

## اثر دما و گونه‌های مختلف حبوبات روی ویژگی‌های زیستی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae)

علی گلی‌زاده<sup>۱\*</sup> و زهرا عابدی<sup>۲</sup>

۱ - \*نویسنده مسوول: استاد گروه گیاهپزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (golizadeh@uma.ac.ir)

۲ - دانشجوی دکتری حشره‌شناسی کشاورزی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۱۹

### چکیده

سوسک چهارنقطه‌ای *Callosobruchus maculatus* یک آفت خسارت‌زای مهم دانه‌های حبوبات است. در این تحقیق اثر تغذیه روی پنج گونه حبوبات (باقلا، لوبیا چشم بلبلی، عدس، ماش و نخود) در هفت دمای ثابت ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰، ۳۳ و ۳۶ ( $\pm 1$ ) درجه سلسیوس روی طول دوره‌ی نشوونمای سوسک چهارنقطه‌ای بررسی شد. پارامترهای رشد جمعیت آفت روی پنج گیاه میزبان در دمای بهینه ۲۷ درجه سلسیوس و نیز در هفت دمای ثابت روی لوبیا چشم بلبلی محاسبه گردید. مدل‌های خطی، برای توصیف ارتباط بین دما و نرخ نشوونمای آفت استفاده شد. براساس نتایج، کمترین طول دوره‌ی پیش از بلوغ روی لوبیا چشم بلبلی در دمای ۳۳ درجه و بیشترین دوره روی باقلا در دمای ۱۸ درجه سلسیوس بود. بیشترین و کمترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) به ترتیب روی لوبیا چشم بلبلی و باقلا در دمای ۲۷ درجه سلسیوس به دست آمد. از نظر غلظت پروتئین، نشاسته، درصد سختی و رطوبت دانه‌ها تفاوت معنی‌داری بین میزبان‌های مختلف وجود داشت. همچنین، همبستگی معنی‌داری بین برخی پارامترهای زیستی با درصد رطوبت دانه‌های حبوبات مشاهده شد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات میزبان لوبیا چشم بلبلی را نسبت به سایر میزبان‌ها بیشتر ترجیح داد و باقلا نامناسب‌ترین میزبان برای نشوونمای این آفت بود. آستانه حداقل دمایی ( $T_0$ ) برای دوره رشدی آفت با روش رگرسیون خطی معمولی بسته به میزبان بین ۸/۳ تا ۹/۳ درجه سلسیوس تعیین شد. همچنین کمترین و بیشترین نیاز دمایی ( $k$ ) آفت به ترتیب روی لوبیا چشم بلبلی و باقلا به دست آمد.

کلید واژه‌ها: *Callosobruchus maculatus*، پارامترهای دموگرافیک، نرخ رشد، درجه حرارت، گیاهان میزبان

### مقدمه

ولی امروزه در تمام دنیا به خصوص مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری خسارت قابل توجهی به محصولات انباری وارد می‌نماید (Bagheri Zenouz, 1997). همه‌جازی بودن و پراکنش وسیع این آفت باعث خسارت چشمگیر آن در سرتاسر جهان شده است، در نتیجه کنترل آن ضروری به نظر می‌رسد (Johnson and Valero, 2003). یکی از روش‌های موثر کاهش جمعیت آفات، استفاده از گیاهان مقاوم است که به طور کارآمد در برنامه‌های

حبوبات منبعی از کربوهیدرات، کلسیم، آهن و به ویژه پروتئین می‌باشند و حبوبات بعد از غلات دومین منبع غذایی بشر محسوب می‌شوند (Bagheri et al., 2006). سوسک چهارنقطه‌ای *Callosobruchus maculatus* F. با نام عمومی Cowpea weevil به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل خسارت‌زا روی این محصولات می‌باشد (Allahvaisy et al., 2010). این آفت بومی آفریقا بوده

پارامترهای رشدی این حشره را روی چهار گونه میزبان بررسی کردند و لوبیا چشم بلبلی را به عنوان میزبان حساس به این آفت معرفی نمودند.

دما نیز یک عامل مهم غیر زیستی اصلی و تاثیرگذار روی زیست‌شناسی بندپایان است. در یک دامنه دمایی معین، وقوع یک تغییر جزئی در دما ممکن است تغییرات عمده‌ای در میزان فرآیندهای بیولوژیکی ایجاد نماید. این اثر دما می‌تواند بوسیله یک سری توابع دمایی برای بقا، تولیدمثل و رشد و نمو جمعیت توصیف و برازش شود (Allen, 1976; Jervis and Copland, 1996; Roy et al., 2003). یکی از معمول‌ترین مدل‌های مورد استفاده در این رابطه، مدل رگرسیون خطی (مدل روز-درجه) می‌باشد (Ikemoto and Takai, 2000; Kontodimas et al., 2004). در هنگام استفاده از این مدل فرض می‌شود که بین سرعت رشد حشره و دما رابطه خطی وجود دارد. این مدل به لحاظ سهولت در محاسبه و سادگی آن و اینکه تخمین قابل قبولی از آستانه پایینی رشد ارائه می‌دهد در سطح گسترده‌ای برای محاسبه نیازهای دمایی حشرات بکار رفته است. مدل رگرسیون خطی بسیار مناسب بوده و محاسبه آستانه دمایی و ثابت دمایی به سهولت انجام می‌گیرد (Huffaker and Gutierrez, 1998).

در این تحقیق اثر دما و گیاه میزبان به عنوان عوامل کلیدی تاثیرگذار بر چرخه زیستی و دینامیسم جمعیت سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات مورد مطالعه قرار می‌گیرد. لذا یکی از اهداف اصلی این تحقیق ارزیابی حساسیت میزبان‌های مختلف (باقلا، لوبیا چشم بلبلی، عدس، ماش و نخود) نسبت به این آفت می‌باشد. همچنین این تحقیق برای تعیین تاثیر دماهای مختلف ثابت روی پارامترهای جدول زندگی سوسک چهار نقطه‌ای جهت به دست آوردن پیش‌آگاهی در خصوص دینامیسم جمعیت حشره در شرایط دمایی مختلف و نیز برآورد نیاز دمایی و آستانه حداقل دمایی آفت انجام می‌گیرد.

مدیریت تلفیقی علیه چندین آفت محصولات کشاورزی استفاده شده است (Dent, 2000; Sarfraz et al., 2006). امروزه بر ضرورت حفظ محیط زیست و کاهش استعمال بی‌رویه سموم و کاربرد روش‌های غیر شیمیایی و به‌ویژه کنترل تلفیقی آفات تأکید می‌شود که طبعاً تهیه و اصلاح ارقام زراعی مقاوم به حشرات در موفقیت این روش‌ها جایگاه مهمی خواهد داشت (Papp and Mesterhazy, 1993). بنابراین با توجه به مشکلات ناشی از حضور و تغذیه‌ی آفت و همچنین محدودیت‌های استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی برای توسعه‌ی روش‌های کنترل جایگزین نیاز به درک جنبه‌های بیولوژیکی و زیستی آفت در پاسخ به تغذیه از میزبان‌های مختلف می‌باشد (Kazzazi et al., 2005).

خصوصیات دموگرافیک حشرات آفت به عنوان یکی از شاخص‌های بسیار مهم در ارزیابی و تعیین میزان حساسیت گیاهان در مقابل آفات بکار گرفته می‌شوند. در واقع، به منظور داشتن برنامه‌ی مدیریتی جامع، بایستی از وضعیت زیستی آفت روی میزبان‌های مختلف اطلاعات کافی داشته باشیم (Southwood and Henderson, 2000). گزارشات زیادی در رابطه با حساسیت انواع مختلف حبوبات به سوسک چهارنقطه‌ای وجود دارد. Chanrakantha and Mathavan (1986) زیست‌شناسی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات را روی سه میزبان لوبیا چشم بلبلی، ماش و لوبیا چیتی در دماهای ۲۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس بررسی کردند و گزارش نمودند که مطلوب‌ترین میزبان و دما برای رشد و نمو بهینه‌ی این آفت لوبیا چشم بلبلی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس است. در تحقیق دیگر، Zamani et al. (2012) حساسیت چند میزبان حبوبات را نسبت به تغذیه این آفت بررسی کردند و لوبیا چشم بلبلی را به عنوان میزبان حساس و سویا را به عنوان میزبان مقاوم به سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات معرفی کردند. مطالعات خیلی کمی روی پارامترهای رشد جمعیت این حشره صورت گرفته است، تنها در یک مورد (Kazemi et al., 2009).

