مقاله تحقیقی

تأثیر حشره‌کش‌های اسپیروتترامات و کلرپایرفوس بر واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Aenasius bambawalei* Hayat

سعیده هادیان[۱]، نوشین زندی سوهانی[۱]، فاطمه یاراحمدی[۱]، فریبا سهرابی[۲]

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

۲-گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

مسئول مکاتبات: نوشین زندی سوهانی، ایمیل: nzandisohani@yahoo.com; zandi@asnrukh.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۲۹ ۸(۱)۴۷-۵۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۰۷

چکیده

شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* Tinsley آفتی چندین‌خوار است که از دهه اول قرن بیستم به تهدیدی جدی برای کشاورزی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان تبدیل شده است. *Aenasius bambawalei* Hayat یک انگل‌واره داخلی است که پوره‌های سن سوم *P. solenopsis* را انگلی می‌کند. در این پژوهش واکنش تابعی این پارازیتوئید تحت تأثیر دوز زیرکشنده سموم اسپیروتترامات و کلرپایرفوس روی پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود پنبه در دمای ۱ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره روشنایی به تاریکی ۱۰ :۱۴ ساعت بررسی شد. تراکم‌های استفاده‌شده پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ عدد بود. نتایج رگرسیون لجستیک نشان داد که واکنش تابعی در هرسه تیمار شاهد، اسپیروتترامات و کلرپایرفوس از نوع دوم بود. نرخ جستجوگری (a) زنبور در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات وکلرپایرفوس به‌ترتیب ۰/۲۶۰۹، ۰/۱۱۰۷ و ۰/۰۵۵۶ بار در ساعت محاسبه شد، که این نرخ در تیمارهای اسپیروتترامات و کلرپایروفوس به ترتیب ۵۷٪ و ۷۸ ٪کمتر از شاهد بود. زمان دستیابی (T_h) در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات و کلرپایرفوس به ترتیب ۵/۰۱۸، ۶/۳۳۵ و ۹/۳۹۰ ساعت محاسبه شد. در تیمارهای اسپیروتترامات و کلرپایروفوس زمان دستیابی به‌ترتیب حدود ۲۶ ٪ و ۸۷ ٪ بیشتر از تیمار شاهد بود. نرخ دستیابی نیز در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات و کلرپایرفوس به ترتیب ۴/۶۳، ۳/۲۸ و ۲/۵۵ پوره میزبان تعیین شد که در تیمارهای اسپیروتترامات و کلرپایرفوس ۳۱ ٪ و ۴۵ ٪ کمتر از شاهد بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که حشره‌کش‌های اسپیروتترامات و کلرپایرفوس حتی در دوزهای کم دارای تأثیر منفی روی رفتار واکنش تابعی زنبور بوده و می‌توانند باعث اختلال در کنترل بیولوژیک شوند.

واژه‌های کلیدی: شپشک آردآلود پنبه، نرخ جستجوگری، زمان دستیابی، Encyrtidae، غلظت زیرکشنده

مقدمه

شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* Tinsley آفت اصلی مناطق پنبه‌کاری در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر دنیا بوده و تاکنون خسارت‌های اقتصادی قابل توجهی به محصول پنبه در هند و پاکستان وارد کرده است (Dhawan *et al*., 2010; Kumar *et al*., 2014). این شپشک با تشکیل کلنی روی گیاه و مکیدن شیره گیاهی باعث کاهش کیفیت محصول شده و توقف رشد گیاه، تغییرشکل و ریزش برگ و میوه، انتقال بیماری‌های ویروسی و نهایتاً مرگ گیاه را موجب می‌شود. آفت همچنین با تولید مقادیر زیاد عسلک باعث جلب قارچ‌های مولد دوده شده و فتوسنتز، تنفس و سایر فعالیتهای زیستی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Nagrare *et al*., 2011). در سال‌های اخیر این آفت علاوه بر پنبه از میزبان‌های مختلف دیگری نیز گزارش

شده است و تاکنون از روی بیش از ۲۰۰ گونه میزبان گیاهی جمع‌آوری شده است (Wang *et al*., 2010). در ایران آلودگی‌های شدید این آفت روی درختچه زینتی ختمی‌چینی *Hibiscus rosa–sinensis* L. در مناطق جنوبی کشور مشاهده شده است که باعث خشک شدن بوته‌ها و خسارت قابل توجه به فضای سبز شهری شده است (Mossadegh *et al*., 2012).

مبارزه شیمیایی با این آفت چه از نظر اقتصادی و چه از نظر گسترش مواد شیمیایی و از بین رفتن دشمنان طبیعی مقرون به صرفه نیست (Asadeh & Mossadegh, 1993). همچنین کنترل شیمیایی این آفت نیز مانند سایر شپشک‌ها به دلیل وجود پوشش مومی روی بدن که اثر بخشی سموم شیمیایی را مختل می‌کند، موفقیت‌آمیز نمی‌باشد (Joshi *et al*., 2010). استفاده مداوم از سموم شیمیایی باعث بازگشت‌پذیری آفت ایجاد مقاومت در حشرات، آلودگی‌های زیست محیطی و اثرات زیان‌بار برای سلامت انسان خواهد شد (Nagrar *et al*., 2016). در کنترل این آفت دشمنان طبیعی آنها (پارازیتوئیدها و پرداتورها) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و تعداد زیادی از آنها شناسایی شده‌اند (Asadeh & Mossadegh, 1993).

