

## اثر میزبان روی برهم‌کنش قارچ بیمارگر حشرات *Metarhizium anisopliae* و زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* بید آرد *Ephestia kuehniella* و بید غلات *Sitotroga cerealella*

رعنا قدرتی<sup>۱</sup>، شهرام آرمیده<sup>۱</sup>، مریم فروزان<sup>۲</sup>، چی پی میچاود<sup>۳</sup>

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، پردیس دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ارومیه، ایران. گروه حشره‌شناسی، دانشگاه ایالتی کانزاس، مرکز تحقیقات کشاورزی هیس-کانزاس-امریکا. Sh.aramideh@urmia.ac.ir

پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۵

بازنگری: ۱۴۰۰/۸/۱۷

دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۷

### چکیده

زنبور پارازیتوئید *Trichogramma brassicae* یکی از مهمترین دشمنان طبیعی مهار زیستی مرحله تخم آفات گیاهی می‌باشد. پرورش این پارازیتوئید روی میزبان‌های مختلف و برهم‌کنش آن با قارچ بیمارگر حشرات *Metarhizium anisopliae* در کنترل آفات حایز اهمیت می‌باشد. لذا، این قارچ بیمارگر به همراه زنبور پارازیتوئید تریکوگراما می‌تواند در مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گیرد. در این بررسی تاثیر غلظت‌های قارچ *M. anisopliae* جدایه M14 روی تخم‌های پارازیت شده بید آرد *Ephestia kuehniella* و بید غلات *Sitotroga cerealella*، ترجیح تخم‌ریز زنبور پارازیتوئید و درصد تفریح آن روی میزبان‌ها، همچنین ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید روی تخم‌های بید آرد و بید غلات آلوده به غلظت‌های مختلف جدایه قارچی و تیمار شاهد مطالعه شد. تجزیه پروبیت داده‌های حاصل از تاثیر غلظت‌های قارچ روی تخم‌های بید آرد و بید غلات حاوی زنبور پارازیتوئید بیشترین مرگ و میر یا کاهش تفریح زنبور پارازیتوئید روی بید آرد مشاهده شد. در آزمایش ترجیح میزبانی به روش انتخابی و غیر انتخابی بیشترین تعداد تخم پارازیت شده و خروج زنبور پارازیتوئید در تخم بید آرد ثبت شد. در بررسی اثر غلظت‌های مختلف جدایه قارچ بر میزان پارازیت شده تخم‌های بید آرد و بید غلات نشان داد در غلظت‌های پایین بین تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما در غلظت‌های بیشتر اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بطوریکه، میانگین تعداد تخم پارازیت شده در تیمار شاهد بیشتر بود. نتایج حاصل از پژوهش حاضر مؤید آن است که در استفاده دو عامل زیستی باید توجه بیشتری به برهم‌کنش میان آنها معطوف شود.

کلمات کلیدی: ترجیح میزبانی، دشمنان طبیعی، مهار زیستی، برهم‌کنش، پرورش

## Interactions of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* and the egg parasitoid, *Trichogramma brassicae* reared on *Ephestia kuehniella* and *Sitotroga cerealella*

Raana Ghodrati<sup>1</sup>, Shahram Aramideh<sup>1</sup>✉, Maryam Frozan<sup>2</sup>, JP Michaud<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. <sup>2</sup>Plant Protection Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Urmia, Iran. <sup>3</sup>Department of Entomology, Kansas State University, Agricultural Research Center-Hays, Hays, KS, USA. ✉Sh.aramideh@urmia.ac.ir

Received: 9 Oct 2021

Revised: 29 Oct 2021

Accepted: 6 Dec 2021

### Abstract

The parasitoid wasp *Trichogramma brassicae* is one of the most important natural enemies used to biologically inhibit the egg stage of pests. Rearing of this parasitoid on different hosts and its interaction with entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* is very important in pest control. Therefore, this entomopathogenic fungus along with trichogramma parasitoid can be used in integrated pest management. In this study, effect of *M. anisopliae* (isolate M14) concentrations on parasitized eggs of *Ephestia kuehniella* and *Sitotroga cerealella*, oviposition preference and hatching percentage on the hosts, also, oviposition preference by parasitoid on *E. kuehniella* and *S. cerealella* eggs impregnated with different concentrations of *M. anisopliae* (isolate M14) and control treatment were studied. Probit analysis obtained from the effect of *M. anisopliae* (isolate M14) concentrations on *E. kuehniella* and *S. cerealella* eggs containing parasitoid showed the highest mortality of parasitoid on *E. kuehniella*. In the host preference test by choice and non-choice methods, the highest number of parasitic eggs and parasitoid hatching were recorded in *E. kuehniella*. In the study of the effect of different concentrations of *M. anisopliae* on the parasitized rate of hosts eggs showed that at low concentrations there is no significant difference between treatments and control, but in higher concentrations, a significant difference was observed, and mean of parasitized eggs was higher in the control. The results of present study confirm that in the simultaneous use of two biological agents, more attention should be paid to the interaction between them to control of target pest.

**Keywords:** Biocontrol, Interaction, Host preference, Natural enemy, Rearing

### How to cite:

Ghodrati R, Aramideh SH, Frozan M, Michaud JP, 2022. Interactions of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* and the egg parasitoid, *Trichogramma brassicae* reared on *Ephestia kuehniella* and *Sitotroga cerealella*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 11 (2): 47–56.