## مواد و روش‌ها

### پرورش سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *C. maculatus*

کلنی اولیه‌ی *C. maculatus* از گروه گیاهپزشکی دانشگاه مراغه تهیه شد و قبل از شروع آزمایش‌ها، ابتدا آفت روی هر یک از میزبان‌های باقلا، لوبیا چشم بلبلی، عدس، ماش و نخود برای مدت دو نسل پرورش داده شد. پرورش آفت در داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای به قطر ۱۰ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر صورت گرفت. دانه‌های حبوبات قبل از استفاده به مدت ۴۸ ساعت در فریزر قرار داده شد تا از بروز آلودگی‌های احتمالی جلوگیری شود. جهت تامین تهویه، در قسمت سرپوش ظروف پلاستیکی دریچه‌ای ایجاد شد و با پارچه توری پوشانده شد. پس از ریختن ۲۰۰ گرم از هر کدام میزبان‌ها، ۵۰ عدد حشره‌ی کامل نر و ماده به داخل ظروف رهاسازی شد. حشرات کامل پس از تخم‌ریزی و مرگ توسط آسپیراتور جدا سازی شد و دانه‌های حبوبات حاوی تخم آفت به درون ظروف پرورش برگردانده شد. سپس ظروف پرورش در دستگاه ژرمیناتور در هفت دمای ثابت در شرایط آزمایشگاهی ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰، ۳۳ و ۳۶ (±۱) درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰٪ و دوره‌ی نوری ۱۰ ساعت روشنایی و ۱۴ ساعت تاریکی نگهداری شد. برای تهیه‌ی جمعیت همسن، حشرات نر و ماده داخل ظروف پرورش رهاسازی شدند و ۲۴ ساعت پس از رهاسازی، حشرات کامل از ظروف خارج شده و تخم‌های گذاشته شده یک روزه در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت.

### بررسی اثر دما و میزبان‌های مختلف روی دوره

#### نشو و نمای سوسک *C. maculatus*

برای بررسی طول دوره‌ی نشو و نما و بقای مراحل نابالغ *C. maculatus*، در هر یک از دماهای ثابت ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰، ۳۳ و ۳۶ (±۱) درجه سلسیوس و روی هر کدام از میزبان‌ها (باقلا، لوبیا چشم بلبلی، عدس، ماش و نخود) در شرایط رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰٪ و دوره نوری ۱۰ : ۱۴ (تاریکی: روشنایی)، جفت‌های نر و ماده‌ی سوسک چهار نقطه‌ای، به مدت ۲۴ ساعت روی هر یک

از میزبان‌ها و در هر یک از دماها رهاسازی شد و پس از تخم‌ریزی آنها، به تعداد ۶۰ عدد تخم یک روزه انتخاب شد. در صورت وجود تعداد بیشتری تخم روی هر دانه حبوبات، با پنس همه‌ی تخم‌ها از روی دانه حذف و فقط یک عدد تخم روی هر دانه باقی ماند. دانه‌های حاوی یک عدد تخم به صورت تک تک به ظروف پتری ۶ سانتی‌متری منتقل شد. دهانه‌ی پتری‌ها برای تامین تهویه سوراخ شدند. پتری‌های حاوی میزبان‌های مختلف تا زمان ظهور حشرات کامل نگهداری شدند و طول دوره‌ی نشوونما و بقای مراحل نابالغ سوسک چهار نقطه‌ای روی هر یک از میزبان‌ها و در هر یک از دماها ثبت شدند.

### بررسی اثر دما و میزبان‌های مختلف روی

#### پارامترهای رشد جمعیت سوسک *C. maculatus*

پارامترهای رشد جمعیت آفت روی پنج گیاه میزبان (باقلا، لوبیا چشم بلبلی، عدس، ماش و نخود) در شرایط رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰٪ و دوره نوری ۱۰ : ۱۴ (تاریکی: روشنایی) در دمای بهینه ۲۷ درجه سلسیوس مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین این پارامترها در هفت دمای ثابت ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰، ۳۳ و ۳۶ (±۱) درجه سلسیوس روی لوبیا چشم بلبلی محاسبه گردید. بدین منظور پس از ظهور حشرات کامل در آزمایش قبل، جنسیت سوسک‌ها مشخص شد و هر جفت نر و ماده برای اندازه‌گیری میزان تخم‌ریزی به ظروف پتری ۶ سانتی‌متری منتقل شد. تعداد تخم‌های گذاشته شده روزانه و طول عمر آنها ثبت شد. این کار تا زمان مرگ همه‌ی حشرات کامل ادامه داشت و از داده‌های یادداشت شده برای محاسبه پارامترهای رشد جمعیت آفت استفاده شد.

### اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های فیزیکی و

#### شیمیایی دانه‌های حبوبات

در این تحقیق برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دانه‌های حبوبات شامل درصد رطوبت، سختی دانه، غلظت پروتئین و نشاسته موجود در میزبان‌های مختلف اندازه‌گیری شد تا همبستگی بین این خصوصیات با برخی پارامترهای جدول زندگی حشره تعیین شود.

بلوغ تعیین گردید. با معکوس نمودن دوره رشدی کل (دوره رشد / ۱) سرعت رشد برای مرحله نابالغی آفت بدست آمد. برای بررسی رابطه خطی و اثر دما روی سرعت رشد و تعیین آستانه دمایی پایین و ثابت دمایی از دو مدل رگرسیون خطی و مدل خطی ایکه‌موتو و تاکایی در نرم‌افزار SPSS v. 16.0 استفاده گردید. در معادله رگرسیون خطی معمولی، دما به عنوان متغیر مستقل و سرعت رشد به عنوان متغیر وابسته وارد فرمول می‌گردد. ولی در مدل خطی ایکه‌موتو و تاکایی طول دوره رشد به عنوان متغیر مستقل و حاصلضرب طول دوره رشد در دما (دمایی که دوره رشد در آن تعیین شده است) به عنوان متغیر وابسته می‌باشد. در هر یک از این روش‌ها آستانه دمایی پایین، ثابت دمایی و دامنه دمای بهینه برای مجموع دوره رشدی (از تخم تا ظهور حشرات کامل) تعیین گردید. در بررسی رابطه خطی بین دما و سرعت رشد باید دماهایی را که در محدوده بخش خطی قرار دارند وارد کرده و داده‌هایی که خارج از خط راست هستند برای تجزیه وارد نمی‌گردند.

### تجزیه‌های آماری

طول دوره‌های رشدی، دوره‌های تولیدمثلی و طول عمر حشرات بالغ در دماهای مختلف و نیز روی گیاهان مورد بررسی و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بذور گیاهان مورد آزمایش با روش تجزیه واریانس یک طرفه تجزیه شده و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون توکی (سطح احتمال ۵ درصد) در نرم افزار SAS صورت گرفت. تجزیه‌ی واریانس داده‌های جدول زندگی به روش دو جنسی در نرم‌افزار Two-Sex Life Table و باروش بوت‌استرپ انجام گرفت (Chi and Liu, 1988; Chi, 1985). همچنین، مقایسه‌ی میانگین پارامترهای رشد جمعیت در دماها و گیاهان میزبان مختلف در نرم افزار SAS انجام شد. برای تعیین همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف با برخی پارامترهای زیستی آفت از

**تعیین غلظت پروتئین و نشاسته:** به منظور سنجش غلظت پروتئین در میزبان‌های مختلف، ۲۰۰ میلی‌گرم از بذور آرد شده هر میزبان، همراه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر همگن شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از مواد همگن شده به ۳ میلی‌لیتر از معرف برادفورد اضافه و جذب آن‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر تعیین شد (Bradford, 1976). همچنین به منظور سنجش غلظت نشاسته، ۲۰۰ میلی‌گرم از بذور آرد شده هر میزبان، همراه با ۳۵ میلی‌لیتر آب مقطر همگن شده و تا رسیدن به نقطه جوش در حمام آبی قرار گرفت. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از مواد همگن شده به ۲/۵ میلی‌لیتر از معرف یدین (۰/۰۲ درصد ید و ۰/۲ درصد یدید پتاسیم) اضافه و جذب آن‌ها در طول موج ۵۸۰ نانومتر تعیین شد (Bernfeld, 1955).