پارازیتوئیدها مهمترین و موفق‌ترین گروه دشمنان طبیعی هستند که در کنترل بیولوژیکی حشرات استفاده می‌شوند. زنبور پارازیتوئید *Aenasius bambawalei* Hayat از راسته Hymenoptera و خانواده Encyrtidae مهمترین انگل‌واره داخلی *P. solenopsis* است (Pala *et al*., 2009; Kumar *et al*., 2009; Hayat, 2009). این زنبور پارازیتوئید انفرادی پوره‌های شپشک‌هاست و در بعضی مناطق مانند شمال هندوستان تنها پارازیتوئید غالب و تهاجمی است که این شپشک را با موفقیت کنترل می‌کند (Nagrare *et al*., 2016). این زنبور نخستین بار در سال ۲۰۰۹ از کشور هند گزارش شده است و مسئول کاهش جمعیت شپشک آردآلود در مناطق شمال هند است (Hayat, 2009; Kumar *et al*., 2009). این زنبور پارازیتوئید علاوه بر هندوستان از کشورهای پاکستان (Arif *et al*., 2011)، چین (Chen *et al*., 2010)، استرالیا (Spargo *et al*., 2013)، و از ایران توسط فلاح زاده و همکاران (Fallahzadeh *et al*., 2014) گزارش شده است.

در دنیا حشره‌کش‌های متعددی برای کنترل شپشک آردآلود پنبه روی محصولات کشاورزی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگرچه این حشره کش‌ها برای کنترل شپشک استفاده می شوند، احتمالا برای دشمنان طبیعی شپشک زیانبار هستند (Nalini & Manickavasagam, 2011). اطلاعات در مورد تاثیر دوزهای زیرکشنده حشره‌کش‌ها بر بیولوژی و رفتار دشمنان طبیعی شپشک آردآلود پنبه محدود است. سمیت نسبی ۱۰ حشره‌کش رایج روی شپشک آردآلود پنبه *P. solenopsis* و پارازیتوئید *A. bambawalei* توسط Nagrare *et al*. (2016) مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی دیگری سمیت حشره‌کش‌های اندوسولفان، مونوکروتوفوس، پروفنوفوس و دیمتوات نسبت به زنبورهای پارازیتوئید *Aenasius advena* Compere و *A. bambawalei* مطالعه شد (Nalini & Manickavasagam, 2011). اثر حشره‌کش‌های آزادیرختین، سایپرمترین، و پیرالیدیل روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae) بررسی گردید (Abedi *et al*., 2012). اثر دو سم بوپروفزین و ایمیداکلوپراید روی واکنش تابعی *Eretmocerus mundus* Mercet، زنبور پارازیتوئید پوره‌های سفید بالک پنبه، مورد بررسی قرار گرفته است(Sohrabi *et al*., 2014). Rostami *et al*. (2018) نیز واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید لارو *H. hebetor* را تحت تاثیر سموم آزادیرختین و فلوبندایامایید مورد مطالعه قرار دادند. بررسی منابع موجود نشان داد که با وجود مصرف سموم شیمیایی مختلف برای کنترل شپشک‌آردآلود پنبه در ایران، تاکنون مطالعه‌ای در زمینه تاثیر غلظت‌های زیرکشنده سموم شیمیایی رایج روی رفتار زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* انجام نشده است. لذا این پژوهش با هدف بررسی واکنش تابعی این زنبور تحت تاثیر غلظت‌های زیر کشنده سموم اسپیروتترامات و کلرپایرفوس انجام شد.

مواد و روش ها

پرورش حشرات

شپشک‌های آردآلود *P. solenopsis* از روی درختچه‌های ختمی‌چینی آلوده واقع در محوطه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جمع‌آوری شد. پوره و حشرات کامل شپشک با قلم مو از روی برگ‌های آلوده، به روی جوانه‌های سیب‌زمینی درون ظرف دارای تهویه به ابعاد ۸×۱۴×۲۰ سانتی‌متر منتقل شدند و بدین ترتیب کلنی شپشک تشکیل شد. ظروف حاوی شپشک‌ها درون انکوباتوربا دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵± ۶۵ ٪ جهت پرورش قرار داده شدند. برگ‌های حاوی شپشک‌های مومیایی‌شده از درختچه‌های ختمی چینی جمع‌آوری شد و شپشک‌های پارازیته شده با قلم مو جداسازی شده و درون ظروف تهویه‌دار قرار داده شدند. بعد از ظهور حشرات کامل زنبورهای پارازیتوئید و شناسایی آنها، به درون ظروف حاوی سیب‌زمینی آلوده به شپشک منتقل شدند. برای تغذیه زنبورها روزانه قطرات کوچکی از محلول آب و عسل روی دیواره ظرف‌ها قرار داده شد.