## مقدمه

اثرات سوء مصرف بی‌رویه آفت‌کش‌ها سبب از بین رفتن حشرات مفید، شیوع آفات ثانویه، باقیمانده‌های سمی در محصولات کشاورزی، آلودگی منابع آبی و محیط زیست شده است و ضرورت استفاده از راهکار مهار زیستی را نمایان‌تر می‌کند (Osman & Al-Rehiyani 2003; Talebi Jahromi 2006). کنترل زیستی که استفاده از دشمنان طبیعی به‌منظور کاهش جمعیت عوامل خسارت‌زا در زیست بوم‌های مختلف کشاورزی می‌باشد، از جمله راهکارهایی است که به‌منظور به حداقل رساندن اثرات نامطلوب آفت‌کش‌های شیمیایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Zamanpour et al. 2019). با توجه به اینکه در اغلب موارد دشمنان طبیعی به تنهایی قادر به کاهش جمعیت آفات به سطح مطلوب نیستند، لذا استفاده همزمان از دشمنان طبیعی در قالب برنامه‌های کنترل تلفیقی از جمله راهکارهایی است که می‌توان به‌منظور افزایش کارایی عوامل مدنظر قرار داد (Sher & Parella 1996). لذا پرورش و رهاسازی دشمنان طبیعی از قبیل زنبورهای پارازیتوئید به همراه عوامل بیمارگر حشرات نظیر قارچ‌ها می‌تواند موثر و کارایی بالاتری داشته باشند. زنبور پارازیتوئید (*Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.: Trichogrammatidae)) مهمترین عامل کنترل کننده تخم حشرات آفت به‌خصوص بالپولک‌داران به شمار می‌رود (St-Onge et al. 2016)، این پارازیتوئید دارای ویژگی‌های مهمی از جمله تعداد نسل زیاد، چند میزبان بودن، سازگاری در اقلیم‌های مختلف و قابلیت پرورش روی میزبان‌های واسط است (Li 1994; Mills 2010). عوامل میکروبی از جمله قارچ‌های بیمارگر حشرات، آسیبی به محیط زیست و انسان وارد نمی‌کنند. قارچ‌ها در زمره اولین عوامل بیمارگر حشرات به شمار می‌روند که در برنامه‌های مهار زیستی آفات مورد استفاده قرار گرفته‌اند. قارچ بیمارگر حشرات *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) به عنوان عامل بیمارگر گونه‌های زیادی از حشرات (Abdollahi 2018) و دارای پتانسیل لازم برای کاربرد در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات است (Pell & Vandenberg 2002). زمانیکه قارچ‌های بیمارگر عمومی با دشمنان طبیعی آفات در برنامه مدیریت تلفیقی هم‌زمان به کار برده شوند، ممکن است از طریق ایجاد آلودگی مستقیم یا غیرمستقیم این عوامل را تحت تاثیر قرار دهند (Polis & Holt

1992). در واقع روابط پیچیده‌ای بین قارچ‌های بیمارگر حشرات و دشمنان طبیعی بندپایان وجود دارد. چنین بر همکنش‌هایی بین عوامل زیستی وسیع بوده است و برنامه مهار زیستی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Rosenheim 1998). بررسی‌ها نشان داده است پارازیته کردن میزبان آلوده به قارچ‌های بیمارگر توسط زنبور پارازیتوئید تأثیر نامطلوب روی پارازیتوئید دارد. با این حال، در بسیاری از موارد پارازیتوئیدها به طور طبیعی به رشد خود ادامه می‌دهند، اما در اغلب موارد میزبان‌های آلوده به قارچ‌های بیمارگر بر طول عمر و سایر پارامترهای زیستی پارازیتوئید تأثیر منفی می‌گذارد (Rashki et al. 2009).

تمایل به استفاده از عوامل کنترل زیستی در مدیریت تلفیقی آفات، بررسی روابط قارچ بیمارگر حشرات *M. anisopliae* و زنبور پارازیتوئید تخم تریکوگراما *T. brassicae* پرورش یافته روی بید آرد *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lep.: Pyralidae) و بید غلات *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lep.: Gelechiidae) را بر اهمیت و ضروری می‌سازد در این پژوهش علاوه بر ترجیح تخم‌ریزی زنبور پارازیتوئید روی تخم میزبان‌های مختلف برهم-کنش قارچ بیمارگر و زنبور پارازیتوئید مطالعه شد.

## مواد و روش‌ها

پرورش بید آرد *E. kuehniella*

جمعیت اولیه بید آرد از انسکتاریوم سازمان جهاد کشاورزی شهرستان ارومیه تهیه شد. برای پرورش میزبان از ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱ × ۲ × ۳۰ سانتی‌متر استفاده و جهت تامین تهویه، در قسمت درب ظروف پلاستیکی دریچه‌ای به ابعاد ۱۵ × ۲۵ ایجاد شد. در هر یک از ظروف آرد گندم و سبوس گندم به نسبت سه به یک به ارتفاع سه سانتی‌متر ریخته و سپس مقدار ۰/۲ گرم تخم بید آرد به صورت یکنواخت، روی آرد پخش شد. ظروف پرورش در دمای ۲۶ ± ۲°C، رطوبت نسبی ۴ ± ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگهداری شدند. پس از ظهور حشرات کامل روزانه با استفاده از آسپیراتور حشرات کامل از ظروف پرورش جمع‌آوری و به ظروف تخم‌گیری منتقل شد. جهت تخم‌گیری از قیف‌هایی به قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر استفاده شد. دهانه قیف تخم‌گیری با یک توری ۵۰ مش پوشانده شد و به صورت وارونه روی یک کاغذ قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت، تخم‌های بید آرد از روی صفحات کاغذی جمع‌آوری و

رطوبت نسبی  $3 \pm 65$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار گرفت.

جهت تهیه غلظت‌های مختلف از جدایه مورد آزمایش، ابتدا از محیط‌های کشتی استفاده شد که حاوی کنیدیوم‌های کافی از قارچ بود و این کنیدیوم‌ها توسط اسکالپل استریل از سطح محیط کشت ۱۵ روزه خراش داده شدند و به داخل لوله‌های آزمایش حاوی آب مقطر استریل به همراه توپین-۸۰ (Tween 80) (۰/۰۳ درصد) منتقل شدند و به صورت سوسپانسیون در آمدند. سپس از چند لایه پارچه ملامل عبور داده شدند تا میسیلیوم‌ها و احتمالاً قطعات محیط کشت حذف شوند. برای تعیین تراکم کنیدیوم بعد از رقت سازی سریالی از لام گلبول شمار نوبار استفاده و غلظت-های مورد نظر اسپوری با افزودن مقدار مشخص آب مقطر استریل به داخل سوسپانسیون اصلی تهیه شد. درصد جوانه‌زنی اسپورها با پخش قطراتی از سوسپانسیون روی محیط کشت SDA و نگهداری پتری تشک در انکوباتور با دمای  $2 \pm 25$  درجه سلسیوس بعد از گذشت ۲۴ ساعت تعیین شد. کنیدیوم‌هایی که طول لوله تندش از عرض آن بیشتر بود به عنوان جوانه زده محسوب شدند. پس از انجام آزمایشات مقدماتی و تعیین غلظت-های  $10^3$ ،  $10^4$ ،  $10^5$ ،  $10^6$  و  $10^7$  کنیدیوم در هر میلی‌لیتر، آزمون زیست‌سنجی انجام شد.

