نشریه کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی
دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲ (۴۱-۳۵)

بررسی تأثیر نماتد بیمارگر حشرات *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1975 روی جمعیت بومی گوشخیزک معمولی *Forficula auricularia* L.

مونا کردستانی[1*]، جواد کریمی[2]، مهدی مدرّس اوّل[3]، مهناز حسنی کاخکی[4]، مجتبی حسینی[5]
۱، دانشجوی کارشناسی ارشد، ۲، استادیار، ۳، استاد، ۴، دانشجوی کارشناسی ارشد و
۵، استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(تاریخ دریافت: ۹۲/۱/۱۷ - تاریخ تصویب: ۹۲/۶/۲)

چکیده

در این تحقیق، تأثیر نماتد بیمارگر حشرات *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1975 روی گوشخیزک معمولی *Forficula auricularia* L. در غلظت‌های ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ لارو عفونت‌زای نماتد در یک میلی‌لیتر آب مقطر در شرایط آزمایشگاه بررسی شد. در پایان آزمایش، اثرات زمان ($F1, 91=4.22, P<0.05$) و غلظت ($F6, 91=14.9, P<0.01$) به‌تنهایی در مرگ و میر گوشخیزک معنی‌دار بود؛ ولی اثر متقابل بین این دو عامل معنی‌دار نبود ($F6, 91=1.16, P=0.33$). همچنین، اثر بلوک در مرگ و میر گوشخیزک معنی‌دار نبود ($F7, 91=0.94, P=0.49$). بیشترین مرگ و میر ایجادشده مربوط به غلظت ۳۰۰۰ لارو عفونت‌زای نماتد در یک میلی‌لیتر آب مقطر، چهل و هشت ساعت پس از شروع آزمایش بود.همچنین، به منظور اندازه‌گیری توان تولیدمثلی نماتد در بدن گوشخیزک، از غلظت پانصد لارو عفونت‌زا *H. bacteriophora* در یک میلی‌لیتر آب مقطر استفاده شد که متوسط میزان تولیدمثل برابر با ۵۹۹/۵ لارو عفونت‌زا به ازای هر میلی‌گرم وزن بدن گوشخیزک بود. هدف این مطالعه شناسایی امکان بیماریزایی نماتد بیمارگر حشرات، *H. bacteriophora* روی گوشخیزک معمولی بود که نتایج حاصله مؤید این امر است.

واژه های کلیدی: بیماریزایی، بیماری‌شناسی حشره، تکثیر.

مقدمه

گوشخیزک‌ها حشرات همه‌جایی هستند و ۱۷۸۴ گونه، ۱۸۲ جنس و ۱۱ خانواده در جهان دارند (Haas and Hans 2002). این گروه از بندپایان بسته به اهمیت اقتصادی محصول و میزان خسارتی که به گیاه وارد می‌کنند، به‌عنوان آفت یا حشرهٔ مفید تلقی می‌شوند (Gold 2001, Hansen *et al.* 2005). برای مثال گوشخیزک معمولی *Forficula auricularia* L. در باغ‌های سیب به‌عنوان عامل کنترل‌کنندهٔ شتهٔخونی سیب شناخته می‌شود، ولی برای محصولی مانند گیلاس، آفت تلقی و در نتیجه، باعث کاهش محصول می‌شود (Walker and Fell 2001, Medina *et al.* 2007). این حشرات شب‌ها با تغذیهٔ خود، حفره‌های کوچکی روی گیاهان ایجاد می‌کنند هر چند که آسیب این گروه از حشرات در مقایسه با دیگر گروه‌ها کمتر است (Zack *et al.* 2010). گیاهان مورد حمله، تغذیهٔ گوشخیزک را تحمل می‌کنند، ولی گوشخیزک‌ها میزان بذر و گلدهی گیاهان کوچک را به دلیل جویدن پرچم گل یا گلبرگ کاهش می‌دهند. در برخی موارد نیز به دلیل زندگی اجتماعی گوشخیزک‌ها، تراکم زیاد جمعیت گوشخیزک‌ها باعث نابودی گیاهان کوچک و آسیب به میوه‌های رسیده می‌شود (Gobin *et al.* 2008). گیاهانی نظیر توت‌فرنگی، لوبیا سبز،

* نویسنده مسئول: مونا کردستانی تلفن: ۰۵۱۱-۸۷۸۸۸۷۵ E-mail: monakordestani@yahoo.com

سیب‌زمینی و ذرت میزبان این گروه از حشرات هستند (HaukelandBei-Bienko 1929, 2006).

