گیاهپزشکی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۵ شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱

تأثیر درجه حرارت، غلظت و زمان بر کارآیی نماتود بیمارگر *Steinernema feltiae* علیه سوسک آرد *Tribolium confusum* در شرایط آزمایشگاهی

مهرناز رودکی[1]، مصطفی حقانی[2*] و محمد عبدالهی[3]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد حشره‌شناسی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج.

۲*- **نویسنده مسئول:** استادیار حشره‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج. (Haghanima@yahoo.com)

۳- استادیار نماتودشناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۱۲

چکیده

امروزه برای کنترل آفات انباری بیشتر از سموم شیمیایی گازی و گاهی از اشعه‌های رادیواکتیو استفاده می‌شود که خطرات جبران ناپذیری برای انسان و محیط زیست دارد. برای کنترل آفات انباری به طور عمده از متیل بروماید و فسفین استفاده می‌شود، اما مصرف این دو سم به دلیل سمیت فوق العاده روی انسان و سایر عوارضی که ایجاد کرده است، محدود شده است. به همین دلیل آزمایشی به منظور تعیین کارآیی نماتودهای بیمارگر حشرات بر آفات انباری انجام گردید که در آن از نماتود گونه *Steinernema feltiae* (Filipjev) استفاده شد. این آزمایش روی سوسک آرد *Tribolium confusum* (Duval)، که آفت مهم محصولات انبار است، صورت پذیرفت. در این بررسی، حشرات کامل سوسک آرد در شرایط آزمایشگاهی در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد با دامنه تغییرات ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰±۵۰٪ و شرایط تاریکی در برابر غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ لارو عفونی نماتود به ازای هر حشره قرار گرفتند. حشرات بر روی کاغذ صافی آغشته به ۱ میلی‌لیتر از سوسپانسیون نماتود در داخل پتری‌دیش‌های ۹ سانتی‌متری قرار داده شدند و هر ۲٤ ساعت یک بار تعداد حشرات مرده یادداشت برداری شد. حداکثر مرگ و میر ایجاد شده در غلظت ۲۰۰ نماتود به ازای هر حشره، پس از ۷۲ ساعت در دمای ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد که موجب ٦۷/۵ درصد مرگ و میر در سوسک آرد شد. *S. feltiae* در دمای ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد کارآیی بیشتری از خود نشان داد و زمان نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان بیماری‌زایی نماتود داشت.

کلید واژه‌ها: نماتود بیمارگر حشرات، Steinernema feltiae، سوسک آرد، Tribolium confusum، مبارزه بیولوژیک

مقدمه

سوسک آرد، *Tribolium confusum* (Duval) یکی از مهم‌ترین گونه‌های سوسک محصولات انباری در سراسر جهان است. این حشره از مواد غذایی بسیاری تغذیه می‌کند، ولی معمولاً در حبوبات و غلات انبار شده و محصولات آنها بسیار فراوان است. اگرچه این گونه در محصولات غلات مانند آرد، سمولینا[1] و سبوس بهتر رشد می‌کند، به طور کلی پذیرفته شده که می‌تواند همچنین

1- Semolina

دانه‌های سالم حبوبات را آلوده کرده و موجب سطح بالایی از آسیب کمی و خسارت کیفی شود (علیخان و همکاران[1] ، ۱۹۸۵؛ آتاناسیوا و همکاران[2]، ۲۰۰۸).