#### ترجیح تخم‌ریزی زنبور *T. brassica* روی میزبان‌های مختلف روش انتخابی (Choice test)

در این روش در هر تیمار ۱۰۰ عدد از هر میزبان (تخم‌های بید آرد و بید غلات) در پنج تکرار به تعداد ۲۰ عدد در هر تکرار قرار گرفت و پنج جفت پارازیتوئید ماده جفت‌گیری کرده درون هر ظرف پتری رهاسازی شد؛ به نحوی که زنبورها شانس انتخاب تخم هر دو میزبان را داشتند. بعد از سه روز تخم‌های بید آرد و بید غلات در ظروف جداگانه بررسی شد و تخم‌هایی که رنگ سیاه داشتند به عنوان پارازیته شده در نظر گرفته و داده‌ها ثبت شدند. همچنین، تخم‌ها تا روز تفریح پارازیتوئید نگهداری شدند و تعداد پارازیتوئید خارج شده از تخم میزبان نیز شمارش شد. این آزمایش در پنج تکرار انجام شد.

#### روش غیر انتخابی (Non-choice test)

در این روش همانند روش انتخابی انجام شد با این تفاوت که تخم‌های میزبان در ظروف جداگانه قرار داده شدند. در این روش

برای تشکیل جمعیت جدید و انجام آزمایش در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شد.

#### پرورش بید غلات *S. cerealella*

جمعیت اولیه بید غلات نیز از حشرات پرورش یافته در انسکتاریوم سازمان جهادکشاورزی شهرستان ارومیه تهیه شد. تخم بید غلات درون ظروف پلاستیکی به قطر ۲۱ سانتی‌متر و ارتفاع هفت سانتی‌متر محتوی جو ریخته شد. این ظروف در دمای  $2 \pm 26$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $4 \pm 65$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگهداری شدند. پس از ظهور حشرات کامل برای تخم‌گیری به قیف‌هایی به قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر منقل شدند. سپس قیف‌ها به صورت وارونه روی یک کاغذ قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت، کاغذهای محتوی تخم بید غلات جمع‌آوری و برای تشکیل جمعیت جدید و انجام آزمایش مورد استفاده قرار گرفت.

#### پرورش زنبور *T. brassica*

جمعیت اولیه زنبور *T. brassicae* از انسکتاریوم سازمان جهاد کشاورزی شهرستان ارومیه تهیه و برای پرورش آن‌ها از ظروف پلاستیکی استوانه‌ای به قطر  $3/5$  و ارتفاع شش سانتی‌متر استفاده شد. در داخل هر ظرف یک برگ کاغذ محتوی تخم پارازیته شده قرار گرفت. پس از خروج زنبورها، هر ۲۴ ساعت یکبار، تخم میزبان (بیدآرد و بید غلات) به همراه نوار کاغذی آغشته به لایه نازک آب عسل برای تغذیه زنبورها در داخل ظروف پرورش قرار گرفت. ظروف پرورش در شرایط دمایی  $2 \pm 26$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $4 \pm 65$  درصد و دوره -نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. تخم‌های پارازیته شده برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی و همچنین پرورش و نگهداری جمعیت مورد استفاده قرار گرفت.

#### کشت قارچ و تهیه غلظت‌های مختلف قارچ

جدایه M14 از قارچ *M. anisopliae* از موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور تهیه شد و روی محیط کشت Sabouraud Dextrose Agar (SDA) در ظروف پتری پلاستیکی (۶۰ میلی-متر) کشت شد. سپس در شرایط دمایی  $2 \pm 26$  درجه سلسیوس،

پارازیتوئیدهای تفریح شده شمارش و از فرمول زیر برای بررسی ترجیح میزبانی زنبور پارازیتوئید استفاده شد (Sherratt & Harvey 1993).

$$\frac{E1}{E2} = C \frac{N1}{N2}$$

N1 = تعداد اولیه تخم در تیمار قارچ

N2 = تعداد اولیه تخم در تیمار شاهد

E1 = تعداد تخم‌های پارازیته شده در تیمار قارچ

E2 = تعداد تخم‌های پارازیته شده در تیمار شاهد

C = شاخص ترجیح

در این آزمایش چون تعداد تخم‌های میزبان در تیمار قارچ و شاهد به طور مساوی در اختیار زنبور قرار گرفت، لذا فرمول فوق به صورت زیر در می‌آید.

$$C = \frac{E1}{E2}$$

در این حالت اگر  $0 < C < 1$  باشد نشان دهنده ترجیح زنبور به تیمار شاهد است. ولی، چنانچه  $1 < C < \infty$  باشد نشان دهنده ترجیح زنبور پارازیتوئید به میزبان آلوده به قارچ است.

### تجزیه داده ها

برای تعیین مقادیر LC<sub>25</sub> و LC<sub>50</sub> داده‌های مربوط به زیست سنجی از روش پروبیت بعد از اصلاح کشندگی با فرمول ابوت استفاده شد (Abbott 1925).

$$\text{درصد مرگ و میر} = \left( \frac{\text{تلغات شاهد} - \text{تلغات تیمار}}{\text{تلغات شاهد}} \right) \times 100$$

مقایسه میانگین ترجیح پارازیتیسیم میان تخم دو میزبان تیمار شده با غلظت‌های مختلف قارچ و شاهد از آزمون t جفت شده انجام شد. جهت تعیین معنی‌داری تاثیر تیمارهای غلظت‌های قارچ روی تخم‌های پارازیته شده از تجزیه واریانس یک طرفه (One way ANOVA) و برای مقایسه و گروه‌بندی میانگین غلظت‌ها از آزمون توکی و نرم افزار SPSS (V. 22) استفاده شد.

