

تأثیر دما بر فراسنجه‌های جدول زندگی کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant با

تغذیه از شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* (Risso)

سیده عاطفه مرتضوی ملک‌شاه^۱، حسین رنجبر اقدم^{۲*}، جعفر خلقانی^۲ و محمد رضا رضایپناه^۲

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

۲- استادیاران پژوهشی موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

*مسئول مکاتبه hossein_ghdam2003@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۰

چکیده

کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* مهمترین دشمن طبیعی شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* است. در این پژوهش، فراسنجه‌های جدول زندگی کفشدوزک یاد شده روی *P. citri* در هشت دما از ۱۳ تا ۳۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری، ۱۶:۸ (L:D) ساعت در اتافک رشد بررسی شد. در دماهای ۱۳، ۱۵، ۳۰، ۳۳ و ۳۵ درجه‌ی سلسیوس رشدونمو کفشدوزک کامل نشد و یا افراد بالغ قادر به تولید تخم‌های بارور نبودند. بنابراین بررسی فراسنجه‌های مورد نظر در سه دمای ۲۰، ۲۵ و ۲۷ درجه‌ی سلسیوس انجام شد. برآورد فراسنجه‌های جدول زندگی طبق روش کری انجام شد. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشینه نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) ۰/۰۸۵ / نتاج ماده / ماده / روز و کمینه میانگین طول یک نسل (T) ۵۷/۳۷ روز بود که هر دو در دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس به دست آمدند. کمترین و بیشترین مقدار نرخ خالص تولید مثل (R_0) در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب ۷۷/۵۲ و ۲۰۸/۴۸ / عدد نتاج ماده / ماده / نسل بود. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۲۷ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب ۱/۰۴، ۱/۱۴ و ۱/۰۸ روز^{-۱} بود. مدت زمان لازم برای دو برابر شدن جمعیت (DT) در سه دمای مورد مطالعه به ترتیب ۱۵/۵۶، ۸/۰۳ و ۸/۰۹ روز بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد دما تأثیر معنی‌داری روی فراسنجه‌های جدول زندگی کفشدوزک *C. montrouzieri* دارد و در بین دماهای مورد بررسی، دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس دمای بهینه برای رشد و افزایش جمعیت کفشدوزک *C. montrouzieri* می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دموگرافی، کفشدوزک، کنترل زیستی، *Cryptolaemus montrouzieri*.

مقدمه

هاسی و اسکاپ (۱۹۸۵) و نیز در مواردی ناقل ویروس مولد تورم ریشه^۱ در مرکبات می‌باشد (هانا و همکاران ۱۹۵۲). این آفت در گذشته برای ایران یک آفت قرنطینه‌ای بوده و در حال حاضر برای کشور ما یک آفت وارداتی محسوب می‌شود، بر این اساس از یک سو ورود این

شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera; Pseudococcidae) از دیرباز به عنوان یکی از آفات مهم مزارع، باغات و گلخانه‌ها محسوب می‌شود. این آفت با مکیدن شیره گیاهی، ایجاد اختلال در فیزیولوژی گیاه میزبان، ترشح عسلک و جلب قارچ‌های ساپروفیت خسارت وارد می‌کند

¹Swollen-shoot virus

از طرفی، به منظور تولید بهینه عوامل زیستی در انسکتاریوم ها و دستیابی به بیشترین راندمان تولید، بررسی تاثیر دما بر فراسنجه‌های جدول زندگی و رشد جمعیت آنها ضروری است. همینطور به منظور استفاده عملی از آنها در طبیعت برای کنترل آفات و حتی تعیین مناسب ترین شرایط دمایی برای نیل به حداکثر کارایی آنها در برنامه‌های کنترل زیستی مطالعه تغییرات فراسنجه‌های جدول زندگی در دماهای مختلف اهمیت بسزایی خواهد داشت. جدول زندگی ابزار موثر برای تجزیه و تحلیل تاثیر یک عامل خارجی بر رشد، بقا، تولید مثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت حشرات بوده است (ویت میر و کادران ۲۰۰۱). پژوهشگران متعددی تاثیر دما بر پارامترهای جدول زندگی حشرات آفت و دشمنان طبیعی را بررسی کرده‌اند. برای مثال، گلدسته و همکاران (۲۰۰۹) اثر دماهای مختلف را بر فراسنجه‌های جدول زندگی شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* روی گیاه حسن یوسف بررسی کردند. در همین راستا، اثر دما بر فراسنجه‌های جدول زندگی دشمنان طبیعی آفات توسط، علی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) روی بالتوری سبزی *Chrysoperla carnea* (Stephens) با تغذیه از شته‌ی سبزی‌جالیز (*Aphis gossypii* (Glover) روی گیاه خیار، پاک‌یاری و همکاران (۲۰۱۱) روی تریپس *Scolothrips longicorius* Priesner با تغذیه از کنه‌ی تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch گنجی‌سفر و همکاران (۲۰۱۱) روی کنه شکارگر *Typhlodromus bagdasarjani* Wainstein & Arutunjan با تغذیه از کنه‌ی تارتن دو لکه‌ای *T. urticae* Koch و ضرغامی و همکاران (۲۰۱۴) روی کفشدوزک *Nephus arcuatus* Kapur با تغذیه از شپشک *Nipaecoccus viridis* (Newstead) بررسی شده است.

آفت بدون دشمنان طبیعی بومی آن و از طرفی خصوصیات ظاهری و فیزیولوژیکی خاص آفت (کوچک بودن جثه، پوشیده شدن تخم و پوره‌های سنین پایین‌تر آنها با یک توده مومی)، وجود فرم‌های مختلف در طول دوره زندگی، تداخل نسل‌ها و محل زندگی آفت در خلل و فرج تنه و میوه، مانع از نفوذ و تاثیر آفت‌کش‌های معمول روی آن شده است (مکنزی ۱۹۶۷، بهداد ۱۳۷۰)، بنابراین به نظر می‌رسد کنترل زیستی این آفت بهتر از روش کنترل شیمیایی برای مدیریت این آفت باشد (بهداد ۱۳۷۰، لستر و همکاران ۲۰۰۰).

کفشدوزک شکارگر *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant از خانواده‌ی Coccinellidae و زیرخانواده‌ی Symninae مهمترین و کاراترین دشمن طبیعی شپشک‌های آردآلود است (هودک ۱۹۷۳، جیورجی و همکاران ۲۰۰۹). این حشره بومی کشور استرالیا است اما در حال حاضر در سراسر جهان، به دلیل استفاده گسترده از آن در برنامه‌های کنترل زیستی، گسترش یافته است. این شکارگر در هر دو مرحله‌ی بالغ و نابالغ خود از همه‌ی مراحل شپشک تغذیه می‌کند (کلوزن ۱۹۷۸، جیورجی و همکاران ۲۰۰۹). کنترل موفقیت‌آمیز شپشک‌ها به وسیله این کفشدوزک در بسیاری از برنامه‌های کنترل زیستی گزارش شده است (بارتلت ۱۹۷۸).

