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

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)
جلد ۱۱، شماره۳، سال ۱۳۹۸، (۲۱۷-۱۹۷)

تاثیر پرورش گروهی و انفرادی بر پارامترهای دموگرافیک کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* (Col.: Coccinelidae) با تغذیه از کنه تارتن دولکه‌ای

مریم جعفری، شیلا گلدسته، حسین رنجبر اقدم*، عباس علی زمانی، ابراهیم سلیمان نژادیان

چکیده

کفشدوزک *Stethorus gilvifrons* یکی از مهمترین شکارگرهای کنه تارتن دولکه‌ای می‌باشد. در این پژوهش ویژگی‌های زیستی و جمعیتی کفشدوزک در دو پرورش گروهی و انفرادی با تغذیه از مراحل مختلف سنی کنه تارتن دونقطه ای در دمای۱±۲۷درجه سلسیوس، رطوبت نسبی۱۰±۶۰ درصد و دوره نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی بررسی شد. آزمایش با ۱۲۰ عدد تخم همسن (۰-۲٤ ساعت) کفشدوزک شکارگر برای هر تیمار شروع شد. داده ها بر اساس تئوری جدول زندگی سن- مرحله، دوجنسی تجزیه و تحلیل شدند. براین اساس دوره جنینی، دوره لاروی، دوره شفیرگی و کل مراحل نابالغ به ترتیب برای پرورش انفرادی ۰/۰۸± ۳/۹۲، ۰/۱٤± ٦/۵۲، ۰/۰۷± ۲/۹۸، ۰/۱٤± ۱۳/۵۹روز و برای پرورش گروهی به ترتیب ۰/۰٦± ۳/۵۱، ۰/۲۱± ٦/۸۵، ۰/۱۱± ۲/۸۵، ۰/۲۱± ۱۳/۱۸ روز به طول انجامید. نرخ ذاتی افزایش جمعیت(r)، نرخ متناهی افزایش جمعیت(λ)، متوسط مدت زمان یک نسل(T)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و نرخ ناخالص تولیدمثل(GRR) به ترتیب برای پرورش انفرادی (۰/۱۲۱۹ روز$^{-1}$، ۱/۱۲۹۷ روز$^{-1}$، ۳۰/۲۳ روز، ۳۹/۹۲ نتاج ماده ۲٦۵/۳۸ نتاج ماده) و پرورش گروهی برابر با (۰/۱٤۵۵ روز$^{-1}$، ۱/۱۵٦۷ روز$^{-1}$، ۱۹/۸۸روز، ۱۸/۰۸ نتاج ماده ، ۸۸/۳۷ نتاج ماده) بدست آمد. طبق نتایج حاصله پرورش گروهی باعث کاهش پارامترهای رشد جمعیت کفشدوزک می شود. یافته های این تحقیق به منظور بهبود شرایط پرورش انبوه و کاربرد موثر کفشدوزک *S. gilvifrons* در کنترل کنه های تارتن قابل استفاده خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: *Stethorus gilvifrons*، **پرورش انبوه، پارامتر جدول زندگی، کنه‌های تارتن**

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: *hrap1388@gmail.com*

تاریخ دریافت مقاله:۹۷/۸/۲۸ - تاریخ پذیرش مقاله:۹۸/۸/۲

مقدمه

کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari:Tetranychidae) یکی از مهمترین آفات گیاهی پلی فاژ روی محصولات زراعی، باغی، گلخانه ای و گیاهان زینتی در ایران (Khanjani, 2004) و بسیاری از کشورهای جهان می باشد (Helle & Sabelis, 1985; Clotuche *et al*., 2014). از مهمترین ویژگی های آن می‌توان به پتانسیل بالای تولیدمثلی، تعداد نسل‌های زیاد، دامنه میزبانی وسیع و توانایی ایجاد مقاومت نسبت به طیف وسیعی از آفت‌کش‌های شیمیایی اشاره نمود (Sedaratian *et al*., 2011). این آفت با مکیدن محتویات سلولی برگ موجبات کاهش میزان فتوسنتز گیاه شده و در نهایت کاهش کیفیت و کمیت محصول را فراهم می آورد. علاوه براین، جلب گردوغبار موجود در محیط به تارهای تنیده شده توسط این آفت در سطح گیاه نیز خسارت وارده را تشدید می کند (Attia *et al*., 2013).

در حال حاضر کنترل کنه های تارتن روی محصولات مختلف کشاورزی، اغلب با تکیه بر آفت کش های شیمیایی صورت می گیرد، که علاوه بر ایجاد آلودگی های زیست محیطی، نابودی دشمنان طبیعی و ایجاد مسمومیت های مزمن در انسان و جانوران غیرهدف، سبب توسعه بروز مقاومت در این آفت نسبت به آفت کش های مصرفی نیز شده است (Van Leeuwen *et al.* 2006). از جمله راهکارهایی که امروزه به منظور کنترل جمعیت های کنه تارتن در اکوسیستم‌های کشاورزی به صورت گسترده ای مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است، استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک می باشد که در این میان کفشدوزک های شکارگر *Stethorus* spp. (Col: Coccinellidae) نقشی غیرقابل انکار را ایفا می‌کنند (McMurtry *et al*., 1970; Helle & Sabelis, 1985).

کفشدوزک‌های شکارگر *Stethorus* spp. از جمله مهمترین عوامل کنترل بیولوژیک کنه های تارتن در مناطق مختلف جهان می‌باشد (Biddinger *et al*., 2004) که دارای ۵ مرحله رشدی (تخم، لارو، پیش شفیره، شفیره و حشره کامل) بوده و با توجه به پتانسیل بالای خود در برخی موارد قادرند تراکم جمعیت کنه های تارتن را تا رسیدن به زیر سطح زیان اقتصادی نیز کاهش دهند(Chazeau 1985; Tanigoshi & McMurtry 1977). این شکارگران حشراتی پرخور و مراحل فعالشان از تمام مراحل رشدی طعمه تغذیه می کنند همچنین دارای قدرت جستجوگری فوق العاده بوده و بالغین از زندگی طولانی و پراکنش بالایی در سراسر جهان برخوردار هستند (Putman, 1955; Tanigoshi & McMurtry 1977; Roy *et al.*, 2003; 2005).

یکی از مسائل مهم در تصمیم گیری درست برنامه مدیریتی توسط دشمنان طبیعی، تعیین شاخص‌های رشد جمعیت آنها است. در واقع، برآورد پارامترهای رشدجمعیت و تعیین افزایش جمعیت حشرات از روی ویژگی های تولیدمثلی و زنده مانی، یکی از جنبه‌های مهم در مطالعه جمعیت حشرات است. توانایی افزایش جمعیت را می توان با جدول زندگی بررسی کرد (Brich, 1984). در چنین بررسی هایی زمان رشدونمو، نرخ بقای هر مرحله رشدی و ساختار سنی آن در یک زمان مشخص بدست می آید (Carey, 1993; Chi, 1998; Chi & Liu, 1985). حشرات مانند سایر موجودات زنده برای بقا و تولیدمثل نیازمند عوامل زنده و غیر زنده ای هستند که این عوامل بطور مستقیم بر روند پرورش آنها تاثیر گذار خواهد بود. غذا و شرایط محیطی (دما، نور و رطوبت) مهمترین عوامل غیرزنده و میکروارگانیسم ها و رقابت (درون گونه ای و بین گونه ای) مهمترین عوامل زنده محسوب می شوند (Helle & sabelis, 1985). بسیاری از حشرات و کنه ها به صورت گروهی یا در کلنی با هم زندگی می کنند (Krause & Ruxton 2002; Earley & Dugatkin 2010). بنابراین نسبت جنسی و بسیاری دیگر از ویژگی های زیستی آنها در بیشتر مطالعات جدول زندگی انفرادی نادیده گرفته می شود. تقریبا در تمام حشرات تصمیم برای پیوستن به زندگی گروهی بر مبنای روش های مختلفی از جمله حس بویایی

(Campbell *et al.*, 1993)، بینایی(Langbein *et al.*, 2004) یا شنوایی (Wijenberg *et al.*, 2008) صورت می گیرد. هرچند پرورش گروهی نیز در دنیای حشرات دارای معایبی همچون، انتقال بیماری‌ها، ایجاد کانابالیسم، رقابت بر سر منبع غذایی و یا جفت مشترک و عدم تخمین دقیق زمان کامل رشدونمو و تعمیم دادن داده ها برای هر فرد می باشد، ولی مزایای زندگی گروهی از جمله، صرفه جویی در زمان، فضا و انرژی، نزدیک تر بودن به شرایط طبیعی، امکان جفت گیری ماده ها با نرهای قوی تر و در نتیجه موفقیت باروری، کمک به یکدیگر برای یافتن غذا و رشد کمتر باکتریها در محیط چشم گیرتر است (Rubenstein 1978; Avilés & Tufino 1998; Holbrook *et al*. 2000; Salomon & Lubin 2007; Lihoreau & Rivault 2008; Le Goff *et al*. 2010; Krause & Ruxton 2002; Earley & Dugatkin 2010; Chang *et al*., 2016). در واقع، صرف کمترین زمان لازم برای رسیدن به نتیجه مطلوب یکی از مهمترین ویژگی‌های تعیین کننده نوع پرورش چه به صورت انفرادی و چه گروهی می‌تواند باشد (Marshall *et al*., 2012).

یافته های متعددی در ارتباط با روند زیستی کفشدوزک های شکارگر .*Stethorus* spp منتشر شده است (Tanigoshi & Mcmurtry, 1977; Chazeau, 1985; Roy *et al*., 2003: Fiaboe *et al*., 2007; Taghizadeh *et al*., 2008). ولی تاکنون تحقیقی در مورد تعیین ویژگی‌های زیستی و جدول زندگی کفشدوزک شکارگر *Stethorus gilvifrons* (Mulstant) (Col:Coccinelidae) در مقایسه دو حالت پرورش انفرادی و گروهی روی کنه تارتن دولکه‌ای در ایران و جهان صورت نگرفته است، بنابراین با توجه به اهمیت این گونه در کنترل طبیعی کنه های تارتن و رایج بودن آن در مزارع و باغات، هدف از این مطالعه تعیین پارامترهای دموگرافیک کفشدوزک شکارگر*S. gilvifrons* به دو روش پرورش انفرادی و گروهی است، تا تاثیر میزان تراکم افراد بر روی فعالیت‌های بیولوژیک و توانایی های کفشدوزک مشخص شود. بدیهی است پرورشی که باعث افزایش توانایی‌های کفشدوزک و تقویت پارامترهای بیولوژیک شکارگر شود، مطلوبتر بوده و می تواند در تولید انبوه با مقیاس بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. با گسترش روش های پرورش آزمایشگاهی، می توان به نقاط ضعف و قوت حشره پی برد و از آن‌ها به منظور بکارگیری روش‌های مناسب کنترل در امر مدیریت آفت بهره برد.

