# ویژگی‌های زیستی و رفتاری زنبور *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hym.: Pteromalidae)، پارازیتوئید سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* (F.)(Col.: Bruchidae) روی نخود

فاطمه کاظمی*، علی اصغر طالبی و یعقوب فتحی پور[۱]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۱۲/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۲/۵)


## چکیده

**در این تحقیق ویژگی‌های زیستی و رفتاری زنبور پارازیتوئید *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hym.: Pteromalidae) روی لارو سن چهار سوسک *Callosobruchus maculatus* (F.) (Col. : Bruchidae) در شرایط آزمایشگاهی با دمای ۱ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد ، دورهٔ نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۵ ± ۲۰ درصد بررسی گردید. طول دوره پیش از ظهور حشرات کامل زنبور روی میزبان ۰/۰۳۸ ± ۱۹/۸۲ روز تعیین شد. دوره پیش از تخم‌ریزی در این زنبور بسیار کوتاه بوده و حشرات ماده تقریباً بلافاصله پس از خروج از میزبان قادر به تخم‌ریزی بودند. میانگین طول دوره تخم‌ریزی و دوره پس از تخم‌ریزی به ترتیب ۱/۹۸ ± ۲۵/۱۲ و ۰/۲۸ ± ۱/۷۵ روز به‌دست آمد. طول دوران بلوغ حشرات ماده روی میزبان ۱/۹۸ ± ۲۶/۶۹ روز محاسبه شد. تعداد حشرات کامل تولید شده توسط هر فرد ماده در طول عمر ۲۸/۵۱ ± ۲۴۰ عدد و نسبت افراد ماده تولید شده روی میزبان ۴۶ درصد محاسبه گردید. طول عمر زنبور نیز در چهار وضعیت مختلف بررسی شد که در حضور عسل، لارو میزبان، لارو میزبان و عسل و بدون میزبان و عسل به ترتیب ۴/۳۲ ± ۴۹ ، ۱/۹۸ ± ۲۶/۶۹ ، ۳/۵۲ ± ۳۸/۹۰ و ۰/۳۷ ± ۵/۶۶ روز برای زنبور ماده و ۱/۵ ± ۱۰/۶۴، ۰/۳۴± ۶/۸۵ ، ۰/۵۲ ± ۸/۴۱ و ۰/۲۸ ± ۵/۵۹ روز برای زنبور نر محاسبه شد. واکنش تابعی زنبور نسبت به تراکم‌های مختلف لارو سوسک مطالعه گردید. تجزیهٔ داده‌ها در دو مرحله با نرم افزار SAS انجام شد. واکنش تابعی زنبور از نوع دوم بود. در آزمایش ترجیح میزبانی (سنین مختلف لاروی و شفیره سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات) که در دو وضعیت مختلف (میزبان‌ها به‌صورت مخلوط و میزبان‌ها به‌صورت جداگانه) انجام شد، مشخص گردید که در حالت اول زنبور پارازیتوئید لاروهای سن چهار میزبان را به لاروهای سنین پایین‌تر و شفیره و در حالت دوم لاروهای سن چهار و شفیره را ترجیح می‌دهد.**


**واژه‌های کلیدی:** ***Anisopteromalus calandrae*** **،** ***Callosobruchus maculatus*** **، واکنش تابعی، ترجیح میزبانی**

## مقدمه

امروزه به دلیل اثرات نامطلوب سموم روی مواد غذایی انباری و اهمیت حفظ کیفیت تولیدات گیاهی، میزان استفاده از این سموم رو به کاهش بوده و به‌کارگیری روش‌های غیرشیمیایی به‌ویژه کنترل بیولوژیک برای کنترل با آفات انباری در حال گسترش است.

