Archive of SID

بررسی اثر دما بر روند رشد و نمو کفشدوزک *Hippodamia variegata* با تغذیه از شته‌ی سبز انار *Aphis punicae*

ایمان رمضانی، محمد امین سمیع

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی عصر، رفسنجان

مسئول مکاتبات: محمد امین سمیع ، پست الکترونیک: samia_aminir@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۴ ۳ (۲) ۱۹-۳۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۰۷

چکیده

ویژگی‌هایی مانند دوره‌ی رشدی کوتاه‌تر، باروری بیشتر و اندازه‌ی بزرگ‌تر بدن دشمنان طبیعی، برای تولید انبوه آن‌ها به‌عنوان عوامل کنترل بیولوژیک مهم هستند. یکی از شکارگرهای مهم آفات در باغ‌های ایران کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) است. در این پژوهش تأثیر شش دمای ثابت ۱۷/۵، ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵ و ۳۰ (±۱) درجه‌ی سلسیوس بر طول دوره‌ی رشد و نمو این کفشدوزک با تغذیه از شته‌ی سبز انار *Aphis punicae* (Hem.: Aphididae) در اتاق رشد با رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بررسی شد. اثر دما بر طول دوره‌ی رشد هر یک از دوره‌های رشد و نمو کفشدوزک مورد بررسی معنی‌دار بود. میانگین طول دوره‌ی رشدی از تخم تا حشره‌ی کامل در دماهای یاد شده به‌ترتیب ۱/۵۴۱±۴۶/۰۱، ۰/۳۱۱±۲۳/۷۷، ۰/۲۲۶±۱۹/۲۹، ۰/۳۰۲±۱۳/۵۱، ۰/۲۸۳±۱۲/۵۹ و ۰/۷۳۱±۱۷/۰۱ روز بود. نرخ رشد و نمو مراحل رشدی کفشدوزک *H. variegata* با افزایش دما در دامنه دمایی مورد بررسی تا ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس به‌صورت خطی افزایش یافت. برای توصیف ریاضی این ارتباط از دو مدل خطی معمولی (روز-درجه) و ایکموتو و تاکای استفاده شد. شاخص‌های آماری مورد استفاده برای ارزیابی مشاهدات با مدل‌های مورد بررسی نشان داد، در حالی‌که مدل خطی معمولی به‌خوبی قادر به توصیف این ارتباط خطی است، اما برازش مدل ایکموتو و تاکای بهتر از مدل یاد شده روی داده‌های ثبت شده است. کم‌ترین میزان مرگ و میر در دماهای ۲۰ و ۲۷/۵ درجه مشاهده شد. براساس برآوردهای مدل خطی ایکموتو و تاکای آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو برای مرحله‌ی تخم، لارو، شفیره و کل دوره‌ی تخم تا حشره‌ی کامل با تغذیه از شته‌ی سبز انار به‌ترتیب ۱۱/۱۵، ۱۴/۱۳، ۱۵/۵۲ و ۱۳/۹۹ درجه‌ی سلسیوس و نیاز گرمایی برای مراحل رشدی بالا به‌ترتیب ۴۴/۶۹، ۷۹/۲۲، ۲۳/۶۲ و ۱۵۷/۳۴ روز- درجه‌ی سلسیوس برآورد شد. در این بررسی مدل ریاضی خطی بین دما و نرخ رشد و نمو هر یک از مراحل رشدی کفشدوزک با استفاده از هر دو مدل ارایه شد. بر پایه‌ی نتایج این پژوهش دمای بهینه برای رشد این کفشدوزک ۲۵ تا ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس است.

واژه‌های کلیدی: آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو، روز-درجه، شته‌ی انار، کفشدوزک

مقدمه

انار، *Punica granatum* L. متعلق به کوچک‌ترین تیره‌ی گیاهی یعنی punicaceae می‌باشد (Kader, 2006). انار ازجمله درختان میوه‌ی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که باشرایط سخت حاشیه‌ی کویر مانند گرمای طاقت‌فرسا، کم‌آبی، خشکی هوا و تا حدی شوری سازگاری دارد (Shakeri & Daneshvar, 2004). چند گونه از حشرات زیان‌آور، برگ و میوه‌ی انار را مورد حمله قرار می‌دهند و با تغذیه از آن‌ها باعث خسارت می‌شوند. شته‌ی سبز انار *Aphis punicae* (Passerini)، به‌عنوان یک آفت جدی انار مطرح است که در اغلب سال‌ها در فصل بهار و گاهی در پایان فصل تابستان. باغ‌های انار را مورد حمله قرار می‌دهد. بالغ و پوره‌های شته‌ی انار به‌صورت توده‌ای زندگی می‌کنند. آن‌ها با مکیدن شیره‌ی پرورده از سر شاخه‌ها، برگ‌ها، جوانه‌ها و گل‌ها منجر به کاهش کیفیت و عملکرد در محصول انار می‌شوند. براثر حمله این شته برگ‌ها پیچیده

www.SID.ir

Archive of SID

و حلقوی، گل‌ها بسته مانده و همراه با میوه‌های جوان ریزش می‌کنند. ترشح عسلک از شته موجب جلب گرد و خاک روی سطح برگ‌ها شده و فتوسنتز را مختل می‌کند (Bayhan *et al*, 2005). کفشدوزک‌ها از مهم‌ترین حشرات مفید دراکوسیستم‌های کشاورزی هستندکه در ایجاد تعادل جمعیت آفاتی مانند شته‌ها، پسیل‌ها، شپشک‌ها، کنه‌ها، تخم و لارو حشرات نقش مهمی دارند (Hodek, 1973). پوره‌ها و حشرات بالغ شته‌ی انار از جمله طعمه‌های مناسب برای تعدادی از کفشدوزک‌های فعال در باغ‌ها می‌باشند (Fatemi, 2014 &Rounagh-Ardakani *et al.*, 2014). کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.: Coccinellidae) یک گونه پلی‌فاژ با پراکنش جهانی است (Gordon, 1987;Franzmann, 2002) که از گونه‌های متعددی از شته‌ها و شپشک‌های زیان آور درختان میوه تغذیه می‌کند ((Radjabi, 1989). این کفشدوزک با داشتن جثه‌ی کوچک، قدرت جستجوگری زیاد و توانایی تولیدمثلی بالا می‌تواند در مدت زمان کوتاه، جمعیت خود را در طبیعت افزایش دهد (Kontodimas & Stathas, 2004; Ershov, 1981).

رژیم غذایی حشرات بر زمان رشد آن‌ها تأثیرگذار است (Dent & Wratten, 1986; Yang *et al.*, 1994). سرعت رشد کفشدوزک‌ها به شدت تحت تأثیر دمای محیط قرار دارد به‌طوری‌که در یک دامنه‌ی دمایی مناسب، نرخ رشد مراحل نابالغ و سرعت رشد زیاد شده و طول دوره‌های رشدی کوتاه‌تر می‌شود (Davidson,1994; Katsarou *et al.*, 2005; Elhabi *et al.*, 2000; Molashahi *et al.*, 2002). دما بر تعداد نسل کفشدوزک نیز تأثیرگذار است (Wang *et al.*, 1984).

رشد هر گونه از حشرات در محدوده‌ی مشخصی از دما صورت می‌گیرد. دما بیش‌ترین تأثیر را روی نرخ رشد حشرات ایفا می‌کند؛ زیرا حشرات خونسرد هستند (Pedigo, 1999). بنابراین، اندازه‌گیری آستانه‌ی پایینی و بالایی دما و نیز دمای مناسب برای مراحل رشدی هر حشره آفت و دشمن طبیعی آن ضروری است (Huffaker *et al.*, 1999). با افزایش درجه‌ی حرارت تا محدوده‌ی مشخصی، رشد حشره سریع‌تر خواهد شد (Wagner *et al.*, 1984). با آگاهی از نیازهای گرمایی حشرات می‌توان برای پیش‌بینی وقوع و نوسانات فصلی، نحوه‌ی توزیع و فراوانی و زمان وقوع دیاپوز استفاده نمود (Bernal & Gonzalez, 1993). بر این اساس کنترل آفات گیاهی و حفظ و حمایت حشرات مفید در برنامه‌های مدیریت تلفیقی با آفات آسان‌تر خواهد بود.

