دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا ٤٦٦٨-٢٠٠٨
http://jer.iau-arak.ac.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)
جلد ۱۱، شماره۲، سال ۱۳۹۸، (۱۱۳-۹۹)

جدول زندگی دوجنسی زنبور پارازیتویید *Aenasius arizonensis* (Hym.: Encyrtidae) پرورش یافته روی شپشک آردآلود *Phenacoccus solenopsis* (Hem.: Pseudococcidae) در شرایط آزمایشگاهی

الهام شعله سعدی[۱]، مجید فلاح‌زاده[۲]، شهرام حسامی[۳]، محمدرضا حسنی[٤]*

۱- دانشجوی دکترای، تخصصی، گروه حشره‌شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
۲- دانشیار، گروه حشره‌شناسی، واحد جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران
۳- استادیار، گروه حشره‌شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
٤- استادیار، گروه حشره‌شناسی، واحد رفسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، رفسنجان، ایران

چکیده

شپشک آردآلود *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, 1898 (Hemiptera: Pseudococcidae) از آفات مهم در نواحی مختلف جهان است. این آفت در جنوب ایران در سال‌های اخیر خسارت شدیدی به گیاهان مختلف در فضای سبز شهری وارد کرده است. در تحقیق حاضر داده‌های جدول زندگی زنبور پارازیتویید *Aenasius arizonensis* (Girault, 1915) (Hymenoptera, Encyrtidae) روی پوره‌های سن سوم و شپشک‌های ماده جوان شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی بررسی و نتایج بر اساس جدول زندگی دوجنسی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که طول دوره پیش از بلوغ زنبورهای نر و ماده *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره‌های سن سوم شپشک در مقایسه با شپشک‌های ماده جوان به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر بود. میانگین میزان باروری زنبورهای پارازیتویید روی پوره‌های سن سوم (۱۷۰/۹۰عدد تخم) در مقایسه با شپشک‌های ماده جوان (۱۵۰/۰۰عدد تخم) به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. میانگین نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت، نرخ ناخالص تولیدمثل، نرخ خالص تولید مثل و مدت زمان یک نسل زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم به‌ترتیب ۰/۲۱٦ روز۱-، ۱/۲٤۱ روز۱-، ۱۱۹/۳۹ نتاج ماده، ۱۰۰/۵۱ نتاج ماده و ۲۱/۳۲ روز و روی حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۰/۱٦۵ روز۱-، ۱/۱۸۰ روز۱-، ۹۲/۷۸ نتاج ماده، ۷٦/۹٦ نتاج ماده و ۲٦/۲۰ روز به‌دست آمد. تنها بین میانگین نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و مدت زمان یک نسل تفاوت معنی‌داری وجود داشت. باتوجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که پوره سن سوم این شپشک برای پرورش و تولید انبوه این زنبور مناسب‌تر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پارازیتویید، شپشک آردآلود، *Aenasius arizonensis* کنترل بیولوژیک، پارامترهای زیستی

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: *mfalahm@yahoo.com*

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۱/۲۳ - تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۲/۱۸

مقدمه

شپشک‌های آردآلود (Hemiptera: Pseudococcidae) از نظر تعداد دومین خانواده بعد از شپشک‌های سپردار (Hemiptera: Diaspididae) به‌شمار می‌روند و بیش از ۲۰۰۰ گونه و ۲۶۲ جنس دارند (García Morales *et al*., 2016). دامنه وسیعی از گیاهان زراعی، باغی، علف‌های هرز و گیاهان زینتی و گلخانه‌ای به‌عنوان میزبان شپشک‌های آردآلود محسوب می‌گردند که بیش از ۲۵۰ خانواده گیاهی را شامل می‌شود (Ben-Dov, 1994). گونه‌های مختلف شپشک‌های آردآلود با تغذیه از شیره گیاهی، عسلک ترشح نموده و مواد مومی تولید می‌کنند. مواد مومی، آن‌ها را از حشره‌کش‌های شیمیایی و همچنین از بیشتر دشمنان طبیعی محافظت و نگه‌داری می‌کند (Kosztarab & Kozár, 1988). مواد مومی و عسلک همچنین باعث جلب مورچه‌ها می‌شوند و مورچه‌ها نیز در انتشار شپشک‌ها و محافظت آن‌ها در برابر دشمنان طبیعی نقش‌فعالی دارند (Ben-Dov, 1990; Gullan & Kosztarab, 1997; Asfaq *et al*., 2017).

کنترل شپشک‌های آردآلود به‌وسیله سموم حشره کش به‌علت دارا بودن مواد مومی اطراف بدن شپشک، مخفی شدن در زیر شکاف‌های تنه درختان و گذاشتن تخم و مخفی کردن آن درون توده پنبه‌ای شکل خیلی آسان به‌نظر نمی‌رسد و در بیشتر مواقع با شکست روبه‌رو می‌شود (Noyes & Hayat, 1994; Afzal & Shad, 2016; Ahmad & Akhtar, 2016; Ijaz *et al*., 2016; Arunkumar *et al*., 2018). به‌همین دلیل در سال‌های اخیر، توجه به دشمنان طبیعی گونه‌های مختلف شپشک‌های آردآلود روی گیاهان مختلف بیشتر شده و تحقیقات انجام شده، نشان‌دهنده فون غنی این عوامل مفید در ایران است (Asadeh, & Mossadegh, 1993; Lotfalizadeh & Ahmadi, 2000, Talebi *et al*., 2008; Fallahzadeh *et al*., 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, Lotfalizadeh, 2010; Fallahzadeh & Saghaei, 2013; Nezam-Abadi *et al*., 2014; Ebrahimi, 2014; Jalilvand *et al*., 2014; Jafari *et al*., 2014; 2015; Seyfollahi *et al*., 2016; 2019).

در میان گونه‌های شپشک آردآلود گزارش شده از ایران، شپشک آردآلود *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, 1898 آفتی پلی‌فاژ است که از روی گیاهان متفاوتی از نقاط مختلف جهان گزارش شده است (Singh *et al*., 2012; García Morales *et al*., 2016; Nagrare *et al*., 2018). این شپشک، بومی آمریکای شمالی است که در سال‌های اخیر در قاره آسیا خسارت قابل توجه به مزارع پنبه چین، پاکستان و هندوستان وارد کرده است (Prabhakar *et al*., 2013; Feng *et al*., 2014).

شپشک *Ph. solenopsis* اولین‌بار در ایران، توسط مقدم و باقری (Moghaddam & Bagheri, 2010; Moghaddam, 2013) از روی ختمی چینی از استان هرمزگان گزارش گردید ولی دامنه میزبانی آن وسیع بوده و از روی گیاهان مختلف زراعی، زینتی و دارویی با اهمیت اقتصادی بالا گزارش شده است (Fallahzadeh *et al*., 2013; 2014a, 2014b). این آفت به تازگی به برخی از نقاط استان فارس، بوشهر و خوزستان وارد شده و اهمیت اقتصادی آن بسیار مشهود است.

