علیرضا خواجوی، مهندس مقصود ضیاچهره

ناشر: سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل - مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی

شمارگان: ۵۰۰ جلد

نوبت و سال انتشار: اول / ۱۳۹۴

شماره نشریه فنی: ۷۶

قیمت: رایگان (مخصوص محققان، کارشناسان، مروجان و بهره‌برداران)

نشانی: اردبیل - مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل،

تلفن: ۳۲۷۵۱۵۷۹ (۰۴۵)

اردبیل - شهرک اداری، کارشناسان، سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل

مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی، تلفن: ۳۳۷۴۳۵۰۰ (۰۴۵)

مخاطبان نشریه:

اعضا هیات علمی، محققان، کارشناسان، مروجان، کشاورزان پیشرو

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه فنی با:

- نماتدهای بیمارگر حشرات به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک آفات، روش-های تولید آنها، دامنه میزبانی، نحوه استفاده از آنها و سازگاری این نماتدها با سایر نهادهای کشاورزی آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶	مقدمه
۸	زیست‌شناسی نماتدهای Steinernematidae و Heterorhabditidae
۱۰	استفاده از نماتدها به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک
۱۱	تولید نماتدهای بیمارگر حشرات
۱۲	فرمولاسیون‌های نماتدها
۱۳	روش‌ها و تکنولوژی کاربرد
۱۷	سازگاری نماتدها با مواد شیمیایی کشاورزی (شامل سموم و کودها)
۱۹	منابع مورد استفاده

مقدمه

علیرغم وجود نماتدهایی که آفات خطرناک گیاهان محسوب می‌شوند (مانند نماتد گره ریشه، نماتد سیست سویا، نماتد سیست طلایی سیب‌زمینی و ...)، گروهی از نماتدها وجود دارند که بیمارگر حشرات هستند و در دنیا با هدف کنترل بیولوژیک آفات، به تولید تجاری می‌رسند. این نماتدهای بیمارگر حشرات متعلق به خانواده‌های Heterorhabditidae و Steinernematidae از مؤثرترین و مفیدترین نوع بیمارگرهای حشرات می‌باشند. این نماتدها ضمن کنترل حشرات، نسبت به محیط زیست بی‌ضرر هستند، همچنین می‌توان آن‌ها را از طریق مهندسی ژنتیک دستکاری نموده و بیماری‌زایی و پایداری آن‌ها را بهبود داد، برخی از زهرابه‌های تولیدی آن‌ها قابل انتقال و بیان در میکروارگانیسم‌ها می‌باشد و یا به عنوان عامل کنترل زیستی اشیاعی یا تقویتی قابل استفاده هستند.

نماتدهای بیمارگر حشرات از جمله عوامل موثر، مفید و کم‌ضرر در کنترل زیستی حشرات می‌باشند. مرحله مقاوم در چرخه زندگی نماتدهای بیمارگر حشرات در خارج از بدن میزبان بدون نیاز به تغذیه سپری می‌شود. این نماتدها به دلیل توانایی ایجاد مرگ سریع میزبان، نرخ بالای تولید مثل در داخل لاشه میزبان و پایداری در محیط، عوامل کنترل زیستی جالب و با ارزشی را برای کنترل آفات بندپا فراهم می‌آورند. همچنین این نماتدها قابل اختلاط با آفت‌کش‌های شیمیایی می‌باشند و در مواردی اثرات هم‌افزایی نماتدهای بیمارگر حشرات با آفت‌کش‌های شیمیایی مشاهده شده است. این نماتدها بسیاری از حشرات و برخی از بندپایان دیگر را آلوده می‌نمایند ولی روی گیاهان و پستانداران اثر سوء ندارند. از ویژگی‌های مثبت این نماتدها که آن‌ها را به عنوان عوامل کنترل زیستی مهم و کارآمد معرفی می‌نماید، می‌توان ایمن بودن برای مهره‌داران، گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و محیط زیست، معاف بودن از اخذ گواهی عدم آسیب به محیط زیست در موقع ثبت تجاری از جمله در امریکا و بسیاری از کشورهای دیگر،

امکان تولید انبوه در شرایط غیر زنده، داشتن توانایی جستجوی میزبان، کشتن سریع میزبان (اغلب در ۴۸ ساعت)، دارا بودن توان چرخش دوباره در محیط، سازگار بودن با آفت‌کش‌های شیمیایی و قابل استفاده بودن با تجهیزات پخش استاندارد برای سموم را ذکر کرد. پایداری مزرعه‌ای کم، گران بودن نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی، طول دوره نگهداری کوتاه و دامنه تحمل پایین نسبت به شرایط محیطی از معایب این نماتدها می‌باشند.

