**مقاله تحقیقی**

# اثرات دوز زیرکشنده حشره‌کش‌های دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب بر پارامترهای زیستی زنبور پارازیتوئید *Aenasius bambawalei* (Hymenoptera: Encyrtidae)

**زینب رفعتیان، نوشین زندی سوهانی، فاطمه یاراحمدی**

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

مسئول مکاتبات: نوشین زندی سوهانی، ایمیل: Zandi@asnrukh.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۹ ۸(۲) ۷۱–۸۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱

## چکیده

زنبور پارازیتوئید داخلی *Aenasius bambawalei* Hayat (Hym.: Encyrtidae) یکی از پارازیتوئیدهای موثر شپشک آردآلود پنبه، *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hem.: Pseudococcidae) در ایران می‌باشد. از آنجایی‌که دشمنان طبیعی به تنهایی قادر به نگه‌داشتن جمعیت این شپشک زیر سطح زیان اقتصادی نمی‌باشند، بنابراین استفاده از سموم شیمیایی اجتناب‌ناپذیر است. در این پژوهش اثر دوزهای زیرکشنده ۰/۵، ۱ و ۲۵ پی‌پی‌ام به‌ترتیب از حشره‌کش‌های دیمتوات، تیودیکارب و ایمیداکلوپراید بر پارامترهای زیستی و بقای این پارازیتوئید در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که باروری زنبور در تیمارهای حشره‌کش‌ها کاهش یافته و طول دوره پیش از بلوغ کل (TPOP) افزایش نشان داد، اما طول دوره پیش از تخم‌ریزی حشره بالغ (APOP) و طول عمر ماده‌ها تغییری نداشت. همچنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت ($r_m$)، نرخ متناهی افزایش جمعیت ($\lambda$) و نرخ خالص تولیدمثل ($R_0$) در تیمارهای دیمتوات و تیودیکارب نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشتند، ولی در تیمار ایمیداکلوپراید، این اختلاف معنی‌دار نبود. براساس این نتایج، حشره‌کش ایمیداکلوپراید اثرات منفی کمتری نسبت به دو حشره‌کش دیگر بر پارامترهای رشدی و جدول زندگی زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* داشت.

**واژه‌های کلیدی:** زیست‌شناسی، دشمنان طبیعی، پارامترهای جدول زندگی، مدیریت تلفیقی آفات

## مقدمه

شپشک آردآلود پنبه، *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hem.: Pseudococcidae)، یکی از آفات چندخوار بالقوه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری دنیا محسوب می‌شود. این آفت برای اولین بار روی پنبه در ایالات متحده آمریکا (Fuchs *et al*., 1991) و بعد از آن ازکشورهای هند و پاکستان گزارش گردید (Hodgson *et al*., 2008; Sahito *et al*., 2011). این شپشک در حال حاضر از آفات مهم و اقتصادی محصولاتی مانند پنبه *Gossypium* spp.، بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.)، فلفل (*Capsicum annum* L.)، بادمجان (*Solanum melongena* L.) و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) محسوب شده و روی گیاه زینتی ختمی چینی (*Hibiscus rosa–sinensis* L.) نیز خسارت وارد می‌کند (Fand & Suroshe, 2015). در ایران برای اولین بار از روی گیاه ختمی چینی و در منطقه بندرعباس و میناب شناسایی شد (Moghadam & Bagheri, 2010). بررسی‌های بعدی نشان داد که این آفت همچنین در مناطقی از استان خوزستان و جزیره کیش روی گیاه ختمی چینی خسارت‌های شدیدی ایجاد می‌کند (Mossadegh *et al*., 2012). صدمه این آفت به گیاهان میزبان شامل مکش شیره گیاهی و تولید عسلک می‌باشد که منجر به جلب قارچ دوده و اختلال در فتوسنتز گیاه می‌گردد (Saeed *et al*., 2007).

از میان هفت گونه شناخته شده پارازیتوئیدهای این آفت در ایران، گونه *Aenasius bambawalei* Hayat (Hym.: Encyrtidae) به‌دلیل کارایی بیشتر در کاهش جمعیت آفت مورد توجه قرار گرفته است (Mossadegh *et al*., 2015; Fand &Suroshe, 2015; Joodaki *et al*., 2018). این پارازیتوئید علاوه بر ایران از سایر نقاط دنیا از جمله هند (Kumar *et al*., 2009; Tanwar *et al*., 2011)، جنوب چین (Feng *et al*., 2014)، پاکستان (Bodlah *et al*., 2009) گزارش شده است. به دلیل پتانسیل تولیدمثلی بالای شپشک آردآلود پنبه در مناطق دارای شرایط آب و هوایی مناسب، دشمنان طبیعی به تنهایی قادر به نگه‌داشتن جمعیت این آفت در زیر سطح زیان اقتصادی نمی‌باشند، بنابراین استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی اجتناب‌ناپذیر است (Sahito *et al*., 2011). حشره‌کش‌های مختلفی از گروه‌های پایروتروئیدها، حشره‌کش‌های آلی فسفره و نئونیکوتنوئیدها برای کنترل این آفت مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Afzal *et al*., 2015).

با توجه به اینکه کاربرد گسترده حشره‌کش‌های شیمیایی اثرات مخربی روی اکوسیستم داشته و باعث ایجاد مشکلاتی مانند مقاومت در حشرات آفت، باقیمانده آفت‌کش‌ها در خاک و محصولات کشاورزی، و اثرات ناخواسته روی موجودات غیر هدف می‌شود، در مدیریت تلفیقی آفات، استفاده ترکیبی از روش‌های کنترل بیولوژیکی و شیمیایی مورد پذیرش و توجه قرار گرفته است (Ambrose *et al*., 2010). اگرچه تعیین میزان سازگاری آفت‌کش‌ها با عوامل کنترل بیولوژیکی یک مسئله بسیار مهم و ضروری است (Stark & Banks, 2003). قرار گرفتن در معرض حشره‌کش‌ها، می‌تواند منجر به دامنه گسترده‌ای از اثرات از جمله اثرات مختلف زیرکشندگی روی موجود زنده شود. به‌عنوان مثال، علاوه بر مرگ موجود زنده، ممکن است باعث کاهش طول دوره زندگی، کاهش باروری، تغییر زمان اولین تولیدمثل، طول دوره نسلی طولانی‌تر، کاهش وزن و جهش در نتاج گردد (Stark & Banks, 2007). در دشمنان طبیعی، تماس با حشره‌کش‌ها ممکن است باعث القای برخی تغییرات رفتاری گردد که در نتیجه آن رقابت جنسی کاهش یافته و یا توانایی شکارگرها برای گرفتن شکار تحت تاثیر قرار گیرد که هر دو این مسائل می‌تواند باعث کاهش موفقیت در جفت‌گیری و در نتیجه کاهش نرخ رشد جمعیت دشمن طبیعی گردد (Stephens *et al*., 1999).