در طی بیست سال گذشته، کشاورزان از آفت‌کش‌های شیمیایی به دلیل تأثیرسریع، کاربرد آسان و قیمت ارزان، در مقیاس وسیع به منظور محافظت از گیاهان زراعی در برابر آفات استفاده کرده‌اند (Satayavirut 2002). استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی در مقیاس وسیع و غیرضروری باعث بروز مقاومت در آفات، شیوع آفات ثانویه، طغیان مجدد آفت، بقایای سموم در مواد غذایی، نابودی دشمنان طبیعی، حشرات مفید و گرده افشان، تهدید سلامتی بشر و آلودگی محیط زیست شده است (Zamorano 2008).

کاربرد بی‌رویه این ترکیبات شیمیایی در سال ۱۹۲۵ میلادی در شهر پرتلند در ایالات متحدهٔامریکا، به طغیان گوشخیزک معمولی منجر شد (Ritcher 1966, Phillips 1983, Naeem*et al.* 2010).

با توجه به مطالب مذکور اهمیت کاربرد روش‌های جایگزین مانند استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک پررنگ‌ترمی‌شود. در سال‌های اخیر، از جمله گروه‌های بالقوه‌ای که مورد توجه قرار گرفته‌اند، می‌توان به نماتدهای بیمارگر حشرات اشاره کرد (Beckage 1992).

نماتدهای بیمارگر حشرات به‌عنوان عوامل کنترل طبیعی طیف وسیعی از آفات نظیر کرم سفید ریشه، لاروهای‌پروانه،کرم‌های مفتولی، آفات مرکبات، سبزیجات، گیاهان زینتی وغیره شناخته می‌شوند(Miles *et al.* 2001). نماتدهای بیمارگر حشرات دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی از جمله وجود یک مرحلهٔ عفونت‌زای پایدار، توانایی آلوده‌کردن میزبان، ایمن‌بودن برای پستانداران و دیگر موجودات غیرهدف، توانایی تولید انبوه به طریق مصنوعی، پتانسیل بازیافت در محیط و قابلیت اختلاط با آفت‌کش‌های شیمیایی یا بیولوژیک هستند (Shapiro-Ilan *et al.* 2002, Hazir*et al.* 2003).

نماتدهای بیمارگر حشرات به دو خانوادهٔ Heterorhabditidae (جنس *Heterorhabditis*) و Steinernematidae (جنس *Steinernema*) تعلق دارندکه به ترتیب دارای رابطهٔ هم‌زیستی اختصاصی با باکتری‌های جنس *Photorhabdus* sp. و *Xenorhabdus* sp. هستند (Mahar *et al.* 2008). بعد از یافتن میزبان مناسب و نفوذ به داخل بدن حشرهٔ میزبان، نماتدباکتری هم‌زیست خود را از راه دهان به داخل هموسل آزاد می‌کند و در نهایت، باکتری با رهاسازی آنزیم و تولید توکسین باعث نابودی میزبان طی بیست و چهارتا هفتاد و دوساعت می‌شود (Moore *et al.* 2010).

دربارهٔ برهم‌کنش بین نماتدها و گوشخیزک‌ها در طبیعت، شواهدی از آلودگی طبیعی گوشخیزک معمولی به نماتد *Mermis subnigrescens* Cobb. وجود دارد (Wilson 1971) و براساس مطالعات آزمایشگاهی هادسون و همکاران و همچنین، کنزل و همکاران به نظر می‌رسد که گوشخیزک معمولی یک میزبان بالقوه برای نماتد *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 است (Kienzle *et al.* 2007, Hodson *et al.* 2011).

در میان گونه‌های نماتدهای بیمارگر حشرات، *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1975، گونه‌ای حائز اهمیت است که زیست‌شناسی‌آن (رفتار جست‌وجوگری، نحوهٔورود به بدن میزبان، توانایی بیمارگری و توان تولیدمثل) دارای تفاوت‌های اساسی با گونهٔ *S. carpocapsae* است.

