

بررسی رشد و نمو وابسته به دما و برآورد شاخص‌های مهم دمایی رشد و نمو مراحل نابالغ بالتوری سبز معمولی، *Chrysoperla carnea* با استفاده از مدل‌های خطی

زهرا نعمتی^۱، حسین رنجبر اقدم^۲، علیرضا اسکریان زاده^۱ و حبیب عباسی‌پور^۱

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران

۲- بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران

مسئول مکاتبات: حسین رنجبر اقدم، hossein_aghdam2003@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۰۹

۸۹-۷۵ (۲)

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲۴

چکیده

رابطه‌ی بین دما و نرخ رشد و نمو مراحل مختلف رشدی بالتوری سبز معمولی، *Chrysoperla carnea*، در چهار دمای ثابت ۲۰، ۲۵، ۲۷ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 50 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، در اتاقک رشد بررسی شد. نرخ رشد مراحل رشدی جنینی، سنین مختلف لاروی، شفیرگی و کل دوره‌ی رشد و نمو مراحل نابالغ بالتوری سبز معمولی در دماهای یاد شده با افزایش دما در دامنه‌ی دمایی مورد بررسی به‌طور 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 برازش مشاهدات با مدل‌های مورد بررسی نشان داد، در حالیکه مدل خطی معمولی به‌خوبی قادر به توصیف این ارتباط خطی است ولی برازش مدل ایکموتو و تاکای بهتر از مدل یاد شده روی داده‌های ثبت شده است. براساس برآوردهای مدل خطی ایکموتو و تاکای نیاز گرمایی مراحل رشدی، تخم، سنین لاروی یک تا ۳، کل دوره‌ی لاروی، شفیرگی و کل مراحل نابالغ بالتوری سبز معمولی به‌ترتیب ۵۶/۸۲۱، ۵۲/۷۱۹، ۲۸/۹۷۹، ۳۳/۱۹۹، ۱۱۵/۴۷۰، ۱۲۰/۴۳۲، ۲۹۰/۹۸۶ روز-درجه‌ی سلسیوس و آستانه‌ی دمای پایین رشد و نمو مراحل رشدی یاد شده به‌ترتیب ۱۰/۸۴۸، ۹/۵۷۲، ۱۳/۳۰۷، ۱۲/۵۱۴، ۱۱/۴۸۷، ۱۲/۰۰۴ و ۱۱/۶۲۴ درجه‌ی سلسیوس برآورد شد. در این بررسی مدل ریاضی خطی بین دما و نرخ رشد و نمو هر یک از مراحل رشدی بالتوری سبز معمولی با استفاده از هر دو مدل مورد بررسی ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: بالتوری سبز معمولی، رشد و نمو، مدل خطی، شاخص دمایی

مقدمه

خانواده‌ی Chrysopidae شامل گونه‌هایی از حشرات شکارگر هستند که با وجود تغذیه‌ی حشرات کامل آن‌ها از شهد و گرده‌ی گیاهان، در مرحله‌ی لاروی بسیار پرخور بوده و به‌طور گسترده از بندپایان کوچک دارای بدن نرم مانند شته‌ها، سفید بالک‌ها، تریپس‌ها، تخم و لارو پروانه‌ها و کنه‌ها تغذیه می‌کنند (Rimoldi et al., 2008). در این میان در مورد گونه‌ی *Chrysoperla carnea* Stephen خانواده‌ی Chrysopidae و راسته‌ی Neuroptera به‌دلیل پراکنش جغرافیایی، دامنه‌ی میزبانی وسیع و قدرت سازگاری مناسب آن مطالعات زیادی انجام شده است (Mori & Gotoh, 2001). علاوه بر این پرورش و تکثیر به نسبت

توسعه‌ی روزافزون مقاومت در گونه‌های مختلف حشرات نسبت به حشره‌کش‌های رایج، تمایل به استفاده از غذای سالم و عاری از باقیمانده‌ی غیر مجاز آفت‌کش‌های شیمیایی، افزایش نگرانی درباره‌ی سلامت انسان‌ها و کاهش تدریجی مصرف حشره‌کش‌های متداول، سبب شده است که محققان امکان استفاده از سایر روش‌های کم‌خطر را در کنترل آفات بررسی کنند (Athanassiou et al., 2004). در این میان نقش شکارگرها به‌عنوان عوامل مؤثر و کارا در برنامه‌های کنترل بیولوژیک به‌صورت عملی تأیید شده است.

رابطه‌ی خطی وجود دارد. روز-درجه (Degree-Days) یک واحد مرکب از زمان و دما است (Golizadeh *et al.*, 2007). براساس تعریف ارائه شده توسط گلی‌زاده (۱۳۸۶)، عبارت است از مقدار گرمایی است که در دماهای بالاتر از آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو یک حشره یا موجود خونسرد، برای تکمیل رشد و نمو یا عبور از یک مرحله‌ی زیستی به مرحله‌ی دیگر مورد نیاز است. یک روز-درجه واحد اندازه‌گیری معادل یک درجه (واحد گرما) بالای آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو در یک شبانه روز است (Golizadeh, 2007). گاهی به روز-درجه زمان فیزیولوژیک (Roy *et al.*, 2002) یا طبق نظر رنجبر اقدم (۱۳۸۸) نیاز گرمایی نیز گفته می‌شود (Ranjbar Aghdam, 2009). زمان فیزیولوژیک یا نیاز گرمایی، مقدار گرمایی است که باید برای کامل شدن رشد و نمو هر یک از مراحل رشدی یک حشره یا یک موجود خونسرد تامین شود تا آن موجود بتواند رشد خود را در آن مرحله تکمیل کرده و به مرحله‌ی رشدی بعدی برسد (Ranjbar Aghdam, 2009). براساس نظر فروزان و همکاران (۱۳۷۸) استفاده از روز-درجه و بررسی تأثیر دما روی رشد حشرات، گیاهان و دیگر موجودات خونسرد از مدت‌ها پیش مورد توجه بوده است. در دهه‌ی گذشته اهمیت این مسئله بیشتر معلوم شده و تحقیقات گسترده‌ای در نقاط مختلف دنیا برای تهیه‌ی نقشه‌های روز-درجه برای محصولات کشاورزی، آفات و دشمنان طبیعی آن‌ها در حال انجام است (Forouzan *et al.*, 2008).

اولین بار حدود ۲۵۰ سال قبل، Reumore نقش دما را روی لاروهای یک پروانه مورد بررسی قرار داد (Golizadeh, 2007). در گذشته رشد و نمو *C. carnea* در دماهای مختلف توسط (Nadeem & Yadov, 2012) و Pathak (2010) بررسی شده بود. در بررسی دیگری میراب زاده و همکاران (۱۳۷۹)، رشد و نمو *C. carnea* را در چهار دمای $۱۶/۵ \pm ۱/۵$ ، $۲۶/۵ \pm ۱/۵$ ، $۳۰/۵ \pm ۱/۵$ و $۳۵/۵ \pm ۱/۵$ درجه‌ی سلسیوس بررسی کرده‌اند. براساس این بررسی‌ها مشخص شد، حشره‌ی هدف در بین دماهای مورد مطالعه، در

آسان آن در آزمایشگاه و امکان ذخیره نمودن کوتاه مدت تخم و بلند مدت حشره‌ی کامل بالتورسی سبز (Ashfagh *et al.*, 2002; Zia *et al.*, 2008) و تغذیه‌ی زیاد و قدرت جستجوگری بالای لارو این بالتوری، رهاسازی آن را علیه آفاتی چون شته‌ها، کنه‌ها و کرم غوزه توجیه می‌نماید (Ashfagh *et al.*, 2007). این ویژگی‌ها باعث شده است تا توجه متخصصین زیادی را به‌عنوان عامل بیولوژیک موفق به خود جلب کند و مطالعات زیادی در خصوص پرورش و تولید تخم و لارو آن انجام شود و مورد توجه محققان و کشاورزان قرار گیرد. به‌دلایل یادشده، تحقیقات گسترده‌ای در مورد ویژگی‌های شکل شناسی، زیست‌شناسی و پرورش انبوه و کاربرد آن به‌عنوان یکی از عوامل بیولوژیک مهم و مؤثر در کنترل آفات مکنده و پروانه‌ای محصولات باغی، زراعی و گلخانه‌ای انجام شده است (Senior & McEwen, 2001).

