

اثر ترجیح مرحله سنی میزبان در زنبور *Aenasius bambawalei* (Hymenoptera: Encyrtidae)، انگل‌واره شپشک آرد آلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) در شرایط دسترسی انتخابی و غیرانتخابی

ابراهیم تامولی طرفی^۱، آرش راسخ^{۱*}، محمد سعید مصدق^۱ و علی رجب پور^۲

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران و ۲- دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.rasekh@scu.ac.ir

چکیده

شپشک آرد آلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* Tinsley یکی از آفات مهم و چندین خوار در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری بوده و در سال‌های اخیر خسارت شدیدی به درختچه‌های زیتنی ختمی چینی جنوب کشور وارد کرده است. در این پژوهش، ترجیح میزبانی زنبور *Aenasius bambawalei* Hayat هنگام دسترسی به سنین مختلف پورگی و ماده بالغ شپشک آرد آلود پنبه در شرایط دسترسی انتخابی و غیرانتخابی بررسی شد. همچنین طول دوره رشدی و اندازه بدن زنبور هنگام پرورش روی پوره سن سوم و ماده بالغ مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، زنبورهای ماده تمایلی به پارازیته کردن پوره‌های سن یک شپشک از خود نشان ندادند و همچنین هیچ گونه ظهوری از پوره‌های پارازیته شده در سن دوم مشاهده نشد. در هر دو شرایط دسترسی انتخابی و غیرانتخابی به پوره سن سوم و شپشک‌های ماده بالغ، به طور معنی‌داری شپشک‌های بالغ بیشتر پارازیته شدند و نسبت جنسی (درصد ماده‌ها) زنبور روی این سن رشدی در مقایسه با پوره سن سوم بیشتر بود. همچنین طول دوره پیش از بلوغ زنبورهای نر و ماده هنگام پرورش روی ماده‌های بالغ شپشک طولانی‌تر از زمانی بود که میزبان در مرحله پوره سن سوم پارازیته شد، اما زنبورهای ظاهر شده از ماده‌های بالغ در مقایسه با پوره سن سوم، اندازه بزرگتری داشتند. در یک جمع‌بندی، زنبور *A. bambawalei* قادر به کنترل قابل قبول سنین بالای رشدی شپشک آرد آلود پنبه بود و امید می‌رود بتوان از این زنبور به عنوان یک عامل زیستی در کنترل موفق شپشک آرد آلود استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: ویژگی‌های زیستی، بوته ختمی چینی، گندزیستا، فعالیت تولیدمثلی

Host stage preference of *Aenasius bambawalei* (Hymenoptera: Encyrtidae), the parasitoid of cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae), under choice and no-choice access

Ebrahim Tamoli Torfi¹, Arash Rasekh^{1*}, Mohammad Saeed Mossadegh¹ & Ali Rajabpoor²

1. Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. & 2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

* Corresponding author, E-mail: a.rasekh@scu.ac.ir

Abstract

The cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, is a phytophagous insect with high populations causing serious damage to the Chinese hibiscus shrubs (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) from south of Iran. This research was conducted to determine the host preference of *Aenasius bambawalei* Hayat when had choice or no-choice access to different stages of cotton mealybug. Moreover, biological characteristics and body size of wasps when reared on third nymphal instar and adult females was studied under laboratory condition. According to the results, female wasps did not parasitize the first nymphal stage. The second nymphal stage was parasitized without any adult wasp emergence. The results revealed that the percentage of mealybug mummified, and sex ratio (% female) was significantly higher when mealybug hosts were parasitized at adult females compared to third nymphal stage, in both choice and no-choice access. The developmental times (days) and body size (hind tibia length and antenna length) of *A. bambawalei* females and males developing in cotton mealybug adult female was significantly longer than those reared on third nymphal instar. The results indicated the high control ability of *A. bambawalei*, on the older growth stages of cotton mealybug. It is hoped that this parasitoid wasp can be used as a biological agent to control *Ph. solenopsis*, on the Chinese hibiscus shrubs, *H. rosa-sinensis*.

Key words: Biological characteristics, Chinese hibiscus shrubs, Koinobiont, Reproductive activity

Received: 18 June 2019, Accepted: 13 October 2019.

مقدمه

شپشک آرد آلود پنبه (*Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hem.: Pseudococcidae) به یک تهدید جدی برای کشاورزی در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان تبدیل شده است (Hodgson et al., 2008; Wang et al., 2010). این شپشک اولین بار از روی محصول پنبه در ایالات متحده آمریکا (Fuchs et al., 1991) و پس از آن از مناطق پنبه کاری هند و پاکستان گزارش شد (Abbas et al., 2005). این شپشک یک گونه با دامنه وسیع میزبانی بوده و خسارت آن همچنین از سایر گیاهان مهم اقتصادی نظیر ختمی چینی زینتی (*Hibiscus rosa-sinensis* L.)، بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.)، فلفل (*Capsicum annum* L.) و گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) گزارش شده است (Abbas et al., 2012; Mossadegh et al., 2015). اولین گزارش این شپشک از روی ختمی چینی در کشور، مربوط به استان هرمزگان می‌باشد (Moghadam & Bagheri, 2010) و پس از آن از سایر استان‌های جنوبی و مرکزی از جمله خوزستان، فارس و بوشهر گزارش شد (Mossadegh et al., 2015). شپشک با تغذیه از شیره گیاهی سبب کاهش رشد گیاه میزبان، زرد شدن برگ‌ها، بدشکلی، ریزش برگ‌ها و میوه شده و در آلودگی شدید باعث خشکیدگی کامل گیاه می‌شود. شپشک همچنین در حین تغذیه، مقادیر زیادی عسلک تولید می‌کند که محل مناسبی برای رشد قارچ فوماژین روی سطح برگ و میوه می‌باشد (Nagrare et al., 2011).