این گونه برخلاف *S. carpocapsae*، رفتار جست‌وجوگری دارد و به CO_2 و مدفوع گوشخیزک Dohrn (Carcinophoridae) *Euborellia femoralis* جلب می‌شود ومی‌تواند در سطوح مختلف حرکت کند (Dillman *et al.* 2012, Vega and Kaya 2012). از دیگر ویژگی‌های مثبت این گونه می‌توان به وجود دندانه یا قلاب در سطح پشتی بدن نماتد، برای نفوذ از کوتیکول حشرهٔمیزبان علاوه بر دهان، مخرج و روزنه‌های تنفسی، هم‌زیستی با گونهٔباکتری *Photorhabdus luminescens* (دارای زهرآگینی بیشتر نسبت به جنس *Xenorhabdus*)، هرمافرودیت بودن نسل اول و توان تولیدمثلی بیشتر، اشاره کرد (Parvizi 2003).

در این مطالعه تلاش شده است با بررسی تأثیر *H. bacteriophora* روی جمعیت بومی گوشخیزک معمولی، میزان حساسیت این حشره نسبت به این نماتد ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

پرورش گوشخیزک

گوشخیزک *F. auricularia*، طی فصل بهار سال ۱۳۹۰، از منطقهٔ پردیس دانشگاه فردوسی مشهد و فضاهای سبز شهرستان مشهد جمع‌آوری شد. برای رفع تنش ناشی از جمع‌آوری و کسب نتیجهٔ بهتر،گوشخیزک‌های جمع‌آوری‌شده در جعبه‌های پلاستیکی، ارتفاع ۶، طول ۲۰ و عرض ۱۰ سانتی‌متر، به مدت یک هفته در شرایط آزمایشگاه نگه‌داری شدند. طی این مدت حشرات با قطعه‌های سیب‌زمینی و سبزی تغذیه شدند.

پرورش جمعیت نماتد

در این آزمایش از لارو *Galleria mellonella* L. (Lep.Galleriidae) (کلنی موجود در آزمایشگاه کنترل بیولوژیک دانشگاه فردوسی مشهد) برای تکثیر ایزولهٔ تجاری نماتد *H. bacteriophora* با نام Larvanem® استفاده شد که محصول شرکت کوپرت[1] هلند بود. پس از تلقیح نماتد و مرگ لاروهای گالریا، اجساد به تلهٔ وایت (White, 1927) منتقل و پس از چهارده روز، لاروهای عفونت‌زای خارج‌شده جمع‌آوری و در فالکون‌های حاوی تکه‌های ابر در دمای هشت تا ده درجهٔ‌سلسیوس نگه‌داری شدند.

بررسی حساسیت گوشخیزک به نماتد *H. bacteriophora*

آزمون زیست‌سنجی در ظروف استوانه‌ای به حجم ۸ سی سی، ارتفاع۱/۵ و قطر ۳سانتی‌متر،انجام شد. درب ظروف برای تهویه منفذدار شدند. کف هر ظرف با لایهٔظریفی ازشن پوشانده شد و از قطعه‌های سیب‌زمینی به منظور فراهم‌کردن منبع غذایی گوشخیزک‌ها در ظروف استفاده شد. براساس آزمایش‌های اولیه، غلظت‌های ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ لارو عفونت‌زای نماتد *H. bacteriophora* دریک میلی‌لیتر آب مقطر برای آزمون زیست‌سنجی انتخاب شدند.

پس از اضافه‌کردن غلظت‌های نماتد در یک میلی‌لیتر آب، به هر ظرف یک عدد گوشخیزک اضافه و برای هر غلظت، چهل تکرار در هشت بلوک(هر بلوک پنج تکرار) درنظر گرفته شد. ظروف در اتاق رشد و در دمای ۲±۲۸ درجهٔ‌سلسیوس و رطوبت نسبی ۲±۶۰ درصد نگه‌داری و طی یک هفته، روزانه مرگ و میرنمونه‌ها بررسی و ثبت شد.

