

اثرات غلظت‌های زیر کشندگی قارچ بیماری‌گر حشرات *Metarhizium anisopliae* روی فراسنجه‌هایتولید مثلی *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)مریم علی‌خانی<sup>۱</sup>، سیدعلی صفوی<sup>۲\*</sup> و شهزاد ایرانی‌پور<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۲. استاد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۳. استاد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۵)

## چکیده

در این تحقیق، اثرات زیر کشندگی قارچ *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin جدایه DEMI001، روی فراسنجه‌های تولیدمثلی نتاج *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)، در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. لارو سن سوم مینوز گوجه‌فرنگی با غلظت‌های  $LC_{10}$  ( $1/29 \times 10^3$ )،  $LC_{20}$  ( $6/39 \times 10^3$ ) و  $LC_{30}$  ( $2/03 \times 10^4$ ) قارچ *M. anisopliae* به روش غوطه‌وری زیست‌سنجی شد. طول دوره‌های تخم‌ریزی و میزان زادآوری در والدین و نتاج، روزانه تا زمان مرگ ثبت شد. نتایج نشان داد با افزایش غلظت قارچ طول عمر حشرات کامل (نر و ماده) و طول دوره‌های تخم‌ریزی در تمام تیمارها نسبت به شاهد کاهش یافت. کمترین مقدار نرخ خالص زادآوری ( $31/75 \pm 0/19$ ) و نرخ خالص باروری ( $26/03 \pm 0/16$ ) تخم در غلظت  $LC_{30}$  به دست آمد. میانگین سنی تفریح در شاهد و غلظت‌های  $LC_{10}$ ،  $LC_{20}$  و  $LC_{30}$  به ترتیب ۲۷، ۲۳/۵۴، ۲۱/۵۰ و ۲۳ روز بود. نتایج این تحقیق نشان داد تیمار لاروهای مینوز گوجه‌فرنگی با غلظت‌های زیر کشنده قارچ *M. anisopliae* فراسنجه‌های تولیدمثلی آفت را در نتاج تحت تاثیر قرار می‌دهد و می‌توان از آن در قالب مدیریت تلفیقی علیه *T. absoluta* استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** مینوز گوجه‌فرنگی، تخم‌ریزی، نرخ خالص زادآوری، نرخ خالص باروری.

Sublethal concentrations effects of entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* on reproductive parameters of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)Maryam Alikhani<sup>1</sup>, Seyed Ali Safavi<sup>2\*</sup>, Shahzad Iranipour<sup>3</sup>

1. Ph. D Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia

2. Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia

3. Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz

(Received: December 1, 2018 - Accepted: May 5, 2019)

## ABSTRACT

Sublethal effects of *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin (isolate DEMI001) were assessed on reproductive parameters of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) offspring under laboratory conditions. Third-instar larvae of *T. absoluta* were immersed in  $LC_{10}$  ( $1.29 \times 10^3$ ),  $LC_{20}$  ( $6.39 \times 10^3$ ) and  $LC_{30}$  ( $2.03 \times 10^4$  conidia/ml) of *M. anisopliae*. Oviposition periods and fecundity of parents and offspring were recorded daily until death. Results indicated that longevity of adults (female and males) and oviposition periods decreased by increasing conidia concentration in all treatments compared to the control. The lowest net fecundity rate ( $31.75 \pm 0.19$  egg) and net fertility rate ( $26.03 \pm 0.16$  egg) were obtained at  $LC_{30}$ . The mean ages of hatching were 27, 23.54, 21.50 and 23 days, respectively in control,  $LC_{10}$ ,  $LC_{20}$  and  $LC_{30}$ . Results of this research demonstrated that exposure of tomato leaf miner larvae to sublethal concentrations of *M. anisopliae* affected reproductive parameters in offspring, therefore, this entomopathogenic fungus can be used in the integrated management program of *T. absoluta*.

**Key words:** Tomato leaf miner, Oviposition, Net fecundity rate, Net fertility rate.

\* Corresponding author E-mail: s.a.safavi@gmail.com

Goettel *et al.* 2008, Vega *et al.* 2009, Hajek and Delalibera 2010, Jaronski 2010, Pell *et al.* (2010). این عوامل زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که نیازی به از بین بردن کامل آفت نمی‌باشد، بلکه هدف رساندن جمعیت حشرات به زیر آستانه اقتصادی می‌باشد. لایه بر این کاربرد قارچ‌های بیمارگر حشرات به همراه سایر روش‌ها در برنامه مدیریت تلفیقی آفات ضروری می‌باشد (Shah and Pell 2003). همچنین این عوامل را می‌توان در هر سه نوع برنامه کنترل بیولوژیک شامل کلاسیک، تلقیحی و حفاظتی استفاده نمود (Roberts and Butt *et al.* 2001, Hajek 1992). قارچ بیمارگر حشرات (*Metarhizium anisopliae* (Metschn. Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) به عنوان عامل بیمارگر بیش از دویست گونه از حشرات معرفی شده است (Driver *et al.* 2000). تحقیقات مختلف نشان می‌دهد قارچ *M. anisopliae* در کنترل مینوز گوجه‌فرنگی موثر می‌باشد (Rodriguez *et al.* 2006, Pires *et al.* 2009, Sabbour and Singer 2014). قارچ‌های بیمارگر حشرات روی باروری و زادآوری بسیاری از بندپایان موثر هستند (Roy *et al.* 2006, Mulock and Chandler 2001). آگاهی از این تاثیر می‌تواند در درک دینامیسم جمعیت میزبان کاربرد داشته باشد (Quesada-Moraga *et al.* 2004). جدایه‌های مختلف *M. anisopliae* بر توانایی تولیدمثل ماده-های آلوده شده موثر بوده و باعث تغییر در باروری ماده‌ها می‌گردد. باروری ماده‌های *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) تحت تاثیر جدایه‌های مختلف قارچ *M. anisopliae* به میزان ۴۷ درصد کاهش یافت (Castillo *et al.* 2002). در صورتی که قارچ *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil به میزان چهار درصد تعداد تخم تولید شده توسط هر ماده را کاهش داد که این مقدار با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (Castillo *et al.* 2002). در بررسی میزان تخم‌ریزی مینوز گوجه-فرنگی روی برگ‌های گوجه‌فرنگی تیمار شده با *Bacillus thuringiensis* Berl. Var. *kurstaki*

## تازه‌های تحقیق

مطالعات کمی در رابطه با اثرات زیرکشدگی قارچ‌ها روی نتاج حشرات صورت گرفته است. در تحقیق حاضر جدایه DEMI001 قارچ *M. anisopliae* با تاثیر بر بقا، باروری و طول عمر مینوز گوجه‌فرنگی سبب کاهش پارامترهای تولیدمثلی در نتاج و در نتیجه کاهش جمعیت در نسل بعد آفت گردید. نتایج حاصل از این بررسی در برنامه‌های کنترل بیولوژیک مینوز گوجه‌فرنگی می‌تواند کاربرد داشته باشد.

