Journal of Vegetables Sciences
Vol 4, No 7, Spring & Summer 2020, Pages (1-11)
DOI: 10.22034/iuvs.2020.125738.1094

دو فصلنامه علمی- پژوهشی علوم سبزی‌ها
سال ۴- شماره ۷- بهار و تابستان ۱۳۹۹- صفحات (۱۱-۱)

بررسی اثر پارازیتیسمی دو گونه زنبور تریکوگراما روی تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*) تحت تأثیر آفت‌کش‌ها

صدیقه اشتری[1*]، قدرت‌اله صباحی[2] و خلیل طالبی جهرمی[3]

۱- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

۲- دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

* نویسنده مسئول: aroya95@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۴- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۸)

چکیده

با توجه به این‌که شب‌پره مینوز یکی از آفات مهم و خسارت‌زای گوجه‌فرنگی به‌شمار می‌رود، در این پژوهش جهت استفاده از حشره‌کش‌هایی با خطر کمتر برای محیط‌زیست، مصرف‌کنندگان و دشمنان طبیعی، اثر آفت‌کش‌های آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید روی مرحله بالغ دو گونه *Trichogramma brassicae* و *Trichogramma evanescens* به‌عنوان پارازیتوئید تخم شب‌پره مینوز در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی در سال ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت. زنبورهای تریکوگراما روی تخم‌های شب‌پره بید غلات با شرایط (دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) پرورش داده شدند. آزمایش مقایسه میزان پارازیتیسم دو گونه به روش t-test و در دسته‌های ۱۰ تایی و در درون ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل انجام شد. آزمایش مربوط به اثر غلظت کشنده ۲۵ درصد هر آفت‌کش روی زنده‌مانی زنبورها بر پایه طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار و در هر تکرار ۱۰ عدد زنبور ماده جفت‌گیری کرده و به شیوه لوله آزمایش (Vial assay) انجام شد. زنبورها به‌مدت ۲۴ ساعت در معرض این غلظت قرار گرفتند. جهت بررسی میزان پارازیتیسم زنبورهای زنده مانده از آزمایش اثر غلظت کشنده ۲۵ درصد هر آفت‌کش، آزمایشی در سه تکرار در هر تکرار پنج عدد زنبور و ۱۵۰ عدد تخم مینوز گوجه‌فرنگی به روش طرح کاملاً تصادفی و شیوه فاکتوریل به‌مدت ۴۸ ساعت درون ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل انجام شد. مرگ و میر به‌طور روزانه ثبت شد و میزان کاهش پارازیتیسم محاسبه گردید. میزان درصد مرگ و میر کلی اصلاح شده در تیمارهای آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید برای گونه *T. brassicae* به‌ترتیب ۲۶/۶۷، ۲۰، ۱۳/۳۳ و ۱۳/۳۳ و برای *T. evanescens* به‌ترتیب ۲۰، ۲۰، ۱۳/۳۳ و ۶/۶۷ محاسبه شد. میزان کاهش پارازیتیسم در تیمارهای آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید برای *T. brassicae* به‌ترتیب ۲۵/۱۲، ۱۸/۷۱، ۱۳/۳ و ۱۱/۸۱ درصد و برای *T. evanescens* به‌ترتیب ۲۴/۱۸، ۱۹/۲، ۱۵ و ۱۰/۸۴ درصد تعیین شد. نتایج نشان داد که فلوبندیامید سمیت کمتری نسبت به دیگر ترکیبات مورد بررسی داشته و استفاده از آن در برنامه‌های مدیریت تلفیقی مینوز گوجه‌فرنگی امکان‌پذیر است.

واژهای کلیدی: آفت‌کش، زنبور تریکوگراما، شب‌پره مینوز، مدیریت تلفیقی.

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* Mill.) یکی از محصولات مهم کشاورزی در ایران است که کشت آن در گلخانه و مزارع رواج دارد (Ashtari, 2018). تولید سالانه حدود ۵/۶ میلیون تن گوجه‌فرنگی، کشور ما را در جایگاه هفتم تولیدکنندگان این محصول مهم و استراتژیک در دنیا قرار داده است (Ahmadi *et al*., 2018).

متأسفانه در سال‌های اخیر به‌دلیل عدم رعایت اصول قرنطینه، شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*) وارد کشور شده و مشکلات فراوانی برای کشاورزان ایجاد نموده است؛ این حشره آفتی چند نسلی با توان تولیدمثلی بالا و دوره زندگی کوتاه می‌باشد. این شب‌پره در گروه آفات با دامنه میزبانی محدود قرار می‌گیرد (Baniameri & Cheraghian, 2011). لاروهای آن پس از خروج از تخم به درون بافت‌های گیاه نفوذ کرده و از آن تغذیه می‌کنند و باعث بدشکلی میوه‌ها، توقف رشد جوانه‌های انتهایی و کاهش شدید سطح سبز برگ می‌شوند. در صورت وجود شرایط مناسب و عدم وجود برنامه‌های مدیریتی صحیح، خسارت این آفت می‌تواند منجر به نابودی ۱۰۰-۸۰ درصد محصول در شرایط مزرعه و گلخانه شود (Terzidis *et al*., 2014).