سطح بدن این شپشک همانند سایر شپشک‌های آرد آلود از مواد مومی پوشیده شده است و این پوشش اثربخشی سموم شیمیایی را مختل نموده و در نتیجه کنترل شیمیایی آفت چندان موفقیت آمیز نخواهد بود (Grasswitz & Burts, 1995; Kaur & Virk, 2011)، به همین دلیل، بررسی سایر روش‌های کنترل، از جمله کنترل زیستی روی این آفت اهمیت فراوانی دارد. در این ارتباط، گونه‌های متعددی از انگل‌واره‌ها و شکارگرها روی این شپشک گزارش شده‌اند (Mossadegh et al., 2015; Seyfollahi et al., 2016) و در میان این دشمنان طبیعی، زنبور *Aenasius bambawalei* Hayat (Hym.: Encyrtidae) به عنوان یک انگل‌واره داخلی - انفرادی و از گروه کُندزیستا (Koinobiont)، دارای بیشترین پراکندگی و فعالیت انگلی روی شپشک آرد آلود پنبه می‌باشد (Nagrare et al., 2009; Mossadegh et al., 2015). زنبور *A. bambawalei* اولین بار در سال ۲۰۰۸ توسط محمود از پاکستان جمع‌آوری و برای شناسایی به موزه تاریخ طبیعی بریتانیا ارسال شد و در مطالعات بعدی در سال ۲۰۰۹ توسط حیات با این نام توصیف شد (Hayat, 2009). مطالعات مختلفی روی میزان انگلی شدن شپشک آرد آلود پنبه

توسط زنبور *A. bambawalei* روی میزبان‌های مختلف گیاهی مانند پنبه، بامیه، گوجه فرنگی، ختمی چینی و پنیرک هندی صورت گرفته است (Solangi, 2011; Zainul-Abdin et al., 2013; Nahiyoon et al., 2016). همچنین ترجیح میزبانی این زنبور (Zainul-Abdin et al., 2012) و ویژگی‌های زیستی و ریخت‌سنجی افراد نر و ماده روی سنین مختلف رشدی شپشک آرد آلود پنبه مورد بررسی قرار گرفت (Sangle et al., 2013).

در مدل‌های برهمکنش میزبان-انگل‌واره، از کیفیت میزبان (اندازه یا سن میزبان) به عنوان یک عامل مهم نام برده شده و به طور معمول میزبان‌های بزرگ تر به دلیل دارا بودن منابع بیشتر غذایی، برای رشد لاروهای انگل مناسب‌تر هستند (Harvey et al., 1994). با وجود این، در بعضی موارد، علی‌رغم محتوی مواد غذایی بیشتر در پوره سن آخر و شته‌های بالغ، به دلیل دفاع فیزیولوژیکی (Sequeira & Mackauer, 1992b) و فیزیکی (Chau & Mackauer, 2000a; Rasekh et al., 2010) به نسبت قوی‌تر در آنها نسبت به پوره‌های سنین پایین‌تر، منابع غذایی آنها کمتر در دسترس انگل‌واره‌ها قرار می‌گیرد (Sequeira & Mackauer, 1992a).

در میان عوامل مختلف تأثیرگذار روی انتخاب میزبان توسط زنبورهای انگل‌واره، طرح ترجیح مرحله رشدی میزبان به طور کامل آشکار نشده و به عوامل متعددی از جمله فراوانی نسبی سنین رشدی بستگی دارد (Chow & Mackauer, 1991). ترجیح سن معینی از میزبان می‌تواند منعکس‌کننده برهمکنش رفتاری بین آن سن رشدی و حشره ماده کاوشگر باشد (Gerling et al., 1990)، به شدت رفتار دفاعی آن مرحله رشدی بستگی داشته باشد (Chau & Mackauer, 2000b) و همچنین با وضعیت فیزیولوژیکی حشره مادر شامل سن، اندازه و تجربه قبلی تولیدمثلی، ارتباط داشته باشد (Weisser, 1994; Michaud & Mackauer, 1995).

اثر دسترسی انتخابی یا غیرانتخابی (دسترسی همزمان به تمام مراحل رشدی میزبان در مقایسه با مواجهه به تنها یک سن رشدی) روی ترجیح سن رشدی میزبان موضوعی است که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعه حاضر ترجیح سنی زنبور پارازیتوئید *A. bambawalei* هنگام دسترسی انتخابی و غیرانتخابی به سنین مختلف رشدی شپشک آرد آلود پنبه (پوره سن اول تا سوم و حشره کامل ماده) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تأثیر مرحله رشدی میزبان روی توانمندی نتاج زنبور (درصد انگلی شدن، درصد ظهور، نسبت جنسی، طول دوره رشدی و اندازه بدن) تعیین شد.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

شپشک آرد آلود پنبه *Ph. solenopsis*

برای تشکیل کلنی شپشک آرد آلود، تعدادی پوره و ماده‌های بالغ از درختچه‌های آلوده ختمی چینی محوطه دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز جمع‌آوری شد. این حشرات روی شاخه‌های بریده شده ختمی چینی که درون بطری آب (قطر ۸ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) حاوی محلول سه در هزار کود کامل هورتی گرو (Hortigrow) قرار داشتند، مستقر شدند. در ادامه این ظروف درون اتاقک رشد (دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) و در یک قفس به ابعاد $60 \times 30 \times 30$ سانتیمتر نگهداری شدند. اطراف این قفس با توری ریز پوشانده شده بود. شپشک‌های جمع‌آوری شده از طبیعت، قبل از به کارگیری در آزمایش‌ها، چهار نسل در آزمایشگاه پرورش داده شدند.

زنبور انگل واره *A. bambawalei*

به منظور تشکیل کلنی اولیه‌ی زنبور *A. bambawalei*، ابتدا شپشک‌های مومیایی شده، از بوته‌های ختمی چینی در محوطه دانشگاه شهید چمران اهواز جمع آوری و سپس به آزمایشگاه انتقال یافتند. مومیایی‌ها درون ظروف پلاستیکی تهویه‌دار (۱۰×۸×۵ سانتی متر) منتقل شدند. حشرات کامل ظاهر شده زنبور، در یک قفس (۳۰×۳۰×۴۰ سانتی متر) حاوی شپشک‌های پرورشی رها سازی شدند. پرورش کلنی *A. bambawalei* در اتاقک رشد در دمای ۲۵±۱ درجه سلیسیوس، رطوبت نسبی ۶۰±۵ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی: روشنایی) صورت گرفت. زنبورهای جمع‌آوری شده از طبیعت، قبل از به کارگیری در آزمایش‌ها، سه نسل در آزمایشگاه پرورش داده شدند.