تخمین میزان تولیدمثل نماتد *H. bacteriophora* در بدن گوشخیزک‌ها

برای تخمین میزان تولیدمثل نماتد *H. bacteriophora* در بدن گوشخیزک، در ابتدا وزن ده عدد گوشخیزک به‌صورت جداگانه و با دقت اندازگیری شد و سپس، در شرایطی مشابه به آزمون زیست‌سنجی ذکرشده در قسمت قبلی، با غلظت ۵۰۰ لارو عفونت‌زا در یک میلی‌لیتر آب مقطر، باتوجه به نتایج آزمون زیست‌سنجی در چهل تکرار،تیمار شدند. پس از مرگ و میرسی و پنج عدد از چهل گوشخیزک، لاشهٔ آن‌ها پس از شست‌وشو به‌طور جداگانه به تلهٔ وایت (White, 1927) انتقال یافت. پس از سپری‌شدن ده روز، خروج نماتدها از لاشه‌ها متوقف شد و سپس، کل نماتدهای خارج‌شده از بدن گوشخیزک جمع‌آوری و به‌صورت جداگانه شمارش شدند. در ادامه متوسط تعداد نماتد بر متوسط وزن گوشخیزک برحسب میلی‌گرم، محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

بعد از انجام آزمون‌های بیماریزایی و ثبت اطلاعات، تلفات حقیقی تیمارها تصحیح شد. برای برآورد کارآیی *H. bacteriophora* روی گوشخیزک معمولی، ابتدا با استفاده از فرمول اشنایدر ـ اورلی[2](Püntener , 1981)داده‌ها تصحیح شدند. سپس، وضعیت نرمال‌بودن داده‌های حاصل با استفاده از تست شاپیرو ـویلکاکسون[3] بررسی شدند و اثر غلظت نماتدو زمان انجام آزمون تجزیهٔ واریانس در تعداد مرگ و میر گوشخیزک با آزمون دو دامنه[4]در طرح پایه بلوک کامل تصادفی با هشت بلوک، هر بلوک پنج تکرار، بررسی شد. درصورت معنی‌داربودن تجزیهٔ واریانس، مقایسهٔ میانگین‌ها در سطح پنجدرصد با آزمون توکی[5] انجام شد.همچنین، اثر غلظت نماتد در مرگ و میر گوشخیزک برای زمان‌های چهل و هشت و هفتاد و دوساعت پس از انجام آزمون با رگرسیون سادهٔ خطی بررسی شد.