زیست‌شناسی نماتدهای *Heterorhabditidae* و *Steinernematidae*

این نماتدها انگل‌های اجباری حشرات می‌باشند که با کمک باکتری هم‌زیست خود باعث مرگ میزبان‌های خود در مدت یک تا چهار روز (بسته به گونه میزبان) می‌گردند. گونه‌های *Heterorhabditidae* با باکتری *Photorhabdus* و گونه‌های *Steinernematidae* با *Xenorhabdus* رابطه‌ی هم‌زیستی دارند. یافتن میزبان‌ها و آلوده کردن آن‌ها در هر دو خانواده توسط لارو سن سوم آلوده‌کننده (IJ)^۱ که از نظر ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی برای بقاء در محیط خارج از بدن حشره میزبان سازگار شده‌است، صورت می‌پذیرد. نقش این مرحله‌ی زیستی نماتد که تنها مرحله‌ی بقای آن می‌باشد، یافتن میزبان مناسب است. خانواده *Heterorhabditidae* دارای تنها یک جنس *Heterorhabditis* و خانواده *Steinernematidae* دارای دو جنس *Steinernema* و *Neosteinerema* می‌باشد. جنس *Steinernema* دارای ۶۱ گونه، جنس *Neosteinerema* دارای یک گونه و جنس *Heterorhabditis* دارای ۱۴ گونه می‌باشد. گونه‌های جنس *Steinernema* از طریق منافذ طبیعی بدن حشره (دهان، مخرج و روزه‌های تنفسی) وارد میزبان‌های خود می‌شوند. در حالی که گونه‌های *Heterorhabditis* علاوه بر منافذ طبیعی، با کمک یک دندان پستی قلاب‌مانند

¹ Infective Juvenile

خود که در قسمت سر نماتد قرار دارد، از نواحی غشایی بین بندهای بدن حشرات نیز به میزبان‌های خود نفوذ می‌نمایند. نماتد پس از نفوذ، خود را به حفره بدن (هموسل) میزبان رسانده و باکتری هم‌زیست را که در روده‌ی خود حمل می‌نماید، آزاد می‌سازد. باکتری هم‌زیست *Heterorhabditis* عمدتاً در ناحیه جلویی روده لارو آلوده‌کننده و باکتری هم‌زیست *Steinernema* در محفظه ویژه‌ای در قسمت جلویی روده حمل می‌شود. همولنف حشره محیط کشت غنی برای باکتری محسوب می‌گردد که در آن سلول‌های باکتری شروع به رشد، رهاسازی زهرابه‌ها و آنزیم‌های خود می‌نمایند و معمولاً بر اثر عفونت باکتریایی میزبان خود را می‌کشند. بعد از مرگ میزبان به وسیله باکتری هم‌زیست نماتد که معمولاً در عرض ۴۸-۲۴ ساعت بعد از آلودگی، صورت می‌پذیرد، لارو سن سوم مقاوم یا لارو آلوده‌کننده به لارو سن سوم تغذیه کننده تبدیل گشته و بعد از تغذیه، پوست‌اندازی کرده و به لارو سن چهارم تغییر می‌یابد. چرخه زیستی هر دو خانواده مشابه می‌باشد، با این تفاوت که لاروهای آلوده‌کننده *Steinernema* در نسل اول به افراد نر و ماده و در *Heterorhabditis* به افراد هرmafrodیت تبدیل می‌شوند. در هر دو جنس لاروهای سن چهارم حاصل از نسل اول، افراد بالغ نر و ماده نسل دوم را به وجود می‌آورند.