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران حشره شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kazemi_fa@yahoo.com



Archive of SID

www.SID.ir

در بین عوامل کنترل بیولوژیک سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات زنبور پارازیتوئید *Anisopteromalus calandrae* (Howard) به دلیل کارایی بالای آن (۹۳/۱۷ درصد پارازیتیسم) در کنترل این آفت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین جهت در زمینه زیست شناسی این پارازیتوئید روی میزبان‌های متعدد توسط محققین کشورهای مختلف بررسی‌هایی صورت گرفته است. برای مثال: در مطالعه‌ای که توسط گوکمن و همکاران در سال ۱۹۹۹ (۸) در رابطه با زیست شناسی این زنبور روی سوسک *Callosobruchus chinensis* (L.) (Col.: Bruchidae) انجام شد، مشخص گردید که زنبور بلافاصله پس از خروج از تخم قادر به پارازیته کردن میزبان‌ها بوده و سن آخر لاروی، پیش شفیره و شفیره را برای پارازیتیسم ترجیح می‌دهد. در یک مطالعه دیگر لاروهای سن چهار سوسک *C. maculatus* به‌عنوان میزبان مرجح زنبور *A. calandrae* تعیین شدند (۱۱). بر اساس یک تحقیق، نرهای زنبور *A. calandare* قادر به کامل کردن رشد خود روی همه مراحل میزبان می‌باشند ولی رشد ماده‌ها روی لارو سن دو کامل نمی‌شود (۷) و در تحقیقی دیگر بیان شده است که زنبور ماده هرگز روی لارو سن یک، تخم نمی‌گذارد و تخم‌گذاری روی لارو سن دو اتفاقی است (۱۴). در زمینه واکنش تابعی این زنبور نیز مطالعاتی صورت گرفته است، به‌طوری‌که در یک بررسی مشخص شد که با افزایش تراکم میزبان (لارو سوسک *C. chinensis*) ، درصد پارازیتیسم زنبور کاهش می‌یابد که این امر بیانگر وجود واکنش تابعی نوع دوم در این زنبور است (۱۰). تاکنون در ایران در زمینه زیست‌شناسی این زنبور به‌عنوان پارازیتوئید سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات هیچ‌گونه مطالعه و تحقیقی صورت نگرفته و فقط فعالیت آن روی آفت مذکور مشاهده و گزارش شده است (۱، ۲، ۴ و ۵). بنابراین با توجه به اهمیت جایگاه آفات انباری در کنترل بیولوژیک و شناخت آثار متقابل پارازیتوئید – میزبان و ناچیز بودن اطلاعات در این زمینه در ایران، بررسی ویژگی‌های زیستی و رفتاری این زنبور ضروری به‌نظر می‌رسد.

## مواد و روش‌ها

### جمع‌آوری و پرورش زنبور *Anisopteromalus calandrae*

حبوبات آلوده به سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات و زنبورهای پارازیتوئید آن از انبارهای نگه‌داری حبوبات در سطح شهر تهران جمع‌آوری و جهت پرورش به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از شناسایی گونه زنبور مورد نظر یعنی زنبور *A. calandrae*، حشرات کامل زنبور با استفاده از اسپیراتور جمع‌آوری و به ظروف پلاستیکی تهویه‌دار به ابعاد ۴×۷×۱۴ سانتی‌متر که حاوی مراحل مختلف رشدی سوسک *C. maculatus* بودند منتقل گردیدند. ظروف پرورش در انکوباتور در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵±۲۰ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگه‌داری شدند. مطالعه ویژگی‌های زیستی و رفتاری با استفاده از نسل سوم جمعیت پرورش یافته زنبور روی سوسک *C. maculatus* و در شرایط ثابت فوق انجام شد. جهت داشتن جمعیت کافی از زنبور فقط لازم بود که همواره میزبان کافی برای تخم‌گذاری در اختیار آنها قرار گیرد.