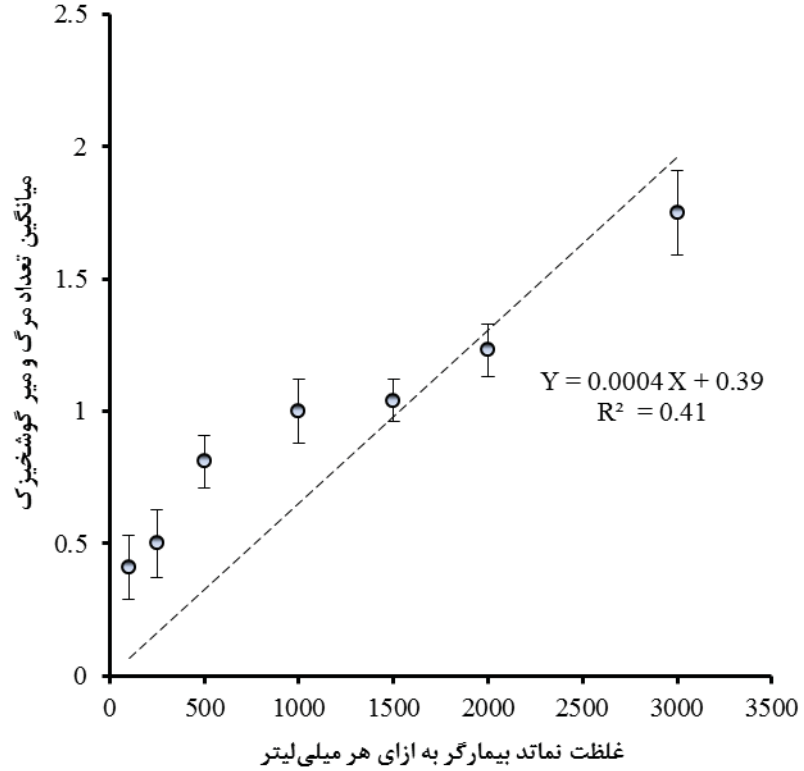
1. Koppert

2. Schneider-Orelli
3. Shapiro- Wilcoxon
4. Two- way ANOVA
5. Tukey

نتایج و بحث

بررسی حساسیت گوشخیزک *F. auricularia* به نماتد *H. bacteriophora*

پس از ده روز،نماتدهای بیماریزا از بدن گوشخیزک خارج شدند و بعد از سپری‌شدن یک هفته خروج نماتدها متوقف شد. در پایان آزمایش، اثرات زمان($F_{1, 91}=4.22, P<0.05$) و غلظت ($F_{6, 91}=14.9, P<0.01$) به تنهایی در مرگ و میر گوشخیزک معنی‌دار بود؛ ولی اثرات متقابل بین این دو عامل معنی‌دار نبود ($F_{6, 91}=1.16,P=0.33$). همچنین، اثر بلوک در مرگ و میر گوشخیزک معنی‌دار نبود ($F_{7, 91}=0.94, P=0.49$). در تمام غلظت‌های نماتد *H. bacteriophora*، مرگ و میر گوشخیزک معمولی مشاهده شد. غلظت ۱۰۰ لارو عفونتزا با ۰/۱۲±۰/۴۴ کمترین میزان مرگ و میر و غلظت ۳۰۰۰ نماتد (۰/۱±۱/۷۵٪) بیشترین تعداد مرگ و میر را در جمعیت میزبان ایجاد کرد. تجزیهٔ رگرسیون خطی ساده نیز نشان داد که با افزایش غلظت نماتدهای بیمارگر حشرات تلفات گوشخیزک‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد ($Y=0.0004X+0.39$, $F=73.4$, $P<0.01$, $R^2=0.41$).

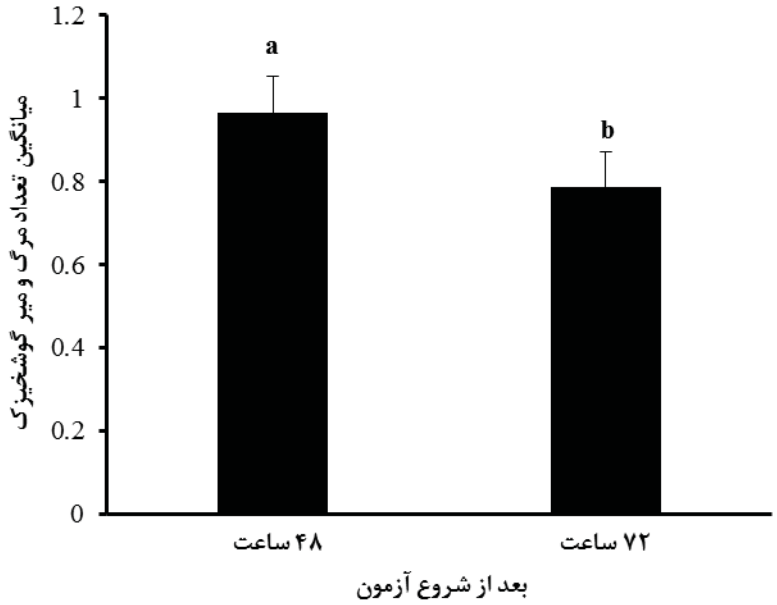


شکل ۱. رابطهٔ رگرسیون خطی بین مرگ و میر گوشخیزک معمولی و غلظت‌های مختلف لارو عفونت‌زای نماتد *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1975 در یک میلی‌لیترآب مقطر

مرگ و میر گوشخیزک‌ها در زمان‌های بعد از شروع آزمون، چهل و هشت ساعت و هفتاد و دو ساعت، دارای تفاوت معنی‌داری بود و بیشترین مرگ و میر گوشخیزک‌ها در چهل و هشت ساعت پس از تلقیح نماتد، مشاهده شد (شکل ۲).