در حال حاضر کنترل شیمیایی مهم‌ترین ابزار در مدیریت آفات کشاورزی می‌باشد که اگر به روش درست استفاده نشود باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی، طغیان آفات ثانویه، ظهور مقاومت، تهدید سلامتی انسان و اثرات نامطلوب روی موجودات غیرهدف می‌شود (Tabebordbar *et al*., 2020). به همین منظور جست‌وجو برای یافتن راه‌های جایگزین در برنامه‌های مدیریتی آفات باید با جدیت بیشتری ادامه یابد. مدیریت تلفیقی آفات شیوه‌ای است که با استفاده از روش‌های مختلف کنترل آفات در کنار یکدیگر سعی در کاهش جمعیت آن‌ها به تراکمی پایین‌تر از آستانه‌ی زیان اقتصادی دارد و به همین دلیل محققین را به استفاده از ترکیبات آفت‌کش سازگار با محیط‌زیست در کنار عوامل کنترل زیستی ترغیب نموده است (Puza, 2015). دشمنان طبیعی زیادی از جمله پارازیتوئیدها، شکارگرها و بیمارگرها روی مینوز گوجه‌فرنگی تأثیر دارند که از بین این عوامل کنترل‌کننده، زنبورهای تریکوگراما از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. گونه‌های متعددی از زنبورهای تریکوگراما در دنیا به‌عنوان پارازیتوئید تخم مینوز گوجه‌فرنگی شناسایی شده‌اند (Ghoneim, 2014).

Trichogramma evanescens به‌عنوان پارازیتوئید مینوز گوجه‌فرنگی ثبت شده است (Sayed *et al*., 2011). *Trichogramma brassicae* در ایران بیشتر به‌عنوان زنبور پارازیتوئید تخم کرم گلوگاه انار *Ectomyelois ceratoniae* استفاده می‌شود (Moezipour *et al*., 2008) و تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی را پارازیته می‌کند (Potting *et al*., 2013).

در پژوهش Alsaedi و همکاران (۲۰۱۶) کارایی سه گونه زنبور تریکوگراما *T. brassicae*، *T. embryophagum* و *T. evanescens* روی تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی که با *Bacillus thuringiensis* واریته کورستاکی با غلظت 10^9 اسپور در هر گرم اسپری شده بودند، در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای (قفس) مورد بررسی قرار گرفت که گونه *T. embryophagum* بیشترین و گونه *T. evanescens* کمترین میزان پارازیتیسم را روی تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی ایجاد کردند.

آفت‌کش‌هایی که برای کنترل آفات به‌کار می‌روند، اثرات جانبی متعددی روی عوامل کنترل‌کننده آفات از جمله پارازیتوئیدها دارند و

می‌توانند تغییراتی در رشد و نمو، درصد ظهور، نسبت جنسی و میزان پارازیتیسم ایجاد کنند که این اثرات نامطلوب یا با تماس مستقیم دشمن طبیعی با ترکیب آفت‌کش و یا از طریق آلودگی میزبان صورت می‌گیرد که در نهایت با ایجاد مسمومیت و کاهش توانایی عامل کنترل‌کننده، منجر به طغیان آفات می‌گردد؛ به همین دلیل لازم است که اثر ترکیبات مختلف آفت‌کش روی دشمنان طبیعی آن‌ها نیز مطالعه شود تا کاربرد ترکیباتی که اثرات جانبی نامطلوبی روی دشمنان طبیعی دارند، محدودتر گردد (Desneux *et al.*, 2010).

در این پژوهش، اثرات کشنده آفت‌کش‌های آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید که هم به‌طور گسترده جهت کنترل آفات بال پولک‌دار استفاده می‌شوند و هم برای کنترل مینوز گوجه‌فرنگی توصیه شده‌اند (Noorbakhsh, 2019)، روی مراحل بالغ دو گونه زنبور تریکوگراما *T. evanescens* و *T. brassicae* از دشمنان طبیعی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی بررسی شد. همچنین میزان پارازیتیسم این دو گونه پارازیتوئید در معرض غلظت کشنده ۲۵ درصد این آفت‌کش‌ها روی تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی که از آفات مهم این محصول در مزرعه و گلخانه می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به ضرورت حفظ محیط‌زیست و سلامت مصرف‌کنندگان و دشمنان طبیعی آفات، نتایج این مطالعه می‌تواند در انتخاب مناسب‌ترین ترکیب با اثرات نامطلوب کمتر، جهت کنترل تلفیقی مینوز گوجه‌فرنگی کاربرد داشته باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از ترکیبات آبامکتین (EC Vertimec® 1.8%) با غلظت‌های ۲۵ درصد کشنده (۰/۰۰۰۳۱ و ۰/۰۰۰۳۳ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر) ساخت شرکت گل‌سم گرگان، امامکتین بنزوات (ProclimFit® WG50, 5%) (۰/۰۰۰۷۵ و ۰/۰۰۰۶۶ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر) ساخت شرکت سینجنتا (Syngenta) کشور سویس، استامی‌پرید (Mospilan® SP20, 20%) (۰/۰۰۱۵ و ۰/۰۰۱۲ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر) ساخت شرکت گل‌سم گرگان و فلوبندیامید (WG20, Takumi® 20%) (۰/۴۱ و ۰/۴۴ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر) ساخت شرکت سینجنتا به‌ترتیب غلظت‌های اول هر آفت‌کش برای گونه *T. brassicae* و غلظت‌های دوم برای گونه *T. evanescens* استفاده شد.