### ویژگی‌های زیستی

برای بررسی ویژگی‌های زیستی زنبور *A. calandrae*، ۳ نسل از آن روی میزبان پرورش یافت. سپس تعداد ۱۶ جفت زنبور ماده و نر با عمر حداکثر ۲۴ ساعت از کلنی پرورش زنبور به‌صورت تصادفی انتخاب و به‌طور جداگانه درون لوله‌های آزمایش (به ابعاد ۲×۱۸ سانتی‌متر) حاوی ۵۰ عدد لارو سن چهار میزبان قرار داده شدند. این لوله‌ها در انکوباتور با شرایط ثابت قرار گرفتند. هر ۲۴ ساعت یک بار زنبورها توسط اسپیراتور جمع‌آوری و به تفکیک روی میزبان‌های تازه منتقل شدند. انتقال زنبورها تا زمان مرگ آخرین زنبور ماده ادامه داشت. حبوبات حاوی میزبان‌های (سوسک‌های) پارازیته شده تا زمان خروج حشرات کامل در شرایط ثابت پرورش نگه‌داری و هر روز مورد بازرسی قرار گرفته و تعداد نتاج نر و ماده خروجی شمارش و در جدولی ثبت شدند. با استفاده از داده‌های به‌دست آمده



Archive of SID

www.SID.ir

ویژگی‌های زیستی زنبور مانند طول دوره رشد قبل از ظهور حشرات کامل، طول عمر حشرات کامل، طول دوره تخم‌ریزی و تعداد نتاج تولید شده توسط هر فرد ماده روی میزبان محاسبه شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه آنها به روش غیر پارامتریک صورت گرفت.

## ویژگی‌های رفتاری

### ترجیح مرحله میزبان

ترجیح میزبانی در دو وضعیت مختلف و با چهار مرحلهٔ سنی لارو سن یک، لاروسن دو، لاروسن چهار و شفیره سوسک انجام شد. لاروسن سه سوسک *C. maculatus* به دلیل کوتاه بودن دوره رشدی آن مورد آزمایش قرار نگرفت. مراحل انجام آزمایش به شرح زیر است:

الف) ترجیح میزبان با استفاده از کلیه مراحل سنی: جهت انجام این آزمایش از هر کدام از چهار مرحلهٔ سنی لاروسن یک، لاروسن دو، لاروسن چهار و شفیره سوسک ۱۲ عدد انتخاب و به‌صورت مخلوط در لولهٔ آزمایش (به ابعاد ۲×۱۸ سانتی‌متر) به مدت ۲۴ ساعت در اختیار یک جفت زنبور قرار داده شدند. این آزمایش در ۹ تکرار انجام شد.

ب) ترجیح میزبان با استفادهٔ مجزا از هر یک از مراحل سنی: در این آزمایش درون هر یک از لوله‌های آزمایش ۱۲ عدد از هر مرحلهٔ میزبان (به‌طور مجزا) قرار گرفت. در تمام موارد میزبان‌ها به مدت ۲۴ ساعت در اختیار یک جفت زنبور قرار داشتند و پس از آن زنبورها حذف و تخم‌ها تا زمان خروج زنبور پارازیتوئید در شرایط انکوباتور نگه‌داری شدند. سپس تعداد زنبورهای خارج شده از هر تکرار در هر مرحله سنی یادداشت شد. این آزمایش نیز در ۹ تکرار انجام شد.

### نحوهٔ تجزیه و تحلیل ترجیح میزبانی

در دو قسمت (الف) و (ب) پس از این‌که تعداد میزبان‌های پارازیته شده در هر مرحلهٔ سنی به‌دست آمد میانگین آنها از طریق غیر پارامتریک و به روش مودز مدین (Mood's Median Test) مقایسه شد.

### تعیین طول دورهٔ رشد قبل از ظهور حشرات کامل

به منظور تعیین طول دورهٔ رشد قبل از بلوغ زنبور، میزبان‌های پارازیته شده (لارو سن چهار سوسک) طی ۲۴ ساعت، درون لوله‌های آزمایش و داخل انکوباتور با شرایط ثابت قرار گرفتند. با خروج اولین زنبور جنسیت آن تعیین و به همراه تاریخ خروج آن ثبت شد و تا پایان خروج آخرین زنبور این کار ادامه یافت. در این آزمایش طول دورهٔ رشد قبل از بلوغ ۱۵۸۰ زنبور ماده و۱۹۱۷ زنبور نر مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه آنها به روش غیر پارامتریک فاصله اطمینان من – ویتنی (Mann-Whitney Confidence Interval and Test) صورت گرفت.