نتایج پتانسیل تولیدمثلی نماتد

متوسط وزن ده عدد از گوشخیزک‌ها قبل از آلودگی شصت میلی‌گرم بود که در نهایت، پتانسیل تولیدمثلی نماتدها۵۹۹/۵ لارو عفونتزا به ازای هر میلی‌گرم وزن بدن گوشخیزک محاسبه شد. نتایج این مطالعه نشان داد



شکل ۲. میانگین (±خطا استاندارد) تعداد مرگ و میر گوشخیزک معمولی بر اثر غلظت‌های مختلف لارو عفونت‌زای نماتد *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1975 در یک میلی‌لیتر آب مقطر بعد از ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تلقیح نماتد.

که گوشخیزک معمولی می‌تواند میزبان مناسبی برای نماتد *H. bacteriophora* باشد.

بحث

در این مطالعه، آزمایش تأثیر و کارایی نماتد *H. bacteriophora* روی گونهٔ گوشخیزک معمولی با موفقیت انجام شد و نماتد توانست در بدن گوشخیزک تکثیر و از بدن آن خارج شود. بیماریزایی نماتدهای بیمارگر حشرات به گونهٔ میزبان، سن میزبان، شکل رشد و شرایط فیزیولوژیک گونه‌های میزبان بستگی دارد (Hodson 2010). هادسون و همکاران، در سال ۲۰۰۹، در آزمایش برهم‌کنش گوشخیزک معمولی با غلظت دویست لارو عفونت‌زای نماتد *S. carpocapsae* به ازای هر گوشخیزک، خروج نماتدها از لاشهٔ حشره را بعد از سپری‌شدن ده روز مشاهده کردند (Hodson *et al.* 2009). حال آنکه در این تحقیق، نماتدهای *H. bacteriophora* از بدن گوشخیزک‌ها بعد از سپری‌شدن پنج روز، خارج شدند و تا دو هفته ادامه داشت.

هادسونو همکاران، در سال ۲۰۱۱، غلظت LC_{50} از نماتد *S. carpocapsae* را برای گوشخیزک معمولی، غلظت ۲۲۶ لارو عفونت‌زای نماتد در نظر گرفتند که پتانسیل تولیدمثل پس از شمارش ۱۲۳/۵ نماتد آلوده به ازای میلی‌گرم وزن بدن محاسبه شد (Hodson *et al.* 2011).

در حالی که، در این مطالعه، پتانسیل تولیدمثل نماتد *H. bacteriophora* در بدن گوشخیزک ۳۵۹۸۰ عدد (۵۹۹/۵ نماتد آلوده به میلی‌گرم وزن بدن) بود. دلیل تکثیر پنج برابر نماتد *H. bacteriophora* در این مطالعه نسبت به نماتد *S. carpocapsae* که در دیگر مطالعات به‌دست آمده است، ممکن است به‌دلیل هرمافرودیت‌بودن این نماتد در نسل اول و همچنین، اندازهٔ کوچک‌تر نسبت به نماتد *S. carpocapsae* باشد. گونهٔ *H. bacteriophora* اگر وارد بدن میزبان شود و زنده بماند در نسل اول خودبارور خواهد بود و می‌تواند صددرصد تولید نتاج کند. در حالی که، نماتد *S. carpocapsae* برای تکثیر به دو فرد، افراد نر و ماده، در میزبان نیاز دارد (Ilan *et al.* 2002, Parvizi 2003)Shapiro-.

نماتد *H. bacteriophora* به دلیل اندازهٔ کوچک‌تر منبع غذایی بیشتری را برای تکثیر درون بدن میزبان

در اختیار دارد، بنابراین، می‌تواند نسبت به نماتد *S. carpocapsae* مقدار بیشتری تکثیر کند. وو و همکاران *F. auricularia* را به مدت پنج دقیقه، سپس، ۱، ۲، ۴، ۶ و ۲۴ ساعت در معرض نماتد *S. carpocapsae* قرار دادند (Wu *et al.* 2010).

در حالی که، در این مطالعه زمان در معرض قرارگرفتن گوشخیزک‌ها ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در نظر گرفته شد. هادسون و همکاران، در سال ۲۰۱۱، حساسیت گوشخیزک نواری *L. riparia* را نسبت به نماتدهای *S. carpocapsae* و *H. bacteriophora* (غلظت بیست لارو عفونت‌زا در سانتی‌متر مربع) بررسی کردند؛ نتایج حاکی از تأثیرنداشتن این دو گونهٔ نماتد روی این گونهٔ گوشخیزک بود (Hodson *et al.* 2011).