در طبیعت بسیاری از فرآیندهای اکولوژیک تحت تاثیر عوامل اقلیمی به ویژه دما قرار دارند. دما مهمترین عامل موثر بر ویژگی‌های زیستی حشرات است. اثر دما روی بقا، تولیدمثل و رشد جمعیت را می‌توان بوسیله توابع ویژه‌ای از دما نشان داد و در پیش بینی اثر متقابل دشمنان طبیعی و آفات از آن استفاده کرد (آلن ۱۹۷۶، روی و همکاران ۲۰۰۲). دما به شدت دینامیسم جمعیت حشرات، کنه‌ها و دشمنان طبیعی آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (کازینز و باولر ۱۹۸۷، هافاکر و همکاران ۱۹۹۹).

در همین راستا، در پژوهش حاضر، فراسنجه‌های جدول زندگی کفشدوزک *C. montrouzieri* روی شپشک-آردآلود مرکبات *P. citri* در دماهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. تا از این یافته‌ها در پرورش انبوه این عامل بیولوژیک در انسکتاریوم‌ها و همچنین برای بکارگیری بهینه این حشره مفید در برنامه کنترل زیستی شپشک‌های آرد آلود در اکوسیستم‌های مختلف، استفاده شود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش حشرات

کلنی اولیه حشرات مورد بررسی

کلنی اولیه شپشک آردآلود *P. citri* و کفشدوزک *C. montrouzieri* از آزمایشگاه کنترل بیولوژیک شهرستان آمل وابسته به موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور تهیه شد. طبق اظهارات مسئولین آزمایشگاه یاد شده، جمعیت‌های اولیه هر دو گونه در تابستان همان سال (۱۳۸۹) برای تشکیل کلنی آزمایشگاهی از باغات چای استان مازندران جمع‌آوری شده بودند و یک نسل در شرایط مشابه پژوهش حاضر روی شپشک آرد آلود *P. citri* پرورش داده شده بود.

پرورش شپشک آردآلود در اتاق پرورش حشرات^۱

برای پرورش شپشک‌های آرد آلود طبق روش حیدری (۱۳۷۶) از کدو تنبل‌های با قطر همسان و دارای شیارهای طولی استفاده شد. دو عدد کیسه تخم شپشک آردآلود به ازای هر کدو با وزن حدود دو کیلوگرم روی آن‌ها قرار داده شد. پرورش شپشک‌های آردآلود در اتاق با دمای ثابت 1 ± 27 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی

پرورش کفشدوزک

پس از این‌که جمعیت شپشک‌های آردآلود روی کدوها به میزان کافی افزایش یافت، حشرات کامل کفشدوزک‌های *C. montrouzieri* روی آن‌ها رهاسازی شدند. پرورش کفشدوزک در ظروف مناسب پلاستیکی با در پوش توری به ابعاد $60 \times 80 \times 60$ سانتی متر در اتاق رشد با دمای 1 ± 27 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 10 ± 60 درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (L:D) ساعت انجام شد. پرورش کفشدوزک‌ها تا دو نسل به منظور تثبیت ویژگی‌های جمعیتی کلنی آزمایشگاهی در شرایط انجام آزمایشات ادامه یافت و برای انجام آزمایشات از تخم-های گذاشته شده توسط کفشدوزک‌های نسل دوم آزمایشگاهی استفاده شد. بدین منظور هر جفت از حشرات کامل کفشدوزک بعد از ظهور به منظور جفت-گیری و تخم‌ریزی در ظروف پتری به قطر ۹ سانتی متر که کف آن‌ها با یک لایه محافظ بچه (یک لایه پارچه نازک با تار و پود مشخص) پوشیده شده بود، قرارداده شد. علت استفاده از محافظ بچه این بود که کفشدوزک‌های ماده در حاشیه‌های پارچه و در بین تار و پود آن تخم گذاشته و تخم‌ها هم محفوظ بودند، از سوی دیگر با این روش تخم‌های کفشدوزک به سهولت از تخم‌های شپشک قابل تشخیص و قابل شمارش بودند. برای تغذیه کفشدوزک‌ها از تخم و پوره‌های سنین مختلف شپشک استفاده شد. تخم‌های گذاشته شده کفشدوزک به صورت روزانه تفکیک و شمارش گردید و کفشدوزک‌ها به ظروف پتری مشابه جدید انتقال داده شدند تا در هر ظرف پتری، تخم‌های یک روزه با عمر کمتر از ۲۴ ساعت

^۱Insectarium

داده شد، سپس ظروف به داخل اتاقک‌های رشد در هر یک از دماهای مورد بررسی انتقال داده شدند. تغذیه کفشدوزک‌ها با مراحل مختلف زیستی شپشک‌های آرد آلود به طور روزانه انجام و رطوبت درون ظروف با استفاده از قرار دادن یک تکه پنبه مرطوب در هر ظرف تامین شد. هر یک از ظروف در زیر استریومیکروسکوپ به طور روزانه، مورد بازدید قرار گرفت. در این بررسی‌ها، زمان شروع و پایان تخم‌گذاری، تعداد تخم‌های گذاشته شده در هر روز، تعداد تخم‌های تفریح شده، برای تعیین درصد تفریح تخم‌ها، ظهور افراد بالغ و تعداد حشرات نر و ماده برای تعیین نسبت جنسی، در دماهای مورد بررسی ثبت شد. این بررسی‌ها تا زمان مرگ آخرین فرد هر کوهورت ادامه یافت.

فراسنجه‌های زیستی مورد بررسی و نحوه محاسبه آنها

اجزای اصلی محاسبه مقادیر فراسنجه‌های جدول زندگی شامل سن فرد (x)، نسبت بقا در سن x (l_x) و میانگین تعداد تخم ماده حاصل از تولیدمثل هر فرد ماده در سن x (m_x) می‌باشند. بر این اساس، ضمن تشکیل جدول زندگی، با بکارگیری مقادیر برآورد شده برای اجزای فوق، سایر فراسنجه‌های جدول زندگی با استفاده از روش کری (۲۰۰۱) برآورد شدند. در این بررسی مهمترین فراسنجه‌های جدول زندگی با استفاده از روابط زیر برآورد شدند:

۱- نرخ خالص تولیدمثل ($R_0 = NRR$) با استفاده از

$$R_0 = \sum_{\alpha} l_x m_x$$

رابطه،

۲- نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) با استفاده از فرمول

$$1 = \sum_{\alpha} e^{-rx} l_x m_x$$

بیرچ (۱۹۴۸) به صورت،

به دست آید. با این روش با کمترین دستکاری، آسیبی به تخم‌های کفشدوزک نمی‌رسید.

