

## پارامترهای جدول زندگی *Hypoaspis aculeifer* (Acari: Laelapidae) در تغذیه از *Rhizoglyphus echinopus* (Acari: Acaridae)

محمد رضا امین، محمد خانجانی\*، بابک ظهیری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۱۳

### چکیده

کنه *Hypoaspis aculeifer* Raumilben گونه‌ای پلی‌فاژ می‌باشد که در کنترل حشرات، کنه‌ها، نماتدها و قارچ‌ها در اکوسیستم خاک نقش مهمی دارد و به عنوان یک عامل کنترل بیولوژیک در شرایط گلخانه و مزرعه استفاده می‌شود. فعالیت *H. aculeifer* تابع دمای محیط است، به همین لحاظ در تحقیق حاضر اثر درجه حرارت ثابت روی دموگرافی این کنه در تغذیه از کنه *Rhizoglyphus echinopus* Fumouze and Robin مورد مطالعه قرار گرفت. این مطالعه در ۸ دمای ثابت (۱۶، ۱۷/۵، ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی  $5 \pm 60\%$  درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شد. نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) کنه شکارگر در دماهای ۱۶، ۲۰، ۲۲/۵، ۲۷/۵ و ۳۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۹۱، ۱۴/۶۷، ۲۱/۸۷، ۲۴/۸۷ و ۳۲/۳۸ ماده/ماده/نسل بود. نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) با افزایش یافتن دما از ۰/۰۰۲- در  $16^\circ\text{C}$  به  $0/252$  در  $30^\circ\text{C}$  رسید. نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) در کمترین مقدار برابر با ۰/۹۹۷ بر روز در دمای ۱۶ درجه سلسیوس و در بیشترین مقدار ۱/۲۸۶ بر روز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس بود. آستانه دمایی پایین کنه *H. aculeifer* با استفاده از مدل خطی ایکموتو و تاکای برای مراحل رشدی قبل از بلوغ و ثابت دمایی برای ماده، به ترتیب ۱۰/۸ درجه سلسیوس و ۱۶۹/۳ روز-درجه و برای نر ۱۱/۲ درجه سلسیوس و ثابت دمای ۱۶۳/۹ روز-درجه تعیین شد. دماهای بهینه، آستانه پایین و آستانه بالای نمو با مدل‌های برگزیده غیرخطی (آنالیتیس ۱/الهیاری، آنالیتیس ۲-، آنالیتیس ۱، آنالیتیس ۳-) برآورد شدند.

واژه های کلیدی: شکارگر، مدلسازی، باروری، کنه پیاز، آستانه‌های دمایی.

\* گروه گیاهپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا همدان  
نویسنده مسئول: mkhanjani@gmail.com

## مقدمه

خسارت برخی گونه‌های خانواده Acaridae از جمله دو گونه مهم *R. echinopus* و *R. robini* روی اندام‌های زیرزمینی نسبت به خسارت سایر کنه‌های گیاهی در اندام‌های هوایی علائم و عوارض متفاوتی دارد، به طوری که خسارت کنه پیاز در مراحل اولیه رشدی گیاه کاملاً محسوس می‌باشد. کنه‌های پیاز با تغذیه از اندام زیرزمینی، محل پوسیدگی را گسترش داده و علاوه بر خسارت مستقیم، باعث انتقال عوامل بیماری‌زا به اندام‌های سالم و افزایش شدت خسارت می‌شوند (Lesna et al. 1995, Hughes 1976, Diaz et al. 1999). این دو گونه کنه در درون خاک از ریشه گیاهانی نظیر گلابول، سیر و زعفران تغذیه می‌کنند (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به خاکزاد بودن آفت استفاده از سموم تاثیر چندانی در کنترل خسارت آن ندارد. اما روش‌های جایگزین از جمله ضد عفونی بذر یا بستر کشت می‌تواند تا حدی آن را کنترل نماید. با توجه به طول دوره کشت، امکان جلوگیری کامل از خسارت این کنه وجود ندارد، اگرچه انجام روش‌های قرنطینه‌ای نیز تا حدودی مانع از گسترش خسارت این گروه از کنه‌های آسیب رسان شده است ولی می‌توان از کنه‌های شکارگر در مدیریت و توسعه پایدار محصولات آسیب‌پذیر استفاده نمود. بنابراین در این تحقیق به منظور پرورش انبوه و کاربرد بهینه کنه شکارگر *H. aculeifera* آستانه‌های دمایی و دمای بهینه که در کنترل بیولوژیک نقش موثری دارند مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اثرات دما بر پارامترهای جدول زندگی این شکارگر مورد ارزیابی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

ایجاد جمعیت کنه *H. aculeifer*

پیاز گلابول آلوده به کنه *R. echinopus* پادمان و مگس‌های قارچ خوار از مزرعه جمع‌آوری شد. پیازهای جمع‌آوری شده در گلدان‌های با قطر ۴۰ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر قرار گرفتند و جمعیت کنه *H. aculeifera* روی این پیازهای آلوده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $5 \pm 60\%$  درصد و در تاریکی پرورش داده شد. برای سازگاری بیشتر کنه‌ها به شرایط آزمایش، تعدادی از آن‌ها به وسیله قیف برلیز جدا و برای تخم‌گذاری داخل ژرمیناتور قرار داده شدند. کنه‌های بالغ بعد از گذاشتن تخم حذف شدند تا همه تخم‌ها در شرایط یکسان بالغ

کنه‌های خانواده Laelapidae دارای انتشار جهانی بوده و بسیاری از گونه‌ها انگل خارجی پستانداران کوچک یا شکارگر بندپایان می‌باشند. سایر گونه‌ها، شکارگرهایی با زندگی آزاد و خاکزی هستند و برخی نیز در مواد انباری یافت می‌شوند. در حال حاضر این خانواده دارای نه زیرخانواده *Acanthochelinae*، *Alphalaelapinae*، *Haemogamasinae*، *Hypoaspinae*، *Iphiopsinae*، *Mesolaelapinae*، *Melittiphidinae*، *Laelapinae* و *Myonyssinae* است که ۱۴۴ جنس و بیش از ۱۳۰۰ گونه را در بر می‌گیرد (Lindquist 2009, Zhang 2011). اعضای زیر خانواده *Hypoaspinae* را عموماً می‌توان در خاک و بستر فرآورده‌های انباری یا در لانه مهره داران و بندپایان و روی حشرات پیدا کرد و تعداد زیادی از گونه‌های جنس *Hypoaspis* شکارگرهای با زندگی آزاد بوده که معمولاً درون خاک روابط هم‌سفرگی یا شکارگری با سایر گونه‌ها دارند. گونه‌های شکارگر از نماتدهای خاک و برخی حشرات تغذیه می‌کنند. بعضی از گونه‌ها را می‌توان در کنترل بیولوژیک کنه‌ها و حشرات ساکن خاک در گلخانه به کار گرفت (Zhang 2003). گونه‌های این جنس طیف وسیعی از طعمه‌های خاکزاد مثل شفیره تریپس‌ها، لارو مگس قارچ‌خوار (*Sciaridae*) و پادمان، کنه‌های *Tyrophagus putrescentiae* Schrank، *Rhizoglyphus echinopus* Fumouze and Robin، کنه مرغ *R. robini* Claparède، کرم *Enchytraeus gallinae* De Geer، نماتدها و کرم *crypticus* Westheide and Graefe را مورد تغذیه قرار می‌دهند (Ali et al. 2012, Kasuga et al. 2006). گونه‌ی *H. aculeifer* به طور گسترده در اروپا، آسیا و آمریکای شمالی انتشار دارد. این کنه به طور معمول در خاک زندگی می‌کند و به ندرت در بخش‌های هوایی گیاه دیده می‌شود (Zhang 2003, Deng 1993). پژوهش‌های دیگر حکایت از توان بالقوه‌ی این کنه، برای کنترل لارو تریپس‌ها به ویژه هنگام شفیره شدن آنها در سطح خاک دارد. این کنه فعالیت خوبی روی کنه‌های غده‌ی پیاز (*Rhizoglyphus* spp.) دارد و به صورت تجاری علیه آن استفاده می‌شود (دماوندیان ۱۳۸۷، Lesna 1996, Ydergaard et al. 1997, Ragusa and Zedan 1988).