با توجه به اینکه در دماهای مختلف میزان رشد و نمو یک گونه حشره متفاوت است و درنظر گرفتن این موضوع که درباره‌ی زیست‌شناسی، آستانه دمایی رشد و نمو و نیاز گرمایی کفشدوزک *H. variegata* روی شته‌ی انار آگاهی لازم وجود ندارد، در این پژوهش تأثیر دماهای مختلف بر طول دوره‌های رشدی و میزان مرگ و میر این کفشدوزک با تغذیه از شته‌ی سبز انار بررسی شد. از نتایج این پژوهش می‌توان برای تنظیم زمان کنترل آفت در برنامه مدیریت تلفیقی شته‌ی انار استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه انار و ایجاد کلنی شته *A. punicae*

جمعیت اولیه‌ی شته در سال ۱۳۹۲ از روی درختان آلوده در باغ انار دانشگاه ولی عصر رفسنجان (عج) به مختصات جغرافیایی 30°23'42.3164"N 55°56'51.1177"E جمع‌آوری و پس از شناسایی با استفاده از کلید شناسایی (Samih, 1993) و تأیید متخصص (نویسنده دوم این مقاله) به آزمایشگاه اکولوژی حشرات (گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان) منتقل شدند. به‌منظور پرورش و ایجاد کلنی شته، از نهال‌های کشت شده انار استفاده شد که در قفس‌های توری‌دار با ابعاد ۸۰×۱۲۰×۱۷۰سانتی‌متر نگه‌داری شدند. برای هم‌سن کردن شته‌ها، تعدادی از حشرات کامل دخترزای بی‌بال روی نهال‌های فاقد آلودگی به شته منتقل و به آن‌ها اجازه داده شد به‌مدت ۲۴ ساعت پوره‌زایی کنند. پس از ۲۴ ساعت حشرات کامل حذف شدند و به پوره‌ها اجازه داده شد تا مرحله‌ی بلوغ رشد نمایند (Elbert & Cartwright, 1997). شته‌ها در دمای ۲±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی

www.SID.ir

Archive of SID

۵±۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگه‌داری شدند.

جمع‌آوری و پرورش کفشدوزک

برای بکارگیری کفشدوزک *H. variegata* در انجام آزمایش‌ها، از کلنی این کفشدوزک در اینسکتاریوم دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان که قبلاً روی شته‌ی سبز انار پرورش داده شده بودند استفاده شد. برای حفظ توان ژنتیکی جمعیت، حشرات کامل این کفشدوزک از باغ‌های پسته و انار از منطقه‌ی رفسنجان جمع‌آوری و پس از شناسایی با استفاده از کلید (Bagheri, & Mossadegh, 1996; Alinaghizadeh, 2011) و مقایسه کلکسیون موجود و تأیید متخصص، به جمعیت آزمایشگاهی افزوده شد. برای پرورش این کفشدوزک در آزمایشگاه از ظروف پرورش پلاستیکی به ابعاد ۱۰×۲۰×۲۵ سانتی‌متر استفاده شد. این ظروف در داخل اتاقک رشد (دمای ۲±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره‌ی روشنایی به تاریکی ۸:۱۶) نگه‌داری شدند. بازدید روزانه ظروف پرورش برای تامین غذای حشرات و رطوبت داخل آن‌ها پیوسته انجام گرفت. برای تغذیه جمعیت اولیه کفشدوزک جمع‌آوری شده، از تخم پروانه بید آرد، *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae) استفاده شد (Asghari, *et al.*, 2012a). در ادامه، کفشدوزک‌های داخل اینسکتاریوم به‌مدت دو نسل روی شته‌ی انار پرورش داده شدند و بعد از آن آزمایش‌های اصلی روی کفشدوزک‌ها آغاز شد. به‌منظور جلوگیری از رشد قارچ، برگ‌های درون ظروف پرورش هر روز تعویض و ظروف پرورش، هر سه روز یک‌بار تمیز شدند. بازدید روزانه ظروف پرورش برای تأمین غذای حشرات و رطوبت داخل آن‌ها انجام گرفت. پرورش تمام مراحل کفشدوزک در دمای۲ ±۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد.

طول دوره‌ی مراحل مختلف رشدی و مرگ و میر کفشدوزک *H. variegata* در اتاقک رشد در شش دمای ۱۷/۵، ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با تغذیه از شته‌ی سبز انار ثبت شد. این دماها براساس دامنه‌ی دمایی مناسب زندگی شته‌ی انار (۲۲/۵ و ۲۵ درجه‌ی سلسیوس) انتخاب شدند (Bayhan *et al.*, 2005) و به‌سبب گرمسیری بودن منطقه، دماهای ۲۷/۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس نیز اضافه شد. بدین‌منظور، برای هر دمای مورد بررسی ۲۰۰ عدد تخم هم‌سن با عمر کمتر از ۲۴ ساعت از نسل هفتم کلنی اولیه انتخاب و درون پتری‌هایی به‌قطر ۱۱ سانتی‌متر قرار داده شده و این پتری‌ها درون ظروف پرورش پلاستیکی به ابعاد ۱۰×۲۰×۲۵ سانتی‌متر قرارگرفته (برای جلوگیری از فرار لاروهای از درون ظروف پتری) و هر کدام جداگانه در دماهای مورد بررسی قرار گرفتند. با بازدید روزانه، میانگین حد فاصل میان زمان تخم‌گذاری تا تفریخ تخم‌ها به‌عنوان دوره‌ی جنینی تخم ثبت شد. سپس با تعیین نسبت بین تخم‌های تفریخ شده و تخم‌هایی که به نوزاد تبدیل نشده بودند، درصد مرگ و میر تخم محاسبه شد. لاروهای یک‌روزه سن اول با استفاده از قلم موی نرم به صورت جداگانه، به ظروف پتری منتقل شدند. دوره‌ی رشد لارو سن یک تا چهار، پیش‌شفیره و شفیره بررسی و میزان مرگ و میر ثبت شد. لاروهای کفشدوزک در طول انجام این آزمایش به‌صورت جداگانه با شته‌ی سبز انار (برگ‌های انارآلوده به شته در اختیار کفشدوزک قرار گرفت) تغذیه شدند. این آزمایش با ۶۰ لارو سن یک کفشدوزک برای هر دما انجام شد. از طریق بررسی‌های روزانه طول دوره هر یک از مراحل مختلف رشدی و میزان بقای سنین مختلف لاروی، پیش‌شفیرگی و شفیرگی کفشدوزک بررسی شد. در مرحله‌ی بعد تأثیر دما روی طول دوره‌ی رشد و نمو هر یک از مراحل رشدی کفشدوزک از نظر آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه‌ی واریانس شده و در صورت معنی‌دار بودن اثر دما، با استفاده از آزمون دانکن مقایسه‌ی میانگین تیمارها و گروه بندی انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

مدل‌های ریاضی مورد ارزیابی

برای بررسی رابطه‌ی خطی اثر دما روی سرعت رشد و نمو و تعیین آستانه‌ی دمای پایین رشد و نمو و نیاز گرمایی برای مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته‌ی سبز انار از دو مدل خطی معمولی یا مدل روز-درجه‌ی (Campbell *et al.*, 1974) و ایکموتو و تاکای (Ikemoto & Takai, 2000) و نرم افزار Excel استفاده شد. بدین‌منظور میانگین طول دوره‌ی رشد و نمو، برای هر یک از مراحل رشدی در هر یک از دماهای آزمایشی محاسبه شد سپس نرخ رشد در هر دما با معکوس نمودن میانگین دوره‌ی رشد و نمو (بر حسب روز) برای هر مرحله رشدی حشره به‌دست آمد. با استفاده از ستون داده‌های دماهای مورد بررسی و نرخ رشد در هر دما و تعیین همبستگی بین آن‌ها به روش رگرسیون خطی با استفاده از نرم افزار Excel معادله خطی برای هر یک از مراحل رشدی این حشره به‌طور جداگانه به‌دست آمد. در بررسی رابطه خطی بین دما و سرعت رشد و نمو فقط دماهایی که در محدوده‌ی خطی قرار داشتند مورد استفاده قرار گرفت (Wilson & Barnett, 1983;Asghari, *et al.*,. 2012b). برای مرحله‌ی تخم نرخ رشد از دمای ۱۷/۵ تا دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس افزایش یافت لذا هر شش دمای مورد بررسی در محدوده خطی قرار گرفت و برای مراحل لاروی، شفیرگی و پیش از بلوغ نرخ رشد تا دمای ۲۷/۵ افزایش و در دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس کاهش یافت، لذا رابطه‌ی همبستگی، با توجه به دمای ۱۷/۵ تا ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس تعیین شد. در مدل خطی معمولی یا روز-درجه با استفاده از رابطه‌ی (y=a+bT)، که در آن y نرخ رشد و T دمای محیط است، آستانه‌ی پایین دمایی رشد و نمو (T_0) از محاسبه‌ی رابطه‌ی (Arnold, 1959) T=-a/b و نیاز گرمایی (K) از طریق فرمول (Campbell *et al.*, 1974) K= 1/b برآورد شد. در روابط یاد شده، a عرض از مبدا رگرسیون نرخ رشد و نمو و دما بوده و b شیب خط می‌باشد. مدل خطی ایکموتو و تاکای به صورت زیر است:

$$DT=k+t_{min}D$$

که در آن D = طول دوره‌ی رشد و نمو، T= دما، t= آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو و k= نیاز گرمایی می‌باشد.