مبارزه شیمیایی به عنوان یکی از موثرترین روش‌های کنترل آفات است. امروزه برای کنترل آفات انباری بیشتر از سموم شیمیایی گازی و گاهی از اشعه‌های رادیواکتیو استفاده می‌شود که خطرات جبران ناپذیری برای انسان و محیط زیست دارند. برای کنترل آفات انباری به طور عمده از متیل بروماید و فسفین استفاده می‌شود، اما مصرف این دو سم به دلیل سمیت فوق‌العاده روی انسان و سایر عوارضی که ایجاد کرده است محدود شده است. متیل بروماید یکی از آلاینده‌های مؤثر روی لایه ازن به شمار می‌رود (هاکو و همکاران[3]، ۲۰۰۰) که در کشورهای پیشرفته در سال ۲۰۰۵ ممنوع شده است. همچنین تاکنون مقاومت آفات انباری نسبت به سم فسفین در ۴۵ کشور دنیا گزارش شده است (بل و ویلسون[4]، ۱۹۹۵؛ داگلیش و کولینز[5]، ۱۹۹۹؛ لی و همکاران[6]، ۲۰۰۱؛ شایا و همکاران[7]، ۲۰۰۷). برای کنترل آفات محصولات انباری از قبیل *T. confusum*، مهم‌ترین گروه سموم مورد استفاده، سموم تدخینی هستند. با این حال استفاده از این مواد به علت اثرات منفی این مواد روی محیط زیست و سلامتی انسان کاهش یافته است (آرتور[8]، ۱۹۹۶؛ بل[9]، ۲۰۰۰).

با توجه به اثرات سوء کاربرد بی‌رویه سموم شیمیایی بر محیط زیست و همچنین اثرات مخرب آن‌ها بر سلامتی انسان (هرمان[10]، ۱۹۹۳؛ ریچاردسون[11]، ۱۹۹۶)، کاربرد حشره‌کش‌ها علیه آفات انباری قابل توصیه نیست و سایر روش‌های مدیریت آفات پیشنهاد می‌شوند که یکی از این روش‌ها، مبارزه بیولوژیک می‌باشد.

نماتودهای بیمارگر حشرات به عنوان گزینه‌ای مناسب در کنترل بیولوژیک مطرح می‌باشند. از سال‌ها پیش، در اغلب کشورهای اروپایی و آمریکایی کاربرد نماتودها در کنترل آفات، موفقیت زیادی داشته است (شبرور و اهلر[12]، ۲۰۰۵). تعداد زیادی از نماتودهای بیمارگر حشرات در سطح تجاری عرضه می‌شوند و فرمولاسیون‌های متعددی از آن‌ها نیز عرضه شده‌اند. حساسیت آفات مختلف به این نماتودها متفاوت است به طوری که در مناطق مختلف جغرافیایی برخی از این نماتودها تنها بر روی برخی آفات فعال هستند.

در حال حاضر گونه‌های جنس *Steinernema* (از خانواده‌ی Steinernematidae) مهم‌ترین نماتودهای مورد استفاده در تحقیقات مبارزه‌ی بیولوژیک هستند. این نماتودها قادرند به صورت انتخابی بر روی بسیاری از حشرات و برخی بندپایان تأثیر بگذارند بدون این که اثر سویی بر پستانداران یا گیاهان داشته باشند. مرگ نسبتاً سریع (۲۴-۴۸ ساعت پس از آلودگی) و دامنه‌ی وسیع میزبانی این نماتودها از علل استفاده از این موجودات زنده به عنوان عوامل مبارزه‌ی بیولوژیک و همچنین تولید تجاری آن‌ها در سطح کوچک، به شمار می‌آید. تاکنون گونه‌های زیادی از جنس *Steinernema* به عنوان نماتودهای مهم بیماری‌زای حشرات گزارش شده است و تعداد بسیار زیادی گونه‌ی ناشناخته نیز موجود می‌باشد.

Steinernema feltiae (Filipjev) یکی از مهم‌ترین گونه‌های نماتودهای بیماری‌زای حشرات است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی میزان تأثیر دماهای مختلف بر کارآیی نماتود *S. feltiae* علیه سوسک آرد *T. confusum* بوده است.

1- Alikhan *et al.*
2- Athanassioua *et al.*
3- Haque *et al.*
4- Bell and Wilson
5- Daylish and Collins
6- lee *et al.*
7- Shaya *et al.*
8- Arthur
9- Bell
10- Harrman
11- Richardson
12- Sebroer and Ehlers

مواد و روش‌ها

آزمایش کارآیی نماتود *S. feltiae* علیه سوسک آرد *T. confusum* در آزمایشگاه نماتودشناسی دانشگاه یاسوج انجام شد. جهت پرورش سوسک آرد *T. confusum*، در ۶ ظرف، گندم عاری از سم ریخته و تعداد ۵۰ عدد از این حشره را بر روی آن رها کرده و در درجه حرارت ۲±۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰±۵۰ درصد نگه‌داری شدند.