### تعیین درصد رطوبت و سختی دانه: برای

تعیین درصد رطوبت میزبان‌های مختلف بر اساس روش (AACC)، ابتدا ۲ گرم از هر میزبان آسیاب شده و در ظروف پتری شیشه‌ای قرار داده شد. سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت خشک گردید. پس از آن با رابطه‌ی اختلاف وزن قبل از خشک کردن و پس از خشک کردن نمونه، تقسیم بر وزن اولیه نمونه ضربدر ۱۰۰ مقدار رطوبت محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری درصد سختی دانه ابتدا میزبان‌های مختلف با آسیاب برقی پودر گردید و آرد حاصله از الک شماره ۷ عبور داده شد، میزان آرد باقی مانده به مقدار اولیه (بصورت درصد) معرف سختی نمونه خواهد بود (AACC).

### بررسی رابطه خطی بین دما و سرعت رشد و محاسبه آستانه دمایی و ثابت دمایی سوسک *C. maculatus*

در این بررسی از داده‌های دوره رشد بدست آمده در هفت دمای ثابت ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰، ۳۳ و ۳۶ (±۱) درجه سلسیوس در آزمایش قبل استفاده شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، دوره رشد مراحل مختلف پیش از

سوسک چهارنقطه‌ای مربوط به جمعیت‌های پرورش یافته روی میزبان باقلا بود ( $P < 0.0001$ ).

بر اساس مطالعات متعدد انجام شده طول دوره‌ی زندگی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی میزبان‌های مختلف متفاوت بوده است. این آفت درون بذر ماش و لوبیا چشم بلبلی طول دوره‌ی رشد کوتاهتری نسبت به نخود و باقلا داشت (Fields and Buch, 1987; Jafary Jahed et al., 2016) که هم‌سو با نتایج این آزمایش می‌باشد. Chanrakantha and Mathavan (1986) تاثیر انواع مختلف حبوبات شامل لوبیا چشم بلبلی، ماش و لوبیا چیتی را روی زیست‌شناسی سوسک چهارنقطه‌ای بررسی کردند و لوبیا چشم بلبلی را به عنوان مناسب‌ترین میزبان برای این آفت معرفی نمودند که با نتایج حاصل از این آزمایش قرابت دارد. (Kazemi et al. 2009) نیز طول دوره‌ی نابالغ این آفت را روی میزبان‌های لوبیا چشم بلبلی، ماش، نخود و عدس در دمای ۲۴ درجه سلسیوس به ترتیب ۳۴/۹۴، ۳۹/۵۳، ۳۷/۴۳ و ۴۲/۶۶ روز گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر تا حدودی متفاوت می‌باشد. این تفاوت‌ها ممکن است به خاطر تفاوت در دما و شرایط آزمایش باشد. در تحقیق دیگری، Devi amd (2014) بیولوژی سوسک چهارنقطه‌ای را از مرحله تخم تا حشره کامل در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد روی ماش بررسی کردند که طول دوره‌ی تخم را ۶ الی ۷ روز، طول دوره‌ی چهار سن لاروی را ۱۸ الی ۲۲ روز و طول دوره‌ی شفیرگی را ۴ الی ۵ روز گزارش نمودند که تا حدودی مشابه نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد.

نتایج مربوط به دوره‌ی تخم‌ریزی، باروری و طول عمر حشرات کامل *C. maculatus*، در دمای ۲۷ درجه سلسیوس در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که بین میزبان‌های مورد مطالعه از نظر دوره‌ی تخم‌ریزی ( $P < 0.0001$ ;  $F = 297.54$ ;  $df = 4,160$ )، باروری ( $P < 0.0001$ ;  $F = 168.40$ ;  $df = 4,160$ ) و طول عمر حشرات کامل ماده ( $P < 0.0001$ ;  $F = 267.96$ ) و طول عمر حشرات کامل نر ( $P < 0.0001$ ;  $F = 249.33$ ;  $df = 4,160$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

آزمون همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. همچنین، تجزیه و تحلیل و برآورد پارامترهای هر دو مدل دمایی با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت (SPSS, 2007). دو پارامتر آماری برای ارزیابی دقت هر مدل ذکر شده وجود دارد که عبارتند از ضریب تبیین تصحیح شده یا  $R^2$  و مقادیر *Pvalue* رگرسیون که هر دو اطلاعات مکملی برای میزان نیکویی برازش و سودمندی هر مدل بدست می‌دهند. با توجه به اینکه دوره رشد در دمای ۳۶ درجه سلسیوس به جای کاهش افزایش هرچند جزئی نشان داد لذا در ترسیم رابطه خطی در هر دو مدل، دو دامنه دمایی مختلف (۱۸-۳۶ و ۱۸-۳۳ درجه سلسیوس) مورد بررسی قرار گرفت.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از تاثیر گونه‌های مختلف حبوبات روی مراحل مختلف قبل از بلوغ *C. maculatus* در دماهای مختلف در جدول ۱ آورده شده است. مقایسه میانگین‌های مربوط به طول دوره‌های رشدی مختلف *C. maculatus* نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میزبان‌های مختلف در دماهای مختلف وجود داشت. در همه دماهای بررسی شده طولانی‌ترین طول دوره‌ی جنینی مربوط به جمعیت‌های پرورش یافته روی میزبان باقلا بود ( $P < 0.0001$ ). نتایج مشابهی برای طول دوره لاروی و شفیرگی مشاهده شد و در بیشتر دماهای بررسی شده طول این دوره روی میزبان باقلا در مقایسه با میزبان‌های دیگر به طور معنی‌داری طولانی بود ( $P < 0.0001$ ). بررسی طول دوره‌ی نشو و نما مجموع مراحل نابالغ سوسک چهار نقطه‌ای روی هریک از میزبان‌ها نشان داد که با افزایش دما تا دمای ۳۳ درجه سلسیوس دوره‌ی نشو و نما روند نزولی داشته است و کاهش پیدا کرده است ( $P < 0.0001$ ) و پس از آن با افزایش دما به ۳۶ درجه سلسیوس، افزایش جزئی در طول دوره‌ی رشدی مشاهده گردید (جدول ۱). همچنین در کلیه دماهای بررسی شده طولانی‌ترین طول دوره‌ی نابالغی

نقطه‌ای روی بذور لویا چشم بلبلی و ماش نسبت به نخود و عدس دارای میزان باروری بیشتر و دوره‌ی رشدی کوتاهتری بود (White et al., 1998; Dongre et al., 2000) که با نتایج این آزمایش مشابهت دارد.

تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به طوری که، بیشترین و کمترین مقدار هم‌ی این پارامترها به ترتیب روی میزبان‌های لویا چشم بلبلی و باقلا مشاهده گردید (جدول ۲). بر اساس پژوهش‌های انجام شده سوسک چهار

جدول ۱- میانگین طول مراحل مختلف قبل از بلوغ *Callosobruchus maculatus* در دماهای مختلف روی میزبان‌های مختلف

Table 1. Mean development time of different immature stages of *Callosobruchus maculatus* on different hosts at constant temperatures

parameter	Temperature (°C)	Broad bean	Cowpea	Lentil	Vetch	Chickpea
Incubation period	18	21.00±0.15Aa	14.13±0.30Ca	19.63±0.12Ba	14.91±0.28Ca	19.36±0.15Ba
	21	18.98±0.23Ab	12.78±0.14Db	15.07±0.12Bb	13.86±0.18Cb	13.18±0.19DCb
	24	15.55±0.24Ac	12.06±0.12Cc	12.85±0.19Bc	10.96±0.13Dc	12.07±0.17Cc
	27	9.69±0.14Ad	6.51±0.10Cd	7.29±0.08Bd	6.29±0.10Cd	7.67±0.16Bd
	30	6.75±0.17Ae	6.00±0.08Be	6.39±0.14ABe	5.29±0.06Ce	6.04±0.09Be
	33	5.62±0.14Bf	4.47±0.08Cf	6.20±0.16Ae	4.27±0.06Df	5.02±0.07Cf
	36	5.67±0.14Af	4.79±0.13Cf	4.89±0.11BCf	4.16±0.08Df	5.31±0.11ABf
Larval and pupal period	18	48.75±0.49Aa	38.03±0.74Ca	43.23±0.42Ba	41.84±0.69Ba	38.69±0.61Ca
	21	35.72±0.61Ab	35.93±0.18Ab	36.65±0.46Ab	30.48±0.34Bb	36.5±0.38Ab
	24	34.05±0.23Ac	22.83±0.13Cc	34.33±0.23Ac	23.54±0.14Cc	25.38±0.38Bc
	27	24.86±0.42Ad	17.55±0.15Ed	21.82±0.18Bd	18.96±0.27Dd	20.42±0.37Cd
	30	25.28±0.22Ad	16.76±0.13Ee	21.19±0.25Bd	18.60±0.18Dd	20.30±0.22Cd
	33	19.89±0.38Ae	14.40±0.10Df	17.58±0.24Bf	15.49±0.15Cf	19.06±0.32Ae
	36	20.71±0.33Ae	14.90±0.16Df	19.50±0.25Be	16.42±0.35Ce	19.78±0.14ABde
Total development time	18	69.85±0.57Aa	52.35±0.61Da	63.05±0.46Ba	58.38±0.70Ca	58.25±0.71Ca
	21	54.83±0.82Ab	48.72±0.26Cb	51.77±0.49Bb	44.40±0.41Db	49.58±0.26BCb
	24	49.67±0.35Ac	34.92±0.13Dc	47.20±0.37Bc	34.51±0.14Dc	37.40±0.51Cc
	27	34.57±0.50Ad	24.07±0.19Cd	29.11±0.19Bd	25.26±0.28Cd	28.09±0.36Bd
	30	32.12±0.34Ae	22.84±0.17De	27.63±0.37Be	23.89±0.19De	26.34±0.25Ce
	33	25.51±0.43Af	18.88±0.08Cg	23.80±0.13Bf	19.76±0.18Cf	24.08±0.34Bf
	36	26.45±0.37Af	19.69±0.26Cf	24.39±0.31Bf	20.58±0.38Cf	25.08±0.21Bf

Mean values in a row followed by different capital letters are significantly different host ( $P < 0.05$ ; Tukey test). Mean values in a column on each diet followed by different lowercase letters are significantly different ( $P < 0.05$ ; Tukey test).

جدول ۲- تولیدمثل و طول عمر حشرات کامل *Callosobruchus maculatus* روی میزبان‌های مختلف در دمای ۲۷ درجه سلسیوس

**Table 2. Reproduction and adult longevity of *Callosobruchus maculatus* on different leguminose species at 27 °C**

Parameter	Oviposition period	Mean number of eggs per female	Female adult longevity	Male adult longevity
Broadbean	7.07±0.20e	43.93±1.57e	9.55±0.20c	7.04±0.30d
Cowpea	16.37±0.67a	110.28±2.03a	19.50±0.15a	17.50±0.23a
Lentil	9.19±0.33d	58.13±1.91d	11.72±0.39b	8.48±0.22d
Vetch	15.03±0.21b	89.34±2.11b	18.63±0.28a	13.43±0.35c
Chickpea	13.58±0.20c	76.27±2.08c	18.57±0.29a	14.95±0.35b

Mean values in a column followed by different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ; Tukey test).

(2016) (میانگین ۱۰/۴۲ تا ۳۰/۲۷ تخم به ازای هر فرد ماده) بیشتر بود. تفاوت در نوع میزبان، دما و شرایط پرورش ممکن است عامل افزایش یا کاهش باروری باشد.

میانگین پارامترهای رشد جمعیت پایدار *C. maculatus* روی میزبان‌های مختلف در دمای ۲۷ درجه سلسیوس در جدول ۳ ارائه شده است. بین میزبان‌های مختلف مورد آزمایش از نظر نرخ ناخالص تولیدمثل ( $F = 1650.90$ ;  $df = 4, 2499$ ;  $P < 0.0001$ ) و نرخ خالص تولیدمثل ( $F = 4338.93$ ;  $df = 4, 2499$ ;  $P < 0.0001$ ) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین مقدار  $R_0$  و  $GRR$  روی لوبیا چشم بلبلی مشاهده شد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) مهمترین پارامتر برای تعیین نوع و میزان رشد جمعیت‌ها است که می‌تواند بیانگر رشد مثبت، منفی یا ثابت بودن جمعیت باشد. بیشترین مقدار این پارامتر مربوط به حشرات پرورش یافته روی لوبیا چشم بلبلی بود و کمترین مقدار آن روی باقلا به دست آمد ( $F = 13449$ ;  $df = 4, 2499$ ;  $P < 0.0001$ ). نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) که به میزان افزایش جمعیت در هر روز نسبت به روز قبل اشاره دارد، روی لوبیا چشم بلبلی در بالاترین مقدار خود بود و کمترین مقدار  $\lambda$  مربوط به باقلا بود ( $F = 13307.6$ ;  $df = 4, 2499$ ;  $P < 0.0001$ ) (جدول ۳).

افزایش یا کاهش طول عمر بالغین ممکن است مربوط به غذایی باشد که در دوره‌ی لاروی مصرف کرده‌اند. میزبان باقلا به عنوان میزبان نامناسب برای رشد و نمو این آفت بود چون طول دوره‌ی قبل بلوغ حشره را افزایش داده است. (Roesli et al. (1990) نیز نشان دادند که تفاوت معنی‌داری در تعداد تخم‌های گذاشته شده این حشره روی دو میزبان لوبیا چشم بلبلی و ماش وجود نداشت اما سرعت نشو و نما این آفت در ماش بیشتر بود. (Zamani et al. (2012) تاثیر نوع میزبان روی برخی از ویژگی‌های زیستی سوسک چهارنقطه‌ای در دمای ۳۰ درجه سلسیوس بررسی کردند. بیشترین کمترین تخم‌ریزی این حشره را روی لوبیا چشم بلبلی و لوبیا چیتی گزارش کردند. کوتاه‌ترین و بلندترین طول دوره‌ی زندگی این آفت به ترتیب با تغذیه از دانه‌های لوبیا چشم بلبلی و سویا بود. بر اساس نتایج Zamani et al. بهترین حبوبات برای نگهداری طولانی مدت در انبارها که کمترین خسارت را در مقابل این آفت داشته باشد لوبیا چیتی و لوبیا قرمز بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد میزان باروری *C. maculatus* روی میزبان‌های مختلف بین ۴۳/۹۳ تا ۱۱۰/۲۸ تخم به ازای هر فرد ماده بود که از نتایج Kazemi et al. (2009) (میانگین تخم‌ریزی ۳۹/۱۳ تا ۸۸/۴۷ تخم) و همچنین Jafary Jahed et al.

جدول ۳- پارامترهای جدول زندگی *Callosobruchus maculatus* روی میزبان‌های مختلف در دمای ۲۷ درجه سلسیوسTable 3. Life table parameters of *Callosobruchus maculatus* on different leguminose species at 27 °C

parameter	Gross reproductive rate ( $GRR$ )	Net reproductive rate ( $R_0$ )	Intrinsic rate of increase ( $r_m$ )	Finite rate of increase ( $\lambda$ )	Mean generation time ( $T$ )
Broadbean	44.47±0.29d	21.38±0.13e	0.079±0.0002e	1.082±0.0002e	38.52±0.03a
Cowpea	67.01±0.34a	58.52±0.31a	0.130±0.0002a	1.139±0.0002a	31.27±0.01e
Lentil	42.37±0.18e	30.85±0.17d	0.100±0.0002d	1.105±0.0002d	34.26±0.01b
Vetch	59.64±0.27b	52.17±0.26b	0.126±0.0002b	1.134±0.0002b	31.40±0.02d
Chickpea	45.54±0.23c	42.16±0.22c	0.111±0.0002c	1.118±0.0002c	33.52±0.02c

Mean values in a column followed by different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ; Tukey test).