مقادیر نرخ نمو با استفاده از مدل‌های خطی ایکموتو و تاکای (Ikemoto and Takai 2000) و ۲۳ مدل غیرخطی مرسوم برازش داده شد. دمای آستانه پایین نمو، دمای بهینه و دمای آستانه بالای نمو توسط مدل‌های غیرخطی برگزیده تخمین زده شد.

پارامترهای دمای آستانه پایین نمو ( $t$ ) و ثابت گرمایی (thermal constant) ( $k$ ) با در دست بودن داده‌های مدت زمان نمو ( $D$ ) در دماهای ثابت محیط ( $T$ ) با استفاده از معادله‌ی زیر محاسبه شدند.

$$DT = k + tD$$

ثابت گرمایی بیانگر میزان گرمای مورد نیاز برای تکمیل هر مرحله از چرخه زندگی موجود زنده است. این مقدار با واحد روز-درجه محاسبه می‌شود و شروع جمع زدن روز-درجه از دمای آستانه پایین نمو است.

مقادیر نرخ نمو به عنوان توابع غیرخطی دما با مدل‌های غیرخطی مرسوم (جدول ۲) برازش داده شدند. این توابع بیش‌ترین کاربرد را در مدل‌سازی نرخ نمو بندپایان دارند. از پلات فرم غیرخطی (SAS Institute, JMP® v8.0 2007) (دو روش تکرار کننده Gauss - Newton و Raphson - Newton) برای تخمین مجموع مربعات خطاها، مدل‌ها استفاده شد. تخمین دماهای کمینه، بهینه و بیشینه به روش مستقیم گرافیکی (به‌وسیله معادله مدل و نرم افزار Excel) انجام شد.

شاخص AIC (Akaike Information Criteria) به منظور سنجش میزان انطباق مدل‌های غیرخطی استفاده شد (Akaike 1974). کمترین مقدار AIC، بیش‌ترین انطباق‌پذیری مدل را نشان می‌دهد.

ضریب AIC بر اساس مقدار مجموع مربعات خطاها SSE و تعداد پارامترهای مدل  $p$  و تعداد مشاهدات  $n$  با معادله زیر محاسبه شد.

$$AIC = n \ln(SSE/n) + 2p$$

نمودارها به وسیله نرم‌افزار SigmaPlot v11.0 ترسیم شدند.

سن ( $x$ )، بقای ویژه سنی ( $l_x$ ) و زادآوری ویژه سنی ( $m_x$ ) در هشت رژیم دمایی به روش (Chi 1985) تجزیه شد. نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ )، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ )، میانگین مدت زمان یک نسل ( $T$ ) و نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ )

شوند و پس از بالغ شدن، از این تخم‌ها برای آزمایش استفاده شد.

این مطالعه درون فنجان‌های پلاستیکی شفاف به ارتفاع و قطر چهار سانتیمتر انجام شد. یک سانتیمتر از کف فنجان‌های پلاستیکی توسط مخلوطی از گچ پاریس و زغال چوب (۷ به ۱) پوشیده شده بود و به منظور تهویه، سر فنجان‌ها با توری مش ۰/۱ میلی‌متر پوشانده شد. این ظروف در یکصد تکرار درون ژرمیناتور با دمای ثابت (۱۶، ۱۷/۵، ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس) قرار داده شد. کنه *H. aculeifera* در طول آزمایش با تخم، لارو، پوره و بالغین کنه پیاز، *R. echinopus* روی مخمر نان تغذیه شد. برای تهیه تخم‌های هم‌سن، کنه‌های ماده *H. aculeifera* از کلنی ایجاد شده جدا و با طعمه‌ی *R. echinopus* تغذیه شدند. از تخم‌های ۲۴ ساعته در آزمایش استفاده شد. این آزمایش در رطوبت نسبی  $5 \pm 60\%$  درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت. کنه *R. echinopus* در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی روی مخمر نان پرورش داده شد.

تخم‌های هم‌سن به طور انفرادی به ظروف آزمایش انتقال یافت و هریک پس از تفریح با ۵۰ عدد کنه پیاز مورد تغذیه قرار گرفت. برای جلوگیری از تبدیل شدن کنه‌های پیاز به هایپوپوس بر اثر بی‌غذایی، این کنه‌ها با مقدار کمی مخمر نان تغذیه شدند. بستر فنجان‌ها هر روز با آب مقطر مرطوب شد و هر سه روز یک بار کنه پیاز و مخمر به محیط اضافه شد.

طول دوره هر یک از مراحل زیستی پیش از بلوغ و پس از بلوغ کنه شکارگر تا هنگام مرگ ثبت شد. کنه‌ها قبل از بلوغ در دماهای ۲۲/۵ درجه سلسیوس و بالاتر روزی دو مرتبه و در دماهای زیر ۲۲/۵ درجه سلسیوس یک بار در روز مورد بازدید قرار گرفتند و پس از بلوغ داده‌برداری‌ها به صورت روزانه در تمام دماها انجام شد. مشاهدات توسط استریومیکروسکوپ در زیر نور سرد انجام شد. تمام جایجایی‌ها در تمام مراحل به وسیله قلم موی سه صفر انجام گرفت.

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

### مدل خطی

کنه شکارگر با استفاده از نرم‌افزار *Age-stage two sex life table* (Chi 2013) محاسبه شد.

## نتایج

### مدل خطی

ثابت گرمایی از تخم تا بالغ برای ماده‌های *H. aculeifera* ۱۶۹/۳ و برای نرها ۱۶۳/۱ روز-درجه محاسبه شد. دمای آستانه پایین نمو از تخم تا بالغ ۹/۷۱ درجه سلسیوس ( $y = 0.0155x - 0.1505; r^2 = 0.9965$ ) و ۹/۵۴ درجه سلسیوس ( $y = 0.0142x - 0.1354; r^2 = 0.9517$ ) به ترتیب برای ماده‌ها و نرها محاسبه شد. مقدار  $k$  از تخم تا بالغ ۳۳۷/۴ روز-درجه برای ماده‌ها و ۳۵۷/۴ روز-درجه برای نرها اندازه‌گیری شد. این در حالی است که مقدار آستانه‌ی دما برای این کنه شکارگر روی این طعمه ۱۰/۸ درجه سلسیوس برای ماده‌ها و ۱۱/۲ درجه سلسیوس برای نرها است و مقدار  $k$  از تخم تا بالغ برای ماده‌ها ۱۶۹/۳ و برای نرها ۱۶۳/۱ روز-درجه محاسبه شد (جدول ۱).