تجزیه کمی جمعیت^۱ کفشدوزک *C. montrouzieri*

در پژوهش حاضر، فراسنجه‌های جدول زندگی کفشدوزک *C. montrouzieri* در هشت دمای ۱۳، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۳ و ۳۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی $10 \pm 60\%$ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در داخل اتاقک رشد بررسی شد. برای این منظور، ۱۰۰ تا ۳۰۰ عدد تخم کفشدوزک با عمر کمتر از ۲۴ ساعت حاصل از نسل دوم آزمایشگاهی، به عنوان همزادگان^۲ برای هر دما انتخاب و به صورت دسته‌ای از ظروف پتری حاوی تخم، بدون جداسازی تخم‌ها از پتری بدلیل کاهش خطای ناشی از آسیب وارده به تخم‌ها در اثر جداسازی از پتری، به اتاقک‌های رشد در هر یک از دماهای مورد بررسی منتقل شدند. ظروف پتری هر روز در زیر استریومیکروسکوپ مورد بازدید قرار گرفته و تعداد تخم‌های تفریح شده در هر روز شمارش و ثبت شد. سپس هر یک از لاروهای سن اول نو ظهور (نئونات) در یک ظرف پتری مجزا قرار گرفتند. هر روز پوره‌های شپشک آردآلود مرکبات به عنوان میزبان در اختیار لاروها قرار می‌گرفت و اطلاعات مربوط به میزان بقای مرحله جنینی (تخم)، سنین مختلف لاروی، شفیرگی و بالغ به صورت روزانه ثبت شد. بعد از ظهور حشرات کامل در هر یک از دماهای مورد بررسی، جنسیت آن‌ها براساس رنگ ران و ساق پاهای جلویی، که در کفشدوزک نر، زرد مایل به نارنجی و در ماده خاکستری تیره است (فیشر ۱۹۶۳)، تشخیص داده شد. سپس ۲۰ جفت کفشدوزک نر و ماده در هر دما انتخاب و هر جفت درون یک ظرف پتری به قطر ۹ سانتی متر قرار

^۱Demography

^۲Cohort

طرح آزمایشی و نحوه تجزیه داده‌ها

به منظور انجام آزمایش‌ها از طرح آزمایشی کاملاً تصادفی استفاده شد. در همین راستا برای محاسبه مقادیر کاذب برای هر یک از فراسنجه‌های رشد جمعیت از روش جک نایف^۱ (مایا و همکاران ۲۰۰۰) استفاده شد. تجزیه آماری فراسنجه‌های اصلی جدول زندگی کفشدوزک مورد بررسی با استفاده از روش تجزیه واریانس یک طرف (One-way ANOVA) انجام و در صورت تایید وجود اختلاف معنی دار بین مقادیر برآورد شده برای هر فراسنجه، از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. تجزیه آماری آزمایش‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS (Ver. 13) و رسم نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم افزار Excel 2007 انجام شد. به منظور برآورد پارامترهای مدل ویبول و محاسبه ضریب تبیین رگرسیون غیرخطی از نرم افزار (JMP ver. 4.0.2) و SPSS (ver. 13) استفاده شد.

نتایج

بر اساس نتایج به دست آمده در این بررسی مشخص شد که در دماهای ۱۳ و ۳۵ درجه‌ی سلسیوس هیچ‌یک از تخم‌های گذاشته شده توسط کفشدوزک‌ها تفریح نشد و در دمای ۳۳ درجه‌ی سلسیوس هیچ یک از مراحل نابالغ کفشدوزک مذکور نتوانستند رشد و نمو خود را کامل کنند و بر این اساس سعی شد فراسنجه‌های جدول زندگی این کفشدوزک بر اساس نتایج بدست آمده در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۲۷ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس محاسبه شوند. ولی از سوی دیگر در دماهای ۱۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس مشاهده شد که با وجود کامل شدن رشدونمو مراحل نابالغ تعداد محدودی از افراد مورد

۳- نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) با استفاده از فرمول،

$$\lambda = e^r$$

۴- مدت زمان لازم برای R_0 برابر شدن جمعیت (T) با

$$T = l_n R_0 / r$$

۵- مدت زمان لازم برای دو برابر شدن جمعیت (DT) با

$$DT = \ln 2 / r$$

علاوه بر موارد یاد شده تغییرات امید به زندگی (e_x) در طول دوره زندگی افراد نیز محاسبه شد.

بررسی و تعیین نوع منحنی بقا

در این بررسی برای تعیین نوع منحنی بقای کفشدوزک *C. montrouzieri* و توصیف روند تغییرات نرخ بقای افراد در دماهای مورد بررسی از مدل پراکنش ویبول استفاده شد. بدنبال نتایج پژوهش‌هایی که از دووی (۱۹۴۷)، پیندر (۱۹۷۸)، تینگل و کاپلند (۱۹۸۹)، ونگ و همکاران (۲۰۰۰) و کونتودیماس و همکاران (۲۰۰۷) منتشر شده است، در این مدل احتمال اینکه هر فرد تا زمان t زنده بماند با بکارگیری رابطه زیر محاسبه شد:

$$S_{(t)} = e^{\left(\frac{t}{b}\right)^c}$$

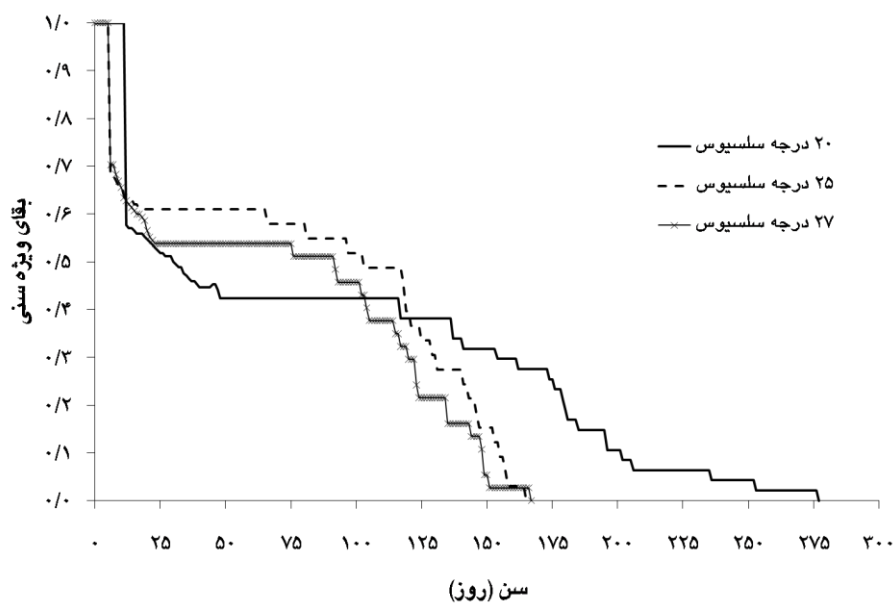
در این رابطه برای $t > 0$ ، فراسنجه‌ی b موسوم به فراسنجه‌ی مقیاس بوده و با نرخ مرگ و میر رابطه معکوس دارد (یعنی مقدار بیشتر فراسنجه‌ی b نشانگر کاهش کمتر جمعیت می‌باشد) و c فراسنجه‌ی شکل می‌باشد که به مدل اجازه میدهد پراکنش نرخ بقا را به شکل‌های مختلف از حالت نمایی تا حالت S شکل نشان دهد. مقدار فراسنجه‌ی شکل (c) می‌تواند $c > 1$ ، $c = 1$ یا $c < 1$ باشد که طبق نظر دووی (۱۹۴۷) به ترتیب نشانگر نوع اول، دوم و سوم منحنی بقا خواهد بود.