مواد و روش‌ها

روش پرورش گیاه، آفت و حشره شکارگر

به منظور پرورش کنه تارتن دولکه ای گیاه ذرت (*Maize*; *Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰٤ درون گلدان‌هایی (با ارتفاع ۱۸سانتی متر و قطر دهانه ۲۰ سانتی متر) درشرایط گلخانه (با دمای ۵±۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±٦۰ و دوره روشنایی طبیعی) و بدون کاربرد سموم شیمیایی، کشت شدند. زمانیکه طول بوته ها به حد مطلوب (حداقل در مرحله‌ی ٤-۵ برگی) رسید، آلوده سازی بوته‌ها توسط کنه تارتن دولکه ای جمع آوری شده از مزارع انجام شد.

کفشدوزک‌های شکارگر *S. gilvifrons* از مزارع نیشکر دو منطقه از اراضی تحت کشت نیشکر در استان خوزستان (48°30′ 35.89″ E, 31°04′ 10.74″ N) و (48°26′ 17.25″ E, 31°15′ 10.88″ N) نمونه برداری شدند. حشرات کامل کفشدوزک *S. gilvifrons* در قفس آلومینیومی تهویه دار (۱۲۰×۷۰×۷۰ سانتی متر) روی گیاه ذرت آلوده به کنه تارتن دولکه ای به منظور تخمریزی وگذراندن نسل های متوالی رها سازی و نگهداری شدند. پس از ۲-۳ نسل پرورش روی میزبان، بالغین نوظهور برای انجام آزمایشات و تخم گیری استفاده شدند. کلنی‌های کنه تارتن دولکه ای و کفشدوزک

شکارگر در اتاق رشد در دمای۱±۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ±۶۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت تاریکی به روشنایی نگهداری شدند.

بررسی پارامترهای جدول زندگی

نحوه انجام آزمایشات دموگرافی در پرورش انفرادی

برای انجام آزمایشات جدول زندگی به روش انفرادی، تعداد ۱۲۰ عدد تخم (با سن کمتر از ۲٤ ساعت) در نظر گرفته شد. تمامی مراحل پیش از بلوغ (تخم، لارو، پیش شفیره و شفیره)، درون ظروف پتری دیش به قطر ۸ سانتی متر و ارتفاع ۳ سانتی متر طی شد. در تمامی مراحل پیش از بلوغ به منظور جلوگیری از مرطوب شدن نمونه ها از قرار دادن گلوله پنبه ای مرطوب در پتری ها اجتناب گردید. تمام مراحل پیش از بلوغ روزانه مورد بازدید قرار گرفت و تغییرات و مرگ و میر به دقت ثبت شد. برگ های درون پتری دیش ها هر ۲٤ ساعت یکبار با برگ تازه آلوده به کنه دولکه‌ای به منظور تغذیه سنین مختلف لاروی کفشدوزک تعویض گردید. پس از خروج حشرات کامل و تعیین جنسیت، حشرات نر و ماده بصورت جفتی (در کل ۲۵ جفت نر و ماده) داخل ظروف پلاستیکی شفاف مستطیلی شکل(با ابعاد: ۱۹×۱٤×٤ سانتی‌متر) به منظور فعالیت پروازی بهتر، جفت گیری و تخم ریزی منتقل شدند. روزانه تخم های گذاشته شده جمع آوری و شمارش شده و برای ارزیابی میزان نرخ تفریخ به پتری دیش‌های مجزا منتقل شدند. این آزمایشات داخل اتاقک حرارت ثابت با دمای ۲±۲۷، رطوبت نسبی ۱۰± ٦۰ درصد و دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد.

نحوه انجام آزمایشات دموگرافی در پرورش گروهی

برای بررسی تاثیر تراکم گروهی روی رشدونمو و باروری کفشدوزک شکارگر *S. gilvifrons*، آزمایشات با تعداد ۱۲۰ عدد تخم هم سن کفشدوزک (با سن کمتر از ۲٤ ساعت) که به صورت دستجات ۵ تایی روی تکه برگ ذرت آلوده به کنه تارتن دولکه ای داخل ۲٤ ظرف مکعب مستطیلی شکل شفاف به ابعاد(۱۹×۱٤×٤ سانتی متر) منتقل شدند. روند رشدونمو و مرگ و میر افراد روزانه تا ظهور کفشدوزک های بالغ در هریک از ظروف بررسی و تغییرات ثبت شده به طور تصادفی به افراد تعلق گرفت. پس از خروج حشرات کامل و تعیین جنسیت، ۵ جفت از حشرات نر وماده بصورت جفتی به داخل ظروف پلاستیکی شفاف مستطیلی (۱۹×۱٤×٤ سانتی متر) به منظور تخم ریزی رها شدند (در کل ۲۵ جفت نر و ماده). روزانه برگ های تازه آلوده به کنه تارتن دولکه ای در اختیار شکارگران قرار گرفت و تخم های گذاشته شده توسط ماده ها شمارش و جمع آوری شد، سپس تا زمان تفریخ تخم‌ها نگهداری شدند. متغیرهایی مانند طول عمر، درصد بقا، طول دوره پیش از تخم ریزی و تخم ریزی، تعداد تخم تفریخ شده، تعداد حشرات نر و ماده خارج شده شمارش و مانند پرورش انفرادی نتایج ثبت گردید. این آزمایشات نیز داخل اتاقک حرارت ثابت با دمای ۲± ۲۷، رطوبت نسبی ۵± ٦۰ درصدو دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی به ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های مربوط به همه افراد *S. gilvifrons* (نرها، ماده ها و آنهایی که قبل ازرسیدن به بلوغ مردند) در هر دو پرورش انفرادی و گروهی بر اساس تئوری جدول زندگی دو جنسی ویژه سنی – مرحله زیستی (Chi & Liu, 1985) و روش‌های

توصیف شده توسط Chi(1988) با استفاده از برنامه کامپیوتری TWOSEX-MSChart (Version; 2017.09.16) تجزیه و تحلیل شدند (Chi & Liu, 1985).

نرخ زنده مانی ویژه سنی- مرحله زیستی (s_{xj}: احتمال زنده مانی یک تخم متولد شده تا سن x در حالی که در مرحله زیستی j می باشد)، باروری ویژه سنی- مرحله زیستی (f_{xj}: تعداد نتاج تولید شده توسط هر فرد در سن x و مرحله زیستی j)، نرخ زنده مانی ویژه سنی (l_x ; احتمال زنده مانی تخم متولد شده تا سن x است)، باروری ویژه سنی (m_x : تعداد تخم تولید شده به ازای هر فرد در هر روز) و پارامترهای رشد جمعیت شامل نرخ ذاتی افزایش جمعیت(r); نرخ متناهی افزایش جمعیت(λ) ; نرخ خالص تولیدمثل(R_0) و متوسط طول یک نسل (T) طبق روش Chi (Chi & Liu, 1985) (1988); و(Chi & Su, 2006) با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

زنده مانی ویژه سنی (l_x) به صورت زیر محاسبه شد.

$$lx = \sum_{j=1}^{m} s_{xj}$$

که در اینجا m بیانگرتعداد مرحله رشدی است.

برای محاسبه زادآوری ویژه سنی کل جمعیت (m_x) از معادله زیر استفاده شد.

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{m} s_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^{m} s_{xj}}$$

نرخ ناخالص تولیدمثل ($GRR=\sum m_x$)، تولیدمثل در کل دوره زندگی بدون رخداد مرگ و میر است. این پارامتر متوسط تولیدمثل در کل دوره زندگی یک فرد است که برای در نظر گرفتن پتانسیل رشد جمعیت در صورتی که همه محدودیت های اکولوژیکی (شکارگری، رقابت کننده ها، بیماری و گرسنگی) برای جمعیت حذف شود مهم است. GRR ، به ندرت در طبیعت بدست می آید، اما برای در نظرگرفتن این که تا چه حد یک جمعیت توسط محدودیت های زیستی تحت فشاراست مفید است.

$$GRR = \sum_{x=0}^{\omega} m_x$$

پارامتر نرخ ذاتی رشد جمعیت (r)، نرخ تسریع رشد جمعیت و مهمترین پارامتر است. این پارامتر بیانگر تفاوت بین نرخ ذاتی تولد و نرخ ذاتی مرگ و میر در جمعیت به ازای هر ماده در هر روز است. مقدارr براساس معادله Euler-Lotka که در زیر آمده است، محاسبه می شود، با سن نمایه شده از ۰ تا x (حاکثر سن) (Goodman, 1982):

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

در این معادله پارامتر ∞ بیشترین سنی است که افراد آزمایش داشته اند.

نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) با معادله زیر محاسبه شد.

$$\lambda = e^r$$

نرخ خالص تولیدمثل ($R_0=\sum l_x m_x$) که تعداد نتاج به ازای هر فرد با در نظر گرفتن مرگ و میر طبیعی است. به طور خلاصه در تمام سنین، این پارامتر متوسط تولیدمثل کل دوره زندگی است و با معادله (۵) مشخص گردید.