نتایج و بحث

رشد و نمو کفشدوزک در دماهای مورد بررسی با تغذیه از شته‌ی سبز انار

نتیجه‌ی تجزیه‌ی واریانس و محاسبه‌ی آماری بین دماهای مختلف به‌عنوان فاکتور مستقل و پارامترهای دوره‌ی رشدی به‌عنوان متغیر وابسته نشان داد، که اثر دما بر متغیرهای دوره‌ی رشدی لارو سن یک ($df_{t, e}$ =5, 12, F=71.01, P=0.0001)، لارو سن دو ($df_{t, e}$ =5, 12, F=36.676, p=0.0001)، لارو سن سه ($df_{t, e}$ =5, 12, F=18.46, P=0.0001)، لارو سن چهار ($df_{t \text{ and } e}$ =5, 12, F=49.1, P=0.0001)، دوره‌ی پیش‌شفیرگی ($df_{t, e}$ =5, 12, F=26.65, P=0.0001)، دوره‌ی شفیرگی ($df_{t, e}$ =5, 12, F=127.47, P=0.0001)، دوره‌ی لاروی ($df_{t, e}$ =5, 12, F=113.353, P=0.0001) و کل دوره‌ی رشدی پیش از بلوغ ($df_{t, e}$ =5, 12, F=286.647, P=0.0001) معنی‌دار است. مقدار میانگین مربوط به تأثیر شش دمای مختلف در طول هر یک از مراحل رشدی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته‌ی سبز انار در جدول یک ارایه شده است. نتایج نشان داد که طول دوره‌ی رشدی جنینی (تخم)، لارو سن یک تا چهار و شفیرگی در دمای ۱۷/۵ بیش‌ترین و در دمای ۲۷/۵ کم‌ترین بود. طول دوره‌ی رشد پیش از بلوغ از ۲۶/۸۳ روز در دمای ۱۷/۵ درجه‌ی سلسیوس به ۱۰/۴۵ روز در دمای ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس کاهش یافت. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین طول دوره‌ی رشدی در دمای ۱۷/۵ درجه‌ی سلسیوس و کوتاه‌ترین طول دوره‌ی رشدی مربوط به دمای ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد.

اثر دما روی درصد مرگ ومیر مرحله لارو سن سوم و چهارم و هم‌چنین مرحله پیش‌شفیره در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و برای سایر مراحل معنی‌دار نیست. درصد مرگ و میر مراحل مختلف رشدی کفشدوزک در جدول ۲ ارایه شده است. درصد مرگ و میر از تخم تا حشره‌ی کامل با افزایش دما از ۱۷/۵ تا ۲۲/۵ درجه‌ی سلسیوس کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

یافت. بیش‌ترین درصد مرگ و میر در دمای ۱۷/۵ درجه‌ی سلسیوس و کم‌ترین درصد مرگ و میر در دماهای ۲۲/۵ و ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس در بین کل دماهای مورد آزمایش مشاهده شد.

جدول ۱- میانگین (±SE) طول هر یک از مراحل مختلف رشد (به روز) کفشدوزک *Hippodamia variegata* با تغذیه از شته‌ی سبز انار *Aphis punicae* در دماهای مورد بررسی.

Table 1. Mean ± SE developmental period of different stages (in days) of *Hippodamia variegata* feeding on pomegranate green aphid (*Aphis punicae*) at different temperatures in studied temperatures.

Immature stage	Temperature (ºC)					
	17.5	20	22.5	25	27.5	30
Egg (Incubation Period)	6.73±0.49a N=200	4.77±0.36b N=200	4.52±0.26b N=200	3.22±0.22c N=200	2.58±0.3c N=200	2.36±0.08c N=200
1 st larval instar	4.49±0.25a N=60	3.4±0.03b N=60	2.87±0.03c N=60	1.7±0.009e N=58	1.86±0.12de N=60	2.15±0.21d N=60
2 nd larval instar	4.43±0.27a N=52	2.7±0.08b N=58	2.16±0.02bc N=45	1.38±0.12d N=50	1.68±0.05cd N=59	2.26±0.29bc N=41
3 rd larval instar	4.43±0.42a N=42	2.32±0.17c N=56	2.17±0.24c N=50	1.57±0.12c N=46	1.69±0.17c N=57	3.31±0.28b N=35
4 th larval instar	10.99±1.18a N=31	2.97±0.15bc N=55	2.42±0.04bc N=47	2.104±1.2bc N=44	1.7±0.149c N =54	3.61±0.10b N=33
Prepupal period	3.37±0.22a N=31	1.78±0.40c N=54	2.45±0.12b N=47	1.28±0.12cd N=41	0.61±0.03e N=54	0.78±0.05de N=32
Pupal period	11.54±0.58a N=30	5.8±0.5 N=54	2.69±0.06c N=47	2.22±0.10c N=41	2.45±0.1c N=54	2.52±0.07c N=31
Larval period	24.36±1.319a	11.39±0.08b	9.62±0.21b	6.77±0.10c	6.94±0.10c	11.34±0.65b
Total immature stages	46.01±1.54a	23.77±0.31b	19.29±0.23c	13.51±0.30e	12,59±0.28de	17.01±0.73d

اعدادی که در یک ردیف دارای حروف مشابه هستند در سطح احتمال ۵٪ طبق آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

Means within a row and in the same stage followed by the same lowercase letter (a, b, c, d) are not significantly different (Duncan`s test, P > 0.05).

جدول ۲- درصد مرگ و میر مراحل مختلف رشد کفشدوزک *Hippodamia variegata* با تغذیه از شته‌ی سبز انار *Aphis punicae* در دماهای مورد بررسی.

Table 2. Mortality (%) of different stages of *Hippodamia variegata* feeding on pomegranate green aphid (*Aphis punicae*) at different temperatures.

Immature Stages	Temperature (ºC)					
	17.5	20	22.5	25	27.5	30
Egg	18a	10bc	5c	5c	3c	12ab
1 st larval instar	5.8ab	0b	4.3ab	15a	1.6ab	9.16ab
2 nd larval instar	11ab	0b	18ab	9.7ab	3.5b	32.77a
3 rd larval instar	22a	4.4a	12.5a	3.5a	5.8a	18.8a
4 th larval instar	3.7a	4.4a	0a	0a	0a	6.27a
Prepupa	0a	2.5a	0a	0a	0a	5.5a
Pupa	2.7a	0a	0a	0a	0a	3.3a

اعدادی که در یک ردیف با حروف مشابه مشخص شده اند در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

Means within a row and in the same stage followed by the same lowercase letter (a, b, c, d) are not significantly different (Duncan`s test, P > 0.05).

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی مدل‌های خطی

بررسی رابطه‌ی رگرسیون خطی بین متغیرهای مورد بررسی با استفاده از دو مدل خطی رگرسیون معمولی و ایکموتو و تاکای نشان داد، داده‌های کلیه مراحل رشدی کفشدوزک شکارگر در دامنه دمایی مطالعه شده به خوبی با هر دو مدل برازش داشت. این موضوع با معنی‌داری رگرسیون خطی در سطح احتمال ۵ درصد و مقادیر ضریب تبیین به‌دست آمده برای هر یک از مراحل رشدی در هر دو مدل خطی تأیید شد (جدول ۳). شکل یک و دو برازش مقادیر مشاهده شده‌ی نرخ رشد و نمو کفشدوزک را در دامنه‌ی دمایی مورد بررسی به‌ترتیب روی مدل خطی معمولی و ایکموتو و تاکای ارایه کرده است.

در جدول ۳ معادلات مدل‌های خطی، آستانه پایین دمایی و نیاز گرمایی رشد و نمو (روز-درجه) مراحل مختلف رشدی کفشدوزک با استفاده از دو مدل خطی رگرسیونی معمولی و ایکموتو و تاکای ارایه شده است. مقادیر به‌دست آمده برای R^2در مدل ایکموتو و تاکای نسبت به مدل رگرسیون معمولی بیشتر بود برهمین اساس می‌توان گفت مقادیر برآورد شده برای شاخص‌های دمایی هدف با به‌کارگیری مدل ایکموتو و تاکای از درجه‌ی اطمینان بالاتری بر خوردار هستند. براساس مدل خطی معمولی (روز-درجه) آستانه‌ی دمای پایین رشد و نمو برای تخم، لارو سن یک، دو، سه، چهار و شفیره به‌ترتیب ۱۱/۳۶، ۱۱/۷۰، ۱۱/۶۵، ۹/۹۷، ۱۴/۰۰ و ۱۲/۸۳ درجه‌ی سلسیوس برآورد شد. برهمین اساس، مقدار گرمای موثر مورد نیاز برای طی کردن مراحل مختلف رشدی ذکر شده به‌ترتیب ۴۳/۲۹، ۲۷/۲۵، ۲۲/۹۴، ۲۶/۷۴، ۲۲/۲۷، و ۲۷/۲۵ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شد (شکل ۱). براساس مدل ایکموتو و تاکای آستانه پایین دمایی رشد و نمو برای تخم، لارو سن یک تا چهار و شفیره به‌ترتیب ۱۱/۱۵، ۱۲/۰۱، ۱۲/۹۵، ۱۲/۵۸، ۱۵/۷۹ و۱۵/۵۲ درجه‌ی سلسیوس و نیاز گرمایی مراحل رشدی فوق به‌ترتیب ۴۴/۶۹، ۲۶/۶۲، ۲۰/۱۹، ۲۱/۰۹، ۱۷/۱۷ و ۲۳/۶۲ روز-درجه‌ی سلسیوس به‌دست آمد.