### تعیین طول عمر حشرهٔ کامل

طول عمر زنبور در چهار وضعیت مختلف بررسی شد: (الف): در حضور محلول آب و عسل به نسبت ۱ به ۱ (۱۶ ماده و ۴۴ نر)، (ب): لارو میزبان و آب و عسل (۲۰ ماده و ۲۹ نر)، (ج): بدون میزبان و عسل (۲۹ ماده و ۴۴ نر) و (د): لارو میزبان (۱۶ زنبور ماده و ۲۶ نر)، در هر چهار وضعیت از زنبورهای با عمر کمتر از ۲۴ ساعت استفاده شد. مقایسه طول عمر زنبورهای نر و ماده در هر وضعیت به روش غیر پارامتریک فاصله اطمینان من – ویتنی و بین چهار وضعیت مختلف آزمایش از طریق غیر پارامتریک و به روش مودز مدین انجام شد.

## واکنش تابعی

### نحوهٔ انجام آزمایش واکنش تابعی

جهت انجام آزمایش واکنش تابعی، تراکم‌های مختلف ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ عددی از لارو سن ۴ (مرحله مرجح برای زنبور) سوسک‌های *C. maculatus* انتخاب و در ظروف پتری



Archive of SID

www.SID.ir

به ابعاد ۱/۳ × ۸ سانتی‌متر قرار داده شدند. در هر تراکم، یک جفت زنبور نر و ماده با عمر کمتر از ۲۴ ساعت درون ظروف پتری رها شد. بعد از ۲۴ ساعت زنبورها حذف و پتری‌ها تا زمان خروج زنبورها از لارو میزبان، در شرایط ثابت پرورش نگه‌داری شدند. بعد از خروج زنبورها، تعداد و نسبت جنسی آنها ثبت گردید. این آزمایش در ۶ تکرار انجام شد.

### تجزیهٔ و تحلیل واکنش تابعی

نتایج به‌دست آمده از آزمایش فوق با استفاده از نرم‌افزار SAS و به روش دو مرحله‌ای Juliano (1993) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۳). این روش دارای دو مرحله اصلی است.

#### الف) تعیین نوع واکنش تابعی

ابتدا رگرسیون لجستیک نسبت میزبان‌های پارازیته شده($N_e$) به تراکم اولیهٔ میزبان($N_o$) انجام شد. در نتیجهٔ بررسی رگرسیون لجستیک، یک منحنی چند درجه‌ای به‌دست می‌آید. علامت قسمت خطی منحنی $\left(\frac{N_e}{N_o}\right)$ بدون توجه به علامت دو قسمت دیگر نشان دهندهٔ واکنش تابعی نوع دوم یا سوم است. اگر علامت این قسمت منفی باشد واکنش تابعی از نوع دوم و در صورت مثبت بودن از نوع سوم است. (۳).

#### ب) برآورد پارامترهای واکنش تابعی

بعد از این‌که نوع واکنش تابعی مشخص شد با استفاده از رگرسیون غیرخطی، پارامترهای قدرت جستجو(a) و زمان دست‌یابی($T_h$) برآورد شدند (۹ و ۱۶). در منحنی واکنش تابعی، بالاترین قسمت منحنی که نشانگر حداکثر پارازیتیسم نیز می‌باشد، به وسیلهٔ زمان دست‌یابی تعیین می‌شود (۱۸).