در این سال‌ها، توجه زیادی به دشمنان طبیعی شپشک آردآلود *P. solenopsis* در سراسر جهان شده و گونه‌های شکارگر و پارازیتویید آن شناسایی و معرفی شده است (Khan *et al*., 2011; Fallahzadeh *et al*., 2013; Çalışkan *et al*., 2016; Spodek *et al*., 2018).

زنبور پارازیتویید *Aenasius arizonensis* (Girault, 1915) (Chalcidoidea: Encyrtidae) اولین‌بار توسط فلاح‌زاده و همکاران از ایران و استان هرمزگان گزارش شد (Fallahzadeh *et al*., 2014b). این گونه پارازیتویید اختصاصی شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* و مترادف باسابقه *A. bambawalei* Hayat, 2009 است که به‌تازگی از هند توصیف شده است (Fallahzadeh *et al*. 2016; Fallahzadeh & Japoshvili, 2017). این زنبور، یک پارازیتویید انفرادی این شپشک می‌باشد

(Hayat, 2009). برخی جنبه‌های زیستی این پارازیتویید مورد مطالعه قرار گرفته است (Fand *et al*., 2011, 2014; He *et al*. 2012, 2015; Feng *et al*., 2014; Karmakar & Shera, 2018) ولی تاکنون ویژگی‌های زیستی و رفتاری این پارازیتویید در ایران ناشناخته باقی‌مانده است.

هدف از تحقیق حاضر، بررسی ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتویید *A. arizonensis* روی شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در شرایط آزمایشگاهی است تا قدرت کارایی این زنبور پارازیتویید به‌عنوان دشمن طبیعی مهم این شپشک آرد آلود معین گردد و با شناخت هر چه دقیق‌تر جنبه‌های مختلف این گونه مفید، راهکارهای اساسی به‌منظور کاربرد صحیح آن در قالب طرح های کنترل بیولوژیک کاربردی و نیز مدیریت تلفیقی آفات با هدف توسعه کشاورزی پایدار به کار گرفته شود.

مواد و روش‌ها

پرورش شپشک میزبان

در این تحقیق به‌منظور بررسی ویژگی‌های زیستی زنبور *A. arizonensis* از شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌عنوان میزبان این پارازیتویید استفاده شد. جهت پرورش شپشک آردآلود، از غده‌های جوانه زده سیب زمینی استفاده شد (Suma *et al*., 2012). بدین منظور سیب‌زمینی رقم سانته که از نظر قدرت جوانه‌زنی و ماندگاری عالی است انتخاب شد. ابتدا سیب زمینی‌های سالم از سیب‌زمینی‌های آلوده به انواع قارچ، باکتری و بید سیب زمینی جدا نموده و در جعبه‌های کوچک چیده شد. برای شکستن دوره خواب به مدت ٤ هفته در دمای ٤ درجه سلسیوس نگهداری و سپس جهت جوانه‌دار شدن به اتاق مخصوص پرورش که از قبل آماده و با هیپوکلریت سدیم ضدعفونی شده بود در تاریکی مطلق با دمای ۱۵-۱۸ درجه سلسیوس انتقال داده شد. پس از جوانه‌دار شدن سیب زمینی‌ها، با استفاده از قلم موی نرم، جوانه‌ها به پوره‌های شپشک آردآلود که از روی گیاه شاه پسند از شیراز جمع‌آوری شده بود آلوده گردید.

پرورش زنبور پارازیتویید *A. arizonensis*

پس از تکثیر و پرورش دو نسل شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* و به‌دست آوردن مراحل مختلف این شپشک روی غده‌های جوانه زده سیب‌زمینی، حشرات کامل نر و ماده زنبور پارازیتویید *A. arizonensis* که از روی گیاه شاه پسند از شیراز جمع‌آوری شده بود، روی شپشک‌های آردآلود رهاسازی شد. به‌دلیل ترجیح بالای پوره های سن سوم و ماده‌های تازه بالغ شده شپشک توسط زنبور پارازیتویید جهت پرورش و تکثیر زنبور پارازیتویید از این مراحل میزبان استفاده شد. بدین منظور سیب زمینی‌های آلوده به شپشک مذکور در ظرف های نیمه شفاف پلاستیکی مکعب مستطیل شکل بزرگ به ابعاد ۱۵×۳۰ ×۲۰ سانتی‌متر که قبلا ضدعفونی شده بود قرار داده شدند. درون این ظروف ۳۰ جفت زنبور پارازیتویید نر و ماده رها سازی شد. پس از خروج حشرات کامل از مرحله شفیرگی و جمع‌آوری آن‌ها و به‌دست آوردن اولین نسل از این پارازیتویید، مجددا آن‌ها را روی سیب زمینی‌های جوانه زده آلوده به شپشک ذخیره گذاشته و پس از در اختیار داشتن تعداد کافی از پارازیتویید، آزمایش‌های مختلف مربوط به زیست شناسی روی شپشک *Ph. solenopsis* در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی با رطوبت نسبی ۵ ± ٦۰ درصد و درجه حرارت ۱/۵ ± ۲۷ درجه سلسیوس و ١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. از لیوان‌های یک بار مصرف شفاف به قطر ۵ سانتی‌متر و با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر که درب آن‌ها با توری‌های نخی جهت تهویه مسدود شده بود به‌عنوان واحدهای آزمایش استفاده شد.

تعیین پارامترهای جدول زندگی زنبور پارازیتویید *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آرد آلود *Ph. solenopsis*

بدین منظور در هر واحد آزمایش یک سیب‌زمینی آلوده به پوره سن سوم یا حشرات ماده شپشک آردآلود قرار داده شد. سپس یک جفت زنبور پارازیتویید نر و ماده تازه ظاهر شده به مدت ۲٤ ساعت روی آن‌ها رهاسازی شد. جهت تغذیه پارازیتوییدها از محلول ۵۰ درصد آب عسل استفاده شد. این جفت پارازیتویید در پایان ۲٤ ساعت از ظروف پرورش به وسیله آسپیراتور گرفته و در واحد آزمایشی جدید حاوی پوره سن سوم یا حشرات ماده شپشک رهاسازی شدند. تعداد ۱۰۰ عدد پوره پارازیته شده از هر میزبان انتخاب و طول دوره مراحل نابالغ زنبور تا زمان ظهور حشرات کامل زنبور بررسی شد. پس از خروج حشرات کامل زنبور، آن‌ها را به‌صورت زوج داخل ظروف پرورش حاوی یک صد عدد پوره سن سوم یا حشرات ماده شپشک قرار داده و میزان تخم‌ریزی هر جفت زنبور به‌طور روزانه تا پایان دوره زندگی حشرات کامل نر و ماده بررسی شد. هر روز حشرات کامل از ظروف پرورش جدا و به ظروف دیگری که حاوی یک صد عدد از همان میزبان بودند منتقل و ظروف روز قبل نیز چند روز نگه‌داری و تعداد پوره پارازیته شده به‌عنوان تعداد تخم گذاشته شده در آن روز ثبت شد. این کار تا مرگ آخرین زنبور ماده تکرار و در صورت مرگ زنبور نر در طول آزمایش یک نر جدید جایگزین می‌شد.