نشو و نما و تولید مثل نماتد تا زمان اتمام مواد غذایی لاشه و معمولاً دو تا سه نسل، ادامه می‌یابد. زمانی که نماتد با کمبود مواد غذایی مواجه می‌شود، لارو سن سوم مقاوم که تغذیه نمی‌نماید ظاهر می‌گردد. به این ترتیب که لارو سن دوم قبل از تبدیل به لارو سن سوم سلول‌های باکتری را در روده خود ذخیره می‌نماید و سپس به مرحله پیش آلوده‌کننده سه یا آلوده‌کننده، در پوسته لاروی سن دوم که آن را به صورت غلافی حفظ می‌نماید، تبدیل می‌گردد. چرخه زیستی نماتد با لارو سن سوم مقاوم که در جستجوی میزبان جدید می‌باشد، ادامه می‌یابد.

استفاده از نماتدها به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک

نماتدهای بیمارگر حشرات از سده هفدهم شناخته شده‌اند اما از دهه ۱۹۳۰ به صورت جدی به عنوان عوامل کنترل زیستی حشرات مورد توجه قرار گرفتند. در سال ۱۹۲۳ اشتاینر اولین گونه از *Steinernematidae* را در آلمان از زنبور تخم‌ریز اره‌ای جداسازی و به عنوان *Aplectana kraussei* گزارش کرد.

گلیسر و فوکس (۱۹۳۰) نمادی را که سوسک ژاپنی (*Popillia japonica*) را در زمین گلفی در نیوجرسی آلوده کرده بود، شناسایی نمودند. اشتاینر این نماتد را در همان سال به عنوان *Neoaplectana (=Steinernema) glaseri* توصیف کرد.

با وجود کشف اولیه نماتدهای بیمارگر حشرات به عنوان عوامل کنترل زیستی آفات حشره‌ای، به دلیل ارزان و مؤثر بودن آفت‌کش‌های شیمیایی و استفاده نسبتاً غیرکنترل شده از آن‌ها منجر به رکود مطالعات و بررسی‌ها در زمینه نماتدهای بیمارگر حشرات گردید. با آشکار گشتن اثرات منفی استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی در دهه ۱۹۶۰، تحقیقات دوباره برای یافتن روش‌های کنترل زیستی جایگزین یا تلفیقی در برنامه‌های مدیریت آفات آغاز گردید. در دهه ۱۹۸۰، تحقیقات روی نماتدهای بیمارگر حشرات به سرعت گسترش یافت و جستجوی گونه‌های جدید نماتدها که بتوانند به صورت مؤثر در کنترل آفات مورد استفاده قرار گرفته و قابلیت تولید انبوه و فروش داشته باشند تداوم پیدا کرد.

تولید نماتدهای بیمارگر حشرات

تولید این نماتدها به دو روش انجام می‌شود: (۱) تولید *in vivo* نماتد (کشت روی میزبان زنده)، (۲) تولید *in vitro* نماتد (کشت روی محیط کشت مصنوعی).

۱- تولید *in vivo* نماتد: این روش، صنعت روستایی تولیدکنندگان با حجم کم می‌باشد. در این روش، با سرمایه یا تخصص محدود، پرورش نماتد روی حشره میزبان صورت می‌گیرد. تولید انبوه *in vivo* با در دسترس بودن حشره میزبانی که استحصال آن با قابلیت اطمینان بالایی همراه بوده و به صورت استثنایی حساس و نسبتاً ارزان قیمت باشد، مرتبط است. اغلب لاروهای سوسک‌های آرد^۱ *Tenebrio* و شب‌پره موم‌خوار^۲ *Galleria* بیشتر از هر حشره دیگری برای این کار مناسب هستند و استفاده می‌شوند. در ساده‌ترین روش، ابتدا کف یک ظرف پتری را با کاغذ صافی پوشانده، سپس نماتدها در حدود دو الی سه میلی‌لیتر آب به کاغذ صافی اضافه می‌شوند. لاروهای سن آخر شب‌پره موم‌خوار داخل پتری گذاشته شده و درپوش آن بسته می‌شود. بعد از دو تا سه روز حشرات می‌میرند (شکل ۱). به منظور جمع‌آوری نماتدها از لاشه‌ی حشرات، تله‌ی وایت توسط وایت در سال ۱۹۲۷ طراحی شده است، که متشکل از یک پتری‌دیش بزرگ که یک شیشه ساعت در داخل آن قرار گرفته است، می‌باشد. روی شیشه ساعت با کاغذ صافی پوشانده شده و به داخل پتری به اندازه‌ای آب مقطر اضافه می‌شود که با کاغذ صافی روی شیشه ساعت در تماس قرار گیرد. سپس لاشه‌های حشرات آلوده به نماتدهای بیمارگر حشرات در سطح کاغذ صافی روی شیشه ساعت قرار داده می‌شوند و درپوش پتری گذاشته می‌شود (شکل ۲). حدود هشت تا ۱۲ روز بعد، نماتدها از لاشه حشرات خارج شده و وارد آب داخل پتری می‌شوند (شکل ۳). به طور میانگین، به ازای هر لارو سن آخر