## نتایج و بحث

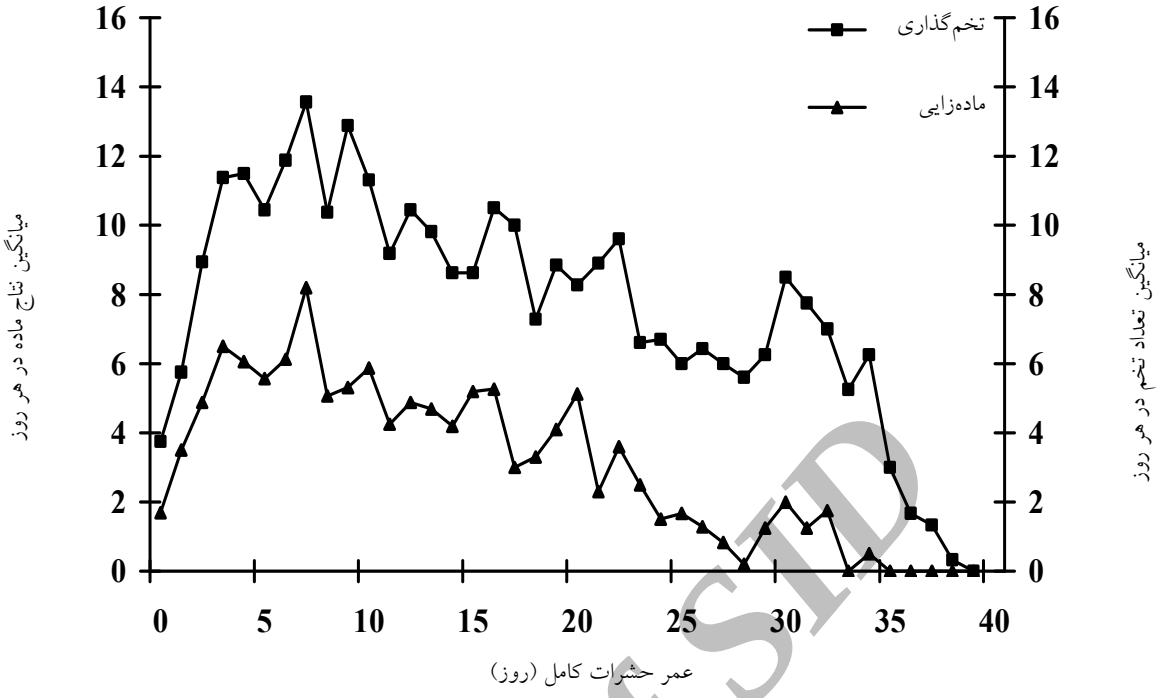
میانگین طول دوره قبل از بلوغ زنبورهای نر و ماده به ترتیب ۰/۰۳۱±۱۸/۲۱ و ۰/۰۳۸±۱۹/۸۲ روز تعیین شد که اختلاف این دو از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P< ۰/۰۱$). بر این اساس زنبور نر زودتر از ماده از تخم خارج می‌شود. بررسی زیست شناسی زنبور *A. calandrae*، نشان داده است که طول دوره پیش از بلوغ زنبور ماده روی سوسک *S. granarius*، ۰/۱±۱۵/۶ روز و روی سوسک *Rhizoperta dominica*، ۱۸/۹ روز در دمای ۲۶°C و ۱۴/۶ روز در دمای ۳۰°C است. (۶ و ۸). در یک بررسی دیگر طول این دوره در دمای ۳۰°C و رطوبت نسبی ۷۰ درصد روی لارو *C. chinensis* در ماده ۱۰/۸۶ و در نر ۹/۹۰ روز تعیین شده است (۱۳). مقایسه طول دوره پیش از بلوغ زنبور *A. calandrae* روی میزبان‌های مختلف نشان دهنده تأثیر نوع میزبان روی دوره پیش از بلوغ این زنبور می‌باشد. براساس تحقیقات انجام شده طول دوره پیش از بلوغ زنبور روی سوسک *C. chinensis* نسبت به سه میزبان دیگر آزمایش شده، کوتاه‌تر است. بنابراین به‌نظر می‌رسد سوسک *C. chinensis* بتواند میزبان مناسب‌تری جهت پرورش آزمایشگاهی این زنبور باشد. زیرا یکی از عوامل مهم در پرورش موفقیت آمیز یک عامل کنترل بیولوژیک سرعت رشد بالای آن در شرایط آزمایشگاه می‌باشد. طول دوره پیش از تخم‌ریزی در این زنبور بسیار کوتاه بود (۰/۰۶ روز) و زنبور ماده بلافاصله پس از خروج شروع به تخم‌گذاری نمود. طول دوره تخم‌گذاری نسبتاً طولانی و معادل ۲۵/۱۲ روز به‌دست آمد. در بررسی‌های انجام شده در مورد زنبور *A. calandrae* روی *S. granarius* نیز بیان گردیده است که این زنبور بلافاصله پس از خروج قادر به تخم‌گذاری می‌باشد(۸).