دوره زندگی حشره تا حد زیادی از عوامل محیطی، مخصوصاً کیفیت و کمیت غذا تأثیر می‌پذیرد (Golizadeh and Abedi, 2016). تفاوت در طول دوره ممکن است به دلیل عدم تعادل غذایی از لحاظ درشت‌مغذی‌ها (مخصوصاً مقدار پروتئین و کربوهیدرات) در رژیم‌های غذایی مورد تغذیه حشره باشد (Golizadeh and Abedi, 2017). همچنین افزایش دوره‌ی رشد لاروی می‌تواند به سطح پروتئین موجود در رژیم غذایی هم مربوط باشد (Lwalaba et al., 2010). اگر محتوی پروتئین غذا کم باشد، برای جبران پروتئین دریافتی کم، طول دوره لاروی افزایش می‌یابد. افزایش طول دوره‌ی لاروی در حشرات تغذیه شده روی باقلا ممکن است به دلیل عدم تعادل در درشت‌مغذی‌های این میزبان باشد. پروتئین غذا فاکتور مؤثری در طول عمر حشرات کامل هم می‌باشد. حشرات کامل سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات تغذیه ندارند و بنابراین مواد غذایی مورد نیاز برای سوخت و ساز در مرحله بلوغ را از مرحله لاروی دریافت می‌کنند. کاهش مقدار پروتئین غذا یا وجود مهارکننده‌هایی که سبب کاهش جذب پروتئین در لاروها می‌شود، سبب اختلال در تأمین غذای حشرات کامل و کاهش طول عمر آن‌ها می‌گردد (Sorge et al., 2000).

کمترین و بیشترین متوسط مدت زمان یک نسل ( $T$ ) به ترتیب روی لوبیا چشم بلبلی و باقلا به دست آمد ( $F = 20788.8$ ;  $df = 4, 2499$ ;  $P < 0.0001$ ) (Kazemi et al., 2009). پارامترهای رشدی این حشره را روی چهار گونه حبوبات در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که نرخ خالص تولیدمثل این حشره روی نخود، لوبیا چشم بلبلی، عدس و ماش به ترتیب ۱۲/۸۵، ۱۵/۳۷، ۱۱/۵۷ و ۱۴/۷۴ بود، همچنین نرخ ذاتی افزایش جمعیت هم به ترتیب ۰/۰۷۹۵، ۰/۰۹۱۹، ۰/۰۶۸۳ و ۰/۰۷۹۱ بر روز گزارش کردند که از مقادیر به دست آمده در این مطالعه کمتر بود. این تفاوت ممکن است به خاطر تفاوت در دمای آزمایش باشد.

همچنین نتایج مربوط به اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی دانه‌های حبوبات نشان داد که بین میزبان‌های مختلف مورد آزمایش، از نظر درصد رطوبت دانه ( $F = 4.82$ ;  $df = 4, 14$ ;  $P = 0.02$ )، شاخص سختی دانه ( $F = 37.61$ ;  $df = 4, 14$ ;  $P < 0.0001$ )، غلظت پروتئین ( $F = 5.12$ ;  $df = 4, 14$ ;  $P < 0.0001$ ) و نشاسته دانه ( $F = 3.98$ ;  $df = 4, 14$ ;  $P = 0.034$ ) تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۴).



جدول ۴- درصد رطوبت دانه، شاخص سختی، غلظت پروتئین و نشاسته در دانه گونه‌های مختلف حبوبات مورد تغذیه *Callosobruchus maculatus*

**Table 4. Percentage of grain humidity, hardness index, protein and soluble starch contents (mean  $\pm$  SE) of various pulses species used for feeding of *Callosobruchus maculatus*.**

Legume seed	Humidity (%)	Hardiness index (%)	Protein content (mg mL <sup>-1</sup> )	Starch content (mg mL <sup>-1</sup> )
Broad bean	6.89 $\pm$ 0.88 b	30.67 $\pm$ 2.96 c	0.155 $\pm$ 0.007 e	2.87 $\pm$ 0.1 ab
Cowpea	10.91 $\pm$ 0.98 a	60.83 $\pm$ 3.03 ab	0.168 $\pm$ 0.003 b	2.55 $\pm$ 0.53b
Lentil	9.51 $\pm$ 0.68 ab	62.5 $\pm$ 0.87 ab	0.176 $\pm$ 0.01 a	2.45 $\pm$ 0.21b
Vetch	11.01 $\pm$ 0.61 a	71.33 $\pm$ 1.74 a	0.160 $\pm$ 0.006 d	3.89 $\pm$ 0.05 a
Chickpea	10.49 $\pm$ 0.69 ab	59.01 $\pm$ 3.12 b	0.164 $\pm$ 0.004 c	2.96 $\pm$ 0.26ab

Mean values in a column followed by different letters are significantly different on the basis of ANOVA with Tukey test ( $P < 0.05$ ).

همبستگی مثبت یا منفی معنی‌داری با درصد رطوبت بذر وجود داشت. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت بذر یکی از عوامل مؤثر بر تغذیه این آفت بوده است. رطوبت نسبی بذر از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت بذر در طی انبارداری نیز می‌باشد (Krishnan et al., 2003).

نتایج همبستگی بین برخی پارامترهای جدول زندگی *C. maculatus* با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میزبان‌های مختلف در جدول ۵ آمده است. نتایج نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین پارامترهای زیستی با شاخص سختی، غلظت پروتئین و نشاسته دانه‌ها وجود نداشت ولی

جدول ۵- همبستگی بین برخی پارامترهای زیستی *Callosobruchus maculatus* با درصد رطوبت، سختی دانه، محتوای پروتئین و نشاسته دانه گونه‌های مختلف حبوبات

**Table 5. Correlation coefficients ( $r$ ) of some life history parameters of *Callosobruchus maculatus* with percentage of grain humidity, hardness index, protein and starch content of various pulses species.**

Parameter	Humidity (%)		Hardiness index (%)		Protein content		Starch content	
	$r$	$P_{\text{value}}$	$r$	$P_{\text{value}}$	$r$	$P_{\text{value}}$	$r$	$P_{\text{value}}$
Total development time	-0.963	0.008	-0.876	0.052	-0.391	0.515	-0.222	0.719
Fecundity	0.859	0.062	0.668	0.218	0.192	0.757	0.174	0.779
Female adult longevity	0.912	0.031	0.713	0.176	0.077	0.902	0.356	0.556
Net reproductive rate	0.903	0.036	0.739	0.154	0.165	0.791	0.293	0.632
Intrinsic rate of increase	0.954	0.012	0.838	0.076	0.268	0.663	0.307	0.615

نتایج طول دوره تخم‌ریزی و طول عمر حشرات کامل *C. maculatus* در دماهای مختلف روی میزبان چشم بلبلی در جدول ۶ ارایه شده است. بین دماهای مختلف مورد آزمایش از نظر طول دوره تخم‌ریزی (0.0001) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نتایج نشان داد که با افزایش دما از ۱۸ به ۳۶ درجه سلسیوس مقدار

نتایج طول دوره تخم‌ریزی و طول عمر حشرات کامل *C. maculatus* در دماهای مختلف روی میزبان چشم بلبلی در جدول ۶ ارایه شده است. بین دماهای مختلف مورد آزمایش از نظر طول دوره تخم‌ریزی (0.0001) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نتایج نشان داد که با افزایش دما از ۱۸ به ۳۶ درجه سلسیوس مقدار

اعتقاد بر این است که در بندپایان از جمله حشرات این امر با کاهش فرایندهای سوخت و ساز بدن در ارتباط است (Lasota and Kok, 1986; Al-Maliky and Al-Izzi, 1990).