در طبیعت بسیاری از فرآیندهای اکولوژیک تحت تأثیر عوامل اقلیمی به‌ویژه دما می‌باشند. دما مهمترین عامل تغییرات ویژگی‌های زیستی بندپایان است. در یک دامنه‌ی دمایی مشخص، تغییر کوچکی در دما ممکن است تغییرات عمده‌ای در نرخ هر فرآیند بیولوژیک ایجاد نماید. اثر دما روی بقا، تولیدمثل و رشد جمعیت را می‌توان به‌وسیله‌ی توابع ویژه‌ای از دما نشان داد و در پیش بینی اثر متقابل دشمنان طبیعی و آفات از آن استفاده کرد (Roy *et al.*, 2002, Golizadeh *et al.*, 2007).

مدل‌های خطی و غیر خطی متعددی برای توصیف رابطه‌ی بین دما و مقدار رشد و نمو حشرات ارائه شده است. مدل‌های خطی قادر به تخمین آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو و نیاز گرمایی در یک دامنه‌ی دمایی محدود می‌باشند. این مدل‌ها شامل مدل خطی معمولی و مدل خطی ایکموتو و تاکای می‌باشند (Ranjbar Aghdam *et al.*, 2009). مدل‌های خطی به لحاظ سهولت در محاسبه و سادگی آن و این‌که تخمین قابل قبولی از آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو را ارائه می‌دهند در سطح گسترده‌ای برای محاسبه نیاز گرمایی حشرات به کار رفته‌اند. در هنگام استفاده از این مدل‌ها فرض می‌شود که بین سرعت رشد و نمو حشره و دما

شده ضمن پرورش در انسکتاریوم، برای تأیید نام گونه به بخش رده بندی موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور ارسال شد.

پرورش بالتوری سبز معمولی، *C. carnea* در دمای ثابت 27 ± 1 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 50 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در یکی از انسکتاریوم‌های بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک موسسه‌ی تحقیقات گیاه پزشکی کشور انجام شد. حشرات کامل پس از یک نسل پرورش در آزمایشگاه برای انجام آزمایشات در نسل دوم استفاده شدند. حشرات کامل بالتوری سبز معمولی به منظور تغذیه، جفت گیری و تخم‌ریزی به ظروف استوانه‌ای پلاستیکی به ارتفاع ۳۰ و قطر ۲۵ سانتی‌متر که هر دو طرف آن باز بوده و به وسیله‌ی پارچه‌ی توری مسدود شده بود، منتقل شدند. برای تسهیل جمع‌آوری تخم‌های بالتوری از ورقه‌های کاغذی که درون ظروف قرار می‌گرفت، استفاده شد. به منظور تأمین آب مورد نیاز بالتوری‌ها از اسفنج مرطوب استفاده شد که روی توری دهانه ظروف قرار داده می‌شد. طبق روش ملکشی و همکاران (۱۳۸۳) برای تغذیه‌ی بالتوری‌ها از ترکیب غذایی شامل مخمر، عسل و آب به ترتیب به نسبت‌های ۴:۷:۱۰ استفاده شد که به وسیله‌ی نوارهای کاغذی در اختیار بالتوری‌ها قرار داده می‌شد (Malkeshi et al., 2004).

پرورش لارو بالتوری سبز داخل اتاق‌های حرارت ثابت، با دمای 27 ± 1 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 50 ± 10 درصد و دوره‌ی نوری، روشنایی/ تاریکی به ترتیب ۱۶ / ۸ ساعت انجام شد. ظروف پرورش جعبه‌های مکعب مستطیل از جنس پلاستیک به ابعاد $15 \times 25 \times 35$ سانتی‌متر بودند. به منظور جلوگیری از هم‌خواری لاروها و کاهش امکان برخورد از تکه‌های یونولیت و توری برای پرکردن فضای داخل ظروف استفاده شد. دهانه‌ی ظروف با استفاده از پارچه‌ی توری مسدود شد. بعد از تفریح تخم‌ها، به منظور تغذیه‌ی لاروها از تخم‌های شب پره‌ی آرد، *Ephesia kuehniella* Zeller استفاده شد. لاروها برای تولید حشرات کامل تا مرحله‌ی شفیرگی پرورش داده شدند. در این مرحله لاروهای یاد شده به صورت انفرادی به همراه غذا به درون ظروف کوچک منتقل شدند تا احتمال هم‌خواری لاروها را به حداقل برسد. شفیره‌های حاصل

دمای $30/5 \pm 1/5$ درجه‌ی سلسیوس کوتاه‌ترین طول دوره‌ی رشد و نمو را دارد (Mirabzadeh et al., 2000).

در خصوص تأثیر میزبان‌های مختلف روی بالتوری *C. carnea* توسط (Jokar & Hesami et al. (2011)، (zarabi (2012) و Sattar et al. (2011) بررسی‌های انجام شده است. شریفی فرد و مصدق (۱۳۸۵) به منظور تعیین اثر دما و طعمه بر طول دوره‌ی رشد و نمو بالتوری سبز معمولی *C. carnea* و تخمین نیازهای گرمایی این گونه آزمایشاتی در دماهای مختلف و روی میزبان‌های مختلف از شته‌ها انجام دادند (Sharififard & Mossadegh 2006). همچنین کاظمی و همکاران (۱۳۸۹) برخی از ویژگی‌های زیستی *Chrysoperla lucasina* (Lacroix) را در تغذیه از پوره‌ی پسیل معمولی پسته در دماهای مختلف بررسی کرده‌اند (Kazemi et al., 2010 a&b).

شناخت سازگاری‌های زیست محیطی عوامل کنترل بیولوژیک موثر در کنترل جمعیت آفات مهم در بوم‌سامانه‌های کشاورزی، در راستای به کارگیری بهینه‌ی آن‌ها در مدیریت انبوهی آفات ضروری است. در همین راستا، به دلیل اهمیت و نقش اساسی دما به عنوان مهمترین عامل متأثر کننده‌ی رشد و نمو و سایر فعالیت‌های زیستی موجودات خونسرد، در این پژوهش ضمن ارزیابی کارایی دو مدل ریاضی خطی برای توصیف سرعت رشد و نمو مراحل مختلف رشدی بالتوری سبز معمولی در دماهایی که حدوث آن‌ها در طول فصل زراعی در طبیعت بیشتر محتمل است، شاخص‌های اصلی دمایی شامل آستانه‌ی پایین دما و نیاز گرمایی رشد و نمو مراحل رشدی بالتوری سبز معمولی، به عنوان یکی از مهمترین شکارگرهای مهم و فعال در سطح باغات و مزارع کشور با استفاده از مدل‌های یاد شده برآورد شد.

مواد و روش‌ها

به منظور تشکیل کلنی آزمایشگاهی ابتدا از مزارع سیب زمینی و یونجه شهرستان فیروزکوه واقع در استان تهران با روش تور زدن نمونه‌هایی از بالتوری سبز معمولی در طول فصل زراعی جمع‌آوری شد. تعدادی از نمونه‌های جمع‌آوری

الف-۱- مدل خطی معمولی یا مدل روز-درجه (Campbell et al., 1974)

مدل رگرسیون خطی به صورت زیر است:

$$D = K / (T - t_{\min})$$

در این رابطه D طول دوره‌ی رشد و نمو، T دمای محیط، t_{\min} آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو و K نیاز گرمایی است. براین اساس نیاز گرمایی (K) و آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو (t_{\min}) با استفاده از رابطه‌ی $Y = a + bX$ و به ترتیب با روابط زیر محاسبه شدند:

$$K = 1/b$$

$$t_{\min} = -a/b$$

در روابط یاد شده، a عرض از مبدأ خط رگرسیون نرخ رشد و نمو و دما بوده و b شیب خط می‌باشد.