### مدل غیر خطی

مدل‌های غیر خطی با داده‌های نرخ نمو مراحل نابالغ کنه شکارگر *H. aculeifera* برازش داده شد (شکل ۱). از بین مدل‌های برازش داده شده مدل‌های با ضریب آکایک کمتر انتخاب شدند. ضریب آکایک بر اساس مقدار مجذور مربعات، تعداد پارامترها و تعداد مشاهدات متفاوت است. در جدول ۲، مدل‌ها، ضریب آکایک و مجذور مربعات آمده است. در این برازش بهترین مدل‌ها در نظر گرفته شد که این مدل‌ها به ترتیب مدل آنالیتیس-اللهیاری (۲۰۰۵)، آنالیتیس-۲ (۱۹۸۰)، آنالیتیس-۳ (۱۹۷۷)، آنالیتیس-۱ (۱۹۷۷)، استینر (۱۹۷۴) و لوگان-۶ بودند. در این مدل‌ها آستانه‌های بالا، پایین و بهینه تخمین زده شد. در مدل آنالیتیس-اللهیاری دمای بهینه ۳۰/۹ درجه سلسیوس، دمای آستانه پایین نمو ۱۲ درجه سلسیوس و دمای آستانه بالا نمو ۳۳/۹ درجه سلسیوس برآورد شد. در مدل آنالیتیس-۲ دمای آستانه‌ی پایینی نمو ۱۱/۸ درجه سلسیوس، دمای آستانه‌ی بالایی ۳۲/۵ درجه سلسیوس و دمای بهینه نمو ۳۲/۲ درجه سلسیوس تخمین زده شد. در مدل آنالیتیس-۳ دمای کمینه نمو

۱۱/۸ درجه سلسیوس، دمای بیشینه نمو ۳۲/۵ درجه سلسیوس و مناسب‌ترین دما ۳۲/۱ درجه سلسیوس بود. در مدل آنالیتیس-۱ هم آستانه‌ها در بیشترین مقدار ۳۲/۵۲ درجه سلسیوس و در کمترین مقدار ۹/۶ درجه سلسیوس و دمای بهینه نمو ۳۱/۵ درجه سلسیوس تخمین زده شد. در مدل لوگان-۶ دمای بهینه نمو ۳۰/۲ درجه سلسیوس، دمای آستانه‌ی پایینی نمو ۱/۳- درجه سلسیوس و دمای آستانه بالا نمو ۳۶ درجه سلسیوس بود که با بیولوژی مشاهده شده در این تحقیق هم‌خوانی نداشتند. همچنین مدل استینر نیز دارای دمای آستانه بالا بود که با شواهد بیولوژیک این تحقیق تایید نشده و نمی‌توانند مدل‌های مناسبی باشند.

### الگوی بقای ویژه سنی کنه کامل *H. aculeifer*

بیشترین نرخ مرگ و میر در دماهای پایین‌تر از ۲۰ درجه سلسیوس یعنی دماهای ۱۶ و ۱۷/۵ درجه سلسیوس مشاهده شد. نرخ مرگ و میر با افزایش دما کاهش یافت اما با افزایش بیشتر دما دوباره افزایش یافت. طول عمر با افزایش دما کاهش پیدا کرد. کمترین طول عمر در ماده‌ها در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس و بیشترین طول عمر در دماهای کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس ثبت شد. در نرها کمترین طول عمر در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس ثبت شد (شکل ۵). مقادیر بقای ویژه سنی ( $l_x$ ) کنه‌های کامل در دماهای مورد آزمایش این پژوهش، با مدل ویبل برازش داده شد. بقای ویژه سنی نشان داد که دماهای پایین برای این شکارگر نامناسب بوده و در مراحل اولیه رشدی خصوصاً تخم، لارو و پروتومف و دئوتومف تلفات زیادی در برداشت ولی با افزایش اندک دما و رسیدن به ۲۰ درجه سلسیوس این تلفات کاهش و کمترین تلفات در دماهای بالای ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده شد، اگر چه در دمای آستانه‌ی بالایی تلفات دوباره زیاد ولی به اندازه دمای پایین نبود.

### الگوی زادآوری ویژه سنی ( $m_x$ )

نرخ زادآوری ویژه سنی با افزایش دما تا ۳۰ درجه سلسیوس افزایش یافت و در دمای ۳۲/۵ کاهش و به ۱/۱ درجه سلسیوس رسید. اما طول دوره تخم‌گذاری با کاهش دما افزایش یافت. همین امر باعث شد که تعداد تخم در دمای ۲۰ و ۲۲/۵ درجه سلسیوس با دمای ۳۰ درجه

تعداد افراد به بلوغ رسیده کمتر از ۱۸ درصد بود. این در حالی است که در دماهای بالا این نرخ به بالای ۲۰ درصد رسید و در دمای ۲۷/۵ و ۳۰ درجه سلسیوس به حداکثر رسید (شکل ۲).

### H. پارامترهای رشد جمعیت پایدار کنه شکارگر *aculeifer*

براساس نتایج به دست آمده نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) کنه شکارگر در دمای ۱۶ درجه سلسیوس منفی بود که نشان دهنده این مطلب می‌باشد که کنه شکارگر در این دما منقرض می‌شود. بیشترین  $r_m$  مربوط به دمای ۲۷/۵ و ۳۰ درجه سلسیوس بود که نشان‌دهنده‌ی مناسب بودن دما برای رشد کنه می‌باشد. کمترین میانگین طول هر نسل (T) مربوط به دمای ۳۰ درجه سلسیوس و سپس ۲۷/۵ درجه سلسیوس و بیشترین طول هر نسل مربوط به دمای ۱۶ و ۱۷/۵ درجه سلسیوس بود. نرخ خالص تولید مثل ( $R_0$ ) در دمای ۳۰، ۲۷/۵ و ۲۲/۵ درجه سلسیوس بیشترین مقدار را داشت. کمترین مقدار نرخ خالص تولیدمثل مربوط به دمای ۱۶ درجه سلسیوس بود. نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) با افزایش دما افزایش یافت و در دمای ۲۲/۵ و ۳۰ درجه سلسیوس به حداکثر خود رسید و در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس به شدت کاهش یافت (جدول ۳).

### بحث

طول دوره‌ی هر نسل به طور میانگین با افزایش دما کاهش یافت و از ۶۳ روز در ۱۶ درجه سلسیوس به ۱۳ روز در ۳۰ درجه سلسیوس رسید اما با افزایش دما و عبور از دمای بهینه نمو این مقدار به ۱۷ روز افزایش یافت. این روند توسط Kasuga (2006) نیز روی طعمه *Tyrophagus similis* Volgin در چهار دما گزارش شده است. (1997) Enkegaard et al. طول دوره هر نسل را روی کنه قارچ خوار ۴۰/۶۷ روز و روی مگس قارچ خوار ۴۴/۲۸ روز گزارش کردند. Chi (1981) میانگین طول نسل کنه *H. aculeifer* را روی طعمه اصلی خود (*Onychiurus fimatus* Gisin) در دمای ۱۵ درجه سلسیوس ۱۳۴/۳ روز، در دمای ۲۲ درجه سلسیوس ۳۶/۱ روز و در دمای ۲۸ درجه سلسیوس ۲۳/۹ روز گزارش کرده است.

سلسیوس تقریباً برابر شود. با افزایش دما نرخ زادآوری ویژه سنی افزایش و طول دوره‌ی تخم‌گذاری کاهش یافت (شکل ۳). نرخ زادآوری با دو مدل برازش شد که مدل انگگارد در دمای ۱۶ درجه سلسیوس برازش خوبی از داده‌ها نداشت اما مدل پلی‌نومیال برازش خوبی به نمایش گذاشت.

نتایج نشان داد که کنه شکارگر در اوایل دوره‌ی تخم‌گذاری تعداد کمی تخم گذاشت، اما با گذشت زمان این مقدار به سرعت زیاد و بسته به مدتی حفظ شد و بعد میزان تخم‌گذاری کاهش یافت. این روند در دماهای پایین‌تر از ۲۲/۵ درجه سلسیوس به خوبی قابل مشاهده بود. افزایش دما به علت کاهش تعداد روزهای تخم‌گذاری نمودارهایی ایجاد کرد که ابتدا با شیب زیاد بالا رفته و سپس بعد از مدت کوتاهی به سرعت کاهش یافت. این روند در دمای بالای ۲۰ درجه سلسیوس کاملاً مشهود بود.