## مقدمه

مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)، آفتی چند نسلی، فاقد دیپوز اجباری و با قدرت تولیدمثل بالا می‌باشد و تکامل آن با توجه به شرایط و دمای محیط، مدت زمان متفاوتی طول می‌کشد (Deseneux *et al.* 2010). در صورتی که اقدامات کنترلی صورت نگیرد، آفت باعث کاهش عملکرد محصول از طریق حمله به برگ، گل، ساقه و بویژه میوه‌ها به میزان هشتاد تا صد درصد می‌گردد (Lopez 1991). با وجود کاربرد روش‌های مختلف جهت کاهش خسارت این آفت، استفاده از حشره‌کش‌ها به عنوان روش اصلی جهت کنترل مطرح می‌باشد (Siqueiro *et al.* 2001). کاربرد مداوم آفت‌کش‌ها باعث آسیب به محیط، باقی ماندن بقایای آفت‌کش روی میوه، از بین رفتن دشمنان طبیعی و افزایش مقاومت به آفت‌کش‌ها می‌شود (Compbell *et al.* 1991, Walgenbach *et al.* 1991) با توجه به اینکه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی به بسیاری از سموم مقاومت نشان داده است؛ بنابر این استفاده از عوامل بیولوژیک مانند قارچ‌های بیمارگر حشرات می‌تواند از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد. قارچ‌های بیمارگر بندپایان متنوع بوده، پراکنش جهانی دارند. تحقیقات بسیاری در رابطه با توانایی این عوامل به عنوان کنترل کننده حشرات صورت گرفته است (Goettel *et al.* 2005, Pell 2007).

(Safavi 2016)؛ لذا در این پژوهش اثرات غلظت‌های زیرکشنده ( $LC_{10}$ ،  $LC_{20}$  و  $LC_{30}$ ) قارچ *M. anisopliae* (جدایه DEMI001) روی باروری و طول عمر حشرات کامل و اثرات این غلظت‌ها روی فراسنجه‌های تولیدمثلی در نتاج حاصل از تیمار لارو سن سوم *T. absoluta* مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق در مدیریت تلفیقی مینوز گوجه‌فرنگی می‌تواند کاربرد داشته باشد.

### مواد و روش‌ها

#### پرورش مینوز گوجه‌فرنگی *T. absoluta*

جمعیت اولیه مینوز گوجه‌فرنگی از مزارع گوجه‌فرنگی شهرستان ارومیه با جمع‌آوری بوته‌های آلوده به لارو آفت تامین شد. پرورش و تکثیر آفت روی گیاهان گوجه‌فرنگی، رقم سوپر لونا (Super Luna) و داخل قفس‌های چوبی ( $۶۰ \times ۶۰ \times ۴۰$ )، در شرایط دمایی  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و شانزده ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی صورت گرفت.

#### زیست‌سنجی

در این تحقیق جدایه DEMI001 (سراوان) قارچ *M. anisopliae* مورد مطالعه قرار گرفت. کشت جدایه و به‌دست‌آوردن کنیدی در محیط کشت SDA (Sabouraud's Dextrose Agar) محتوی یک درصد عصاره مخمر (SDAY) صورت گرفت. پس از تعیین غلظت پایه توسط لام گلبول شمار، غلظت‌های مورد استفاده در آزمایش زیست‌سنجی شامل  $10^3$ ،  $10^4$ ،  $10^5$ ،  $10^6$  و  $10^7$  کنیدی بر میلی‌لیتر تهیه شد. لارو سن سوم مینوز گوجه‌فرنگی به مدت ده ثانیه در سوسپانسیون‌های مربوطه غوطه‌ور و سپس به ظروف پتری ده سانتی‌متری محتوی برگ گوجه‌فرنگی انتقال داده شدند. ظروف پتری به صورت روزانه تا هشت روز مورد بررسی قرار گرفت. در صورت عدم تحرک لاروها و یا مرگ آن‌ها، این لاروها جدا شده و بعد از ضدعفونی سطحی با هیپوکلریت سدیم و الکل و سپس شستشو با آب

مشخص گردید عامل بیمارگر روی تخم‌ریزی آفت موثر می‌باشد (Marques and Alves 1996). در یک تحقیق اثر قارچ *M. anisopliae* var. *acridium* روی باروری *Locustana pardalina* (Walker) (Orthoptera: Acrididae) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد ماده‌های تیمار شده در ابتدا نسبت به شاهد تعداد تخم بیشتری گذاشتند، اما تفاوت معنی‌داری تا پایان دوره مورد مطالعه در باروری ثبت نشد (Arthurs and Thomas 2000). نتیجه مشابه در مورد ماده‌های ملخ *Shistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera: Acrididae) که با قارچ *M. anisopliae* var. *acridium* تیمار شدند، گزارش گردید (Blanford and Thomas 2001).

غلظت‌های زیرکشنده قارچ *B. bassiana* سبب کاهش مدت زمان رشد و نمو، بقا و باروری در نتاج *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Kalvnaedi et al. 2018). در یک مطالعه، قارچ *M. anisopliae* جدایه M14، فراسنجه‌های زیستی *H. armigera* را در نسل حاصل از تیمار لارو سن سوم، به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد. میزان تخم‌ریزی و طول عمر حشرات کامل تحت تاثیر تیمار قارچی کاهش یافت (Jarrahi and Safavi 2016). نتایج یک بررسی نشان داد تیمار لارو سن سوم *T. absoluta* با غلظت‌های زیرکشنده ( $LC_{10}$ ،  $LC_{20}$  و  $LC_{30}$ ) قارچ *M. anisopliae* (جدایه DEMI001) سبب کاهش فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار ( $GRR$ ،  $R_0$ ،  $r_m$  و  $\lambda$ ) در نتاج آفت می‌شود (Alikhani et al. 2019).