الف-۲- مدل خطی ایکموتو و تاکای (Ikemoto & Takai, 2000)

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_{\min} آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو و K نیاز گرمایی است.

ب- شاخص‌های دمایی

ب-۱- آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو^۱ (t_{\min})

آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو، دمایی است که در آن رشد و نمو صفر بوده و یا قابل اندازه‌گیری نیست. خطای استاندارد مقدار برآورد شده برای این شاخص دمایی در مدل‌های خطی مورد بررسی با رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$SE_{t_{\min}} = \frac{\bar{r}}{b} \sqrt{\frac{s^2}{N \times r^2} + \left[\frac{SE_b}{b} \right]^2}$$

که در آن s^2 میانگین مربعات باقیمانده، \bar{r} میانگین نمونه‌ها و N تعداد نمونه می‌باشد (Campbell et al., 1974; Kontodimas et al., 2004).

ب-۲- نیاز گرمایی (K)

به‌ظروف پرورش حشرات کامل منتقل شدند تا در آنجا به حشره‌ی کامل تبدیل شوند.

شب پره‌ی آرد، *E. kuehniella* از میزبان‌های مطلوب

آزمایشگاهی برای تکثیر بالتوری سبز معمولی، *C. carnea* محسوب می‌شود. براساس مشاهدات نگارندگان، شب پره‌ی یاد شده به علت دارا بودن تخم بزرگ‌تر و پرورش آسان‌تر نسبت به دیگر میزبان‌های آزمایشگاهی بالتوری سبز معمولی مانند بید غلات، *Sitotroga cerealella* Oliv. برای پرورش آزمایشگاهی این شکارگر مطلوب‌تر می‌باشد.

طول دوره‌ی مراحل مختلف رشدی بالتوری سبز معمولی

شامل، دوره‌ی جنینی (تخم)، سنین مختلف لاروی، کل دوره‌ی لاروی، شفیره و کل دوره‌ی نابالغ بالتوری سبز معمولی در اتاقک رشد در ۴ دمای ۲۰، ۲۵، ۲۷ و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی $10 \pm 5\%$ درصد و دوره‌ی روشنایی ۱۶ ساعت و تاریکی ۸ ساعت ثبت شد. بدین منظور، ۱۰۰-۴۰۰ عدد تخم هم‌سن با عمر کمتر از ۲۴ ساعت از نسل دوم کلنی اولیه انتخاب و هر تخم داخل یک لوله آزمایش قرار داده شد. لوله‌های آزمایش به اتاقک‌های رشد در هر یک از دماهای مورد بررسی منتقل شدند. تخم‌ها به‌طور روزانه بازدید و تعداد تخم‌های تفریخ شده در هر روز ثبت شد. در ادامه، رشد و نمو مراحل لاروی و شفیرگی نیز در دماهای مورد نظر ثبت شد. در مرحله‌ی بعد تأثیر دما روی طول دوره‌ی رشد و نمو هر یک از مراحل رشدی بالتوری سبز معمولی، *C. carnea* از نظر آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه‌ی واریانس شده و در صورت معنی‌دار بودن اثر دما روی طول دوره‌ی رشد و نمو هر یک از مراحل زیستی بالتوری، با استفاده از آزمون دانکن مقایسه‌ی میانگین تیمارها و گروه‌بندی انجام شد.

الف- 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 هر یک از مراحل رشدی بالتوری سبز از دو مدل خطی رگرسیون معمولی (Campbell et al., 1974) و ایکموتو و تاکای (Ikemoto & Takai, 2000) با بکارگیری نرم‌افزار SPSS (version 16) استفاده شد.

^۱ Lower Temperature Threshold

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 کلیه‌ی مراحل رشدی بالتوری سبز معمولی در دامنه‌ی دمایی مطالعه شده به خوبی با هر دو مدل برازش داشته و قابل توصیف هستند. این موضوع با معنی‌داری رگرسیون خطی ($P < 0.05$) و مقادیر ضریب تبیین بدست آمده برای هر یک از مراحل رشدی بالتوری سبز در هر دو مدل خطی تأیید شد (جدول ۲). شکل یک برازش مقادیر مشاهده شده‌ی نرخ رشد و نمو بالتوری سبز را در هر دامنه‌ی دمایی مورد بررسی روی مدل خطی معمولی نشان می‌دهد. به همین ترتیب شکل ۲ برازش مقادیر ثبت شده‌ی طول دوره‌ی رشد و نمو بالتوری سبز را در دماهای مختلف با استفاده از مدل خطی ایکموتو و تاکای ارائه کرده است.

در جدول ۲ معادلات مدل‌های خطی، آستانه‌ی دمایی (T_{min}) و نیاز گرمایی (روز-درجه) مراحل مختلف رشدی بالتوری سبز معمولی با استفاده از دو مدل خطی رگرسیون معمولی و ایکموتو و تاکای ارائه شده است. مقادیر بدست آمده برای R^2 و R^2_{adj} در مدل ایکموتو و تاکای نسبت به مدل رگرسیون معمولی بیشتر بود، بر همین اساس می‌توان گفت مقادیر برآورد شده برای شاخص‌های دمایی هدف با بکارگیری مدل ایکموتو و تاکای از نظر آماری از درجه‌ی اطمینان بالاتری برخوردار هستند.

آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو و نیاز گرمایی

آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو و نیاز گرمایی مراحل مختلف رشدی بالتوری سبز معمولی با بکارگیری هر دو مدل خطی رگرسیون "معمولی" و "ایکموتو و تاکای" برای هر یک از مراحل رشدی جنینی، لاروهای سنین یک، ۲، ۳ و کل دوره‌ی لاروی، شفیرگی و کل دوره‌ی نابالغ برآورد شد. مقادیر برآورد شده‌ی آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو برای هر یک از مراحل مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. در این بررسی آستانه‌ی پایین دمایی محاسبه شده برای مرحله‌ی جنینی (تخم) با استفاده از دو مدل خطی معمولی و ایکموتو و تاکای به ترتیب ۱۰/۷۲ و ۱۰/۸۵ درجه‌ی

نیاز گرمایی همان مجموع گرمای مؤثر دریافت شده از محیط در واحد زمان برای کامل نمودن رشد و نمو هر یک از مراحل رشدی بندپایان می‌باشد. سهولت برآورد این شاخص دمایی، مهمترین امتیاز مدل‌های خطی در برآورد شاخص‌های دمایی در مقایسه با مدل‌های غیرخطی توصیف کننده‌ی رشد و نمو وابسته به دمای بندپایان می‌باشد (Ranjbar Aghdam et al., 2009). در این پژوهش ضمن محاسبه‌ی مقدار عددی نیاز گرمایی با استفاده از مدل‌های خطی مورد بررسی برای هر یک از مراحل رشدی بالتوری سبز معمولی، خطای استاندارد این شاخص مهم دمایی با استفاده از رابطه‌ی $SE_k = SE_b / b^2$ محاسبه شد که در آن SE_b خطای استاندارد شیب خط رگرسیون و b شیب خط رگرسیون است (Campbell et al., 1974; Kontodimas et al., 2004).

نتایج

رشد و نمو بالتوری سبز معمولی در دماهای مورد بررسی

میانگین طول دوره‌ی رشد و نمو مراحل مختلف رشدی بالتوری سبز معمولی *C. carnea* و تعداد افراد مورد بررسی در دماهای مورد بررسی در جدول یک ارائه شده است. بر این اساس مشخص شد، طول دوره‌ی رشد و نمو *C. carnea* از زمان تخم‌ریزی (مرحله‌ی جنینی) تا خروج حشرات بالغ یعنی کل دوره‌ی نابالغ از بیشینه‌ی ۳۴/۴۳ روز در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس تا کمینه‌ی ۱۵/۷۳ روز در دمای ۳۰ درجه‌ی سلسیوس متغیر بود. بر اساس داده‌های ثبت شده، مشخص شد طول دوره‌ی رشد و نمو بالتوری سبز با افزایش دما کاهش و نرخ رشد و نمو آن افزایش می‌یابد. تجزیه‌ی واریانس میانگین طول دوره‌ی رشد و نمو کل مراحل نابالغ در دماهای مختلف وجود اختلاف معنی‌دار از نظر آماری در دماهای مختلف را تأیید کرد ($F = 20090.017$, $df = 3$, $P < 0.001$). بر این اساس مقایسه‌ی میانگین طول دوره‌ی رشد و نمو مراحل مختلف رشدی بالتوری سبز معمولی در دماهای مورد بررسی در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن انجام شد (جدول ۱).