به منظور بررسی وجود نماتودهای بیمارگر حشرات، در سال ۱۳۸۹ تعداد ۶۹ نمونه خاک به صورت تصادفی از نقاط مختلف اعم از مزارع، مراتع و حواشی جویبارهای سراسر استان کهگیلویه و بویراحمد از عمق ۱۰-۱۵ سانتی‌متری، که محیط زندگی این نماتودها است، با بیلچه جمع‌آوری شد. به منظور جداسازی نماتودهای بیماری‌زا در حشرات از خاک، بید موم‌خوار بزرگ، *Galleria mellonella* L.، تکثیر گردید و طعمه‌گذاری با استفاده از یک لارو زنده‌ی *G. mellonella* انجام شد که در نتیجه‌ی تکثیر نماتود در داخل بدن، لارو در طی دو هفته تلف شد که پس از مرگ حشره، نماتودها از بدن آن خارج شدند. لاروهای *G. mellonella* از کندوهای آلوده به این آفت در استان کهگیلویه و بویر احمد جمع‌آوری گردید. برای تهیه‌ی غذا جهت پرورش این پروانه، با استفاده از روش ویزنر، ۹۰۰ گرم عسل، ۹۰۰ گرم گلیسیرین، ۲۰۰ گرم موم زنبورعسل، ۴۰۰ گرم مخمر و ۱۳۰۰ گرم آرد برنج مخلوط و در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شد (ویسنر[1]، ۱۹۹۳).

در مرحله طعمه‌گذاری، از دو روش استفاده گردید.

۱- روش بدینگ و آخورست[2] (۱۹۷۵) که تعداد ۲-۳ لارو سن آخر پروانه‌ی موم‌خوار با استفاده از پنس و بدون آسیب رساندن به آن‌ها در درون ظروف پلاستیکی درپوش‌دار مجزا قرار داده شده، به مقدار کافی از خاک‌های جمع‌آوری شده بر روی این لاروها ریخته شده و درپوش ظروف که سوراخ‌های ریزی به منظور تبادل هوا بر روی آن‌ها ایجاد شده بود، قرار داده شد. ظروف به مدت ۵-۷ روز در دمای تقریبی ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰±۵۰٪ نگه‌داری شدند. در روش دوم از لوله اپندورف استفاده گردید. به این صورت که بر روی لوله‌های اپندورف چند سوراخ ایجاد گردید و یک عدد لارو سن آخر پروانه‌ی موم‌خوار درون آن قرار داده شد. لوله‌ها درون ظروف پلاستیکی که به مقدار کافی از خاک‌های جمع‌آوری شده درون آن ریخته شده بود قرار داده شد. ظروف در مدت و حرارت ذکر شده نگه‌داری شدند.

با استفاده از روش وودرینگ و کایا[3] (۱۹۸۸) لاروهای مرده پروانه، به تله‌ی وایت[4] (۱۹۲۷) منتقل شدند و نماتودهای خارج شده از لاشه برای انجام مراحل بعدی آزمایش جمع‌آوری و در دمای ۸-۷ درجه سانتی‌گراد، در یخچال نگه‌داری گردید. پس از انجام مراحل فوق، یک گونه نماتود بیماری‌زای حشرات، *S. feltiae* از نمونه‌های خاک، استخراج گردید و بر روی پروانه موم خوار بزرگ تکثیر یافت. شناسایی نماتود با استفاده از مشخصات مورفولوژیکی و مورفومتریکی، با استفاده از کلید شناسایی لوکسکایی[5] (۱۹۹۹) انجام گرفت.