پرورش حشرات

جمعیت اولیه مینوز گوجه‌فرنگی از گلخانه‌های آلوده شهر اراک در استان مرکزی جمع‌آوری شد. پرورش انبوه این آفت با رهاسازی روی بوته‌های رشد یافته گوجه‌فرنگی (با ۴۰-۳۵ سانتی‌متر ارتفاع) رقم ریو گرند (Rio Grande) داخل گلدان (ارتفاع ۱۵ و قطر ۱۸ سانتی‌متر) در محیط گلخانه با شرایط (دمای ۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۵±۶۵ درصد) درون قفس‌های توری به ابعاد ۶۰×۶۰×۱۲۰ سانتی‌متر صورت گرفت. هر هفته گلدان‌های حاوی گوجه‌فرنگی (با ۴۰-۳۵ سانتی‌متر ارتفاع) به کلنی پرورش حشرات اضافه می‌شدند تا همواره گیاه شاداب و سالم برای تخم‌ریزی شب‌پره‌های بالغ و تغذیه لاروها موجود باشد. پرورش زنبورهای *T. brassicae* جمعیت بابلسر و *T. evanescens* جمعیت مشهد در اتاقک رشد در شرایط کنترل شده (دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) به‌مدت سه نسل صورت گرفت و از زنبورهای نسل سوم در آزمایش‌ها استفاده شد. از تخم‌های بید غلات

Sitotroga cerealella برای تکثیر پارازیتوئیدها استفاده شد. دو گونه زنبور از آزمایشگاه کنترل بیولوژیک بخش حشره‌شناسی دانشگاه تهران تهیه شدند.

مقایسه اثر پارازیتیسمی دو گونه زنبور تریکوگراما روی تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

جهت انجام این آزمایش از روش Zouba و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شد. به این ترتیب که از هر گونه تریکوگراما ۱۰ عدد زنبور ماده جفت‌گیری کرده با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت به‌طور انفرادی روی برگ‌های حاوی ۳۰ عدد تخم تازه بید گوجه‌فرنگی به‌مدت ۲۴ ساعت درون ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکلی (۱۱×۸/۵ سانتی‌متر) قرار داده شدند. سپس برگ‌ها در اتاقک رشد (دمای۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۱۰±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) نگهداری و میزان پارازیتیسم تخم *T. absoluta* توسط دو گونه زنبور تریکوگراما تعیین گردید. برگ‌های مورد استفاده در آزمایش از حد فاصل یک‌سوم بالایی و پایینی بوته انتخاب شدند. ارزیابی و سنجش آماری تأثیر تیمارهای آزمایشی به شیوه t-test انجام شد.

ارزیابی میزان پارازیتیسم تحت تأثیر آفت‌کش‌ها

این آزمایش به روش Sidi و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد. برای این منظور از غلظت کشنده ۲۵ درصد هر آفت‌کش به روش لوله آزمایش برای تیمار افراد بالغ دو گونه زنبور تریکوگراما استفاده شد. به این منظور ۵۰ میکرولیتر از ترکیب سم در لوله شیشه‌ای با اندازه ۱۰×۱/۵ سانتی‌متر ریخته شد و پس از تبخیر حلال (آب مقطر) در تیمارها و شاهد، تعداد ۱۰ عدد زنبور تریکوگراما ماده با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت به هر لوله آزمایش منتقل و درب آن‌ها با توری آغشته به آب قند ۱۰ درصد مسدود شد و لوله‌های آزمایش در اتاقک رشد با شرایط کنترل شده فوق قرار گرفت. این آزمایش به روش طرح کاملاً تصادفی و در پنج تکرار و در هر تکرار ۱۰ عدد زنبور ماده جفت‌گیری کرده یک روزه انجام شد. مرگ و میر پس از ۲۴ ساعت ثبت شد. جهت محاسبه میزان پارازیتیسم تخم مینوز گوجه‌فرنگی توسط زنبورهای زنده مانده پس از قرارگیری در معرض غلظت کشنده ۲۵ درصد هر آفت‌کش، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول دو گونه زنبور *T. brassicae* و *T. evanescens* و فاکتور دوم با پنج سطح شامل چهار آفت‌کش (آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید) و یک شاهد (غلظت صفر) بود. در هر تکرار پنج عدد زنبور ماده جفت‌گیری کرده با طول عمر کمتر از ۲۴ ساعت به‌مدت ۴۸ ساعت در معرض ۱۵۰ عدد تخم مینوز گوجه‌فرنگی روی برگ درون ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل (۱۱×۸/۵ سانتی‌متر) قرار گرفتند و پارازیتیسم محاسبه گردید. در پایان آزمایش مرگ و میر هر تیمار نیز پس از ۴۸ ساعت محاسبه گردید.

تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام گرفت. میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند. نرمال بودن داده‌ها با نرم‌افزار SPSS، مورد بررسی قرار گرفت. برای داده‌های درصدی به روش $\text{Arcsin}\sqrt{x}$ تبدیل داده انجام شد. داده‌های مربوط به تعداد تخم‌های پارازیته به روش ریشه دوم $x+0.5$ نرمال شدند. R یا میزان کاهش در پارازیتیسم با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

رابطه (۱)
$$R(\%)=(1-\frac{f}{t})\times 100$$

f= میانگین‌میزان پارازیتیسم در هر تیمار حشره‌کش و t= میانگین میزان پارازیتیسم در تیمار شاهد.

نتایج

میانگین درصد پارازیتیسم تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی توسط دو گونه *T. brassicae* و *T. evanescens*

نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که میانگین تعداد تخم‌های پارازیته شده شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی توسط دو گونه *T. brassicae* و *T. evanescens* با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۱).

درصد مرگ و میر زنبورهای دو گونه *T. brassicae* و *T. evanescens* تحت تأثیر غلظت کشنده ۲۵ درصد آفت‌کش‌ها

T. brassicae

بین تیمارهای آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید بیشترین درصد مرگ و میر در آبامکتین به‌میزان ۳۲ درصد و کمترین درصد مرگ و میر در فلوبندیامید به‌میزان ۲۴ درصد مشاهده شد؛ بین تیمارها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲).

T. evanescens

بیشترین (۳۰) و کمترین (۲۲) درصد مرگ و میر تحت تأثیر غلظت کشنده ۲۵ درصد، به‌ترتیب در تیمار آبامکتین، امامکتین بنزوات و فلوبندیامید مشاهده شد. بین تیمارها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲).

- میانگین تعداد تخم‌های پارازیته‌شده، درصد کاهش پارازیتیسم و درصد مرگ و میر زنبورها تحت تأثیر غلظت کشنده ۲۵ درصد آفت‌کش‌ها و میزان پارازیتیسم روی تخم مینوز گوجه‌فرنگی

T. brassicae

بین تعداد تخم پارازیته شده توسط این زنبور در همه تیمارها با تیمار شاهد ۰/۱۳±۱۳/۵۳ اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. تعداد تخم پارازیته شده در تیمارهای آبامکتین ۰/۰۷±۱۰/۱۳ و امامکتین بنزوات ۰/۱۱±۱۱/۰۰ اختلاف معنی‌داری داشتند. تعداد تخم پارازیته شده در تیمارهای استامی‌پرید ۰/۱۳±۱۱/۷۳ و فلوبندیامید ۰/۱۸±۱۱/۹۳ اختلاف معنی‌داری نداشتند. با توجه به درصد مرگ و میر محاسبه شده، آبامکتین نسبت به سایر آفت‌کش‌ها درصد مرگ و میر بیشتری (۲۶/۶۷) ایجاد کرد (جدول‌های ۳ و ۴).

T. evanescens

بین تعداد تخم پارازیته‌شده توسط زنبور در همه تیمارها با تیمار شاهد ۰/۱۱±۸/۰۰ اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. تعداد تخم پارازیته‌شده در تیمارهای آبامکتین ۰/۰۷±۶/۰۷ و امامکتین بنزوات ۰/۱۳±۶/۴۷ اختلاف معنی‌داری داشتند. تعداد تخم پارازیته‌شده در تیمارهای استامی‌پرید ۰/۱۱±۶/۸ و فلوبندیامید ۰/۱۸±۷/۱۳ اختلاف معنی‌داری نداشتند. با توجه به درصد مرگ و میر محاسبه‌شده، آبامکتین و امامکتین بنزوات نسبت به دو آفت‌کش دیگر درصد مرگ و میر بیشتری (۲۰) ایجاد کردند (جدول‌های ۳ و ۴).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در مورد میزان پارازیتیسم نشان داد که اثر دو فاکتور گونه زنبور ($F_{(1,20)}$= 2980.56, P= 0.0001) و غلظت آفت‌کش ($F_{(4, 20)}$= 103.76, P= 0.0001) هر کدام به تنهایی روی میزان پارازیتیسم معنی‌دار بود. اثر متقابل دو فاکتور گونه زنبور و غلظت آفت‌کش نیز روی میزان پارازیتیسم معنی‌دار بود ($F_{(4, 20)}$= 7.59, P= 0.001). نتایج حاصل از تجزیه واریانس در مورد درصد مرگ و میر پس از ۴۸ ساعت نشان داد که اثر دو فاکتور گونه زنبور ($F_{(1, 20)}$= 57.14,

(P= 0.0001) و آفت‌کش ($F_{(4, 20)}$= 307.14, P= 0.0001) هر کدام به تنهایی روی درصد مرگ و میر معنی‌دار بود.

اثر متقابل دو فاکتور گونه زنبور و آفت‌کش نیز روی درصد مرگ و میر معنی‌دار بود ($F_{(4, 20)}$= 21.43, P= 0.001).