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\omega} \sum_{j=1}^{k} s_{xj} f_{xj}$$

متوسط طول مدت هر نسل(T) ، به صورت متوسط زمانی که یک جمعیت نیاز دارد که به اندازه نرخ خالص تولید مثل(R_0) افزایش یابد به طوری که به توزیع سنی پایدار و نرخ افزایش پایدار برسد که با معادله زیرتعریف می شود:

$$R_0 = e^{rT}$$
$$R_0 = \lambda^r$$

و بنابراین میانگین طول یک نسل به صورت زیر محاسبه شد:

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

امید زندگی ویژه سن – مرحلهٔ زیستی(e_{xj}) و ارزش تولیدمثلی ویژه سن – مرحله زیستی(v_{xj}) با معادله های زیر مشخص شده اند:

$$e_{xy} = \sum_{\mathrm{i}=\infty}^{\mathrm{n}} \sum_{\mathrm{j}=\mathrm{y}}^{\mathrm{m}} s'_{ij}$$

$$v_{xy} = \frac{e^{-\mathrm{r(x+1)}}}{\mathrm{s}_{xy}} \sum_{i=\mathrm{x}}^{\mathrm{n}} \mathrm{e}^{-\mathrm{r(i+1)}} \sum_{\mathrm{j}=y}^{m} s'_{ij}, f_{ij}$$

در اینجا s'_{xy} احتمال زنده مانی یک فرد از سن x و مرحله y تا سن i و مرحله j می باشد و با فرض اینکه s'_{xy}=۱ محاسبه می شود (چی، ۱۹۸۸).در حالت پرورش گروهی، کل تعداد تخم های گذاشته شده توسط افراد ماده در یک روز به کل تعداد ماده های زنده موجود در همان روز تقسیم شده و به طور تصادفی به هریک از ماده ها تا مرگ آخرین فرد ماده تعلق گرفت. داده های حاصل از پرورش گروهی بر اساس روش(Chang *et al*., 2016) آنالیز شد. واریانس و انحراف استاندارد پارامترهای رشد جمعیت و مقایسات میانگین بین طول مراحل مختلف رشدی، طول عمر، کل دوره زندگی و باروری کفشدوزک *S. gilvifrons* در بین دو پرورش انفرادی و گروهی با استفاده از آزمون بوت استرپ جفت شده با ۱۰۰۰۰۰ تکرار و به کمک برنامه کامپیوتری TWOSEX انجام شدند (Efron & Tibshirani, 1993; Yu *et al*., 2013; Akköprü *et al*. 2015).

نتایج

پارامترهای زیستی کفشدوزک شکارگر *S. gilvifrons* در دو پرورش انفرادی و گروهی

طول دوره های مختلف رشدی کفشدوزک شکارگر *S. gilvifrons* شامل طول دوره جنینی، دوره لاروی، شفیرگی وکل دوره پیش از بلوغ در دو پرورش انفرادی و گروهی در جدول۱ نشان داده شده است. کفشدوزک شکارگر *S. gilvifrons* قادر بود به طور موفقیت آمیزی رشدونمو خود را در هر دو نوع پرورش کامل نماید (جدول۱). با توجه به نتایج به دست آمده تنها طول دوره جنینی شکارگر در پرورش انفرادی (۳/۹۲ روز) طور معنی داری متفاوت از پرورش گروهی (۳/۵۱ روز) بود. این در حالی است که، تفاوت معنی داری بین دوره‌های لاروی، شفیرگی و کل دوره پیش از بلوغ حشرات شکارگر در پرورش‌ها مشاهده نشد (جدول۱).

طول عمر ماده ها در پرورش‌ها با هم تفاوت معنی‌دار داشتند و بیشترین طول عمر (۵۳/۲۸ روز) مربوط به ماده های پرورش یافته در تراکم انفرادی بود، در صورتی‌که طول عمر نرها بین هر دو پرورش مورد مطالعه دارای تفاوت معنی‌دار نبود (جدول۲). با توجه به اطلاعات جدول۲، طول دوره قبل از تخم ریزی افراد بالغ (APOP)، یعنی فاصله زمانی بین ظهور افراد بالغ تا اولین تخم ریزی و میانگین کل دوره قبل از تخم ریزی (TPOP) یعنی فاصله زمانی بین تولد تا اولین تخمریزی نیز در هر دو پرورش دارای تفاوت معنی دار نبود. کمترین و بیشترین میانگین طول دوره تخم ریزی، به ترتیب مربوط به کفشدوزک‌های پرورش یافته در تراکم گروهی و انفرادی می باشند. میانگین بیشترین تعداد تخم تولید شده به ازای هر فرد ماده کفشدوزک ۱۹۱/٦٤ تخم در پرورش انفرادی و کمترین مقدار باروری ماده ها۸٦/۸۰ تخم در پرورش گروهی بود(جدول ۲).

پارامترهای مرگ و میر بدست آمده از جدول زندگی دو جنسی کفشدوزک شکارگر *S. gilvifrons* در دو سیستم پرورش انفرادی و گروهی

برای ساخت جدول زندگی براساس طول دوره رشدی متغیر و براساس هر دو جنس(نر و ماده) برای کفشدوزک شکارگر *S. gilvifrons* در دو پرورش انفرادی و گروهی، تغییرات روزانه برای هریک از مراحل رشدی مد نظر قرار گرفت. به همین دلیل در نمودارهای بدست آمده (نمودارهای مربوط به شکل های ۱ تا ٤) هم پوشانی هایی بین مراحل مختلف سنی کفشدوزک مشاهده می شود.

نرخ بقای ویژه سنی – مرحله سنی (S_{xj}) کفشدوزک شکارگر در دو پرورش انفرادی(A) و گروهی(B) در شکل ۱ نشان داده شده است. این پارامتر علاوه بر توصیف مشروحی از بقا، انتقال از یک مرحله سنی به مرحله سنی دیگر را توصیف می کند از آنجایی که نرخ بقا، تغییرات نرخ رشد و نمو را در میان افراد نشان می دهد، به همین دلیل می توان انطباق مراحل رشدی را در مدت رشد و نمو به خوبی تشریح نمود. در هر دو پرورش (انفرادی و گروهی) میزان (S_{xj}) با افزایش سن شکارگر کاهش می یابد. براساس نمودارهای شکل۱ روند کاهشی نرخ بقای ویژه سنی – مرحله سنی، در سنین ابتدایی نسبت به حشرات بالغ (نر و ماده) سریع بوده و سپس با طی کردن مراحل حساس زندگی، نرخ بقای ویژه سنی- مرحله سنی با سرعت کمتری کاهش یافت. اگرچه اولین لارو در سن ۱ (روز) در هر دو پرورش ظهور یافته است اما آخرین لارو در روزهای ۱۳و۱٤ به ترتیب در پرورش انفرادی و گروهی تلف شد. از سوی دیگر مرحله شفیرگی در روز های ۹ و ٦ به ترتیب در پرورش های ذکر شده آغاز شد، در حالیکه این مرحله رشدی به ترتیب در روز های ۱۹ و ۱۸ متوقف شد. همچنین حداکثر بقا ویژه سنی – مرحله رشدی (S_{xj}) در طول عمر کفشدوزک، در پرورش انفرادی برای ماده ها ۰/۲۰ و برای نرها ۰/۱۹ بود در حالیکه در پرورش گروهی مقدار این پارامتر برای ماده ها ۰/۲۰ و برای نر ها ۰/۱۰ بدست آمد. نرخ بقای ماده ها درهر دو نوع پرورش بیشتر از نر ها بود و بیشترین طول عمر کفشدوزک ماده در پرورش انفرادی (۸٤ روز) مشاهده شد(شکل۱).

نمودارهای lx (نرخ زنده مانی ویژه سنی برای همه افراد) و m_x (باروری ویژه سنی تمام جمعیت) و باروری ویژه سنی – مرحله زیستی (f_{xj}) موجود در شکل.۲ نشان می دهد که کفشدوزک *S. gilvifrons* قادر به زنده مانی و تولید مثل در هر دو نوع پرورش انفرادی و گروهی در شرایط آزمایشگاهی بود. نرخ زنده مانی ویژه سنی کفشدوزک تا روز ۳ (سن ۳) در پرورش انفرادی برابر ۱ بود البته به جز پرورش گروهی که تا سن چهارم ادامه داشت (شکل۲). هنگامی که کفشدوزک *S. gilvifrons* به صورت گروهی پرورش یافت، ماده ها در سن ۱۲ (روزگی) شروع به گذاشتن تخم نمودند

که نسبت به ماده های پرورش یافته به صورت انفرادی دو روز زودتر بود. حداکثر باروری ویژه سنی (m_x) این کفشدوزک در سن ۲۰ روز با ۸/۳۳ تخم در پرورش گروهی و در سن ۵۱ روز با ٦/۹۲ تخم در پروش انفرادی رخ داد (شکل ۲). نمودارهای حاصل به جز در پرورش انفرادی دارای یک نقطه اوج مشخص نبوده و نوسانات اندکی در دوره تخم ریزی دیده می شود. این گستره نمایانگر طول دوره تخم‌ریزی کفشدوزک است (شکل ۲).

باروری ویژه سنی – مرحله سنی (f_{xj}) (شکل ۲) تعداد نتاج تولید شده توسط هر فرد کفشدوزک را در سن x و مرحله رشدی j نشان می دهد. با توجه به این نکته که فقط ماده ها تولید مثل می کنند، به همین دلیل تنها یک منحنی f_{xj} در هریک از نمودارهای شکل ۲ وجود دارد. لذا به باروری ویژه سنی – مرحله سنی ، باروری ویژه سنی ماده (f_{x5}) (عدد پنج نشان دهنده مرحله رشدی ماده ها می باشد) هم گفته می شود. با توجه به نمودارهای شکل ۲، شروع تخم گذاری اولین ماده در پرورش انفرادی و گروهی به ترتیب در روزهای ١٤ و ١٢مشاهده شد. علاوه براین، بیشترین باروری روزانه (اوج f_{x4}) کفشدوزک در دو پرورش ذکر شده به ترتیب معادل ۷/۳٤ و ١٢/٦٨ تخم بود که به ترتیب در روزهای ٣٦ و١٩ اتفاق افتاد.