در حالی که، در این مطالعه نماتد *H. bacteriophora* وارد بدن گوشخیزک معمولی شد و پس از تکثیر خارج شد.هدف از این مطالعه، بررسی میزان حساسیت گوشخیزک *F. auricularia* به نماتد *H. bacteriophora* و همچنین، شناخت نحوهٔ برهم‌کنش احتمالی آن‌ها بود تا بتوان از این مسیر اطلاعاتی دربارهٔ تأثیر عوامل بیمارگری چون *H. bacteriophora* بر گوشخیزک معمولی به‌دست آید تا در برنامه‌های مدیریت کنترل بیولوژیک آفات برحسب اینکه آیا این حشره آفت است یا خیر، تصمیم‌گیری‌های لازم گرفته شود.

سپاسگزاری

این پژوهش باهمکاری اعضا و دانشجویان آزمایشگاه کنترل بیولوژیک و پاتولوژی حشرات دانشگاه فردوسی مشهد و حمایت مالی معاونت پژوهشی این دانشگاه انجام شده است؛ لازم است در پایان از زحمات و همکاری صمیمانهٔ آنان تشکر و برای آنان از باری‌تعالی مزید توفیق در خدمات علمی و پژوهشی مسئلت کنیم.

REFERENCE

Beckage NE (1992) Progress report effects of entomopathogenic nematodes on insect pests of Avocado, *In*: Thompson SN, Federici BA (eds.) Summary of Avocado Research, California. pp. 36-39.

Bey-Bienko GYa (1929).Studies on the Dermaptera and Orthoptera of the Lake Zaysan Valley and adjacent countries, *In:*Sibir T (ed.), Trans-Siberian Academic Agricultural and Forest, Omsk, Russian. pp. 169–192.

DillmanAR, Guillermin ML, Lee JH, Kim B, Sternberg PW, Hallem EA (2012) Olfaction shapes host–parasite interactions in parasitic nematodes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America109:35.

Gobin B, Peusens G, Moerkens R, Leirs H (2008) Understanding earwigs phenollogy in top fruit orchards. 13th International conference on cultivation technique and phytopatological problems in organic fruit-growing, 18-20 Feb., Weinsberg, Germany.208-212.

Gold CS (2001) Biology and integrated pest management of banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar). Proceedings of the 10th INIBAP-ASPNET Regional Advisory Committee Meeting, 10-11 Nov., University of Bangkok , Los Banos. pp. 28-33.

Haas F, Hans P (2002) Dermaptera of the socotra archipelago, with the description of a new species. Fauna of Arabia 20: 409–419.

Hansen MR, Sigsgaard L, Braun P (2005)Earwig in pome fruit production - a beneficial? Proceedings of the International Workshop "Implementation of Biocontrol in Practice in Temperate Regions – Present andNear Future", 1-3 Nov., Research Centre Flakkebjerg, Denmark. pp. 279-282.

Haukeland S (2006) Entomopathogenic nematodes against vine weevil *Otiorhynchus sulcatus* in field grown strawberries, Proceedings of the International Workshop "Implementation of Biocontrol in Practice in Temperate Regions – Present and Near Future", 1-3 Nov., Research Centre Flakkebjerg, Denmark. pp. 261-263.

Hazir S, Kaya HK, Stoch SP, Keskun N (2003) Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. Turkish Journal of Biology 27: 181-202.

Hodson AK (2010) Ecological Influence of the Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae*, on Soil Arthropods, Nutrient Cycling, Soil Respiration and Root Growth in Pistachio Orchards, *In*: Lewis EE (ed.), University of California.83 pp.

Hodson AK, Lewis EE, Siegel J (2009) Non target effects of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* in pistachio orchards. *In*: Proceeding of Optimizing Agriculture with Diminishing Resources, 2-3 Feb., Heritage Complex, International Agricultural Center Tulare, California. pp. 133-134.

Hodson AK, Friedman ML, Wu LN, Lewis EE (2011) European Earwig (*Forficula auricularia*) as a novel host for the entomopathogenic nematode *Steinernemacarpocapsae*. Journal of Invertebrate Pathology 107:60-64.