حشره کش های مورد استفاده در آزمایشات

در این بررسی از سموم حشره‌کش اسپیروتترامات سوسپانسیون ۱۰ ٪ با نام تجاری موونتو و کلرپایرفوس با نام تجاری دورسبان امولسیون ۴۰/۸ ٪ به‌ترتیب تولید شرکت-های بایرآلمان و اکسیر کشاورزی استفاده شد. پس از انجام آزمایشات مقدماتی و براساس دوز ۱۰ ٪ مزرعه‌ای هر یک از سموم، غلظت ۱ ppm کلرپایرفوس و ۷/۵ ppm اسپیروتترامات برای واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید در نظر گرفته شد.

بررسی اثرات زیرکشندگی آفت‌کش‌ها روی واکنش تابعی زنبورهای پارازیتوئید

به منظور بررسی اثر غلظت‌های ۱ppm و ۷/۵ ppm سموم کلرپایریفوس و اسپیروتترامات روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید ظرف‌های پلاستیکی استوانه‌ای با تهویه مناسب با ارتفاع ۱۵ و قطر ۷ سانتی‌متر به سموم آغشته شدند. در تیمار شاهد از آب مقطر استفاده شد. تیمارها به مدت ۲۴ ساعت در معرض هوا قرار گرفتند. سپس ۴۰ تا ۵۰ جفت زنبور پارازیتوئید یک‌روزه درون ظرف‌های آغشته به سم رهاسازی شدند. پس از مدت ۲۴ ساعت، تعدادی از ماده‌ها و نرهای زنده‌مانده به صورت تصادفی انتخاب و هرجفت درون ظروف حاوی جوانه‌های سیب‌زمینی با تراکم‌های مشخص (۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۴) از پوره سن سوم شپشک رهاسازی شدند. زنبورها به مدت ۲۴ ساعت روی شپشک‌ها نگهداری و سپس از ظروف آزمایش حذف گردیدند. بعد از مشخص شدن شفیره‌های زنبور، تعداد پوره‌های پارازیته شده در هر تیمار شمارش شد. پارازیته بودن پوره‌ها بر اساس تشکیل مومیایی تعیین شد. در این آزمایش ۱۰ تکرار برای هر تیمار حشره‌کش و شاهد در نظر گرفته شد (Jafari *et al.*, 2015; Shishehbor & Faal–Mohammadali, 2012).

تجزیه و تحلیل داده‌های واکنش تابعی

برای تعیین نوع واکنش تابعی و پارامترهای آن از نرم‌افزار SAS و روش پیشنهادی دو مرحله‌ای جولیانو به شرح زیر استفاده شد (Juliano, 2001).

مرحله اول: شامل تعیین نوع واکنش تابعی با استفاده از رگرسیون لجستیک نسبت میزبان‌های پارازیته شده (N_e) به تعداد میزبان‌های اولیه (N_0) از طریق تابع چند جمله‌ای زیر انجام شد.

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + ...P_zN_0^z)}{1+\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_2 + ...P_zN_0^z)}$$

P_0, P_1, P_2, P_z پارامترهایی هستند که با روش CATMODبرآورد می‌شوند. علامت پارامتر ضریب N_0 (بخش خطی منحنی) در جدول تجزیه رگرسیونی، نوع واکنش تابعی را مشخص می‌کند. علامت منفی بخش خطی نشان می‌دهد که منحنی در ابتدا کاهشی و واکنش تابعی از نوع دوم می‌باشد و علامت مثبت یعنی منحنی در ابتدا افزایشی و واکنش تابعی از نوع سوم می‌باشد.

مرحله دوم: برآورد پارامترهای واکنش تابعی و مقایسه آن‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد. پس از تعیین نوع واکنش تابعی و انتخاب مدل مناسب، برای برآورد پارامترها از مدل ترجیحی رگرسیون غیرخطی حداقل مربعات (Nonlinear Least Squares Regression) تعداد میزبان‌های پارازیته شده (N_e) به تعداد میزبان‌های اولیه (N_0) استفاده شد (روش

NLIN در برنامه آماری SAS). پس از برآورد پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دستیابی (T_h) این پارامترها در تیمارهای مختلف با هم مقایسه شد و به‌عنوان معیاری برای ارزیابی کارایی پارازیتوئید به کار گرفته شد. پارامترهای قدرت جستجوگری و زمان دستیابی به‌وسیله مقایسه حدود بالا و پایین در تیمارهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نوع واکنش تابعی در این آزمایش رابطه زیر برای تخمین پارامترهای قدرت جستجوگری و زمان دستیابی مورد استفاده قرار گرفت:

$$N_e = N_0\{1 - \exp[a(T_h N_e - T)]\}$$

پارامتر (a) یا قدرت جستجو نسبت میزبان‌هایی است که پارازیتوئید در واحد زمان جستجو با آن مواجه می‌شود و T_h یا زمان دستیابی شامل تمام عملیات غیر از جستجو، شامل تعقیب و تسلیم کردن، خوردن شکار یا شاخک‌زنی به میزبان، پارازیته‌کردن، تمیزکردن، خودآرایی و استراحت ناشی از عمل خوردن توسط شکارچی یا تخم‌ریزی توسط پارازیتوئید می‌باشد که شامل زمان مشاهده یک طعمه یا میزبان و رفتن به سوی آن برای خوردن یا پارازیته کردن تا شروع مجدد جستجو برای یک طعمه یا میزبان جدید می‌باشد.