در مدیریت آفات اثرات غلظت‌های زیرکشنده قارچ‌های بیمارگر حشرات روی ظرفیت تولیدمثلی و دینامیسم جمعیت نسل بعد حاصل از تیمار غالباً نادیده گرفته می‌شود (Zhang et al. 2015). مطالعات مختلف نشان می‌دهد زمانی که مراحل نابالغ حشرات در معرض مقدار کمی از کنیدی قارچ بیمارگر قرار بگیرند حتی این مقدار کم قادر است بقا، باروری و رشد و نمو را در نسل بعد تحت تاثیر قرار دهد (Vinyaga et al. 2015, Jarrahi and )

(نر و ماده) به داخل ظروف (قطر ۳/۵ سانتی‌متر و ارتفاع شش سانتی‌متر) انتقال یافتند. میزان تخم‌ریزی حشرات کامل روزانه ثبت شد. همچنین جهت بررسی اثرات زیرکشنده قارچ در فراسنجه‌های تولیدمثلی نتاج، تعداد یکصد تخم با استفاده از قلم-موی نرم به صورت انفرادی روی برگ‌های گوجه-فرنگی انتقال یافتند. تخم‌ها به صورت روزانه مورد بازدید قرار گرفته، مراحل مختلف رشدی ثبت گردید. حشرات کامل پس از ظهور به صورت جفت نر و ماده به داخل ظروف پلاستیکی انتقال یافته و میزان تخم‌ریزی روزانه ثبت شد. این کار تا زمان مرگ حشرات کامل ادامه یافت. تیمار شاهد در شرایط یکسان و با استفاده از آب مقطر سترون حاوی ۰/۰۲ درصد Tween-80 تهیه شد.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه‌های آماری و تعیین غلظت‌ها با استفاده از روش Probit در نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 24 صورت گرفت. برای تشکیل جدول زندگی، محاسبه و تجزیه و تحلیل فراسنجه‌های مربوط به آن از روش کروی استفاده شد (Carey 1993). خطای استاندارد فراسنجه‌ها با استفاده از روش جک‌نایف محاسبه شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون SNK در نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 24 انجام گرفت.

### نتایج

#### محاسبه غلظت‌های زیرکشنده

غلظت‌های زیرکشنده LC<sub>10</sub>، LC<sub>20</sub> و LC<sub>30</sub> حاصل از زیست سنجی لارو سن سوم مینوز گوجه‌فرنگی با جدایه DEMI001 قارچ *M. anisoplia* به ترتیب  $1.29 \times 10^3$ ،  $6.39 \times 10^3$  و  $2.03 \times 10^4$  کنیدی بر میلی‌لیتر به‌دست آمد (Alikhani et al. 2019).

#### اثرات زیرکشدگی قارچ *M. anisoplia* روی

##### فراسنجه‌های زیستی *T. absoluta*

بر اساس نتایج تجزیه واریانس طول عمر حشرات نر ( $P < 0.001$ )،  $F = 8/680$  و  $df = 3$  و ۷۴، طول عمر حشرات ماده ( $P < 0.001$ )،  $F = 8/686$  و  $df = 3$  و ۷۴

مقطر سترون، در داخل ظروف پتری حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار گرفت. سطح بدن لاروها روزانه بررسی و در صورت وجود پوشش قارچی مرگ آن‌ها به آلودگی با قارچ نسبت داده شد. هر یک از غلظت-ها در چهار تکرار و در هر تکرار پانزده عدد لارو سن سوم مینوز گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار گرفت. تیمار شاهد در شرایط یکسان و با استفاده از آب مقطر سترون حاوی ۰/۰۲ درصد Tween-80 تهیه گردید. قبل از زیست‌سنجی، درصد جوانه‌زنی کنیدی‌ها تعیین شد. بدین منظور یکصد میکرولیتر از سوسپانسیون قارچ روی محیط کشت SDA پخش و در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. پس از هجده ساعت با شمارش یکصد عدد کنیدی از محیط کشت در زمینه میکروسکوپ نوری تعداد کنیدی‌های جوانه زده تعیین شد. کنیدی‌هایی که طول لوله تندش آن‌ها از قطر کنیدی بیشتر بودند به عنوان کنیدی‌های جوانه‌زده شمارش شدند (Inglis et al. 2012). درصد جوانه-زنی کنیدی‌ها بیش از ۹۶ درصد بود. آزمایش در شرایط دمایی  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و شانزده ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی صورت گرفت.

#### بررسی اثر غلظت‌های زیرکشنده روی

##### فراسنجه‌های زیستی و تولیدمثلی نتاج *T. absoluta*

برای برآورد اثرات زیرکشدگی قارچ *M. anisoplia* جدایه DEMI001 روی فراسنجه‌های تولیدمثلی نتاج مینوز گوجه‌فرنگی از غلظت‌های LC<sub>10</sub>، LC<sub>20</sub> و LC<sub>30</sub> استفاده شد. تعداد چهل لارو سن سوم در هر یک از غلظت‌های زیرکشنده به مدت ده ثانیه غوطه‌ور شد و سپس به صورت انفرادی روی برگ‌های گوجه‌فرنگی در ظروف پلاستیکی به قطر ۳/۵ سانتی‌متر و ارتفاع شش سانتی‌متر انتقال داده شدند. لاروها به صورت روزانه مورد بازدید قرار گرفته و در صورت لزوم برگ تازه گوجه‌فرنگی در اختیارشان قرار می‌گرفت. پس از ظهور حشرات کامل، این شب‌پره‌ها به صورت جفت

شاهد تا ۸۰/۷۶ تخم در غلظت LC<sub>30</sub> کاهش یافت (جدول ۱).