نوسانات تخم‌گذاری در طول عمر حشرات کامل زنبور در شکل ۱ نشان داده شده است. بیشترین مقدار تخم‌گذاری مربوط به روز هشتم بود که به‌طور میانگین ۱۲/۸۸ لارو میزبان توسط زنبور پارازیته شده بود. با توجه به این‌که زنبور *A. calandrae* یک حشره Synovigenic می‌باشد روند افزایش تخم‌گذاری طبیعی و منطقی به‌نظر می‌رسد زیرا این‌گونه حشرات پس از ظهور تنها تعداد معدودی تخم کامل دارد و بقیه تخم‌ها با گذشت زمان و تجدید انرژی از طریق تغذیه به تدریج آماده



Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۱. روند تخم‌گذاری و ماده‌زایی حشرات ماده *A. calandrae* طی سنین مختلف رشد**

تخم‌گذاری می‌شوند. تحقیقات نشان داده‌اند که تغذیه میزبانی در این زنبور عامل مهمی در نگه‌داری انرژی ماده‌ها و تولید تخم توسط آنها می‌باشد (۱۵). البته پس از افزایش تخم‌گذاری تا حدی، با بالا رفتن سن زنبور، یک سیر نزولی در تخم‌گذاری دیده شد.

تعداد کل حشره کامل تولید شده توسط یک زنبور ماده در یک نسل حدود ۲۸/۵۱±۲۴۰ عدد می‌باشد. نتایج هم‌چنین بیانگر این بود که تعداد نتاج نر تولید شده توسط هر زنبور ماده بیشتر از نتاج ماده بود ۱۳۰ عدد در مقابل ۱۱۰ عدد. به عبارت دیگر حدود ۴۶ درصد نتاج ماده و بقیه نر بودند که بین میانگین تعداد نتاج نر و ماده اختلاف معنی‌داری دیده شد ($P< ۰/۰۵$). با توجه به نتایج مشاهده گردید (شکل ۱) که روند ماده‌زایی در طول دوره تخم‌گذاری دارای نوسانات می‌باشد اما روند کلی به‌صورت نزولی است که در انتهای دوره به صفر می‌رسد. روند نرزایی هم سیر نزولی داشت اما تا آخرین روز تخم‌گذاری ظهور زنبورهای نر دیده شد. براساس بررسی گوکمن و همکاران در سال ۱۹۹۹ (۸)، تعداد کل تخم تولید شده توسط یک زنبور ماده *A. calandrae* روی لارو و شفیره *S. granarius*، ۱۵/۵±۲۷۱/۲ عدد بود و حداکثر میزان تخم‌گذاری در روز سوم یا چهارم زندگی زنبور دیده شد. این بررسی نشان داد که درصد نتاج ماده تولید شده در هشت روز اول زندگی زنبور ۸±۷۶ درصد است که در پایان دوره تخم‌گذاری به صفر می‌رسد ولی در نهایت میزان خروج نتاج نر و ماده یکسان بوده و نسبت جنسی (ماده به نر) ۱ به ۱ است. میزان خروج نتاج ماده تحت تأثیر دما نیز قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که در یک مطالعه میزان تولید نتاج ماده این زنبور روی *Sitophilus zeamais* M. (Col.:Curculionidae) در ۲۰ درجه سانتی‌گراد ۳۳ درصد و در دماهای ۲۵°C، ۳۰°C و ۳۵°C، ۶۳ تا ۷۱ درصد تعیین شده است (۱۹).