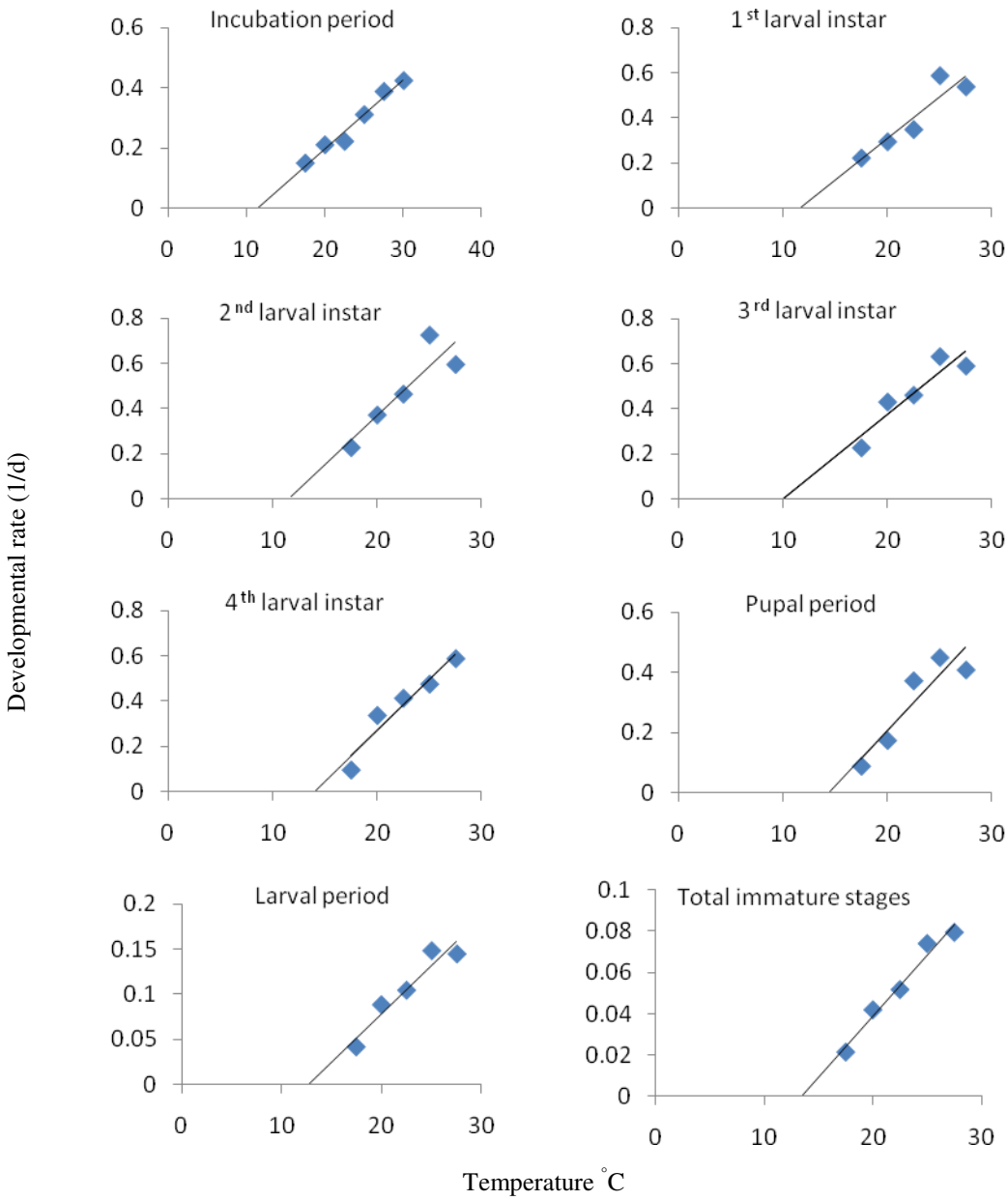
جدول ۳- فراسنجه‌های آماری و شاخص‌های دمایی رشد و نمو وابسته به دمای مراحل نابالغ کفشدوزک *Hippodamia variegata* با استفاده از دو مدل خطی معمولی و ایکموتو و تاکای.

Table 3. Statistical parameters and thermal indices of temperature-dependent development of the *Hippodamia variegata* immature stages by using common and Ikemoto and Takai linear models.

Model	Immature Stages	Regression equation	Thermal requirement (DD)	t_{min} °C	R^2
Common Linear	Egg (Incubation Period)	y = 0.0228x - 0.2591	43.29	11.36	0.97
	1 st larval instar	y = 0.0367x - 0.4293	27.25	11.7	0.85
	2 nd larval instar	y = 0.0436x - 0.5062	22.94	11.61	0.79
	3 rd larval instar	y = 0.0374x - 0.3729	26.74	9.97	0.84
	4 th larval instar	y = 0.0449x - 0.6288	22.27	14.00	0.92
	Pupal period	y = 0.0367x - 0.5296	27.25	12.83	0.83
	Larval period	y = 0.0106x - 0.1343	94.34	12.67	0.91
	Total immature stages	y = 0.0059x - 0.0787	169.49	13.34	0.97
Ikemoto and Takai	Egg (Incubation Period)	y=11.341x+44.68	44.68	11.14	0.95
	1 st larval instar	y=12.012x+26.619	26.61	12.01	0.94
	2 nd larval instar	y=12.952x+20.188	20.18	12.95	0.96
	3 rd larval instar	y=12.579x+21.096	21.09	12.57	0.96
	4 th larval instar	y=15.793x+17.171	17.17	15.79	0.99
	Pupal period	y=15.522x+23.611	23.61	15.52	0.99
	Larval period	y=14.132x+79.212	79.21	14.13	0.99
	Total immature stages	y=13.992x+157.341	157.34	13.99	0.99

www.SID.ir

Archive of SID

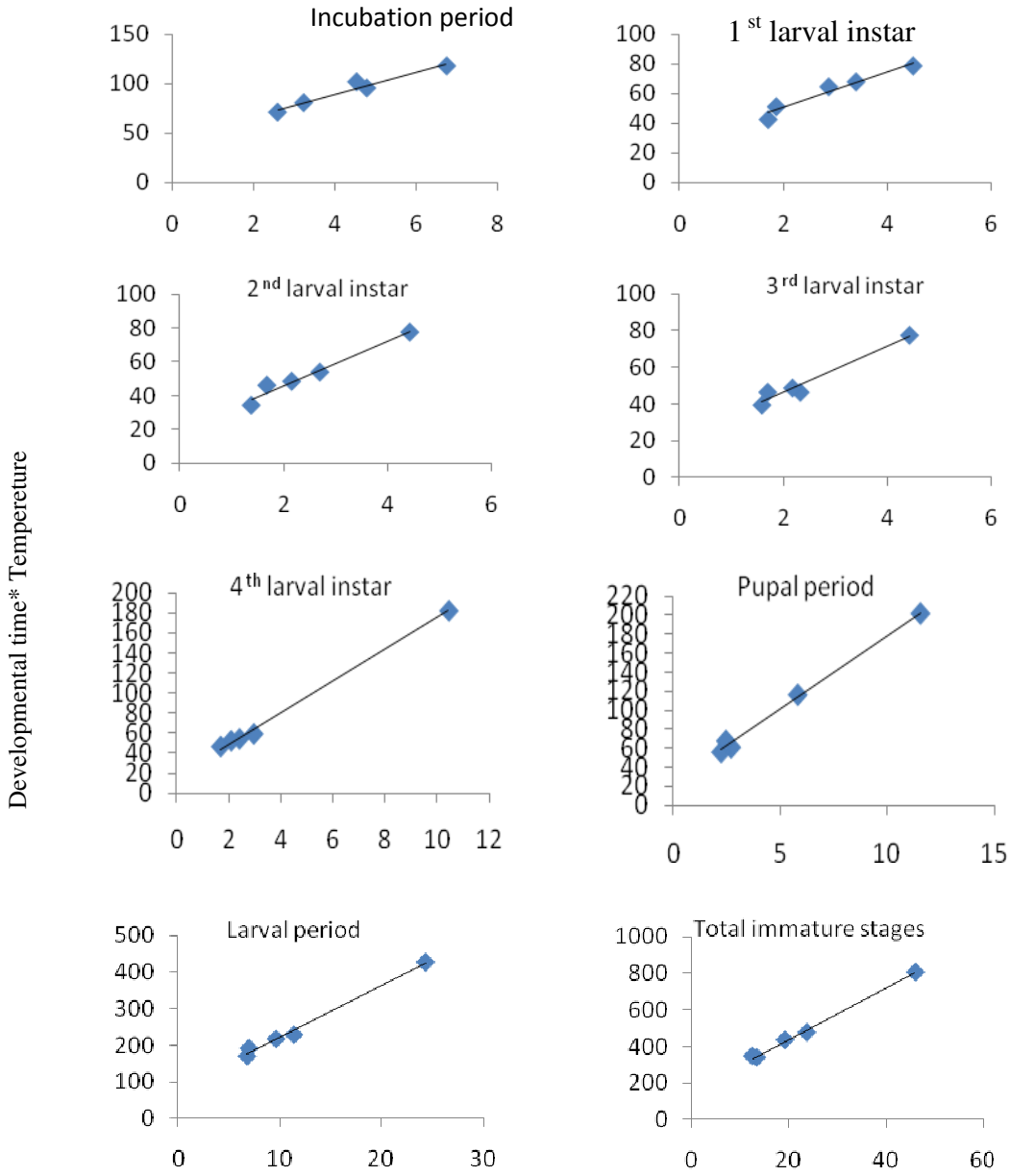


شکل ۱- رابطه‌ی رگرسیون دما و نرخ رشد مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *Hippodamia variegata* با استفاده از مدل خطی معمولی (روز-درجه) ، نقاط در این شکل مقادیر مشاهده شده برای نرخ رشد در دماهای مورد بررسی بوده و خط پیش‌بینی مدل رگرسیون خطی می‌باشد (روش کمپل).