### اثرات زیرکشدگی قارچ *M. anisoplia* روی فراسنجه‌های تولیدمثلی نتاج

تجزیه واریانس داده‌های فراسنجه‌های تولیدمثلی شامل نرخ ناخالص زادآوری ( $F=۴/۶۳۰, P<۰/۰۱$ ) و نرخ ناخالص باروری ( $F=۴/۵۴۲, P<۰/۰۱$ )، نرخ خالص زادآوری ( $F=۱۰/۴۲۷, P<۰/۰۱$ ) و نرخ خالص باروری ( $F=۱۲/۷۶۷, P<۰/۰۱$ ) در تیمارهای مورد آزمایش در نسل اول حاصل از تیمار لارو سن سوم، تفاوت معنی‌داری داشتند.

( $df=۳$  و  $F=۶/۷۸۷۰, P<۰/۰۰۱$ )، طول دوره‌ی تخم‌ریزی ( $df=۳$  و  $F=۸/۳۴۶, P<۰/۰۰۱$ ) تحت تاثیر باروری حشرات ماده (df=۳ و  $F=۱/۳۴۹, P=۰/۲۶۵$ ) در تیمارهای مورد آزمایش با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. حشرات کامل نر در تمام تیمارها طول عمر کمتری نسبت به حشرات ماده داشتند (جدول ۱). بیشترین و کمترین طول عمر حشرات کامل (نر و ماده) و طول دوره تخم‌ریزی به ترتیب در تیمار شاهد و غلظت LC<sub>30</sub> به دست آمد. با افزایش غلظت قارچ میانگین تخم‌ریزی حشرات ماده از ۱۳۷/۲۶ تخم در

جدول ۱- برخی فراسنجه‌های زیستی (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد) *Tuta absoluta* در تیمارهای مختلف قارچ *Metarhizium anisopliae*

Table 1- Some life history parameters (mean  $\pm$  SE) of *Tuta absoluta* in different treatments of *Metarhizium anisopliae*

Parameters	Treatments			
	Control	LC <sub>10</sub>	LC <sub>20</sub>	LC <sub>30</sub>
Pre-oviposition (days)	1.91 $\pm$ 0.37a	1.72 $\pm$ 0.32a	1.65 $\pm$ 0.30a	1.47 $\pm$ 0.38a
Oviposition (days)	12.82 $\pm$ 0.32a	10.89 $\pm$ 0.79ab	8.15 $\pm$ 0.69bc	7.64 $\pm$ 0.31c
Post-oviposition (days)	3.52 $\pm$ 0.47a	3.61 $\pm$ 0.44a	2.90 $\pm$ 0.38a	2.76 $\pm$ 0.39a
Fecundity- total (eggs)	137.26 $\pm$ 11.07a	123.05 $\pm$ 9.20a	86.35 $\pm$ 9.35b	80.76 $\pm$ 7.17b
Female longevity (days)	18.26 $\pm$ 1.16a	16.22 $\pm$ 1.02a	12.70 $\pm$ 0.85b	11.88 $\pm$ 1.14b
Male longevity (days)	17.30 $\pm$ 0.94a	13.55 $\pm$ 1.09b	13.45 $\pm$ 0.66b	10.94 $\pm$ 1.10b

Means ( $\pm$ SE) in a row followed by the same letters are not significantly different using Student Newman-Keuls test (SNK)

سنی زادآوری خالص ( $F=۶/۹۰۰, P<۰/۰۱$ ) و  $F=۴$  و  $df=۳$ ) بین غلظت LC<sub>30</sub> و شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین مقدار میانگین سنی زادآوری خالص و ناخالص در غلظت LC<sub>30</sub> به دست آمد (جدول ۲). با توجه به نتایج تعداد نتاج تولیدشده روزانه به ازای یک ماده در طول عمر در غلظت LC<sub>30</sub> نسبت به سایر تیمارها کمتر بود (شکل ۱). حداکثر تعداد نتاج تولیدشده در شاهد و غلظت‌های LC<sub>10</sub>، LC<sub>20</sub> و LC<sub>30</sub> به ترتیب در روزهای ۵، ۵، ۴ و به ترتیب ۱۷/۸۷، ۱۷/۷۷، ۱۳/۹۵ و ۱۴/۷۶ تخم بود (شکل ۱).

مجموع ستون  $M_x$  نرخ ناخالص زادآوری است که مرگومیر را در نظر نمی‌گیرد و عبارت از میانگین تعداد نتاج تولیدشده توسط ماده‌ها در طول عمر می‌باشد. نرخ ناخالص زادآوری بین شاهد و غلظت LC<sub>10</sub> تفاوت معنی‌داری نداشت، اما بین سایر غلظت‌ها (LC<sub>20</sub> و LC<sub>30</sub>) و شاهد تفاوت معنی‌دار بود. نرخ ناخالص باروری در غلظت LC<sub>30</sub> با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد. درصد تفریح تخم در تیمارهای قارچی کمتر از شاهد به دست آمد. میانگین سنی تفریح تحت تاثیر تیمار قارچی کاهش یافت (جدول ۲). میانگین سنی زادآوری ناخالص ( $F=۷/۶۰۴, P<۰/۰۱$ ) و  $F=۷۴$  و  $df=۳$ ) و میانگین

جدول ۲- فراسنجه‌های تولیدمثلی نتاج (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد) در *Tuta absoluta* در تیمارهای مختلف قارچ *Metarhizium anisopliae*

Table 2- Reproduction parameters (mean  $\pm$  SE) of *Tuta absoluta* offspring in different treatments of *Metarhizium anisopliae*