### امید به زندگی کنه *H. aculeifer*

در اولین روز آزمایش امید به زندگی کنه شکارگر در هشت دمای ۱۶، ۱۷/۵، ۲۰، ۲۲/۵، ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰، ۳۲/۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۳۱/۶، ۲۲/۹۵، ۲۶/۶۸، ۲۳/۷۵، ۱۸، ۲۱/۱، ۲۰/۳۸ و ۱۵/۶۴ روز بود که کمترین امید به زندگی در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس و بیشترین امید به زندگی در دماهای ۱۶ و ۲۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (شکل ۴). امید به زندگی زیاد بعد از گذشت دوره‌های قبل از بلوغ به کمترین میزان امید به زندگی رسید که به دلیل بروز تلفات بالا در مراحل نابالغ بود. بعد از سپری شدن این مرحله امید به زندگی به صورت قابل توجهی افزایش یافت که نشان می‌دهد که اکثر افرادی که به بلوغ می‌رسند دارای زندگی طولانی می‌باشند.

### نرخ بقای کنه *H. aculeifer*

نمودارهای نرخ بقا شامل مرگ‌ومیر هر مرحله از زندگی کنه شکارگر است که به صورت جداگانه رسم و باهم مقایسه شده است. این نمودارها نشان داد که در این کنه طول دوره‌ی قبل از بلوغ کنه نسبت به دوره‌ی بلوغ بسیار کوتاه بود اما حداکثر طول عمر کنه در مرحله بالغ بود. نمودارها نشان داد که در دماهای پایین نرخ مرگ‌ومیر در مرحله قبل از بلوغ بسیار زیاد بود به طوری که

جدول ۱. برآورد دمای آستانه پایین نمو (t) و ثابت گرمایی (k) مراحل نارس کنه *H. aculeifer* با مدل خطی ایکموتو و تاکای.

ثابت گرمایی روز-درجه (درجه سلسیوس)	دمای کمینه (درجه ی سلسیوس)	رگرسیون خطی		مرحله ی رشدی
		معادله	$r^2$	
۵۰/۰۵	۱۰/۷	۰/۹۰۶۵	$y=۱۰/۶۶x + ۵۰/۰۵$	تخم ♀
۵۲/۳۳	۱۰/۳	۰/۸۷۸۳	$y=۱۰/۲۵ x + ۵۲/۳۳$	تخم ♂
۱۰/۱۸	۱۴/۷	۰/۹۲۷۸	$y=۱۴/۷۵x + ۱۰/۱۸$	لارو ♀
۹/۳۰	۱۴/۹	۰/۹۳۸۰	$y=۱۴/۹۲x + ۹/۲۹$	لارو ♂
۴۳/۶۴	۱۲/۲	۰/۸۹۸۸	$y=۱۲/۲۱x + ۴۳/۶۴$	پروتونمف ♀
۴۲/۱۱	۱۲/۶	۰/۹۶۶۶	$y=۱۲/۶۴x + ۴۲/۱۱$	پروتونمف ♂
۳۹/۹۲	۱۲/۷	۰/۹۱۶۲	$y=۱۲/۷۴x + ۳۹/۹۲$	دثوتونمف ♀
۴۰/۱۲	۱۱/۹	۰/۹۱۵۹	$y=۱۱/۸۹x + ۴۰/۱۲$	دثوتونمف ♂
۱۶۹/۳۳	۱۰/۸	۰/۹۶۷۶	$y=۱۰/۸۱x + ۱۶۹/۳۳$	تخم - بالغ ♀
۱۶۳/۱۰	۱۱/۲	۰/۹۷۳۴	$y=۱۱/۱۵x + ۱۶۳/۱۰$	تخم - بالغ ♂

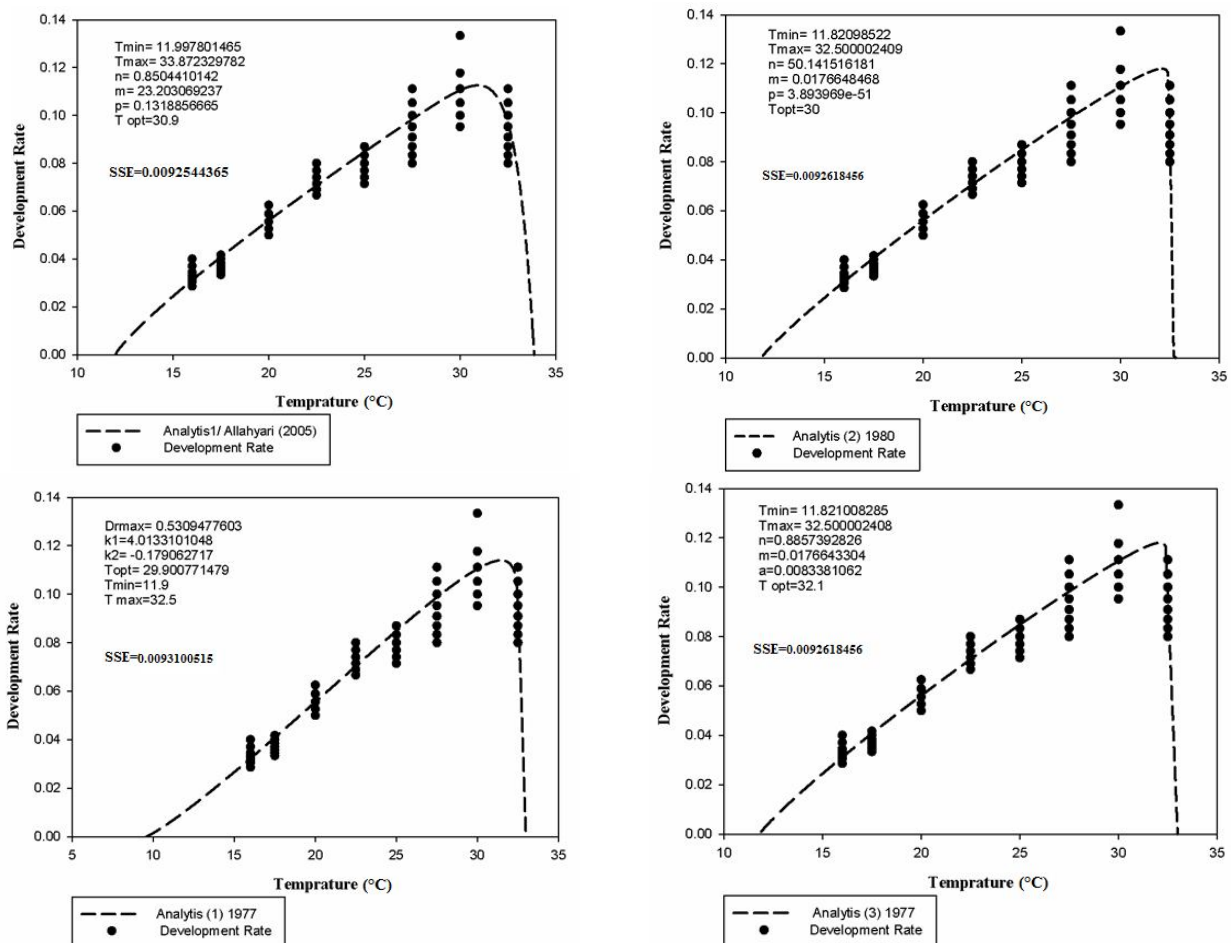
جدول ۲. میزان برآزش مدل های غیر خطی با داده های نرخ نمو مراحل نابالغ کنه های ماده *H. aculeifer*