تجزیه داده‌های جدول زندگی دوجنسی

در این تحقیق داده‌های خام بدست آمده از آزمایش‌های جدول زندگی بر اساس تئوری جدول زندگی سنی–مرحله زیستی، دوجنسی (Chi & Liu, 1985 ; Chi 1988) و روش ارایه شده توسط Chi (1988) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. زنده مانی ویژه سنی (l_x)، زادآوری ویژه سنی کل جمعیت (m_x)، زادآوری ویژه سن و مرحله زیستی (f_{xj})، زنده مانی ویژه سن و مرحله زیستی (Sxj) و امید زندگی ویژه سن و مرحله زیستی (e_{xj}) محاسبه گردید که x و j به‌ترتیب نمایانگر سن و مرحله زیستی می‌باشد. نرخ ذاتی رشد جمعیت از فرمول Euler-Lotka و سن شروع جدول زندگی بر اساس روش Goodman (1982) از صفر تعیین گردید. از داده های مربوط به طول عمر تخم، مراحل نابالغ و حشرات نر و ماده و میزان تخم‌ریزی حشرات ماده، نسبت جنسی و میزان مرگ و میر در هر مرحله (تخم و مراحل نابالغ) برای محاسبه پارامترهای جدول زندگی استفاده شد. برای محاسبه پارامترهای جدول زندگی از نرم‌افزار TWOSEX-MSChart Version: 2015.06.25 استفاده شد.

نتایج

۱- طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) حشرات نر و ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

میانگین طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) برای حشره نر زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* تفاوت بسیار معنی‌داری نشان داد (t = -21.68; df = 31; sig. = 0.0001). میانگین طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) برای حشره نر زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۰/۱٤ ± ۱۳/۵۰ و ۰/۱٤ ± ۱۷/۸٤ روز

به‌دست آمد. میانگین طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) برای حشره ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۰/۱۲ ± ۱۳/۷۵ و ۰/۱۵ ± ۱۷/۹۵ روز به‌دست آمد و تفاوت بسیار معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده شد (t = -21.35; df = 36; sig. = 0.0001) (جدول ۱).

۲- طول دوره مراحل بالغ و نابالغ حشرات نر و ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

میانگین مجموع طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) و بالغ برای حشره نر زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۱/۳۷ ± ۳۸/۴۳ و ۱/۳۳ ± ۴۳/۵۳ روز به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین طول دوره مراحل بالغ حشره نر زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در سطح ۵ درصد وجود دارد (t = -2.63; df = 31; sig. = 0.013) (t = −۲/۶۳; df = ۳۱; sig. = ۰/۰۱۳). میانگین طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) و بالغ برای حشره ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۱/۵۰ ± ۴۹/۹۰ و ۱/۶۲ ± ۵۴/۷۰ روز به‌دست آمد. بر اساس نتایج تفاوت معنی‌داری بین طول دوره مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) برای حشره ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در سطح ۵ درصد وجود داشت (t = -2.17; df = 38; sig. = 0.0036) (جدول ۱).

۳- طول دوره مراحل بالغ زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

بر اساس نتایج جدول ۱ تفاوت معنی‌داری بین میانگین طول دوره رشد مراحل بالغ برای حشره نر زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* مشاهده نشد (t = -0.398; df = 31; sig. = 0.693). میانگین طول دوره رشد مراحل بالغ برای حشره نر زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۱/۳۷ ± ۲۴/۹۳ و ۱/۲۸ ± ۲۵/۶۸ روز به‌دست آمد. میانگین طول دوره رشد مراحل بالغ برای حشره ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۱/۴۹ ± ۳۶/۱۵ و ۱/۵۹ ± ۳۶/۷۵ روز به‌دست آمد. بر اساس نتایج به‌دست آمده تفاوت معنی‌داری بین طول دوره مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) برای حشره ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی دو میزبان نداشت (t = -0.275; df = 38; sig. = 0.785) (جدول ۱).

جدول ۱: میانگین ± خطای معیار طول دوره رشدی قبل از بلوغ و دوره بلوغ حشرات نر و ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

Table 1. Mean developmental time of different life stages of *A. arizonensis* reared on different age *Ph. solenopsis* (mean (day) ± standard error)

Stages	Young adult females	3rd-instar nymphs	t	Df	Sig.
Female longevity	54.70 ± 1.62^{b}	49.90 ± 1.5^{a}	-2.17	38	0.036
Male longevity	43.53 ± 1.33^{b}	38.43 ± 1.37^{a}	-2.63	31	0.013
Female immature period	17.95 ± 0.15^{b}	13.75 ± 0.12^{a}	-21.35	36	0.0001
Female life span	36.75 ± 1.59^{a}	36.15 ± 1.49^{a}	-0.275	38	0.785
Male immature period	17.84 ± 0.14^{b}	13.50 ± 0.14^{a}	-21.68	31	0.0001
Male life span	25.68 ± 1.28^{a}	24.93 ± 1.37^{a}	-0.398	31	0.693

The means followed by the same letters in each row are not significantly different (P>0.05).

بین میانگین‌های مشابه در هر ردیف تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد.

٤- طول دوره تخم‌ریزی حشرات ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

بر اساس نتایج به‌دست آمده تفاوت معنی‌داری بین طول دوره دوره تخم‌ریزی حشرات ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* وجود ندارد (t = 0.589; df = 38; sig. = 0.56). میانگین طول دوره تخم‌ریزی حشرات ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش‌یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۱/۲۵ ± ۳۵/۰۰ و ۱/٤۷ ± ۳٦/۱٦ روز به‌دست آمد (جدول۳).

٥- میزان باروری حشرات ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

میانگین میزان باروری حشرات ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش‌یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۵/۷۱ ± ۱۷۰/۹۰ و ۵/۷۱ ± ۱۵۰/۰۰ عدد تخم به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها در سطح ۵ درصد وجود دارد (t = 2.59; df = 38; sig. = 0.014) (جدول ۳).