پارامترهای طول دوره‌ی تخم‌ریزی و طول عمر حشرات کامل کاهش پیدا کرده است ولی باروری حشره با افزایش دما تا دمای ۲۷ درجه سلسیوس روند صعودی داشته و پس از آن با افزایش دما باروری کاهش یافت (جدول ۶). بیشترین طول عمر در دماهای پایین مشاهده می‌شود و

جدول ۶- تولیدمثل و طول عمر حشرات کامل *Callosobruchus maculatus* در دماهای مختلف روی میزبان چشم‌بلبلی  
Table 6. Reproduction and adult longevity of *Callosobruchus maculatus* on cowpea at different constant temperatures

Temperature (°C)	Oviposition period	Mean number of eggs per female	Female adult longevity	Male adult longevity
18	16.54±0.53a	58.75±1.61d	22.25±0.46a	19.15±0.82ab
21	14.08±0.28b	63.35±1.12d	20.61±0.27b	19.56±0.26a
24	14.78±0.24b	88.71±2.21b	19.82±0.23c	18.02±0.31c
27	16.37±0.67a	110.28±2.03a	19.50±0.15c	17.50±0.23bc
30	9.40±0.27c	75.16±1.73c	11.88±0.32d	9.96±0.22d
33	6.04±0.14d	36.45±1.05e	8.68±0.26e	6.46±0.21e
36	5.39±0.22d	31.00±1.53f	7.17±0.19f	5.76±0.16e

Mean values in a column followed by different letters are significantly different on the basis of ANOVA with Tukey test ( $P < 0.05$ ).

شناخته شده است. از این رو توصیف دقیق ارتباط بین دما و پارامترهای رشد جمعیت آفت در مطالعات دینامیسم جمعیت بسیار مهم و حیاتی است (Greenberg et al., 2005; Dong et al., 2007). در این تحقیق جدول زندگی باروری سوسک چهارنقطه‌ای جویبات شدیداً تحت تاثیر دما قرار گرفت. در میان پارامترهای اندازه‌گیری شده، نرخ ذاتی افزایش جمعیت یک شاخص خوب برای تعیین دمای بهینه‌ی رشد می‌باشد چرا که تمامی اثرات دما روی ویژگی‌هایی چون رشد و نمو، تولیدمثل و بقای یک جمعیت در نرخ ذاتی افزایش جمعیت خلاصه و منعکس می‌گردد (Southwood and Henderson, 2000). این پارامتر همچنین به عنوان یک پارامتر خیلی ایده‌آل برای مقایسه تفاوت‌های رشد یک جمعیت تحت شرایط مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Wang and Tsai, 2001; Golizadeh et al., 2009; Golizadeh et al., 2012).

نتایج پارامترهای رشد جمعیت پایدار *C. maculatus* در دماهای مختلف روی چشم‌بلبلی در جدول ۷ ارایه شده است. نرخ ناخالص تولید مثل ( $F = 7408.12$ ;  $df = 6,3499$ ;  $P < 0.0001$ )، نرخ خالص تولید مثل ( $F = 6824.41$ ;  $df = 6,3499$ ;  $P < 0.0001$ )، نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $F = 14245$ ;  $df = 6,3499$ ;  $P < 0.0001$ )، نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $F = 13892$ ;  $df = 6,3499$ ;  $P < 0.0001$ ) و متوسط مدت زمان یک نسل بین دماهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد. بیشترین مقدار پارامترهای نرخ ناخالص و خالص تولید مثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت سوسک چهارنقطه‌ای در دمای ۲۷ درجه سلسیوس به دست آمد.

دما به عنوان یکی از عوامل مهم اکولوژیکی که رشد و نمو، باروری و بقای حشرات را تحت تاثیر قرار می‌دهد

جدول ۷- پارامترهای جدول زندگی *Callosobruchus maculatus* در دماهای مختلف روی میزبان چشم بلبلی  
 Table 7. Life table parameters of *Callosobruchus maculatus* on cowpea at different constant temperatures

Temperature (°C)	Gross reproductive rate (GRR)	Net reproductive rate ( $R_0$ )	Intrinsic rate of increase ( $r_m$ )	Finite rate of increase ( $\lambda$ )	Mean generation time (T)
18	40.78±0.25e	23.36±0.17e	0.051±0.0001g	1.052±0.0001g	61.88±0.04a
21	38.79±0.21d	27.37±0.18d	0.058±0.0001f	1.059±0.0001f	56.95±0.02b
24	52.40±0.29b	41.37±0.25b	0.087±0.0002e	1.091±0.0002e	42.58±0.01c
27	67.01±0.34a	58.52±0.31a	0.130±0.0002a	1.139±0.0002a	31.27±0.01d
30	43.70±0.27c	31.05±0.22c	0.121±0.0003b	1.129±0.0003b	28.25±0.01e
33	15.38±0.11g	13.39±0.10f	0.114±0.0003c	1.120±0.0004c	22.68±0.01g
36	17.06±0.17f	9.42±0.09g	0.096±0.0004d	1.101±0.0005d	23.18±0.02f

Mean values in a column followed by different letters are significantly different on the basis of ANOVA with Tukey test ( $P < 0.05$ ).

معادله خطی بین دوره رشد و نمو ( $D$ ) و حاصلضرب دوره رشد و نمو در دمای آزمایشی ( $DT$ ) به روش ایکموتو و تاکای برای دوره رشدی این آفت تشکیل شد (جدول ۹). با استناد به معادلات به دست آمده، آستانه حداقل دمایی برای این دوره رشد آفت با روش ایکموتو و تاکای روی میزبان‌های لوبیا چشم بلبلی، نخود، ماش، عدس و باقلا به ترتیب ۱۰/۵۶، ۹/۰۳، ۹/۷۸، ۹/۶۰ و ۸/۸۶ درجه سلسیوس و مجموع نیاز حرارتی نیز روی میزبان‌های مورد مطالعه به ترتیب ۴۴۷/۴۵، ۵۵۲/۱۰، ۴۸۲/۹۴، ۵۸۱/۷۴ و ۶۷۱/۵۵ درجه روز محاسبه شد.

با توجه به نتایج، در این روش نیز نیاز دمایی سوسک چهارنقطه‌ای حیوانات روی میزبان‌های مختلف نسبتاً متفاوت بوده و کمترین و بیشترین نیاز دمایی آن به ترتیب روی لوبیا چشم بلبلی و باقلا به دست آمد. آستانه حداقل دمایی برآورد شده برای کل دوره نابالغ با دو روش رگرسیون خطی مورد استفاده روی لوبیا چشم بلبلی نسبتاً بیشتر از بقیه میزبان‌های مورد بررسی بود.

در برآورد آستانه پایین دمایی و ثابت دمایی، معادله رگرسیون خطی برای کل دوره رشد این آفت در جدول ۸ نشان داده شده است. با توجه به نتایج ( $P$  رگرسیون و  $R^2$  تصحیح شده ( $R^2_{adj}$ ) در جداول به نظر می‌رسد که کلیه دماهای مورد بررسی در محدوده خطی قرار می‌گیرند. لذا نتایج مربوط به دامنه دمایی کل (۱۸-۳۶) درجه سلسیوس) مورد پذیرش خواهد بود و تنها در مورد میزبان نخود با توجه به  $P$  رگرسیون و  $R^2$  تصحیح شده ( $R^2_{adj}$ ) رابطه خطی به دست آمده برای رگرسیون خطی در دامنه دمایی ۱۸-۳۳ درجه سلسیوس بسیار قوی و ایده‌آل بود. با توجه به این معادله آستانه حداقل دمایی برای این دوره رشد آفت با روش معمولی روی لوبیا چشم بلبلی، نخود، ماش، عدس و باقلا به ترتیب برابر ۹/۳۳، ۸/۴۶، ۸/۶۲، ۸/۳۵ و ۸/۴۶ درجه سلسیوس و مجموع نیاز حرارتی آن به ترتیب برابر ۴۸۰/۶۰، ۵۷۰/۹۳، ۵۱۶/۰۷، ۶۲۲/۲۱ و ۶۸۴/۹۰ درجه روز محاسبه گردید. با توجه به نتایج، نیاز دمایی سوسک چهارنقطه‌ای حیوانات روی میزبان‌های مختلف نسبتاً متفاوت بوده و کمترین و بیشترین نیاز دمایی آن به ترتیب روی لوبیا چشم بلبلی و باقلا به دست آمد.