رتبه مدل (R)	ضریب آیک (AIC)	مجذور مربعات (SSE)	تعداد پارامترها	مدل های غیرخطی
۱	-۲۰۳۰/۱۵۷۵۳۲	۰/۰۰۹۲۵۴۴۳۶۵	۵	Analytis (1) modified by Allahyari 2005
۲	-۲۰۲۹/۹۹۴۲۷۵	۰/۰۰۹۲۶۱۸۴۵۶	۵	Analytis (2) 1980
۳	-۲۰۲۹/۹۹۴۲۷۵	۰/۰۰۹۲۶۱۸۴۵۶	۵	Analytis (3) 1977
۴	-۲۰۲۸/۹۲۵۲۵۳	۰/۰۰۹۳۱۰۰۵۱۵	۵	Analytis (1) 1977
۵	-۲۰۲۶/۰۸۸۲۵۱	۰/۰۰۹۵۳۳۹۰۵۴	۴	Stinner 1974
۶	-۲۰۱۳/۴۹۳۸۴۹	۰/۰۱۰۱۴۱۰۵۱۶	۴	Logan (6) 1976
۷	-۲۰۰۵/۹۵۲۹۶۹	۰/۰۱۰۵۲۲۹۳۱۲	۴	Janisch modified by Rochat 2001
۸	-۱۹۹۷/۴۱۳۲۶۹	۰/۰۱۱۰۸۰۸۸۹۹	۳	Briere (1) 1999
۹	-۱۹۹۵/۰۱۲۸۲۱	۰/۰۱۱۲۱۲۰۴۷۸	۳	Janisch modified by Analytis 3P 1980-1
۱۰	-۱۹۹۳/۴۷۷۰۳	۰/۰۱۱۱۸۶۵۶۳۴	۴	Harcourt 1982
۱۱	-۱۹۸۵/۶۳۰۶۲	۰/۰۱۱۵۱۱۷۹۵۸	۵	Hilbert and Logan 1983
۱۲	-۱۹۸۲/۳۶۱۲۱۷	۰/۰۱۱۹۲۹۴۰۷۴	۳	Taylor 1982
۱۳	-۱۹۷۸/۵۸۷۰۲۷	۰/۰۱۲۱۵۲۱۶۶۸	۳	Analytis (3) modified by Kontodimas (16) 2004
۱۴	-۱۹۷۷/۴۱۱۲۷	۰/۰۱۱۷۵۲۳۷۴۷	۷	Sh and DeMi modified by School field 1981
۱۵	-۱۹۶۶/۳۷۸۴۷۸	۰/۰۱۲۷۷۵۷۵۷	۴	Taylor modified by Lamb 1984
۱۶	-۱۹۶۳/۰۱۳۴۹	۰/۰۱۲۹۸۸۲۴۱۴	۴	Holling III 1965
۱۷	-۱۹۴۱/۱۹۹۱۶	۰/۰۱۴۵۹۶۴۹۴	۳	Davidson 1942
۱۸	-۱۹۳۷/۱۹۹۱۶	۰/۰۱۴۵۹۶۴۹۳۸	۵	Logan (10) 1976
۱۹	-۱۹۲۰/۶۵۰۴۱	۰/۰۱۵۹۸۵۸۹۲۲	۴	Logan (6) modified by Lactin (2) 1995
۲۰	-۱۹۱۷/۸۱۵۹	۰/۰۱۶۲۰۹۵۶۱۰	۴	Enkegaard, 1977
۲۱	-۱۸۱۱/۴۰۹۹۱۷	۰/۰۲۷۳۰۸۵۳۲۸	۴	Briere (2) 1999
۲۲	-۱۳۳۷/۲۵۶۲۳۶	۰/۲۷۳۶۵۶۶۲۱۷	۶	Sh and DeMi Modified by Kontodimas 2004
۲۳	-۱۳۳۴/۵۱۵۷۹۸	۰/۲۷۴۶۵۱۶۸۹۸	۷	Sharp and DeMichele 1977

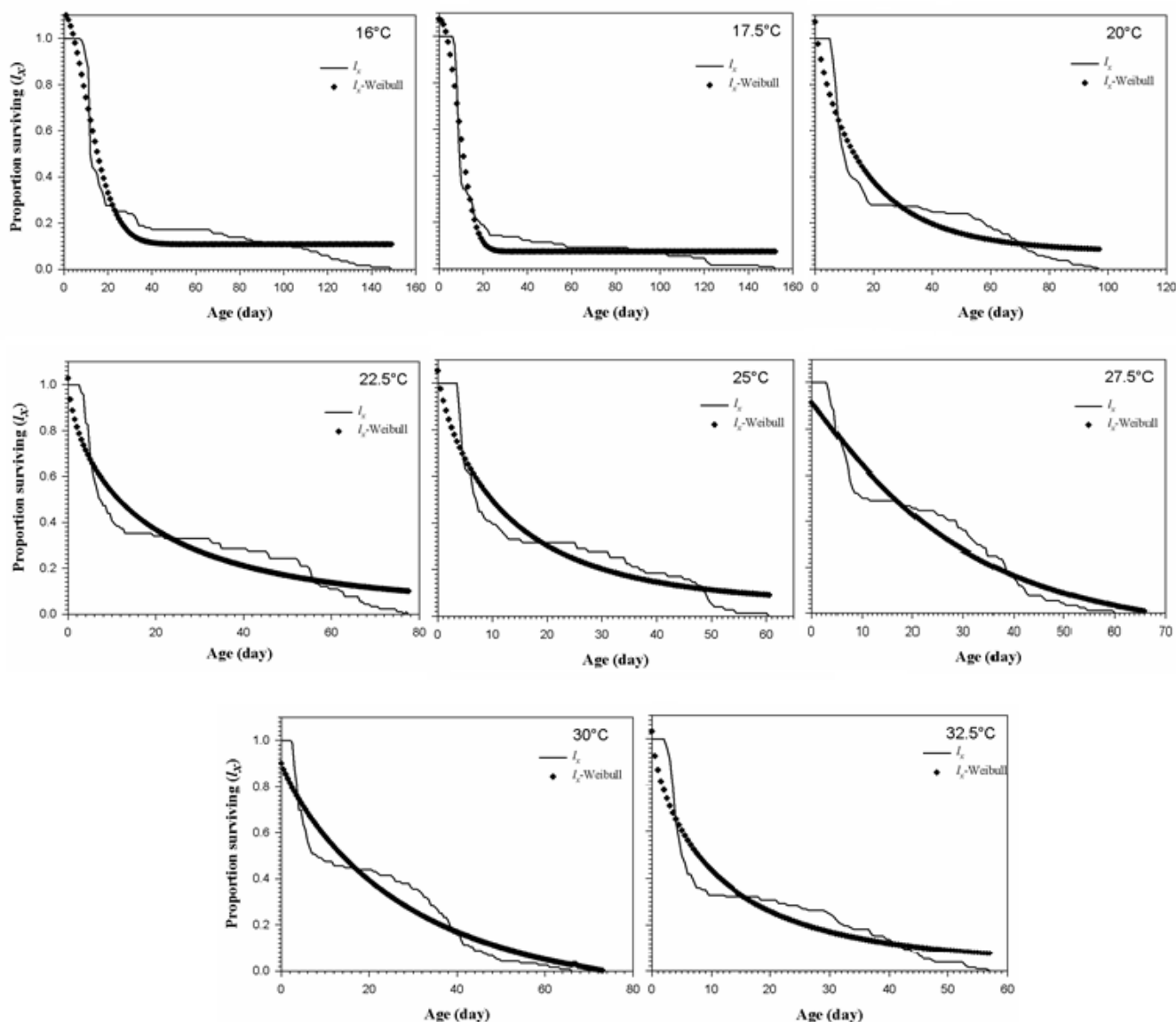
جدول ۳. پارامترهای رشد جمعیت و تولید مثل کنه شکارگر *H. aculeifer* در هشت دمای ثابت، مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون توکی.