تاثیر دوز زیرکشنده حشره‌کش‌های متداول روی دموگرافی برخی زنبورهای پارازیتوئید توسط پژوهشگران مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. براساس اطلاعات جمع‌آوری شده تاکنون تاثیر سموم مختلف روی خصوصیات زیستی زنبورهای پارازیتوئید از جمله *Encarsia formosa* Gahan، *Habrobracon hebetor* Say، *Trichogramma chilonis* Ishii، *Trisolcus grandis* Thompson، *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) و *Eretmocerus mundus* Mercet مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Asadi *et al*., 2019; Rafiee–Dastjerdi 2012; Saber *et al*., 2005; Rezaei *et al*., 2018; Sohrabi *et al*., 2012, 2013; Wang *et al*., 2012). با توجه به اینکه در مورد تاثیر حشره‌کش‌های متداول روی زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* تاکنون مطالعه‌ای صورت نگرفته است، این پژوهش با هدف بررسی اثر دوز زیر کشنده حشره‌کش‌های دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب بر پارامترهای جدول زندگی، تولید مثلی و بقای این پارازیتوئید انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### پرورش حشرات

سرشاخه‌های گیاه ختمی چینی آلوده به مراحل مختلف زیستی شپشک آردآلود پنبه، *P. solenopsis*، از بوته‌های موجود در محوطه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جمع‌آوری شدند. حشرات موجود روی سرشاخه‌ها به روی غده‌های سیب‌زمینی دارای جوانه‌هایی به طول ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر به‌عنوان میزبان آزمایشگاهی منتقل گردیدند. غده‌ها در ظروف پلاستیکی دردار (۲۴×۱۰×۱۶ سانتی‌متر) قرار داده شدند. روی در ظروف جهت تهویه سوراخ‌هایی تعبیه شده بود که با توری ریز پوشانده شده بود.

کلنی جدید ایجاد شده برای انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت.

برای تهیه کلنی زنبورهای پارازیتوئید، شپشک‌های مومیایی‌شده از درختچه‌های ختمی چینی مذکور جمع‌آوری و در ظرف‌هایی نگه‌داری شدند. پس از ظهور زنبورهای نر و ماده بالغ و شناسایی در آزمایشگاه، به ظروف حاوی پوره سن سه شپشک آردآلود پنبه (سن ترجیح میزبانی زنبور) منتقل شدند، تا پس از جفت‌گیری، کلنی زنبور تشکیل شود. برای تغذیه زنبورها از محلول آب عسل استفاده شد. همگی حشرات در اتاقک‌های پرورش با دمای ۲±۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۷۰٪ و دورهٔ تاریکی به روشنایی ۱۴:۱۰ ساعت نگهداری شدند. کلیه آزمایش‌ها نیز در همین شرایط انجام شد.

## حشره‌کش‌ها

سموم حشره‌کش مورد استفاده در آزمایشات به شرح زیر بود:

۱- ایمیداکلوپراید: ایمیداکلوپراید با نام تجاری کنفیدور® (SD 35%) از گروه حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئیدی می‌باشد. این ترکیب به‌صورت فرمولاسیون مایع غلیظ قابل تعلیق ۳۵٪ و به نسبت ۱ در هزار برای کنترل آفات پسته، مرکبات، درختان میوه و نیز پنبه، سیب‌زمینی و سایر سبزیجات مصرف‌شده و محصول شرکت آریا شیمی می‌باشد.

۲- دیمتوات: این حشره‌کش از گروه حشره‌کش‌های آلی فسفره و با نام تجاری رکسیون® (EC 40%) عرضه می‌شود. دیمتوات جهت کنترل شپشک‌ها در درختان میوه و مرکبات به میزان یک در هزار مصرف می‌گردد. سم حشره‌کش مورد استفاده در این آزمایشات از شرکت کیمیا گوهر خاک تهیه گردید.

۳- تیودیکارب: حشره‌کش تیودیکارب با نام تجاری لاروین® و با فرمولاسیون (DF 80%) از شرکت مشک‌فام فارس تهیه گردید. این حشره‌کش از گروه کارباماتها بوده و به‌صورت یک لیتر در هکتار برای آفات مکنده پنبه استفاده می‌شود.

## تاثیر غلظت زیرکشنده زنبور روی ویژگی‌های رشدی زنبور

دوزهای زیرکشنده استفاده شده در این آزمایش، پس از انجام آزمایشات مقدماتی به ترتیب ۰/۵، ۱ و ۲۵ پی پی ام از حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید، دیمتوات و تیودیکارب تعیین گردید. در ادامه تعداد ۵۰ جفت زنبور یک‌روزه در معرض دوزهای زیرکشنده مشخص شده قرار گرفتند. برای این منظور ظروف استوانه ای پلاستیکی (با ارتفاع ۱۵ و قطر ۷ سانتی‌متر) برای مدت ۳۰ ثانیه به محلول حشره‌کش آغشته شدند و سپس مدت ۲۴ ساعت در معرض هوا قرارگرفته تا خشک شوند. سپس زنبورهای بالغ به‌مدت ۲۴ ساعت درون این ظروف با تهویه مناسب قرار گرفتند. برای تیمار شاهد از آب مقطر استفاده گردید. پس از یک روز، ۲ تا ۳ جفت از زنبورهای زنده مانده به‌صورت تصادفی انتخاب شدند و به ظروفی حاوی حداقل ۵۰ عدد پوره سن سوم شپشک منتقل شدند. بعد از مدت زمان ۲۴ ساعت، زنبورهای بالغ توسط آسپیراتور از ظروف خارج شدند. رشد زنبورهای پارازیتوئید درون پوره‌های شپشک از مرحله تخم تا بلوغ هر روز مورد بررسی قرار گرفت و طول دوره مراحل نابالغ و زنده‌مانی زنبورها به‌صورت روزانه ثبت گردید. برای این آزمایشات ۱۰ تکرار در نظر گرفته شد. پس از ظهور زنبورهای پارازیتوئید بالغ، هر جفت از آن‌ها در ظروف جداگانه قرار داده شدند و تعداد ۳۰ عدد پوره سن سوم شپشک برای تخم‌ریزی در اختیار آن‌ها قرار گرفت. هر ۲۴ ساعت، پارازیتوئیدها به‌وسیله یک آسپیراتور کوچک به یک ظرف جدید حاوی پوره‌های سن سوم جابجا شدند و این کار تا زمان مرگ ماده‌ها ادامه یافت. تعداد روزانه و کل پوره‌های پارازیته شده و همچنین طول عمر زنبورهای پارازیتوئید بالغ ثبت گردید.