امید به زندگی سنی – مرحله سنی (e_{xj}) کفشدوزک *S. gilvifrons* در دو پرورش انفرادی و گروهی در شکل۳ نشان داده شده است. امید به زندگی(e_{xj}) در سن x، بیانگر متوسط طول عمر باقیمانده برای افراد جهت رسیدن به سن x می باشد. امید به زندگی کفشدوزک در پرورش انفرادی طولانی تر از پرورش گروهی در اکثر گروه های سنی و مراحل رشدی بود. امید به زندگی در هنگام تولد (تخم یک روزه) در پرورش انفرادی و گروهی به ترتیب معادل۲۳/۵۸ و ١٥/٤٤ روز می باشد (شکل ۳). علاوه براین امید به زندگی کفشدوزک شکارگر *S. gilvifrons*، در مرحله شفیرگی در دو پرورش ذکر شده به‌ترتیب برابر با ۲۱/۹٦ و ۲۰/۱۵روز و برای ماده های تازه خارج شده ٤١/٢٨ و ۲۰/۲۸روز و برای نرهای تازه خارج شده به ترتیب معادل ١٤/٦٨ و ١٣/٧٣روز بود. درهردو نوع پرورش امید به زندگی حشرات نر کوتاه تر از ماده ها بود. در پرورش انفرادی با گذر از مراحل حساس پیش از بلوغ، امید به زندگی به طور قابل توجهی در ماده ها افزایش یافت(شکل۳).

ارزش ویژه سنی – مرحله سنی (v_{xj}) نشان دهنده سهم هریک از افراد در سن x و مرحله رشدی j در تشکیل جمعیت آینده می باشد. ارزش ویژه تولید مثل برای یک تخم تازه متولد شده (v_{01}) برابر نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) می باشد. اوج ارزش ویژه تولید مثلی برابر با٤٧/٢٨ و ٤٣/٦٣ تخم به ازای هر ماده به ترتیب در دو پرورش انفرادی و گروهی و مربوط به روزهای ۳۰ و ۱۷ بود که در واقع در این روزها افراد ماده بیشترین سهم را در تشکیل جمعیت آینده داشتند (شکل٤). در حالیکه باروری ویژه سنی(f_{xj}) در سنین مذکور به ترتیب برابر با ۵/٦۰ و ۳/۳٦ تخم به ازای هر ماده بود (شکل ۳). افراد نر به دلیل اینکه در تشکیل جمعیت آینده سهمی ندارند، ارزش تولید مثلی آن ها برابر صفر می باشد. مقدار ارزش تولید مثلی در هر یک از دو نوع پرورش در مراحل پیش از تخم ریزی (از زمان تولد تخم تا اولین تخم ریزی) به ترتیب افزایش یافت. این روند در سنین میانی به بالاترین میزان خود رسید. پس از شروع تخم ریزی، مقدار ارزش ویژه تولیدمثلی ابتدا افزایش و سپس به تدریج با کاهش میزان باروری و بقا، روند نزولی را نشان داد. با افزایش سن افراد و رسیدن آن ها به مرحله پس از تخم ریزی، میزان ارزش تولیدمثلی آن ها نیز به صفر تقلیل یافت(شکل ٤).

جدول زندگی (پارامترهای رشد جمعیت) کفشدوزک شکارگر *S. gilvifrons* در دو پرورش انفرادی و گروهی

کارایی تولید مثلی کفشدوزک شکارگر *S. gilvifrons* در دو پرورش انفرادی و گروهی در جدول۳ آمده است. با توجه به اطلاعات این جدول، نرخ ناخالص تولیدمثل (*GRR*) در پرورش انفرادی (۲۶۵/۳۸ تخم/ماده) به طور معنی‌داری بیشتر از پرورش گروهی (۸۸/۳۷ تخم/ماده) می باشد. مقدار نرخ خالص تولیدمثل (R_0) نیز در پرورش انفرادی بالاتر و برابر با ۸/۲۰ ± ۳۹/۹۲ (تخم/ ماده) بود (جدول۳). بین دو پارامتر نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در هر دو پرورش انفرادی و گروهی تفاوت معنی دار مشخص نشد(جدول۳). متوسط مدت زمان یک نسل(T)، مدت زمانی است که به جمعیت فرصت می‌دهد تا به اندازه نرخ خالص تولیدمثل (R_0) افزایش یابد. مقدار این پارامتر نیز در پرورش های مورد آزمایش به طور معنی داری متفاوت بود و نتایج نشان داد که طولانی ترین مقدار این پارامتر مربوط کفشدوزک های پرورش یافته در تراکم انفرادی و برابر با ۰/۷۷ ± ۳۰/۲۳ (روز) به‌دست آمد (جدول۳).

بحث

اصول مختلف پرورش حشرات اثرات متفاوتی روی پارامترهای رشد جمعیت مانند میزان بقا، رشدونمو و تولیدمثل آنها خواهد گذاشت. در این پژوهش برخی از این اثرات روی پارامترهای جدول زندگی کفشدورک شکارگر *S. gilvifrons* که به دو صورت انفرادی و گروهی پرورش یافته بودند، مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج ارایه شده در این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین طول دوره رشد و نمو افراد در دو حالت پرورش انفرادی (۱۳/۵۹ روز) و گروهی(۱۳/۱۸ روز) وجود نداشت، هرچند مدت زمان این دوره در پرورش گروهی کمی کوتاه تر بود. پژوهش‌های متعددی در زمینه تاثیر تراکم افراد موجود در یک کلنی و اثر آنها بر پارامترهای جدول زندگی حشرات انجام شده است. به عنوان مثال، در پژوهش Saemi *et al.* (2016) مشخص شد پارامترهای رشدونمو و تولیدمثل کنه شکارگر *Phytoseiulus persimili* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) تحت تاثیر تراکم افراد موجود در کلنی قرار نگرفته و هیچ اختلاف معنی داری بین دو نوع پرورش انفرادی و گروهی مشاهده نشد. دو پژوهشگر(2008) Lihoreau & Rivault، اثر معنی داری پرورش گروهی در بلوغ پوره سوسری‌ها *Blatella germanica* (L.) (Orth: Blatellidae) (نر و ماده) و به تاخیر افتادن سنین بزرگسالی را گزارش کردند. با اینحال، مطالعات (۱۹٤۸) Impe نتیجه ای عکس را نشان داد، به طوریکه با افزایش تعداد افراد کلنی زمان به تکامل رسیدن نرهای *T. urticae* کاهش یافت.

طول دوره پیش از بلوغ در این مطالعه کوتاه تر از مطالعات مشابه صورت گرفته روی کفشدورک های *Stethorus* گونه های *S. gilvifrons* (۱۷/٥٤ روز) (Taghizadeh *et al.*,2008b)، *S. pauperculus* Weise (۱٤/۰٥ روز) (Rattanatip *et al.*, 2008) و *S. tridens* Gordon (۱٦/۲۰ روز) (Fiaboe *et al*. 2007) و طولانی تر از یافته های مشابه روی گونه های *S. siphonulus* Kapur (۱۱/۲٥ روز) (Rattanatip *et al*., 2008) و *S. punctillum* Weise (۱۲/۷۰ روز) (Roy *et al*., 2003) در حالت پرورش انفرادی می باشد.

زندگی گروهی طول عمر بالغین را نیز تحت تاثیر قرار می دهد، به‌طوری‌که در این پژوهش مشخص شد افراد ماده بالغ با زندگی انفرادی دارای طول عمری بالاتر از افراد ماده با زندگی گروهی می باشند. هر چند در افراد نر تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد ولی باز هم طول عمر افراد نر در پرورش گروهی پایین تر از حالت انفرادی بود. این

نتایج نزدیک به یافته‌های Saemi *et al*. (2016) در مورد کنه شکارگر *P. persimilis* می باشد به طوریکه، طول عمر افراد ماده بالغ *P. persimilis* در دو نوع پرورش دارای اختلاف معنی دار بود و به ترتیب در پرورش گروهی و انفرادی بطول عمر ماده ها ۲۵/۲۹ و ۳۶ روز و طول عمر نر ها ۲۸/۴۲ و ۴۹/۸۷ روز تخمین زده شد. کفشدوزک های ماده *Stethorus* spp. به دلیل فقدان کیسه ذخیره اسپرم، در طول زندگی برای تولید تخم نیاز به جفت گیری های مکرر دارند (Kapour, 1984). در واقع می توان گفت، در حالت پرورش گروهی به دلیل افزایش جفت گیری های مکرر و صرف هزینه و انرژی زیاد طول عمر موجود زنده کاهش می یابد (Gotoh &Tsuchiya, 2008).

بر اساس مطالعات Martin & Hosken(2004)، زمانیکه افراد بالغ نر *Saltella sphondylii* (Schrank) (Dip:Sepsidae) تنها با یک مگس ماده جفت گیری کنند طول عمر آنها ۲۴/۲۵ روز تخمین زده شد و در حالیکه جفت گیری با شش ماده انجام شود طول این دوره به ۱۵/۸۵ روز تقلیل یافت به همین ترتیب نرهایی که هیچ گونه جفت گیری نداشتند ۲۷/۹۰ روز عمر کردند. جفت گیری های مکرر هرچند منجر به تولیدمثل موفق تر کفشدوزک(Col: Coccinellidae) (Weise) *Anegleis cardoni* گردید ولی با کاهش طول عمر آن همراه بود (Sahu, 2012). طول عمر ماده های بالغ کنه شکارگر *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) در پرورش گروهی نیز به دلیل جفت گیری های متعدد کمتر از زمانی بود که شکارگر به صورت انفرادی (جفت گیری با یک زوج) پرورش یافت (Gotoh & Tsuchiya, 2008). نوع پرورش بر رفتار جنسی حشرات نیز تاثیر گذار است به طوریکه، در پرورش انفرادی مگس های نر (Dip: Drosophilidae) *Drosophila melanogaster* (Meigen) تهاجمی تر و دارای فعالیت جنسی بالاتری نسبت به نرهایی هستند که به صورت گروهی زندگی می کنند است (Panova *et al*., 2013). مطالعات مشابه نیز نشان می‌دهد که افزایش فعالیت های جنسی منجر به کاهش طول عمر مگس های بالغ *Drosophila melanogaster* خواهد شد (Partridge & Farquhar 1981; Cordts & Partridge 1996).