بین درصد کاهش پارازیتیسم دو گونه، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

جدول ۱- میانگین تعداد تخم‌های پارازیته شده *T. absoluta* در ۲۴ ساعت توسط دو گونه زنبور تریکوگراما *T. brassicae* و *T. evanescens*

گونه	تعداد	میانگین± خطای استاندارد	خطای معیار	P	T	درجه آزادی
T. brassicae	۱۰	۱۳/۱±۰/۳۷	۱/۱۹	۰/۰۰۰۱	۷/۸۴**	۹
T. evanescens	۱۰	۷/۹±۰/۳۱	۰/۹۹			

**: بسیار معنی‌دار (با ۹۹ درصد اطمینان)

جدول ۲- تأثیر غلظت کشنده ۲۵ درصد آفت‌کش‌های آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید بر میانگین درصد مرگ و میر افراد بالغ *T. brassicae* و *T. evanescens* به‌مدت ۲۴ ساعت

آفت‌کش‌ها	درصد مرگ و میر *T. brassicae*	درصد مرگ و میر *T. evanescens*
آبامکتین	۳۲/۰۰±۲/۰۰^{a}	۳۰/۰۰±۳/۱۶^{a}
امامکتین بنزوات	۳۰/۰۰±۲/۱۶^{a}	۳۰/۰۰±۳/۰۰^{a}
استامی‌پرید	۲۶/۰۰±۲/۲۵^{b}	۲۸/۰۰±۲/۰۰^{a}
فلوبندیامید	۲۴/۰۰±۲/۳۵^{b}	۲۲/۰۰±۲/۰۱^{b}
ضریب تغییرات (درصد)	۷/۷۸	۹/۵۳

میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیدند؛ در سطح یک درصد بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی‌دار دارند.
عدد به‌دست آمده برای هر ستون برابر با میانگین تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد.

جدول ۳- میانگین تخم‌های پارازیته شده شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی و درصد کاهش پارازیتیسم به ازای هر فرد ماده گونه *T. brassicae* و *T. evanescens* به‌مدت ۴۸ ساعت و پس از تیمار با غلظت کشنده ۲۵ درصد آفت‌کش‌های آبامکتین، امامکتین بنزوات، استامی‌پرید و فلوبندیامید

آفت‌کش‌ها	*T. brassicae*		*T. evanescens*	
	میانگین تخم‌های پارازیته شده	درصد کاهش پارازیتیسم	میانگین تخم‌های پارازیته شده	درصد کاهش پارازیتیسم
آبامکتین	۱۰/۱۳ ±۰/۰۷^{d}	۲۵/۱۲	۶/۰۷ ±۰/۰۷^{d}	۲۴/۱۲
امامکتین بنزوات	۱۱/۰۰ ±۰/۱۱^{c}	۱۸/۷۰	۶/۴۷ ±۰/۱۳^{dc}	۱۹/۱۲
استامی‌پرید	۱۱/۷۳ ±۰/۱۳^{b}	۱۳/۳۰	۶/۸±۰/۱۱^{bc}	۱۵/۰۰
فلوبندیامید	۱۱/۹۳ ±۰/۱۸^{b}	۱۱/۸۲	۷/۱۳ ±۰/۱۸^{b}	۱۰/۸۷
شاهد	۱۳/۵۳ ±۰/۱۳^{a}	۰/۰۰	۸/۰۰ ±۰/۱۱^{a}	۰/۰۰
ضریب تغییرات (درصد)	۲/۲۱	-	۳/۱۸	-

میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیدند؛ در سطح یک درصد بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی‌دار دارند.
عدد به‌دست آمده برای هر ستون برابر با میانگین تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد.

جدول ۴- درصد مرگ و میر افراد بالغ زنبور *T. brassicae* و *T. evanescens* پس از گذشت ۴۸ ساعت از در معرض قرار گرفتن با تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

آفت‌کش‌ها	درصد مرگ و میر *T. brassicae*	درصد مرگ و میر *T. evanescens*
آبامکتین	۲۶/۶۷ ±۰/۸۸^{a}	۲۰/۰۰ ±۰/۵۸^{a}
امامکتین بنزوات	۲۰/۰۰±۱/۰۰^{b}	۲۰/۰۰ ±۱/۰۰^{a}
استامی‌پرید	۱۳/۳۳± ۰/۶۷^{c}	۱۳/۳۳± ۰/۸۸^{b}
فلوبندیامید	۱۳/۳۳±۰/۳۴^{c}	۶/۶۷±۰/۶۷^{c}
شاهد	۶/۶۷±۰/۳۴^{d}	۶/۶۷±۰/۳۴^{c}
ضریب تغییرات (درصد)	۵ /۸۲	۷/۵۰

میانگین‌هایی که با حروف متفاوت مشخص گردیدند؛ در سطح یک درصد بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی‌دار دارند.
عدد به‌دست آمده برای هر ستون برابر با میانگین تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد.