است. براین اساس کمترین مقدار نیاز گرمایی برای مرحله‌ی رشدی لارو سن دوم بالتوری، ۲۶/۸۱ و ۲۸/۹۸ روز-درجه‌ی سلسیوس به ترتیب با استفاده از مدل‌های خطی معمولی و ایکموتو و تاکای برآورد شد. در مقابل بیشترین مقدار نیاز گرمایی برآورد شده مربوط به دوره‌ی رشدی شفیرگی با مقادیر ۱۱۵/۵۹ و ۱۲۰/۴۳ روز-درجه‌ی سلسیوس به ترتیب با استفاده از مدل‌های خطی معمولی و ایکموتو و تاکای برآورد شد. برای کل دوره‌ی نابالغ بالتوری سبز نیز مقدار عددی نیاز گرمایی با استفاده از مدل‌های خطی معمولی و ایکموتو و تاکای به ترتیب ۲۸۳/۴۳ و ۲۹۰/۹۹ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شد.

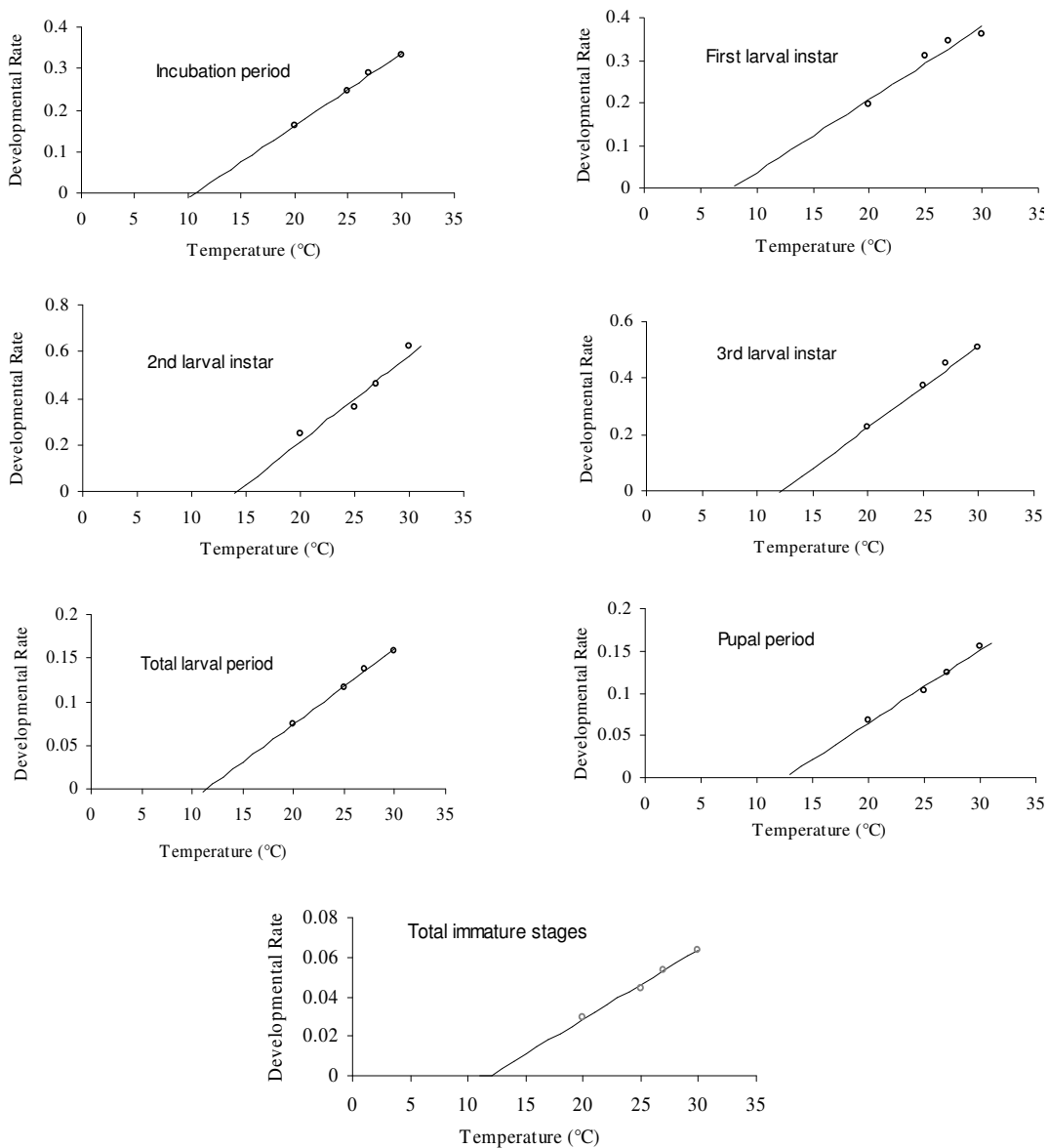
سلسیوس، برای مرحله‌ی لاروی سن یک به ترتیب، ۷/۸۲ و ۹/۵۷ درجه‌ی سلسیوس، برای مرحله‌ی لاروی سن ۲، ۱۴/۱۴ و ۱۳/۳۱ درجه‌ی سلسیوس، برای مرحله‌ی لاروی سن ۳، به ترتیب ۱۲/۱۶ و ۱۲/۵۱ درجه‌ی سلسیوس، برای کل دوره‌ی لاروی به ترتیب ۱۱/۳۸ و ۱۱/۴۹ درجه‌ی سلسیوس، برای مرحله‌ی شفیرگی به ترتیب ۱۲/۵۲ و ۱۲/۰۰ درجه‌ی سلسیوس و در نهایت برای کل دوره‌ی رشد و نمو بالتوری سبز به ترتیب ۱۱/۹۰ و ۱۱/۶۲ درجه‌ی سلسیوس بود.

نیاز گرمایی مراحل مختلف رشدی بالتوری سبز معمولی نیز با استفاده از دو مدل رگرسیون خطی معمولی و ایکموتو و تاکای برآورد شد که مقادیر مربوطه به تفکیک هر یک از مراحل رشدی بالتوری سبز در جدول ۲ ارائه شده

جدول ۱- میانگین طول دوره‌ی رشد و نمو (\pm SE) مراحل رشدی بالتوری سبز معمولی، *Chrysoperla carnea* در دماهای مورد بررسی.