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای محاسبه و مقایسه خصوصیات زیستی و تولیدمثلی زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* شامل طول مدت زمان نمو پیش از بلوغ و زادآوری روزانه ماده در تیمارهای مختلف حشره‌کش، از تئوری جدول زندگی سنی–مرحله

زیستی، دوجنسی براساس روش شرح داده شده توسط Chi (1988) و (Chi & Liu, 1985) استفاده شد. در این روش، مقادیر APOP (طول دوره پیش از تخم‌ریزی ماده بالغ از زمان بلوغ تا آغاز تخم‌ریزی)، TPOP (طول دوره کامل پیش از تخم‌ریزی از زمان تولد تا آغاز تخم‌ریزی)، نرخ بقای ویژه مرحله زیستی($S_{xj}$) که $x$= سن و $j$= مرحله می‌باشد، زادآوری ویژه مرحله زیستی( $f_{xj}$)، نرخ بقای ویژه سنی( $l_x$) و زادآوری ویژه سنی $(m_x)$ محاسبه گردید. همچنین پارامترهای مربوط به رشد جمعیت شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت $r_m$ با استفاده از فرمول اولتر– لوتکا(1) ($\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x=1$) و شروع جدول زندگی از سن صفر محاسبه شد (Goodman, 1982) و پارامترهای نرخ متناهی افزایش جمعیت $\lambda$، نرخ خالص تولید مثل $R_0$، و میانگین طول یک نسل T از طریق معادلات زیر محاسبه شدند (Chi, 2015).

(2) $(\lambda = e^r)$

(3) $(R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x)$

(4) $(T = \frac{\ln R_0}{r})$

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت‌شده (Paired bootstrap) براساس تفاوت حدود اطمینان و از طریق نرم افزار Two Sex MS Chart صورت گرفت. روش بوت استرپ با صدهزار تکرار انجام شد تا خطای معیار و واریانس پارامترهای جدول زندگی محاسبه گردد (Chi, 2015). برای رسم نمودارها در این مطالعه از نرم افزار Sigma plot 12.0 استفاده شد.

## نتایج و بحث

تاثیر دوز زیرکشنده سموم دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب روی دوره پیش از تخم‌ریزی ماده بالغ، دوره پیش از تخم‌ریزی کل، باروری و طول عمر حشره ماده در جدول ۱ نشان داده شده است. طول دوره پیش از تخم‌ریزی ماده بالغ (APOP) در تیمارهای شاهد، دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب به‌ترتیب ۰، ۰/۱۶، ۰/۱۴ و ۰/۱ بود و این پارامتر تحت تاثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت. دورهٔ پیش از تخم‌ریزی کل در تیمارهای شاهد، دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب به‌ترتیب ۱۶/۰۹، ۱۹/۳۳، ۱۷/۷۶ و ۱۸/۲۵ روز تخمین زده شد، که تیمارهای حشره‌کش باعث افزایش معنی‌دار طول دوره پیش از تخم‌ریزی کل در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۱). بیشترین طول دورهٔ پیش از تخم‌ریزی کل به‌ترتیب در تیمار دیمتوات و سپس تیودیکارب و ایمیداکلوپراید مشاهده شد. همچنین میزان باروری زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* به صورت معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای حشره‌کش قرار گرفت. بیشترین باروری ماده‌ها در تیمار شاهد با ۷۳/۸۰ عدد تخم بود. میزان باروری زنبور در تیمار دیمتوات به حدود ۵۰٪ نسبت به شاهد کاهش نشان داد و به ۳۸ عدد تخم رسید. همچنین کاهش میزان باروری در تیمارهای ایمیداکلوپراید و تیودیکارب (به‌ترتیب ۴۵/۴۲ و ۴۴/۷۵ عدد تخم) نیز چشمگیر بود. کاهش در میزان تولیدمثل ممکن است به‌دلیل اختلالات فیزیولوژیکی در سیستم تولیدمثلی زنبورهای پارازیتوئید و یا اختلال در رفتار جستجوگری و تولیدمثلی این حشرات مفید باشد (Desneux *et al*., 2007). محاسبه پارامترهای دموگرافیک به‌عنوان ابزار مناسبی برای درک عکس‌العمل‌های حشرات نسبت به ترکیبات مختلف مانند حشره‌کش‌ها تحت شرایط مختلف آزمایشگاهی و یا مزرعه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Forbes & Calow, 1999). پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد حشره‌کش‌های دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب اثرات قابل توجهی روی برخی پارامترهای زیستی *A. bambawalei* مانند طول دوره پیش از بلوغ و باروری ماده‌ها دارد. این نتایج با یافته‌های بررسی‌های Sarmadi *et al*. (2010) و Abedi *et al*. (2014) و همچنین Asadi *et al*. (2019) مبنی بر کاهش پارامترهای ذکرشده تحت تاثیر تیمار حشره‌کش‌های مختلف در زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* مطابقت دارد. در بررسی‌های Rezaei *et al*. (2018) نیز تاثیر حشره‌کش کاربامات پریمیکارب و سم نئونیکوتنوئیدی تیامتوکسام بر زنبور *Diateliella rapae* MIntosh باعث کاهش معنی‌دار باروری زنبور در تیمارهای حشره‌کش در مقایسه با شاهد گردید ولی طول دوره پیش از بلوغ APOP زنبور تغییری نشان نداد.