¹ Mealworm

² Greater wax moth

شب‌پره موم‌خوار بیش از ۴۰۰۰۰ نماتد تولید می‌شود که قابل استفاده برای فرموله کردن و یا استفاده علیه حشرات می‌باشد.

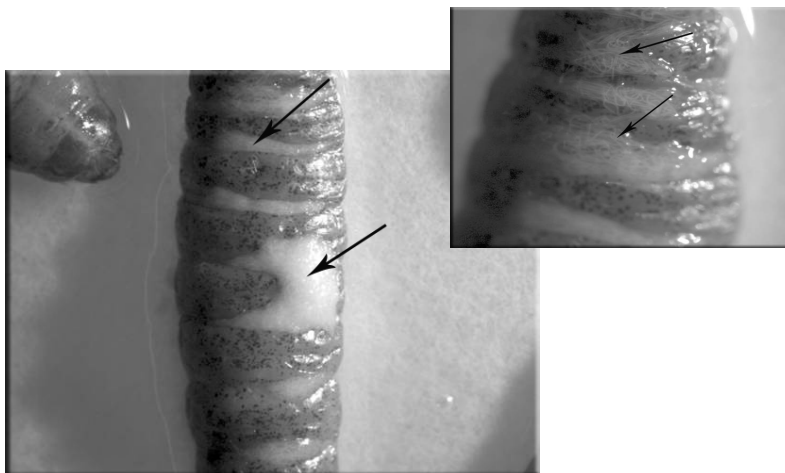


شکل ۱- لاروهای سن آخر شب‌پره موم‌خوار که در اثر آلودگی به نماتدهای بیمارگر حشرات مرده‌اند و آماده انتقال به تله وایت هستند.



شکل ۲- تله وایت که لاروهای شب‌پره موم‌خوار آلوده به نماتد بیمارگر حشرات، به منظور جمع‌آوری لارو آلوده‌کننده نماتد، داخل آن قرار گرفته‌اند.

۲- تولید *in vitro* نماتد: کشت نماتد در محیط مصنوعی به دو صورت کشت در محیط جامد و کشت در محیط مایع انجام می‌شود. این محیط کشت‌ها شامل مواد مختلف از جمله موادی با منشا جانوری است. تولید تجاری در بیوراکتورهای حاوی محیط‌های کشت مایع صورت می‌گیرد.



شکل ۳- خروج نماتدهای بیمارگر حشرات از لاشه شب‌پره موم‌خوار، در تله وایت

فرمولاسیون‌های نماتدها

فرموله کردن به آماده سازی یک محصول از یک ماده مؤثر از طریق افزودن مواد معین مؤثر و بی‌اثر می‌باشد. فرموله کردن به منظور بهبود فعالیت، جذب، پخش، سهولت استفاده یا پایداری ذخیره یک ماده مؤثر صورت می‌گیرد. با وجود این که تمام اصول فرموله کردن نماتدها مشابه با فرموله کردن آفت‌کش‌های تجاری می‌باشد، ولی فرموله کردن نماتدها با چالش‌های منحصر به فردی همراه است. نیاز به اکسیژن و رطوبت بالا، حساسیت به حدود بالای دمای و رفتار لاروهای آلوده‌کننده انتخاب روش

فرموله کردن و مواد مورد استفاده را محدود می‌نماید. اهداف اصلی توسعه‌ی فرمولاسیون‌های نماتدها شامل حفظ کیفیت، افزایش پایداری انبارداری، بهبود سهولت انتقال و استفاده، کاهش هزینه‌های انتقال و افزایش بقای نماتد در طی به کاربردن نماتد و بعد از آن می‌باشد. فرمولاسیون‌های متعددی برای نماتدها وجود دارد. از آن جمله می‌توان به فرمولاسیون‌ها با حرکت فعالانه‌ی نماتدها (اسفنج، ورمیکولایت)، فرمولاسیون‌های نماتدهای با تحرک کاهش یافته، فرمولاسیون‌ها با نماتدهای غیرهیدراته (مانند ژل‌ها، پودرها، گرانول‌ها)، فرمولاسیون‌ها برای کاربرد (مانند لاشه-های خشک‌شده، کپسول‌ها، طعمه‌ها) اشاره نمود.