تشکیل جمعیت حشرات همزاد (cohorts)

شپشک آرد آلود پنبه *Ph. solenopsis*

به منظور تشکیل جمعیت شپشک همزاد، تعدادی شپشک‌های ماده بالغ (۲۰-۳۰ عدد)، درون یک ظرف پلاستیکی تهویه دار (به ابعاد ۱۰×۸×۵ سانتی متر) روی برگ‌های ختمی چینی قرار داده شدند. پس از ۷۲ ساعت شپشک‌های بالغ حذف شدند و پوره‌ها تا رسیدن به مرحله رشدی مورد نظر جهت بکارگیری در آزمایش‌ها نگهداری شدند. تعویض برگ‌های درون ظروف هر پنج روز یکبار با برگ‌های تازه ختمی چینی انجام شد.

زنبور انگل واره *A. bambawalei*

به منظور تشکیل جمعیت زنبور همزاد، ظروف پلاستیکی (۱۰×۸×۵ سانتی متر) که هر کدام حاوی ۸۰ شپشک بالغ مستقر یافته روی برگ‌های ختمی چینی بودند، به درون قفس کلنی زنبور انگل واره منتقل شدند. پس از ۴۸ ساعت، ظروف از قفس پرورش زنبور خارج و به اتاقک رشد با شرایط محیطی ذکر شده منتقل شدند. با ظهور حشرات کامل، افراد نر و ماده ظاهر شده با محلول آب عسل (۲۰ درصد) تغذیه و از ماده‌های ۲-۳ روزه جفت گیری کرده برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد.

ترجیح میزبانی زنبور *A. bambawalei* روی سنین مختلف رشدی شپشک

دسترسی غیرانتخابی

در این آزمایش چهار مرحله رشدی شامل سه سن پورگی و ماده‌های بالغ به صورت جداگانه در اختیار زنبور انگل واره ماده *A. bambawalei* قرار گرفتند. به این منظور، این مراحل رشدی در ۱۲ تکرار و در هر تکرار ۳۰ حشره همسن روی یک برگ تازه ختمی چینی (برای شادابی برگ، پنبه خیس روی دمبرگ قرار داده شد) درون ظروف تهویه‌دار (با ابعاد ۱۰×۸×۵ سانتی متر) قرار داده شدند. سپس یک زنبور ماده جفت گیری کرده (۲-۳ روزه و بدون تجربه قبلی مواجهه با میزبان) به درون هر ظرف وارد شد و پس از ۲۴ ساعت زنبور حذف شد. ظروف حاوی شپشک‌ها روزانه مورد بازدید قرار گرفتند. در ادامه درصد انگلی شدن از طریق شمارش شپشک‌های مومیایی شده تعیین شد. همچنین درصد ظهور (تعداد زنبورهای ظاهر شده به تعداد شپشک‌های مومیایی) و نسبت جنسی (تعداد ماده به کل نتاج) محاسبه شد. همچنین طول دوره پیش از بلوغ نتاج نر و ماده به طور جداگانه به دست آمد. در انتهای این آزمایش به منظور تعیین اندازه بدن زنبورهای نر و ماده ظاهر شده روی سنین مختلف رشدی شپشک، زنبورهای ظاهر شده بلافاصله بعد از ظهور در مواجهه با بخار الکل کشته و طول ساق پای عقب و طول شاخک آنها به عنوان شاخصی از طول بدن اندازه گیری شد. مطالعات قبلی نشان داد که طول این اندام‌ها شاخص

مناسبی برای تعیین طول بدن زنبور *L. fabarum* می‌باشد (Ameri et al., 2013). به این منظور از ساق پای عقب و شاخک سمت راست هر حشره با استفاده از استریومیکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال (Nikon Coolpix) (S10, Nikon Corporation, Tokyo, Japan) با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر عکس برداری شد و اندازه‌ی این اندام‌ها روی کامپیوتر بوسیله نرم افزار ImageJ (با دقت ۰/۰۰۳ میلی متر) تعیین شد.

دسترس‌ی انتخابی

با توجه به نتایج آزمایش غیرانتخابی، پوره سن سوم و ماده‌های بالغ شپشک برای رشد زنبور انگل‌واره مناسب بودند، بنابراین تنها از این دو سن رشدی برای انجام آزمایش دسترس‌ی انتخابی استفاده شد. به این منظور روی یک برگ‌های تازه ختمی چینی درون ظرف تهویه‌دار (با ابعاد ۵×۸×۱۰ سانتی متر)، ۱۵ پوره سن سوم شپشک به همراه ۱۵ ماده بالغ همسن مستقر شد و مانند آزمایش قبلی، یک زنبور ماده جفت‌گیری کرده به این ظرف وارد و پس از ۲۴ ساعت حذف شد. در ادامه پوره‌ها و ماده‌های بالغ مربوط به هر تکرار (n=۱۲) در ظرف‌های جداگانه قرار گرفته و پرورش یافتند. مانند آزمایش قبلی ظرف‌ها روزانه مورد بازدید قرار گرفتند و به روش مشابه داده برداری انجام شد.

تجزیه آماری داده‌ها

با توجه به وجود دو متغیر مستقل، یعنی مرحله رشدی میزبان (پوره سن سوم و ماده بالغ) و جنسیت زنبور (نر و ماده) به منظور تعیین اختلاف آماری بین طول دوره پیش از بلوغ از آزمون آماری تجزیه واریانس دو طرفه (Two-way ANOVA) استفاده شد. در این مطالعه به منظور مقایسه‌ی شاخص‌های ریخت‌سنجی (طول ساق پای عقب و طول شاخک) زنبور از آزمون آماری تجزیه واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و به منظور تعیین اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تکمیلی توکی (Post Hoc-Tukey) (در سطح ۰/۰۵) استفاده شد. از مدل‌های خطی تعمیم (Generalized linear models) برای تجزیه داده‌های مربوط به درصد انگلی شدن، درصد ظهور و نسبت جنسی استفاده شد. در این مدل از توزیع دوجمله‌ای خطا (Binomial error distribution) با تابع خطی لوگ (Loglinear) برای درصد انگلی شدن و تابع لوژیت (Logit) برای درصد ظهور و نسبت جنسی استفاده شد. همچنین برای تجزیه نتایج حاصل از ترجیح میزبانی از آزمون مربع کای پیرسون (Pearson's Chi-square test) استفاده شد (SPSS, 1998). تمامی داده‌ها با کمک نرم افزار آماری SPSS (نسخه ۱۷) مورد تجزیه قرار گرفتند.