جدول ۵- مقایسه t-test درصد کاهش پارازیتیسم دو گونه *T. brassicae* و *T. evanescens*

گونه	تعداد	میانگین± خطای استاندارد	خطای معیار	P	T	درجه آزادی
T. brassicae	۴	۱۷/۲۳±۳/۰۱	۶/۰۳	۰/۹۵	-۰۷/۰^{ns}	۳
T. evanescens	۴	۱۷/۲۸±۲/۸۳	۵/۶۷			

ns: عدم معنی‌داری

بحث

آبامکتین آفت‌کشی از گروه اورمکتین‌ها و جزء آفت‌کش‌های زیستی محسوب می‌شود. این آفت‌کش در ایران برای کنترل مینوزها در گوجه‌فرنگی توصیه شده است (Noorbakhsh, 2019). امامکتین بنزوات یک آفت‌کش جدید از خانواده اورمکتین‌ها است. این فرآورده برای کنترل بال پولک‌داران روی انواع محصولات به‌ویژه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تکوین یافته است. این آفت‌کش با تأثیر روی سلول‌های عصبی مانع از انقباض ماهیچه‌ای شده و از تغذیه لاروها جلوگیری می‌کند (Esmaeili, 2014). استامی‌پرید از سموم نئونیکوتینوئیدی است و با اختلال در عمل گیرنده‌های عصبی استیل کولین باعث فلج‌شدن و مرگ حشره می‌شود (Talebi Jahromi, 2013). فلوبندیامید یک آفت‌کش جدید برای کنترل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی می‌باشد؛ این ترکیب از خانواده ترکیبات دی‌آمیدی بوده و باعث مهار گیرنده ریانودین (Ryanodine receptor) می‌شود (Das *et al*., 2017).

نتایج این پژوهش نشان داد که گونه *T. brassicae* با میانگین درصد پارازیتیسم ۴۳/۶۶±۱/۲۶ نسبت به گونه *T. evanescens* با میانگین درصد پارازیتیسمی ۲۶/۳۳±۱/۰۵ توانایی بیشتری در پارازیتیسم تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی دارد. در مطالعه‌ای که در مورد انتخاب جمعیت بومی زنبور تریکوگراما جهت کنترل بید گوجه‌فرنگی روی چند گونه تریکوگراما در شرایط آزمایشگاه انجام شد، بیشترین میانگین درصد پارازیتیسم مربوط به *T. brassicae* به‌میزان ۴۷/۵ ±۰/۸۵ و کمترین آن مربوط به گونه *T. pintoi* به‌میزان ۰/۴۳ ±۴/۱۷ تعیین شد و میانگین

درصد پارازیتیسم گونه *T. evanescens*، ۱۰/۴۰±۲۹/۲ برآورد شد که با نتایج تحقیق حاضر به‌دلیل تشابه در جمعیت‌های مورد آزمایش همسو می‌باشد (Ahmadipour *et al*., 2015).

در زمینه تأثیر آفت‌کش‌ها به رفتار تخم‌گذاری پارازیتوئیدها مطالعاتی توسط Khan و Ruberson (۲۰۱۷) و Uma و همکاران (۲۰۱۴) انجام شده است که دلیل آن وجود رابطه مستقیم بین میزان تخم‌گذاری و نرخ پارازیتیسم می‌باشد. آفت‌کش‌ها می‌توانند هماهنگی بسیار دقیق موجود بین سیستم عصبی و هورمونی حشره را بر هم زنند و موجب بروز یک سلسله آشفتگی‌های رفتاری و فیزیولوژیکی مرتبط با تخم‌گذاری شوند. اختلال غیرمستقیم در رفتار تخم‌گذاری می‌تواند در اثر خاصیت دورکنندگی بعضی آفت‌کش‌ها صورت گیرد که خود می‌تواند به کاهش احتمال یافتن میزبان مناسب یا محل مناسب تخم‌گذاری منجر شود (Khan & Ruberson, 2017; Uma *et al*., 2014).