٦- نسبت جنسی حشرات کامل زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

نسبت جنسی حشرات ماده در زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۳۳ به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۲: میانگین ± خطای معیار طول دورهٔ قبل از تخم‌ریزی، دوره تخم‌ریزی، باروری حشرات ماده و نسبت جنسی زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

Table 2. Mean pre-oviposition period, total pre-oviposition period, oviposition period, fecundity and sex ratio of *Aenasius arizonensis* reared on different age *Ph. solenopsis*

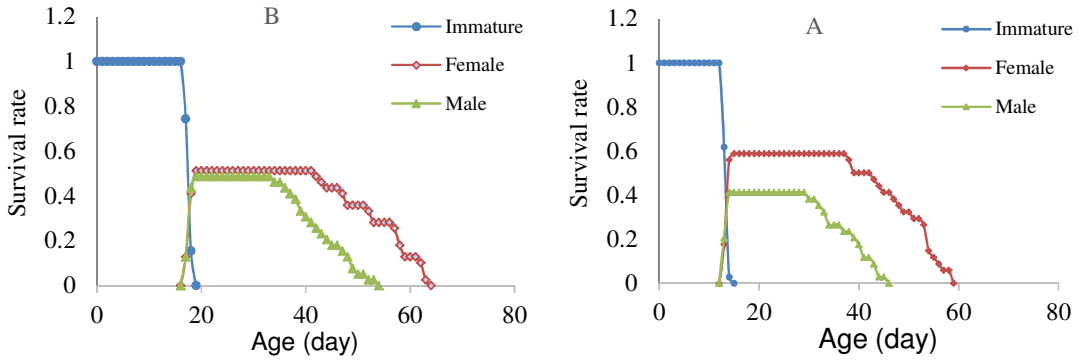
Stages	Young adult females	3rd-instar nymphs	t	Df	Sig.
Pre-oviposition period (day)	<1	<1	---	---	---
Total pre-oviposition period (day)	17.95 ± 0.15^{a}	13.75 ± 0.12^{a}	-21.35	38	0.0001
Oviposition period (day)	36.16 ± 1.47^{a}	35.00 ± 1.25^{a}	0.589	38	0. 56
Fecundity (egg)	150.00 ± 5.71^{b}	170.90 ± 5.71^{a}	2.59	38	0.014
Female ratio	0.33	0.39	--	--	--

The means followed by the same letters in each row are not significantly different (P>0.05).

بین میانگین‌های مشابه در هر ردیف تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد.

۷- پارامترهای جدول زندگی دوجنسی زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

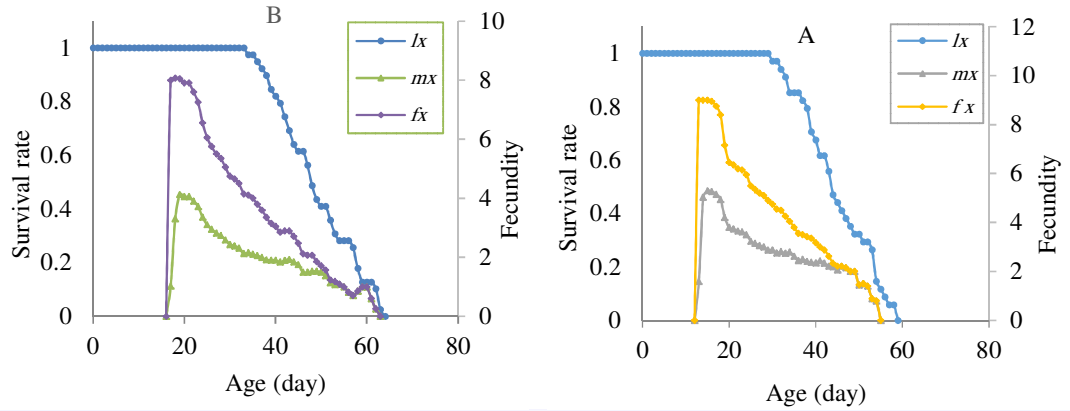
نرخ بقا ویژه سن (l_x) سن زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در شکل ۱ آمده است. این شکل احتمال زنده ماندن یک تخم بارور را تا سن x و مرحله j نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده نرخ بقای ویژه سن حشرات ماده نسبت به حشرات نر بیشتر می‌باشد.



شکل ۱: نرخ بقای ویژه‌ی سن برای مراحل نابالغ و حشرات کامل نر و ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم (A) و حشرات ماده (B) شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

Fig.1. Age specific survival of *A. arizonensis* reared on 3rd-instar nymphs (A) and young adult females (B) of *Ph. solenopsis* in the laboratory conditions.

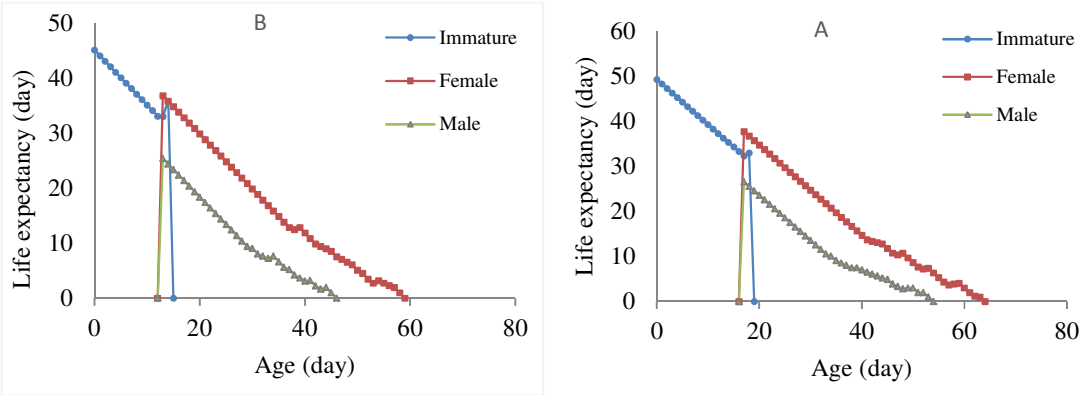
نرخ بقا ویژه سن (l_x)، باروری ویژه سن – مرحله (f_x) و باروری ویژه سنی زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در شکل ۲ نشان داده شده است. نرخ بقای ویژه سن در زمان ظهور حشرات کامل، یک به دست آمد. باروری ویژه سن – مرحله (f_x) تعداد نتاج تولید شده توسط هر حشره ماده در سن x را نشان می‌دهد. درحالی‌که باروری ویژه سن m_x نمایانگر مجموع افراد ماده تولید شده توسط یک حشره ماده در سن x است.



شکل ۲: نرخ بقای ویژه‌ی سن، باروری ویژه سن – مرحله و باروری ویژه سن زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم (A) و حشرات ماده (B) شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

Fig.2. Age-specific survival rate (*lx*), age-stage specific fecundity (*fx*), age-specific fecundity (*mx*) of *A. arizonensis* reared on 3rd-instar nymphs (A) and young adult females (B) of *Ph. solenopsis* in the laboratory conditions

نمودار امید به زندگی مراحل سنی (e_x) بیانگر مجموع مدت زمانی است که از یک فرد انتظار می‌رود تا سن x و مرحله j زنده بماند و امید زندگی، با افزایش سن به آهستگی روند نزولی پیدا می‌کند. تغییرات امید به زندگی و نرخ مرگ و میر رابطه معکوس دارند، به طوری‌که در روزهای اول زندگی که نرخ مرگ میر کمترین مقدار است، امید به زندگی در بالاترین سطح خود قرار دارد. بالاترین و پایین‌ترین امید به زندگی به ترتیب مربوط به حشرات ماده و حشرات نر بود (شکل ۳).