Parameters	Treatments			
	Control	LC <sub>10</sub>	LC <sub>20</sub>	LC <sub>30</sub>
Gross fecundity rate (egg)	150.28 $\pm$ 0.55a	129.52 $\pm$ 0.54ab	113.39 $\pm$ 0.50b	96.85 $\pm$ 0.70b
Gross fertility rate (egg)	133.75 $\pm$ 0.49a	112.68 $\pm$ 0.46ab	95.25 $\pm$ 0.42bc	79.420 $\pm$ 0.58c
Gross hatch rate (egg)	0.89	0.87	0.84	0.82
Net fecundity rate (egg)	83.23 $\pm$ 0.37a	68.13 $\pm$ 0.40a	46.28 $\pm$ 0.18b	31.75 $\pm$ 0.19b
Net fertility rate (egg)	74.08 $\pm$ 0.33a	59.27 $\pm$ 0.34a	38.87 $\pm$ 0.15b	26.03 $\pm$ 0.16b
Mean age gross fecundity (day)	30.15 $\pm$ 0.02a	29.23 $\pm$ 0.03a	29.56 $\pm$ 0.03a	32.03 $\pm$ 0.03b
Mean age net fecundity (day)	29.02 $\pm$ 0.01a	28.81 $\pm$ 0.02a	29.15 $\pm$ 0.02a	31.42 $\pm$ 0.03b
Mean age hatch (day)	27	23.54	21.5	23
day(egg) Mean eggs per	2.89 $\pm$ 0.01a	2.56 $\pm$ 0.01ab	2.02 $\pm$ 0.01b	1.42 $\pm$ 0.01c
Mean fertile eggs per day(egg)	2.57 $\pm$ 0.01a	2.22 $\pm$ 0.01ab	1.70 $\pm$ 0.01b	1.17 $\pm$ 0.01c

Means ( $\pm$ SE) in a row followed by the same letters are not significantly different using Student Newman-Keuls test (SNK)

B. (and Hirose 2005). نتایج بررسی اثر قارچ *B. bassiana* روی طول عمر حشرات کامل بید سیب-زمینی نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار طول عمر حشرات تحت تاثیر قارچ بیمارگر بود (Hafez et al. 1994). همچنین طول عمر حشرات کامل ظاهرشده از تیمار لارو (*Spodoptera litura* (Fabricius) با قارچ *B. bassiana* کاهش یافت (Kaur et al. 2011). در یک بررسی طول عمر حشرات نر و ماده مینوز گوجه‌فرنگی به ترتیب ۱۵/۸۲ و ۱۸/۱۶ روز به‌دست آمد. این نتایج با طول عمر حشرات ماده در تیمار شاهد همخوانی دارد (Erdoghan and Babaroglu 2014).

در یک تحقیق طول دوره پیش از تخم‌ریزی، تخم‌ریزی و پس از تخم‌ریزی مینوز گوجه‌فرنگی به ترتیب ۲/۹ $\pm$ ۰/۱۸، ۸/۰ $\pm$ ۱/۸ و ۴/۲ $\pm$ ۰/۱۳۳ روز به‌دست آمد (Attwa et al. 2015). طول دوره پیش از تخم‌ریزی کرم غوزه پنبه تحت تاثیر قارچ *B. bassiana* برای شاهد، LC<sub>25</sub> و LC<sub>50</sub> به ترتیب ۱/۸۱، ۳/۳۱ و ۲/۵ روز به‌دست آمد. طول دوره تخم‌ریزی تحت تاثیر قارچ عامل بیمارگر قرار نگرفت (Kalvnadi et al. 2018). غلظت‌های زیرکشدگی قارچ *M. anisopliae* طول دوره تخم‌ریزی و باروری نتاج حاصل از تیمار لارو سن سوم *H. armigera* را کاهش داد (Jarrahi and Safavi 2016). در یک بررسی طول دوره پیش از تخم‌ریزی، تخم‌ریزی و پس از تخم‌ریزی مینوز گوجه‌فرنگی در اثر قارچ *B.*

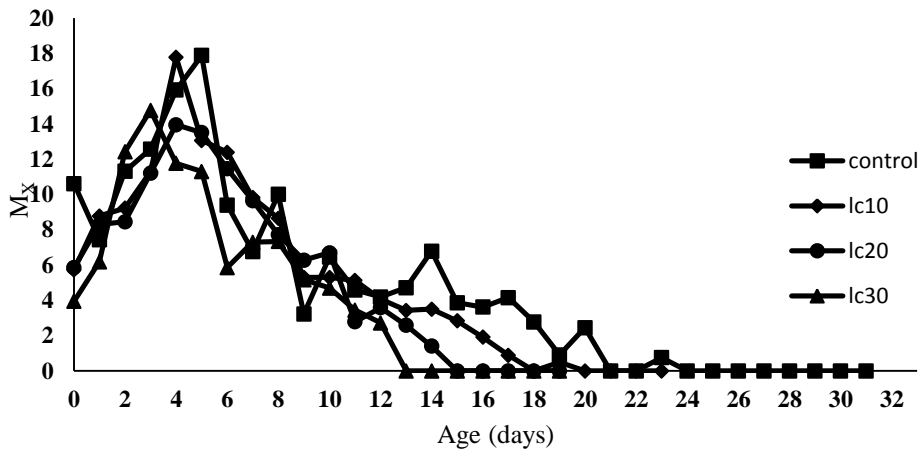
فراسنجه  $d_x$  تلفات واردشده در هر سن را نسبت به جمعیت مبنا مورد بررسی قرار می‌دهد، در حالی-که  $q_x$  تلفات را مستقل از سایر سنین مورد بررسی قرار می‌دهد؛ بنابراین جهت مقایسه ارزش تلفات در سنین، مراحل و جمعیت‌های مختلف می‌توان از فراسنجه اخیر استفاده کرد (Carey 2001). با توجه به نمودارها (شکل ۲) بیشترین تلفات در شاهد و غلظت LC<sub>10</sub> در اواخر دوره زندگی وارد شده است، در صورتی‌که در سایر تیمارها (LC<sub>20</sub> و LC<sub>30</sub>) بیشترین درصد تلفات در اوایل دوره زندگی است.