در مورد درصد کاهش پارازیتیسم تحت تأثیر آفت‌کش‌ها گونه *T. brassicae* نسبت به آبامکتین و فلوبندیامید و گونه *T. evanescens* نسبت به امامکتین بنزوات و استامی‌پرید حساسیت بیشتری نشان دادند. به‌طور کلی در هر دو آزمایش، آبامکتین بیشترین کاهش در پارازیتیسم و فلوبندیامید کمترین کاهش در پارازیتیسم را نسبت به شاهد نشان دادند. دلیل زیان بیشتر آبامکتین نسبت به فلوبندیامید را می‌توان به تفاوت در وزن مولکولی، چربی‌دوستی و نحوه تأثیر این آفت‌کش‌ها ذکر کرد؛ این نتیجه مؤید این مطلب است که گونه‌های مختلف تریکوگراما نسبت به آفت‌کش‌های مختلف ممکن است حساسیت‌های متفاوتی داشته باشند (Costa *et al*., 2014). در مطالعه Bengochae و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر بالاترین غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای آبامکتین روی افراد بالغ *Aphidius colemani* Viereck و *Eretmocerus mundus* Mercet در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد و چنین نتیجه گرفتند که این ترکیب در این غلظت، میزان پارازیتیسم را نسبت به شاهد به‌شدت کاهش می‌دهد (Bengochae *et al*., 2012). با توجه به تفاوت زیاد در غلظت به‌کار رفته در این تحقیق و مطالعه حاضر، نتایج مشابه نمی‌باشند، ولی با این وجود در تحقیق حاضر آبامکتین بیشترین کاهش را در میزان پارازیتیسم در هر دو گونه نشان داده است. در مطالعه‌ای دیگر تأثیر امامکتین بنزوات و فلوبندیامید در غلظت‌های ۳/۲ و ۸۰ میلی‌گرم ماده مؤثر در لیتر روی میزان پارازیتیسم افراد بالغ *T. chilonis*، به‌ترتیب باعث ۸۲ و ۱۸ درصد کاهش در پارازیتیسم شد. آن‌ها اظهار داشتند که فلوبندیامید برای بقاء و ظرفیت پارازیتیسم زنبورهای بالغ این گونه بی‌زیان است (Sattar *et al*., 2011) که با نتایج این تحقیق مشابه می‌باشد. تأثیر استامی‌پرید روی میزان پارازیتیسم افراد بالغ *T. pretiosum* بررسی شد. ۴۸ ساعت پس از تیمار با غلظت ۰/۰۵ گرم ماده مؤثر در لیتر استامی‌پرید، کاهش پارازیتیسم نسبت به شاهد ۱۸/۳ درصد بود (Carvalho *et al*., 2010) که با نتایج تحقیق حاضر به‌دلیل تفاوت در گونه‌های مورد بررسی و همچنین غلظت به‌کار رفته تا حدی مشابه می‌باشد.

همچنین در مطالعه‌ی Khan و Ruberson (۲۰۱۷) تأثیر آبامکتین و استامی‌پرید در غلظت‌های ۰/۰۱۸ و ۰/۰۵ گرم ماده مؤثر بر لیتر روی افراد بالغ *T. pretiosum* بررسی شد. آبامکتین برای افراد بالغ این گونه زیان‌آور بود و استامی‌پرید زیان متوسطی داشت و همچنین میزان پارازیتیسم افراد بالغ نسبت به شاهد در استامی‌پرید به‌ترتیب ۹۸ درصد کاهش نشان داد (Khan & Ruberson, 2017). با توجه به تفاوت زیاد در غلظت به‌کار رفته در این تحقیق و مطالعه حاضر

نتایج مشابه نمی‌باشند. کاربرد آبامکتین در غلظت توصیه‌شده مزرعه‌ای علیه افراد بالغ *T. pretiosum* باعث ۹۶/۰۹ درصد کاهش در پارازیتیسم شد (Sidi *et al*., 2013). تفاوت زیاد در غلظت‌های به‌کار رفته در این تحقیق و مطالعه حاضر می‌تواند دلیل اختلاف در میزان کاهش پارازیتیسم باشد. درباره میزان پارازیتیسم دو گونه زنبور تریکوگرامای مذکور روی تخم‌های تیمار شده مینوز گوجه‌فرنگی با غلظت ۲۵ درصد کشنده آفت‌کش‌ها روی زنبور، اطلاعاتی در منابع در دست نیست.

نتیجه‌گیری کلی

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی بـه‌دلیل داشتن چندین نسل در سال، باروری نسبتاً بالا و امکان زنده‌ماندن به‌صورت شفیره در خاک، توانایی بالایی در مقاومت نسبت به حشره‌کش‌ها دارد؛ بنابراین می‌توان با استفاده از روش‌های متنوع مانند حفاظت از دشمنان طبیعی از طریق کاربرد حشره‌کش‌های انتخابی از مصرف بیشتر حشره‌کش‌ها و در نتیجه گسترش مقاومت به حشره‌کش‌ها کاست. با توجه به لزوم کاهش مصرف سموم و تازه‌خوری گوجه‌فرنگی، استفاده از حشره‌کش‌هایی که خطرات کمتری برای حشرات مفید و محیط‌زیست دارند در اولویت می‌باشند؛ بنابراین از آن‌جا که فلوبندیامید برای حشرات مفید خطر کمتری داشته و با توجه به پژوهش Ashtari و همکاران (۲۰۱۸) دوام کمتری نیز دارد، در مقایسه با سایر حشره‌کش‌های مورد بررسی در این پژوهش از اولویت بالاتری برخوردار است.