شکل ۳: امید به زندگی برای مراحل نابالغ و حشرات کامل نر و ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم (A) و حشرات ماده (B) شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

Fig.3. Age-stage life expectancy (exj) of *A. arizonensis* reared on 3rd-instar nymphs (A) and young adult females (B) of *Ph. solenopsis* in the laboratory conditions.

نتایج مربوط به پارامترهای تولیدمثلی زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در جدول ۳ آمده است. میانگین نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۰/۰۰۸ ± ۰/۲۱۶ و ۰/۰۰۷ ± ۰/۱۶۵ روز به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۳). میانگین نرخ

متناهی افزایش جمعیت زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۰/۰۱۰ ± ۱/۲٤۱ و ۰/۰۰۸ ± ۱/۱۸۰ روز به‌دست آمد که بر اساس نتایج به‌دست آمده تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۳). میانگین نرخ ناخالص تولیدمثل زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۱۳/۸۵ ± ۱۱۹/۳۹ و ۱۱/۳۳ ± ۹۲/۷۸ نتاج به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نرخ ناخالص تولید مثل زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی این دو میزبان در سطح ۵ درصد وجود ندارد (جدول ۲). میانگین نرخ خالص تولیدمثل زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۱٤/۸۵ ± ۱۰۰/۵۱ و ۱۲/۰٤ ± ۷٦/۹٦ نتاج به‌دست آمد و نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها در سطح ۵ درصد وجود ندارد (جدول۲). میانگین مدت زمان یک نسل برای زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۰/۲۲ ± ۲۱/۳۲ و ۰/۲٦ ± ۲٦/۲۰ روز به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین این پارامتر در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۳: میانگین ± خطای معیار پارامترهای جدول زندگی دوجنسی زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis*

Table 3. Two-sex life table parameters (Means ± SE) of *A. arizonensis* reared on 3rd-instar nymphs and young adult females of *Ph. solenopsis* in the laboratory conditions

Parameters	Young adult females	3rd-instar nymphs
***r* (day^{-1})**	0.165 ± 0.007^{b}	0.216 ± 0.008^{a}
***λ* (day^{-1})**	1.180 ± 0.008^{b}	1.241 ± 0.010^{a}
***GRR* (offspring/individual)**	92.78 ± 11.33^{a}	119.39 ± 13.85^{a}
***R_0* (offspring/individual)**	76.96 ± 12.04^{a}	100.51 ± 14.85^{a}
(day)	26.20 ± 0.26^{b}	21.32 ± 0.22^{a}

The means followed by the same letters in each row are not significantly different (P>0.05).

بین میانگین‌های مشابه در هر ردیف تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش میانگین طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره)، مراحل بالغ و همچنین پارامترهای جدول زندگی زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. دو عامل درجه حرارت و مراحل رشدی مختلف میزبان به‌عنوان عوامل موثر در تعیین رشد و نمو موفقیت‌آمیز زنبور *A. arizonensis* ذکر شده است. به‌طوری که میزان رشد و نمو این زنبور در درجه حرارت‌های مختلف و مراحل مختلف رشدی میزبان متغیر است. نتایج سایر محققین نشان می‌دهد که زنبور *A. arizonensis* حشرات ماده و پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* را برای تخم‌ریزی ترجیح می‌دهد و این دو مرحله می‌توانند به‌عنوان مراحل مهم برای تولید انبوه این زنبور استفاده شوند (Aga *et al.*, 2016).

طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) برای حشره نر زنبور *A. arizonensis* روی پوره سن سوم (۱۳/۵۰ روز) به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر از طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) برای حشره نر پرورش یافته روی حشرات ماده شپشک آردآلود (۱۷/۸٤ روز) بود. میانگین طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) برای حشره ماده زنبور پرورش یافته روی پوره سن سوم (۱۳/۷۵ روز) به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر از

طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) برای حشرات ماده این زنبور پرورش یافته روی حشرات ماده این شپشک (۱۷/۹۵ روز) به‌دست آمد. بنابراین با توجه به کوتاه تر بودن طول دوره رشد و نمو این زنبور روی پوره سن سوم این مرحله می‌تواند برای تولید انبوه این زنبور مناسب‌تر باشد. میانگین طول دوره رشد مراحل بالغ برای حشره نر زنبور پرورش یافته روی پوره سن سوم (۲٤/۹۳ روز) بود که تفاوت معنی‌داری با طول دوره رشد مراحل بالغ برای حشره نر زنبور پرورش یافته روی حشرات ماده ماده شپشک (۲۵/٦۸ روز) نداشت. میانگین طول دوره رشد مراحل بالغ برای حشره ماده زنبور پرورش یافته روی پوره سن سوم (۳٦/۱۵ روز) بود که باز هم تفاوت معنی‌داری با طول دوره رشد مراحل بالغ برای حشره ماده زنبور پرورش یافته روی حشرات ماده شپشک (۳٦/۷۵ روز) نداشت. بر اساس پژوهش‌های Aga *et al*. (2016) میانگین طول دوره رشد حشره نر و ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۱٦/۳ و ۲٦/۲ روز گزارش شده است.

میانگین مجموع طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) و بالغ برای حشره نر زنبور پرورش یافته روی پوره سن سوم (۳۸/٤۳ روز) به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر از طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) و بالغ برای حشره نر زنبور پرورش یافته روی حشرات ماده شپشک (٤۳/۵۳ روز) بود. میانگین طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) و بالغ برای حشره ماده زنبور پرورش یافته روی پوره سن سوم (٤۹/۹۰ روز) هم به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر از طول دوره رشد مراحل نابالغ (تخم، لارو و شفیره) و بالغ برای حشره ماده زنبور پرورش یافته روی حشرات ماده ماده این شپشک (٥٤/۷۰ روز) بود. طول دوره زندگی برای زنبور *A. aizonensis* پرورش یافته روی شپشک *Ph. solenopsis* تا ۷۷ روز گزارش شده است (He *et a1*., 2015).