نتایج

ترجیح میزبانی

درصد انگلی شدن، درصد ظهور و نسبت جنسی

نتایج مربوط به فعالیت‌های تولید مثلی زنبور انگل‌واره *A. bambawalei* روی مراحل مختلف رشدی شپشک آرد آلود پنبه در شرایط دسترس‌ی انتخابی و غیرانتخابی در جدول ۱ ارائه شده است. براساس نتایج به دست آمده در دسترس‌ی غیرانتخابی، ماده‌های بالغ شپشک بیشتر از سایر سنین رشدی پارازیت‌ه شدند و بعد از آن به ترتیب پوره سن سوم و دوم قرار داشتند. از طرفی زنبور *A. bambawalei* هیچ گونه تمایلی به پارازیت‌ه کردن پوره سن اول از خود نشان نداد. در دسترس‌ی انتخابی نیز زنبورها در شرایط دسترس‌ی همزمان به ماده‌های بالغ شپشک و پوره‌های سن سوم، درصد بیشتری از افراد بالغ را پارازیت‌ه کردند (جدول ۱). همچنین در هیچ یک از تکرارها، ظهور حشره کامل از پوره‌های سن دوم پارازیت‌ه، دیده نشد.

در هر دو شرایط دسترسی انتخابی و غیرانتخابی، اختلاف معنی‌داری بین درصد ظهور زنبورها روی پوره‌های سن سوم و ماده‌های بالغ وجود نداشت (جدول ۱). همچنین در هر دو شرایط دسترسی، بالاترین نسبت جنسی زنبور روی ماده‌های بالغ شپشک به دست آمد و به طور معنی‌داری نتایج ماده بیشتری روی این مرحله رشدی شپشک در مقایسه با موقعی که پوره سن سوم شپشک پارازیت شده بودند، ظاهر شد (جدول ۱). تجزیه داده‌ها نشان داد که زنبورهای ماده در شرایط دسترسی همزمان به پوره‌های سن سوم و ماده‌های بالغ شپشک، به طور معنی‌داری ماده‌های بالغ بیشتری را پارازیت کردند ($\chi^2 = 12/9, P < 0/001$).

جدول ۱- میانگین (\pm SE) درصد شپشک‌های مومیایی شده، درصد ظهور و نسبت جنسی، هنگامی که زنبورهای ماده جفتگیری کرده *Aenasius bambawalei* به صورت انفرادی در شرایط دسترسی انتخابی یا غیرانتخابی به مراحل مختلف رشدی شپشک آرد آلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* دسترسی داشتند.

Table 1. Mean (\pm SE) percentage of mealy bug mummified, percentage of mummies emerging, and sex ratio when mated *Aenasius bambawalei* females were individually introduced in to different growth stages of *Phenacoccus solenopsis* in either choice or no-choice access.

	Second instar	Third instar	Adult	G	df	P
No-choice access						
Percent mummified	9.16 \pm 2.32 c	32.5 \pm 4.2 b	46.9 \pm 4.0 a	60.6	2,33	0.001
Percent emerging	-	86.5 \pm 4.6 a	93.6 \pm 2.1 a	2.11	1,22	0.146
Sex ratio (% female)	-	23.8 \pm 5.8 b	73.4 \pm 3.1 a	68.2	1,22	0.001
Choice access						
Percent mummified	-	27.8 \pm 2.1 b	51.1 \pm 3.0 a	41.7	1,21	0.001
Percent emerging	-	90.6 \pm 4.3 a	91.0 \pm 3.1 a	0.12	1,21	0.728
Sex ratio (% female)	-	37.6 \pm 6.5 b	65.0 \pm 4.1 a	12.5	1,21	0.001

Means with the similar letters within each row were not significantly different (GLM, $P > 0.05$).

طول دوره رشدی

نتایج مربوط به طول دوره پیش از بلوغ زنبورهای نر و ماده *A. bambawalei* روی پوره سن سه و ماده‌های بالغ شپشک آرد آلود پنبه در شرایط دسترسی انتخابی و غیرانتخابی در جدول ۲ ارائه شده است. مطابق با نتایج بدست آمده، اثرات اصلی مرحله رشدی میزبان ($F_{1,338} = 336/5$; $P < 0/001$) روی طول دوره پیش از بلوغ معنی‌دار بود، در حالی که اثر اصلی جنسیت زنبور ($F_{1,338} = 2/93$; $P = 0/088$) و اثر متقابل مرحله رشدی میزبان و جنسیت زنبور ($F_{1,338} = 0/627$; $P = 0/429$) معنی‌دار نبود. مطابق با نتایج، در هر دو شرایط دسترسی، طول دوره رشدی مراحل نابالغ زنبور در هر دو جنس نر و ماده هنگام پرورش روی ماده‌های بالغ شپشک به طور معنی‌داری طولانی‌تر از زمانی بود که پوره سن سوم پارازیت شده بود (جدول ۲). در شرایط دسترسی انتخابی و غیرانتخابی و همچنین هنگام پرورش روی پوره سن سوم یا ماده بالغ میزبان، تفاوت معنی‌داری در طول پیش از بلوغ زنبورهای نر و ماده *A. bambawalei* دیده نشد.

جدول ۲- میانگین (\pm SE) طول دوره پیش از بلوغ زنبورهای نر و ماده *Aenasius bambawale* ظاهر شده از شپشک آرد آلود *Phenacoccus solenopsis* هنگامی که میزبان‌ها در مرحله رشدی پوره سن سوم یا ماده بالغ در شرایط دسترسی انتخابی یا غیرانتخابی انگلی شده بودند.