روش‌ها و تکنولوژی کاربرد

می‌توان نماتدها را با استفاده از سیستم‌های کاربرد مایع متداول طراحی‌شده برای پخش آفت‌کش‌ها و کودها و آبیاری، به کار برد. برای استفاده از نماتد علیه حشرات آفت خاکزی، اغلب یک‌بار اسپری کردن خاک با حجم ۱۸۹۰-۷۵۰ لیتر بر هکتار توصیه می‌شود که برای دستگاه‌های اسپری‌کننده چمن که مجهز به نازل‌های بزرگ می‌باشند، مناسب است. با وجود این که می‌توان نماتدها را به وسیله اسپری‌کننده‌های با حجم کم پخش نمود، بایستی به منظور جبران حجم کاهش‌یافته مایع متداول، آبیاری-های پیش و پس از کاربرد را تنظیم نمود. آبیاری پیش از کاربرد، خاک را مرطوب می-نماید، بنابراین حرکت نماتد را تسهیل می‌کند و آبیاری بعد از کاربرد برای شستن تمام نماتدهایی که ممکن است در سطح گیاه باشند، به داخل خاک، ضروری می‌باشد. به غیر از روش بالا، می‌توان نماتدها را به روش‌های مختلف به کار برد. مهم‌ترین روش‌های کاربرد در زیر ارائه می‌شود.

۱- کاربرد در خاک

اسپری کردن سطح خاک روش بسیار رایج کاربرد نماتدها می‌باشد. نوع خاک و رطوبت، هر دو بقا و حرکت نماتدها را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در حالت کلی فعالیت و بقای نماتد در خاک‌های رسی کم‌تر از خاک‌های شنی لومی می‌باشد. نماتدها برای حرکت نیازمند یک لایه‌ی نازک آب می‌باشند اما تحت شرایط غرقاب قادر به حرکت نیستند. دمای خاک نیز می‌تواند کارایی نماتد را تحت تاثیر قرار دهد. دماهای گرم‌تر بقای نماتد را کاهش می‌دهند، در حالی که دماهای خنک‌تر فعالیت و آلوده‌کنندگی را کاهش می‌دهند. دمای خاک در دامنه ۱۲ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد برای کاربرد بیشتر گونه‌های نماتد مناسب می‌باشد. اگر دمای خاک بیشتر از ۲۸ درجه سانتی‌گراد باشد معمولاً یک آبیاری پیش از کاربرد نماتدها توصیه می‌شود. دشمنان طبیعی نیز ممکن است بقای نماتدهایی را که به صورت اشیاعی به کار برده شده‌اند، کاهش دهند. از جمله آفات خاکری که با این نماتدها کنترل می‌شوند، می‌توان به مراحل خاکری بالپولک‌دارها، آبدوزدک‌ها و کرم طوقه‌بر سیاه اشاره نمود.

۲- کاربرد در شاخ و برگ

اندازه قطرات و میزان پاشش و زمان استفاده، از ملاحظات مهم استفاده از آفت-کش‌ها در محیط شاخ و برگ می‌باشد. نازل‌های هیدرولیک متداول دامنه وسیعی از اندازه ذرات را ایجاد می‌نمایند که بسیاری از این اندازه‌ها کوچک‌تر از آن هستند که یک لارو آلوده‌کننده را حمل نمایند. با این وجود، دلیل اصلی موفقیت کم کاربرد نماتد در شاخ و برگ، عدم تحمل لاروهای آلوده‌کننده نسبت به خشک‌شدن، حرارت و اشعه فرابنفش می‌باشد. بیشتر گونه‌های نماتد میزبان‌ها را در دمای بالای ۳۲ درجه‌ی سانتی‌گراد آلوده نمی‌کنند و در تحمل نسبت به خشک‌شدن و UV متفاوت می‌باشند. تحت شرایط مناسب (مانند رطوبت نسبی بالا، و در مواقع عصر یا صبح زود)، S.

carpocapsae در مقابل کرم برگ‌خوار چغندر قند و مینوز ماریپیچی برگ روی داوودی مؤثر است. به علاوه، جایی که شاخ و برگ گیاهان (اندام‌های هوایی گیاهان) یک زیستگاه مخفی ایجاد می‌نمایند (مانند جوانه، شاخ و برگ متراکم، پیچیدگی و شیارهای برگ و غیره) کارایی نماتدها به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. اضافه کردن مواد ضد خشکی و جاذب رطوبت و محافظ‌های UV به سوسپانسیون‌های نماتدها سطح کنترل حشرات را بالا می‌برد.