### نتایج

ترجیح تخم ریزی زنبور *T. brassica* روی میزبان‌های مختلف نتایج آزمایش ترجیح تخم‌ریزی پارازیتوئید *T. brassica* و درصد تفریح آن روی تخم بید آرد *E. kuehniella* و بید غلات *S.*

نیز تخم‌های سیاه شده به عنوان پارازیته شده شمارش شدند و در نهایت زنبورهای تفریح شده شمارش شدند. این آزمایش نیز در پنج تکرار انجام شد.

### زیست سنجی

برای برآورد اثرات دز کشندگی میانه (LC<sub>50</sub>) جدایه قارچ روی زنبور پارازیتوئید، غلظت‌های مختلف تهیه شد. نوارهای کاغذی حاوی تخم میزبان (بید آرد و بید غلات)، به مدت ۲۴ ساعت در اختیار زنبورهای جفت گیری کرده قرار داده شد (Suh et al. 2000). نوارهای حاوی تخم پارازیته شده، به مدت ۱۰ ثانیه، در هر یک از غلظت‌های قارچ غوطه ور شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر استریل به همراه تویین-۸۰ (Tween 80) (۰/۰۳ درصد) استفاده شد. تخم‌ها برای خشک شدن، به مدت دو ساعت روی کاغذ صافی قرار گرفت. هر نوار تخم به ویال‌های شیشه‌ای منتقل و سپس درب آنها با پارافیلیم پوشانده شد. ارزیابی نهایی با شمارش خروج زنبور پارازیتوئید بعد از هشت روز انجام شد. این آزمایش برای هر غلظت در چهار تکرار و در هر تکرار ۲۰ عدد تخم پارازیته صورت گرفت. تمام آزمایشات در شرایط دمایی  $20 \pm ^\circ\text{C}$ ، ۲۶ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $4 \pm 65$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی انجام شد (Robertson et al. 2007). برای ارزیابی سمیت از معادله زیر استفاده شد (Sun, 1950):

$$\text{سمیت LC50} = \left( \frac{\text{LC50 قوی ترین سم}}{\text{LC50 ترکیب دیگر}} \right) \times 100$$

$$\text{سمیت نسبی LC50} = \left( \frac{\text{LC50 کم اثر ترین سم}}{\text{LC50 ترکیب دیگر}} \right)$$

ترجیح تخم میزبان سالم و آلوده به قارچ توسط زنبور پارازیتوئید در ارزیابی ترجیح تخم میزبان سالم و آلوده به قارچ توسط زنبور پارازیتوئید، نیمی از تخم‌های هر یک از میزبان‌ها به غلظت‌های مختلف قارچ آغشته شدند و برای هر غلظت یک تیمار شاهد آب مقطر به همراه تویین-۸۰ (۰/۰۳ درصد) در نظر گرفته شد. تعداد ۱۰۰ عدد تخم برای هر غلظت در پنج تکرار و برای شاهد هم به همین تعداد تخم در نظر گرفته شد. تخم‌های تیمارهای شاهد و آلوده به غلظت‌های ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۶ و ۱۰۷ کنیدیوم در میلی‌لیتر از جدایه قارچ در اختیار حشرات ماده پارازیتوئید (جفت گیری کرده) قرار داده شد و شش روز بعد تعداد

ظهور پارازیتوئید از تخم‌های بید آرد درصد بالاتری نسبت به بید غلات نشان داد (جدول ۱).

*cerealella* به روش انتخابی و غیرانتخابی نشان داد که زنبور پارازیتوئید تریکوگراما در هر دو روش تخم‌های بید آرد را بیشتر از بید غلات برای پارازیته کردن ترجیح می‌دهد. همچنین میزان

جدول ۱. ترجیح پارازیتوئید و میانگین درصد ( $\pm$  SE) ظهور پارازیتوئید روی تخم دو میزبان بید آرد و بید غلات به روش انتخابی و غیرانتخابی با استفاده از آزمون تی تست جفت شده ( $P = 0.01$ ).

**Table 1.** Parasitoid preference and percentage of egg hatching ( $\pm$  SE) on two host eggs of *Ephestia kuehniella* (*Ek*) and *Sitotroga cerealella* (*Sc*) by choice and non-choice methods using paired t-test ( $P = 0.01$ ).

Behavior	Methods	No. of eggs	Mean $\pm$ SE		t(df)	P
			Eggs of <i>Ek</i>	Eggs of <i>Sc</i>		
Parasitization	Choice	100	19.20 $\pm$ 0.87	16.40 $\pm$ 0.55	-5.71(4)	0.005
	Non-Choice	100	19.40 $\pm$ 0.83	16.20 $\pm$ 0.54	-1.00(4)	0.037
Parasitoid emergence	Choice	100	18.00 $\pm$ 0.70	16.80 $\pm$ 0.83	-8.55(4)	0.001
	Non-Choice	100	17.00 $\pm$ 0.40	15.80 $\pm$ 0.63	-2.44(4)	0.040

جدایه M14 روی تخم‌های پارازیته شده بید آرد *E. kuehniella* و بید غلات *S. cerealella* نشان داد بیشترین مرگ و میر یا کاهش ظهور زنبور پارازیتوئید روی بید غلات اتفاق افتاد (جدول ۲).

### زیست‌سنجی

شاخص سمیت و سمیت نسبی بر اساس تجزیه پروبیت داده های حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ *M. anisopliae*

جدول ۲. تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف جدایه *Metarhizium anisopliae* روی مرگ و میر یا کاهش ظهور زنبور پارازیتوئید از تخم‌های بید آرد و بید غلات.

**Table 2.** Probit analysis by different concentrations of *Metarhizium anisopliae* isolate on mortality or reduction hatching of *Ephestia kuehniella* (*Ek*) and *Sitotroga cerealella* (*Sc*) eggs.