جدول ۸. آستانه حداقل دمایی ( $T_0$ ) و نیاز حرارتی ( $k$ ) مرحله نابالغی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* بر روش رگرسیون خطی معمولی در دو دامنه دمایی

Table 8. Lower temperature threshold ( $T_0$ ) and thermal constant ( $k$ ) of *Callosobruchus maculatus* estimated by the ordinary linear model at two temperature ranges

Host plant	Temperature range (°C)	Equation	$R^2_{adj}$	$P$	$T_0$ (°C) ± SE	$k(DD)$ ± SE
Cowpea	18-36	$I/D = -0.019 + 0.002T$	0.920	0.0001	9.33±2.24	480.60±57.61
	18-33	$I/D = -0.027 + 0.002T$	0.952	0.001	11.13±1.53	417.20±41.84
Chickpea	18-36	$I/D = -0.008 + 0.001T$	0.980	0.001	5.45±3.18	688.97±98.06
	18-33	$I/D = -0.015 + 0.002T$	0.960	0.0001	8.46±1.62	570.93±51.86
Vetch	18-36	$I/D = -0.017 + 0.002T$	0.940	0.0001	8.62±1.98	516.07±52.86
	18-33	$I/D = -0.024 + 0.002T$	0.981	0.0001	10.54±0.98	447.15±27.81
Lentil	18-36	$I/D = -0.013 + 0.002T$	0.903	0.001	8.35±2.59	622.21±82.41
	18-33	$I/D = -0.019 + 0.002T$	0.930	0.001	10.28±1.96	540.31±65.97
Broad bean	18-36	$I/D = -0.012 + 0.001T$	0.940	0.0001	8.46±1.99	684.90±70.12
	18-33	$I/D = -0.016 + 0.002T$	0.956	0.0001	10.01±1.56	611.87±58.54

جدول ۹. آستانه حداقل دمایی ( $T_0$ ) و نیاز حرارتی ( $k$ ) مرحله نابالغی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* بر روش رگرسیون خطی ایکموتو و تاکای در دو دامنه دمایی

Table 8. Lower temperature threshold ( $T_0$ ) and thermal constant ( $k$ ) of *Callosobruchus maculatus* estimated by the Ikemoto & Takai linear model at two temperature ranges

Host plant	Temperature range (°C)	Equation	$R^2_{adj}$	$P$	$T_0$ (°C) ± SE	$k(DD)$ ± SE
Cowpea	18-36	$DT = 447.450 + 10.557D$	0.886	0.001	10.56±1.53	447.45±52.36
	18-33	$DT = 413.368 + 11.303D$	0.911	0.002	11.30±1.56	413.37±56.22
Chickpea	18-36	$DT = 612.266 + 7.836D$	0.754	0.007	7.84±3.178	612.27±67.11
	18-33	$DT = 552.101 + 9.026D$	0.918	0.002	9.03±1.20	522.10±74.20
Vetch	18-36	$DT = 482.936 + 9.785D$	0.939	0.0001	9.78±1.01	482.94±35.26
	18-33	$DT = 448.538 + 10.512D$	0.980	0.0001	10.51±0.67	448.54±24.82
Lentil	18-36	$DT = 581.738 + 9.598D$	0.822	0.003	9.60±1.79	581.74±73.10
	18-33	$DT = 536.951 + 10.436D$	0.857	0.005	10.44±1.88	536.95±80.54
Broad bean	18-36	$DT = 671.551 + 8.857D$	0.875	0.001	8.86±1.35	671.55±60.36
	18-33	$DT = 634.403 + 9.504D$	0.894	0.003	9.50±1.45	634.40±68.03

در این تحقیق با توجه به نتایج به دست آمده، میزان لویا چشم بلبلی به علت باروری و بقای بالا، دوره‌ی نشو و نمای کوتاه‌تر، حساسیت نسبی بالاتری نسبت به *C. maculatus* نشان داد و به عنوان میزان مناسب برای رشد این حشره بود و برعکس میزان باقلا مقاومت نسبی بالاتری در مقابل این آفت داشت و به عنوان میزان نامناسب برای تغذیه آفت و مناسب‌ترین گونه حبوبات برای نگهداری طولانی مدت در انبار تشخیص داده شد. همچنین در برآورد آستانه پایین دمایی و نیاز دمایی سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات روی میزان‌های مختلف مشخص شد که هر دو ویژگی حرارتی آفت تحت تاثیر میزان‌های آن قرار گرفته و کمترین و بیشترین نیاز دمایی آن به ترتیب روی لویا چشم بلبلی و باقلا به دست آمده است. مطالعه نیازهای دمایی و پارامترهای دموگرافیک جهت مراقبت و پیش آگاهی آفات لازم بوده و پیش آگاهی خود از اجزای مهم در مدیریت آفات به حساب می‌آید زیرا آگاهی در مورد زمان حمله آفات (بر اساس روز درجه مورد نیاز) و دامنه حمله (بر اساس پارامترهای رشد جمعیت) می‌تواند کاربرد اقدامات مدیریتی را بهبود بخشد.

### سپاس‌گزاری

این تحقیق در گروه گیاه پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی به انجام رسیده که بدینوسیله قدردانی می‌شود.

مدل خطی برای برآورد آستانه پایین دمایی و ثابت دمایی توسط محققین مختلف مورد استفاده بوده است (Roy et al., 2003; Kontodimas et al., 2004). این مدل که بنام مدل روز-درجه نیز معروف است یکی از ساده‌ترین مدل‌هاست و در تعیین آستانه دمایی و ثابت دمایی استفاده زیادی دارد. این مدل به دلیل نداشتن پارامترهای زیاد و سادگی محاسبه توسط پژوهشگران زیادی مورد استفاده قرار گرفته است (Campbell et al., 1974; Worner, 1992). عیب عمده‌ای که در استفاده از مدل خطی به چشم می‌خورد این است که تنها در محدوده میانی درجه حرارت ارتباط بین سرعت رشد و دما خطی می‌باشد و تخمین آستانه پایین مستلزم تعیین محدوده خطی سرعت رشد (دامنه دمایی بهینه) خواهد بود. در صورت عدم تعیین دامنه دمایی بهینه، آستانه دمایی پایین و ثابت دمایی ممکن است در دماهای نزدیک به آستانه پایین کمتر برآورد گردد. علیرغم این کاستی‌ها، به دلیل اینکه در فرمول مدل خطی به حداقل داده نیاز بوده محاسبه و کاربرد آن خیلی ساده می‌باشد و معمولاً تفاوت مقادیر برآورد شده بوسیله آن با مقادیر برآورد شده بوسیله مدل‌های خیلی پیچیده غیر خطی بسیار جزئی می‌باشد. مدل خطی در سطح گسترده‌ای مورد استفاده بوده است. علاوه بر اینها، مدل خطی ساده‌ترین و آسان‌ترین روش برای برآورد ثابت دمایی می‌باشد (Worner, 1992).

### REFERENCES

- AACC. 2000. Approved methods of the American association of cereal chemists. 10<sup>th</sup>, American association of cereal chemists, Saint Paul, Minnesota.
- Allahvaisi, S., Pourmirza, A.A., and Safaralizade, M.H. 2010. Control of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) in industry of packaging foodstuffs. Romanian Journal of Biology and Zoology, 55: 167-176.
- Allen, J.C. 1976. A modified sine wave method for calculating degree days. Environmental Entomology, 5: 388-396.