Fig. 1. Relationship between temperature and developmental rate of different stages of *Hippodamia variegata*: (Campbel *et al*., 1974 method).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- رابطه‌ی دما و نرخ رشد مراحل تخم،کل دوره‌ی لاروی، شفیره و تخم تا حشره‌ی کامل کفشدوزک *Hippodamia variegata*، نقاط در این شکل نقاط مشاهده شده است و خط از مدل رگرسیونی به‌دست آمده است (روش ایکموتو و تاکای).

Fig. 2. Relationship between temperature and developmental rate of Egg; Larval stage,Pupa and Egg to adult of *Hippodamia variegata*: (Ikemoto and Takai method).

براساس مدل خطی معمولی برای کل دوره‌ی لاروی، آستانه پایین دمایی رشد و نمو ۱۲/۶۷ درجه‌ی سلسیوس و نیاز گرمایی این دوره ۹۴/۳۴ روز- درجه‌ی سلسیوس تخمین زده شد (شکل ۱). براساس مدل ایکموتا و تاکای آستانه پایین دمایی رشد و نمو برای کل دوره‌ی لاروی ۱۴/۱۳ درجه‌ی سلسیوس و نیاز گرمایی این مرحله

www.SID.ir

Archive of SID

۷۹/۲۲ روز-درجه‌ی سلسیوس تخمین زده شد (شکل ۲). برای محاسبه آستانه پایین دمایی رشد و نمو برای مجموع مراحل رشدی، میانگین تعداد روز برای دوره‌ی تخم و دوره‌ی لاروی تا ظهور حشره‌ی کامل با یکدیگر جمع شدند. سپس نرخ رشد برای دماهای مورد آزمایش محاسبه شد. براساس مدل خطی معمولی آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو ۱۳/۳۴ درجه‌ی سلسیوس و نیاز گرمایی این دوره ۱۶۹/۴۹ روز-درجه‌ی سلسیوس تخمین زده شد (شکل ۱) و براساس مدل ایکموتو و تاکای آستانه پایین دمای رشد و نمو برای مجموع مراحل رشدی ۱۳/۹۹ درجه‌ی سلسیوس و نیاز گرمایی این دوره ۱۵۷/۳۴ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شد (شکل ۲).

بحث

نتایج نشان داد که بهترین دما از نظر کاهش طول دوره‌ی رشد و افزایش سرعت رشد برای پرورش کفشدوزک *H. variegata* در فاصله‌ی دمایی ۲۵ تا ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس قرار دارد. دمای ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس با دارا بودن کم‌ترین میزان مرگ و میر و بیشترین سرعت و نرخ رشد مناسب‌ترین دما در بین دماهای مورد بررسی برای پرورش این کفشدوزک است. در این آزمایش کوتاه‌ترین دوره‌ی رشدی در دمای ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس و بلندترین دوره‌ی رشدی در دمای ۱۷/۵ درجه‌ی سلسیوس اتفاق افتاد. با افزایش دما از ۱۷/۵ به ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس سرعت رشد کفشدوزک زیاد و طول دوره‌های رشدی کوتاه‌تر شد که بیانگر این مسئله است که دما به‌طور معنی‌داری باعث تغییر طول دوره‌ی رشدی کفشدوزک می‌شود. در این پژوهش بیش‌ترین میزان مرگ و میر در دمای ۱۷/۵ درجه مشاهده شد و در بین مراحل رشدی، مرحله لارو سن یک و دوم دارای بیش‌ترین میزان مرگ و میر بود. مرحله‌ی لاروی سن یک و دو به‌دلیل هم‌خواری، کوچک بودن جثه و قدرت کم تسلط بر میزبان در دسترسی به میزبان دچار مشکل شده و تلفات بیشتری را تحمل می‌کند. مشابه این رخداد در پژوهش‌های مختاری و سمیع (۱۳۹۳) و رونق اردکانی و همکاران (۱۳۹۳) نیز مشاهده شده است (Mokhtari, & Samih, 2014؛ Rounagh-Ardakani, *et al.*, 2014). نتایج این پژوهش نشان داد، مرحله‌ی شفیره کفشدوزک در تمام دماهای مورد آزمایش دارای کمترین مرگ و میر بود. بنابراین، مقاوم‌ترین مرحله‌ی رشدی نسبت به دمای پایین را در بین مراحل رشد این کفشدوزک داشت. پژوهش‌های گوناگونی در مورد اثر غذا و دما روی طول دوره‌ی رشدی و درصد مرگ و میر کفشدوزک‌های مختلف انجام شده است که در ادامه اشاره می‌شود. اصغری و همکاران (۱۳۹۱b) تأثیر ۶ دمای ثابت ۱۷/۵، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ را بر زمان رشد پسیل معمولی پسته *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer و بید غلات *Sitotroga cerealella* Olivier در شرایط آزمایشگاهی بررسی کردند (Asghari, *et al.*, 2012b). در این پژوهش آن‌ها کل دوره‌ی رشد برای کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از بید غلات *S. cerealella* در دماهای ثابت بالا را به‌ترتیب ۱/۵۳±۴۷/۶۳، ۰/۱۸±۲۵/۰۸، ۰/۶۴±۱۷/۲۷، ۰/۳۷±۱۵/۱۴، ۰/۴۶±۱۲/۱۶ و ۰/۳۹±۱۱/۲۷ روز و ۰/۷۵±۴۰/۱۱، ۰/۳۲±۲۲/۶۸، ۰/۲۶±۱۸/۶، ۰/۱۸±۱۵/۵، ۰/۳۱±۹/ ۱۳ و ۰/۵۱±۱۳/۱۲ روز با تغذیه از پسیل معمولی پسته گزارش کرده‌اند (Asghari *et al.*, 2012b). نتایج نشان داد که زمان رشد با افزایش دما کاهش می‌یابد. کمترین زنده‌مانی در دماهای مختلف، برای لارو سن یک و بیشترین زنده‌مانی برای لاروهای سن ۳، ۴ و شفیره به‌دست آمد. که با پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. در پژوهش رونق اردکانی و همکاران (۱۳۹۳) میانگین طول دوره‌ی رشدی از تخم تا حشره‌ی کامل کفشدوزک *Oenopia conglobata contaminata* (Menetries) با تغذیه از شته‌ی سبز انار *A. punicae* در دماهای ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس به‌ترتیب ۲۰/۳۷، ۱۸/۳۱، ۱۶/۳۹و ۱۴/۳۴ روز بوده است (Rounagh-Ardakani, *et al.*, 2014). و در پژوهش فاطمی دهج (۱۳۹۳) میانگین طول دوره‌ی رشدی از تخم تا حشره‌ی کامل کفشدوزک زیک زاکی *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) با تغذیه از شته‌ی انار در دماهای ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس به‌ترتیب ۱۶/۰۲، ۱۱/۶۶، ۱۰/۴۵ و ۱۳/۳۵ روز به‌دست آمد

www.SID.ir

Archive of SID

(Fatemi, 2014). در پژوهش حاضر میانگین طول دوره‌ی رشدی از تخم تا حشره‌ی کامل در دماهای ۲۲/۵، ۲۵ و ۲۷/۵ درجه‌ی سلسیوس به‌ترتیب ۱۹/۲۹، ۱۳/۵۱ و ۱۲/۵۹ روز به‌دست آمد که در مقایسه با پژوهش رونق اردکانی و همکاران (۱۳۹۲) طول دوره‌ی رشدی در دماهای مشابه کمتر می‌باشد و در مقایسه با پژوهش (Fatemi, 2014) طول دوره‌ی رشدی در تمامی دماهای مشابه بیشتر می‌باشد. همچنین درصد مرگ و میر در لارو سن چهار تمام دماهای مشابه فوق نسبت به پژوهش حاضر بیشتر بوده است. بنابراین، کفشدوزک *H. variegata* به‌دلیل تغذیه بالای لارو سن چهار و درصد پایین‌تر مرگ و میر نسبت به کفشدوزک‌های *O. conglobata contaminata* و *M. sexmaculatus* شکارگر مناسب‌تری برای شته‌ی انار است. همچنین شته‌ی سبز انار برای کفشدوزک *H. variegata* نسبت به کفشدوزک *O. conglobata contaminate* و *M. sexmaculatus* میزبان مناسب‌تری است. نتیجه‌گیری کلی زمانی امکان‌پذیر است که پارامترهای زیستی از جمله نرخ ذاتی افزایش طبیعی جمعیت محاسبه و مقایسه شود. درمحاسبه‌ی نرخ ذاتی افزایش طبیعی فاکتورهایی همچون باروری، طول عمر و نرخ زنده‌مانی مورد توجه قرار می‌گیرد (Chi 1990 و Hu *et al.*, 2010).