^۱Jackknife

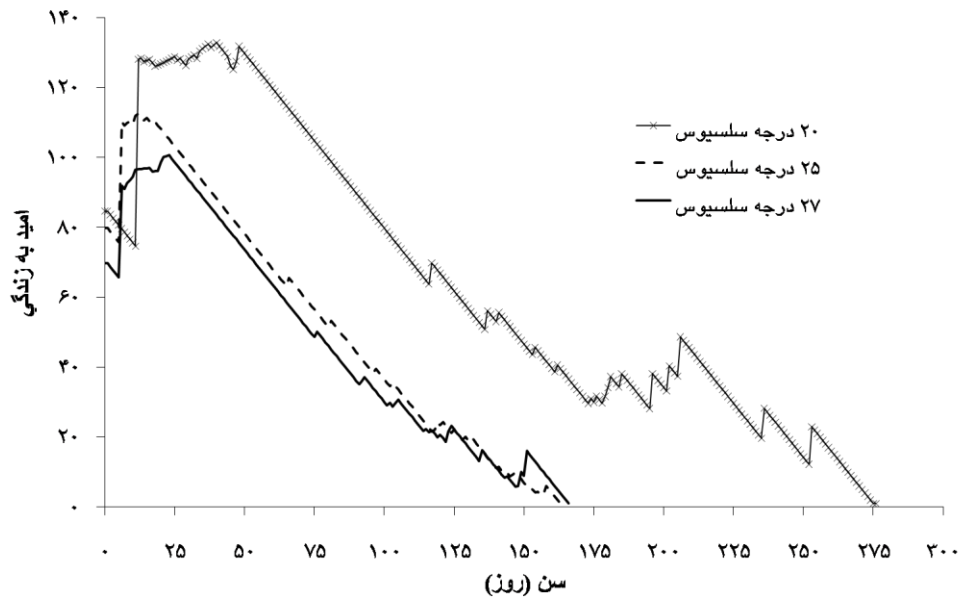
لاروی (سنین ۱-۳) بقای ویژه سنی در دمای ۲۵ درجه بیشتر از دو دمای دیگر بود ولی در سنین آخر لاروی و دوره شفیرگی این روند بر عکس شده و در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس مقدار نرخ بقای ویژه سنی بیشتر از دماهای ۲۵ و ۲۷ درجه‌ی سلسیوس بود. بر اساس مدل ویبول که به منظور بررسی و توصیف روند تغییرات نرخ بقای ویژه سنی کفشدوزک مورد مطالعه در سه دمای ۲۰، ۲۵ و ۲۷ درجه‌ی سلسیوس استفاده شد، مقدار ضریب تبیین رگرسیون غیر خطی بین ۰/۸۹ تا ۰/۹۶ در دماهای مورد بررسی متغیر بود. از سوی دیگر مقدار فراسنجه‌ی C که تعیین کننده شکل منحنی بقا می باشد، در دماهای یاد شده به ترتیب ۱/۲۷۷، ۲/۴۸۷ و ۱/۸۱۰ بود. این موضوع نشانگر این بود که در هر سه دمای مورد مطالعه منحنی بقای کفشدوزک از نوع اول است.

بررسی، کفشدوزک‌های حاصل در این دو دما قادر به جفت‌گیری و تخم‌ریزی یا تولید تخم بارور نبودند. بنابراین، فراسنجه‌های زیستی این حشره در سه دمای ۲۰، ۲۵ و ۲۷ درجه‌ی سلسیوس بر آورد شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در شکل یک تغییرات نرخ بقای ویژه سنی کفشدوزک در دماهای مورد بررسی ارائه شده است. بر این اساس مشاهده شد، بیشترین مقدار نرخ بقای ویژه سنی، در دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس و کمترین مقدار آن در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس بود. هر چند طول دوره‌های رشد و نمو و طول عمر افراد بالغ در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس بیشتر از دماهای دیگر بود. البته این تغییرات در کل دوره رشد و نمو کفشدوزک *C. montrouzieri* از روند همسانی برخوردار نبود به نحوی که در اوایل دوره



شکل ۱- تغییرات نرخ بقای ویژه سنی کفشدوزک *C. montrouzieri* روی شپشک آرد آلود مرکبات *P. citri*



شکل ۲- تغییرات نرخ امید به زندگی کفشدوزک *C. montrozieri* روی شپشک آرد آلود مرکبات *P. citri*

سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری اختلاف معنی دار وجود دارد.

نرخ خالص تولیدمثل (R_0)

بر اساس نتایج به دست آمده بین مقادیر برآورد شده برای فراسنجه‌ی نرخ خالص تولید مثل که نشان دهنده میانگین تعداد نتاج ماده‌ی تولید شده توسط یک ماده در هر نسل می باشد، از نظر آماری در دماهای مختلف اختلاف معنی داری وجود داشت ($P \leq 0.0001$, $df = 2$). بیشترین مقدار برای این فراسنجه در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس با مقدار $208/48$ عدد نتاج ماده / ماده / نسل بود. از طرف دیگر کمترین مقدار برآورد شده برای نرخ خالص تولید مثل $77/52$ عدد نتاج ماده / ماده / نسل در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس بود.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)

تجزیه واریانس مقادیر برآورد شده برای این فراسنجه که مهم ترین فراسنجه‌ی تعیین کننده رشد

در شکل دو تغییرات امید به زندگی ویژه سنی کفشدوزک کریپتولموس در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۲۷ درجه‌ی سلسیوس ارائه شده است. امید به زندگی در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس بالاترین و در دمای ۲۷ درجه سلسیوس، کمترین میزان را در سنین (x) مختلف نشان داد و مقدار آن با افزایش دما کاهش یافت البته در مواردی تداخل بین دماهای ۲۵ و ۲۷ درجه‌ی سلسیوس مشاهده شد که در شکل ۲ به وضوح قابل مشاهده است. مقادیر برآورد شده برای فراسنجه‌های رشد جمعیت کفشدوزک *C. montrozieri* به همراه خطای استاندارد مربوط به هر فراسنجه در دماهای مورد بررسی در جدول یک ارائه شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین مقادیر برآورد شده برای فراسنجه‌های نرخ خالص تولید مثل (R_0)، میانگین مدت زمان یک نسل (T)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) و مدت زمان لازم برای دو برابر شدن جمعیت (DT) در دماهای مورد بررسی، در

مدت زمان لازم برای دو برابر شدن جمعیت (DT)

وجود اختلاف معنی دار بین مقادیر برآورد شده برای این فراسنجه نیز مثل فراسنجه های یاد شده در قسمت های قبل از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد تایید شد ($F=882/185$, $df = 2$, $p = 0/0001$). بر این اساس مشخص شد این شکارگر در دمای ۲۷ درجه-ی سلسیوس در مدت ۸/۰۹۱۸ روز قادر است جمعیت خود را در شرایط مورد بررسی به دو برابر برساند، در حالیکه در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس این مقدار برابر با ۱۵/۵۶۶۷ روز بود. جمع بندی نتایج بدست آمده برای این فراسنجه در دماهای مختلف نشان داد که با افزایش دما مقدار این فراسنجه در دامنه دمایی مورد بررسی به طور معنی داری کاهش می یابد.

نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)

بر اساس تجزیه واریانس مقادیر برآورد شده برای این شاخص جمعیتی، مشخص شد بین مقادیر این فراسنجه در دماهای مورد بررسی، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری وجود ندارد.