Host egg	Slop $\pm$ SE	Intercept+5	X <sup>2</sup> (df)	LC <sub>25</sub> (conidia/ml) (95% CLs)	LC <sub>50</sub> (conidia/ml) (95% CLs)	Toxicity index (%)	Relative Potency
<i>Ek</i>	0.38 $\pm$ 0.05	2.67	0.956 (3)	2.33 $\times$ 10 <sup>4</sup> (7.38 $\times$ 10 <sup>3</sup> -5.51 $\times$ 10 <sup>4</sup> )	1.40 $\times$ 10 <sup>6</sup> (5.89 $\times$ 10 <sup>5</sup> -4.55 $\times$ 10 <sup>6</sup> )	66.71	1.00
<i>Sc</i>	0.37 $\pm$ 0.04	2.74	0.842 (3)	1.51 $\times$ 10 <sup>4</sup> (4.46 $\times$ 10 <sup>3</sup> -4.55 $\times$ 10 <sup>6</sup> )	9.34 $\times$ 10 <sup>5</sup> (4.03 $\times$ 10 <sup>5</sup> -3.69 $\times$ 10 <sup>4</sup> )	100	1.49

ترجیح تخم میزبان سالم و آلوده به قارچ توسط زنبور پارازیتوئید *M. anisopliae* نتایج تاثیر غلظت‌های مختلف جدایه قارچی *M. anisopliae* واریته M14 بر میزان پارازیته شدن تخم‌های بید آرد و بید غلات نشان داد در هر دو میزبان در غلظت‌های پایین بین تیمارهای قارچ و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما در غلظت‌های بالاتر اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و میانگین تعداد تخم پارازیته شده در شاهد افزایش یافت (جدول ۴).

تجزیه واریانس مرگ و میر تجمعی پارازیتوئیدهای تخم‌های بید آرد و بید غلات آلوده شده با غلظت‌های ۱۰<sup>۳</sup>، ۱۰<sup>۴</sup>، ۱۰<sup>۵</sup>، ۱۰<sup>۶</sup> و ۱۰<sup>۷</sup> توسط جدایه *M. anisopliae* بعد از هفت روز در جدول ۳ خلاصه شده است. نتایج نشان داد که درصد مرگ و میر توسط جدایه مذکور در غلظت‌های ۱۰<sup>۳</sup>، ۱۰<sup>۴</sup>، ۱۰<sup>۵</sup>، ۱۰<sup>۶</sup> و ۱۰<sup>۷</sup> به ترتیب با شرایط ( $F_{18,5} = 131/74$ ,  $p < 0/0001$ ) و ( $F_{18,5} = 198/54$ ,  $p < 0/0001$ ) برای پروانه بید آرد و بید غلات، دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند.

جدول ۳. مقایسه میانگین ( $\pm$  خطای استاندارد) درصد مرگ و میر تخم‌های بید آرد و بید غلات پارازیت شده توسط زنبور *Trichogramma brassicae* در اثر غلظت‌های مختلف جدایه *Metarhizium anisopliae*

**Table 3.** Mean ( $\pm$ SE) mortality of *Ephestia kuehniella* (Ek) and *Sitotroga cerealella* (Sc) parasitized by *Trichogramma brassicae* due to different concentrations of *Metarhizium anisopliae* isolate.

Parasitized eggs	% Mean mortality $\pm$ SE Concentrations (conidia/ml)					
	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	Control
Ek	47.01 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>	40.01 $\pm$ 0.40 <sup>b</sup>	26.25 $\pm$ 0.47 <sup>c</sup>	18.76 $\pm$ 0.27 <sup>d</sup>	11.25 $\pm$ 0.47 <sup>e</sup>	2 $\pm$ 0.28 <sup>f</sup>
Sc	52.50 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	42.50 $\pm$ 0.29 <sup>b</sup>	30.01 $\pm$ 0.41 <sup>c</sup>	22.50 $\pm$ 0.28 <sup>d</sup>	13.75 $\pm$ 0.25 <sup>e</sup>	3 $\pm$ 0.81 <sup>f</sup>

\*Means followed by the same superscript letter(s), within the same rows are insignificantly different ( $P \leq 0.05$ ) according to Tukey HSD Test.

جدول ۴. مقایسه غلظت‌های مختلف جدایه قارچ *Metarhizium anisopliae* بر میزان پارازیتسم تخم بید آرد و بید غلات با تیمار شاهد به وسیله تی تست جفت شده ( $P = 0.01$ ).

**Table 4.** Comparison of different concentration of *Metarhizium anisopliae* isolate on parasitism rate of eggs of *Ephestia kuehniella* (Ek) and *Sitotroga cerealella* (Sc) with control by paired t-test ( $P = 0.01$ ).

Host eggs	Concentrations (conidia/ml)	No. of eggs	Mean parasitism $\pm$ SE		t(df)	p	C index
			Control	Treatments			
Ek	10 <sup>7</sup>	100	17.20 $\pm$ 0.83	13.00 $\pm$ 1.30	-13.41(4)	0.001	0.755
	10 <sup>6</sup>	100	19.40 $\pm$ 0.89	14.80 $\pm$ 0.83	-6.78(4)	0.002	0.762
	10 <sup>5</sup>	100	19.33 $\pm$ 0.83	15.55 $\pm$ 0.83	-3.53(4)	0.024	0.856
	10 <sup>4</sup>	100	18.40 $\pm$ 0.70	19.00 $\pm$ 0.89	-5.71(4)	0.065	0.978
	10 <sup>3</sup>	100	19.50 $\pm$ 0.83	19.00 $\pm$ 0.70	-4.00(4)	0.056	0.974
Sc	10 <sup>7</sup>	100	18.50 $\pm$ 0.54	13.50 $\pm$ 1.14	-8.74(4)	0.001	0.729
	10 <sup>6</sup>	100	18.20 $\pm$ 0.89	14.60 $\pm$ 0.83	-18.77(4)	0.001	0.802
	10 <sup>5</sup>	100	19.20 $\pm$ 0.83	14.90 $\pm$ 0.83	-3.53(4)	0.001	0.875
	10 <sup>4</sup>	100	19.30 $\pm$ 0.54	18.90 $\pm$ 0.89	-4.47(4)	0.061	0.963
	10 <sup>3</sup>	100	19.00 $\pm$ 0.70	19.20 $\pm$ 0.70	-3.16(4)	0.084	0.989