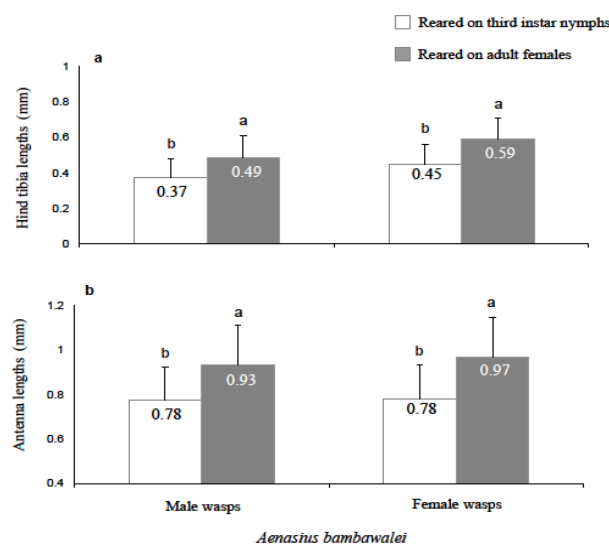
Table 2. Mean (\pm SE) immature developmental times (days) of *Aenasius bambawalei* males and females, developing in third instar and adult female cotton mealy bug, *Phenacoccus solenopsis*, in either choice or no-choice access.

	Third instar	Adult	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
	No-choice access				
Male development time (d)	17.0 \pm 0.14 Ab	21.1 \pm 0.27 Aa	206.8	120	0.001
Female development time (d)	17.3 \pm 0.48 Ab	21.9 \pm 0.21 Aa	80.8	137	0.001
<i>T</i>	0.547	2.51			
<i>df</i>	100	157			
<i>p</i>	0.461	0.135			
	Choice access				
Male development time (d)	16.1 \pm 0.41 Ab	20.1 \pm 0.26 Aa	64.7	55	0.001
Female development time (d)	16.3 \pm 0.4 Ab	20.4 \pm 0.23 Aa	73.1	68	0.001
<i>T</i>	0.054	0.87			
<i>df</i>	43	80			
<i>p</i>	0.818	0.354			

Means within each row bearing the same lower case letter were not significantly different among host stages within a same access. Means within each column bearing the same upper case letter were not significantly different among sexes within a same access (in both cases; *t*-test, $P > 0.05$).

نتایج شاخص‌های مورفومتریک

بر اساس نتایج به دست آمده، طول ساق پای عقب زنبورها در هر دو جنس نر ($t_{0.01} = 21/01$, $P = 0/001$) و ماده ($t_{0.01} = 44/28$, $P = 0/001$) هنگام پرورش روی ماده‌های بالغ شپشک در مقایسه با پوره سن سوم، به طور معنی داری بزرگ‌تر بود. بطور مشابه طول شاخک نیز هنگام پرورش روی ماده‌های بالغ شپشک به طور معنی داری بزرگ‌تر از زمانی بود که پوره سن سوم در اختیار زنبورهای ماده قرار گرفت (به ترتیب در نتایج نر و ماده: $t_{0.01} = 31/64$, $P = 0/001$; $t_{0.01} = 48/13$, $P = 0/001$) (شکل ۱).



شکل ۱- میانگین (± SE) طول ساق پای عقب (a) و طول شاخک (b) نتاج زنبور انگل‌واره *Aenasius bambawalei* ظاهر شده از شپشک آرد آلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* هنگامی که میزبان‌ها در مرحله رشدی پوره سن سوم یا ماده بالغ انگلی شده بودند. میانگین‌های با حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (t -test, $P < 0.05$).

Fig. 1. Mean (± SE) hind tibia length (a) and antenna length (b) of *Aenasius bambawalei* offspring emerging from hosts that were parasitized at third instar nymph or female adult of *Phenacoccus solenopsis*. Means with different case letters were significantly different (t -test, $P < 0.05$).

بحث

بر اساس نتایج به دست آمده، در هر دو شرایط دسترسی انتخابی و غیرانتخابی، زنبور *A. bambawalei* ترجیح بیشتری برای تخم‌گذاری روی ماده‌های بالغ شپشک نسبت به پوره سن سوم از خود نشان داد. از سوی دیگر زنبور تمایلی به پارازیت‌کردن پوره سن اول شپشک نداشت و پوره‌های سن دوم فقط در شرایط دسترسی غیرانتخابی پارازیت شدند، در صورتی که در شرایط انتخابی و دسترسی به سنین بالاتر رشدی، شپشک‌های این سن رشدی، هدف انگلی شدن قرار نگرفتند. در مطالعه مشابهی روی ترجیح میزبانی زنبور *A. bambawalei* میزان انگلی شدن پوره‌های سنین اول تا سوم و همچنین شپشک بالغ به ترتیب صفر، ۳۲، ۴۸ و ۹۲ درصد گزارش شد (Zainul-Abdin *et al.*, 2012).

از میان سه روش معمول ارتباط بین اندازه زنبورهای گندزیستا و سن میزبان، نتایج مطالعه حاضر مطابق با گزارش‌های تعدادی از محققین (Sequeira & Mackauer, 1992b; Harvey & Strand, 2002) حاکی از برقراری ارتباط مستقیم بین اندازه میزبان و اندازه نتاج ظاهر شده می‌باشد، به صورتی که همراه با بالا رفتن سن شپشک میزبان، اندازه زنبورهای *A. bambawalei* ظاهر شده از آنها نیز افزایش یافت. بر اساس فرضیه ترجیح-کارایی (preference-performance hypothesis)، انگل‌واره‌ها به صورتی تکامل یافته‌اند که ترجیح میزبانی در حشرات ماده بر پایه کارایی نتاج استوار باشد (Gripenberg *et al.*, 2010). بر اساس این فرضیه، تفاوت در کارایی نتاج یک فشار انتخابی روی ترجیح مادر ایجاد می‌کند. با توجه به ارتباط مستقیم بین اندازه بدن و موفقیت تولیدمثلی

از طریق افزایش طول عمر و باروری (Bellows, 1985; Harvey *et al.*, 1994)، مطالعات نشان داده که اندازه بدن بیشتر از سایر عوامل، با کارایی زنبورهای انگل‌واره در ارتباط است (Mackauer and Sequeira, 1993; Godfray, 1994). نتایج مطالعه حاضر، مشابه با نتایج دیگر محققین روی سایر حشرات (Gripenberg *et al.*, 2010)، نشان می‌دهد که نوع ارتباط زنبور *A. bambawalei* و شپشک میزبان با فرضیه ترجیح-کارایی سازگار می‌باشد. با وجود این، در مطالعات متعددی روی حشرات گیاه‌خوار، ترجیح حشرات ماده با کارایی نتاج ناسازگار بوده و یا ارتباط ضعیفی بین آنها برقرار بوده است (Valladares & Lawton, 1991; Underwood, 1994; Najafpour *et al.*, 2016).