جمعیت می باشد نشان داد که نرخ ذاتی افزایش جمعیت کفشدوزک کریپتولموس در دماهای مختلف از نظر آماری اختلاف معنی داری دارد ($F = 844/193$, $df = 2$, $P \leq 0/0001$). کمترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت ۰/۰۴۴۷ / ماده / ماده / روز بود که در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس مشاهده شد و بیشترین مقدار آن ۰/۰۸۵۱ / نتاج ماده / ماده / روز بود که در دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس برآورد شد.

متوسط مدت زمان یک نسل (T)

تجزیه واریانس مقادیر برآورد شده برای این فراسنجه نشان داد بین مقادیر محاسبه شده برای این فراسنجه نیز در دماهای مختلف اختلاف معنی دار وجود دارد ($F = 235/293$, $df = 2$, $P = 0/0001$). بر این اساس برای اینکه جمعیت این کفشدوزک در دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس ۱۴۷/۸۷۱۸ (R_0) برابر شود به مدت زمان ۵۷/۳۷۵۷ روز نیاز دارد. تغییرات مقدار این فراسنجه رابطه معکوس با افزایش دما داشت به نحوی که بیشترین مقدار آن در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس و کمترین مقدار آن در دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس برآورد شد.

جدول ۱- میانگین ($\pm SE$) برآورد شده برای فراسنجه‌های اصلی جدول زندگی کفشدوزک *C. montrouzieri* روی شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* در دماهای مورد بررسی.

دما ($^{\circ}C$)	نرخ خالص تولید مثل (R_0) ماده / ماده / نسل	نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) ماده / ماده / روز	نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) روز ^{-۱}	میانگین تولید نسل (T) روز	زمان برای دو برابر شدن جمعیت (DT) روز
۲۰	۷۷/۵۲ ± ۵/۷۳ ^c	۰/۰۴۵ ± ۰/۰۰۰۵۳ ^b	۱/۰۴ ± ۰/۰۰۰۶۴ ^a	۹۶/۹۴ ± ۱/۹۱ ^c	۱۵/۵۶ ± ۰/۲۰ ^b
۲۵	۲۰۸/۴۸ ± ۹/۱۲ ^a	۰/۰۸۴ ± ۰/۰۰۰۸۹ ^a	۱/۱۴ ± ۰/۰۰۵۰۳ ^a	۶۱/۹۹ ± ۰/۷۴ ^b	۸/۳۰ ± ۰/۰۹ ^a
۲۷	۱۴۷/۸۷ ± ۶/۹۷ ^b	۰/۰۸۵ ± ۰/۰۰۰۸۹ ^a	۱/۰۸ ± ۰/۰۰۱۲۵ ^a	۵۷/۳۷ ± ۰/۹۴ ^a	۸/۰۹ ± ۰/۰۹۶ ^a

بین میانگین های برآورد شده برای هر فراسنجه که در هر ستون دارای حروف متفاوت می باشند در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار وجود دارد (دانکن، ۰/۰۵ < P).

بحث

بزرگ امیرکلای و همکاران (۱۳۹۳) مقدار (R_0) ، (r_m) ، (λ) و (T) را در دمای 26 ± 1 درجه‌ی سلسیوس برای کفشدوزک *C. montrouzieri* با تغذیه از کیسه‌های تخم بالشک *Pulvinaria aurantii* Cockerell پرورش یافته روی برگ‌های نارنگی کلمانین به ترتیب $0/122$ نتاج ماده / ماده / روز، $309/0$ نتاج ماده / ماده، $1/129$ و $47/1$ روز و روی نارنج به ترتیب $0/110$ نتاج ماده / ماده / روز، $214/2$ نتاج ماده / ماده، $1/116$ و $48/8$ روز برآورد کردند. مقدار (r_m) بیشتر گزارش شده در این تحقیق در مقایسه با تحقیق حاضر در دمای مشابه، می‌تواند با نرخ خالص تولیدمثل بیشتر و طول دوره نسلی کوتاه‌تر کفشدوزک با تغذیه از کیسه تخم بالشک مرتبط باشد و شاید بتوان بالشک *P. aurantii* را میزبان مناسب‌تری برای کفشدوزک مذکور معرفی کرد.

عبداللهی آهی و همکاران (۲۰۱۵) مقدار پارامترهای (R_0) ، (λ) ، (DT) و (T) را در دمای 24 ± 2 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 80 ± 5 درصد، برای کفشدوزک *C. montrouzieri* روی شپشک آردآلود، *P. citri* به ترتیب $0/081$ نتاج ماده / ماده / روز، $102/86$ نتاج ماده / ماده، $1/085$ ، $8/052$ و $07/11$ روز و روی شپشک چای *Pseudococcus viburni* (Signoret) به ترتیب $0/094$ نتاج ماده / ماده / روز، $169/27$ نتاج ماده / ماده، $1/099$ ، $7/37$ و $04/07$ روز برآورد کردند. که در مقایسه با نتایج پژوهش حاضر در مورد میزبان مشابه، هم‌خوانی وجود دارد ولی در مورد میزبان دوم مطابقت وجود ندارد که دلیل اصلی آن می‌تواند تفاوت در جنس و گونه آفت میزبان باشد. همچنین محققین نامبرده شپشک چای را در مقایسه با شپشک آردآلود مرکبات میزبان مناسب‌تری برای کفشدوزک مذکور اعلام کردند که نتایج تحقیق حاضر نیز از این امر تبعیت می‌کند.

نرخ بقای ویژه سنی کفشدوزک *C. montrouzieri* در دماهای مورد بررسی، با افزایش سن کفشدوزک کاهش یافته است که مشابه نتایج بزرگ امیرکلای و همکاران (۱۳۹۳) است.

امید به زندگی کفشدوزک *C. montrouzieri* در دماهای مورد بررسی، در دوران پیش از بلوغ دارای سیر افزایشی بود که در ابتدای ظهور حشرات کامل به بیشترین مقدار خود رسید و با افزایش سن حشرات کامل، کاهش یافت که مشابه یافته قربانیان (۱۳۸۹) است. قربانیان و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر نرخ خالص تولید مثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متنهای افزایش جمعیت، میانگین مدت زمان یک نسل و مدت زمان لازم برای دو برابر شدن جمعیت کفشدوزک *C. montrouzieri* را با تغذیه از میزبان شپشک آردآلود *P. citri* روی گیاه حسن یوسف در دمای 27 ± 1 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد، به ترتیب $125/339 \pm 5/136$ عدد نتاج ماده / ماده، $0/002 \pm 0/092$ عدد نتاج ماده / ماده / روز، $1/097 \pm 0/002$ — روز، $1/306 \pm 02/356$ روز و $7/011 \pm 0/161$ روز برآورد کرده‌اند که تا حد زیادی با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارند. تفاوت جزئی مشاهده شده در نتایج می‌تواند به دلیل تفاوت در میزبان گیاهی مورد استفاده برای شپشک آرد آلود حادث شده باشد. موضوع تأثیر تغییر میزبان گیاهی حلقه اول غذایی روی فراسنجه‌های جمعیتی حلقه سوم غذایی در بررسی‌های رنجبر اقدم و محمودیان (۱۳۹۳) نیز اثبات شده بود. همچنین در برخی مطالعات گزارش شده است که پارامترهای چرخه زندگی بسیاری از کفشدوزک‌ها به طور چشمگیری به ویژگی‌های گیاه میزبان طعمه بستگی دارد (گارسیا وانیل ۲۰۰۰، فرانکیز و همکاران ۲۰۰۱).