آزمایش در یک طرح فاکتوریل، در ۵ غلظت (۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ نماتود به ازای هر حشره) از نماتود، ۴ دمای مختلف و در ۴ تکرار انجام شد. برای به دست آوردن غلظت‌های لازم نماتودها، از روش رقیق کردن متوالی استفاده گردید. برای هر غلظت و هر تکرار، یک پتری دیش شیشه‌ای ۱۰ سانتی‌متری که کف آن با یک عدد کاغذ صافی ۹ سانتی‌متری پوشیده شده و

1- Wissner
2- Bedding and Akhurst
3- Woodring and Kaya
4- White trap
5- Lucskai

تعداد ۱۰ عدد سوسک آرد هم‌سن در آن قرار داشت، در نظر گرفته شد. مقدار ۱ سی‌سی از سوسپانسیون نماتود با استفاده از سمپلر[1] به هر پتری اضافه شد. پتری‌ها به مدت ۳ روز در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد در رطوبت نسبی۱۰±۵۰٪ و در شرایط تاریکی در انکوباتور نگه‌داری و میزان مرگ و میر حشرات کامل سوسک آرد هر ۲۴ ساعت یک بار به مدت سه روز یادداشت‌برداری گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱ و نتایج مقایسه میانگین در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس جدول تجزیه واریانس، تمامی تیمارها نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. جدول ۱، تجزیه واریانس داده‌های آماری اثر *S. feltiae* روی حشره کامل سوسک آرد را در شرایط آزمایشگاهی نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱، اثر تیمارهای مورد آزمایش (دما، زمان و غلظت‌های متفاوت)، همچنین اثر متقابل دما در غلظت نماتود و زمان در غلظت نماتود در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. با توجه به معنی‌دار بودن اختلافات، مقایسه میانگین تیمارهای مورد آزمایش انجام شد که نتایج مقایسه میانگین در جدول ۲ درج شده است. طبق آزمون توکی[2]، بهترین غلظت نماتود به ازای هر میلی‌لیتر سوسپانسیون، ۲۰۰۰ لارو عفونی بود که ۷۲ ساعت پس از تلقیح در دمای ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد سبب ۶۷/۵٪ مرگ و میر در سوسک آرد شد.

در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد مرگ و میر مربوط به غلظت ۲۰۰۰ نماتود بعد از ۷۲ ساعت است که برابر با ۶۲/۵ درصد و کمترین مرگ و میر در غلظت ۵۰۰ نماتود بعد از ۲۴ ساعت (۲/۵ درصد) بود. در دمای ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد مرگ و میر مربوط به غلظت ۲۰۰۰ نماتود بعد از ۷۲ ساعت (۶۷/۵ درصد) و کمترین مرگ و میر در غلظت ۲۵۰ و ۱۰۰۰ نماتود بعد از ۲۴ ساعت (صفر درصد) بود. در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد مرگ و میر مربوط به غلظت ۲۰۰۰ نماتود بعد از ۷۲ ساعت است که برابر با۳۰ درصد بود و کمترین درصد مرگ و میر در غلظت۲۵۰ و ۲۰۰۰ نماتود بعد از ۲۴ ساعت و۲۵۰ بعد از ۴۸ ساعت (صفر درصد) اتفاق افتاد. در دمای ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد مرگ و میر مربوط به غلظت ۵۰۰ نماتود بعد از گذشت ۷۲ ساعت (۴۰ درصد) و همچنین کمترین درصد مرگ و میر در غلظت ۲۰۰۰ نماتود بعد از ۲۴ ساعت (صفر درصد) بود.

با توجه به جدول ۱ و ۲ دما و غلظت نماتود اثر متقابل معنی‌داری بر روی یکدیگر دارند، به‌طوری که دما و غلظت بالای نماتود به‌طور هم‌زمان، درصد مرگ و میر آفت را افزایش داد. همچنین افزایش مرگ و میر را با بالا رفتن زمان و غلظت نماتود به طور توأم نیز شاهد بوده و اثر متقابل این دو فاکتور معنی‌دار بود. البته با افزایش دما تا ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد، با بالا رفتن زمان و غلظت نماتود، مرگ و میر افزایش پیدا نکرد و بهترین دما در مرگ و میر آفت، ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد بود.