دمای (درجه سلسیوس)	نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ )	نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ )	نرخ ناخالص تولیدمثلی (GRR)	نرخ خالص تولیدمثلی ( $R_0$ )	متوسط مدت زمان یک نسل (T)
۱۶	$-0.02 \pm 0.01$ g	$0.9978 \pm 0.005$ h	$5.7690 \pm 0.02$ h	$0.9118 \pm 0.003$ g	$63.7424 \pm 0.08$ a
۱۷/۵	$0.11 \pm 0.01$ f	$1.0109 \pm 0.01$ g	$13.6040 \pm 4.04$ g	$1.6864 \pm 0.63$ f	$41.213 \pm 5.439$ b
۲۰	$0.08 \pm 0.01$ e	$1.0830 \pm 0.011$ f	$59.205 \pm 8.22$ c	$14.6711 \pm 2.83$ d	$33.468 \pm 0.63$ c
۲۲/۵	$0.156 \pm 0.01$ c	$1.1690 \pm 0.01$ c	$63.825 \pm 9.664$ b	$21.8721 \pm 4.70$ c	$19.618 \pm 0.23$ d
۲۵	$0.144 \pm 0.02$ c	$1.1552 \pm 0.02$ d	$46.326 \pm 10.48$ e	$14.5615 \pm 4.17$ d	$18.282 \pm 0.20$ e
۲۷/۵	$0.221 \pm 0.01$ b	$1.2473 \pm 0.01$ b	$51.751 \pm 5.59$ d	$24.8753 \pm 3.86$ b	$14.491 \pm 0.20$ g
۳۰	$0.252 \pm 0.01$ a	$1.2863 \pm 0.01$ a	$71.481 \pm 5.60$ a	$32.3778 \pm 4.23$ a	$13.785 \pm 0.16$ g
۳۲/۵	$0.112 \pm 0.01$ d	$1.1191 \pm 0.02$ e	$21.672 \pm 4.13$ f	$6.7200 \pm 1.53$ e	$16.705 \pm 0.48$ f

در هر ستون حروف غیر مشابه بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد ( $P < 0.05$ ).



شکل ۱. نمودارهای برازش داده شده توسط چهار مدل غیر خطی با داده‌های نرخ نمو مراحل نابالغ کنه شکارگر *H. aculeifer*.

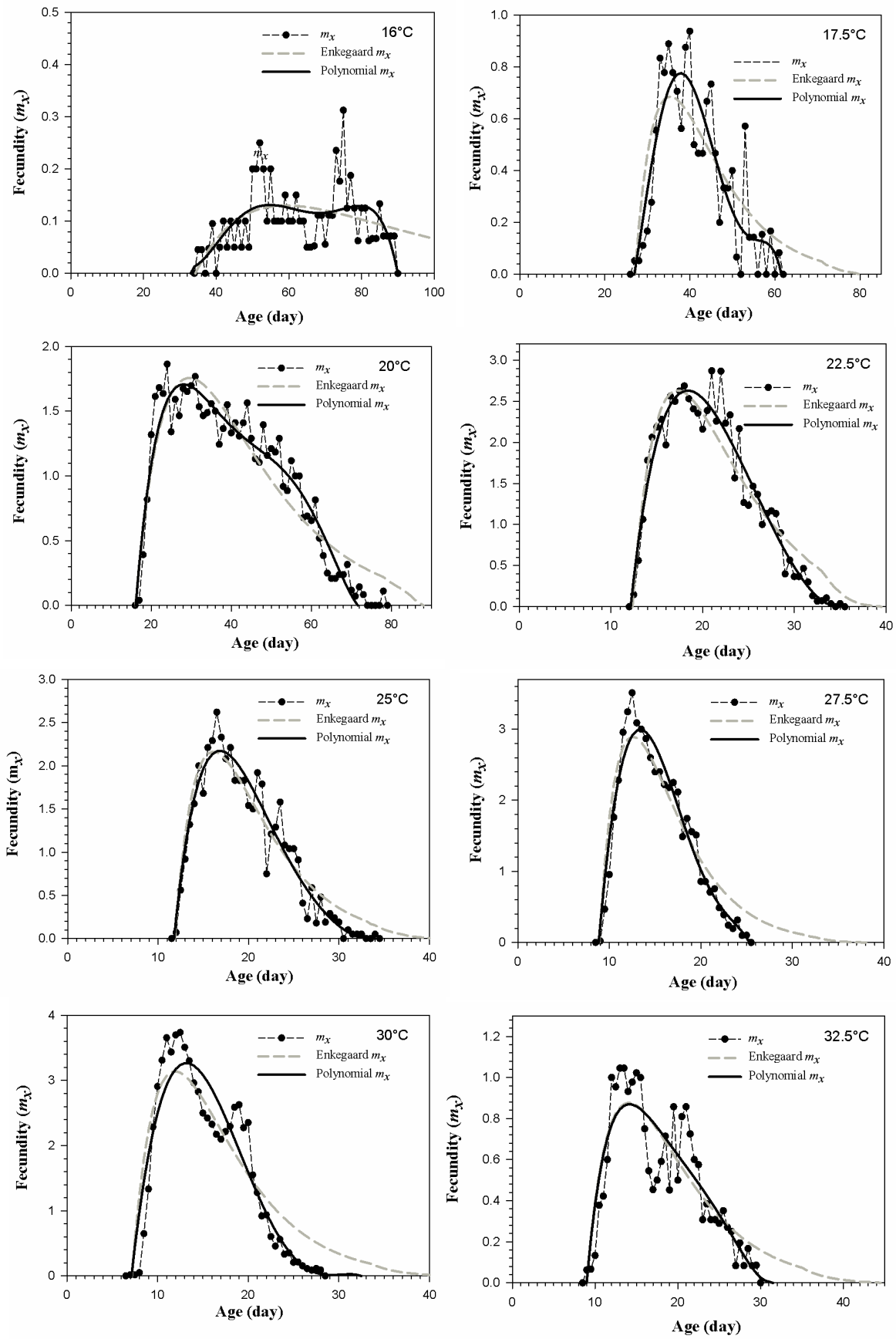


شکل ۲. نرخ بقای ویژه سنی ( $l_x$ ) کنه *H. aculeifer* برازش داده شده با مدل ویبول.

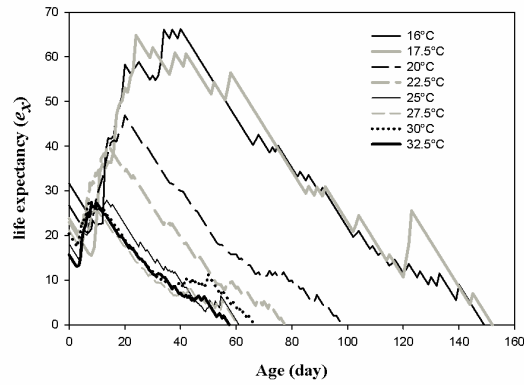
۲/۳ عدد تخم بود و با افزایش دوباره به ۳۰ درجه سلسیوس به ۱/۳ عدد تخم کاهش یافت. با افزایش دما نرخ خالص تولید مثل تا ۳۰ درجه سلسیوس افزایش (به جز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس) و در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس کاهش یافت. Ydergaard *et al.* (1997) نرخ خالص تولیدمثل کنه *H. miles* را روی مخلوطی از طعمه‌های *Bradysia pauper* و *B. tritici* در دمای ۱۵ درجه سلسیوس ۱۵/۵۷ گزارش کرد که با افزایش دما تا ۲۵ درجه سلسیوس افزایش یافت و به ۴۹/۷ ماده/ماده/نسل رسید و دوباره با افزایش دما به ۳۰ درجه سلسیوس کاهش یافته و به ۱۹/۷