جدول ۱– اثرات دوز زیرکشنده دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب روی پارامترهای زیستی زنبور *Aenasius bambawalei* پرورش یافته بر پوره‌های *Pseudococcus solenopsis*

Table 1. Sublethal effects of dimethoate, imidaclopride, and thiodicarb on biological parameters (mean ± SE) of *Aenasius bambawalei* reared on *Pseudococcus solenopsis* nymphs

| Treatment | APOP (day) | TPOP (day) | Fecundity | Female longevity |
|---|---|---|---|---|
| Control | 0.00±0.00[a*] | 16.09±0.50[a] | 73.80±3.01[a] | 32.71±1.15[a] |
| Dimethoate | 0.16±0.09[a] | 19.33±0.35[c] | 38.00±2.59[c] | 29.60±1.29[a] |
| Imidacloprid | 0.14±0.07[a] | 17.76±0.45[b] | 45.42±1.91[b] | 32.47±1.11[a] |
| Thiodicarb | 0.10±0.06[a] | 18.25±0.69[b] | 44.75±1.88[b] | 31.17± 1.16[a] |

*In each column, numbers with the same letter are not significantly different at probability level of 0.05

در پژوهش حاضر مقایسه طول عمر زنبورهای ماده بالغ در تیمارهای دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب با تیمار شاهد نشان داد که دوز زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش تاثیر معنی‌داری روی این پارامتر نداشت (جدول ۱). بررسی‌های Sohrabi *et al.* (2012) در مورد اثر دو سم ایمیداکلوپراید و بوپروفزین روی زنبور پارازیتوئید *Encarsia inaron* Walker نشان داد که تیمار این پارازیتوئید با حشره‌کش ایمیداکلوپراید روی طول عمر حشرات بالغ تأثیری نداشت که این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. اگرچه تیمار زنبورهای گونه *Eretmocerus mundus* Mercet با هر دو سم ایمیداکلوپراید و بوپروفزین باعث کاهش معنی‌دار طول عمر این زنبور شد (Sohrabi *et al.*, 2013). در بررسی‌های Saber *et al.* (2005) نیزحشره‌کش‌های فنیتروتیون و دلتامترین در مقایسه با شاهد تاثیر معنی‌داری روی طول عمر ماده‌های *Trissolcus grandis* Thompson نداشتند. به‌نظر می‌رسد تاثیر حشره‌کش‌ها روی طول عمر پارازیتوئیدها به مقدار زیادی بستگی به نوع حشره‌کش، گونه پارازیتوئید و روش کاربرد حشره‌کش داشته باشد (Bayram *et al.*, 2010). کاهش طول عمر بالغین عموما در پارازیتوئیدهایی مشاهده شده است که در مراحل رشدی پیش از بلوغ درون بدن میزبانشان با حشره‌کش‌ها تیمار شده‌اند (Smilanick *et al.*, 1996; Suh *et al.*, 2000; Schneider *et al.*, 2004; Desneux *et al.*, 2006) اگرچه مواردی هم به‌دلیل تیمار کردن حشرات بالغ با حشره‌کش‌ها گزارش شده است. به‌عنوان مثال، در بررسی‌های Bayram *et al.*, 2010 کاهش معنی‌داری در طول عمر زنبورهای ماده *Telenomus busseolae* (Gahan) پس از تیمار با دوز زیرکشنده دلتامترین و سیفلوترین ثبت شد. همچنین Alix *et al.* (2001) کاهش معنی‌دار طول عمر نرها و ماده‌های زنبور پارازیتوئید *Triblyographa rapae* Westwood را پس از تیمار با دوز زیرکشنده حشره‌کش کلرفنوینفوس گزارش نمودند. نتایج بررسی‌های مذکور با نتایج پژوهش حاضر از نظر تغییر در طول عمر زنبورهای ماده بالغ مغایرت دارد. کاهش در طول عمر ماده‌ها که در اثر کاربرد دوز زیرکشنده حشره‌کش‌ها ایجاد می‌شود، می‌تواند تاثیر منفی در کارایی پارازیتوئیدها داشته باشد.

مقادیر میانگین و خطای استاندارد پارامترهای مختلف جدول زندگی در تیمارهای مختلف حشره‌کش و شاهد در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس این نتایج پارامترهای نرخ ذاتی افزایش جمعیت ($r_m$)، نرخ متناهی افزایش جمعیت ($\lambda$) و نرخ خالص تولید مثل ($R_0$) در تیمارهای دیمتوات و تیودیکارب کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشتند ولی در تیمار ایمیداکلوپراید به رغم کاهش مقدار عددی پارامترها، این اختلاف معنی‌دار نبود. نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) در تیمارهای ایمیداکلوپراید و تیودیکارب کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. متوسط طول یک نسل ($T$) نیز فقط در تیمار دیمتوات افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت که نشان‌دهنده تاثیر مخرب این حشره‌کش روی تغییرات جمعیت زنبور پارازیتوئید می‌باشد ولی در سایر تیمارها افزیش معنی‌داری مشاهده نشد. در بررسی‌های سایر محققین نیزکاهش مقادیر پارامترهای جدول زندگی سایر زنبورهای پارازیتوئید (شامل $r_m$، $R_0$، GRR، $\lambda$) تحت تاثیر