طبق نتایج طول دوره قبل از تخم ریزی ماده های بالغ (APOP) و دوره از تولد تا تخم ریزی (TPOP) در بین دو نوع پرورش انفرادی و گروهی تفاوت معنی داری نشان نداد ولی دوره تخم ریزی(Oviposition period) با اختلاف معنی داری در پرورش گروهی بسیار پایین تر از پرورش انفرادی ارزیابی گردید که احتمالا به دلیل کمبود فضا و رقابت ایجاد شده بر سر غذا و جفت مشترک طول دوره تخم ریزی کاهش یافته است. در بررسی Saemi *et al*. (2016) نیز در مقدارهای (APOP)، (TPOP) و طول دوره تخم ریزی کنه شکارگر *P. persimilis* در دو پرورش گروهی و انفرادی اختلاف معنی داری گزارش نشد. در واقع پیش بینی اولین تولیدمثل درسطح جمعیت و تعداد فرزندان آینده در نسل های بعدی با محاسبه پارامترهای ذکر شده امکان پذیر است. میانگین باروری درحشرات شکارگر تحت تاثیر مستقیم تراکم افراد موجود در کلنی می تواند متفاوت باشد(Avilés & Tufinu, 1988; Salomon & Lubin, 2007). در پرورش انفرادی باروری *S. gilvifrons* بسیار بالاتر از پرورش گروهی ارزیابی گردید. طبق نتایج این پژوهش، عدد بدست آمده از پرورش انفرادی مقدار بالاتری از باروری را نسبت به آزمایشات مشابه توسط Roy *et al*. (2003) (۱۱/۰۴ تخم)، Taghizade *et al*. (2008a)(۱۴۵/۲۰ تخم) و Fiaboe *et al*. (2007) (۱۲۳/۰۰ تخم) روی افراد جنس *Stethorus* spp. در حالت پرورش انفرادی رقم زده است. احتمالا این تفاوت ها می تواند به دلیل شرایط مختلف آزمایشگاهی، گونه‌های گیاه میزبان، نوع طعمه، گونه های مختلف شکارگر، روش تجزیه تحلیل داده ها و یا دقت آزمایش باشد.

پرورش به‌صورت گروهی گاهی ممکن است اثرات مثبتی نیز در باروری برخی موجودات داشته باشد، به عنوان مثال Le Goff *et al*. (2010)، مشاهده کردند تولید تخم و تارهای ابریشمی توسط کنه تارتن دو لکه ای *T. urticae* در حالت

گروهی(۲-٦ کنه) بالاتر از پرورش انفرادی بود. همچنین(2008) Lihoreau & Rivault،گزارش کردند زندگی گروهی منجر به افزایش تولید کیسه تخم (اووتکا) و تکامل بهتر پوره ها در گونه *Blatella germanica* با رفتار اجتماعی نسبت به دو گونه *B. litoricollis* Walker و *B. biligata* Walker با رفتار غیر اجتماعی شد که تحت تاثیر زندگی گروهی قرار نگرفتند.

در این پژوهش بالاترین نرخ زنده مانی ویژه سنی- مرحله زیستی (S_{xj}) در تمام مراحل رشدی و نرخ زنده مانی ویژه سنی (l_x) در زمان ظهور افراد ماده بالغ کفشدوزک *S. gilvifrons* در پرروش انفرادی ثبت شد (نمودار های ۱و ۲). که این امر نشان دهنده پایین تر بودن مرگ و میر مراحل نابالغ و بالغین کفشدوزک و کاهش خطر کانابالیسم در بین افراد این نوع پرورش می تواند باشد.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، یکی از مهم ترین پارامترهای رشد جمعیت است که تمامی پارامترهای دموگرافیک و بیولوژیک حشره را تحت شرایط محیطی خلاصه می کند (Anderwartha and Brich, 1954; Southwood and Henderson, 2000). عوامل متعددی از دو گروه داخلی و خارجی روی مقدارr حشرات موثرند. عوامل داخلی مهم شامل جمعیت کفشدوزک، تراکم کلنی، سن جمعیت، وضعیت جفت گیری کفشدوزک ماده و رقابت درون و برون گونه ای و عوامل خارجی شامل دما، رطوبت نسبی، نور، سطوح شکارگری، گیاه میزبان و آفت کش ها می باشند. این عوامل ویژگی های تولید مثلی کفشدوزک های شکارگر را تحت تاثیر قرار می دهند و بنابراین روی مقدار r نیز موثرند (Brich, 1948). نتایج این پژوهش نشان داد، مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در هر دو نوع پرورش گروهی و انفرادی تحت تاثیر تراکم افراد موجود در کلنی قرار نگرفت. در این مطالعه با کمی طولانی تر شدن زمان نشو و نما مراحل مختلف رشدی در پرورش انفرادی مقدار کمتری از r نیز نسبت به پرورش گروهی به‌دست آمد. صاعمی و همکاران (۲۰۱۷) نیز در پژوهشی مشابه هیچ اختلاف معنی داری بین پارامترهای رشدجمعیت در دو نوع پرورش گروهی و انفرادی کنه شکارگر *P. persimilis* مشاهده نکردند. هرچند طبق نتایج این پژوهش، مقایسات میانگین بین نرخ ناخالص تولیدمثل(GRR)، نرخ خالص تولیدمثل(R_0) و متوسط مدت زمان یک نسل(T) بین دو نوع پرورش تفاوت های معنی داری مشخص گردید. در بررسی های صورت گرفته از پرورش های انفرادی در دمای ۲۸-۲۷ درجه سلسیوس، مقدار r برای گونه های مختلف *Stethorus* متفاوت بوده است به طوریکه طبق منابع مقدار r برای *S. tridens* از ۰/۱۰٤ بر روز (Fiaboe *et al*. 2007)، *S. punctillum* ۰/۱۲ بر روز (Roy *et al.*, 2003)، *S. picipes* ۰/۱۲۱ بر روز(Tanigoshi & McMurtry 1977)، *S. gilvifrons* ۰/۱۲۱۹ بر روز(پژوهش حاضر: پرورش انفرادی)، *S. gilvifrons* ۰/۱٤٥٥ بر روز(پژوهش حاضر، پرورش گروهی)، *S. gilvifrons* ۰/۱٤٥ بر روز (Taghizadeh *et al*. 2008a) تا برای *S. siphonulus* ۰/۱٥۸ بر روز (Rattanatip *et al*. 2008) متغیر بوده است. Bonato(1999) بیان کرد، مقایسه مقدار(r) بین مطالعات مختلف به دلیل وجود تفاوت هایی مانند تنوع ژنتیکی، روش پرورش، شرایط محیطی مانند دما و رطوبت، رژیم غذایی مورد استفاده در آزمایش، نسبت جنسی و نرخ بقا که اغلب به دلیل در نظر گرفتن تنها مرحله بالغین می باشد و به صورت واقعی تخمین زده نمی شود دشوار است.

با مقایسه کلی پارامترهای بیولوژیک محاسبه شده برای کفشدوزک‌های *S. gilvifrons* پرورش یافته به دو صورت انفرادی و گروهی می توان نتیجه گرفت، این شکارگر قادربه تکمیل دوره زندگی و تخم ریزی خود به هر دو صورت می باشد و نوع پرورش تاثیر بسزایی روی میزان تولید مثل و یا سایر پارامترهای بیولوژیک شکارگر نداشته است. هرچند جوانب دیگر پرورش گروهی و زندگی با همسالان که منجر به بهبود برخی پارامترهای رشدی از جمله کوتاه تر شدن

طول دوره پیش از بلوغ، افزایش اندازه جمعیت و یا بالا رفتن پتانسیل باروری افراد را نمی توان نادیده گرفت. اطلاعات این مطالعه برای پرورش انبوه، مطالعات شکارگری و بهینه کردن سازگاری شکارگر و میزبان آن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود، این شکارگر نیز مانند سایر دشمنان طبیعی نیاز به حمایت دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مساعدت‌ها و همکاری‌های ارزشمند و بی دریغ موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان به سبب فراهم آوردن امکانات این تحقیق، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

جدول۱. طول مراحل مختلف سنی (روز) مراحل پیش از بلوغ نر وماده کفشدوزک *S. gilvifrons* پرورش یافته به دو صورت انفرادی و گروهی

Table 1. Mean (±SE) developmental time of different immature stages of *Stethorus gilvifrons* on individual and group-reared

مرحله رشدی	پرورش انفرادی(A)		پرورش گروهی(B)		*P*
	تعداد	میانگین ± SE	تعداد	میانگین ± SE	
دوره جنینی	۱۰۸	۳/۹۲ ± ۰/۰۸a	۸۵	۳/۵۱ ± ۰/۰٦b	۰/۰۰۰۰۵
دوره لاروی	۷۹	٦/۵۲ ±۰/۱٤a	۵۲	٦/۸۵ ± ۰/۲۱a	۰/۱۸
دوره شفیرگی	٤۹	۲/۹۸ ±۰/۰۷a	۳۹	۲/۸۵ ± ۰/۱۱a	۰/۲۹
کل دوره پیش از بلوغ	٤۹	۱۳/۵۹ ±۰/۱٤a	۳۹	۱۳/۱۸ ± ۰/۲۱a	۰/۱۰

میانگین های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی دار بین پرورش های انفرادی و گروهی مورد بررسی می باشند (Paired Bootstrap Test, $P<0.05$).

**SEs* were estimated by using 100,000 bootstraps. Means within rows followed by different letters are significantly different according to Paried Bootstrap Test at *P= 5%*.

جدول۲. میانگین ± خطای معیارطول عمر حشرات بالغ، APOP(دوره قبل از تخم ریزی افراد بالغ)، TPOP (کل دوره قبل از تخم ریزی (از تولد تا تخم ریزی)) و باروری کفشدوزک *S. gilvifrons* پرورش یافته به دو صورت انفرادی و گروهی.

Table 2. Adult longevity, adult preoviposition period (APOP), total prepviposition period (TPOP), oviposition period and fecundity of *Stethorus gilvifrons* on group and individual-reared.

	تعداد	پرورش انفرادی(A)	پرورش گروهی(B)		*P*
		میانگین ± SE	تعداد	میانگین ± SE	
طول عمر ماده (روز)	۲۵	۵۳/۲۸ ± ۲/۹۵a	۲۵	۳۱/۲۸ ± ۲/۱۱b	۰/۰
طول عمر نر (روز)	۲٤	۲٦/۷ ±۱/۷۲a	۱٤	۲٤/۷۹ ± ۱/۳۱a	۰/۳۷
APOP (روز)	۲۵	۱/۷۲ ±۰/۱۱a	۲۵	۲/۰۰ ± ۰/۲۸a	۰/۳۵
TPOP (روز)	۲۵	۱۵/۱۲ ±۰/۲۱a	۲۵	۱٤/۸۰ ± ۰/۳۲a	۰/۳۹
دوره تخم ریزی (روز)	۲۵	۳۵/٤٤ ± ۲/۹٦a	۲۵	۱۲/۷۲ ± ۱/٤۱b	۰/۰
باروری (تخم)	۲۵	۱۹۱/٦٤ ± ۲۰/۰۲a	۲۵	۸٦/۸۰ ± ٦/۹۱b	۰/۰

میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی دار بین پرورش های انفرادی و گروهی مورد بررسی می باشند (Paired Bootstrap Test, $P<0.05$).