حداکثر نرخ حمله در شکارگرها یا حداکثر تعداد میزبانهایی که می توانند مورد حمله قرار گیرند از رابطه T/T_h محاسبه می‌شود. علاوه بر T_h، محدودیت تخم پارازیتوئید نیز تعیین‌کننده نرخ پارازیتیسم می‌باشد.

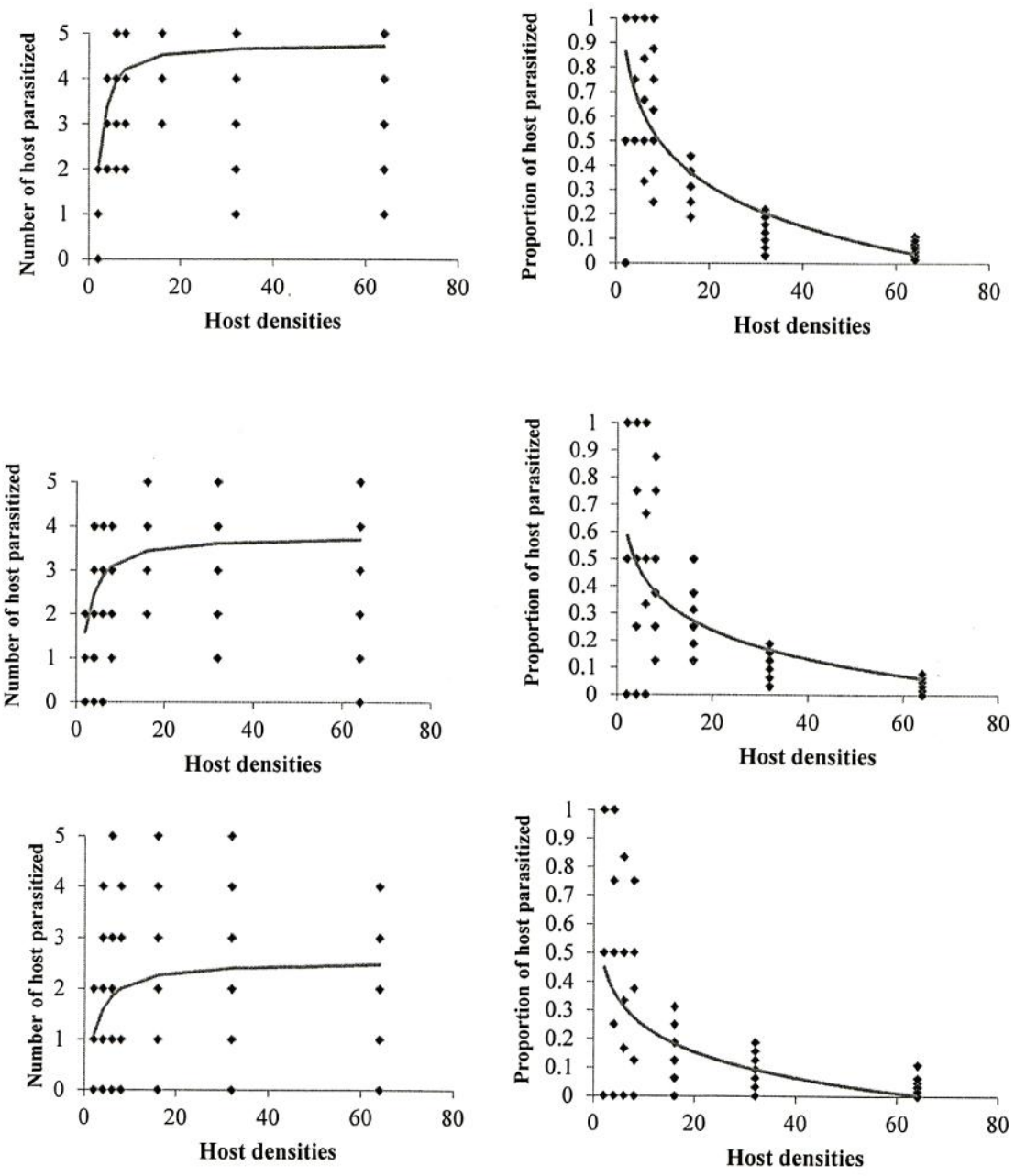
نتایج

بررسی اثرات زیرکشندگی آفت‌کش‌های اسپیروتترامات و کلرپایرفوس روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* نشان داد که شیب قسمت خط منحنی در هر سه تیمار شاهد، اسپیروتترامات و کلرپایرفوس منفی بوده و به‌ترتیب ۰/۲۱۲۳-، ۰/۰۳۲۸- و ۰/۲۰۵۵- محاسبه گردید. بر این اساس واکنش تابعی زنبور در هر سه تیمار مورد آزمایش از نوع دوم بود (جدول ۱). در این نوع واکنش تابعی با افزایش تراکم شپشک (۲، ۴، ۶، ۸، ۱۶ و ۳۲)، تعداد میزبان پارازیته شده افزایش پیدا کرده است ولی نسبت پوره‌های پارازیته شده به تراکم اولیه میزبان با افزایش تراکم میزبان کاهش یافته و سرانجام منحنی به شکل مجانب در می‌آید (شکل ۱).