تیمار با حشره‌کش‌ها گزارش شده است (Sarmadi *et al.*, 2010; Abedi *et al.*, 2014; Asadi *et al.*, 2019). کاهش مقادیر این پارامترها نشان می‌دهد که دوز زیرکشنده حشره‌کش‌ها می‌تواند اثرات منفی روی فیزیولوژی حشرات داشته باشد که این اثرات ممکن است در کوتاه مدت قابل مشاهده نباشد (Papachristos & Milonas, 2008). نرخ ذاتی افزایش جمعیت یا $r_m$ بعنوان بهترین پارامتر جدول زندگی برای مطالعه اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی حشرات پیشنهاد شده است، زیرا این پارامتر اثرات همه جانبه روی رشد، تولیدمثل و بقا را منعکس می کند (Southwood & Handerson, 2009). مقادیر بالاتر $r_m$ در تیمار شاهد نشان دهنده اثرات منفی تیمارهای حشره‌کش روی این پارامتر مهم است. در پژوهش حاضر مقدار $r_m$ در تیمارهای دیمتوات و تیودیکارب به طور معنی داری کمتر از شاهد بود ولی این پارامتر مهم جدول زندگی در تیمار ایمیداکلوپراید کاهش معنی داری نشان نداد. هر چند در بررسیهای انجام شده روی کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Muslant (Coleoptera: Coccinellidae) ایمیداکلوپراید تاثیر بازدارندگی بیشتری روی پارامترهای رشد جعیت این کفشدوزک در مقایسه با دیازینون داشت (Aghabaglou *et al.*, 2013). علت این تفاوت می‌تواند گونه‌های متفاوت دشمنان طبیعی و نوع سموم مورد مقایسه در آزمایشات باشد. در بررسی دیگری تیمار شفیره‌های زنبور پارازیتوئید *E. inaron* با سم ایمیداکلوپراید باعث تغییر پارامترهای جدول زندگی باروری زنبور و افزایش نرخ ذاتی افزایش جمعیت $r_m$، نرخ متناهی افزایش جمعیت $\lambda$ و نرخ خالص افزایش جمعیت $R_0$ گردید (Sohrabi *et al.*, 2012). همچنین تحریک تولید مثل دشمنان طبیعی توسط ایمیداکلوپراید در مطالعات سایر محققان به اثبات رسیده است (Rezaei *et al.*, 2007; James & Vogele, 2001). شکل ۱ نشان‌دهنده میزان امید به زندگی در مراحل رشدی زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* در تیمارهای حشره‌کش و شاهد می‌باشد. امید به زندگی در همه تیمارها به‌خصوص، دیمتوات و تیودیکارب در مرحلهٔ پیش از بلوغ به‌شدت کاهش یافت. بیشترین کاهش امید به زندگی در مراحل ابتدایی رشد زنبور در تیمار دیمتوات مشاهده شد. در تیمار شاهد مرگ‌ومیر در مراحل اولیه کمتر و درنتیجه زنده‌مانی زنبور بیشتر بود.

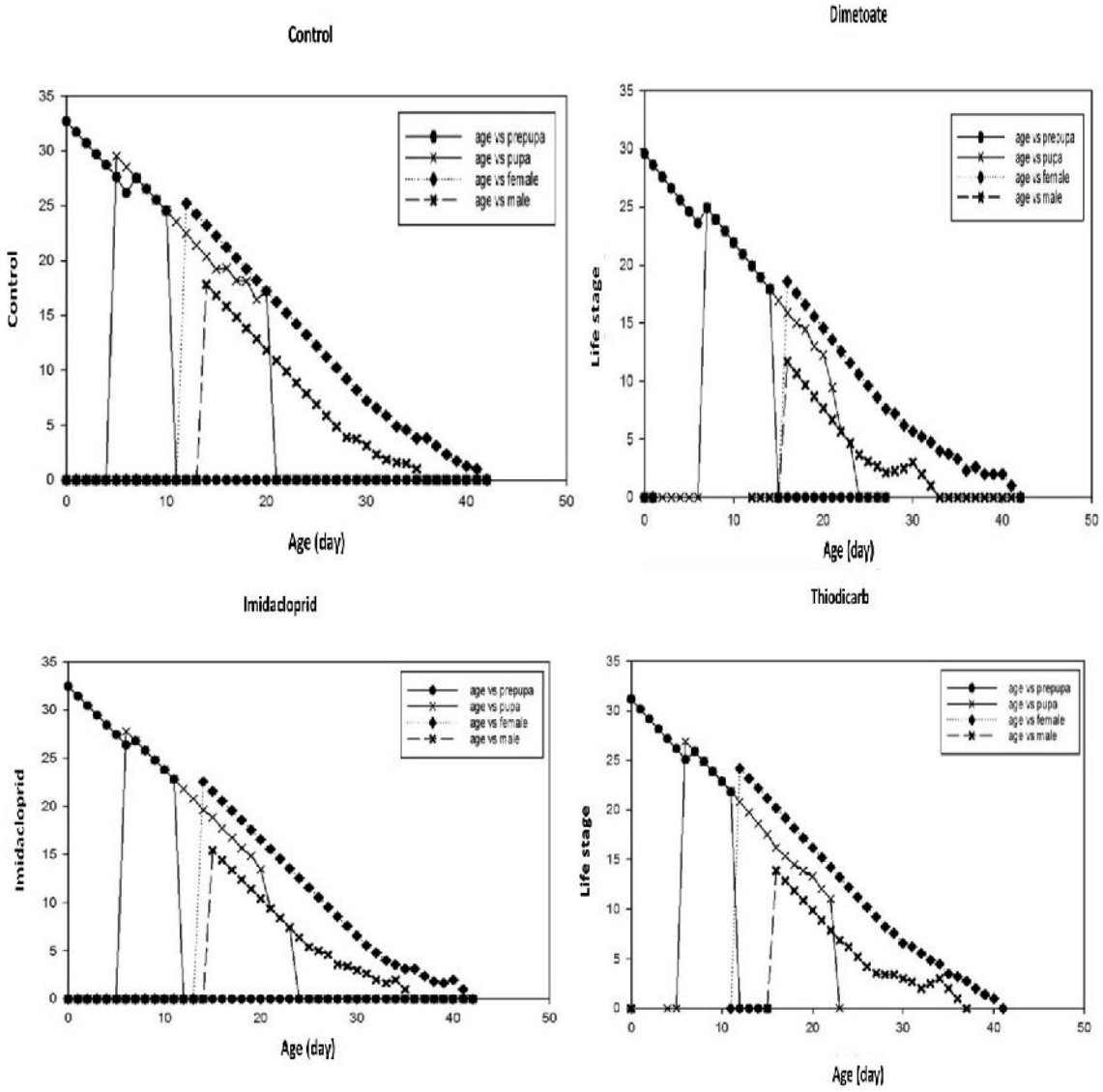
برای توصیف بقا و مرگ‌ومیر زنبور پارازیتوید *A. bambawalei* در تیمارهای شاهد، دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب، جدول ویژه سنی تشکیل شد که سه پارامتر اصلی آن (نرخ بقا، باروری ویژه سنی کل جمعیت و زایش ویژه سنی) در شکل ۲ نشان داده شده است. نرخ بقا با گذشت زمان در هر چهار تیمار سیر نزولی داشت، ولی نرخ بقا در تیمار حشره‌کش‌های دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب کاهش بیشتری نشان داد. کاهش نرخ بقا در اثر تیمار با حشره‌کش‌ها در مشاهدات سایر محققین روی دشمنان طبیعی دیگر مانند *Chrysoperla carnae* Stephens مشاهده شده است (Rezaei *et al.*, 2006). بیشترین باروری ویژه سنی کل جمعیت و زایش ویژه سنی در تیمار شاهد و ایمیداکلوپراید و کمترین در تیمار دیمتوات و تیودیکارب مشاهده شد