**SEs* were estimated by using 100,000 bootstraps. Means within rows followed by different letters are significantly different according to Paried Bootstrap Test at $P= 5\%$.

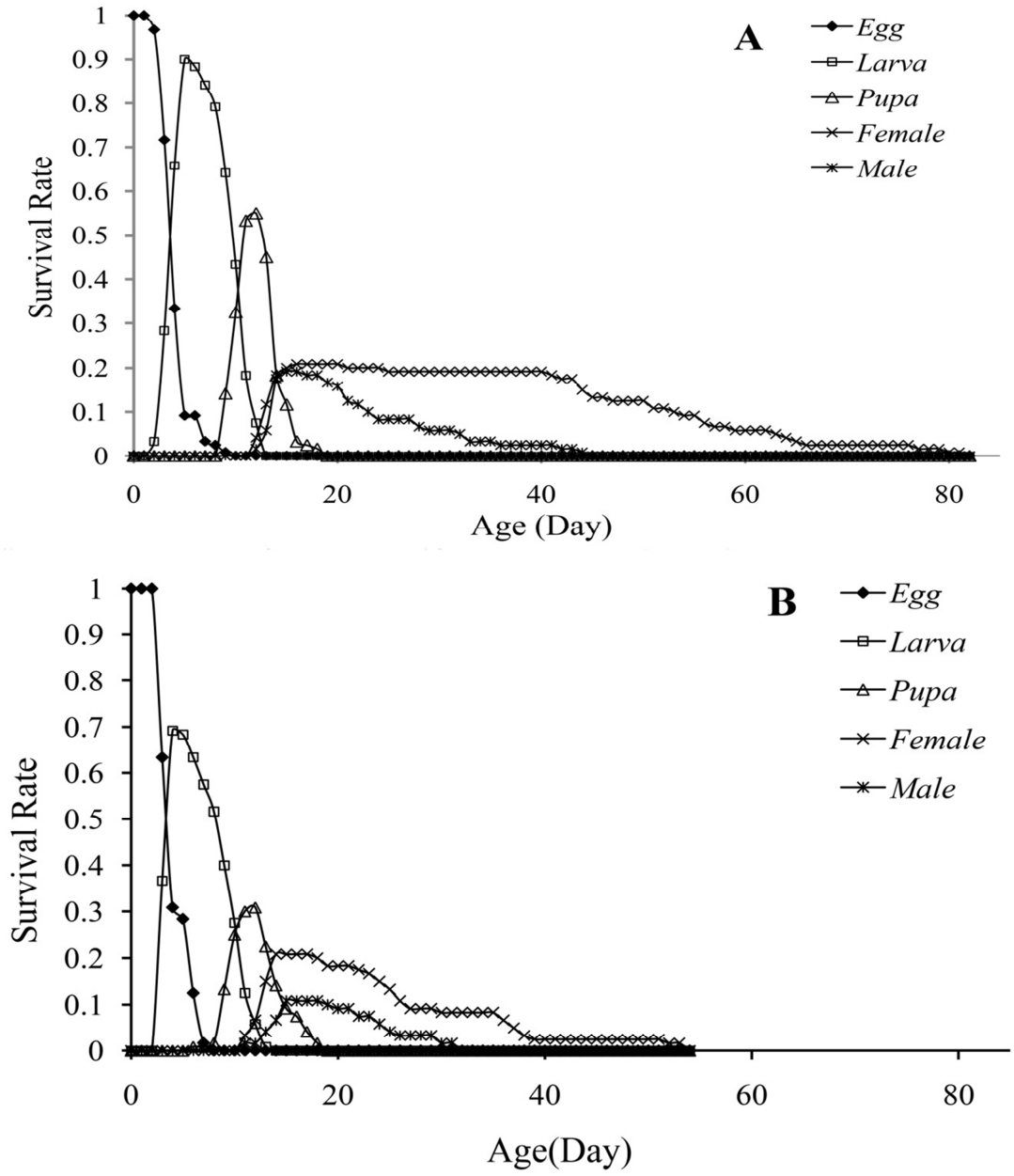
جدول ۳ . پارامترهای جدول زندگی (رشدجمعیت) کفشدوزک *S. gilvifrons* پرورش یافته به دو صورت انفرادی و گروهی

Table 3. Life table parameters (Mean±SE) *Stethorus gilvifrons* on individual and group-reared.

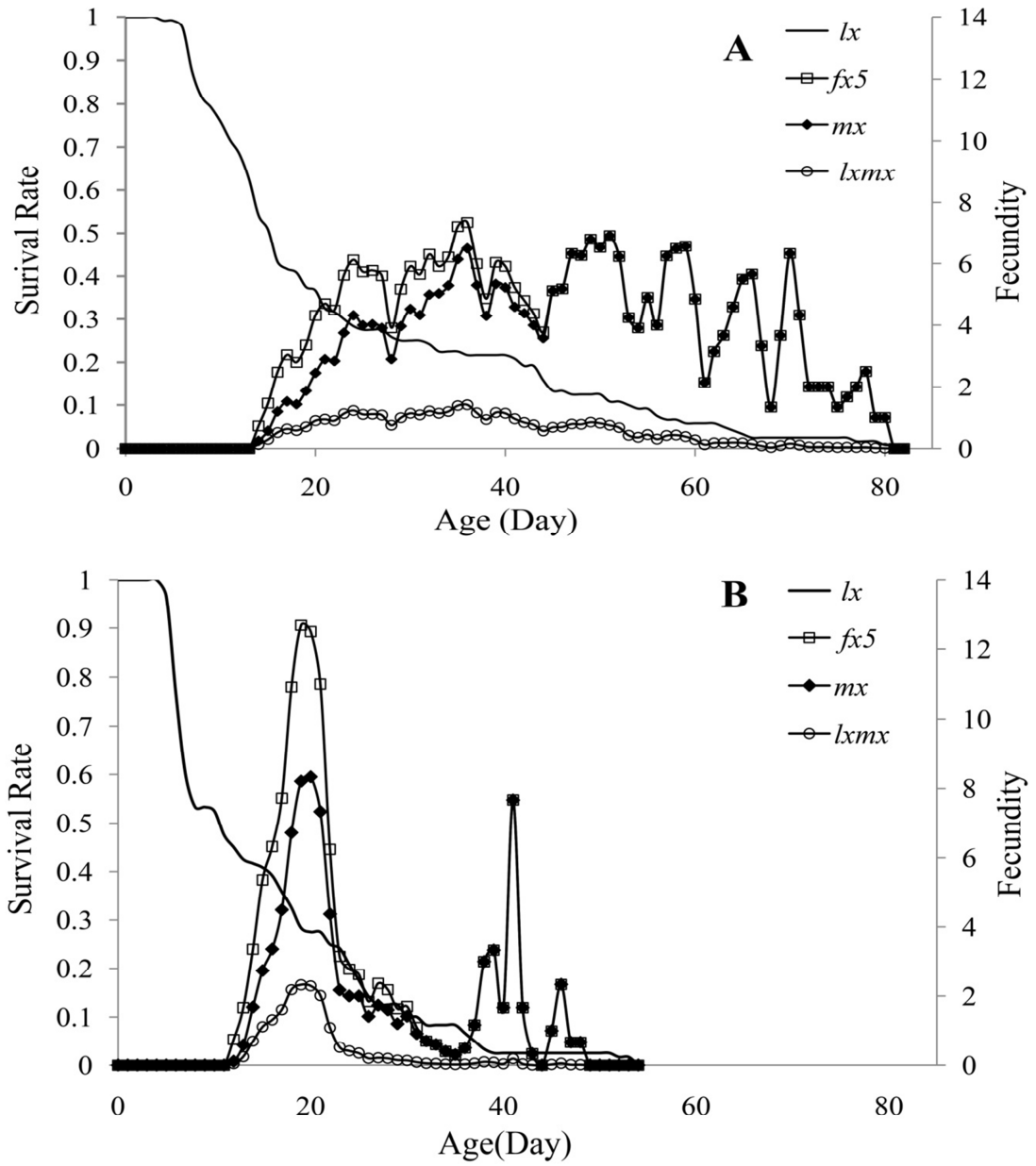
پارامترهای زیستی	پرورش انفرادی(A)	پرورش گروهی(B)	*P*
	±SE میانگین	±SE میانگین	
نرخ ناخالص تولیدمثل (*GRR*) (تخم / ماده)	۲٦٥/۳۸ ± ۲٤/۸٦a	۸۸/۳۷ ± ۱۱/۲۱b	۰/۰۰۰۰۱
نرخ خالص تولیدمثل (R_0) (تخم/ ماده)	۳۹/۹۲ ± ۸/۲۰a	۱۸/۰۸ ± ۳/۵۱b	۰/۰۱
نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) (بر روز)	۰/۱۲۱۹ ±۰/۰۰۷a	۰/۱٤٥٥ ± ۰/۰۱a	۰/۰۷
نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) (بر روز)	۱/۱۲۹۷ ± ۰/۰۰۸a	۱/۱٥٦۷ ± ۰/۱۲a	۰/۰۷
میانگین زمان نسل (T) (روز)	۳۰/۲۳ ± ۰/۷۷a	۱۹/۸۸ ± ۰/٤۳a	۰/۰

میانگین های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی دار بین پرورش های انفرادی و گروهی مورد بررسی می باشند (Paired Bootstrap Test, $P<0.05$).