۳- کاربرد روی محصولات تله

کاربرد نماتدها برای کشتن حشراتی که به گیاهان تله جلب می‌شوند نیز بررسی شده است، در هاوایی ذرت به عنوان یک گیاه تله برای مگس خربزه *Bacterocera cucurbitae* روی گوجه فرنگی و خیار به کار برده می‌شود. حشره‌کش‌های شیمیایی با یک طعمه پروتئینی برای از بین بردن مگس‌های خربزه جلب شده در ذرت مورد استفاده است. ذرت میزبان کرم خوشه‌خوار ذرت *Helicoverpa zea* که آفت کلیدی گوجه فرنگی است، می‌باشد و کاربرد ذرت به عنوان گیاه تله جمعیت‌های بومی کرم خوشه‌خوار ذرت را افزایش داده و خسارت سنگینی به گوجه فرنگی وارد می‌آید. کاربرد هفتگی *S. carpocapsae* به مدت نه هفته پی در پی بر روی رشته‌های ابریشمی ذرت که به عنوان گیاه تله برای آفات گوجه فرنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد، محصول قابل فروش را نسبت به عدم کاربرد هر نوع گیاه تله، حدود ۱۸ درصد افزایش می‌دهد. این کاربرد پرمشقت می‌تواند در باغچه‌های خانگی و مزارع کوچک سبزی اقتصادی باشد.

۴- استفاده با مواد گیاهی تکثیری

نماتدها به صورت موفقیت آمیزی برای جلوگیری از آلودگی مواد تکثیر گیاهی به کار می‌روند. حدود ۹۹ درصد کنترل زنبورهای *Synanthedon tipuliformis* توسط *S. faltiae* در قلمه‌های انگور سیاه گزارش شده است. این نماتدها بر روی توده‌های روی هم چیده شده قلمه‌ها پاشیده شدند که بعداً داخل جعبه‌های بزرگتر قرار گرفتند.

۵- کاربرد نماتدها در تله‌های حشره‌ای

نماتدها به صورت موفقیت آمیزی در تله‌هایی که برای کشتن و به دام انداختن حشرات طراحی شده‌اند مورد استفاده قرار گرفته است. در این میان *S. carpocapsae* و *S. scapterisci* موفق‌تر از سایر گونه‌ها بوده‌اند. تله‌ها به همراه نماتدها در مقابل مراحل بالغ و نابالغ حشرات با دگردیسی ناقص مانند ملخ‌های *Melanoplus spp.*، آبدزدک *Scapteriscus vicinus* و سوسری آلمانی *Blattella germanica*، مراحل بالغ (حشره کامل) حشرات با دگردیسی کامل از قبیل مگس خانگی *Musca domestica*، سرخرطومی موز *Cosmopolites sordidus* و کرم طوقه‌بر سیاه *Agrotis ipsilon* به کار رفته است. تله‌ها می‌تواند شامل یک منبع غذایی جذاب برای حشره هدف و یک فرمون جنسی باشند. تله‌ها ممکن است همچنین به عنوان پناهگاه یا محل شفیره شدن یا جفتگیری و محل تخم‌ریزی عمل کنند. تله‌های صوتی هم برای جلب حشرات کامل آبدزدک در حال پرواز به طرف منبعی از نماتدها *S. scapterisci* به کار برده شده‌اند. حشرات کامل آبدزدک‌ها به ویژه ماده‌ها به صداهای نرها جلب می‌شوند.