میانگین طول دوره تخم‌ریزی زنبور *A. arizonensis* پرورش‌یافته روی پوره سن سوم شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* (۳۵/۰۰ روز) کمتر از زنبورهای پرورش یافته روی حشرات ماده شپشک آردآلود (۳٦/۱٦ روز) بود و تفاوت معنی‌داری با یک‌دیگر نداشتند. نتایج سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که میانگین طول دوره تخم‌ریزی حشرات ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش‌یافته روی شپشک *Ph. solenopsis* ۲۳/۱ روز است (Aga *et al*., 2016). همچنین میانگین طول دوره تخمریزی زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی شپشک *Ph. solenopsis* ۲۱ روز گزارش شده است (He *et al*, 2015).

طول دوره قبل از تخم‌ریزی برای این زنبور در این پژوهش کمتر از یک روز به دست آمد که با نتایج پژوهش‌های Aga *et al*. (2016) مطابقت دارد. میانگین باروری حشرات ماده زنبور پرورش‌یافته روی پوره سن سوم (۱۷۰/۹۰ نتاج) و حشرات ماده شپشک آردآلود (۱۵۰/۰۰ نتاج) به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین باروری حشرات ماده این زنبور پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود *Ph. solenopsis* در سطح ۵ درصد وجود دارد. میانگین باروری حشرات ماده زنبور *A. arizonensis* پرورش‌یافته روی شپشک *Ph. solenopsis* ٤/۲٤ عدد تخم در روز و کل باروری در کل دوره زندگی زنبور ۱۰۰/۵ نتاج گزارش شده است (Aga *et al*., 2016). در این پژوهش تخم‌ریزی حشرات کامل زنبور از روز اول شروع شد که با نتایج پژوهش‌های Aga *et al*. (2016) مطابقت دارد.

نسبت جنسی یکی دیگر از شاخص‌های حیاتی در مناسب بودن کارایی پارازیتوییدها محسوب می‌شود (Zhang *et al*. 2016). نسبت جنسی حشرات ماده برای زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم و حشرات ماده شپشک آردآلود به‌ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۳۳ به‌دست آمد. در حالی که نتایج Zhang *et al*. (2016) نشان می‌دهد که نسبت جنسی زنبورهای *A. arizonensis* پرورش یافته روی حشرات ماده شپشک *Ph. solenopsis* بیشتر از نسبت

جنسی زنبورهای پرورش یافته روی مراحل پورگی است. بیشتر بودن نسبت جنسی به نفع حشرات نر در این زنبور می‌تواند به دلیل وجود پدیده نرزایی در این زنبور باشد. نتایج نشان می‌هد که این زنبور به‌طور عمده به روش جنسی تولید مثل می‌کند که علاوه بر آن گاهی تولید مثل به روش نرزایی نیز در این زنبور وجود دارد (He *et al*., 2015). در پژوهشی توسط Aga *et al*. (2016) نسبت جنسی حشرات نر به ماده زنبور *A. arizonensis* ۱ به ۱/۹۷ گزارش شده است. مدت زمان استرس گرمایی و مراحل مختلف رشدی میزبان از جمله عواملی هستند که در تعیین نسبت جنسی در این زنبور موثر هستند. زمانی که این زنبور به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۳٦ درجه سلسیوس قرار داده شده است، در مقایسه با زنبورهای که به مدت ۱۲ ساعت در همین دما قرار گرفته‌اند نسبت جنسی حشرات ماده نسبت به نر به ۸۱/۷۸ درصد افزایش یافته است. بنابراین با افزایش دما نسبت جنسی ماده به نر افزایش یافته است (Zhang *et al*., 2016) .

با توجه به نتایج به‌دست آمده نرخ بقای ویژه سن حشرات ماده نسبت به حشرات نر بیشتر می‌باشد. همچنین در روزهای اول زندگی که نرخ مرگ و میر کمترین مقدار است، امید به زندگی در بالاترین سطح خود قرار دارد. بالاترین و پایین‌ترین امید به زندگی به‌ترتیب مربوط به حشرات ماده و حشرات نر است.

میانگین نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم (۰/۲۱٦ روز$^{-1}$) به‌طور معنی‌داری بیشتر از حشرات ماده شپشک *Ph. solenopsis* (۰/۱٦٥ روز$^{-1}$) به‌دست آمد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که پوره سن سوم نسبت به حشرات ماده شپشک میزبان مناسب‌تری برای این زنبور می باشند. نتایج Shahzad *et al*. (2016) نشان می‌دهد که بیشترین درصد خروج حشرات کامل زنبور *A. arizonensis* به‌ترتیب روی پوره سن سوم، حشرات ماده و پوره سن دوم *Ph. solenopsis* گزارش شده است.

میانگین مدت زمان یک نسل برای زنبور پرورش یافته روی پوره سن سوم (۲۱/۳۲ روز) بود که تفاوت معنی‌داری با حشرات ماده شپشک آردآلود (۲٦/۲۰ روز) داشت. میانگین مدت زمان یک نسل برای حشرات ماده و نر زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی شپشک *Ph. solenopsis* به‌ترتیب ۱٤/٤ و ۱۳/٤ روز گزارش شده است (He *et al*., 2015).

بنابراین با توجه به کوتاه‌تر بودن طول دوره رشد و نمو زنبور *A. arizonensis* پرورش یافته روی پوره سن سوم شپشک *Ph. solenopsis* نسبت به حشرات ماده این شپشک و همچنین بیشتر بودن نرخ ذاتی افزایش جمعیت زنبور پرورش یافته روی پوره سن سوم نسبت به حشرات ماده شپشک می‌توان نتیجه گرفت که پوره سن سوم شپشک *Ph. solenopsis* برای پرورش و تولید انبوه این زنبور مناسب‌تر می‌باشد.

References

Afzal, M. B. S. and Shad, S. A. 2016. Genetic analysis, realized heritability and synergistic suppression of indoxacarb resistance in *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Homoptera: Pseudococcidae). Crop Protection, 84: 62–68.

Aga, T. M., Tambe, V. J., Nagrare, V. S. and Naikwadi, B. 2016. Parasitoid, *Aenasius arizonensis* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae): Its biology, morphometrics, host stage preference and use in biological control. Journal of Biological Control, 30(2): 91–98.

Ahmad, M. and Akhtar, S. 2016. Development of resistance to insecticides in the invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Pakistan. Crop Protection, 88: 96–102**.**

Arunkumar, N., Banu, J.G., Gopalakrishnan, N. and Prakash, A. H. 2018. The biochemical correlation between the epicuticular wax of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and the wax of different mealybug species. Phytoparasitica, 46: 145–152.

Asadeh, Gh. A. and Mossadegh, M. S. 1993. Important natural enemies of mealybugs (Pseudococcus spp.) in the Khuzestan province Iran. The Scientific Journal of Agriculture Shahid Chamran University, 16 (1 & 2): 46–52.