## بحث

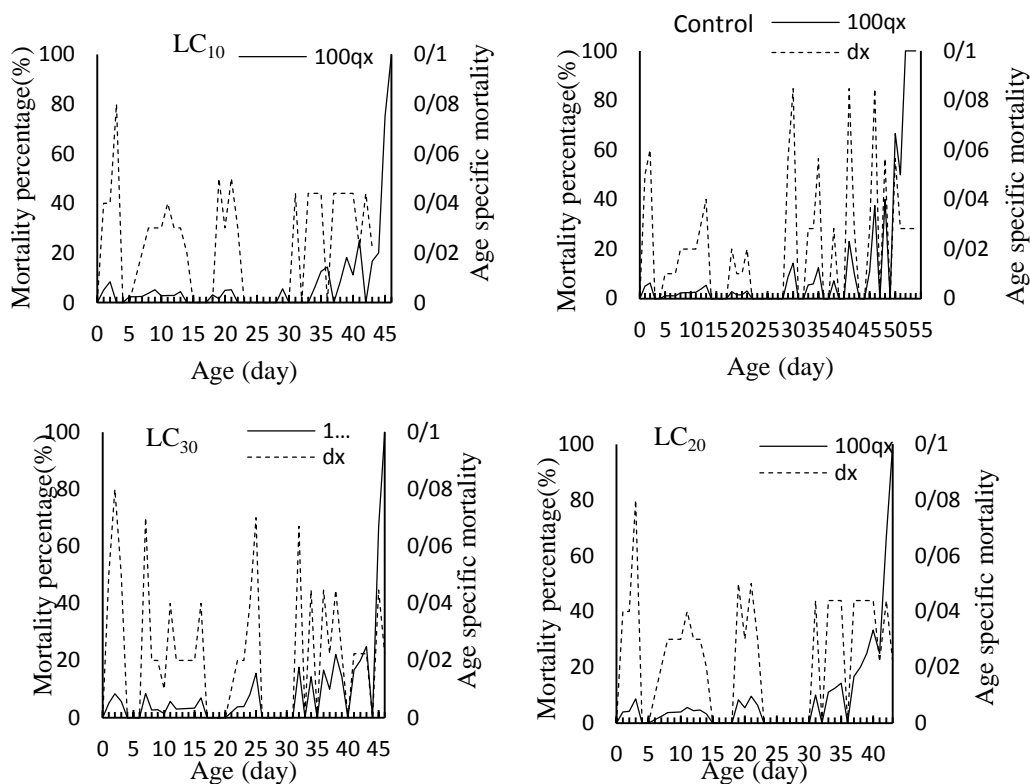
قارچ‌های بیمارگر حشرات علاوه بر تاثیرات مستقیم کشندگی، اثرات زیرکشدگی مانند کاهش غذای مصرفی، کاهش طول عمر و کاهش باروری حشرات هدف را سبب می‌شوند (Hajek and Goettel 2000). نتایج بررسی حاضر نشان داد با افزایش غلظت زیرکشدگی قارچ *M. anisopliae* (LC<sub>10</sub>) تا LC<sub>30</sub> طول عمر حشرات کامل *T. absoluta* کاهش یافت. در غلظت‌های بالا تعداد بیشتری از کنیدی-های قارچ جوانه می‌زنند و باعث حمله سریع‌تر، موثرتر و پوشش فراگیرتر بدن حشره می‌گردند. همچنین این حالت مانع تکثیر سایر میکروارگانیسم‌های موجود در بدن حشره که در به-دست آوردن مواد غذایی با قارچ رقابت می‌کنند و برای تولید کنیدی مضر هستند، می‌شود (Neves

طول دوره های پیش از تخم ریزی و پس از تخم ریزی با شاهد تفاوت معنی داری نداشت.

*bassiana* به ترتیب دو، ده و یازده روز به دست آمد. طول دوره ها با شاهد تفاوت معنی داری نداشت (Reda and Hatem 2012). در بررسی حاضر نیز



شکل ۱- میانگین تعداد تخم گذاشته شده به ازای یک ماده در نتاج *Tuta absoluta* offspring  
Figure 1- Means of eggs laid by per female of *Tuta absoluta* offspring



شکل ۲- مرگومیر در فاصله سنی ( $d_x$ ) و درصد تلفات ( $100 q_x$ ) در نتاج *Tuta absoluta* در تیمارهای مختلف قارچ *Metarhizium anisopliae*  
Figure 2- Age-specific mortality ( $d_x$ ) and percentage mortality ( $100 q_x$ ) of *Tuta absoluta* offspring in different treatments of *Metarhizium anisopliae*

(2006). عفونت توسط عامل بیمارگر ممکن است سبب کاهش باروری و به همان نسبت کاهش طول

غلظت های زیرکشنده قارچ می تواند تولیدمثل افراد بالغ را تحت تاثیر قرار دهد ( Roy et al. )

تولیدمثل (Hemiptera: *Pseudococcus viburni* (Pseudococcidae) مورد بررسی قرار گرفت. طول عمر افراد ماده در غلظت  $10^6$  نسبت به شاهد ۲۹ درصد کاهش نشان داد. تفاوت معنی‌داری در میزان باروری و اندازه تخم مشاهده نشد (Pereira et al. 2011). تفاوت در جدایه قارچی می‌تواند از دلایل اختلاف در بررسی حاضر و نتایج این محققین باشد. سرعت جوانه‌زنی و نفوذ در سطح بدن میزبان ویژگی مهمی در قدرت بیمارگری جدایه می‌باشد (Garcia et al. 2004). زمانی که کنیدی بیشتر نفوذ می‌کند توکسین یا آنزیم بیشتری تزریق شده، مرگ‌ومیر حشره افزایش می‌یابد (Sosa-Gómez and Moscardi 1992). کمترین میزان تفریح تخم در غلظت  $LC_{30}$  به‌دست آمد. درصد تفریح تخم در بررسی حاضر در شاهد،  $LC_{10}$ ،  $LC_{20}$  و  $LC_{30}$  به ترتیب ۸۹، ۸۷، ۸۴ و ۸۲ درصد به‌دست آمد. تفریح تخم نسبت به شاهد در بالاترین غلظت قارچ‌های *Paecilomyces variotii* *Isaria fumosorosea* و *B. bassiana* به میزان ۵۵ درصد کاهش یافت (Vinayaga et al. 2015). درصد تفریح تخم مینوز گوجه‌فرنگی در اثر قارچ *B. bassiana* در شاهد به ترتیب هشتاد و نود درصد به‌دست آمد (Reda and Hatem 2012). نتایج بررسی حاضر نشان داد قارچ *M. anisopliae* در شرایط آزمایشگاهی فراسنجه-های تولیدمثلی نتاج مینوز گوجه‌فرنگی را تحت تاثیر قرار داده و سبب کاهش فراسنجه‌های زیستی حشرات تیمار شده می‌شود؛ بنابراین با توجه به پتانسیل جدایه DEMI001 در مدیریت مینوز گوجه‌فرنگی مطالعات تکمیلی در شرایط طبیعی (گلخانه و مزرعه) ضروری است.