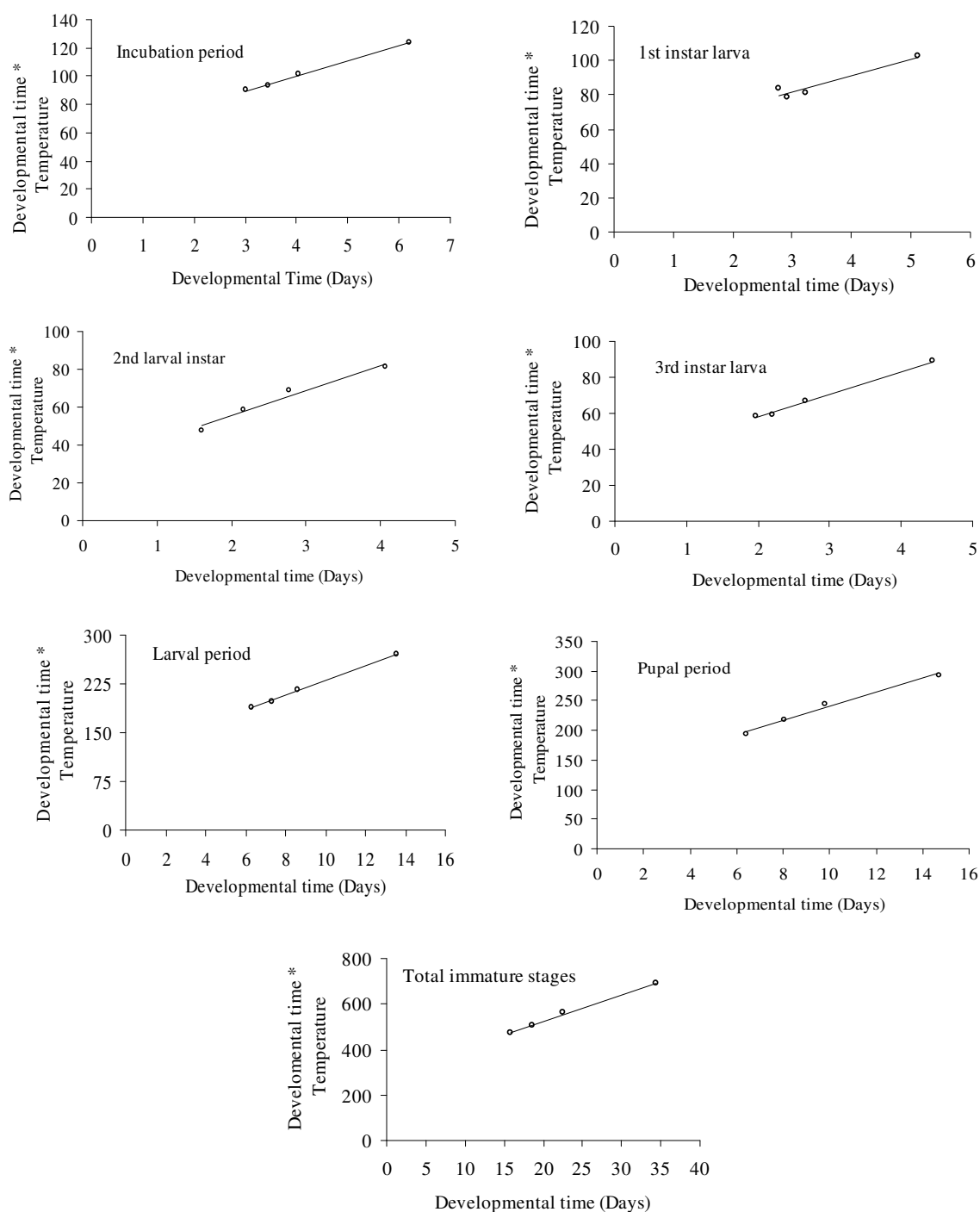
Table 1- Mean developmental time of the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* in studied temperatures.

Immature stage	Temperature (°C)	Individuals	Min.	Max.	Mean
			developmental time (days)	developmental time (days)	developmental time \pm SE (days)
Egg	20	197	6	7	6.208 \pm 0.390 ^d
	25	120	4	5	4.050 \pm 0.020 ^c
Incubation Period	27	116	3	4	3.448 \pm 0.046 ^b
	30	152	3	3	3.000 \pm 0.000 ^a
	20	145	4	6	5.117 \pm 0.028 ^d
1 st larval instar	25	88	3	4	3.239 \pm 0.046 ^c
	27	86	2	3	2.907 \pm 0.031 ^b
	30	131	2	3	2.785 \pm 0.036 ^a
	20	144	3	5	4.062 \pm 0.034 ^d
2 nd larval instar	25	83	2	3	2.771 \pm 0.046 ^c
	27	84	2	3	2.167 \pm 0.041 ^b
	30	131	1	2	1.597 \pm 0.043 ^a
	20	139	3	5	4.446 \pm 0.045 ^d
3 rd larval instar	25	82	2	4	2.671 \pm 0.065 ^c
	27	80	2	3	2.200 \pm 0.045 ^b
	30	131	1	3	1.961 \pm 0.052 ^a
	20	123	12	15	13.556 \pm 0.050 ^d
Larval period	25	70	8	9	8.629 \pm 0.058 ^c
	27	76	6	9	7.303 \pm 0.065 ^b
	30	111	6	8	6.297 \pm 0.045 ^a
	20	123	14	16	14.691 \pm 0.052 ^d
Pupal period	25	70	9	10	9.800 \pm 0.048 ^c
	27	76	7	9	8.079 \pm 0.052 ^b
	30	111	6	7	6.432 \pm 0.049 ^a
	20	123	33	35	34.431 \pm 0.060 ^d
Total	25	70	21	23	22.443 \pm 0.069 ^c
Immature stages	27	76	18	20	18.618 \pm 0.070 ^b
	30	111	15	17	15.730 \pm 0.057 ^a



شکل ۱- برازش مدل خطی معمولی روی مقادیر مشاهده شده نرخ رشد و نمو مراحل زیستی نابالغ بالتوری سبز معمولی *Chrysoperla carnea* در دماهای مورد بررسی. نقاط توخالی، نرخ رشد و نمو مشاهده شده و خط، نشان دهنده مقادیر پیش بینی شده به وسیله مدل است.

Fig. 1- Fitting common linear model on observed values of immature stages developmental rates (1/Days) of the common green lacewing, *Chrysoperla carnea*, Circles are presented observed values of developmental rate in each temperature.



شکل ۲- برآزش مدل ایکموتو و تاکای روی مقادیر مشاهده شده‌ی رشد و نمو مراحل زیستی نابالغ بالتوری سبز معمولی *Chrysoperla carnea* در دماهای مورد بررسی. نقاط توخالی، مقدار طول دوره‌ی \times دمای مشاهده شده و خط نشان دهنده‌ی مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله‌ی مدل است.

Fig. 2- Fitting Ikemoto and Takai linear model on observed values of developmental times (Days) of the common green lacewing, *Chrysoperla carnea*, immature stages. Circles are presented observed values of developmental time \times temperature ($^{\circ}\text{C}$).

جدول ۲- فراسنجه‌های آماری و شاخص‌های دمایی رشد و نمو وابسته به دمای مراحل نابالغ بالتوری سبز معمولی با استفاده از دو مدل خطی معمولی و ایکموتو و تاکای.

Table 2- Statistical parameters and thermal indices of temperature-dependent development of the common green lacewing immature stages by using common and Ikemoto and Takai linear models.

Model	Immature stages	Regression equation	Thermal requirement DD ± SE	t_{min} °C ± SE	$R^2 \times 10^{-2}$	$R^2_{adj} \times 10^{-2}$	P
Common linear	Egg-Incubation Period	DR= -0.187+ 0.017T	57.328± 2.310	10.724± 0.076	99.68	99.51	0.002
	1 st larval instar	DR= -0.133+ 0.017T	58.596 ± 10.300	7.819± 0.073	93.49	90.24	0.033
	2 nd larval instar	DR= -0.527+ 0.037T	26.815± 4.522	14.137± 0.095	94.62	91.93	0.027
	3 rd larval Instar	DR= -0.356+ 0.029T	34.127± 2.762	12.156± 0.088	98.71	98.06	0.006
	Larval period	DR= -0.098+ 0.009T	116.228± 4.082	11.378± 0.079	99.75	99.63	0.001
	Pupal period	DR= -0.108+ 0.009T	115.594± 10.671	12.524± 0.094	98.45	97.68	0.009
	Total imature stages	DR= -0.042+ 0.003T	283.422± 11.592	11.896± 0.082	99.67	99.63	0.002
Ikemoto and Takai	Egg-Incubation Period	DT= 56.821+ 10.848D	56.821± 2.073	10.848± 0.078	99.71	99.65	0.001
	1 st larval instar	DT= 52.719+ 9.572D	52.719± 5.090	9.572± 0.063	91.73	87.53	0.043
	2 nd larval instar	DT= 28.979+ 13.307D	28.979± 4.567	13.307± 0.074	96.62	94.91	0.017
	3 rd larval Instar	DT= 33.199+ 12.514D	33.199± 3.308	12.514± 0.078	99.55	99.19	0.003
	Larval period	DT= 115.470+ 11.487D	115.470± 6.890	11.487± 0.098	99.81	99.71	0.001
	Pupal period	DT= 120.432+ 12.004D	120.432± 9.649	12.004± 0.087	98.59	97.90	0.007
	Total imature stages	DT= 290.986+ 11.624D	290.986± 12.134	11.624± 0.079	99.62	99.43	0.002