دما از مهم‌ترین عواملی است که بر روی فعالیت نماتودهای بیمارگر اثر می‌گذارد (گروال و همکاران[3]، ۱۹۹۴؛ هازیر و همکاران[4]، ۲۰۰۱؛ کوپنهوفر و کایا[5]، ۱۹۹۹). هر چند اثر حرارت بر روی بقای نماتود و قدرت آلودگی آن، بسته به گونه نماتود و استرین آن متفاوت است (گروال و همکاران، ۱۹۹۴؛ گریفین و همکاران، ۱۹۹۱؛ هازیر و همکاران، ۲۰۰۱؛ کوپنهوفر و کایا، ۱۹۹۹)، با افزایش دما (در دامنه‌های مشخص)، متابولیسم نماتود و باکتری هم‌زیست با آن افزایش یافته و نه تنها قدرت نفوذ نماتود بیشتر می‌شود، بلکه تولید و رشد باکتری هم‌زیست *Xenorhabdus boviens* نیز بسیار زیاد می‌شود (فورست و نیلسون[6]، ۱۹۹۶؛ گلازر[7]، ۲۰۰۱).

1- Sampler
2- Tukey
3- Gerwal *et al.*
4- Haize *et al.*
5- Koppenhofer and kaya
6- Forst and Nealson
7- Glazer

جدول۱- تجزیه واریانس اثر *S. feltiae* بر روی حشره کامل سوسک آرد *T. confusum*

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات درصد مرگ و میر
دما	۳	۷/۰۴۹**
زمان	۲	۸۱/۱۱۲**
غلظت نماتود بیمارگر	۴	۲۲/۷۰۴**
دما × غلظت نماتود بیمارگر	۱۲	۶/۳۹۶**
زمان× غلظت نماتود بیمارگر	۸	۹/۳۵۷ **
خطا	-	۱/۱۱۰

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

آتاناسیو و همکاران[1] (۲۰۰۸) نتایج مشابهی گرفته‌اند، به‌طوری که ۷۹٪ لارو سوسک آرد و حداکثر ۶۶٪ حشره بالغ توسط *S. feltiae* کنترل شد. نتایج حاصل از مطالعه سوسورلوک (۲۰۰۶) در تحقیق انجام شده روی تأثیر *S. feltiae* علیه لارو سوسک آرد، *Tenebrio molitor* با نتایج این بررسی همخوانی دارد. بدین ترتیب که این نماتود در دماهای پایین‌تر (دمای ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد) بهترین کارآیی را داشته است. همچنین در مطالعات صورت گرفته توسط لازنیک و همکاران[2] (۲۰۱۰)، بیشترین مرگ و میر سرخرطومی برنج در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و بالاترین غلظت (۲۰۰۰ نماتود به ازای هر حشره) گزارش شده است. تردان و همکاران[3] (۲۰۰۶) دریافتند که استرین *S feltiae* استفاده شده علیه *Sitophilus granarius* (L.) و *Oryzaeohilus surinmensis* Linnaeus) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد مؤثر بود. استرین *S. feltiae* استفاده شده در این بررسی مشخص نشد، و با توجه به این که استرین‌های متفاوت، نتایج متفاوتی را در پی دارند، می‌توان با تعیین استرین نماتود و مؤثرترین استرین آن علیه سوسک آرد، بهترین نماتود را برای کنترل این آفت معرفی نمود. شاپیرو و همکاران[4] (۱۹۹۹) نیز گزارش کردند که حساسیت سرخرطومی ریشه *Diaprepes abbreviatus* (Linnaeus) در خاک‌های آزمایش شده با گونه‌های گوناگون نماتودهای بیمارگر، بنا بر دما و مرحله لاروی متفاوت بود.

رامزردریگز و همکاران[5] (۲۰۰۶) کارآیی *S. feltiae* *feltiae*را علیه محدوده وسیعی از حشرات آفت انباری در غلظت ۲۰۰-۱ نماتود به ازای هر حشره، ارزیابی کردند و نتایج رضایت بخشی را کسب نمودند که با نتایج حاصل از این بررسی مشابهت دارد.

با وجود این که *S. feltiae* برای پستانداران سمیت ندارد و هر چند ممکن است که مواد غذایی آلوده به نماتود مورد قبول مصرف‌کنندگان نباشد (کایا و گوگلر[6]، ۱۹۹۳)، اما لازم است که روش‌هایی از کاربرد نماتود به‌دست آید که با غلات مخلوط شود. نماتودهای بیمارگر حشرات قابلیت کاربرد موفقیت آمیز در محیط‌های پنهان را دارند (جورجیس و همکاران[7]، ۲۰۰۶) و این قابلیت را باید کشف و در جهت استفاده از تله‌های مناسب با روش فریفتن و کشتن[8] (طعمه مسموم) مسموم) در قالب مدیریت کنترل آفات محصولات انباری به کار برد (آتاناسیوا و همکاران، ۲۰۰۸).