Kienzle J, ZimmerJ,Volk F, Zebitz CPW (2007)Experiences with entomopathogenic nematodes for the control of overwintering codling moth larvae in Germany**,** Journal of Invertebrate Pathology 62: 22-28.

Mahar AN, Jan ND, Mahar GM, Mahar AQ (2008) Control of insects with entomopathogenic bacterium *Xenorhabdus nematophila*and its toxic secretions. International Journal of Agriculture and Biology 10(1): 52-56.

Medina P, Corrales E, Gonzalez-Nunez M, Smagghe G, Vinuela E (2007) Effects of *Beauveria bassiana*, *Heterorhabditis bacteriophora, H. megidis* and *Steinernema feltiae* on the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* and the very sensitive braconidpsyttaliaconcolor in the lab. *In*: IOBC/ WPRS WG Pesticides and Beneficial Organisms, 10-12 Oct., Berlin, Germany. pp. 113-121

Miles C, Blethen C, Gaugler R (2001) Using beneficial nematodes for crop insect pest control. Agrichemical and Environmental News180:1.

Moore M,Hodson AK, Lewis E (2010) Characterization of *Forficula auricularia* as a host for the entomopathogenic nematode,*Steinernema carpocapsae*. *In*: Proceeding of Optimizing Agriculture with Diminishing Resources, 2-3 Feb., Heritage Complex, International Agricultural Center Tulare, California. pp. 137-138.

Naeem M, Compton SG, Shah H (2010) Arthropod communities in different agroforesty landscapes. Pakistan Journal of Zoology 42(3): 233-240.

Parvizi R (2003) Efficacy of insect pathogenic nematodes *Steinernema* sp. on control of trunk borer butterfly larvae in apple trees *Synanthedon myopaeformis*. Iranian Journal of Agricultural Science 34(2): 303-311.(In Persian)

PhillipsML (1983). Parasitism of the common earwig *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae) by tachinid flies in an apple orchard. Entomophaga 28(1): 89-96.

Püntener W (1981) Manual for field trials in plant protection.Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited, 205 pp.

Ritcher PO (1966). Biological control of insects and weeds in Oregon. Agricultural Experiment Station, Oregon State University, Corvallis, Oregon.39 pp.

Satayavirut T (2002) Nonpesticide methods for controlling diseases and insects pests. *In*: Report of the APO Seminar on Nonpesticide Methods for Controlling Diseases and Insect Pests, 10–17 Apr., University of Chiyoda-ku, Tokyo, Japan, 184 pp.

Shapiro-Ilan DI, Gaugler R, Tedders WL, Brown I, Lewis EE (2002) Optimization of inoculation for invivo production of entomopathogenic nematodes. Journal of Nematology 34(4): 343–350.

Vega FE, Kaya HK (2012) Insect pathology. Elsevier's Science Tachnology Rights Department in Oxford, UK.

Walker KA, Fell RD (2001)Courtship roles of male and female european earwigs, *Forficula auricularia*L. (Dermaptera: Forficulidae), and sexual use of forceps. Journal of InsectBehavior 14(1): 1-17.

White GT (1927) A method for obtaining infective nematode larvae fromcultures. Science 66: 302–303.

Wilson WA(1971**)** Nematode occurrence in Ontario earwigs (Nematoda: Dermaptera). Canadian Entomologist 103(7): 1045-1048.

Wu LN, Hodson AK, Lewis E (2010) The entomopathogenic nematode (*Steinernema carpocapsae*) and its effects on european earwigs (*Forficula auricularia*), *In*: Proceeding of Optimizing Agriculture with Diminishing Resources, 2-3 Feb., Heritage Complex, International Agri-Center Tulare, California. pp. 142-143.

Zack RS, Strenge D, Landolt PJ, Looney C (2010) European earwig, *Forficulaauricularia*, at the Hanford reach national monument. Western North American Naturalist 70(4): 441–445.

Zamorano AR (2008) Evaluation of *Heterorhabditis bacteriophora* to control *Spodoptera frugiperda* in corn at Zamorano.*In*: Muniappan RM, Vaughan L, Steed A (eds.), Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program. Annual Report.190 pp.