جدول ۱- نتایج حاصل از برازش رگرسیون لجستیک نسبت پوره سن سوم پارازیته شده *Phenococcus solenopsis* توسط زنبور *Aenasius bambawalei* درمقابل تعداد اولیه پوره در تیمارهای سموم اسپیروتترامات و کلرپایرفوس و تیمار شاهد

Table 1. Results of the logistic regression analysis of the proportion of the third instar nymphs of *Phenacoccus solenopsis* parasitized by *Aenasius bambawalei* females relative to the initial number of nymphs provided in spirotetramat, chlorpyriphos and control treatments

Treatments	Parameters	Estimate	SE	*P*
Control	Constant (P_0)	1.8229	0.3823	<0.0001
	Linear (P_1)	–0.2123	0.0616	0.0006
	Quadratic (P_2)	0.00375	0.00240	0.1186
	Cubic (P_3)	–0.00002	0.000024	0.3219
Spirotetramat	Constant (P_0)	0.1096	0.3440	0.7501
	Linear (P_1)	–0.0328	0.05840	0.5745
	Quadratic (P_2)	0.00217	0.00234	0.3551
	Cubic (P_3)	–0.00030	0.000024	0.2142
Chlorpyriphos	Constant (P_0)	0.2930	0.3843	0.4458
	Linear (P_1)	–0.2055	0.0692	0.0030
	Quadratic (P_2)	0.00527	0.00278	0.0581
	Cubic (P_3)	–0.00006	0.000028	0.1034



شکل ۱– واکنش تابعی ماده‌های *Aenasius bambawalei* روی تراکم‌های مختلف پوره سن سوم *Phenacoccus solenopsis* در تیمارهای شاهد (بالا)، اسپیروتترامات (وسط) و کلرپایرفوس (پایین) (شکل‌های سمت چپ تعداد میزبان پارازیته شده و شکل‌های سمت راست نسبت میزبان پارازیته‌شده)

Figure 1. Functional responses of *Aenasius bambawalei* females to different population densities of 3rd instar nymphs of *Phenacoccus solenopsis* in control (up), spirotetramat (middle), and chlorpyriphos (down) (the left figures are the number of host parasitized and the right ones are the proportion of host parasitized)

جدول ۲– پارامترهای واکنش تابعی نوع دوم ماده‌های *Aenasius bambawalei* روی پوره‌های سن سوم *Phenococcus solenopsis* در سه تیمار شاهد، اسپیروتترامات و کلرپایرفوس

Table 2. Estimated parameters of the type II functional response of *Aenasius bambawalei* females parasitizing third instar nymphs of *Phenococcus solenopsis* in control, spirotetramat, and chlorpyriphos treatments

Treatments	Parameters	Estimate	Asymptotic SE	Asymptotic 95% CI		T/Th	R^2
				Lower	Upper		
Control	a (h^{-1})	0.2609	0.1578	–0.0540	0.5759	4.63	0.88
	T_h (h)	5.0187	0.3507	4.3189	5.7184		
Spirotetramat	a (h^{-1})	0.1107	0.0613	–0.0117	0.2331	3.28	0.77
	T_h (h)	6.3353	0.6506	5.0371	7.6336		
chlorpyriphos	a (h^{-1})	0.0556	0.0376	–0.0194	0.1306	2.55	0.61
	T_h (h)	9.3903	0.4465	6.5036	12.2769		

پارامترهای واکنش تابعی زنبور *A. bambawalei* در سه تیمار شاهد، اسپیروتترامات و کلرپایرفوس در جدول ۲ نشان داده شده است. نرخ جستجوگری (a) زنبور در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات و کلرپایرفوس به‌ترتیب ۰/۲۶۰۹، ۰/۱۱۰۷ و ۰/۰۵۵۶ در ساعت محاسبه شد، که این نرخ در شاهد بیشترین و در تیمار کلرپایرفوس کمترین مقدار بود. نرخ جستجوگری در تیمارهای اسپیروتترامات و کلرپایروفوس به‌ترتیب ۵۷ ٪ و ۷۸ ٪کمتر از شاهد بود. زمان دستیابی (T_h) در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات و کلرپایرفوس به‌ترتیب ۵/۰۱۸، ۶/۳۳۵ و ۹/۳۹۰ ساعت محاسبه شد که در تیمارهای اسپیروتترامات و کلرپایروفوس به ترتیب حدود ۲۶ ٪ و ۸۷ ٪ بیشتر از تیمار شاهد محاسبه شد. نرخ دستیابی نیز در تیمارهای شاهد، اسپیروتترامات و کلرپایرفوس به‌ترتیب ۴/۶۳، ۳/۲۸ و ۲/۵۵ پوره میزبان تعیین شد که این نرخ در تیمارهای اسپیروتترامات و کلرپایرفوس ۳۱ ٪ و ۴۵ ٪ کمتر از شاهد بود.