Asfaq, M., Akhtar, S., Akhtar, S. and Masoodi, M. A. 2017. PCR-Based Detection of a Hyperparasitoid in Cotton Mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). Pakistan Journal of Zoology 49(4): 1–4

Ben-Dov, Y. 1990. Relationships with ants, pp: 339-343. In: Rosen, D., (dd.) Armored Scale Insects, Their Biology, Natural Enemies and Control [Series title: World Crop Pests, Vol. 4A]. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Ben-Dov, Y. 1994. A systematic catalogue of the mealybugs of the world (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae) with data on geographical distribution, host plants, biology and economic importance. Intercept Limited, Andover, UK. 686 pp.

Çalışkan, A. F., Hayat, M., Rifat Ulusoy, M. and Kaydan, M. B. 2016. Parasitoids (Hymenoptera: Encyrtidae) of an invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) in Turkey. Turkiye Entomoloji Dergisi 40(2): 155–170.

Chi, H. 1988. Life table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environmental Entomology, 17:26–34.

Chi, H. and Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica, 24:225–240.

Ebrahimi, E. 2014. Parasitoid and hyperparasitoid wasps of scale insects in Hayk Mirzayans Insect Museum, Iran. Journal of Entomological Society of Iran, 34 (1), 73–83.

Fallahzadeh, M. and Japoshvili, G. 2017. An updated checklist of Iranian Encyrtidae (Hymenoptera, Chalcidoidea). Zootaxa, 4344(1): 1–46.

Fallahzadeh, M. and Saghaei, N. 2013. Some biological characteristics of *Anagyrus mirzai* (Hym., Encyrtidae) on *Niipaecoccus viiriidis* (Hem.: Pseudococciidae) in laboratory conditions. Journal of Entomological Research, 5 (2): 103–114.

Fallahzadeh, M., Kaydan, M. B. and Kozár, F. 2010. Description of a new species of *Chorizococcus* (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae) infesting *Vitis vinifera* in Iran. Turkiye Entomoloji Dergisi-Turkish Journal of Entomology 34 (2): 157– 163.

Fallahzadeh, M., Abdimaleki, R. and Saghaei, N. 2013. Contribution to the Knowledge of the Ladybird beetles (Coleoptera, Coccinellidae), predators of mealybugs (Hemiptera, Pseudococcidae) in Hormozgan Province, southern Iran. Linzer Biologische Beiträge, 45(1): 673–679.

Fallahzadeh, M., Japoshvili, G. and Saghaei, N. 2016. A contribution to the knowledge of the encyrtid wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea, Encyrtidae) from southern Iran, with four new records. Journal of Insect Biodiversity and Systematics, 2(3): 309–319.

Fallahzadeh, M., Abdimaleki, R. and Saghaei, N. 2014a. Host plants of the newly invasive mealybug species, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae), in Hormozgan province, southern Iran. Entomofauna, 35 (9): 169–176.

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

Fallahzadeh, M., Japoshvili, G., Saghaei, N. and Daane, K. M. 2011. Natural enemies of *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Fars province vineyards, Iran. Biocontrol Science and Technology, 21 (4): 427–433.

Fallahzadeh, M., Shojaei, M., Ostovan, H. and Kamali, K. 2006. The first report of four parasitoid wasps on *Peliococcus kimmericus* (Hem.: Pseudococcidae) from Iran. Journal of Entomological Society of Iran, 26 (1): 97–98.

Fallahzadeh, M., Shojaei, M., Ostovan, H. and Kamali, K. 2007. Study of the parasitoids and hyperparasitoids of *Maconellicoccus hirsutus* (Hem., Pseudococcidae) in Fars province. Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University, 13 (3): 593–609.

Fallahzadeh, M., Shojaei, M., Ostovan, H. and Kamali, K. 2008. The first report of the genus and species of *Leptomastidea alleni* (Hym.: Encyrtidae) from Iran. Journal of Entomological Society of Iran, 27 (2): 13–14.

Fallahzadeh, M., Shojaei, M., Ostovan, H. and Kamali, K. 2009. Notes on some Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from Iran. Journal of Entomological Society of Iran, 28 (2): 81–84.

Fand, B. B., Gautam, R. D. and Suroshe, S. S. 2011. Suitability of various stages of mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Homoptera: Pseudococcidae) for development and survival of the solitary endoparasitoid, *Aenasius bambawalei* (Hymenoptera: Encyrtidae). Biocontrol Science and Technology, 21: 51–55.

Fand, B. B., Tonnang, H. E., Kumar, M., Kamble, A. L. and Bal, S. K. 2014. A temperature-based phenology model for predicting development, survival and population growth potential of the mealybug, Phenacoccus solenopsis Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). Crop protection, 55: 98-108.

Feng, D.-D., Li, P., Zhow, Z. and Xu, Z. F. 2014. Parasitism potential of *Aenasius bambawalei* on the invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis*. Biocontrol Science and Technology, 24(11): 1333–1338

García Morales, M., Denno, B. D., Miller, D. R., Miller, G. L., Ben-Dov, Y. and Hardy N. B. 2016. ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. Available in: http://scalenet.info/

Goodman, D. 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. American Naturalist, 119:803–823

Gullan, P. J. and Kosztarab, M. 1997. Adaptations in scale insects. Annual Review of Entomology, 42: 23–50.

Hayat, M. 2009. Description of a new species of *Aenasius* Walker (Hymenoptera: Eneyrtidae), parasitoid of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley in India. Biosystematica, 3: 21–26.

He, L. F., Feng, D. D., Li P. and Xu, Z. F. 2012. Host-instar selection of *Aenasius bambawalei* Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae) for mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Phenacoccidae). Journal of Environmental Entomology, 34: 329–333.

He, L. F., Feng, D. D., Li, P., Zhou, Z. S. and Xu, Z. F. 2015. Reproductive modes and daily fecundity of *Aenasius bambawalei* (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). Florida Entomologist, 98(1), 358-360.

Ijaz, M., Afzal, M. B. S. and Shad, S. A. 2016. Resistance risk analysis to acetamiprid and other insecticides in Acetamiprid-Selected population of *Phenacoccus solenopsis*. Phytoparasitica, 44: 177–186.

Jafari, N., Lotfalizadeh, H. and Karimpouir, Y. 2014. Report of *Anagyrus novickyi* (Hym.: Encyrtidae) parasitoid of *Pseudococcus comstocki* from Iran. Biocontrol in Plant Protection, 1 (2): 91–94.

Jafari, N., Lotfalizadeh, H., Karimpouir, Y. and Gharali, B. 2015. Natural enemies of the Comstock mealybug, *Pseudococcus comstocki* (Hem.: Pseudococcidae) as an important pest of mulberries in Tabriz, Iran. Applied Entomology & Phytopathology, 83 (2): 87–96.

Jalilvand, K., Shirazi, M., Fallahzadeh, M., Vahedi, H. A., Samih, M. A. and Naghadeh, N. M. 2014. Survey of natural enemies of mealybug species (Hemiptera, Pseudococcidae) in Kermanshah province, western Iran to inform biological control research. Journal of the Entomological Research Society, 16 (3): 1–10.