در پژوهش Elhabi *et al.* (2000) طول دوره‌ی سنین مختلف لاروی و شفیره کفشدوزک *H. variegata* را در دماهای ۱۸، ۲۲، ۲۶، ۳۰ و ۳۴ درجه‌ی سلسیوس با تغذیه از شته‌ی جالیز *Aphis gossypii* Glov مورد مطالعه قرار دادند نتایج نشان داد که کل دوره‌ی لاروی و شفیره در دماهای بالا به‌ترتیب ۲۷/۵۸، ۱۲/۶۶، ۱۰/۷۱ ، ۸/۲۸ و ۷ روز می‌باشد. نتایج (Elhabi , *et al.* 2000) نشان می‌دهد که با افزایش دما از ۱۸ به ۳۴ درجه‌ی سلسیوس سرعت رشد در کفشدوزک زیاد شده و طول دوره‌های رشدی کوتاه‌تر می‌گردد که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش هماهنگ می‌باشد. در پژوهش Molashahi *et al.*, (2002) زیست‌شناسی کفشدوزک *H. variegata* را با تغذیه از شته خرزهره در دماهای ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ درجه‌ی سلسیوس مورد بررسی قرار دادند. این مطالعات نشان داد که طول دوره از تخم تا حشره‌ی کامل در دماهای فوق به‌ترتیب ۲۸/۸۸، ۲۱/۰۴، ۱۳/۰۸، ۱۰/۳۰ روز می‌باشد که همراه با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۵ درجه‌ی سلسیوس، نرخ رشد کفشدوزک افزایش می‌یابد. بالاترین درصد تفریخ تخم در دماهای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و به‌میزان ۹۴ درصد است و کم‌ترین میزان آن در دمای ۳۵ درجه‌ی سلسیوس و به‌میزان ۸۴ درصد می‌باشد. در همین بررسی، نتایج حاصل از آزمایش میزان بقای کفشدوزک در دماهای مختلف نشان داد که بیشترین میزان بقای کفشدوزک در دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس بود (۷۷/۶۶٪) و کم‌ترین میزان بقا در دمای ۳۵ درجه‌ی سلسیوس ۳۰ درصد بود. Badawy (1968) طول دوره‌های مختلف رشدی کفشدوزک *H. variegata* در سودان در شرایط مزرعه و روی شته‌های یونجه را مورد مطالعه قرار داد، طبق این آزمایش طول دوره‌ی جنینی، دوره‌ی لاروی و دوره‌ی شفیرگی به‌ترتیب ۲، ۶/۰۹ و ۲/۶۱ روز به‌دست آمد. در پژوهشی Lanzoni *et al.* (2004) بیولوژی کفشدوزک *H. variegata* را با تغذیه از شته‌ی سبز هلو مورد بررسی قرار دادند در این بررسی، مدت زمان لازم برای تفریخ تخم ۲/۶ روز، طول دوره‌ی لاروی سنین ۱، ۲، ۳، ۴ و شفیره به‌ترتیب ۲/۶، ۱/۹، ۲، ۲/۹ و ۶/۱ روز و کل دوره‌ی رشدی ۱۸/۱ روز طول کشید که از کل دوره‌ی رشدی به‌دست آمده در این پژوهش بیشتر است. علت این امر به متفاوت بودن نوع طعمه بستگی دارد.

نتایج بسیاری از پژوهشگران نشان داد که افزایش دما باعث کاهش دوره‌ی رشدی گونه‌های مختلف کفشدوزک روی میزبان‌های مختلف می‌شود (Elhabi , *et al.*, 2000 و Jalali, 2001 و Katsarou *et al.*, 2005، Jafari & Vafaei Shoushtari, 2009 و Mokhtari *et al.*, 2014ab). همچنین ضمن این بررسی مشخص شد که مرگ و میر لاروهای سن یک و دو بسیار بیشتر از لاروهای سنین بعدی و شفیره به‌ویژه در دماهای پائین می‌باشد. نتایج تحقیقات دانشمندان نشان می‌دهد که بیشترین میزان مرگ و میر لاروی در دمای نزدیک دمای پایین رشد اتفاق می‌افتد که یک پدیده طبیعی در بین کفشدوزک‌های شته‌خوار می‌باشد که در مناطق معتدل زندگی می‌کنند (Rodriguez & Miller, 1999.).

www.SID.ir

Archive of SID

آستانه پایین دمای رشد و نمو و نیاز گرمایی کفشدوزک *H. variegata* را با تغذیه از شته‌ی سبز انار برای کل دوره لاروی به‌ترتیب ۱۲/۶۷ درجه‌ی سلسیوس و ۹۴/۳۴ روز-درجه‌ی سلسیوس و برای کل دوره‌ی رشدی به‌ترتیب ۱۳/۳۴ درجه‌ی سلسیوس و ۱۶۹/۴۹ روز- درجه‌ی سلسیوس به‌دست آمد در حالی‌که Rounagh-Ardakani *et al.* (2014) آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو و نیاز گرمایی کفشدوزک *O. conglobata contaminata* را با تغذیه از شته‌ی سبز انار برای کل دوره‌ی لاروی به‌ترتیب ۸/۵۴ درجه‌ی سلسیوس و ۱۶۳/۹۳ روز- درجه‌ی سلسیوس و برای کل دوره‌ی رشدی به‌ترتیب ۹/۳۴ درجه‌ی سلسیوس و ۲۸۵/۷۱ روز-درجه به‌دست آورد و Fatemi (2014) برای کفشدوزک *M. sexmaculatus* برای کل دوره لاروی به‌ترتیب ۱۲ /۲۲ درجه‌ی سلسیوس و ۸۳/۳۳ روز درجه و برای کل دوره‌ی رشدی به‌ترتیب ۱۱/۵۵ درجه‌ی سلسیوس و ۱۶۶/۶۶ روز-درجه به‌دست آمد. مشخص شد که آستانه پایین دمای رشد و نمو برای کل دوره‌ی لاروی و کل دوره‌ی رشدی در کفشدوزک *O. conglobata contaminata* نسبت‌به *M. sexmaculatus* کمتر است در حالی‌که نیاز گرمایی آن در هر دو مرحله بیشتر می‌باشد. در کفشدوزک *H. variegata* آستانه پایین دمای رشد و نمو برای کل دوره‌ی لاروی و کل دوره‌ی رشدی از هر دو کفشدوزک ذکر شده بیشتر است. نیاز گرمایی رشد برای کل دوره‌ی لاروی و کل دوره‌ی رشدی از کفشدوزک *O. conglobata contaminata* کمتر و از کفشدوزک *M. sexmaculatus* بیشتر می‌باشد.

در بررسی Elhang & Zaitoon (1996) طول دوره‌ی رشدی کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته‌های *Brevicoryne brassicae* L. و *Rhopalosiphum padi* L. دردمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس ۲۰/۱ روز و درصد بقا ازتخم تا حشره‌ی کامل ۶۱/۸٪ پژوهش انجام شده به‌وسیله‌ی Orr & Obrycki (1990) طول دوره‌ی رشدی این کفشدوزک با تغذیه از شته‌ی *R. maidis* (Fitch) در دمای ۲۳ درجه‌ی سلسیوس ۱۹/۴ روز و درصد بقا از تخم تا حشره‌ی کامل ۹۵٪ و با تغذیه از شته نخود *Acyrthosiphon pisum* (Harris) در دمای ۲۳ درجه‌ی سلسیوس ۱۹/۳ روز و درصد بقا ۸۸ درصد بود. مطالعات Michels & Flanders (1992) مشخص نمود که کفشدوزک *H. variegata* در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس و با تغذیه از شته *Schizaphis graminum* (Rondani)، ۳۰/۳ روز طول می‌کشد تا دوره‌ی رشدی خود را کامل کند. براساس مطالعات Wang *et al.* (1984) دمای مناسب برای رشد *H. ariegata* ۱۸-۲۵ درجه‌ی سلسیوس و دوره‌ی رشد آن برای نسل‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۳۵/۹، ۳۷/۲ و ۲۵/۹ روز می‌باشد.