بحث

موفقیت روش کنترل بیولوژیکی به مقدار زیادی به انتخاب عامل کنترل بیولوژیکی مناسب با کنترل رضایت‌بخش روی آفت مورد نظر و همچنین سازگاری آن عامل با سایر روش‌های کنترل بستگی دارد (Burks *et al.*, 2015). کنترل شپشک آردآلود پنبه در جنوب ایران اصولا بر پایه استفاده از حشره‌کش‌ها روی شاخ و برگ انجام می‌شود. بنابراین احتمال این‌که دشمنان طبیعی در زمان جستجو روی برگ‌های گیاهان سمپاشی‌شده در معرض باقیمانده سموم قرار بگیرند وجود دارد. براساس نتایج بررسی حاضر، واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* در تیمار شاهد و حشره‌کش‌های اسپیروتترامات و کلرپایرفوس از نوع دوم بود. نوع دوم واکنش تابعی برای این پارازیتوئید در بررسی‌های Joodaki *et al.*, 2018 و Feng *et al.*, 2014 مشاهده شده است. این نتیجه نشان‌دهنده عدم تاثیر حشره‌کش‌ها بر نوع واکنش تابعی پارازیتوئید بود. نوع واکنش تابعی دشمنان طبیعی تحت تاثیر عوامل زنده و غیرزنده مثل گونه پارازیتوئید مورد مطالعه، دما، گونه میزبان، شرایط آزمایشگاهی، گیاه میزبان، سن پارازیتوئید و آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرد (Coll and Ridgway, 1995; Messina and Hanks, 1998; Reay Jones *et al.*, 2006; Sohrabi *et al.*, 2014). در بررسی‌های انجام شده روی تاثیر حشره‌کش‌ها برنوع واکنش تابعی زنبورهای پارازیتوئید، نتایج مشابهی مبنی بر عدم تاثیر

حشره‌کش‌ها بر نوع واکنش تابعی پارازیتوئیدها گزارش شده است. در بررسی‌های Rashidi *et al.* (2018) دوز زیرکشنده سموم فوزالون، فیپرونیل، پایریپروکسی‌فن و دیازینون نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) را در مقایسه با تیمار شاهد تحت تاثیر قرار نداد. همچنین غلظت‌های زیرکشنده (LC_{25}) حشره کش ایمیداکلوپراید تاثیری بر نوع واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) نداشت (Sohrabi *et al*., 2014). اگرچه در بررسی‌های همین محققین تغییر نوع واکنش تابعی از نوع سوم به دوم زمانی‌که پارازیتوئیدها تحت تاثیر دوز توصیه شده مزرعه‌ای سم بوپروفزین قرار گرفتند گزارش شد. Faal–Mohammadali *et al.* (2015)نیز در بررسی اثر حشره‌کش‌های کلرپایرفوس و فن‌پروپاترین روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* نسبت به تراکم‌های مختلف لارو شب پره آرد *Ephestia kuehniella* Zeller نوع واکنش تابعی پارازیتوئید را در شاهد از نوع سوم و در تیمارها از نوع دوم گزارش کرد که نشان دهندهٔ تأثیر حشره‌کش‌ها بر تغییر نوع واکنش تابعی پارازیتوئید بود و با نتایج این پژوهش مغایرت داشت.

در این پژوهش باقیمانده حشره‌کش‌های اسپیروتترامات و کلرپایرفوس مقدار عددی پارامترهای واکنش تابعی زنبور *A. bambawalei* را تحت تاثیر قرار داد و باعث افزایش زمان دستیابی زنبور و کاهش نرخ جستجوگری شد. تاثیر حشره‌کش‌ها بر پارامترهای واکنش تابعی سایر دشمنان طبیعی در بررسی‌های قبلی پژوهشگران گزارش شده است. در مطالعات He *et al.* (2012) دوز زیرکشنده ایمیداکلوپراید باعث افزایش قابل توجه زمان دستیابی کفشدوزک *Serangium japonicum* Chapin (Coleoptera: Coccinellidae)، شکارگر تخم‌های سفید بالک پنبه گردید. در بررسی‌های Rashidi *et al.* (2018) نیز پارامترهای واکنش تابعی زنبور *H. hebetor* از جمله قدرت جستجوگری تحت تاثیر دوز زیرکشنده حشره‌کش‌های فوزالون، فیپرونیل، پایریپروکسی‌فن و دیازینون قرار گرفت. اگرچه تاثیر منفی دوزهای زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی پارامترهای واکنش تابعی پارایتوئیدها در همه موارد صادق نیست. به عنوان مثال غلظت LD_{20} کلرپایروفوس باعث افزایش ۵/۱ برابری قدرت جستجوگری *Leptopilina heterotoma* Thomson (Hymenoptera: Eucoilidae)، پارازیتوئید لاروهای *Drosophila melanogaster* Meigen شد (Rafalimanana *et al*., 2002). به‌علاوه پدیده هورمولیگوسیس (Hormoligosis) که در آن کارایی افراد پس از قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی یا سایر استرس‌ها افزایش پیدا می‌کند، در دامنه وسیعی از موجودات از جمله حشرات گزاراش شده است (Stebbing, 1982).