conglobata (L.) روی تخم بید غلات، *S. cerealella* و تخم

پروانه بید آرد، *E. kuehniella* نتایج نشان داد که بر پایه پارامترهای مختلف، بید آرد برای پرورش این کفشدوزک میزبان مناسب‌تری می‌باشد (Mokhtari et al. 2015). در تحقیق حاضر نیز بید آرد میزبان مناسب‌تری تشخیص داده شد که با نتایج فوق مطابقت دارد. قارچ *M. anisopliae* به عنوان قارچ بیمارگر حشرات، نقش مهمی در مهار زیستی آفات داشته است (Foster et al. 2000). تاکنون مطالعات گوناگونی روی این قارچ انجام شده است و در برخی از کشورها اقدام به تهیه فرمولاسیون تجاری آن نموده اند (Defaria & Wraight 2007). بررسی اثر غلظت کشنده میانه (LC<sub>50</sub>) قارچ *M. anisopliae* (جدایه M14) روی زنبور پارازیتوئید (*Habrobracon hebetor* (Say) (Hym.: Braconidae)) نشان داد که قارچ *M. anisopliae* را در مدیریت تلفیقی کرم غوزه پنبه به همراه زنبور *H. hebetor* می‌توان استفاده نمود (Jarrahi & Safavi 2016). در تحقیق دیگری، در بررسی توانایی

## بحث

بررسی چگونگی بکارگیری عوامل زیستی و برهم کنش‌های میان آنها تا حد زیادی در موفقیت مبارزه تلفیقی با آفات نقش دارد (Hochberg & Lawton 1990). زنبور *T. brassicae* پارازیتوئید تخم انواع پروانه‌ها است. از میزبان‌های مناسب برای پرورش انبوه این زنبور، تخم شب پره آرد (*E. kuehniella*) و شب پره بید غلات (*S. cerealella*) است (Bigler et al. 1987; Bai & Smith 1993; Pratisoli et al. 2004; Ci et al. 2005). در بررسی برخی از ویژگی‌های رفتاری زنبور *T. brassicae* روی تخم دو میزبان آزمایشگاهی، بید غلات *S. cerealella* و بید آرد *E. kuehniella* و یک میزبان طبیعی، *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) Hubner مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که زنبور *T. brassicae* به طور معنی‌داری تخم‌های بید آرد را به تخم‌های دو میزبان دیگر ترجیح می‌دهد (Lashgari et al. 2010). در بررسی دیگر پرورش کفشدوزک

بررسی نرخ شکارگری و تغذیه سن (*Orius* (Rueter) *albidipennis* روی تریپس پیاز تیمار شده با قارچ *M. anisopliae* در چهار بازه زمانی (۰، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) نشان داد تیمار با قارچ سبب افزایش زمان جستجو و در نتیجه کاهش نرخ شکارگری و تغذیه شکارگر می‌شود. هم‌چنین شکارگر قادر به شناسایی طعمه تیمار شده با قارچ بود (Pourian et al. 2011). نتایج تحقیق دیگر نشان داد زنبور پارازیتوئید *Encarsia formosa* (Hym.: Aphelinidae) برای تخم‌ریزی میزبان‌های سالم (*Trialeurodes vaporariorum* Weswood (Hem.: Aleyrodidae) را نسبت به میزبان‌های تیمار شده با قارچ *Aschersonia* Webber (Ascomycetes: Hypocrella) ترجیح می‌دهد. که با نتایج این تحقیق هم‌پوشانی دارد (Fransen & Van Lenteren 1993). زنبور پارازیتوئید *C. tarsalis* قادر به تفکیک میزبان سالم و آلوده به قارچ *B. bassiana* نمی‌باشد و لاروهای زنبور روی میزبان‌های شدیداً آلوده زنده نمی‌مانند (Lord 2001). در تحقیق حاضر نیز در غلظت‌های بالا زنبورهای خارج شده از تخم به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بود. نتایج بررسی دیگر نشان داد زنبور پارازیتوئید (*Aphidius* (Haliday) (Hymenoptera, Braconidae) *ervi* قادر به تفکیک شته‌های سالم از آلوده به قارچ *Pandora* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) *neoaphidis* جهت تخم‌ریزی نمی‌باشد (Baverstock et al. 2005). ولی در تحقیق حاضر پارازیتوئید تخم‌های سالم را برای تخم‌ریزی انتخاب کرد. نتایج بررسی برهم‌کنش قارچ *B. bassiana* و پارازیتوئید شته (*Diaeretiella rapae* (MacIntosh) (Hym.: Braconidae) نشان دهنده اثر منفی دو عامل روی هم‌دیگر بود (Martínez et al. 2014). تحقیق حاضر نیز نشان داد که در غلظت‌های بالا میزان پارازیتیسیم کاهش می‌یابد. زنبورهای ماده *Trybliographa rapae* (Hym.: Figitidae) تعداد تخم بیشتری را روی لاروهای سالم مگس (*Delia radicum* (Bouche) نسبت به لاروهای آلوده به قارچ *M. anisopliae* قرار می‌دهد (Rännbäck et al. 2015). بررسی حاضر نشان داد که بید آرد برای پرورش زنبور پارازیتوئید تریکوگراما میزبان مناسب‌تری است. هم‌چنین، از تخم بید آرد و بید غلات به عنوان مدل و الگو، برای مطالعه برهم‌کنش‌های زنبور تریکوگراما همراه با قارچ *M. anisopliae* استفاده شد. این بررسی نشان داد از این دو عامل