References

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdshah, H. & Kazemian, A. (2018). *Agricultural Statistics, Volume 1*. Tehran Ministry of Jehad Agriculture. (In Farsi)
- Ahmadipour, R., Shakarami, J., Farrokhi, S. & Jafari, S. (2015). Evaluation of *Trichogramma brassicae* native strains as egg parasitoid of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) in the laboratory conditions. *Bio-Control in Plant Protection*, 3, 109-122. (In Farsi)
- Alsaedi, G., Ashouri, A. & Talaei hassanloui, R. (2016). Effect of treating eggs of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* with *Bacillus thuringiensis* on biological characteristics of three *Trichogramma* species under laboratory conditions. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 5(3), 324-328.
- Ashtari, S., Sabahi, Q. & Talebi Jahromi, K. (2018). Evaluation of toxicity of some biocompatible insecticides on *Trichogramma brassicae* and *T. evanescens* under laboratory and semi-field conditions. *Journal of Crop Protection*, 7(4), 459-469.
- Ashtari, S. (2018). Control of *Tuta absoluta* by using of chemical pesticides and useful insects. *Greenhouse Vegetables*, 1(1), 33-39. (In Farsi)
- Baniameri, V. & Cheraghian, A. (2011). The current status of *Tuta absoluta* in Iran and initial control sterategies. International, management of *Tuta absoluta* (tomato borer) Symposium Proceeding, 16-18 November, Agadir. Morocco, pp. 16-18.
- Bengochae, P., Medina, P. & Vega, P. (2012). The effect of abamectin on *Aphidius colemani* and *Eretmocerus mundus* used in pepper greenhouse. *Journal of Agricultural Research*, 10(3), 102-107.
- Carvalho, G. A., Goday, M. S., Parreira, D. S. & Rezende, D. T. (2010). Effect of chemical insecticides used in tomato crops on immature *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Revista Colombiana de Entomologia*, 36(1), 10-15.

- Costa, M. A., Moscardini, V. F., da Costa Gontijo, P., Carvalho, G. A., de Oliveira, R. L. & de Oliveira, H. N. (2014). Sub-lethal and trans-generational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Ecotoxicology*, 23(8), 1399-1408.
- Das, S. K., Mukherjee, I. & Roy, A. (2017). Flubendiamide as new generation insecticide in plant toxicology: A policy paper. *Advance in Clinical Toxicology*, 2, 100-122.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wychhuys A. G. & Burgio, G. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83, 197-215.
- Esmaeili, M., Saber, M., Bagheri, M. & Gharekhani, G. H. (2016). Effect of emamectin benzoate and indoxacarb on *Tuta absoluta* (Meyrick.) in laboratory conditions. *Applied Researches in Plant Protection*, 4(2), 161-169.
- Ghazzagh, M. (2016). Effects of two insecticides proclimfit and flubendiamid on biological parameters of *Trichogramma brassicae* in laboratory conditions, Msc thesis, agricultural entomology, Gorgan University, 89 pp.
- Ghoneim, K. (2014). Parasitic insects and mites as potential biocontrol agents for a devastive pest of tomato, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in the world: a review. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 19(1), 36-68.
- Khan, M. A. & Ruberson, J. R. (2017). Lethal effects of selected novel pesticides on immature stages of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Pest Management Science*, 73(12), 2465-2472.
- Moezipour, M., Kafil, M. & Allahyari, H. (2008). Functional response of *Trichogramma brassicae* at different temperatures and relative humidities. *Bulletin of Insectology*, 61(2), 245-250.
- Noorbakhsh, S. (2019). List of pests, diseases and weeds important for major agricultural products, pesticides and recommended methods for controlling them. Ministry of Agriculture, Plant Protection Organization.
- Potting, R. P. J., Van Der Gaag, D. J., Loomans, A., Van der Straten, M., Anderson, H., MacLeod, A. & Cambra, G. V. (2013). *Tuta absoluta*, tomato leaf miner moth or South American tomato moth. Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. *Plant Protection Service of the Netherlands*.
- Puza, V. (2015). Control of insect pest by entomopathogenic nematodes. In: B. Lugtenberg (Ed.), Principles of plant microbe interaction. (pp. 175-183). Springer International Publishing, BERN.
- Sattar, S., Arif, M., Sattar, H. & Qazi, J. I. (2011). Toxicity of some new insecticides against *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory and extended laboratory conditions. *Pakistan Journal of Zoology*, 43(6), 1117-1125.
- Sayed, S. M., El-Shehawi, A. M. & Al-Otaibi, S. A. (2011). Molecular and biological characterization of *Trichogramma turkestanica* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) which inhabits Taif governorate at the west of Saudi Arabia. *African Journal of Biotechnology*, 10(46), 9467-9472.
- Sidi, M. B., Islam, M. T., Ibrahim, Y. & Omar, D. (2013). Effect of azadirachtin and rotenone on *Trichogramma papilionis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Food Agriculture and Environmental*, 11(2), 1509-1513.

- Tabebordbar, F., Shishehbor, P., Ziaee, M. & Sohrabi, F. (2019). Effects of field recommended concentrations of three different insecticides on life table parameters of the parasitoid *Trichogramma evanescens* (Hym: Trichogrammatidae) under laboratory conditions. *Plant Pest Research*, 9(4), 11-23.
- Talebi Jahromi, K. H. (2013). *Pesticides toxicology*. Tehran University press.
- Terzidis, A. N., Wilcockson, S. & Leifert, C. (2014). The tomato leaf miner (*Tuta absoluta*): Conventional pest problem, organic management solutions?. *Organic Agriculture*, 4(1), 43-61.
- Uma, S., Jacob, S. & Lyla, K. R. (2014). Acute contact toxicity of selected conventional and novel insecticides to *Trichogramma japonicum* Ashmead (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Biopesticides*, 7, 133-137.
- Zouba, A., Chermiti, B., Chraiet, R. & Mahjoubi, K. (2013). Effect of two indigenous Trichogramma species on the infestation level by tomato miner *Tuta absoluta* in tomato greenhouses in the south-west of Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 8(2), 87-106.