مطالعات در مورد تاثیر آفت‌کش‌ها روی واکنش تابعی می‌تواند به موفقیت برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات و رهاسازی دشمنان طبیعی کمک کند (Abedi *et al*., 2012). نتایج این بررسی نشان داد که حشره‌کش‌های اسپیروتترامات و کلرپایرفوس می‌توانند روی واکنش تابعی زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* و در نتیجه موفقیت برنامه های کنترل بیولوژیک تاثیر بگذارند. این نتایج نشان داد که تیمار کلرپایرفوس باعث بیشترین افزایش در زمان دستیابی زنبور *A. bamawalei* شد. براساس نتایج این بررسی استفاده از سموم اسپیروتترامات و کلرپایرفوس در زمان فعالیت حشرات مفید مانند زنبور *A. bamawalei* قابل توصیه نمی‌باشد.

سپاسگزاری

به این وسیله از مدیریت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به خاطرحمایت‌های مالی در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Abedi, Z., Saber, M., Gharekhani, G., Mehrvar, A. & Mahdavi, V. 2012. Effects of azadirachtin, cypermethrin, methoxyfenozide and pyridalil on functional response of *Habrobracon hebetor* Say (Hym.: Braconidae). Journal of Plant Protection Research, 52(3): 353–358.

Arif, M.I., Wazir, S., Rafiq, M., Ghaffar, A. & Mahmood, R. 2011. Incidence of *Aenasius bambawalei* Hayat on mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley and its hyperparasite, *Promuscidea unfasciativentris* Girault at Multan. 5th ICAC international cotton advisory committee, 23–25 February, Lahore, Pakistan, 23–25.

Asadeh, Gh. A. & Mossadegh, M.S. 1993. Investigation on the mealybugs (Pseudococcidae) fauna of the Khuzestan province, Iran. Plant Protection, 16: 76–81. (In Persian with English summary).

Burks, R.A., Mottern, J.L., Pownall, N.G., Waterworth, R. & Paine, T.D. 2015. First record of *Closterocerus chamaeleon*, parasitoid of the Eucalyptus gall wasp *Ophelimus maskelli* (Hymenoptera: Chalcidoidea, Eulophidae), in the New World. ZooKeys, 504: 149.

Chen, H.Y., Cao, R.X. & Xu, Z.F. 2010. First record of *Aenasius bambawalei* Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) from China. Journal of Environmental Entomology, 32(2): 280–282.

Coll, M. & Ridgway, R.L. 1995. Functional and numerical responses of *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae) to its prey in different vegetable crops. Annals of the Entomological Society of America, 88(6): 732–738.

Dhawan, A.K., Saini, S. & Singh, K. 2010. Morphplogical Comparisons among different geographical populations of cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley in Punjab. Indian Journal of Ecology, 37(2): 193–198.

Faal–Mohammadali, H., Allahyari, H. & Saber, M. 2015. Sublethal effect of chlorpyrifos and fenpropatrin on functional response of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). Archives of Phytopathology and Plant Protection, 48: 288–296.

Fallahzadeh, M., Japoshvili, G., Abdimaleki, R. & Saghaei, N. 2014. New records of Tetracneminae (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae) from Iran. Turkish Journal of Zoology, 38(4): 515–518.

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(11): 1333–1338.

Hayat, M. 2009. Description of a new species of *Aenasius walker* (Hymeoptera: Encyrtidae), parasitoid of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Homoptera: Pseudococcidae) in India. Biosystematica, 3: 2126.

He, Y., Zhao, J., Zheng, Y., Desneux, N. & Wu, K. 2012. Lethal effect of imidacloprid on the coccinellid predator *Serangium japonicum* and sublethal effects on predator voracity and on functional response to the whitefly *Bemisia tabaci*. Ecotoxicology, 21(5): 1291–1300.

Jafari, M., Saber, M., Gharekhani, Gh. & Bagheri, M. 2015. Sublethal effects of methoxyfenozide and emamectin benzoate on *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Agricultural Pest Management, 2(1): 12–20. (In Persian with English summary).

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.

Joshi, M.D., Butani, P.G., Patel, V.N. & Jeyakumar, P. 2010. Cotton Mealy Bug, *Phenacoccus Solenopsis* Tinsley–A Review. Agricultural Reviews, 31(2): 113–119.

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(4): 457–460.

Kumar, R., Nagrare, V.S., Nitharwal, M., Swami, D. & Prasad, Y.G. 2014. Within–plant distribution of an invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis*, and associated losses in cotton. Phytoparasitica, 42: 311–316.

Messina, F.J., & Hanks, J.B. 1998. Host plant alters the shape of the functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). Environmental Entomology, 27(5): 1196–1202.

Mossadegh, M.S., Vafaei, Sh., Farsi, A., Zerghami, S., Esfandiari, M., Sedighi Dehkordi, F., Fazelinejad, A. & Seyfollahi, F. 2012. *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae), its natural enemies and host plants in Iran. Proceedings of the first Iranian International Congress of Entomology, 29–31 August, University of Tehran, Tehran, Iran, 159–167.

Nagrare, V.S., Kranthi, S., Kumar, R., Dhara, B., Amutha, M., Deshmukh, A.J., Sone, K.D. & Kranthi, R. 2011. Compendium of cotton mealybugs. CICR Publication.

Nagrare, V.S., Kranthi, S., Kranthi, K.R., Chinna Babu Naik, V., Deshmukh, V., Naikwadi, b. & Dahekar, A. 2016. Relative toxicity of insecticides against cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) and its fortuous parasitoid *Aenasius bambawalei* Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae). Journal of Applied and Natural Science, 8(2): 987–994.