بحث

حادث شده باشد. هم‌زمان با این پژوهش، نتایج پژوهش دیگری در کشور پاکستان توسط Nadeem *et al.* (2012) در مورد طول دوره‌ی رشد و نمو و دوره‌های تولید مثلی بالتوری *C. carnea* در دماهای ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۱ و ۳۵ درجه‌ی سلسیوس منتشر شد که نتایج بدست آمده توسط این پژوهشگرها نیز نشان داد که طول دوره‌ی جنینی بالتوری مورد مطالعه در دماهای ۲۰، ۲۵، ۲۸، ۳۱ و ۳۵ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب ۱۰/۳، ۵/۹، ۴/۵، ۴ و ۴ روز است. در همین تحقیق، طول دوره‌ی لاروی بالتوری سبز معمولی در دماهای مورد بررسی به ترتیب ۲۰/۴، ۱۲/۹، ۱۱/۰، ۱۰/۲ و ۱۰/۰ روز و طول دوره‌ی شفیرگی آن به ترتیب ۱۶/۳، ۹/۰، ۸/۱، ۸/۰ روز گزارش شده بود. پژوهشگرهای یاد شده اعلام کرده بودند که در دمای ۳۵ درجه‌ی سلسیوس بالتوری مورد بررسی نتوانست رشد و نمو داشته باشد. طول دوره‌ی مراحل نابالغ گونه‌ی مورد بررسی در دماهای ۲۰، ۲۵، ۲۸ و ۳۱ درجه‌ی سلسیوس

هدف از این پژوهش ارزیابی واکنش نرخ رشد و نمو بالتوری *C. carnea* به دماهای مختلفی بود که حدوث آن‌ها در طول فصل زراعی در باغات و مزارع بیشتر محتمل است. در کنار این شاخص‌های دمایی مؤثر بر رشد و نمو بالتوری سبز معمولی با استفاده از مدل‌های ریاضی خطی برآورد شد. آگاهی از تغییرات نرخ رشد و نمو بالتوری سبز معمولی در دماهای مختلف برای موفقیت در برنامه‌های کنترل بیولوژیک با استفاده از این شکارگر مهم و همین‌طور در برنامه‌های پرورش انبوه آن می‌تواند مؤثر باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که روند رشد و نمو بالتوری سبز معمولی متأثر از تغییرات دمای محیط بوده و طول دوره‌ی رشدی آن با تغییر دما تغییر می‌کند به این صورت که با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۰ درجه‌ی سلسیوس نرخ رشد و نمو بالتوری مورد مطالعه کاهش یافت و این موضوع به علت تغییر در سرعت واکنش‌های متابولیکی بدن می‌تواند

در بررسی (Ulhaq et al. (2006) روی جیره‌ی غذایی بالتوری سبز مشخص شد از بین رژیم‌های غذایی زردی تخم مرغ، سفیده‌ی تخم مرغ، ترکیب زرده و سفیده و غذای مصنوعی استاندارد (۳ گرم شکر، ۲/۵ گرم مخمر، ۲/۵ گرم عسل، ۱۰ گرم آب مقطر و ۲ گرم کازئین) در دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس، کوتاه‌ترین طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی بالتوری سبز معمولی به ترتیب ۱۳/۸۴ و ۶/۳۳ روز روی زرده تخم مرغ و طولانی‌ترین طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی گونه‌ی یاد شده به ترتیب ۱۵/۴۲ و ۷/۲۲ روز روی سفیده‌ی تخم مرغ می‌باشد. (Liu & Chen (2001) نیز در مورد تأثیر میزبان‌های مختلف روی طول دوره‌ی رشدی بالتوری سبز معمولی بررسی‌هایی انجام داده‌اند که براساس نتایج ارائه شده، طول دوره‌ی رشدی کل مراحل نابالغ *C. carnea* روی میزبان‌های *Aphis gossypii* Glover, *Myzus persicae* Sulzer و *Lipaphis erysimi* Kaltentbach در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب ۱۹/۸، ۲۲/۸ و ۲۵/۵ روز بود. در همین راستا، پژوهش (Hesami et al. (2011) نشان داد، میانگین طول دوره‌ی رشدی لارو سن دوم بالتوری *C. carnea* روی طعمه‌های *Sitobion avenae* Fabricius, *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe پرورش یافته روی خرزهره در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب ۳/۷، ۷/۸ و ۶ روز می‌باشد که نشان دهنده‌ی اثر قابل توجه میزبان روی طول دوره‌ی رشدی لارو بالتوری سبز معمولی می‌باشد.

آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو

بر اساس بررسی‌های (Figueira et al. (2000) روی *Chrysoperla externa* Hagen، آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو این گونه در مراحل رشدی جنینی، لارو سن یک، لارو سن ۲، لارو سن ۳، کل دوره‌ی لاروی، دوره‌ی شفیرگی و دوره‌ی رشدی از ابتدای لاروی تا بلوغ با استفاده از مدل خطی معمولی به ترتیب ۱۱/۳، ۱۰/۹، ۱۱/۵، ۹/۵، ۱۰/۵، ۱۰/۷ و ۱۰/۷ درجه‌ی سلسیوس برآورد شده است. همین‌طور آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو برای مراحل رشدی تخم، لارو، شفیره و کل دوره‌ی نابالغ بالتوری (Kazemi et al. (2011) با استفاده از مدل خطی معمولی به ترتیب ۱۱/۲، ۹/۶، ۹/۶ و ۱۱/۲ برآورد شده است. در پژوهش دیگری

توسط (Nadeem et al. (2012) به ترتیب ۴۴/۱، ۲۸/۱، ۲۲/۲ و ۲۱/۲ روز برآورد شده بود. مقادیر به دست آمده در پژوهش (Nadeem et al. (2012) تا حدودی بالاتر از نتایج پژوهش حاضر است. علت این تفاوت می‌تواند به دلیل تفاوت در ویژگی‌ها و سازگاری‌های جمعیت‌های مختلف مستقر شده در شرایط آب و هوایی متفاوت حادث شده باشد (Sattar & Abro, 2009; Ranjbar Aghdam et al., (2009).

در پژوهش دیگری توسط (Jokar & Zarabi (2012) طول دوره‌ی جنینی *C. carnea* با تغذیه از طعمه‌های *Shizaphis graminum* (Rondani), *Bemisia tabaci* (Gennadius) و غذای نیمه مصنوعی (شامل عسل، مخمر، اسیدهای آمینه ضروری و آب مقطر) در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس به ترتیب ۳/۸، ۴/۰۴ و ۳/۷ روز، طول دوره‌ی لاروی آن به ترتیب ۱۲/۲۹، ۱۴/۰۲ و ۱۰/۰۷ روز و طول دوره‌ی شفیرگی گونه‌ی یاد شده به ترتیب ۸/۱۴، ۸/۹ و ۷/۱۵ روز گزارش شده است. مقادیر گزارش شده در پژوهش (Jokar & Zarabi (2012) بسیار نزدیک به داده‌های ثبت شده در پژوهش حاضر در دماهای مشابه بود. بررسی طول دوره‌ی رشد و نمو *C. carnea* روی دو رژیم غذایی طبیعی با تخم پروانه‌ی *Sitotroga cerealella* Oliv و رژیم غذایی مصنوعی حاوی پروتئین هیدرولیزه، عسل، مخمر و شکر در دمای ۲۷±۲ نشان داد، طول دوره‌ی جنینی با دو رژیم غذایی طبیعی و مصنوعی یاد شده به ترتیب ۳/۷۵ و ۳/۵۰ روز، طول دوره‌ی لاروی به ترتیب ۱۰/۰۶ و ۱۲/۴۱ روز و طول دوره‌ی شفیرگی به ترتیب ۹/۶۲ و ۱۰/۲۰ می‌باشد (Sattar & Abro, 2009). مقادیر محاسبه شده در این پژوهش نیز بسیار نزدیک به یافته‌های پژوهش حاضر است. همین‌طور (Khan et al. (2009، طول دوره‌ی مراحل مختلف رشدی *C. carnea* را روی میزبان *S. cerealella* در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس بررسی کرده بود. براساس یافته‌های آن‌ها میانگین طول دوره‌ی جنینی، کل دوره‌ی لاروی، دوره‌ی شفیرگی و کل دوره‌ی نابالغ به ترتیب ۳/۹۰، ۱۱/۳، ۹/۰ و ۲۷ روز بود.