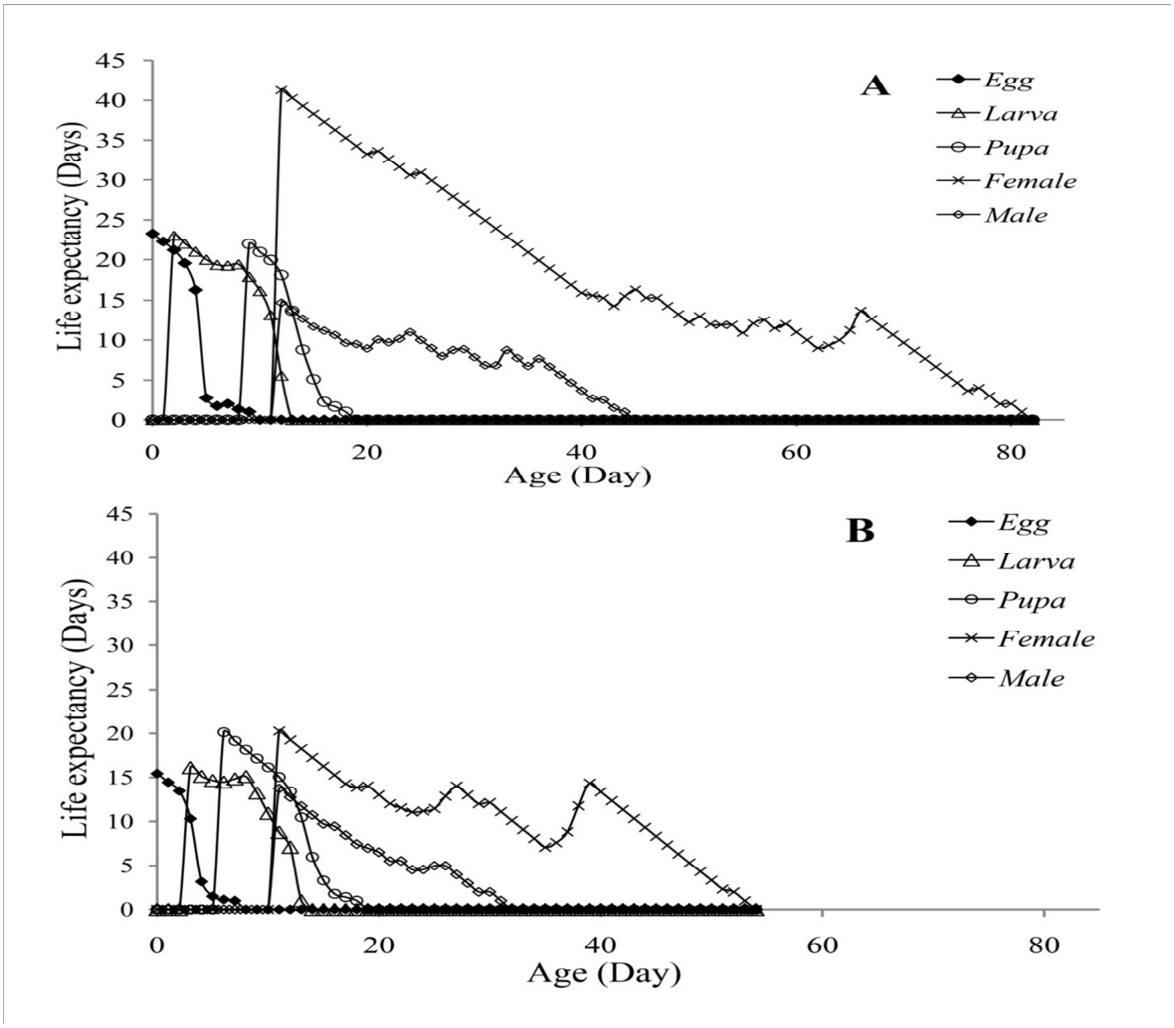
**SEs* were estimated by using 100,000 bootstraps. Means within rows followed by different letters are significantly different according to Paried Bootstrap Test at $P= 5\%$.



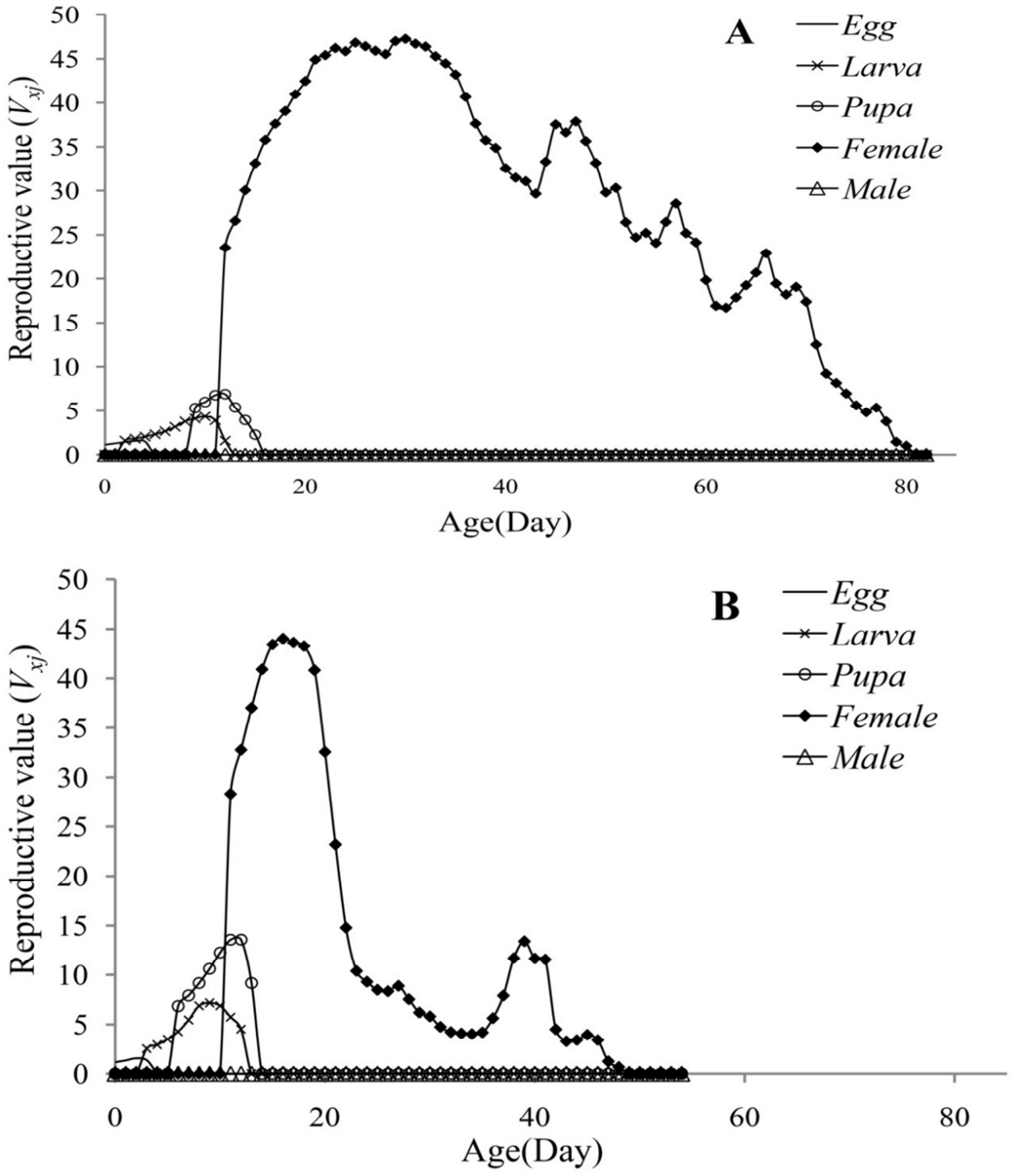
شکل ۱ نرخ زنده مانی ویژه سنی – مرحله سنی (S_{xj}) کفشدوزک *S. gilvifrons*، در دو پرورش انفرادی(A) و گروهی(B)



شکل ۲. زنده مانی ویژه سنی(l_x)، باروری ویژه سنی(m_x) و باروری ویژه سنی– مرحله سنی (f_{xj}) کفشدوزک ***S. gilvifrons*** **در دو پرورش انفرادی(A) و گروهی(B)**



شکل ۳. امید به زندگی ویژه سنی– مرحله سنی (e_{xj}) کفشدوزک *S. gilvifrons* پرورش یافته در دو پرورش انفرادی(A) و گروهی(B)



شکل٤. ارزش تولید مثلی ویژه سنی– مرحله سنی (v_{xj}) کفشدوزک *S. gilvifrons* پرورش یافته در دو پرورش انفرادی(A) و گروهی(B)

References

Akköprü, E. P., Atlıhan, R. Okut, H. and Chi, H. 2015. Demographic assessment of plant cultivar resistance to insect pests: a case study of the dusky-veined walnut aphid (Hemiptera: Callaphididae) on five walnut cultivars. *Journal of Economic Entomology*, 108(2): pp.378-387.

Andrewartha, H. G. and Birch, L. C. 1954. The innate capacity for increase in numbers. *The Distribution and Abundance of Animals.* University of Chicago, Chicago, IL: pp.31-54.

Attia, S., Grissa, K. L. Lognay, G. Bitume, E. Hance, T. and Mailleux, A. C. 2013. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *Journal of Pest Science*, 86(3): pp.361-386.

Avilés, L. and Tufino, P. 1998. Colony size and individual fitness in the social spider Anelosimus eximius. *The American Naturalist*, 152(3): pp.403-418.

Biddinger, D. J., Weber, D. C. and Hull, L. A. 2009. Coccinellidae as predators of mites: Stethorini in biological control. *Biological Control*, 51(2): pp.268-283.

Birch, L. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *The Journal of Animal Ecology*, pp.15-26.

Bonato, O. 1999. The effect of temperature on life history parameters of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Experimental & Applied Acarology*, *23*(1): pp.11-19.

Carey, J. R. 1993. Applied demography for biologists: with special emphasis on insects. Oxford University Press, New York.

Campbell, C. A. M., Pettersson, J. Pickett, J. A. Wadhams, L. J. and Woodcock, C. M. 1993. Spring migration of damson-hop aphid, *Phorodon humuli* (Homoptera, Aphididae), and summer host plant-derived semiochemicals released on feeding. *Journal of Chemical Ecology*, *19*(7): pp.1569-1576.