۶- استفاده روی محصولات گلخانه‌ای

این نماتدها روی آفات محصولات مختلف در گلخانه‌ها و خزانه‌ها، مفید و مؤثر می‌باشند. از این جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

لاروهای سرخرطومی انگور سیاه *Otiorhynchus sulcatus* از آفات مهم ریشه گیاهان در گلخانه و خزانه در سراسر جهان، مگس‌های قارچ‌خوار متعلق جنس *Bradysia* از آفات مهم گیاهان زینتی در گلخانه‌ها، سرخرطومی ریشه نیشکر (*Diaprepes abbreviatus*)، سوسک فولر رز (*Asynonychus godmani*)، برگ‌خوار ریز (*Artipus floridanus*) و سرخرطومی ریشه مرکبات (*Pachnaeus litus* و *Pachnaeus opalus*)، سرخرطومی ریشه توت فرنگی (*Otiorhynchus ovatus*).

سازگاری با مواد شیمیایی کشاورزی (شامل سموم و کودها)

نماتدهای انگل حشرات اغلب در محل‌ها و اکوسیستم‌هایی به کار برده می‌شوند که معمولاً سایر نهاده‌ها را که ممکن است با نماتد وارد تعامل شوند، دریافت می‌نمایند. این نهاده‌ها شامل آفت‌کش‌های شیمیایی، مواد افزایش‌دهنده جذب سطحی (عوامل خیس‌کننده)، کودها و مواد بهبود دهنده خاک می‌باشند. این که یک یا تعداد بیشتری نهاده در مخزن مخلوط شوند، اغلب برای صرفه‌جویی در زمان و پول مطلوب است. لاروهای آلوده‌کننده نسبت به قرار گرفتن کوتاه‌مدت (دو تا شش ساعت) در معرض بیشتر مواد شیمیایی کشاورزی مانند علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها متحمل می‌باشند، بنابراین اغلب قابل اختلاط در مخزن هستند. گرچه، برخی آفت‌کش‌ها باعث کاهش آلوده‌کنندگی و بقای نماتدها می‌گردند. مواد افزایش‌دهنده جذب سطحی و سایر مواد تشکیل‌دهنده فرمولاسیون آفت‌کش‌ها نیز ممکن است برای نماتدها سمی باشند. برای مثال، روغن چریش در غلظت‌های توصیه‌شده سمی نیست.

اما معمولاً با دترجنت‌هایی استفاده می‌شود که می‌توانند به شدت سمی باشند. حساسیت گونه‌های نماتد نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی متفاوت می‌باشد و اطلاعات مربوط به یک گونه باید با احتیاط برای سایر گونه‌ها استفاده گردد. فرمولاسیون‌های مختلف همان آفت‌کش نیز ممکن است سمیت متفاوتی برای نماتدها داشته باشد. به دلیل ادامه‌ی معرفی مواد فعال و فرمولاسیون‌های جدید در بخش‌های مختلف فروش و تفاوت حساسیت گونه‌های نماتد نسبت به آفت‌کش‌ها، فراهم آوردن اطلاعات به‌روز مشکل می‌باشد. با این وجود، اعضای heterorhabditid نسبت به چالش‌های فیزیکی از جمله آفت‌کش‌ها، در مقایسه با اعضای steinernematid حساس‌تر هستند.

برخی آفت‌کش‌ها به صورت هم‌افزایی با نماتدهای بیمارگر حشرات عمل می‌کنند و بنابراین کارایی نماتدها را در کاربردهای اشباعی بهبود می‌دهند. ایمیداکلوپرید، قوی‌ترین و بیمارگرهایی مانند *Bacillus thuringiensis* و *Paenibacillus papillae* با نماتدهای بیمارگر حشرات به صورت هم‌افزایی و افزایشی عمل می‌نمایند. نماتدها زمانی که به صورت اشباعی استفاده می‌شوند، با بسیاری از کودهای غیرآلی نیز سازگارند، اما جمعیت‌های طبیعی به صورت منفی تحت تاثیر قرار می‌گیرند. کود کمپوست‌شده و اوره تاثیر منفی روی *S. carpocapsae* ندارد اما کود تازه حیوانی شدت کشندگی آن را کاهش می‌دهد.