جدول ۲– اثرات دوز زیرکشنده دیمتوات، ایمیداکلوپراید و تیودیکارب روی پارامترهای جدول زندگی زنبور *Aenasius bambawalei* پرورش یافته بر پوره‌های *Pseudococcus solenopsis*

Table 2. Sublethal effects of dimethoate, imidaclopride, and thiodicarb on life table parameters (mean ± SE) of *Aenasius bambawalei* reared on *Pseudococcus solenopsis* nymphs

| Treatment | | GRR | $r_m$ | $R_0$ | T |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 1.16±0.009[a*] | 47.96±5.85[a] | 0.15±0.008[a] | 34.44±5.64[a] | 23.39±0.57[a] |
| Dimethoate | 1.12±0.007[b] | 37.06±4.12[ab] | 0.11±0.006[b] | 21.20±3.22[b] | 25.57±0.36[b] |
| Imidacloprid | 1.13±0.008[ab] | 32.14±3.84[b] | 0.13±0.007[ab] | 23.85±3.72[ab] | 24.38±0.58[ab] |
| Thiodicarb | 1.12±0.009[b] | 33.34±3.89[b] | 0.12±0.008[b] | 19.88±3.40[b] | 24.52±0.81[ab] |

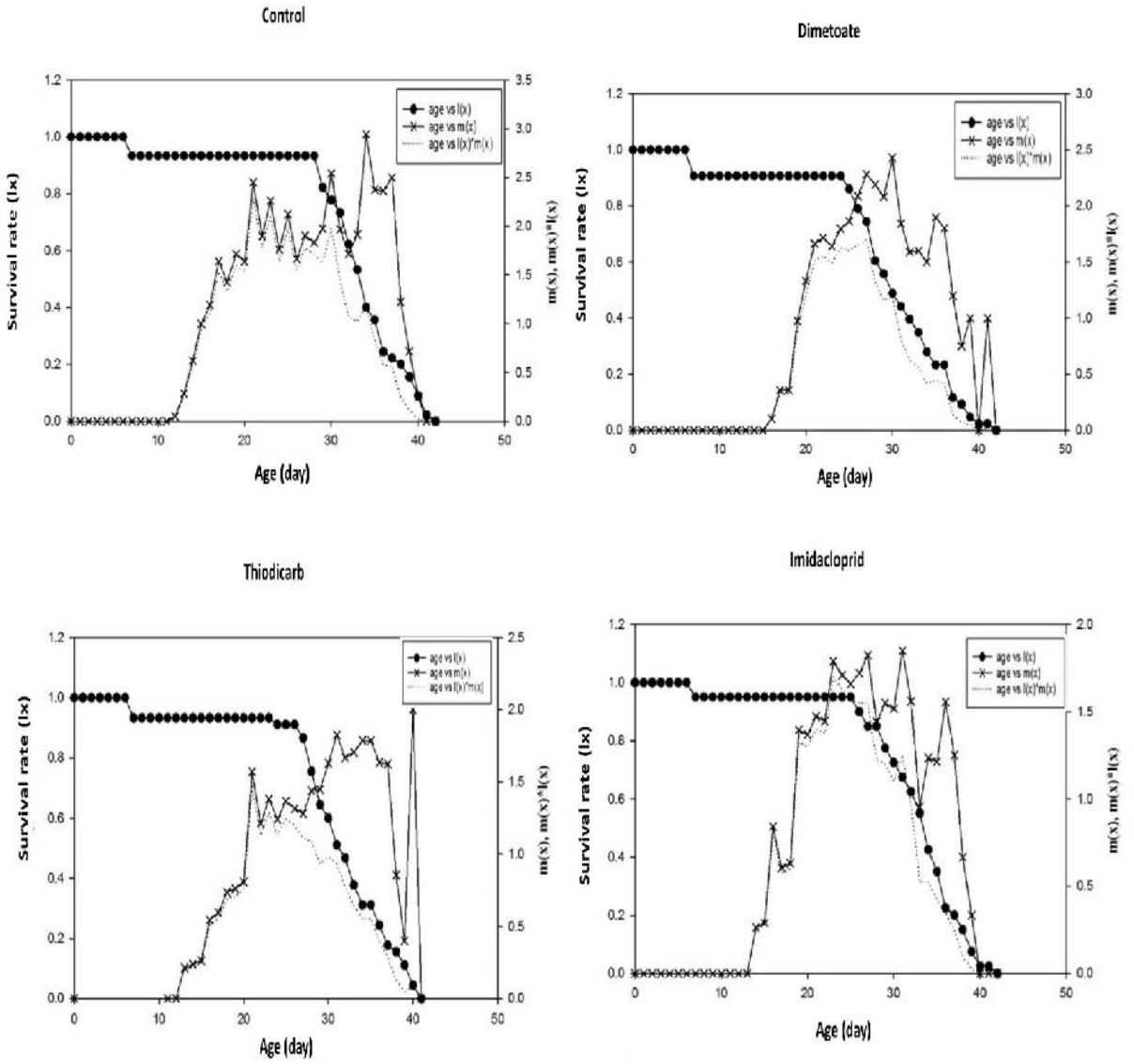
*In each column, numbers with the same letter are not significantly different at probability level of 0.05




شکل ۱- امید زندگی ویژه سنی و مرحله زیستی ($e_{jx}$) زنبور پارازیتوئید *Aenasius bambawalei* روی پوره های شپشک آرد آلود پنبه *Pesudococcus solenopsis* در تیمارهای شاهد و دوز زیرکشنده ایمیداکلوپراید، دیمتوات و تیودیکارب

Fig. 1. The age–stage life expectancy of *Aenasius bambawalei* parasitizing *Pesudococcus solenopsis* nymphs in control and sublethal concentration treatments of imidacloprid, dimethoate, and thiodicarb

براساس این نتایج، از بین حشره‌کش‌های مورد بررسی ایمیداکلوپراید تاثیر منفی کمتری نسبت به دو حشره‌کش دیگر بر پارامترهای رشدی و جدول زندگی زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* داشت. این کاربرد حشره‌کش‌های دیمتوات و تیودیکارب در برنامه کنترل تلفیقی شپشک آردآلود پنبه مناسب نمی‌باشد و استفاده از حشره‌کش‌ها برای کنترل این آفت باید به زمان‌های عدم فعالیت حشرات بالغ زنبور پارازیتوئید در محیط محدود گردد.