کشنده و زیر کشنده سموم (کرنز و استیوارت ۲۰۰۰) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پرساد و خان (۲۰۰۲) مقدار (r_m) را برای کفشدوزک *C. montrouzieri* پرورش یافته روی شپشک آردآلود *M. hirsutus* در دمای ۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت ۵۸ درصد، $0/135$ نتاج ماده/ ماده/ روز برآورد کردند. الشریف و همکاران (۲۰۱۰) مقدار این فراسنجه را برای کفشدوزک *C. montrouzieri* روی شپشک *Phenacoccus madeirensis* در دمای 28 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت 44 ± 5 درصد، $0/077$ نتاج ماده/ ماده/ روز اعلام کردند که نتایج آنها در دمای مشابه با یافته‌های تحقیق حاضر مغایرت دارد که این تفاوت ممکن است به دلیل تفاوت میزبان مورد استفاده برای تغذیه جمعیت شکارگر مورد نظر باشد. ازگوک و همکاران (۲۰۰۶) مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت کفشدوزک *C. montrouzieri* را روی شپشک آردآلود *P. citri* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۴۵ درصد، $0/300 \pm 0/098$ نتاج ماده/ ماده/ روز محاسبه کرد. با توجه به اهمیت این فراسنجه باید توجه داشت که عوامل زیادی از جمله گونه، نوع میزبان شکارگر، گیاه میزبان آفت، منشاء جغرافیایی، شرایط اقلیمی (دما، رطوبت و نور) و غیره می‌تواند روی مقدار آن تأثیر گذار باشد. بر همین اساس، برای بررسی اثر این عوامل روی مقادیر فراسنجه‌های جدول زیستی آزمایشات زیادی توسط پژوهشگران مختلف انجام می‌شود. از طرفی تعیین جدول زندگی می‌تواند یک ابزار بسیار مفید برای ارزیابی اثربخشی دشمنان طبیعی برای کنترل آفات تحت شرایط مختلف آب و هوایی و در زیستگاه‌های مختلف باشد (برج ۱۹۴۸، جرویس و کوپلند ۱۹۹۶).

بسیاری از محققین کنترل زیستی معتقدند که دشمنان طبیعی که (r_m) برابر یا بالاتری نسبت به آفات

پرساد و خان (۲۰۰۲) فراسنجه‌های رشد جمعیت شامل مقادیر نرخ خالص تولید مثل، نرخ متنهای افزایش جمعیت، مدت زمان یک نسل و مدت زمان لازم دو برابر شدن جمعیت را برای کفشدوزک *C. montrouzieri* با تغذیه از شپشک آردآلود *Maconellicoccus hirsutus* (Green) در دمای ۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت ۵۸ درصد، به ترتیب $227/18$ ماده / ماده / نسل، $1/14$ روز $40/13^{-1}$ روز و $7/00$ روز زکمر کردند. ازگوک و همکاران (۲۰۰۶) مقادیر فراسنجه‌های یادشده را برای کفشدوزک کریپتولموس روی شپشک آردآلود *P. citri* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۴۵ درصد به ترتیب $340/70$ عدد نتاج ماده / ماده / نسل، $1/10$ روز^{-۱}، $59/35$ روز و $7/2$ روز برآورد کرده بود. الشریف و همکاران (۲۰۱۰) فراسنجه‌های مذکور را برای کفشدوزک *C. montrouzieri* روی شپشک *Phenacoccus madeirensis* در دمای 28 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت 44 ± 5 درصد، به ترتیب $363/60$ عدد نتاج ماده / ماده / نسل، $1/08$ روز^{-۱} $76/69$ روز و $9/002$ روز اعلام کردند. بر این اساس، مقادیر بدست آمده در تحقیق حاضر با یافته‌های تحقیق‌های یاد شده دارای اختلافاتی می‌باشند. روونتی و همکاران (۱۹۹۶) بیان داشتند که نتایج به دست آمده از تجزیه‌ی جدول زندگی بین گونه‌های مختلف وحتى بین گونه‌های یکسان جمع آوری شده از مناطق جغرافیایی مختلف متفاوت است و شاید این موضوع از دلایل تفاوت نتایج این آزمایش با آزمایش‌های فوق باشد.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت، فراسنجه آماری مناسبی برای توصیف نرخ رشد جمعیت می‌باشد و برای تعیین دشمن طبیعی کارا تر (طالبی ۱۳۷۸) در کنترل آفات، تعیین میزان مقاومت (بتکی و همکاران ۱۹۹۸)، تعیین مناسب ترین رژیم غذایی (تاسای و وانگ ۲۰۰۱)، تعیین اثرات

در ارتباط با امید به زندگی در جمعیت نیز روند تغییرات، متأثر از روند تغییرات نرخ بقای ویژه سنی بود. افت قابل توجه نرخ بقای ویژه سنی در دوره جنینی، که ضمن مشاهده عدم تفریح تخم‌ها در روزهای پایانی دوره‌ی جنینی و ثبت آنها ایجاد شد، منجر به ایجاد یک پیک در منحنی امید به زندگی در روزهای اول دوره‌ی زندگی کفشدوزک *C. montrouzieri* شد. ولی در مراحل بعد تغییرات امید به زندگی از روند یکنواخت‌تری برخوردار بود. به نحوی که در سنین پایین‌تر افراد دارای امید به زندگی بالاتری نسبت به سنین بالاتر بودند. هر چند نوساناتی در مقادیر امید به زندگی در طول دوره زندگی کفشدوزک نیز مشاهده شد ولی روند کلی حاکی از بالاتر بودن امید به زندگی در سنین پایین‌تر بود. مقایسه مقادیر امید به زندگی در سنین مشابه در دماهای مختلف نیز نشان داد با افزایش دما امید به زندگی در افراد همسن کاهش پیدا می‌کند.

در نهایت از یافته‌های به دست آمده از این پژوهش می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که دما تاثیر معنی‌داری روی فراسنجه‌های جدول زندگی و رشد جمعیت کفشدوزک *C. montrouzieri* دارد و در میان دماهای مورد بررسی، در دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت و کمترین مقدار میانگین مدت زمان یک نسل (T) برآورد شد. بنابراین می‌توان از بین دماهای مورد بررسی، این دما را به عنوان دمای بهینه برای دستیابی به بیشترین مقدار رشد جمعیت کفشدوزک *C. montrouzieri* در کوتاهترین بازه زمانی در نظر گرفت. این موضوع در تولید انبوه کریپتولموس در انسکتاریوم‌ها و همین‌طور در برنامه‌های کنترل زیستی شپشک‌های آردآلود می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

مربوطه داشته باشند در کنترل آفات موفق‌تر می‌باشند (جکسون و همکاران ۱۹۷۴، ون لنترن و همکاران ۱۹۹۸). ولی هافاکر و همکاران (۱۹۹۷) پیشنهاد می‌کنند که اگر (r_m) یک دشمن طبیعی کمتر از (r_m) آفت مربوطه باشد نباید تلقی کنیم که این دشمن طبیعی ضعیف است و نمی‌تواند به عنوان یک عامل کنترل زیستی برای آن آفت به حساب آید. با توجه به اینکه گلدسته و همکاران (۲۰۰۹) مقدار (r_m) شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* را در دمای ۲۸ درجه‌ی سلسیوس، 0.005 ± 0.14 نتاج ماده/ ماده/روز برآورد کردند و این مقدار بیشتر از (r_m) کفشدوزک مذکور در مطالعات ذکر شده است، بنابراین با توجه به این نتایج، استفاده از کفشدوزک *C. montrouzieri* برای کنترل شپشک‌های آردآلود نیاز به یکسری حمایت‌های جنبی دارد.