مطالعات محققین نشان می‌دهد که ماده‌های جفت‌گیری کرده در زنبورهای انفرادی (Solitary) معمولاً قادرند جنسیت نتاج خود را بر حسب کیفیت و اندازه میزبان تنظیم نمایند و میزبان‌های مناسب‌تر را به تخم‌های ماده اختصاص دهند (Godfray, 1994). نتایج مطالعه حاضر نیز با تخصیص هدفمند جنسیت نتاج مطابق با سن رشدی میزبان تطابق دارد و زنبورهای مادر به طور معنی‌داری نسبت بیشتری از تخم‌های ماده را روی مرحله حشره بالغ شپشک قرار دادند. مطابق با نتایج مطالعات دیگر، نسبت جنسی زنبور *A. bambawalei* روی پوره سن سوم ۳۰ درصد و روی ماده‌های بالغ ۸۱/۷۸ درصد (Zhang *et al.*, 2016) و در شرایط دسترسی انتخابی روی پوره‌های سن دوم، سوم و ماده‌های بالغ شپشک آرد آلود پنبه به ترتیب ۱۰، ۵۹/۶ و ۵۰/۸ درصد (Zainul-Abdin *et al.*, 2013) گزارش شد.

مطابق نتایج مطالعه حاضر، طول دوره پیش از بلوغ زنبور روی پوره سن سوم شپشک به طور معنی‌داری کوتاه‌تر از هنگام پرورش روی حشره ماده بالغ بود، در مقابل اندازه نتاج پرورش یافته روی ماده بالغ شپشک در مقایسه با پوره سن سوم بزرگ‌تر بود. این نتایج نشان می‌دهد که زنبورهای نر و ماده، در صورت پرورش به ترتیب روی پوره سن سوم و شپشک بالغ ماده، توانمندی بیشتری کسب می‌کنند، چرا که تسریع ظهور در زنبورهای نر، شانس جفت‌گیری آنها را در رقابت با سایر افراد نر بالا می‌برد (Royer & McNeil, 1993; Johnson & Burley, 1997)، و همچنین اندازه بدن در زنبورهای ماده به دلیل ارتباط مستقیم با ویژگی‌های تولیدمثلی اهمیت فراوانی دارد (Ridley, 1988; Ketterson *et al.*, 1997).

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، طول دوره پیش از بلوغ زنبورهای نر و ماده روی ماده‌های بالغ شپشک ۲۰ تا ۲۱ روز و روی پوره سن سوم ۱۶ تا ۱۷ روز بود. در پژوهش دیگری طول دوره پیش از بلوغ زنبورهای نر و ماده *A. bambawalei* روی ماده‌های بالغ شپشک به ترتیب ۱۵/۴ و ۱۳/۲ روز و روی پوره سن سوم ۱۴/۸ و ۱۲/۸ روز گزارش شد (Zainul-Abdin *et al.*, 2013). طول این دوره در زنبورهای ماده در مطالعه دیگری ۱۴/۴ روز و در زنبورهای نر ۱۳/۴ روز به دست آمد (He *et al.*, 2015). البته دلیل عمده تفاوت طول دوره پیش از بلوغ زنبورها در این مطالعه با نتایج کار دیگران، می‌تواند تفاوت در شرایط آزمایشگاهی به ویژه دمای پرورش باشد. بطور کلی رشد و تولیدمثل حشرات تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد که دما و غذا مهم‌ترین آنها هستند، اما کیفیت و کمیت منابع غذایی نیز دارای اهمیت فراوانی می‌باشند (Godfray, 1994).

برخلاف نتایج مطالعه حاضر، گزارش‌هایی مبنی بر تکمیل سیکل زندگی زنبور *A. bambawalei* روی پوره سن دوم شپشک آرد آلود وجود دارد (Zainul-Abdin *et al.*, 2013). در مقابل در مطالعه حاضر، زنبور *A. bambawalei* علی‌رغم پارازیت‌زدایی پوره سن دوم شپشک فقط به میزان ۹/۱۶ درصد، قادر به تکمیل سیکل زندگی خود نبود و ظهور حشرات کامل زنبور از روی این سن رشدی شپشک مشاهده نشد. این موضوع نشان دهنده این است که زنبور *A. bambawalei* در مناطق اولیه انتشار شپشک آرد آلود پنبه در آسیا (هند و

پاکستان)، توانسته طی زمان خود را با پوره سن دوم شپشک سازگار کند و از آن به عنوان یک میزبان مناسب جهت پارازیته کردن استفاده نماید، اما در مناطق آلوده به شپشک آرد آلود پنبه در جنوب کشور، ظاهراً در مسیر تطبیق با پوره سن دوم شپشک می باشد تا بتواند از این سن نیز جهت تولید نتاج خود استفاده نماید.

اندازه نتاج زنبور (طول ساق پای عقب و طول شاخک) هنگام پرورش روی شپشک بالغ به طور معنی داری بزرگتر از زنبورهای ظاهر شده روی پوره های سن سوم بود. در مطالعه مشابهی، میانگین طول ساق پای عقب و شاخک زنبورهای نر *A. bambawalei*، پرورش یافته روی سنین مختلف رشدی شپشک آرد آلود پنبه به ترتیب برابر با ۰/۵۸۰ و ۱/۴۹ میلی متر و برای زنبورهای ماده ۰/۸۸۰ و ۱/۱۱ میلی متر گزارش شد (Sangle *et al.*, 2013). نتایج پژوهش اخیر با نتایج ما مطابقت دارد، اما علت تفاوت در مقادیر بدست آمده می تواند ناشی از دفاع فیزیولوژیکی میزبان (کیفیت میزبان) و همچنین اندازه میزبان در زمان انگلی شدن (کمیت میزبان) باشد. دفاع فیزیولوژیکی میزبان عامل مهمی است که غلبه بر آن هزینه هایی مانند کاهش اندازه حشره کامل، افزایش دوره رشد و نمو و کاهش نرخ ظهور را در پی خواهد داشت (Walker & Hoy, 2003; Schmid *et al.*, 2012).

نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که سن رشدی میزبان در چگونگی تخصیص منابع به ویژگی های زیستی زنبور *A. bambawalei* نقش دارد. این تخصیص منابع تحت تأثیر فرآیندهای تکاملی و فشار به گزینی به صورتی تکامل یافته که بیشترین توانمندی نتاج زنبور در آن مرحله رشدی میزبان تأمین شود. در این راستا، با توجه به این که اکثر نتاج تولید شده روی پوره سن سوم شپشک، زنبورهای نر بودند (حدود ۷۰ درصد) و این تعداد نر خیلی بیشتر از نیاز واقعی جهت تلقیح همزادان ماده (۳۰٪ باقی مانده نتاج) می باشد، به نظر می رسد این جمعیت بالای افراد نر، در تلقیح نسبت بالای نتاج ماده (حدود ۷۰ درصد)، که با تأخیر چهار روز از روی شپشک بالغ ماده ظاهر خواهند شد، نقش مهمی دارد. این سازوکار می تواند شانس زنبورهای ماده را در دسترسی به زنبورهای نر بالغ (با توجه به ظهور چهار روز زودتر) به شدت افزایش دهد و در عین حال زنبورهای نر و ماده به ترتیب از پرورش در پوره سن سوم و شپشک بالغ ماده، توانمندی لازم را کسب کنند.

در یک جمع بندی می توان گفت زنبورهای *A. bambawalei* قادر به کنترل قابل قبول سنین بالای رشدی شپشک آرد آلود پنبه بودند و امید است بتوان از این زنبور به عنوان یک عامل کنترل زیستی موفق استفاده نمود. در ضمن با توجه به نسبت جنسی بالا و اندازه بزرگتر نتاج هنگام پرورش روی شپشک بالغ، پیشنهاد می شود در پرورش انبوه زنبور از این سن رشدی شپشک استفاده شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (شماره گرنت ۹۷/۳/۰۲/۲۶۲۴۷) قدردانی می شود.

References

- Abbas, G., Arif, M. J., Saleem, M. S. & Shah, F. (2012) Studies on biology of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) in Punjab, Pakistan—a pest of cotton and other crops. *Pakistan Entomologist* 34 (2), 131–136.

- Abbas, G., Arif, M. J. & Saeed, S.** (2005) Systematic status of a new species of the genus *Phenacoccus* Cockerell (Pseudococcidae), a serious pest of cotton, *Gossypium hirsutum* in Pakistan. *Pakistan Entomologist* 27, 83–84.
- Ameri, M., Rasekh, A., Michaud, J. P. & Allahyari, H.** (2013) Morphometric indicators for quality assessment in the aphid parasitoid, *Lysiphlebus fabarum* (Braconidae: Aphidiinae). *European Journal of Entomology* 110 (3), 519–525.
- Bellows, T. S.** (1985) Effects of host age and host availability on developmental period, adult size, sex ratio, longevity and fecundity in *Lariophagus distinguendus* Forster (Hymenoptera: Pteromalidae). *Researches in Population Ecology* 27, 55–64.
- Chau, A. & Mackauer, M.** (2000a) Dropping of pea aphids from feeding site: A choice by the parasitoid wasp *Ephedrus californicus*: a test of host size models. *Oecologia* 88, 501–514.
- Chau, A. & Mackauer, M.** (2000b) Host-instar selection in the aphid parasitoid *Monoctonus paulensis* (Hym.: Braconidae: Aphidiinae): a preference for small pea aphids. *European Journal of Entomology* 97, 347–353.
- Chow, A. & Mackauer, M.** (1991) Patterns of host selection by four species (Hymenoptera) parasitoids: influence of host switching. *Ecological Entomology* 16, 403–410.
- Fuchs, T. W., Stewart, J. W., Minzenmayer, R. & Rose, M.** (1991) First record of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley in cultivated cotton in the United States. *Southwestern Entomology* 16 (3), 215–221.
- Gerling, D., Roitberg, B. D. & Mackauer, M.** (1990) Instar specific defense of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*: influence on oviposition success of the parasite *Aphelinus asychis* (Hym.: Aphelinidae). *Journal of Insect Behavior* 3, 501–514.
- Godfray, H. C. J.** (1994) *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*. 473 pp. Princeton University Press.
- Grasswitz, T. R. & Burts, E. C.** (1995) Effects of native natural enemies on the population dynamics of the grape mealybug, *Pseudococcus maritimus* (Hom: Pseudococcidae), in apple and pear orchards. *Entomophaga* 40, 105–117.
- Gripenberg, S., Mayhew, P. J., Parnell, M. & Roslin, T.** (2010) A meta-analysis of preference–performance relationships in phytophagous insects. *Ecology Letters* 13, 383–393.
- Harvey, J. A., Harvey, I. F. & Thompson, D. J.** (1994) Flexible larval growth allows use of a range of host sizes by a parasitoid wasp. *Ecology* 75, 1420–1428.
- Harvey, J. A. & Strand, M. R.** (2002) The developmental strategies of endoparasitoid wasps vary with host feeding ecology. *Ecology* 83, 2439–2451.
- Hayat, M.** (2009) Description of a new species of *Aenasius* Walker (Hymenoptera: Encyrtidae), India. *Biosystematica* 3 (1), 21–26.