بررسی‌های انجام شده روی گونه نزدیک به گونه مورد بررسی در پژوهش حاضر روی میزبان‌های مختلف، در ادامه‌ی این بحث دنبال شده است. در پژوهش Katsarou *et al.* (2005) زیست شناسی کفشدوزک *H. convergens* Guérin-Méneville را در دماهای ۱۴، ۱۷، ۲۰ و ۲۳ درجه‌ی سلسیوس روی شته‌ی توتون مورد مطالعه قرار دادند، نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش دما از ۱۴ به ۲۳ درجه‌ی سلسیوس طول دوره‌ی رشدی کاهش پیدا می‌کند به‌طوری‌که طول دوره‌ی زندگی حشره‌ی کامل ۵۷/۲ روز در دمای ۱۴ درجه‌ی سلسیوس به ۱۶/۹ روز در دمای ۲۳ درجه‌ی سلسیوس کاهش یافت و طول دوره‌ی رشد در دماهای ۱۷ و ۲۰ درجه‌ی سلسیوس نیز ۳۶/۲ و ۲۷/۳ روز به‌دست آمد و در دمای ۱۷ و ۲۰ درجه‌ی سلسیوس وزن حشرات بیشتر بود. هم‌چنین ضمن این بررسی مشخص شد که مرگ و میر لاروهای سن یک بسیار بیشتر از لاروهای سنین بعدی و شفیره به‌ویژه در دماهای پائین می‌باشد. نتایج به‌دست آمده در مورد بیولوژی و مرگ و میر کفشدوزک *H. convergens* با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. نتایج تحقیقات دانشمندان نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان مرگ و میر لاروی در دمای نزدیک دمای آستانه پایین دمای رشد و نمو اتفاق می‌افتد که یک پدیده‌ی طبیعی در بین کفشدوزک‌های شته‌خوار می‌باشد که در مناطق معتدل زندگی می‌کنند (Orr & Obrycki. 1990, Miller, & Rodriguez-Saona 1992).

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش‌های مختلفی در رابطه با نیاز گرمایی کفشدوزک‌های دیگر صورت گرفته است، جلالی (۱۳۸۰) آستانه پایین دمای رشد و نمو را برای کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از پسیل مغمولی پسته ۱۴/۴۱ درجه‌ی سلسیوس به‌دست آورد که بیشتر از پژوهش حاضر است بنابراین ممکن است. نوع غذا در برآورد شاخص های دمایی نقش بسزائی داشته باشد (Katsarou *et al.,* 2005 و Obrycki & Tauber, 1982). در پژوهش Katsarou, *et al.* (2005) روی کفشدوزک *H. convergens* آستانه پایین دمای رشد برای تخم ۹/۷، لارو ۱۱/۲۰، شفیره ۱۱/۸ و تخم تا حشره‌ی کامل ۱۰/۷ درجه‌ی سلسیوس به‌دست آمد که کمتر از پژوهش حاضر است. بنابراین تحمل سرمایی کفشدوزک فوق بیشتر از *H. variegata* است. در پژوهش (Rebolledol, *et al*., 2009) آستانه پایین دمای رشد و نمو را برای کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از *A. pisum*، ۱۰درجه‌ی سلسیوس و نیاز گرمایی را ۱۰/۲±۱۹۰/۳۲ روز- درجه به‌دست آوردند در حالی که در پژوهش حاضر آستانه پایین دمای رشد و نمو ۱۳/۳۴ درجه‌ی سلسیوس و نیاز گرمایی ۱۶۹/۴۹ روز- درجه‌ی سلسیوس به‌دست آمد. بنابراین آستانه پایین دمای رشد و نمو در این پژوهش بیشتر از کفشدوزک *H. variegata* (Elhabi , *et al.,* 2000) و کفشدوزک *H. convergens* (Obrycki & Tauber, 1982 و Katsarou *et al.,* 2005) است که نشان می‌دهد تحمل دمای پایین در کفشدوزک‌ها متفاوت است و این تحمل دمایی بستگی مستقیم به نوع غذای کفشدوزک دارد و آگاهی از آن برای پیش‌بینی میزان سازگاری کفشدوزک نسبت به‌محیط مهم است. در پژوهش Bayhan *et al.* (2005) روی شته‌ی سبز انار *A. punicae*. آستانه پایین دمای رشد و نمو برای دوره‌ی پورگی ۱۱/۰۸ درجه‌ی سلسیوس به‌دست آمد و نیاز گرمایی برابر با ۶۶/۴ روز-درجه‌ی سلسیوس به‌دست آمد که این مقادیر کمتر از مقادیر محاسبه شده برای کفشدوزک *H. variegata* در پژوهش حاضر است (Bayhan *et al.,* 2005). بنابراین، تحمل سرمایی شته‌ی سبز انار بیشتر از کفشدوزک شکارگر بوده و آفت زودتر در طبیعت ظاهر می‌شود. با استفاده از دستاوردهای این پژوهش برای تعیین دمای بهینه و آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو کفشدوزک و آفت، مشخص می‌شود که کدام یک زودتر در طبیعت ظاهر می‌شوند. در صورتی‌که آستانه پایین رشد برای آفت کم‌تر از شکارگر باشد نشان می‌دهد که آفت زودتر از شکارگر در طبیعت ظاهر شده و مهارزیستی آفت به‌وسیله‌ی کفشدوزک در ابتدای فصل آسان نخواهد بود (Mehrnejad & Jalali, 2004). با تعیین آستانه پایین دمای رشد و نمو شته‌ی انار، این پیش‌بینی امکان‌پذیر خواهد شد.

References

Alinaghizadeh, A. 2011. Faunistic survey of ladybirds (Coccinellidae) in Kerman. MSc. Thesis of Agricultural Entomology, Vali-e-Asr University, 111pp. (In Persian with English summary).

Arnold, C.Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 74: 430-445.

Asghari, F., Samih, M.A., & Mahdian, K. 2012a. Some biological characteristics of *Hippodamia variegata* (Goeze) reared on *Brevicoryne brassicae* L. and eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller. Biological Control of Plant Pest and Diseases, 1: 19-27. (In Persian with English summary).

Asghari, F., Samih, M.A., Mahdian, K., Basirat, M. & Izadi, H. 2012b. Effects of temperature on some biological characteristics of *Hippodamia variegata* (Goeze) reared on common pistachio psylla *Agonoscena pistaciae* Burckhardt and Lauterer and angoumois grain moth, *Sitotroga crealella* Olivier in laboratory conditions. Plant Protection Science, 42(1), 137-149. (In Persian with English summary).

www.SID.ir

Archive of SID

Badawy, A. 1968. The biology of *Adonia variegata* Goez and its role in control berseem aphids in Sudan. Bulletin de la Societe Entomologique-d Egypte, 52: 391-396.

Bagheri, M.R. & Mossadegh, M.S. 1996. The faunistic studies of Coccinellidae in Charmahal Bakhtiari province (Part I Family: Chilocorinae and Coccinelidae). Journal of Agricultural Science, 7, 8: 29-35 (In Persian with English summary).

Bayhan, E, Bayhan, O, Ulusoy M.R. & Brown J.K, 2005. Effect of temperature on the biology of *Aphis punicae* (Passerini) (Homoptera: Aphididae) on pomegranate. Environmental Entomology, 34, 22-26.

Bernal, J. & Gonzalez, D, 1993.Temperatures requirements of four parasites of the Russian wheat aphid, *Duraphis noxia*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 69: 173-182.

Campbell A., Frazer B.D., Gilbert, N., Gutierrez, A.P. & Mackauer, M., 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasities. Journal of Applied Ecology, 11: 431-438.

Chi, H. 1990. Timing of control based on the stage structure of pest population: a simulation approach. Journal of Economic Entomology, 83, 1143-1150.

Davidson, J. 1994. On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperature. Journal of Animal Ecology, 13:26-38.

Dent, D.R. & Wratten S.D. 1986. The host-plant relationships of apterous virginoparae of the grass aphid *Metopolophium festucae cerealium*. Annul of Applied Biology. 108: 567-576.

Elbert, T.A. & Cartwright, B, 1997. Biology and ecology of *Aphis gossypii* (Glover) (Homoptera: Aphididae). Society of Southwestern Entomologists, 22: 116-145.

Elhabi, M., Sekat, A., Elljad, L. & Boumezzoush, A. 2000. Biology, *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.: Coccinellidae) et possibilities de son utilization control *Aphis gossypii* (Glover) (Homoptera: Aphididae) Sous Serres de Cucumber. Journal of Applied Entomology, 124: 365-374.

Elhag, E.T.A & Zaitoon, A.A. 1996. Biological parameters for four coccinellid species in central Saudi Arabia. Biological Control, 7: 316-319.

Ershova, N.I. 1981. Aphidophagous coccinellids in covered ground. Zashchita Rastenii Moskva, 1: 29-30 (in Russian).

Fatemi, S. 2014. Biology and efficiency of six spotted ladybird, *Menochilus sexmaculatus* Fabricius (Col.: Coccinellidae) feed on *Aphis punicae* Pass. (Hem.: Aphididae) and Feasibility study of suitable regions for release with using GIS in yazd province. MSc. Thesis of Agricultural Entomology, Vali-e-Asr University, (In Persian with English summary).