1- Athanassioua *et al.*
2- Laznik *et al.*
3- Trdan *et al.*
4- Shapiro *et al.*
5- Ramos-Rodríguez *et al.*
6- Kaya and Gauhler
7- Georgis *et al.*
8- Lure and kill

جدول ۲- جدول مقایسه درصد مرگ و میر حشره کامل سوسک آرد *T. confusum* توسط نماتود *S. feltiae*

دوره زمانی	غلظت لارو عفونی (IJs)	درصد مرگ و میر آفت			
		۲۵°C	۲۷/۵°C	۳۰°C	۳۲/۵°C
۲۴ ساعت	۲۰۰۰IJs	۷/۵۰(۱۷/۶۶) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۲/۵۰(۱۰/۰۰) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۰/۰۰(۰/۰۰) ۰/۰۰–۰/۰۰	۰/۰۰(۰/۰۰) ۰/۰۰–۰/۰۰
	۱۰۰۰IJs	۵۰/۰۰(۱۵/۴۷) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۰/۰۰(۰/۰۰) ۰/۰۰–۰/۰۰	۲۵/۰۰(۱۵/۰۰) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۷/۵۰(۱۲/۶۶) ۰/۰۰–۲۰/۰۰
	۵۰۰IJs	۲/۵۰(۱۰/۰۰) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۵/۰۰(۱۰/۰۰) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۵/۰۰(۱۵/۴۷) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۵۰/۰۰(۱۷/۴۷) ۰/۰۰–۱۰/۰۰
	۲۵۰IJs	۱۲/۵۰(۱۶/۵۹) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۰/۰۰(۰/۰۰) ۰/۰۰–۰/۰۰	۰/۰۰(۰/۰۰) ۰/۰۰–۰/۰۰	۲۵/۰۰(۱۰/۰۰) ۰/۰۰–۱۰/۰۰
	شاهد	۲/۵۰(۲۰/۰۰) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۵/۰۰(۱۵/۴۷) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۲/۵۰(۲۰/۰۰) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۰/۰۰(۰/۰۰) ۰/۰۰–۰/۰۰
۴۸ ساعت	۲۰۰۰IJs	۳۰/۰۰(۱۶/۰۷) ۰/۰۰–۶۰/۰۰	۴۵/۰۰(۱۸/۶۹) ۳۰/۰۰–۶۰/۰۰	۵/۰۰(۱۵/۴۷) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۵/۰۰(۱۰/۰۰) ۰/۰۰–۲۰/۰۰
	۱۰۰۰IJs	۱۲/۵۰(۱۱/۴۴) ۰/۰۰–۴۰/۰۰	۱۲/۵۰(۱۲/۶۶) ۰/۰۰–۳۰/۰۰	۷/۵۰(۱۳/۶۶) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۱۲/۵۰(۱۰/۰۰) ۱۰/۰۰–۲۰/۰۰
	۵۰۰IJs	۷/۵۰(۱۱/۶۶) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۷/۵۰(۱۱/۶۶) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۷/۵۰(۱۶/۶۷) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۱۰/۰۰(۰/۰۰) ۱۰/۰۰–۱۰/۰۰
	۲۵۰IJs	۱۲/۵۰(۱۶/۵۹) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۵/۰۰(۱۵/۰۰) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۰/۰۰(۰/۰۰) ۰/۰۰–۰/۰۰	۱۰/۰۰(۱۱/۶۵) ۰/۰۰–۲۰/۰۰
	شاهد	۲/۵۰(۲۰/۰۰) ۰/۰۰–۱۰/۰۰	۱۲/۵۰(۱۶/۵۹) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۵/۰۰(۲۰/۰۰) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۰/۰۰(۰/۰۰) ۰/۰۰–۰/۰۰
۷۲ ساعت	۲۰۰۰IJs	۶۲/۵۰(۱۷/۸۱) ۳۰/۰۰–۸۰/۰۰	۶۷/۵۰(۱۴/۱۸) ۶۰/۰۰–۸۰/۰۰	۳۰/۰۰(۱۸/۴۹) ۲۰/۰۰–۴۰/۰۰	۳۵/۰۰(۱۹/۴۹) ۱۰/۰۰–۵۰/۰۰
	۱۰۰۰IJs	۲۰/۰۰(۱۱/۶۵) ۰/۰۰–۴۰/۰۰	۱۲/۵۰(۱۰/۶۶) ۰/۰۰–۳۰/۰۰	۱۷/۵۰(۱۱/۹۰) ۰/۰۰–۳۰/۰۰	۲۰/۰۰(۱۷/۷۴) ۱۰/۰۰–۳۰/۰۰
	۵۰۰IJs	۱۵/۰۰(۱۵/۴۷) ۰/۰۰–۳۰/۰۰	۱۷/۵۰(۱۱/۹۰) ۰/۰۰–۳۰/۰۰	۱۷/۵۰(۱۸/۵۷) ۱۰/۰۰–۲۰/۰۰	۴۰/۰۰(۱۴/۰۱) ۲/۰۰–۷۰/۰۰
	۲۵۰IJs	۱۷/۵۰(۱۱/۹۰) ۰/۰۰–۳۰/۰۰	۱۲/۵۰(۱۶/۵۹) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۱۰/۰۰(۱۶/۴۷) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۲۰/۰۰(۱۰/۷۱) ۱۰/۰۰–۴۰/۰۰
	شاهد	۱۰/۰۰(۱۶/۴۷) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۲۷/۵۰(۱۵/۷۶) ۱۰/۰۰–۴۰/۰۰	۱۰/۰۰(۱۱/۶۵) ۰/۰۰–۲۰/۰۰	۲/۵۰(۲۰/۰۰) ۰/۰۰–۱۰/۰۰
LSD(٪۵)			۲/۳۵۴۷		
LSD(٪۱)			۲/۷۱۸۲		