- He, L. F., Feng, D. D., Li, P., Zhou, Z. S. & Xu, Z. F.** (2015) Reproductive modes and daily fecundity of *Aenasius bambawalei* (Hym.: Encyrtidae), a parasitoid of *Phenacoccus solenopsis* (Hem.: Pseudococcidae). *Florida Entomologist* 98 (1), 385–260.
- Hodgson, C.J., 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* 19 (13), 1–35.
- Johnson, K. & Burley, N. T.** (1997) Mating tactics and mating systems of birds. *Ornithological Monographs* 1997, 21–60.
- Kaur, H. & Virk, J. S.** (2011) Feeding potential of *Cryptolaemus montrouzieri* against the mealybug *Phenacoccus solenopsis*. *Phytoparasitica* 40 (2), 131–136.
- Ketterson, E. D., Parker, P. G., Raouf, S. A., Nolan Jr., V., Ziegenfus, C. & Chandler, C. R.** (1997) The relative impact of extra-pair fertilizations on variation in male and female reproductive success in Dark-eyed Juncos (*Junco hyemalis*). *Ornithological Monographs* 1997, 81–101.
- Mackauer, M. & Sequeira, R.** (1993) Patterns of development in insect parasites. Parasites and Pathogens of Insects. In Beckage, N. E., Thompson, S. N., & Federici, B. A. (Eds). *The Effect of Superparasitism on Development of the Solitary Parasitoid*. 355 pp. Academic Press.
- Michaud, J. P. & Mackauer, M.** (1995) Oviposition behavior of *Monoctonus paulensis* (Hymenoptera: Aphidiidae): factors influencing reproductive allocation to hosts and host patches. *Annals of Entomological Society of America* 88, 220–226.
- Moghadam, M. & Bagheri, N. A.** (2010) A new record of mealybug pest in the South Iran, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 30 (1), 67–69.
- Mossadegh, M. S., Vafaei, S., Farsi, A., Zarghami, S., Esfandiari, M., Dehkordi, F. S., Fazlinejad, A. & Seyfollahi, F.** (2015) *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Pseudococcidae), its natural enemies and host plants in Iran. 1st Iranian International Congress of Entomology. 29-31 August. Tehran. Iran, 159-167.
- Nagrare, V. S., Kranthi, S., Biradar, V. K., Zade, N. N., Sangode, V., Kakde, G., Shukla, R. M., Shivare, D., Khadi, B. M. & Kranthi, K. R.** (2009) Widespread infestation of the exotic mealybug species, *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) (Hemiptera: Pseudococcidae) on cotton in India. *Bulletin of Entomological Reserch* 99, 537–541.
- Nagrare, V. S., Kranthi, S., Kumar, R., Dhara, B., Amutha, M., Deshmukh, A. J., Sone, K.D. & Kranthi, R.** (2011) *Compendium of cotton mealybugs*. 42pp. CICR publication.
- Nahiyoon, A. A., Mahmood, R. & Zaman, B.** (2016) Population trends of mealybug *Phenacoccus solenopsis* and field parasitism percentage of *Aenasius bambawalei* at district Mirpukhas, Sindh. *American Research Thoughts* 2 (3), 3470–3480.

- Najafpour, P., Rasekh, A. & Esfandiari, M.** (2016) The effect of choice and no-choice access on host (*Aphis fabae*) instars preference, in different ages and sizes of *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Journal of Entomological Society of Iran* 36 (2), 101–111.
- Rasekh, A., Michaud, J. P., Allahyari, H. & Sabahi, Q.** (2010) The foraging behavior of *Lysiphlebus fabarum* (Marshall), a thelytokous parasitoid of the black bean aphid in Iran. *Journal of Insect Behavior* 23, 165–179.
- Ridley, M.** (1988) Mating frequency and fecundity in insects. *Biological Reviews*. 63, 509–549.
- Royer, L. & McNeil, J. N.** (1993) Male investment in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae): impact on female longevity and reproductive performance. *Functional Ecology* 7, 209–215.
- Sangle, P. M., Korat, D. M. & Patel, B. H.** (2013) A note on Morphometry and post larval life stages of *Aenasius bambawalei*. *Karnataka Journal Agricultural Science* 26 (1), 152–154.
- Schmid, M., Sieber, R., Zimmermann, Y.S. & Vorburger, C.** (2012) Development, specificity and sub lethal effects of symbiont-conferred resistance to parasitoids in aphids. *Functional Ecology* 26, 207–215.
- Sequeira, R. & Mackauer, M.** (1992a) Covariance of adult size and development time in the parasitoid wasp *Aphidius ervi* in relation to the size of its host, *Acyrtosiphon pisum*. *Evolutionary Ecology* 6, 34–44.
- Sequeira, R. & Mackauer, M.** (1992b) Nutritional ecology of an insect host-parasitoid association: the pea aphid-*Aphidius ervi* system. *Ecology* 73, 183–189.
- Seyfollahi, F., Esfandiari, M., Mossadegh, M. S. & Rasekh, A.** (2016) Life table parameters of the coccinellid *Hyperaspis polita*, a native predator in Iran, feeding on the invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis*. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 19, 835–840. [In Persian with English summary].
- Solangi, G. S.** (2011) Biological control of cotton mealybug. Ph.D. Thesis, Sindh Agriculture University. Tandojana, Pakistan.
- SPSS.** (1998) *SPSS 8.0 for Windows*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Underwood, D. L. A.** (1994) Intraspecific variability in host plant quality and ovipositional preferences in *Eucheira socialis* (Lepidoptera: Pieridae). *Ecological Entomology* 19, 245–256.
- Valladares, G. & Lawton, J. H.** (1991) Host plant selection in the holly leaf-miner: does mother know best? *Journal of Animal Ecology* 60, 227–240.

- Walker, A. M. & Hoy, M. A.** (2003) Responses of *Lipolexis oregmae* (Hymenoptera: Aphidiidae) to different instars of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). *Journal of Entomology and Zoology* 29 (2), 193–201.
- Wang, Y. Watson, G. W. & Zhang, R.** (2010) The potential distribution of an invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* and its threat to cotton in Asia. *Agriculture for Entomology* 12, 403–416.
- Weisser, W. W.** (1994) Age-dependent foraging behavior and host-instar preference of the aphid parasitoid *Lysiphlebus cardui*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 70, 1–10.
- Zainul-Abdin, R., Arif, M. J., Gogi, M. D., Arshad, M., Hussain, F., Abbas, S. K., Shaina, H. & Manzoor, A.** (2012) Biological characteristics and host stage preference of mealybug parasitoid *Aenasius bambawalei* Hayat (Hym.: Encyrtidae). *Pakistan Entomologist* 34 (1), 47–50.
- Zainul-Abdin, R., Hussain, F., Ahsankhan, M., Abbas, S.K., Manzoor, A. & Shaina, H.** (2013) Reproductive fitness of mealybug parasitoid, *Aenasius bambawalei* Hayat (Hym.: Encyrtidae). *World Applied Science Journal* 26 (9), 1198–1203.
- Zhang, J., Huang, J., Lu, Y. & Xia, T.** (2016) Effects of temperature and host stage on the parasitization rate and offspring sex ratio of *Aenasius bambawalei* Hayat in *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. Available from: Peer J4:Doi10.7717/PeerJ.1586 (accessed 10 June 2019).