Franzmann, A.B. 2002. *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), a predacious ladybird new in Australia. Australian Journal of Entomology, 41: 375-377.

Gordon, R.D. 1987. The first North American records of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.: Coccinellidae). Journal of New York Entomology Society, 95: 307-309

Hodek, I. 1973. Biology of Coccinellidae. Czechoslovak. Academy of Science Prague.

Hu, L.X., Chi. H., Zhang. J., Zhou, Q. & Zhang, R.J. 2010. Life table analysis of the performance of *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) on two wild rice species. Journal of Economic Entomology, 103: 1628-1635.

Huffaker, C, Berryman, A, & Turchin, P, 1999. Dynamics and regulation of insect populations, pp. 269-305. In C.B. Huffaker and A.P. Gutierrez (eds.), Ecological Entomology, 2nd ed. Wiley, New York.

www.SID.ir

Archive of SID

Ikemoto, T. & Takai, K. 2000. A new linearized formula for the law of total effective temperature and the evaluation of line-fitting methods with both variables subject to error. Environmental Entomology, 29, 671-682

Jafari, R. & Vafaei Shoushtari, R. 2009. Effect of different temperatures on life developmental stages of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col., Coccinellidae), feeding on *Aphis fabae* (Scopoli) (Hem., Aphididae). Journal of Entomological Research, 1(4), 289-297, (In Persian with English summary).

Jalali, M.A. 2001. Study of food consumption in lady beetles of the common pistachio psyllid, *Agonoscena pistaciae* in Rafsanjan and compiling a life table in controlled conditions. MSc Thesis, University of Shiraz, (In Persian with English summary).

Kader, A.A. 2006. Postharvest biology and technology of pomegranates. pp. 211–220. In: Pomegranates: Ancient Roots to Modern Medicine, Seeram N.P., Schulman R.N. & Heber D. (eds.), CRC Press, Boca Raton, FL.

Katsarou, I, Margaritopoulos, J.T., Tsitsipis, J.A., Dionyssios, Ch. & Zarpas, K.D. 2005. Effect of temperature on development, growth and feeding of *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia convergens* reared on the tobacco aphid, *Myzus persicae nicotianae*. Biocontrol, 50: 565–588.

Kontodimas, D.C. & Stathas, G.J. 2004. Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dysaphis crataegi*. Biocontrol, 50: 223-233.

Lanzoni, A., Accinelli, G., Bazzacchi, G.G, & Burgio, G. 2004. Biological traits and life table of the exotic *Harmonia axyridis* compared with *Hipopodamia variegata* and *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). Journal of Applied Entomology, 128: 298-306.

Mehrnejad, M.R., & Jalali, M.A. 2004. Life history parameters of the coccinellid beetle, *Oenopia conglobata contaminata*, an important predator of the common pistachio psylla. Biocontrol Science and Technology, 14: 701-711.

Michels, G.J. & Flanders, R.V. 1992. Larval development, aphid consumption and oviposition for five imported coccinellids at constant temperature on Russian wheat aphid and greenbugs. Southwest Entomology, 17: 233–243.

Miller, J.C. 1992. Temperature-dependent development of the convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). Environmental Entomology, 21: 197–201.

Mokhtari, B. & Samih, M.A. 2014a. Effects of temperature on some biological characteristics of *oenopia conglobate contaminata* (Menteries) reared on green peach aphid *Myzus persicae* (sulzer) in Laboratory Conditions. Agricultural Pest Management, 1(2), 1-12, (In Persian with English summary).

Mokhtari, B., & Samih, M.A. 2014b. Predatory efficiency of *Oenopia conglobata contaminata* (Menteries) on *Myzus persicae* (Sulzer) (Hem.: *Aphididae*) under laboratory conditions. Biological Control of Plant Pests and Diseases, 3(1), 53-65, (In Persian with English summary).

Molashahi, M., Sahragard, A. & Hoseini, R. 2002. Growth index of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) in laboratory conditions. Proceeding of the 15th Iranian Plant Protection Congress, Rasht, p. 338 (In Persian with English summary)

Obrycki, J.J. & Tauber, M.J. 1982. Thermal requirements for development of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). Annals of the Entomology Society of America, 75: 678–683.

www.SID.ir

Archive of SID

Orr, C.J. & Obrycki, J.J. 1990. Thermal and dietary requirements for development of *Hippodamia parenthesis* (Coleoptera: Coccinellidae). Environmental Entomology, 19: 1523–1527.

Pedigo L.P. 1999. Entomology and Pest Management. Prentice Hall. USA. 691.

Radjabi, G. 1989. Insect attacking rosaceous fruit trees in Iran (Third Volume). Agricultural Research and Education Organization, Plant Pests & Diseases Research Institute, 256pp (In Persian).

Rebolledol, R., Sheriff, J., Parra, L. & Aguilera, A. 2009. Life, seasonal cycles, and population fluctuation of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), in the central plain of La Araucanía Region Chile. Chillian Journal Agricultural Research, 6(2): 292-298.

Rodriguez-Saona, C. & Miller, J.C 1999. Temperature-dependent effects on development, mortality and growth of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). Environmental Entomology, 28: 518–522.

Rounagh-Ardakani, H., Samih, M.A. & Mahdian, K. 2014. Effect of temperature on biological parameters of *Oenopia conglobata contaminata* (Menteries) by feeding on pomegranate green aphid *Aphis punicae* Pass.under laboratory conditions. Plant Pests Research, 4(3), 25-38, (In Persian with English summary).

Samih, M.A. 1993. Morphology and identification of *Aphis* spp. (Hom.: Aphididae) in cooler region of southern Isfahan. Shahid Chamran University, Collage of Agriculture, 198 pp. (In Persian with English summary).

Shakeri, M. & Daneshvar, M. 2004. Conference report on the achievements and problems of management Carob, *Ectomyelois ceratoniae*. Research Center for Agriculture and Natural Resources of Yazd, p. 13, (In Persian with English summary).

Wagner, T.L., Wu, P.J., Sharp, H., Schoolfield, R.M. & Coulson, R.N. 1984. Modeling insect development rates: A literature review and application of a biophysical model.Annals of the Entomological Society of America, 77: 208-225.

Wang, Y.H., Liu, B.S., Fu, H.Z. & Gu, L.N. 1984. Studies on the habits and bionomics of *Adonia variegata* (Goeze). Insect Knowledge Kunchong Zhishi, 21: 19–22 (in Chinese).

Wilson, L.T & Barnett, W.W. 1983. Degree-days: an aid in crop and pest management. California Agriculture, 37, 4-7.

Yang, P.J.J..R. & Dowell, R.V. 1994. Temperature influence on the development and demography of *Bactrocera dorsalis* in china. Environmental Entomology, 23(4): 971-974.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of temperature on developmental rate of *Hippodamia variegata* by feeding on pomegranate green aphid, *Aphis punicae*

Iman Ramazani, Mohammad Amin Samih

Department of Plant Protection, Vali-e-Asr Uuniversity of Rafsanjan, Iran

Corresponding author: Mohammad Amin Samih, email: samia_aminir@yahoo.com

Received: March, 15, 2015 3 (2) 19-34 Accepted: Sep. 29, 2015

Abstract

Characteristics such as lower developmental time, higher fertility and a large body size of natural enemies as biological control agents are important for mass rearing. *Hippodamia variegate* (Goeze) (Col.: Coccinellidae) is one of the major predators of pests in the gardens of Iran. The effect of six constant temperatures, 17.5, 20, 22.5, 25, 27.5 and 30 (±1) ºC were investigated on the development of the predator by feeding on the pomegranate green aphid *Aphis punicae* (Hem.: Aphididae) in growth chamber with 65±5%RH and 16L: 8D h conditions. The results showed that there were significant differences among developmental times of the studied coccinellid in examined temperatures. The developmental time of *H. variegata* were 46.01± 1.541, 23.77 ± 0.311, 16.02 ± 0.16, 11.66 ± 0.12, 10.45 ± 0.20 and 13.35 ± 0.33 days on above mentioned temperatures, respectively. Developmental rate of predatory coccinellid increased linearly in relation to temperature to 27.5 ºC. The lowest mortality was observed at 20 and 27.5ºC among the above mentioned temperatures. Two mathematical models, including common and Ikemoto and Takai linear models, were used to describe temperature-dependent development of the *H. variegata*. Based on the statistical criteria, whereas the common linear model had shown an acceptable fit to data, Ikemoto and Takai linear model estimated thermal indices more precisely than common linear model. Estimated values for lower temperature threshold for incubation period, total larval period, pupal period and overall immature stages of the *H. variegata* were 11.15, 14.13, 15.52 and 13.99 °C, respectively, and the values of the thermal requirement for the mentioned above developmental stages were 44.69, 79.22, 23.62 and 157.34 degree-days, respectively, by using Ikemoto and Takai linear model. Moreover, mathematical models for description of temperature-dependent development of the coccinellid developmental stages were presented. The results show that optimum temperature was 25 to 27.5ºC for the rearing of the lady beetle.

Keywords: degree day, pomegranate, thermal constant

www.SID.ir