شکل ۲- نرخ بقا ($l_x$)، باروری ویژه سنی کل جمعیت ($m_x$) و زایش ویژه سنی ($l_xm_x$) زنبور پارازیتوئید *Aenasius bambawalei* روی پوره‌های شپشک آرد آلود پنبه *Pesudococcus solenopsis* در تیمارهای شاهد و دوز زیرکشنده ایمیداکلوپراید، دیمتوات و تیودیکارب

Fig. 2. Age–specific survival rate ($l_x$), age specific fecundity ($m_x$) and age specific maternity ($l_xmx$) of *Aenasius bambawalei* parasitizing *Pesudococcus solenopsis* nymphs in control and sublethal concentration treatments of imidacloprid, dimethoate, and thiodicarb

تماس زنبور پارازیتوئید با حشره‌کش‌های مورد استفاده دراین بررسی، می‌تواند باعث ایجاد اختلالات بیولوژیکی و رفتاری گردد. بنابراین بررسی امکان زمانبندی استفاده از حشره‌کش‌ها در مدیریت تلفیقی شپشک آردآلود پنبه در پژوهش‌های بعدی ضروری به‌نظر می‌رسد.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر تامین اعتبار مالی لازم جهت اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

**References**


Abedi, Z., Saber, M., Gharekhani, G., Mehrvar, A. & Kamita, S.G. 2014. Lethal and sublethal effects of azadirachtin and cypermethrin on *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Economic Entomology, 107(2): 638–645.

Afzal, M.B.S., Shad, S.A., Abbas, N., Ayyaz, M. & Walker, W.B. 2015. Cross-resistance, the stability of acetamiprid resistance and its effect on the biological parameters of cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Homoptera: Pseudococcidae), in Pakistan. Pest Management Science, 71(1): 151–158.

Aghabaglou, S., Alvandy, S., Goldasteh, S. & Rafiei Karahroudi, Z. 2013. Study on ovicidal and side effects of diazinon and imidaclopride on *Cryptolaemus Montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). Journal of Entomology and Zoology Studies, 1(6): 22–26.

Alix, A., Cortesero, A.M., Nénon, J.P. & Anger, J.P. 2001. Selectivity assessment of chlorfenvinphos reevaluated by including physiological and behavioral effects on an important beneficial insect. Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal, 20(11): 2530–2536.

Ambrose, D.P., Rajan, S.J. & Raja, J.M. 2010. Impacts of Synergy–505 on the functional response and behavior of the reduviid bug, *Rhynocoris marginatus*. Journal of Insect Science, 10(1): 187.

Asadi, M., Rafiee–Dastjerdi, H., Nouri–Ganbalani, G., Naseri, B. & Hassanpour, M. 2019. Lethal and sublethal effects of five insecticides on the demography of a parasitoid wasp. International Journal of Pest Management, 65(4): 301–312.

Bayram, A., Salerno, G., Onofri, A. & Conti, E. 2010. Sub–lethal effects of two pyrethroids on biological parameters and behavioral responses to host cues in the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. Biological Control, 53(2): 153–160.

Bodlah, I., Ahmad, M., Nasir, M.F. & Naeem, M. 2010. Record of *Aenasius bambawalei* Hayat, 2009 (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of *Phenacoccus solenopsis* (Sternorrhyncha: Pseudococcidae) from Punjab, Pakistan. Pakistan Journal of Zoology, 42: 533–536.

Chi, H. 2015. TWOSEX–MSChart: A computer program for the age–stage, two–sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.

Desneux, N., Denoyelle, R. & Kaiser, L. 2006. A multi–step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp Aphidius ervi. Chemosphere, 65(10): 1697–1706.

Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review of Entomology, 52: 81–106.

Fand, B.B. & Suroshe, S.S. 2015. The invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, a threat to tropical and subtropical agricultural and horticultural production systems–a review. Crop Protection, 69: 34–43.

Feng, D.D., Li P., Zhou Z.–S. & Xu Z.F. 2014. Parasitism potential of *Aenasius bambawalei* on the invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis*. Biocontrol Science and Technology, 24: 1333–1338.

Forbes, V. E. & Calow, P. 1999. Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal, 18(7): 1544–1556.

Fuchs, T.W., Stewart, J.W., Minzenmayer, R. & Rose, M. 1991. First record of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley in cultivated cotton in the United States. Southwest Entomologist, 16: 215–221.

Hodgson, C., Abbas, G., Arif, M.J., Saeed, S. & Karar, H. 2008. *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae), an invasive mealybug damaging cotton in Pakistan and India, with a discussion on seasonal morphological variation. Zootaxa, 1913(1): 1–35.

James, D.G. & Vogele, B. 2001. The effect of imidacloprid on survival of some beneficial arthropods. Plant Protection Quarterly, 16: 58–62.

Joodaki, R., Zandi–Sohani, N., Zarghami, S. & Yarahmadi, F. 2018. Temperature–dependent functional response of *Aenasius bambawalei* (Hymenoptera: Encyrtidae) to different population densities of the cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). European Journal of Entomology, 115: 326–331.

Kumar, R., Kranthi, K.R., Monga, D. & Jat, S.L. 2009. Natural parasitization of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) on cotton by *Aenasius bambawalei* Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae). Journal of Biological Control, 23: 457–460.

Moghaddam, M. & Bagheri, M. 2010. A new mealybug pest in the south of Iran, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). Journal of Entomological Society of Iran, 30 (1): 67–69.