### سپاسگزاری

این تحقیق با استفاده از امکانات پژوهشی دانشگاه ارومیه انجام شده است، که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

### REFERENCES

Alikhani M, Safavi SA, Iranipour Sh (2019) Effect of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, on demographic fitness of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control

عمر گردد (Hajek et al. 2008). در واقع عفونت قارچی با آسیب رساندن به اوواریول، ممانعت از رشد فولیکول یا از بین بردن آن سبب کاهش باروری می‌گردد (Sikura et al. 1972). بالاترین غلظت قارچ *B. bassiana* بیشترین تاثیر را در کاهش میانگین تخم‌ریزی ماده‌های *Spodoptera litura* داشت (Kaur et al. 2011). در مقایسه‌ها استفاده از نرخ‌های خالص به علت این‌که فراسنجه‌هایی مانند بقا و طول عمر را که خود تحت تاثیر قارچ هستند در بر می‌گیرند، دقیق‌تر هستند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد نرخ خالص زادآوری در نسل اول به ترتیب در  $LC_{10}$ ،  $LC_{20}$  و  $LC_{30}$  به میزان ۱/۲۲، ۱/۸۰ و ۲/۶۲ برابر نسبت به شاهد کاهش نشان داد؛ بنابراین می‌توان گفت قارچ روی تولید نتاج مینوز گوجه‌فرنگی موثر بوده است. در حشرات مواد غذایی تامین‌شده در مراحل نابالغ احتمالاً پروتئین‌های لازم برای تولید تخمک در مراحل بلوغ را فراهم می‌کنند؛ بنابراین تیمار با قارچ در مراحل نابالغ در مرحله بلوغ اثرات معنی‌داری دارد (Kaur et al. 2011). کاهش باروری حشرات کامل نسل اول، احتمالاً به علت کاهش شدید پروتئین، لیپید و کربوهیدرات است که باید از طریق همولف به تولید تخمک اختصاص می‌یافت (Telfer et al. 1981, Kanost et al. 1990). تعداد تخم گذاشته شده توسط هر ماده در هر روز در بالاترین غلظت قارچ ( $LC_{30}$ ) تا دو برابر نسبت به شاهد کاهش نشان داد. با افزایش غلظت قارچ *B. bassiana* میزان تخم‌ریزی افراد ماده بید سبب‌زمینی کاهش یافت (Hafez et al. 1994). در گزارش یک تحقیق بیان شد قارچ *B. bassiana* سبب کاهش تعداد تخم گذاشته‌شده توسط هر ماده *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) در هر روز می‌گردد (Moluk and Chandler 2001). در یک تحقیق بیمارگری و اثر قارچ *M. anisopliae* جدایه Qu-M984 با غلظت‌های مختلف ( $10^5$ ،  $10^6$ ،  $10^7$  و  $10^8$ ) روی



- 29:23.
- Arthurs S, Thomas MB** (2000) Effects of a mycoinsecticide on feeding and fecundity of the Brown locust *Locustana pardalina*. *Crop Science* 10(3): 321–329.
- Attwa WA, Omar NA, Ebadah IMA, Wahab AE, Moawad TE, Hanaa SM, Sadek E** (2015) Life table parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) and potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepi-doptera: Gelechiidae) on tomato plants in Egypt. *Agricultural Science Research Journal* 5(1):1–5.
- Blanford S, Thomas MB** (2001) Adult survival, maturation, and reproduction of the desert locust *Schistocerca gregaria* infected with the fungus *Metarhizium anisopliae* var *acridium*. *Journal of Invertebrate Pathology* 78(1): 1–8.
- Butt TM, Jackson C, Magan N** (2001) Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential. CABI International, Wallingford.
- Carey JR** (2001) Insect biodemography. *Annual Review of Entomology* 46(1): 79-110.
- Carey JR** (1993) Applied demography for biologists with special emphasis on insects. Oxford University Press, United Kingdom.
- Castillo MA, Moya P, Hernandez E, Primo-Yufera E** (2002) Susceptibility of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) to entomopathogenic fungi and their extract. *Biological Control* 19(3): 274-282.
- Compbell CD, Walgenbachand JF, Kennedy CG** (1991) Effect of parasitoids on lepidopterous pests in insecticides-treated and untreated tomatoes in Western North Carolina. *Journal of Economic Entomology* 84(6):1662-1667.
- Desneux N, Wajnberg E, Wyckhuys KAG, Burgio G, Arpai S, Narvaez-Vasquez C, Gonzalez-Cabrera AJ, Ruescas DC, Tabone E, Frandon J, Pizzol J, Poncet C, Cabello T, Urbaneja A** (2010) Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science* 83(3): 197–215.
- Driver f, Milner RJ, Trueman JWH** (2000) A taxonomic revision of *Metarhizium* based on a phylogenetic analysis of rDNA sequence data. *Mycological research* 104(2): 134-150.
- Erdoghan P, Babaroglu N** (2014) Life table of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University* 31 (2): 80–89.
- Garcia MV, Monteiro AC, Szabo MJP** (2004) Colonizacao e lesao em femeas ingurgitadas do carrapato *Rhipicephalus sanguineus* causadas pelo fungo *Metarhizium anisopliae*. *Ciencia Rural* 34(5): 1513–1518.
- Goettel MS, Eilenberg J, Glare TR** (2005) Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations, *In: Gilbert LI, Latrou K, Gill S* (eds), *Comprehensive molecular insect science*. Elsevier, Oxford. pp. 361–406.
- Goettel MS, Koike M, Kim JJ, Aiuchi D, Shinya R, Brodeur J** (2008) Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases. *Journal of Invertebrate Pathology* 98(3): 256–261.
- Hafez M, Zaki FN, Mourcy A, Sabbour M** (1994) Biological effects of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* on the Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculell*. *Journal of Islamic Academy of Sciences* 7(4): 211-214.
- Hajek AE, Delalibera I** (2010) Fungal pathogens as classical biological control agents against arthropods. *BioControl* 55(1):147-158.
- Hajek AE, Goettel MS** (2000) Guidelines for evaluating effects of entomopathogenic on non-target organism. *In: Lacey, LA, Kaya HK* (eds), *Field manual of techniques in invertebrate pathology*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp. 846-868.
- Hajek AE, Lund J, Smith MT** (2008) Reduction in fitness of female Asian longhorned beetle (*Anoplophora glabripennis*) infected with *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology* 98(2): 198-205.
- IBM Corp.** 2016. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. IBM Corp. Armonk, New York.
- Inglis GD, Enkerli J, Goettel MS** (2012) Laboratory techniques used for entomopathogenic fungi: Hypocreales. *In: Lacey LA* (ed.), *Manual of techniques in invertebrate pathology*. Academic Press, London. pp.189-253.
- Jaronski S** (2010) Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. *BioControl* 55(1): 159-185.
- Jarrahi A, Safavi SA** (2016) Fitness costs to *Helicoverpa armigera* after exposure to sub-lethal