جدایه‌های مختلف قارچ‌های *M. anisopliae* و *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) در کنترل *P. xylostella* نتایج نشان داد که جدایه‌های هر دو قارچ مذکور توانایی بالایی در کاهش جمعیت آفت نشان می‌دهند (Godonou et al. 2009). در کاربرد هم‌زمان دو عامل زیستی قارچ بیمارگر *Lecanicillium longisporum* (Hypocreales: Clavicipitaceae) و پارازیتوئید *Encarsia formosa* Gahan (Hym.: Aphelinidae) زمانی حداقل ۷۲ ساعت، کمترین اثرات منفی را روی پارازیتوئید داشت که نشانگر اهمیت توجه به برهم‌کنش آنها می‌باشد (Fazeli Dinan et al. 2012). کاربرد قارچ *B. bassiana* قبل و بعد از انگلی کردن تأثیری در تعداد تخم پارازیته شده و نسبت جنسی نتاج پارازیتوئید (*T. pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae) نداشت، ولی درصد ظهور حشرات کامل، طول دوره نابالغ و طول عمر پارازیتوئید تحت تأثیر عامل بیمارگر قرار گرفت (Potrich et al. 2015). بررسی زمان کاربرد قارچ *L. muscarium* (Petch) (Mycotal®) در ترکیب با دشمنان طبیعی شته سبز هلو در شرایط آزمایشگاهی و شرایط کنترل شده مزرعه نشان داد در شرایط آزمایشگاهی در کاربرد قارچ سه روز بعد از رهاسازی پارازیتوئیدها نسبت جنسی ماده‌های پارازیتوئید به میزان ۴۰ درصد کاهش یافت (Mohammed & Hatcher 2017). نرخ ظهور حشرات کامل، طول دوره تخم تا ظهور حشرات کامل *T. pretiosum* در شرایط آزمایشگاهی تحت تأثیر قارچ *M. anisopliae* قرار گرفت (Potrich et al. 2017). محققان ترجیح زنبور پارازیتوئید (*Cephalonomia tarsalis* (Ashmead) (Hym.: Bethyridae) نسبت به لارو شپشه دنداندار *Oryzaephilus surinamensis* L. (Col.: Cucujidae) و تیمار شده با قارچ *B. bassiana* را مورد مطالعه قرار دادند. پارازیتوئید لاروهای سالم را نسبت به لاروهای آلوده ترجیح داد. ولی با کاهش جمعیت لاروهای سالم، زنبور گرایش به پارازیته کردن لاروهای آلوده نیز پیدا کرد. تمایل زنبور به تخم‌ریزی روی لاروهای آلوده با پیشرفت بیماری کاهش یافت (Latifian et al. 2011). در بررسی نسبت جنسی زنبور تریکوگراما حاصل از تفریح تخم میزبان آلوده به جدایه قارچی *L. lecanii* نتایج نشان داد نسبت جنسی زنبورهای تفریح شده از تخم‌های تیمار شده با قارچ تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند (Dalvi et al. 2007).

### سپاسگزاری

از مسئولین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و بخش آفات و بیماری‌ها به‌ویژه جناب دکتر ناصرجعفرزاده و همچنین از کمک‌های خانم دکتر سمانه اکبری در تدوین این مقاله سپاسگزاریم.

می‌توان در کنترل تلفیقی با رعایت فاصله زمانی با غلظت‌های پایین قارچ استفاده کرد. پژوهش حاضر نشان داد که در استفاده دو عامل کنترل زیستی باید توجه بیشتری به ارزیابی برهم-کنش‌های میان آنها معطوف شود.

### References

- Abbott WS, 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265–267.
- Abdollahi M, 2018. Application of *Metarhizium anisopliae* against *Meloidogyne javanica* in soil amended with oak debris. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* 12 (2): 40–46.
- Bahmani N, Ostovan H, Latifian M, Rad B, 2012. Study the lethal doses of suitable isolate of *Beauveria bassiana* for microbial control of *Ephestia kuehniella* on sayer date cultivar. *Plant Protection Journal* 4 (13): 67–81.
- Bai B, Smith SM, 1993. Effect of host availability on reproduction and survival of the parasitoid wasp *Trichogramma minutum*. *Ecological Entomology* 18: 297–286.
- Baverstock J, Alderson PG, Pell JK, 2005. Influence of the aphid pathogen *Pandora neoaphidis* on the foraging behavior of the aphid parasitoid *Aphidius ervi*. *Ecological Entomology* 30: 665–672.
- Bigler F, Meyer A, Bosshart S, 1987. Quality assessment in *Trichogramma maidis* Pintureau et Voegelé reared from eggs of the factitious hosts *Ephestia kuehniella* Zell. and *Sitotroga cerealella* (Olivier). *Journal of Applied Entomology* 104: 340–353.
- Ci G, Amaro F, Figueiredo E, Godinho M, Mexia A, 2005. Productivity and quality aspects concerning the laboratory rearing of *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and its factitious host, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Boletim de Sanidad Vegetal Plagas* 31: 21–25.
- Dalvi LP, Polanczik RA, Pratisoli D, Melo RL, Holtz AM, 2007. Seletividade de *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare & W. Gams (classe-forma: Hyphomycetes) ao parasitóide *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ciênc. Agrotecnol.* 31: 1392–1395.
- Defaria MR, Wraight SP, 2007. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification off ormulation types. *Biological Control* 43 (3): 237–256.
- Driver F, Milner RJ, Trueman JWH, 2000. A taxonomic revision of *Metarhizium* based on a phylogenetic analysis of rDNA sequence data. *Mycology Research* 104: 134–150.
- Dunkel FV, Jaronski ST, 2003. Development of a bioassay system for the predator, *Xylocoris flavipes* (Hem: Anthocoridae) and its use in subchronic toxicity/ pathogenicity studies of *Beauveria bassiana* strain GHA. *Journal of Economic Entomology* 96: 1045–1053.
- Fazeli Dinan M, Talaei Hassanloui R, Allahyari H, Kharazi Pakdeland A, Goldansaz SH, 2012. Effect of fungus, *Lecanicillium longisporum* (hypocreales: clavicipitaceae) on life table parameters of *Encarsia formosa* (hymenoptera: aphelinidae). *Plant Pest Research* 2 (2): 1–11.
- Foster S, Denholm I, Devonshire A. 2000. The ups and downs of insecticide resistance in peach-potato aphids (*Myzus persicae*) in the UK. *Crop Protection* 19 (8): 873–879.
- Fransen JJ, Van Lenteren JC, 1993. Host selection and survival of the parasitoid *Encarsia formosa* on greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, in the presence of hosts infected with the fungus *Aschersonia aleyrodis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 69: 239–249.
- Godonou I, James B, Atcha-Ahowé C, Vodouhe S, Kooyman C, et al., 2009. Potential of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates from Benin to control *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Protection* 28 (3): 220–224.