بررسی تغییرات نرخ بقای کفشدوزک *C. montrouzieri* با استفاده از مدل ویبول نشان داد که منحنی بقای کفشدوزک *C. montrouzieri* در هر سه دمای مورد بررسی از نوع اول است. در نوع اول منحنی بقا، مرگ و میر افراد در افراد مسن جامعه بیشتر است. در بررسی منحنی نرخ بقای ویژه سنی کفشدوزک مورد مطالعه نیز همین موضوع مشهود بود. هر چند در دوره‌ی جنینی این کفشدوزک نسبت به دوره‌های لاروی و شفیرگی روند مرگ و میر از شدت بیشتری برخوردار بود و همین موضوع باعث افت ناگهانی منحنی بقا در روزهای پایانی دوره‌ی جنینی شده است، ولی مرگ و میر در دوره‌های لاروی و شفیرگی روند کندتری داشت تا اینکه جمعیت مورد بررسی به مرحله‌ی بلوغ رسید و بعد از جفت‌گیری و تخم‌ریزی افراد ماده، مرگ و میر افراد با سرعت بیشتری ادامه پیدا کرد. این تغییرات نیز مبین منحنی بقای نوع اول می‌باشد.

منابع

- بزرگ امیرکلانی م، فتحی س ع الف، گلی زاده ع و مهدویان س الف، ۱۳۹۳. جدول زندگی کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant با تغذیه از کیسه‌های تخم بالشک *Pulvinaria aurantii* Cockerell پرورش یافته روی برگ‌های نارنگی کلمانتین و نارنج. دانش گیاه‌پزشکی ایران، جلد ۴۵، شماره ۱، صفحه‌های ۱۷۰-۱۶۱.
- بهداد الف، ۱۳۷۰. آفات درختان میوه ایران، مرکز نشر بهمن، چاپ نشاط اصفهان.
- حیدری ح، ۱۳۷۶. بررسی تکمیلی در پرورش کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* و میزبانهای پرورشی آن. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی - تهران.
- رنجبر اقدم ح و محمودیان ر، ۱۳۹۳. بررسی تأثیر ارقام مختلف برنج بر فراسنجه‌های جدول زندگی و رشد جمعیت زنبور *Trichogramma brassicae*، پارازیتوئید تخم ساقه خوار برنج *Chilo suppressalis*، دانش گیاه-پزشکی ایران، جلد ۴۵، شماره ۱، صفحه‌های ۱۱-۱.
- طالبی ع، کمالی ک، اسماعیلی م، خلقانی ج و صحراگرد الف، ۱۳۷۸. مقایسه دوره رشد و نمو، طول عمر و باروری زنبورهای *Encarsia lutea* و *Eretmocerus mundus* روی پوره‌های *Bemisia tabaci*. مجله آفات و بیماری های گیاهی جلد ۶۷. شماره‌های ۱ و ۲، صفحه‌های ۱۶-۱.
- علی زاده حصاری ن، حسن پور م، گلی زاده ع و فتحی س. ع. الف، ۱۳۹۲. اثر دما روی پارامترهای رشد جمعیت پایدار بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* (Stephens) در تغذیه از شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* (Glover) روی گیاه خیار، دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، http://www.civilica.com/Paper-NCOCA02-NCOCA02_046.html.
- قربانیان سمیرا، ۱۳۸۹. بررسی زیست شناسی و کارایی کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant در کنترل شپشک آردآلود *Planococcus citri* (Risso) روی گیاه حسن یوسف *Solenostemon scutellarioides* (L.). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان. صفحه ۶۱.
- Abdollahi Ahi GA, Afshari A, Baniameri V, Dadpour H, Yazdani M and Golizadeh A, 2015. Laboratory survey on biological and demographic parameters of *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on two mealybug species. *Journal of Crop Protection* 4 (3): 267-276.
- Allen JC, 1976. A modified sine wave method for calculating degree days. *Environmental Entomology* 5: 388-396.
- Bartlett BR, 1978. Pseudococcidae. Pp. 137-171. In: Clausen, CP (ed.). *Introduced parasites and predators of arthropod pest and weeds: a world review*. U. S. Department of Agriculture, Handbook No. 480, Washington DC.
- Bethke JA, Redak RA and Schuch U, 1998. Melon aphid performance on chrysanthemum as mediated by cultivar, and differential levels of fertilization and irrigation. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 88: 41-47.

- Birch LC, 1948. The intrinsic rate of increase on insect population. *Journal of Animal Ecology* 17: 15-26.
- Carey JR, 2001. *Applied Demography for Biologists with Especial Emphasis on Insects*. Oxford University Press, New York, 205.
- Clausen CP, 1978. *Introduced Parasites and Predators of Arthropod and Weeds: a World Review*. (Ed. Clausen, C. P.), Agriculture Handbook No. 480, USDA Agricultural Research Service, Washington, DC. 545 pp.
- Cossins AR and Bowler K, 1987. *Temperature Biology of Animals*. Chapman and Hall, London.
- Deevey ES, 1947. Life tables for natural populations of animals. *The Quarterly Review of Biology* 22: 283-314.
- Elsherif M E, Al-Humar AA, Naser KSA and Atif JYM, 2010. Fecundity and life table of female predator *Cryptolaemus montrouzieri* on *Phenacoccus madeirensis*. *Annals of Agricultural Science (Cairo)* 55(2): 321-326.
- Fisher TW, 1963. *Mass culture of Cryptolaemus and Leptomastix natural enemies of citrus mealybug*. Berkeley, California: Agricultural Experiment Station, USA.
- Francis F, Haubruge E, Hastir P and Gaspar C, 2001. Effect of aphid host plant on development and reproduction of the third trophic level, the predator *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology* 30(5): 947-952.
- Ganjisaffar F, Fathipour Y and Kamali K, 2011. Temperature-dependent development and life table parameters of *Typhlodromus bagdasarjani* (Phytoseiidae) fed on two-spotted spider mite. *Experimental and Applied Acarology* 55: 259-272.
- Garcia JF and O.Neil RJ, 2000. Effect of Coleus size and variegation on attack rates, searching strategy and selected life history characteristics of *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control* 18 (3): 225-234.
- Giorgi JA, Vandenberg N, McHugh JV, Forrester JA, Slipinski SA, Miller KB, Shapiro LR and Whiting MF, 2009. The evolution of food preferences in Coccinellidae. *Biological Control* 51: 215-231.
- Goldasteh S, Talebi AA, Fathipour Y, Ostovan H, Zamani A and Shoushtari RV, 2009. Effect of temperature on life history and population growth parameters of *Planococcus citri* (Homoptera, Pseudococcidae) on coleus [*Solenostemon scutellarioides* (L.) Codd. *Archives of Biological Sciences* 61: 329-336.
- Gorbanian S, Ranjbar Aghdam H, Ghajarieh H and Malkeshi SH, 2011. Life cycle and population growth parameters of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col.: Coccinellidae) reared on *Planococcus citri* (Risso)(Hem.: Pseudococcidae) on coleus. *Journal of the Entomological Research Society* 13(2): 53-59.
- Hanna AD, Heatherington W and Judenko E, 1952. Control of the mealybug vectors of the swollen shoot virus by a systemic insecticide. *Nature (London)* 169: 334-335.
- Hodek I, 1973. *Biology of Coccinellidae*, Academy of Sciences, Prague Academia, Czechoslovak.
- Huffaker C, Berryman A and Turchin P, 1999. Dynamics and regulation of insect populations. Pp. 269-305 In: Huffaker CB and Gutierrez AP (eds.), *Ecological Entomology*. 2nd ed. Wiley, New York.
- Huffaker CB, Luck RF and Messenger PS, 1997. The ecological basis of biological control. *Proceeding of 15th International Congress of Entomology Washington 1976*: 560-586.
- Hussey NW and Scopes N, 1985. *Biological Pest Control*. Cornell University Press, Ithaca, NY.