- تعداد تکرار ۴، میانگین خارج از پرانتز، درصد ضریب تغییرات در داخل پرانتز و دامنه در ذیل این دو آورده شده است.
- IJ (Infective Juvenile) تعداد نماتود بیمارگر حشرات است.

منابع

1. Alikhan, M.A., Bednarek, A., and Grabiec, S. 1985. The physiological and morphological characteristics of *Neoaplectana carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) in two insect hosts. Journal of Invertebrate Pathology, 45: 168-173.

2. Arthur, F.H. 1996. Grain protectants: current status and prospects for the future. Journal of Stored Products Research, 32: 293-302.

3. Athanassioua, C.G., Palyvosa, N.E., and Kakouli-Duarte, T. 2008. Insecticidal effect of *Steinernema feltiae* Filipjev (Nematoda: Steinernematidae) against *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in stored wheat. Journal of Stored Products Research, 44: 52-57.

4. Bedding, R.A., and Akhurst, R.J. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic Rhabditid nematodes in soil. Nematologica, 21: 109-110.

5. Bell, C.H. 2000. Fumigation in the 21st century. Crop Protection, 19: 563-569.

6. Bell, C.H., and Wilson, S.M. 1995. Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae). Journal of Stored Products Research, 31: 199-205.

7. Daglish, G.J. and Collins, P.J. 1999. Improving the relevance of assays for phosphine resistance. In: Jin, X., Liang, Q., Liang, Y.S., Tan, X.C. and Guan, L.H. (ED.).Proceeding of the 7th International Working Conference on Stored- Product Protection, 14-19 October 1998 Beijing, China, Sichuan, Publishing House of Science and Technology, Sichuan, China. Pp: 584-593

8. Forst, S., and Clarke, D. 2002. Bacteria - Nematode symbiosis. In: Gaugler, R. (ed), Entomopathogenic nematology. CABI Publishing. pp: 57-77.

9. Forst, S., and Nealson, K. 1996. Molecular biology of the symbiotic pathogenic bacteria *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* spp. Microbiology Review, 60: 21-43.