شد. (Figueira et al. (2000) نیاز گرمایی این مرحله‌ی رشدی را ۳۶/۰ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد کرده بود. همین‌طور نیاز گرمایی در مرحله‌ی سن سوم لاروی در پژوهش حاضر به‌وسیله‌ی مدل‌های خطی "معمولی" و "ایکموتو و تاکای" به‌ترتیب ۳۴/۱۲۷ و ۳۳/۱۹۹ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شد. نیاز گرمایی این مرحله‌ی رشدی به‌وسیله‌ی (Figueira et al. (2000، ۵۵/۷ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شده بود.

برای کل مراحل لاروی، نیاز گرمایی برآورد شده با بکارگیری مدل‌های خطی "معمولی" و "ایکموتو و تاکای" به‌ترتیب ۱۱۶/۲۲۸ و ۱۱۵/۴۷ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شد. نیاز گرمایی دوره‌ی لاروی *C. externa* به‌وسیله‌ی (Figueira et al. (2000، ۱۴۰/۴ روز-درجه‌ی سلسیوس و برای دوره‌ی لاروی گونه‌ی *C. lucasina* توسط (Kazemi et al. (2011، ۱۷۵/۴ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شده بود.

نیاز گرمایی مورد نیاز برای تکمیل رشد مرحله‌ی شفیرگی بالتوری سبز معمولی در این پژوهش با استفاده از مدل‌های خطی "معمولی" و "ایکموتو و تاکای" به‌ترتیب ۱۱۵/۵۹۴ و ۱۲۰/۴۳۲ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شد. (Figueira et al. (2000 و (Kazemi et al. (2011 نیاز گرمایی همین مرحله‌ی زیستی را برای گونه‌های مورد بررسی خود به‌ترتیب ۱۰۲/۶ و ۱۲۸/۲ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد نموده بودند که تا حدودی نزدیک به‌مقدار برآورد شده در این پژوهش می‌باشد.

در این پژوهش نیاز گرمایی رشد و نمو کل مراحل نابالغ بالتوری سبز معمولی به‌وسیله‌ی مدل خطی معمولی و مدل ایکموتو و تاکای به‌ترتیب ۲۸۳/۴۲۲ و ۲۹۰/۹۸۶ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شد. (Kazemi et al. (2011 نیاز گرمایی این دوره را برای گونه‌ی *C. lucasina*، ۳۸۴/۶ روز-درجه‌ی سلسیوس و (Figueira et al. (2000 نیاز گرمایی بالتوری *C. externa* را از ابتدای دوره‌ی لاروی تا بلوغ ۲۹۰/۲ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد نموده بودند. بر این اساس مشخص می‌شود که نیاز گرمایی مراحل نابالغ

توسط (Syrett & Penman. (1981 آستانه‌ی پایین دمای رشد و نمو بالتوری قهوه‌ای، *Micromus tasmaniae* Walker برای مراحل تخم، لارو، شفیره و کل دوره‌ی نابالغ به‌ترتیب ۴/۸، ۵/۷، ۶/۰ و ۵/۸ درجه‌ی سلسیوس ذکر شده است. دلیل این تفاوت‌ها می‌تواند به‌دلیل اختلاف در گونه‌های مورد بررسی باشد (Sattar & Abro, 2009).

نیاز گرمایی

در این پژوهش نیاز گرمایی برای رشد و نمو مرحله‌ی جنینی بالتوری سبز معمولی با استفاده از مدل خطی معمولی و مدل خطی ایکموتو و تاکای به‌ترتیب ۵۷/۳۳ و ۵۶/۸۲ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شد. بر این اساس مشاهده می‌شود که نیاز گرمایی به‌وسیله‌ی مدل خطی معمولی ۰/۵۰۷ روز-درجه‌ی سلسیوس بیشتر از مدل ایکموتو و تاکای برآورد شده است. نیاز گرمایی مورد نیاز مرحله‌ی جنینی *C. externa* با میزبان تخم پروانه *Alabama argillacea* Hubner توسط (Figueira et al. (2000، ۵۸/۱ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شده بود که نزدیک به برآورد به‌دست آمده از این بررسی بود. همین‌طور نیاز گرمایی مرحله‌ی جنینی بالتوری *C. lucasina* توسط (Kazemi et al. (2011 روی میزبان پسیل پسته، *Agonoscena pistaciae* Burchardt and Lauterer، ۵۹/۹ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شده بود که به‌مقدار برآورد شده در این پژوهش نزدیک است.

در پژوهش حاضر نیاز گرمایی برای رشد و نمو مرحله‌ی لاروی سن یک بالتوری سبز معمولی به‌وسیله‌ی مدل خطی معمولی و مدل ایکموتو و تاکای به‌ترتیب ۵۸/۵۹۶ و ۵۲/۷۱۹ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد شد. برای همین مرحله‌ی رشدی نیاز گرمایی برآورد شده توسط (Figueira et al. (2000، ۵۰/۸ روز-درجه‌ی سلسیوس بود که اختلاف اندکی با مقادیر برآورد شده در این پژوهش دارد.

نیاز گرمایی مرحله‌ی لاروی سن ۲ در تحقیق حاضر به‌وسیله‌ی مدل‌های خطی "معمولی" و "ایکموتو و تاکای" به‌ترتیب ۲۶/۸۱۵ و ۲۸/۹۷۹ روز-درجه‌ی سلسیوس برآورد

گونه‌های مورد بررسی توسط این پژوهشگران بیش از مقدار برآورد شده برای گونه‌ی *C. carnea* بوده است. نتایج حاصل از برآورد نیاز گرمایی مراحل رشدی بالتوری سبز معمولی در پژوهش حاضر برای مراحل جنینی، لاروسن اول، لاروسن دوم و مرحله‌ی شفیرگی به نتایج Figueira et al. (2000) و Kazemi et al. (2011) بسیار نزدیک بوده است و در بقیه‌ی مراحل رشدی تفاوت‌هایی در برآورد مقادیر نیاز گرمایی مشاهده می‌شود. این تفاوت‌ها می‌تواند بدلیل اختلاف در گونه‌های بالتوری مورد بررسی و میزبان آزمایشگاهی آن‌ها حادث شده باشد.

References

- Ashfaq, M., Hassan, M., Salman, B., Salman, W. & Rana, N. 2007. Some studies on the efficiency of *Chrysoperla carnea* against aphid, *brevicoryne brassicae*, infesting canola. Pakistan Entomologist. 29(1): 927-928.
- Ashfaq, M., Nasreen, A. & Cheema, G.M., 2002. A new technique for mass rearing of Green Lacewing on commercial scale. Pakistan journal of Applied Sciences. 2(9): 925- 926.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, G. & Andris, N.S. 2004. Insecticidal effects of three diatomaceous earth formulations against adults of *Sitophilus oryzae* (Col: curculionidae) and *Tribolium confusum* (Col: Tenebrionidae) on oat, rye, and triticale. Journal of Economic Entomology. 97: 2160-2167.
- Campbell, A., Frazer, B.D., Gilbert, N., Gutierrez, A.P. & Mackauer, M. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. Journal of Applied Ecology. 11: 431-38.
- Figueira, L.K., Carvalho, C.F. & Souza, B. 2000. Biology and thermal requirements of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) fed on *Alabama argillacea* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs. Ciência e Agrotecnologia. 24(2): 319-326.
- Forouzan, M., Sahragard, A. & Amir moafi, M., 2008. Comparison of non-linear models for predicting developmental rate of different life stages of *Habrobracon hebetor* (Hym.: Braconidae). Applied Entomology and Phytopathology. 76: 45-58.
- Golizadeh, A. 2007. Thermal requirement and population dynamism of Diamond Back Moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lep: Plutellidae) in Tehran region. PhD Dissertation, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. pp. 222. (In Persian).
- Golizadeh, A., Kamali, K., Fathipour, Y. & Abbasipour, H. 2007. Temperature- dependent development of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on two brassicaceous host plants. Insect Science. 14: 309-316.
- Hesami, Sh., Farahi, S. & Gheibi, M. 2011. Effect of different host plants of normal wheat aphid (*Sitobion avenae*) on the feeding and longevity of green lacewing (*Chrysoperla carnea*). International Conference on Asia Agriculture and Animal IPCBEE, 2-3 July, Hong Kong.
- 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.
- Jokar, M. & Zarabi, M. 2012. Surveying effect kind of food on Biological parameters on *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) under laboratory Conditions. Egyptian Academic Journal of Biological Science, 5(1): 99-106.