Mossadegh, M.S., Vafaei, Sh., Zarghami, S., Kocheili, F., Farsi, A., Alizadeh, M. & Rezaei, N. 2012. Natural enemies of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley *(Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae)* in Khuzestan. Proceeding of 20th Iranian Plant Protection Congress, 25–28 Aug., Shiraz, Iran, p.216. (In Persian with English summary).

Mossadegh, M.S., Vafaei, S., Farsi A., Zarghami, S., Esfandiari, M., Dehkordi, F.S., Fazelinejad, A. & Seifollahi, F. 2015. *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Pseudococcidae), its natural enemies and host plants in Iran. Proceeding of the 1st Iranian International Congress of Entomology, 29–31 August. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran. 251–259.

Papachristos, D.P. & Milonas, P.G. 2008. Adverse effects of soil applied insecticides on the predatory coccinellid *Hippodamia undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae). Biological Control. 47(1): 77–81.

Rafiee–Dastjerdi, H., Hassanpour, M., Nouri, G.G., Golizadeh, A. & Sarmadi, S. 2012. Sublethal Effects of Indoxacarb, imidacloprid and Delthamethrin on life table parameters of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) in pupal stage treatment. Journal of Crop Protection, 1(3): 221–228.

Rezaei, M., Talebi, K., Naveh, V.H. & Kavousi, A. 2007. Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite, and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): IOBC and life table assays. Biocontrol, 52: 385–398.

Rezaei, N., Mossadegh, M.S., Kocheyli, F., Jahromi, K.T. & Kavousi, A. 2018. Sub–Lethal Effects of Thiamethoxam and Pirimicarb on Life–Table Parameters of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae), Parasitoid of *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae). International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering, 12(10): 321–328.

Saber, M., Hejazi, M.J., Kamali, K. & Moharramipour, S. 2005. Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). Journal of Economic Entomology, 98(1): 35–40.

Saeed, S., Ahmad, M., Ahmad, M. & Kwon, Y.J. 2007. Insecticidal control of the mealybug *Phenacoccus gossypiphilous* (Hemiptera: Pseudococcidae), a new pest of cotton in Pakistan. Entomological Research, 37: 76–80.

Sarmadi, S., Nouri–Gonbalani, G., Rafiee–Dastjerdi, H., Hassanpour, M. & Farshbaf–Pourabad, R. 2010. The effects of imidacloprid, indoxacarb and deltamethrin on some biological and demographic parameters of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in adult stage treatment. Munis Entomology and Zoology, 5: 646–651.

Sahito, H.A., Abro, G.H., Syed, T.S., Lanjar, A.G., Mal, B. & Khajjak, A.S. 2011. Seasonal population abundance of cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) and its natural enemies on various hosts, Pakistan Journal of Entomology Karachi, 26(1): 25–40

Schneider, M.I., Smagghe, G., Pineda, S. & Vinuela, E. 2004. Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third–instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. Biological Control, 31(2): 189–198.

Smilanick, J.M., Zalom, F.G. & Ehler, L.E. 1996. Effect of Methamidophos Residue on the Pentatomid Egg Parasitoids *Trissolcus basalis* and *T. utahensis* (Hymenoptera: Scelionidae). Biological Control, 6(2): 193–201.

Southwood, T.R.E. & Henderson, P.A. 2009. Ecological methods. John Wiley & Sons.

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. & Mosaddegh, M.S. 2012. Lethal and sublethal effects of buprofezin and imidacloprid on the whitefly parasitoid *Encarsia inaron* (Hymenoptera: Aphelinidae). Crop Protection, 32: 83–89.

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. & Mosaddegh, M.S. 2013. Lethal and sublethal effects of imidacloprid and buprofezin on the sweetpotato whitefly parasitoid *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae). Crop Protection, 45: 98–103.

Stephens, P.A., Sutherland, W.J. & Freckleton R.P. 1999. What is the Allee effect? Oikos, 87: 185–190.

Stark, J.D., & Banks, J.E. 2003. Population–level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Annual Review of Entomology, 48(1): 505–519.

Stark, J.D., Vargas, R. & Banks, J.E. 2007. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. Journal of Economic Entomology, 100(4): 1027–1032.

Suh, C.P.C., Orr, D.B. & Van Duyn, J.W. 2000. Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) preimaginal development and adult survival. Journal of Economic Entomology, 93(3): 577–583.

Tanwar, R.K., Jeyakumar, P., Singh A., Jafri A.A. & Bambawale, O.M. 2011. Survey for cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) and its natural enemies. Journal of Environmental Biology, 32: 381–384.

Wang, D.S., He, Y.R., Guo, X.L. & Luo, Y.L. 2012. Acute toxicities and sublethal effects of some conventional insecticides on *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Journal of Economic Entomology, 105(4): 1157–1163.

# Sublethal effects of dimethoate, imidacloprid, and thiodicarb on the biological parameters of *Aenasius bambawalei* (Hymenoptera: Encyrtidae)

**Zeinab Rafatian, Nooshin Zandi-Sohani, Fatemeh Yarahmadi**

Department of Plant Protection, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
Corresponding author: Nooshin Zandi-Sohani, email: zandi@asnrukh.ac.ir

Received: July, 30, 2020 8(2) 71–81 Accepted: Aug., 22, 2021

## Abstract

The endoparasitic wasp, *Aenasius bambawalei* Hayat (Hym.: Encyrtidae), is one of the most effective parasitoids of cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hem.: Pseudococcidae), in Iran. Since natural enemies alone are not able to keep the population of mealybug under economic injury level, the use of chemical insecticides is inevitable. In this study, the effects of sublethal concentrations of 0.5, 1 and 25 ppm of dimethoate, thiodicarb and imidacloprid were investigated on the life table parameters and survival of the parasitoid in laboratory conditions. The results showed that the fertility of the female parasitoids decreased in insecticidal treatments and the length of the total preoviposition period (TPOP) increased. However, the length of the adult preoviposition period (APOP) and the longevity of females did not change. Moreover, the intrinsic rate of increase ($r_m$), the finite rate of increase ($\lambda$), and the net reproduction rate ($R_0$) in dimethoate and thiodicarb treatments were significantly lower than control, but in imidacloprid treatment, the difference was not significant. According to these results, imidacloprid had less negative effects than the other two inecticides on the growth parameters and the life table of *A. bambawalei.*

**Keywords**: biology, natural enemies, life table parameters, IPM