10. Georgis, R., Koppenhofer, A.M., Lacey, L.A., Belair, G., Duncan, L.W., Grewal, P.S., Samish, M., Tan, L., Torr, P. and Tol, R.W.H.M. 2006. Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control. Biological Control, 38: 103-123.

11. Glazer, I. 2001. Survival Biology. In: Gaugler, R. (ed), Entomopathogenic nematology. CABI Publishing, pp: 169-187.

12. Grewal, P.S., Selvan, S., and Gaugler, R. 1994. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: Niche breath for infection, establishment and reproduction. Journal of Thermal Biology, 19: 245-253.

13. Griffin, C.T., Moore, J.F., and Downes, M.J. 1991. Occurrence of insect-parasitic nematodes (Steinernematidae, Heterorhabditidae) in the Republic of Ireland. Nematalogica, 37: 92-100.

14. Haque, M.A., Nakakita, H., Ikenaga, H. and Sota, N. 2000. Development inhibiting activity of some tropical plants against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research, 36: 281-287.

15. Hazir, S., Stock, S.P. and Kaya, H.K. 2001. Developmental temperature effects on five geographic isolates of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae). Journal of Invertebrate Pathology, 77: 243-250.

16. Herrman, J. 1993. The role of the world health organization in the evaluation of pesticides. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 17: 182-186.

17. Kaya, H.K. 2002. Natural enemies and other antagonists. In: Gaugler, R. (ed), Entomopathogenic nematology. CABI Publishing. pp.189-200.

18. Kaya, H.K., Gaugler, R. 1993. Entomopathogenic nematodes. Annual Review of Entomology, 38: 181-206.

19. Koppenhofer, A.M., and Kaya, H.K. 1999. Ecological characterization of *Steinernema rarum*. Journal of Invertebrate Pathology, 73: 120-128.

20. Laznik, Z., Toth, T., Lakatos, T., Vidrih, M., and Trdan, S. 2010. The activity of three new strains of *Steinernema feltiae* against Adult of *Sitophilus oryzae* under laburatory conditions. Journal of Food, Agriculture and Environment, 8(1): 150-154.

21. Lee, B.H., Choi, W.S., Lee, S.E. and Park, B.S. 2001. Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. Crop Protection, 20: 317-320.

22. Lucskai, A. 1999. Identification key to entomopathogenic nematode species. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 34(4): 317-325.

23. Ramos-Rodríguez, O., Campbell, J.F. and Ramaswamy, S.B. 2006. Pathogenicity of three species of entomopathogenic nematodes to some major stored-product insect pests. Journal of Stored Products Research, 42: 241-252.

24. Richardson, H. 1996. Pesticide application and community health hazard. Agriculture Engineering Australia, 25: 13-19.

25. Schroer, S., and Ehlers, R.U. 2005. Foliar application of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* for biological control of diamondback moth larvae (*Plutella xylostella*). Biological Control, 33: 81-86.

26. Shapiro, D.I. and Lewis, E.E. 1999. Comparison of entomopathogenic nematodes infectivity from infected hosts versus aqueous suspension. Environmental Entomology, 28: 907-911.

27. Shayya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J., and Sukprakarn, C. 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. Journal of Stored Products Research, 33: 7-15.

28. Susurluk, A. 2006. Effectiveness of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema feltiae* against *Tenebrio molitor* (Yellow Mealworm) larvae in different soil types at different temperatures. Turkish Journal of Biology, 30: 199-205.

29. Trdan, S., Vidrih, M. and Valic, N. 2006. Activity of four entomopathogenic nematode species against young adults of *Sitophilus granarius* (Coleoptare: Curculionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) under laboratory conditions. Journal of Plant Diseases and Protection, 113(4): 168-173.

30. White, G.F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. Science. 66: 302-303.

31. Wiesner, A. 1993. Die Induktion der Immunabwehr eines Insekts (*Galleria mellonella*, Lepidoptera) durch synthetische Materialien und arteigene Haemolymphfaktoren. PhD Thesis, University of Berlin, Berlin, Germany, 107 pp.

32. Woodring, J.L. and Kaya, H.K. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes: A Handbook of Biology and Techniques. Southern Cooperative Bulletin 331, Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayettville, Arkansas, 30 pp.