Ydergaard *et al.* (1997) مدت زمان دو برابر شدن جمعیت کنه *H. miles* را روی مخلوطی از طعمه‌های *B. tritici* و *Bradysia pauper* در دمای ۱۵ درجه سلسیوس ۲۲/۳۶ روز، دمای ۲۰ درجه سلسیوس ۹/۶۳ روز، ۲۵ درجه سلسیوس ۵/۲۳ روز و ۳۰ درجه سلسیوس ۶/۱۹ روز گزارش کرد. Ydergaard *et al.* (1997) این روند را برای کنه *H. miles* روی هر دو طعمه کنه قارچ‌خوار و مگس قارچ‌خوار، پس از افزایش دما از ۱۵ درجه سلسیوس به ۲۵ درجه سلسیوس به صورت افزایش نرخ باروری گزارش کرد و این نرخ برای کنه قارچ‌خوار از ۰/۷ به ۲ عدد تخم و در طعمه مگس قارچ‌خوار از ۰/۳ به

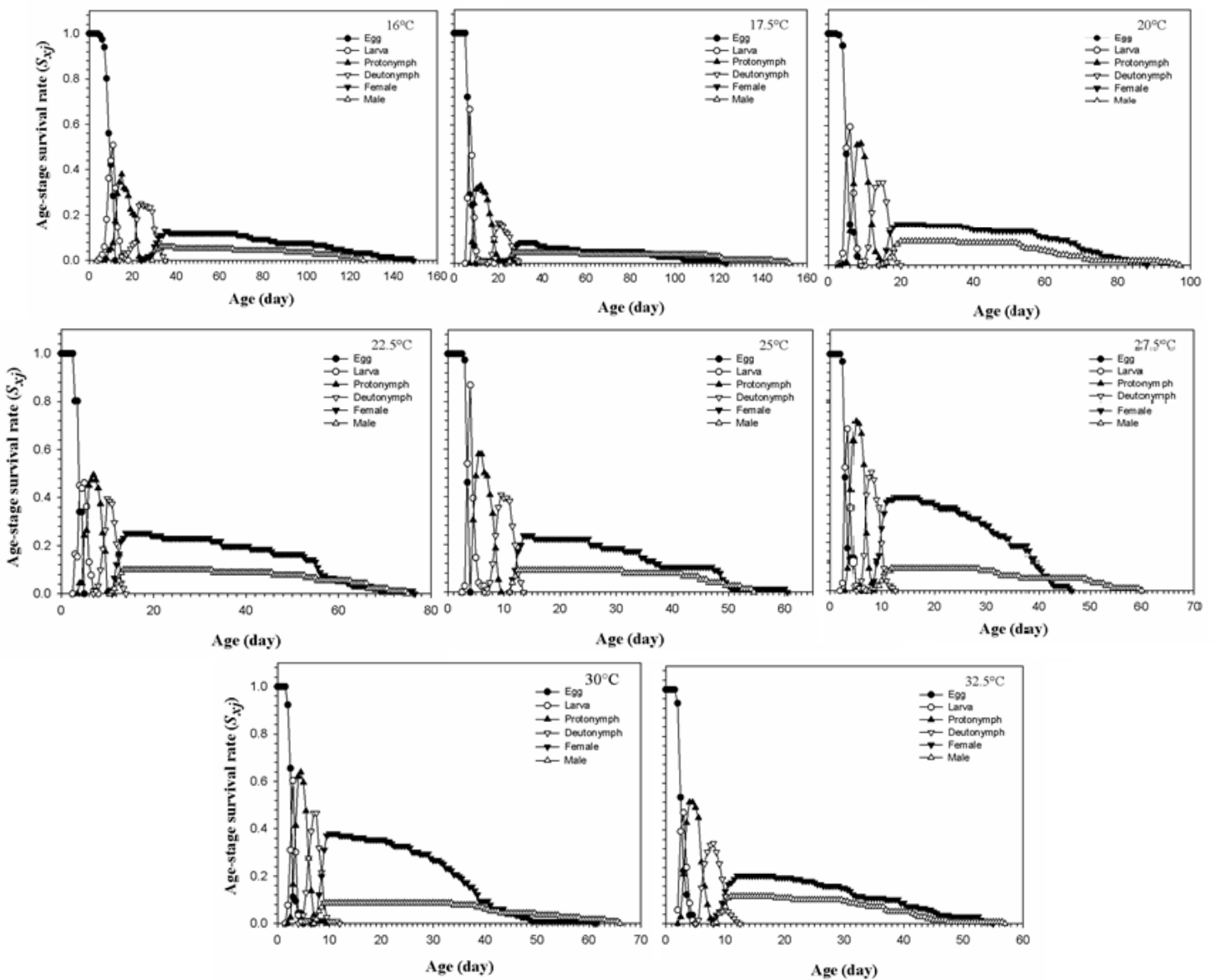




شکل ۳. نمودار نرخ زادآوری ویژه سنی ( $m_x$ ) کنه *H. aculeifer* برازش شده با مدل‌های انکگارد و پلی‌نومیال.



شکل ۴. نمودار امید به زندگی کنه *H. aculeifer* در ۸ دمای ثابت.



شکل ۵. نرخ بقای ویژه سنی (مرگ و میر در هر مرحله از زندگی) کنه *H. aculeifer* در ۸ دمای ثابت

۰/۱۱۲ بر روز می‌رسد. یکی از شاخص‌های مهم در کنترل بیولوژیک آن است که نرخ ذاتی افزایش جمعیت شکارگر باید برابر یا بیشتر از نرخ ذاتی افزایش جمعیت آفت باشد تا شکارگر قادر به کنترل آفت باشد (Huffaker 1997). با افزایش دما نرخ متناهی افزایش جمعیت آفت و بعد از عبور از دمای بهینه کاهش یافت. این وضعیت در مطالعه Ydergaard et al. (1997) نیز دیده می‌شود به طوری که مقدار این پارامتر در دمای ۱۵ درجه از سلسیوس ۱/۰۳۱ بر روز به ۱/۱۴۲ بر روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس رسید. سپس با اندکی کاهش در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به ۱/۱۱۸ بر روز رسید. Chi (1981) نرخ متناهی رشد کنه *H. aculeifer* را در سه دمای ۱۵، ۲۲ و ۲۸ درجه سلسیوس به ترتیب ۱/۳۱۲۵، ۲/۸۹۱ و ۲/۴۷۶۰ بر روز گزارش کرد که بسیار بیشتر از نرخ بدست آمده در تحقیق حاضر است.