Clotuche, G., Yano, S. Akino, T. and Amano, H. 2014. Chemical investigation of aggregation behaviour in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Experimental and Applied Acarology*, *63*(3): pp.377-387.

Chang, C., Huang, C. Y. Dai, S. M. Atlihan, R. and Chi, H. 2016. Genetically engineered ricin suppresses *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) based on demographic analysis of group-reared life table. *Journal of economic entomology*, *109*(3): pp.987-992.

Chazeau, J. 1985. Predaceous insects. *Spider mites: their biology, natural enemies and control*, 1: pp.211-246.

Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, 17(1): pp.26-34.

Chi, H. 2017. TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis (http://140.120.197.173/ Ecology/) (Version: 2017.09.16).

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: pp 225–240.

Chi, H. and Su, H. Y. 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead)(Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer)(Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental entomology*, 35(1): pp.10-21.

Cordt, R. and Partridge, L. 1996. Courtship reduces longevity of male *Drosophila melanogaster*. *Animal Behaviour*, 52(2): pp.269-278.

Earley, R. L. and Dugatkin, L. A. 2010. Behavior in groups. *Evolutionary behavioral ecology*: pp.295-307.

Efron, B. and Tibshirani, R. J. 1993. An Introduction to Bootstrap. NY. Chapman & Hall, 430 pp.

Fiaboe, K. K. M., Gondim, M. G. C. de Moraes, G. J. Ogol, C. K. P. O. and Knapp, M. 2007. Bionomics of the acarophagous ladybird beetle *Stethorus tridens* fed *Tetranychus evansi*. *Journal of Applied Entomology*, 131: 355–361.

Goodman, D. 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. *The American Naturalist*, 119(6): pp.803-823.

Gotoh, T. and Tsuchiya, A. 2008. Effect of multiple mating on reproduction and longevity of the phytoseiid mite *Neoseiulus californicus*. *Experimental and Applied Acarology*, 44(3): pp.185.

Helle, W. and Sabelis, M. W. (Eds.)1985. Spider Mites; Their Biology, Natural Enemies, and Control, vols. A and B. Elsevier, Amsterdam. 405pp.

Holbrook, G. L., Armstrong, E. Bachmann, J. A. Deasy, B. M. and Schal, C. 2000. Role of feeding in the reproductive 'group effect'in females of the German cockroach *Blattella germanica* (L.). *Journal of Insect Physiology*, 46(6): pp.941-949.

Impe, G. V. 1984. Influence of population density on the duration of immature development in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Acarology VI/editors, DA Griffiths and CE Bowman*. pp. 617- 621.

Kapur, A. P. 1948. On the old world species of the genus *Stethorus* Weise (Coleoptera, Coccinellidae). *Bulletin of Entomological Research*, 39: 297–320.

Khanjani, M. 2004. Field crop pests in Iran (Insects & Mites), Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. pp720.

Krause, J., Ruxton, G. D. and Ruxton, G. D. 2002. Living in groups. Oxford University Press. 240pp.

Langbein, J., Nürnberg, G. and Manteuffel, G. 2004. Visual discrimination learning in dwarf goats and associated changes in heart rate and heart rate variability. *Physiology & Behavior*, 82(4): pp.601-609.

Le Goff, G. J., Mailleux, A. C. Detrain, C. Deneubourg, J. L. Clotuche, G. and Hance, T. 2010. Group effect on fertility, survival and silk production in the web spinner *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) during colony foundation. *Behaviour*, 147: 1169–1184.

Lihoreau, M. and Rivault, C. 2008. Tactile stimuli trigger group effects in cockroach aggregations. *Animal Behaviour*, 75(6)**:** pp.1965-1972.

Marshall, H. H., Carter, A. J. Rowcliffe, J. M. and Cowlishaw, G. 2012. Linking social foraging behaviour with individual time budgets and emergent group-level phenomena. *Animal Behaviour*, 84(6): pp.1295-1305.

Martin, O. Y. and Hosken, D. J. 2004. Copulation reduces male but not female longevity in *Saltella sphondylli* (Diptera: Sepsidae). *Journal of Evolutionary Biology*, 17(2): pp.357-362.

McMurtry, J. A., Huffaker, C. B. and Van de Vrie, M. 1970. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia*, 40(11):331-390.

Panova, A. A., Bragina, J. V. Danilenkova, L. V. Besedina, N. G. Kamysheva, E. A. Fedotov, S. A. and Kamyshev, N. G. 2013. Group rearing leads to long-term changes in locomotor activity of *Drosophila* males. *Open Journal of Animal Sciences*, 3(04):pp.31.

Partridge, L. and Farquhar, M., 1981. Sexual activity reduces lifespan of male fruitflies. *Nature*, 294(5841): pp.580.

Putman, W. L. 1955. The bionomics of *Stethorus punctillum* Wiese (Coleoptera: Coccinellidae) in Ontario. *The Canadian Entomologist*, 87: 9–33.

Rattanatip, J., Siri, N. and Chandrapatya, A., 2008. Comparitive biology and lifetable of *Stethorus pauperculus* (weise) and *S. siphonulus* (Kapur)(Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in Thailand. *Thailand Agricultural Journal*, 41: pp.117-126.

Roy, M., Brodeur, J. and Cloutier, C. 2003. Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (r_m) of a coccinellid and its spider mite prey. *BioControl*, 48: 57–72.

Roy, M., Brodeur, J. and Cloutier, C. 2005. Seasonal activity of the spider mite predators *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Neoseiulus fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) in raspberry, two predators of *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae). *Biological Control*, 34: 47–57.

Rubenstein, D. I. 1978. On predation, competition and the advantages of group living. *In*: Bateson, P.P.G. & Klopfer, P.H. (eds.) *Perspectives in Ethology: Social Behavior*. New York, Plenum: pp. 205–231.

Saemi, S., Rahmani, H. Kavousi, A. and Chi, H. 2017. Group-rearing did not affect the life table and predation rate of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Tetranychus urticae*. *Systematic and Applied Acarology*, 22(10): pp.1698-1714.

Sahu, J. 2012. Costs and benefits of reproduction in predaceous ladybird: Effect of multiple matings on reproduction and offspring development. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15(2): pp.219-224.

Salomon, M. and Lubin, Y. 2007. Cooperative breeding increases reproductive success in the social spider *Stegodyphus dumicola* (Araneae: Eresidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61(11): pp.1743–1750.

Sedaratian, A., Fathipour, Y. and Moharramipour, S., 2011. Comparative life table analysis of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on 14 soybean genotypes. *Insect Science*, 18(5): pp.541-553.

Southwood, T. R. E. and Henderson, P. A. 2000. Ecological Methods–Blackwell Science.pp. 462- 502.

Taghizadeh, R., Fathipour, Y. and Kamali, K. 2008a. Influence of temperature on life table parameters of *Stethorus gilvifrons* (Mulsant)(Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology*, 132(8): pp.638-645.

Taghizadeh, R., Fathipour, Y. and Kamali, K. 2008b. Temperature-dependent development of acarophagous ladybird, *Stethorus gilvifrons* (Mulsant)(Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11(3): pp.145-148.

Tanigoshi, L. and McMurtry, J. 1977. The dynamics of predation of *Stethorus picipes* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Typhlodromus floridanus* on the prey *Oligonychus punicae* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae): Part I. Comparative life history and life table studies. *Hilgardia*, 45(8): pp.237-261.

Van Leeuwen, T., Van Pottelberge, S. and Tirry, L. 2006. Biochemical analysis of a chlorfenapyr-selected resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 62(5): pp.425-433.

Wijenberg, R., Takács, S. Cook, M. and Gries, G. 2008. Female German cockroaches join conspecific groups based on the incidence of auditory cues. *Entomologia experimentalis et applicata*, 129(2): pp.124-131.

Yu, J. Z., Chi, H. and Chen, B.H., 2013. Comparison of the life tables and predation rates of *Harmonia dimidiata* (F.)(Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) at different temperatures. *Biological Control*, 64(1): pp.1-9.

Journal of Entomological Research

Volume 11, Issue 3, pages: 197-217

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

Effect of solitary and group rearing on demographic parameters of *Stethorus gilvifrons* (Col.: Coccinelidae) feeding on *Tetranychus urticae*

M. Jafari[1], Sh. Goldasteh[1], H. Ranjbar Aghdam[2*], A. A. Zamani[3], E. Soleyman-nejadian[1]

1- Department of Entomology, College of Agriculture, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
2- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran
3-Department of Plant Protection, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

Abstract

Stethorus gilvifrons is one of the most important monophagus predators of *Tetranychus urticae*. In this study, demographic parameters of *S. gilvifrons* were compared between solitary and group (5 pairs of the predator) rearing systems feeding on different developmental stage of *T. uricae* at 27±1°C temperature, 60±10% RH and a photoperiod of 16:8 h. L:D. In order to start experiments, 120 eggs (< 24 h. old) were selected randomly from the laboratory culture of *S. gilvifrons* for each treatment. The data were analyzed based on the age-stage, two-sex life table theory. Developmental times of the *incubation period,* larval, pupal, and total immature stages of *S. gilvifrons* were 3.92±0.08, 6.52±0.14, 2.98±0.06, 13.59±0.14 days, respectively, in solitary rearing system. In the case of group rearing, developmental time of *S. gilvifrons* for the mentioned developmental stages were 3.51±0.06, 6.85±0.21, 2.85±0.11, and 13.18±0.21 days, respectively. Moreover, estimated values of intrinsic rate of increase (r), finite rate of increase (λ), mean generation times (T), net reproductive rate (R_0) and Gross reproduction rate (GRR) were (0.1219; 0.1455 day^{-1}), (1.1297; 1.1567 day^{-1}), (30.23; 19.88 day^{-1}), (39.92; 18.08 offspring/individual), (265.38; 88.37 females/female/generation), respectively in solitary and group rearing systems. According to the obtained results, demographic parameters of the *S. gilvifrons* were affected by the number of the individuals in the arena, and population growth was less in the group rearing system, in comparison with solitary rearing condition. These findings can be useful for improving mass rearing of *S. gilvifrons* and biological control programs of Tetranychids.

Key words: *Stethorus gilvifrons*, life table, tetranychidae, rearing

* Corresponding Author, E-mail: *hrap1388@gmail.com*
Received: 19 Nov. 2018 – Accepted:24 Oct. 2019