Nalini, T. and Manickavasagam, S. 2011. Toxicity of selected insecticides to mealybug parasitoids, *Aenasius bambawalei* Hayat and *Aenasius advena* Compere (Hymenoptera: Encyrtidae). Journal of Biological Control, 25(1):14–17.

Pala, R., Saini, R.K. & Vijaya. 2009. Preliminary studies on field parasitization and biology of s mealybug parasitoid, *Aenasius bambawalei* Hayat (Encyrtidae: Hymenoptera). Journal of Cotton Research and Development, 23(2): 313–315.

Rafalimanana, H. Kaiser, L. & Delpuech, J.M. 2002. Stimulating effects of the insecticide chlorpyrifos on host searching and infestation efficacy of a parasitoid wasp. Pest Management Science, 58: 321–28.

Rashidi, F., Nouri–Ganbalani, G. & Imani, S. 2018. Sublethal effects of some insecticides on functional response of *Habrobracon hebetor* (Hymneoptera: Braconidae) when reared on two Lepidopteran hosts. Journal of Economic Entomology, 111(3): 1104–1111.

Reay-Jones, F.P.F., Rochat, J., Goebel, R. & Tabone, E. 2006. Functional response of *Trichogramma chilonis* to *Galleria mellonella* and *Chilo sacchariphagus* eggs. Entomologia Experimentalis et Applicata, 118(3): 229–236.

Rostami, F., Zandi–Sohani, N., Yarahmadi, F., Ramezani, L. & Avalin Chaharsoghi, K. 2018. Side–effects of azadirakhtin (NeemAzal) and flubendiamide (Takumi) on functional response of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Crop Protection, 7(3): 283–291.

Sharifian, I., Sabahi, Q. & Bandani, A.R. 2017. Effect of some conventional insecticides on functional response parameters of *Macrolophus pygmaeus* (Hem.: Miridae) on *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae). Biharean Biologist, 11(1): 10–14.

Shishehbor, P. & Faal–Mohammadali, H. 2012. Sublethal effects of flufenoxuron and lufenuron on life table parameters of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). Iranian Journal of Plant Protection Science, 43(2): 233–242. (In Persian with English summary).

Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M. & Mosaddegh, M.S. 2014. Effects of buprofezin and imidacloprid on the functional response of *Eretmocerus mundus* Mercet. Plant Protection Science, 50(3): 145–150.

Spargo, G., Khan, M. & Byers, K. 2013. A parasitoid of solenopsis mealybug found at Emerald. Australian Cotton Grower, 34(2): 22–23.

Stebbing, A. R. D. 1982. Hormesis–the stimulation of growth by low levels of inhibitors. Science of the Total Environment, 22(3): 213–234.

Wang, Y., Watson, G.W. & Zhang, R. 2010. The potential distribution of an invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* and its threat to cotton in Asia. Agricultural and Forest Entomology, 12(4): 403–416.

Effects of spirotetramat and chlorpyrifos on the functional response of *Aenasius bambawalei* Hayat

Saeedeh Hadian[1], Nooshin Zandi-Sohani[1], Fatemeh Yarahmadi[1], Fariba Sohrabi[2]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

Corresponding author: Nooshin Zandi-Sohani, email: nzandisohani@yahoo.com; zandi@asnrukh.ac.ir

Received: Jan., 19, 2020 8(1) 47-56 Accepted: Dec., 27, 2020

Abstract

Phenacoccus solenopsis Tinsley is a polyphagous pest that has become a serious threat to agriculture in the tropical and subtropical regions of the world since the beginning of the twentieth century. *Aenasius bambawalei* Hayat is an endoparasitoid that parasitizes third instar nymphs of *P. solenopsis*. In this study, sublethal effects of spirotetramat and chlorpyrifos were investigated on the functional response of the parasitoid on the nymphs of *P. solenopsis* at 27± 1 ° C, 65± 5% RH, and a photoperiod of 14: 10 (L: D). The densities of 2, 4, 8, 16, 32, and 64 third instar nymphs of *P. solenopsis* were used in the experiments. The results of logistic regression showed type II functional response in all three treatments including control, spirotetramat, and chlorpyrifos. The search rate (a) of the wasp in control, spirotetramate, and chlorpyrifos treatments were calculated to be 0.2609, 0.1107, and 0.0556 h^{-1}, respectively, which in spirotetramat, and chlorpyrifos were 57% and 78% less than control. Handling time (T_h) in control, spirotetramat, and chlorpyrifos treatments were calculated to be 0.0187, 6.3352, and 9.3903 h, respectively. In spirotetramate and chlorpyrifos treatments, handling times were about 26% and 87% more than control. The handling rates of control, spirotetramate, and chlorpyrifos were 4.63, 3.28, and 2.55 host nymphs, respectively; which in spirotetramate and chlorpyrifos it was 31% and 45% less than in control. The results of this study showed that the insecticides of spirotetramate and chlorpyrifos had a negative effect on the functional response behavior of the parasitoid even at low doses and thus could disturb the biological control.

Keywords: cotton mealy bug, search rate, handling time, Encyrtidae, sublethal concentration