ماده/ماده/نسل رسید. (Enkegaard et al. 1997) میزان نرخ خالص تولیدمثل کنه *H. miles* را در دمای ۲۰ درجه سلسیوس روی طعمه کنه قارچ‌خوار ۹/۰۹۷ و روی طعمه مگس قارچ‌خوار ۲۷/۳۵ ماده/ماده/نسل محاسبه کرد. Chi (1981) نرخ خالص تولیدمثل کنه *H. aculeifer* را در سه دمای ۱۵، ۲۲ و ۲۸ درجه سلسیوس به ترتیب ۳۸/۶، ۳۶/۱ و ۸/۶ ماده/ماده/نسل گزارش کرد که با مقدار گزارش شده در این آزمایش متفاوت است که یکی از دلایل آن کیفیت طعمه مصرفی می‌تواند باشد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت نیز مثل سایر فاکتورها با افزایش دما تا ۳۰ درجه سلسیوس افزایش و سپس در دمای ۳۲/۵ درجه سلسیوس کاهش یافت. Ydergaard et al. (1997) بیان کرد که نرخ ذاتی افزایش جمعیت کنه *H. miles* با افزایش دما از ۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس از ۰/۰۳۱ به ۰/۱۳۳ بر روز افزایش می‌یابد ولی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به علت کاهش تخم‌ریزی به مقدار اندک

## منابع

- دماوندیان، م. ۱۳۸۷. کنترل بیولوژیک آفات، (ترجمه نویسندگان نیل هلیر، کوین براون و نایجل کتلین). انتشارات دانشگاه مازندران، ۴۴۸ صفحه.
- رحیمی، ح.، مختاریان، ع.، بازوندی، م.، رحیمی، ح.، کیانی، م.، بهداد، م. ۱۳۸۷. بررسی اثرات عمق کاشت و آبیاری تابستانه بر جمعیت کنه در شهرستان گناباد. مجله آفات و بیماری‌های گیاهی، ۷۶: ۱-۱۴.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19: 716-723.
- Ali, W., George, D. R., Shiel, R. S., Sparagano, O. A. E., Guy, J. H. 2012. Laboratory screening of potential predators of the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* and assessment of *Hypoaspis miles* performance under varying biotic and abiotic conditions. Veterinary Parasitology, 187: 341-344.
- Analytis, S. 1977. Über die relation zwischen biologischer entwicklung und temperature bei phytopathogenen pilzen. Journal of Phytopathology, 90: 64-76.
- Analytis, S. 1980. Obtaining of sub-models for modeling the entire life cycle of Pathogen. Zeitschrift fuer Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Journal of Plant Diseases and Protection, 87: 371-382.
- Analytis, S. 1981. Relationship between temperature and development times in phytopathogenic fungus and in plant pests: a mathematical model. Agricultural Research (Athens), 5: 133-159.
- Chi, H. 1981. The rate of increase of *Hypoaspis aculeifer* Canestrini (Acarina, Laelapidae) at different temperatures with *Onychiurus fimatus* Gisin (Collembola, Onychiuridae) as food, In: Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft fuer allgemeine und angewandte Entomologie, Kiel, 3: 122-125.
- Chi, H. 2013. TWSEX-MSChart: computer program for age-stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan (<http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm>).
- Chi, H., Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica, 24: 225-240.
- Deng, G. F., Wang, D. Q., Gu, Y. M., Meng, Y. C. 1993. Economic Insect Fauna of China Facs. 40 Acari: Dermanyssoidea. Science Press, Beijing, 391 pp.
- Diaz, A., Okabe, K., Eckenrode, C. J., Villani, M. G., Oconnor, B. M. 1999. Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). Experimental and Applied Acarology, 24: 85-113.

- Enkegaard, A., Sardar, M. A., Brødsgaard, H. F. 1997. The predatory mite *Hypoaspis miles*: biological and demographic characteristics on two prey species, the mushroom sciarid fly, *Lycoriella solani*, and the mould mite, *Tyrophagus putrescentiae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 82: 135-146.
- Heckmann, L. H., Ruf, A., Nienstedt, K. M., Krogh, P. H. 2007. Reproductive performance of the generalist predator *Hypoaspis aculeifer* (Acari: Gamasida) when foraging on different invertebrate prey. *Applied Soil Ecology*, 36: 130-135.
- Hughes, A. M. 1976. The mites of stored food and houses. Technical Bulletin No. 9, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, 400 p.
- Huffaker, C. B., Luck, R. F., Messenger, P.S. 1997. The ecological basis of biological control. Proceeding of 15<sup>th</sup> International Congress of Entomology Washington, 1976: 560-586.
- Ikemoto, T., Takai, K. 2000. A new linearized formula for the law of total effective temperature and evaluation of line-fitting methods with both variables subject to error. *Environmental Entomology*, 29: 671-682.
- Kasuga, S., Kanno, H., Amano, H. 2006. Development, oviposition, and predation of *Hypoaspis aculeifer* (Acari: Laelapidae) feeding on *Tyrophagus similis* (Acari: Acaridae). *Acarological Society of Japan*, 15: 139-143.
- Kevan, D. K. McE., Sharma, G. D. 1964. Observations on the biology of *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini, 1884), apparently new to North America (Acarina: Mesostigmata: Laelaptidae). *Acarologia*, 6: 647-658.
- Lindquist, E. E., Krantz, G. W., Walter, D. E. 2009. Order Mesostigmata. In: Krantz, G.W., Walter, D.W. (eds), *A Manual of Acarology*, 3rd edition. Lubbock, Texas Technology University press, pp. 124-232.
- Lesna, I., Sabelis, M. W., Bolland, H. R., Conijn, C. G. M. 1995. Candidate natural enemies for control of *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Astigmata) in lily bulbs: exploration in the field and pre-selection in the laboratory. *Experimental and Applied Acarology*, 19: 655-669.
- Lesna, I., Sabelis, M., Conijn, C. 1996. Biological control of the bulb mite, *Rhizoglyphus robini*, by the predatory mite, *Hypoaspis aculeifer*, on lilies: predator-prey interactions at various spatial scales. *Journal of Applied Ecology*, 33: 369-376.
- Logan, J. A., Wollkind, D. J., Hoyt, S. C., Tanigoshi, L. K. 1976. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environmental Entomology*, 5: 1133-1140.
- Ragusa, S., Zedan, M. A. 1988. Biology and predation of *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) (Parasitiformes, Dermanyssidae) on *Rhizoglyphus echinopus* (Fum. and Rob.) (Acariformes, Acaridae). *Redia*, 71: 213-225.
- Ydergaard, S., Enkegaard, A., Brødsgaard, H. F. 1997. The predatory mite *Hypoaspis miles*: temperature dependent life table characteristics on a diet of sciarid larvae, *Bradysia paupera* and *B. tritici*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 85: 177-187.
- Zhang, Z. Q. 2003. *Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control*. CABI Publishing, Wallingford UK and Cambridge USA, 12: 1- 244.
- Zhang, Z. Q. 2011. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa*, 3148: 1-237.

**Life table parameters of *Hypoaspis aculeifer* (Acari: Laelapidae) in feeding on *Rhizoglyphus echinopus* (Acari: Acaridae)**

Mohammad Reza Amin, Mohammad Khanjani\* and Babak Zahiri

*Department of Plant Protection, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.*

Date received: 3.19.2014

Date accepted: 6.3.2014

**Abstract**

The *Hypoaspis aculeifer* Raumlben is a polyphagous species which has an important role in control of insects, mites, nematodes and fungus in the soil habitats and also is used as a biological control agent in greenhouses and fields. In this paper, the effects of constant temperature on the demography of *H. aculeifer* fed on *Rhizoglyphus echinopus* have been investigated. This study was done at eight constant temperatures (16, 17.5, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5) °C, 60 ± 5% RH and photoperiod of 16:8 (L: D). Net reproductive rate ( $R_0$ ) of the predacious mite was 0.91, 14.67, 21.87, 24.87 and 32.38 ♀/♀/G at 16, 20, 22.5, 27.5 and 30 °C respectively. The intrinsic rate of increase ( $r_m$ ) values ranged from -0.002 (16 °C) to 0.252 (30 °C) d<sup>-1</sup>. The finite rate of increase ( $\lambda$ ) was 0.997 d<sup>-1</sup> at 16 °C, and 1.286 d<sup>-1</sup> at 30 °C. Using the linear model (Ikemoto and Takai), the low temperature threshold of *H. aculeifer* estimated for pre-adult stages and also for constant temperature were 10.8 °C and 169.3 degree days for females and 11.2 °C and 163.9 degree days for males. The estimations of the optimum temperature, low threshold and high threshold of development were estimated by chosen models (Analytis (1)/ Allahyari, Analytis (2), Analytis (3), Analytis (1)).

**Keywords:** Predator, modeling, fecundity, bulb mite, temperature thresholds.