- Kazemi, F. & Mehrnejad, M.R. 2011.** Seasonal occurrence and biological parameters of the common green lacewing predator of the common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: Psylloidea). European Journal of Entomology. 108: 63-70.
- Kazemi, F., Mehrnejad, M.R., Basirat, M. & Salmani nejad, H. 2010b.** Thermal constant and lower threshold of *Chrysoperla carnea* as a predator for *Agonoscena pistaciae*. Proceeding of the 19th Iranian plant protection congress in Iran, 31 July - 3 August, Tehran, Iran, 541.
- Kazemi, F., Mehrnejad, M.R., Mirzaei, R. & Masomi, H. 2010a.** The active periods and population density of *Chrysoperla carnea* in pistachio orchards. Proceeding of the 19th Iranian plant protection congress in Iran, 31 July - 3 August, Tehran, Iran, 542.
- Khan, J., Hag, E., Abid, S., Jilani, G. & Masih, R. 2009.** Biological aspects of the immature stages of *Chrysoperla carnea* on *Sitotroga cerealella* eggs under laboratory condition. Pakistan journal of Biological Science. 61: 20-22.
- Kontodimas, D.C., Eliopoulos, P.A., Stathas, G.J. & Economou, L.P. 2004.** Comparative temperature-dependent development of *Nephus includens* (Kirsch) and *Nephus bisignatus* (Boheman) (Coleoptera: Coccinellidae) preying on *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera: Pseudococcidae): evaluation of a linear and various nonlinear models using specific criteria. Environmental Entomology. 33: 1-11.
- Liu, T.X. & Chen, T.Y. 2001.** Effects of three aphid species (Homoptera: Aphididae) on development, survival and predation of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Journal of Applied Entomology and Zoology. 36(3): 361-366.
- Malkeshi, H., Heidari, H & Jooyande, A. 2004.** Green lacewing predators of pests of agricultural crops. Plant Pests and Diseases Research Institute, Tehran, Iran.
- Mirabzadeh, A., Azma, M. & Kharazi Pakdel, A. 2000.** Studing the effect of temperature on the life cycle of *Chrysoperla carnea*. Proceeding of the 14th Iranian plant protection congress in Iran, 5-8 September, Isfahan, Iran. 326.
- Mori, M. & Gotoh, T. 2001.** Effects of pesticides on the spider mite Predators, *Scolothrips takahashii* (Thysanoptera: Thripidae) and *Stethorus japonicas* (Coleoptera: Coccinellidae). International Journal of Acarology. 27: 299-302.
- Nadeem, S, Hamed, M, Nadeem, M.K., Hasnain, M., Atta, B.M., Saeed, N.A. & Ashfaq, M. 2012.** Comparative study of developmental and reproductive characteristics of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) at different rearing temperatures. The Journal of Animal and Plant Sciences. 22: 399-402.
- Ranjbar Aghdam, H. 2009.** Using temperature dependent phenology in providing forecasting model of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). PhD Dissertation, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. pp. 167.
- Ranjbar Aghdam, H., Fathipour, Y., Radjabi, G. & Rezapanah, M. 2009.** Temperature Dependent Development and Temperature Tresholds of Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Iran. Environmental Entomology. 38: 885-895. (In Persian).
- Rimoldi, F., Schneider, M.I. & Ronco, A.E., 2008.** Susceptibility of *Chrysoperla externa* eggs (Neuroptera: Chrysopidae) to conventional and biorational insecticides. Environmental Entomology. 37: 1252-1257.
- Roy, M., Brodeur, J. & 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.

- Sattar, M. & Abro, Gh. 2009.** Comparative Effect of Natural and Artificial Larval Diets on Biology of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). Pakistan Journal of Zoology. 41: 335-339.
- Sattar, M., Abro, Gh. & Syed, T.S. 2011.** Effect of Different Hosts on Biology of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) in Laboratory Conditions. Pakistan Journal of Zoology. 43: 1049-1054.
- Senior, L.J. & McEwen, P.K. 2001.** The use of lacewings in biological control, pp. In: McEwen, P. K., New, T. R., Whittington, A. E. (eds.), Lacewings in the Crop Environment. Cambridge University Press.
- Sharififard, M. & Mossadegh, M.S. 2006.** The effect of temperature and development period of *Chrysoperla carnea* Stephen (Neuroptera: chrysopidae) and estimation of its thermal constant fed on different aphid species. Proceeding of the 17th Iranian plant protection congress in Iran, 2-5 September, Tehran Karaj, Iran, 280.
- Syed, A.N., Ashfaq, M. & Khan, Sh. 2005.** Comparison of development and predation of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on different densities of two hosts (*Bemisia tabaci*, and *Amrasca devastans*). Pakistan Entomologist. 27(1): 231-234.
- Syrett, P. & Penman, D.R. 1981.** Developmental threshold temperatures for the brown lacewing, *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemerobiidae). New Zeland Journal of Zoology. 8: 281-283.
- Ulhaq, M.M., Sattar, A., Salihah, Z., Farid, A., Usman, A. & Khattak, S.U.Kh. 2006.** Effect of different artificial diets on the biology of adult green lacewing (*Chrysoperla carnea* Stephens.). Songklanakarin Journal of Science Technology. 28: 1-8.
- Zia, K., Hafeezi, F., Rasool Khan, R., Arshad, M. & Naeem-Ullah, U. 2008.** Effectiveness of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) on the population of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in different cotton genotypes. Journal of Agricultural Society Science. 3:112-116.

Temperature-dependent development and estimation of the main thermal indices for immature stages of the common green lacewing, *Chrysoperla carnea*, using linear models

Zahra Nemati¹, Hossein Ranjbar Aghdam², Alireza Askarianzadeh¹, and Habib Abbasipour¹

1- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran

2- Department of Biological Control Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran

Corresponding author: Hossein Ranjbar Aghdam, hossein_ghdam2003@yahoo.com

Received: Jan.14, 2012

1 (2) 75-89

Accepted: Jan. 29, 2013

Abstract

Temperature-dependent development of the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* was studied at four constant temperatures, 20, 25, 27 and 30°C, 50 - 60% RH and a photoperiod of 16L : 8D h in growth chamber. Developmental rate of incubation period (egg), larval instars, pupal period and overall immature stages of the common green lacewing increased linearly in relation to temperature. Two mathematical models, including common and Ikemoto and Takai linear models, were used to describe temperature-dependent development of the common green lacewing. 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 thermal requirement for incubation period, 1st, 2nd, and 3rd larval instars, total larval period, pupal period and overall immature stages of the common green lacewing were 56.821, 52.719, 28.979, 33.199, 115.470, 120.432 and 290.986 degree-days, respectively, and the values of the lower temperature threshold for the mentioned above developmental stages were 10.848, 9.572, 13.307, 12.514, 11.487, 12.004 and 11.624°C, respectively, by using Ikemoto and Takai linear model. Moreover, mathematical models for description of temperature-dependent development of the common green lacewing developmental stages were presented.

Key words: *Chrysoperla carnea*, development, linear model, thermal index.