- Hochberg ME, Lawton JH, 1990. Competition between kingdoms. *Trends in Ecology and Evolution* 5: 367-371.
- Jarrahi A, Safavi SA, 2016. Effects of pupal treatment with Proteus® and *Metarhizium anisopliae* sensu lato on functional response of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera* in an enclosed experiment system. *Biocontrol Science and Technology* 26: 206-216.
- Lashgari A, Talebi AA, Fathipour Y, Farahani S, 2010. Study on demographic parameters of *Trichogramma brassicae* (Bezdenko) (Hym., Trichogrammatidae) on three host species in laboratory conditions. *Journal of Entomological Research* 2 (5): 49-60.
- Latifian M, Soleymannejadian E, Ghazavy M, Mosadegh M S, Rad B, 2011. Effect of the fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) on the functional response and host preference of the parasitoid *Cephalonomia tarsalis* (Ashmead) in larval population of the saw-toothed beetle *Oryzaephilus surinamensis* L. *Journal of Entomological Research* 3 (3): 253-266.
- Li LY, 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops. CAB International, Wallingford, CT, pp 37-53.
- Lord JC, 2001. Response of the wasp *Cephalonomia tarsalis* (Hymenoptera: Bethyilidae) to *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) as free conidia or infection in its host, the sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae). *Biological Control* 21 (3): 300-304.
- Martínez AM, Baena, M, Figueroa JI, Estal PD, Medina M, et al., 2014. Primer registro de *Engytatus varians* (Distant) (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) en México y su depredation sobre *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae): una revisión de su distribución y hábitos. *Acta Zoológica Mexicana* 30: 617-624.
- Mills N, 2010. Egg parasitoids in biological control and integrated pest management. In: Cónsoli FL, Parra JRP, Zucchi RA. (eds) *Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 389-412.
- Mohammed AA, Hatcher PE, 2017. Combining entomopathogenic fungi and parasitoids to control the green peach aphid *Myzus persicae*. *Biological Control* 110: 44-55.
- Mokhtari B, Samih MA, Mahdian K, Bagheri MR, 2015. Developmental periods of *Oenopia conglobata* contaminata (Col.: Coccinellidae) reared on eggs of *Sitotroga cerealella* (Lep.: Gelechiidae) and *Ephestia kuehniella* (Lep.: Pyralidae) at constant temperatures. *Journal of Entomological Society of Iran* 35 (3): 15-27
- Osman KA, Al-Rehiyani S, 2003. Risk assessment of pesticide to human and the environment. *Saudi Journal of Biological Sciences* 10: 81-106.
- Pell JK, Vandenberg JD, 2002. Interaction among aphid *Diuraphis noxia*, the entomopathogenic fungus *Paecilomyces fumosoroseus* and the coccinellid, *Hippodamia convergens*. *Biocontrol Science and Technology* 12: 217-224.
- Polis GA, Holt RD, 1992. Intraguild predation: The dynamics of complex trophic interactions. *Trends in Ecology & Evolution* 7: 151-154.
- Potrich M, Alves LFA, Lozano ER, Bonini AK, Neves PMOJ, 2017. Fungus *Metarhizium anisopliae* on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under controlled conditions. *Journal of Economic Entomology* 110 (6): 2318-2324.
- Potrich M, Alves LFA, Lozano ER, Roman JC, Pietrowski V, et al., 2015. Interactions between *Beauveria bassiana* and *Trichogramma pretiosum* under laboratory conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 154: 213-221.
- Pourian HR, Talaei-Hassanloui R, Kosari AA, Ashouri A, 2011. Effect of *Metarhizium anisopliae* on searching, feeding and predation by *Orius albidipennis* (Hem.: Anthocoridae) on *Thrips tabaci* (Thy.: Thripidae). *Biocontrol Science and Technology* 21: 15-21.
- Pratissoli D, Oliveira HN, Gonc J R, Zanuncio J C, Holtz AM, et al., 2004. Changes in biological characteristics of *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) reared on eggs of *Anagasta kuehniella* (Lep.: Pyralidae) for 23 Generations. *Biocontrol Science and Technology* 14: 313-319.
- Quesada-Moraga, E, Ruiz-García A, Santiago-A'lvarez C, 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 99: 1955-1966.
- Rännbäck LM, Cotes B, Anderson P, Rämert B, Meyling NY, 2015. Mortality risk from entomopathogenic fungi affects oviposition behavior in the parasitoid wasp *Trybliographa*

- rapae*. *Journal of Invertebrate Pathology* 124: 78–86.
- Rashki M, Kharazi-Pakdel A, Allahyari H, van Alphen JJM, 2009. Interactions among the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales), the parasitoid, *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Braconidae), and its host, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Biological Control* 50: 324–328.
- Robertson JL, Russell RM, Preisler HK, Savin NE, 2007, Pesticide Bioassays with Arthropods. CRC Press, 199p.
- Rosenheim JA, 1998. Higher-order predators and the regulation of insect herbivore populations. *Annual Review of Entomology* 43: 421–447.
- Sher RB, Parrella MP, 1996. Integrated biological control of leaf miners, *Liriomyza trifolii*, on greenhouse chrysanthemums. *Bulletin OILB/SROP* 19: 147–150.
- Sherratt TN, Harvey IF. 1993. Frequency dependent food selection by arthropods: *A Review Biological Journal of the Linnaean Society* 48: 167–186.
- St-Onge M, Cormier D, Todorova S, Lucas E, 2016. Conservation of *Ephestia kuehniella* eggs as hosts for *Trichogramma ostrinae*. *Journal of Applied Entomology* 140: 218–222.
- Suh CPC, Orr DB, Van Duyn, JW, 2000. Effect of Insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) Preimaginal Development and Adult Survival. *Journal of Economic Entomology* 93: 577–583.
- Sun YP, 1950. Toxicity indexes an improved method of comparing the relative toxicity of insecticides. *Journal of Economic Entomology* 43 (1): 45–53.
- Talebi Jahromi Kh, 2006. Pesticides Toxicology, First Ed., University of Tehran Press., Tehran, 492 pp.
- Zamanpour M, Sedaratian-Jahromi A, Mohammadi H A, Ghane Jahromi M, 2019. The effect of *Beauveria bassiana* on preference and switching behavior in *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Plant Pest Research* 9 (1): 75–93.



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)