Karmakar, P. and Shera, P. S. 2018. Seasonal and biological interactions between the parasitoid, *Aenasius arizonensis* (Girault) and its host, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley on cotton. Phytoparasitica, 46(5): 661–670.

Khan, M. R., Saini, R. K. and Pala, R. 2011. Record of coccinellid predators associated with solenopsis mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) from Haryana. Journal of Entomological Research, 35(3): 245–246

Kosztarab, M. and Kozár, F. 1988. Scale Insects of Central Europe. Akademiai Kiado, Budapest. 456 pp.

Lotfalizadeh, H. 2010. Some new data and corrections on Iranian encyrtid wasp (Hymenoptera: Chalcidoidea, Encyrtidae) fauna. Biharean Biologist, 4 (2): 173–178.

Lotfalizadeh, H. and Ahmadi, A. A. 2000. Natural enemies of cypress tree mealybug, *Planococcus vovae* (Nasonov), and their parasitoids in Shiraz, Iran. Iran Agricultural Research, 19 (2): 145–154.

Moghaddam, M. 2013. A review of the mealybugs (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae, Putoidae and Rhizoecidae) of Iran, with descriptions of four new species and three new records for the Iranian fauna. Zootaxa, 3632 (1): 1–107.

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

Nagrare, V. S., Naikwadi, B., Deshmukh, V. and Kranthi, S. 2018 Biology and population growth parameters of the cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae), on five host plant species. Animal Biology, 68:333–352.

Nezam-Abadi, M., Lotfalizadeh, H. and Gholdasteh, Sh. 2014. The first report of *Echthroplexiella irinae* Nikol'skaya (Hym.: Encyrtidae) from Iran. Journal of Field Crop Entomology, 4 (2): 69–72.

Noyes, J. S. and Hayat, M. 1994. Oriental mealybug parasitoids of the Anagyrini (Hymenoptera: Encyrtidae) CAB International, Wallingford, UK, 554 pp.

Prabhakar, M., Prasad, Y. G., Vennila, S., Thirupathi, M., Sreedevi, G., Rao, G. R. and Venkateswarlu, B. 2013. Hyperspectral indices for assessing damage by the solenopsis mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) in cotton. Computers and Electronics in Agriculture, 97: 61–70.

Shahzad, M. Q., Abdin, Z. U., Abbas, S. K., Tahir, M. and Hussain, F. 2016. Parasitic effects of solitary endoparasitoid, *Aenasius bambawalei* Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae) on cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). Advances in Entomology, 4(02): 90–96.

Singh, S., Sharma, R., Kumar, R., Gupta, V. K. and Dilawari, V.K. 2012. Molecular typing of mealybug *Phenacoccus solenopsis* populations from different hosts and locations in Punjab, India. Journal of Environmental Biology, 33: 539–543.

Spodek, M., Ben-Dov, Y., Mondaca, L., Protasov, A., Erel, E. and Mendel, Z. 2018. The cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) in Israel: pest status, host plants and natural enemies. Phytoparasitica, 46 (1): 45–55.

Suma, P., Mansour, R., Torre, I. L., Bugila, A. A. A., Mendel, Z. and Franco, J. C. 2012. Developmental time, longevity, reproductive capacity and sex ratio of the mealybug parasitoid *Anagyrus* sp. nr. *pseudococci* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae). Biocontrol Science and Technology, 22 (7): 737–745.

Seyfollahi, F., Esfandiari, M., Mossadegh, M. S. and 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(3): 835–840.

Seyfollahi, F., Esfandiari, M., Mossadegh, M. S. and Rasekh, A. 2019. Functional Response of *Hyperaspis polita* (Coleoptera, Coccinellidae) to the recently invaded mealybug *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera, Pseudococcidae). Neotropical Entomology, 1–12.

Talebi, A. A., Ameri, A., Fathipour, Y. and Rakhshani, E. 2008. Natural enemies of Cypress tree mealybug, *Planococcus vovae* (Nasonov) (Hem.: Pseudococcidae), and their parasitoids in Tehran, Iran, Journal of Agricultural Science and Technology, 10 (2): 123–133.

Zhang, J., Huang, J., Lu, Y. and 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. PeerJ, 4: e1586.

Journal of Entomological Research

Volume 11, Issue 2, pages: 99-113

Islamic Azad University, Arak Branch
ISSN 2008-4668
http://jer.iau-arak.ac.ir

Two-sex life table of *Aenasius arizonensis* (Hym.: Encyrtidae) reared on *Phenacoccus solenopsis* (Hem.: Pseudococcidae) in laboratory conditions

E. Sholesadi[1], M. Fallahzadeh[2*], Sh. Hesami[3] , M. R. Hassani[4]

1- Ph. D student, Department of Entomology, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
2- Associate Professor, Department of Entomology, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran
3- Assistant Professor, Department of Entomology, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
4- Assistant Professor, Department of Entomology, Rafsanjan Branch, Islamic Azad University, Rafsanjan, Iran

Abstract

The solenopsis mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, 1898 (Hemiptera: Pseudococcidae), is a serious pest of plants in different regions of the world. This pest was recorded from south of Iran and causes highly damage on urban vegetation in recent years. In present study, life table parameters of *Aenasius arizonensis* (Girault, 1915) (Hymenoptera, Encyrtidae) were studied at laboratory conditions, on 3rd-instar nymphs and young adult females of *Ph. solenopsis*. Data were analyzed based on the age-stage, two-sex life table theory. Results showed that female and male immature periods of *A. arizonensis* on the 3rd-instar nymphs of *Ph. solenopsis* were significantly shorter in comparison with the young adult females. Also the fecundity of wasp parasitoid was significantly higher on the 3rd-instar nymphs than that of on the young adult females (170.90 and 150.00 eggs/female) on the 3rd-instar nymphs and young adult females, respectively. According to the results, intrinsic rate of increase (r_m), finite rate of increase (λ), gross reproductive rate (*GRR*), net reproductive rate (R_0) and mean generation time (T) were 0.216 day^{-1}, 1.241 day^{-1}, 119.39 offspring/individual, 100.51 offspring/individual and 21.32 days, on the 3rd-instar nymphs and were 0.165 day^{-1}, 1.180 day^{-1}, 92.78 offspring/individual, 76.96 offspring/individual and 26.20 days on the young adult females, respectively. There was significant difference only between the mean intrinsic rate of increase, finite rate of increase and mean generation time. Based on the results, the 3rd-instar nymph of *Ph. solenopsis* was more suitable host stage for *A. arizonensis* compare to the young adult females.

Key words: Parasitoids, *Aenasius arizonensis,* mealybug, Biological control, Biological parameters

* Corresponding Author, E-mail*: mfalahm@yahoo.com*
Received: 12 Feb. 2019– Accepted: 8 May2019