- Al-Maliky, S.K., and Al-Izzi, M.A.J. 1990. The progeny production of a hymenopterus parasitoid, *Apanteles* sp. group ultor, as affected by temperature. *Entomophaga*, 35: 217-227.
- Bagheri Zenouz, A. 1997. Storage pests and their control. Tehran, Sepehr Press, 309 pp. (In Farsi).
- Bagheri, A., Nezami, A., and Persa, H. 2006. An analysis of pulses research strategies in Iran: approaches to the first Iranian pulses symposium. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4: 1-14. (In Farsi with English abstract)
- Bernfeld, P. 1955. Amylase,  $\alpha$  and  $\beta$ . *Methods in Enzymology*, 1: 149-154.
- Bradford, M.A. 1976. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Campbell, A., Frazer, B.D., Gilbert, N., Gutierrez, A.P., and Mackauer, M. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *Journal of Applied Ecology*, 11: 431-438.
- Chanrakantha, J., and Mathavan, S. 1986. Changes in development rates and biomass energy in *Callosobruchus maculatus* (F.) reared on different foods and temperature. *Journal of Stored Products Research*, 22: 71-75.
- Chi, H., and Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin de l'Institut of Zoology*, 24: 225-240.
- Chi, H. 1988. Life table analysis incorporating both sexes and variable development rate among individuals. *Environmental Entomology*, 17: 26-34.
- Dent, D. 2000. Host plant resistance. pp. 123-179 in Dent, D. (Ed) *Insect Pest Management*. CABI Publishing, U.K.
- Devi, M.B., and Devi, N.V. 2014. Biology and morphometric measurement of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) in green gram. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2: 74-76.
- Dong, P., Wang, J.J., Jia, F.X., and Hu, F. 2007. Development and reproduction of the psocid *Liposcelis tricolor* (Psocoptera: Liposcelididae) as a function of temperature. *Annals of the Entomological Society of America*, 100: 228-235.
- Dongre, T.K., Pawar, S.E., and Harwalkar, M.R. 2000. Susceptibility of different legumes to *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 28: 1-9.
- Fields, P.G., and Buch, D.A. 1987. Life history *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) on different host. *Journal of Stored Products Research*, 44: 81-99.

- Golizadeh, A., and Abedi, Z. 2016. Comparative performance of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various wheat cultivars. *Journal of Stored Products Research*, 69: 159-165.
- Golizadeh, A., and Abedi, Z. 2017. Feeding performance and life table parameters of Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various barley cultivars. *Bulletin of Entomological Research*, 107: 689-698.
- Golizadeh, A., Kamali, K., Fathipour, Y., and Abbasipour H. 2009. Effect of temperature on life table parameters of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on two brassicaceous host plants. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 12: 207-212.
- Golizadeh, A., Razmjou, J., Rafiee-Dastjerdi, H., and Hassanpour, M. 2012. Effects of temperature on development, survival, and fecundity of potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) on potato tubers. *American Journal of Potato Research*, 89: 150-158.
- Greenberg, S.M., Setamou, M., Sappington, T.W., Liu, T.X., Coleman, R.J., and Armstrong, J.S. 2005. Temperature-dependent development and reproduction of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Insect Science*, 12: 449-459.
- Huffaker, C.B., and Gutierrez, A.P. 1998. *Ecological Entomology*. John Wiley, Canada, 756 pp.
- Ikemoto, T., and 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.
- Jafary-Jahed, M., Borzoui, E., Abedi, Z., and Razmjou, J. 2016. Comparative performance of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) on six different hosts, *Proceedings of 22nd Iranian Plant Protection Congress*, University of Tehran, Karaj, Iran, p. 683.
- Jervis, M.A., and Copland, M.J.W. 1996. The life cycle. In Jervis, M.A. and Kidd, N. (Eds) *Insect Natural Enemies, Practical Approaches to Their Study and Evaluation*. Chapman Hall, London, pp. 63-161.
- Johnson, J.A., and Valero, K.A. 2003. Use of commercial freezers to control cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), in organic garbanzo beans. *Journal of Stored Product Research*, 96: 1952- 1957.
- Kazemi, F., Talebi, A.A., Fathipour, Y., and Farahani, S. 2009. A comparative study on the effect of four leguminous species on biological and population growth parameters of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Col.: Bruchidae). *Advances in Environmental Biology*, 3: 226-232.
- Kazzazi, M., Bandani A.R., and Hosseibkhani, S. 2005. Biochemical characterization of a-amylase of sunn pest *Eurygaster integriceps*. *Entomology Science*, 8: 371-377.

Kontodimas, D.C., Eliopoulos, P.A., Stathas, G.J., and 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.

Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani, M., and Moharir, A. 2003. Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated ageing condition by proton nuclear magnetic spectroscopy. *Seed Science and Technology*, 31: 541-550.

Lasota, J.A., and Kok, L.T. 1986. Refrigeration for maintenance of *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae) adult parasites. *Canadian Entomologist*, 118: 597-600.

Lwalaba, D., Hoffmann, K.H., and Woodring J. 2010. Control of the release of digestive enzymes in the larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 73: 14-29.

Papp, M., and Mesterhazy, A. 1993. Resistance to bird cherry oat-aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) in winter wheat varieties. *Euphytica*, 67: 49-57.

Roesli, R., Dobie, P., and Gerard, B. 1990. Strain differences in two species of *Callosobruchus* (Coleoptera: Bruchidae) developing on seeds of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) and green gram, *V. radiata* (L.). *Biotropia*, 4: 19-30.

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

Sarfraz, M., Dossdall, L.M., and Keddie, B.A. 2006. Diamondback moth-host plant interactions: implications for pest management. *Crop Protection*, 25: 625-636.

SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary, NC.

Sorge, D., Nauen, R., Range, S., and Hoffmann, K.H. 2000. Regulation of vitellogenesis in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Physiology*, 46: 969-976.

Southwood, R., and Henderson, P.A. 2000. *Ecological methods*. Third edition, Blackwell Science, Oxford, USA. 561 pp.

SPSS, computer software. 2007. SPSS base 16.0 user's guide. SPSS Incorporation, Chicago, IL.

Wang, J.J., and Tsai, J.H. 2001. Development, survival and reproduction of black citrus aphid, *Toxoptera aurantii* (Hemiptera: Aphididae), as a function of temperature. *Bulletin of Entomological Research*, 91: 477-487.



White, R.L., Garry, V.F., and Nelson, R.L. 1998. Susceptibility of legumes to pulse beetle *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 55: 91-115.

Worner, S.P. 1992. Performance of phenological models under variable temperature regimes: consequences of the Kaufman or rate summation effect. *Environmental Entomology*, 21: 689-699.

Zamani, M., Shakarami, J., and Ansaripour, A. 2012. Effect of host variety on some biological characteristics of the cowpea beetle. *Plant Pests Research*, 3: 21-28. (In Farsi with English abstract).

## Effect of temperature and different pulses species on biological traits of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae)

A. Golizadeh<sup>1\*</sup> and Z. Abedi<sup>2</sup>

1. **\*Corresponding Author:** Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (golizadeh@uma.ac.ir)
2. Ph.D. student in Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 9 June 2018

Accepted: 10 September 2018

### Abstract

#### Background and Objectives

The cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* is an important pest of pulses seed, with ample distribution in tropical and subtropical regions. In this research, the effect of temperature and host plants on population growth of this pest was investigated.

#### Materials and Methods

Effect of five host pulse including pea, cowpea, lentil, vetch and broad bean on development time of cowpea weevil was studied at seven constant temperatures: 18, 21, 24, 27, 30, 33 and 36 ( $\pm 1$  °C). Population growth parameters of *C. maculatus* were measured on five host species at 27 °C and at seven constant temperatures on cowpea. Some physical and biochemical characteristics of pulse seeds were measured and the correlation between them and some life history parameters of *C. maculatus* was examined.

#### Results

Our research showed that the shortest development time was on cowpea at 33 °C and the longest one was on broad bean at 18 °C. The highest and lowest  $r_m$  values were observed on cowpea and broad bean, respectively at 27 °C. A significant difference was observed in grain humidity, hardness index, protein and starch content of various pulse seeds.

#### Discussion

The life cycle of *C. maculatus* was greatly affected by quality of host plant. Differences over the development time may be due to nutritional content in pulses seeds. The grain humidity was another factor affecting seed quality and feeding of this pest. The highest longevity at low temperatures could be associated with lower metabolic processes. The thermal characteristics of *C. maculatus* were relatively influenced by different host plant seeds.

**Keywords:** *Callosobruchus maculatus*, demographical parameters, development rate, temperature, host plants