منابع مورد استفاده

1. Adams BJ, Nguyen KB. 2002. Taxonomy and systematics. In: Gaugler R (ed) Entomopathogenic nematology. CABI. Publishing, Wallingford. pp 1-34.
2. Baur, M.E. and H.K. Kaya. 2001. Persistence of entomopathogenic nematodes. LSU AgCenter. (Acquired December, 2008). Available: [http:// www. Lsuagcenter.com/s265/baur.htm](http://www.Lsuagcenter.com/s265/baur.htm).
3. Bednarek, A. and R. Gaugler. 1997. Compatibility of soil amendments with entomopathogenic nematodes. Journal of Nematology. 29: 220-227.
4. Glaser, R.W. and H. Fox. 1930. A nematode parasite of the Japanese beetle (*Popillia japonica* Newm.). Sci.70:16-17.
5. Gaugler, R. and H.K. Kaya. 1990. Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. CRC Press.Boca Raton. 365 pp.
6. Georgis, R., D.B. Dunlop and P.S. Grewal. 1995. Formulation of entomopathogenic nematodes. In: Hall, F.R. and J.W. Barry (Eds) Biorational Pest Control Agents: Formulation and Delivery. American Chemical Society, Bethesda, Maryland. pp 197-205.
7. Grewal, P. and R. Georgis. 1999. Entomopathogenic nematodes In: Hall, F.R. and J.J. Menn (eds.). Biopesticides: Use and Delivery. Humana Press. Totowa, NewJersy. pp 271-299.
8. Kaya, H.K. 1993. Entomogenous and entomopathogenic nematodes in biological control. In:Evans, K., D.L. Trudgill and , J.M. Webster (eds.), Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture. CAB International, Walling ford, UK. pp 565-591.
9. Koppenhofer, A.M. 2007. Nematodes. In: Lacey, L.A. and H.K. Kaya (ed.), Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and Other Invertebrate Pests. Springer. pp 249-266.
10. Koppenhöfer, A.M. and P.S. Grewal. 2005. Compatibility and interactions with agrochemicals and other biocontrol agents. In: Grewal P.S., R.U. Ehlers and D.I. Shapiro-Ilan (eds.), Nematodes as biocontrol agents. CABI Publishing, Wallingford, UK. pp 363-381.

11. Koppenhöfer, A.M., P.S. Grewal and H.K. Kaya. 2000. Synergism of entomopathogenic nematodes and imidacloprid against white grubs: the mechanism. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 94:283-293.
12. Nguyen, K.B. 2008. *Heterorhabditis* species. (Acquired: December,2008).Available:<http://kbn.ifas.ufl.edu/HETEROSP.htm>
13. Nguyen, K.B. 2007. *Steinernema* species. (Acquired: December,2008). Available: <http://kbn.ifas.ufl.edu/steinsp1.htm>
14. Nishimatsu, T. and J.J. Jackson. 1998. Interaction of insecticides, entomopathogenic nematodes, and larvae of the western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *J. Economic Entomology* 91:410-418.
15. Rechcigl, J.E. and N.A. Rechcigl. 2000. *Insect Pest Management Techniques for Environmental Protection*. Lewis Publishers. Boca Raton. 392 pp.
16. Shapiro, D.I., R. Hun and C. Dolinski. 2012. Entomopathogenic nematode production and application technology. *J. Nematology* 44:206-217.
17. Shapiro, D.I., G.L. Tylka and L.C. Lewis. 1997. Effects of fertilizers on virulence of *Steinernema carpocapsae*. *Applied Soil Ecology*. 3:27-34.
18. Smart, G. and C. Jr. 1995. Viewpoint entomopathogenic nematodes for the biological control of insects. Supplement to the *J. Nematology*. 27:529-534.
19. Thurston, G.S., H.K. Kaya and R. Gaugler. 1994. Characterizing the enhanced susceptibility of milky disease-infected scarabaeid grubs to entomopathogenic nematodes. *Biological Control*. 4:67-73.
20. White, G.F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Sci.* 66:302-303.
21. Woodring, J.L. and H.K. Kaya. 1988. Steinernematid and heterorhabditid nematodes: A Handbook of Biology and Techniques. Southern Cooperative Series Bulletin 331. Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, Arkansas.



Ministry of Agriculture Jihad
Jihad Agricultural Organization of Ardabil Province
Agricultural Extension Coordination Management



Ministry of Agriculture Jihad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Ardabil Agriculture and Natural Resources Research and
Education Centre

Entomopathogenic Nematodes as Biocontrol Agents



Author

Laleh Ebrahimi, *PhD*
Hossein Karbalaei Khiavi, *PhD*

Technical Manual, Number 76, 2015