- Jakson HB, Rogers C, Eikenbary RD, Stark KJ and McNew RW. 1974. Biology of *Ephedrus plagiator* on different aphid hosts and various temperatures. *Environmental Entomology* 3: 618-620.
- Jervis MA and Copland MJW, 1996. The life cycle. Pp:63-161. In Jervis MA and Kidd NAC (eds.). *Insect Natural Enemies. Practical Approaches to their Study and Evaluation*. Chapman and Hall, London.
- Kerns DL and Stewart SD, 2000. Sublethal effects of insecticides on the intrinsic rate of increase of cotton aphid. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 94: 41-45.
- Kontodimas DC, Milonas PG, Stathas GJ, Economou LP and Kavallieratos NG, 2007. Life table parameters of the pseudococcid predator *Nephus includes* and *Nephus bisignatus* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology* 104: 407-4015.
- Lester J, Thistlewood HMA and Harmsen R, 2000. Some effects of pre-release host-plant on the biological control of *Panonychus ulmi* by the predatory mite *Amblyseius fallacies*. *Experimental and Applied Acarology* 24: 19-33.
- Maia AHN, Luiz AJB and Campanhola C, 2000. Statistical influence on associated fertility life table parameters using jackknife technique, computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93: 511-518.
- McKenzie HL, 1967. Mealybugs of California with Taxonomy, Biology, and Control of North American Species (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae). California. University of California Press. 524 pp.
- Özgoke MS, Atlıhan R and Karaca I, 2006. The life table of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) after different storage periods. *Journal of Food Agriculture and Environment* 4 (1): 282-287.
- Pakyari H, Fathipour Y and Enkegaard A, 2011. Effect of temperature on life table parameters of predatory thrips *Scolothrips longicornis* (Thysanoptera: Thripidae) fed on two spotted spider mites (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 104(3): 799-805.
- Persand, A and Khan A, 2002. Comparison of life table parameters for *Maconellicoccus hirsutus*, *Anagyrus kamali*, *Cryptolaemus montrouzieri* and *Scymnus coccivora*. *Biocontrol* 47: 137-149.
- Pinder JE, Wiener JG and Smith MH, 1978. The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. *Ecology* 59: 175-179.
- Reuventy H, Palevsky E and Gerson U, 1999. Laboratory life history studies of the predaceous mite *Typhlodromus athiasae* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and Applied Acarology* 1: 45-53.
- Roy M, Brodeur J and Cloutier C, 2002. Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae). *Environmental Entomology* 31: 177-187.
- Tasai JH and Wang JJ, 2001. Effect of host plant on biology and life table parameters of *Aphis spiraecola* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 30 (1): 44-50.
- Tingle CCD and Copland MJW, 1989. Progeny production and adult longevity of the mealybug parasitoids *Anagyrus pseudococci*, *Leptomastix dactylopii* and *Leptomastidea abnormis* (Hym.: Encyrtidae) in relation to temperature. *Entomophaga* 34: 11-120.
- Van Lennteren JC and Woest J, 1998. Biological and integrated pest control in green houses. *Annual Review of Entomology* 33: 239-269.

- Wang JJ, Tsai JH, Zhao ZM and Li LS, 2000. Development and reproduction of the psocid *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae) as a function of temperature. *Annals of the Entomological Society of America* 93: 261–270.
- Wittmeyer JL and Coudron TA, 2001. Life table parameters, reproductive rate, intrinsic rate of increase, and estimated cost of rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) on an artificial diet. *Journal of Economic Entomology* 94(6): 1344-1352.
- Zarghami S, Kocheili F, Mossadegh MS, Allahyari H and Rasekh A, 2014. Effect of temperature on population growth and life table parameters of *Nephus arcuatus* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology* 111(2): 199–206.

Effect of Temperature on Life Table Parameters of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant Feeding on Citrus Mealybug, *Planococcus citri* (Risso)

SA Mortazavi Malekshah¹, H Ranjbar Aghdam^{2*}, J Khalghani² and M Rezapanah²

¹Former MSc Student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran.

²Assistant Professors, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran.

*Corresponding author: E-mail: hossein_ghdam2003@yahoo.com

Received: 10 May 2015

Accepted: 27 Jul 2015

Abstract

Mealybug destroyer, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant is the most important natural enemies of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso). Life table parameters of *C. montrouzieri* feeding on citrus mealybug, *P. citri* was studied at eight temperatures ranging 13 to 35 (± 1) °C, 60 \pm 10 % RH and a photoperiod of 16:8 (L:D) h. in growth chamber. Development of the coccinellid did not complete or laid eggs were infertile at temperatures 13, 15, 30, 33 and 35 °C. Therefore, life table parameters were estimated only in three temperatures, 20, 25 and 27°C. Construction of the life table and calculation of its parameters was conducted using Carey procedure. According to the results, the maximum and minimum values of the net reproductive rates (R_o) were 208.48 and 77.52 female/female/generation at 20 and 25°C, respectively. The values of finite rate of increase (λ) at the same temperatures were 1.04, 1.14, and 1.08 day⁻¹, respectively. The maximum values of intrinsic rate of increase (r_m) were 0.085 female / female / day and shortest mean generation time (T) was 57.37 days, at 27 °C. Estimated values for the doubling time (DT) were 15.56, 8.30 and 8.09 days at temperatures 20, 25 and 27°C, respectively. The results confirmed that temperature has a significant effect on population increase of the predatory coccinellid, *C. montrouzieri* and 27°C is the optimum temperature for population growth of *C. montrouzieri* among examined temperatures.

Keywords: Biological control, *Cryptolaemus*, Demography, Ladybird, Temperature.