- concentrations of *Metarhizium anisopliae* sensu lato: Study on F1 generation. Journal of Invertebrate Pathology 138: 50-56.
- Kalvnadi E, Mirmoayedi A, Alizadeh M, Pourian HR** (2018) Sub-lethal concentrations of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* increase fitness costs of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) offspring. Journal of Invertebrate Pathology 158: 32-42.
- Kanost MR, Kawooya JK, Law JH, Ryan RO, Heusden MCV, Ziegler R** (1990) Insects hemolymph proteins. Advances in Insect Physiology 22: 299-396.
- Kaur S, Kaur HP, Kaur K, Kaur A** (2011) Effect of different concentrations of *Beauveria bassiana* on development and reproductive potential of *Spodoptera litura* (Fabricius). Journal of Biopesticides 4(2): 161-168.
- Lo'pez E** (1991) Polilla del tomate: Problema crítico para la rentabilidad del cultivo de verano. Empresa y Avance Agrícola 1(5): 6-7.
- Marques IMR, Alves SB** (1996) Efeito de *Bacillus thuringiensis* Berl. Var. *kurstaki* sobre *Scobipalpuloides absoluta* Meyer (Lepidoptera: Gelechiidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 25: 39-45.
- Mulock BS, Chandler LD** (2001) Effect of *Beauveria bassiana* on the Fecundity of Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). Biological Control 22(1): 16-21.
- Neves PMOJ, Hirose E** (2005) Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* para o controle biológico da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Neotropical Entomology 34(1) 77-82.
- Pell JK** (2007) Ecological approaches to pest management using entomopathogenic fungi; concepts, theory, practice and opportunities. In: Ekes S, Manianai N (eds), Use of entomopathogenic fungi in pest management. Research Signpost. pp. 145-177.
- Pell JK, Hannam J, Steinkraus D** (2010) Conservation biological control using fungal entomopathogens. BioControl 55(1):187-198.
- Pereira A, Casals P, Salazar AM, Gerding M** (2011) Virulence and pre-lethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* on *Pseudococcus viburni* (Hemiptera: Pseudococcidae). Chilean Journal of Agricultural Research 71 (4): 554-559.
- Pires LM, Marques EJ, Wanderley-Teixeira V, Teixeira AAC, Alves L, Alves E** (2009) Ultrastructure of *Tuta absoluta* parasitized eggs and the reproductive potential of females after parasitism by *Metarhizium anisopliae*. Micron 40(2): 255-261.
- Quesada-Moraga E, Santos-Quiros R, Valverde-Garcia P, Santiago-Alvarez C** (2004) Virulence, horizontal transmission, and sublethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* (Anamorphic fungi) on the *German cockroach* (Blattodea: Blattellidae). Journal of Invertebrate Pathology 87(1): 51-58.
- Reda AMA, Hatem AE** (2012) Biological and eradication parameters of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) affected by two biopesticides. Boletín de sanidad vegetal Plagas 38(2): 321-333.
- Roberts DR, Hajek AE** (1992) Entomopathogenic fungi as bioinsecticides. In: Leatham GF (ed.), Frontiers in industrial mycology. Chapman and Hall, New York. pp. 144-159.
- Rodríguez MS, Gerding MP, France A** (2006) Selección de aislamientos de hongos entomopatógenos para el control de huevos de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Agriculture Técnica 66(2): 151-158.
- Roy HE, Steinkraus DC, Eilenberg J, Hajek AE, Pell JK** (2006) Bizarre interactions and endgames: entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. Annual Review of Entomology 51(1): 331-357.
- Sabbour MM, Singer SM** (2014) Evaluations of Two *Metarhizium* varieties against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Egypt. International Journal Science and Research 3(9): 2067-2073.
- Shah PA, Pell JK** (2003) Entomopathogenic fungi as biological control agents. Applied Microbiology and Biotechnology 61(5-6): 413-423.
- Sikura AI, Sikura LV, Trebesava RM** (1972) Influence of white muscardine fungus (*Beauveria bassiana* Balsamo Vuillemin) on the reproductive system of the Colorado potato beetle. Zashchita Rastenij Kishinev 2: 89-97.
- Siqueira HAA, Guedes NCD, Fragoso B, Magalhaes LC** (2001) Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). International Journal of Pest Management 47(4): 247-251.

- Sosa-Gómez DR, Moscardi F** (1992) Epizootiology: Key of the problems for the microbial control with fungi, *In: Symposium of biological control*, 3, 1992, Águas de Lindóia. Anais. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPDA. pp. 64-69.
- Telfer WH, Rubenstein E, Pan ML** (1981) Regulation of insect development and behaviour. Technical University Press, Wroclaw.
- Vega FE, Goettel MS, Blackwell M, Jackson MA, Keller S, Koike M, Maniania NK, Monzon A, Ownley B, Pell JK, Rangel D, Roy HE** (2009) Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. *Fungal Ecology* 2(4):149–159.
- Vinayaga P, Balasubramanian C, Selvarani S, Radha A** (2015) Efficacy of sub lethal concentration of entomopathogenic fungi on the feeding and reproduction of *Spodoptera litura*. *SpringerPlus* 4:681-693.
- Walgenbach JF, Leidy RB, Sheets TG** (1991) Persistence of insecticides on tomato foliage and implications for control of tomato fruitworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 84(3):978-986.
- Zhang T, Reitz SR, Wang HH, Lei ZR** (2015) Sublethal effects of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) on life table parameters of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology* 108(3): 975–985.