میانگین طول دوره رشد در زنبورهای نر و ماده به ترتیب ۰/۳۴±۲۵/۰۶ و ۱/۹۸±۴۶/۵۱ روز به‌دست آمد که بین آنها اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P< ۰/۰۱$). در تحقیقات مختلفی طول دوره رشدی این زنبور مورد بررسی قرار گرفته است. در یک تحقیق طول دوره رشد زنبور روی سوسک *S. granarius*



Archive of SID
www.SID.ir

**جدول ۱. میانگین تعداد شفیره و لاروهای پارازیته شده سوسک *C. maculatus* در آزمایش ترجیح میزبان**

| مراحل رشدی میزبان | آزمایش (الف) خطای معیار± میانگین میزبان‌های پارازیته‌شده | آزمایش (ب) خطای معیار± میانگین میزبان‌های پارازیته شده |
|---|---|---|
| شفیره | ۱/۰۰±۰/۳۳$^{b}$ | ۴/۲۹±۰/۷۹$^{a}$ |
| لارو سن چهار | ۲/۶۷±۰/۴۷$^{a}$ | ۳/۰۰±۰/۴۹$^{a}$ |
| لارو سن دو | ۰/۱۱±۰/۴۸$^{b}$ | ۰/۴۳±۰/۳۰$^{b}$ |
| لارو سن یک | ۰ | ۰ |

حروف غیر مشابه در ستون‌ها نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

الف) ترجیح میزبانی با استفاده از نسبت مساوی مراحل رشدی سوسک

ب) ترجیح میزبانی با استفاده مجزا از مراحل رشدی سوسک

۴۹/۹ روز و در مطالعه‌ای دیگر روی سوسک *R. dominica*، ۴۰ روز محاسبه شده است ( ۸ و ۱۵). نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که طول دوره رشدی زنبور *A. calandrae* روی سه میزبان آزمایش شده تقریباً یکسان است. بنابراین در صورتی که تخم‌گذاری و تولید نتاج نیز در این سه میزبان تفاوت چشمگیری نداشته باشد در شرایط آزمایشگاهی می‌توان از هر یک از این میزبان‌ها برای پرورش زنبور استفاده نمود.

مطالعه ترجیح میزبان با استفاده از کلیه مراحل سنی نشان داد که میانگین تعداد میزبان‌های پارازیته شده در لاروهای سن چهار ۲/۶۷ برابر بیشتر از شفیره و ۲۴/۲۷ برابر بیشتر از لاروهای سن دو است و لاروهای سن یک به هیچ‌وجه پارازیته نشدند (جدول۱). بین میانگین لاروهای پارازیته شده سن چهار با شفیره و لاروهای سن دو اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P< ۰/۰۵$).

در آزمایش دوم (ترجیح میزبان با استفادهٔ مجزا از هر یک از مراحل سنی)، مشاهده شد که تعداد شفیره‌های پارازیته شده (۴/۲۹ عدد) بیشتر از لاروهای سنین چهار و دو (به ترتیب ۳ و ۰/۴۳ لارو) است. لاروهای سن یک پارازیته نشدند (جدول ۱). بین میانگین شفیره‌ها و لاروهای پارازیته شده سن چهار تفاوت معنی‌داری دیده نشد ولی بین شفیره‌ها و لاروهای سن دو تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($P< ۰/۰۵$). نتایج نشان داد که زنبور پارازیتوئید وقتی که کلیه مراحل سنی میزبان در اختیارش باشد تمایل بیشتری به پارازیته کردن لاروهای سن چهار دارد اما وقتی که مراحل سنی قبل از بلوغ آفت به تفکیک در اختیار زنبور قرار داده شد تعداد شفیره‌های پارازیته شده نسبت به سایر مراحل میزبان ( لاروهای سن ۱، ۲ و ۴) بیشتر بود.

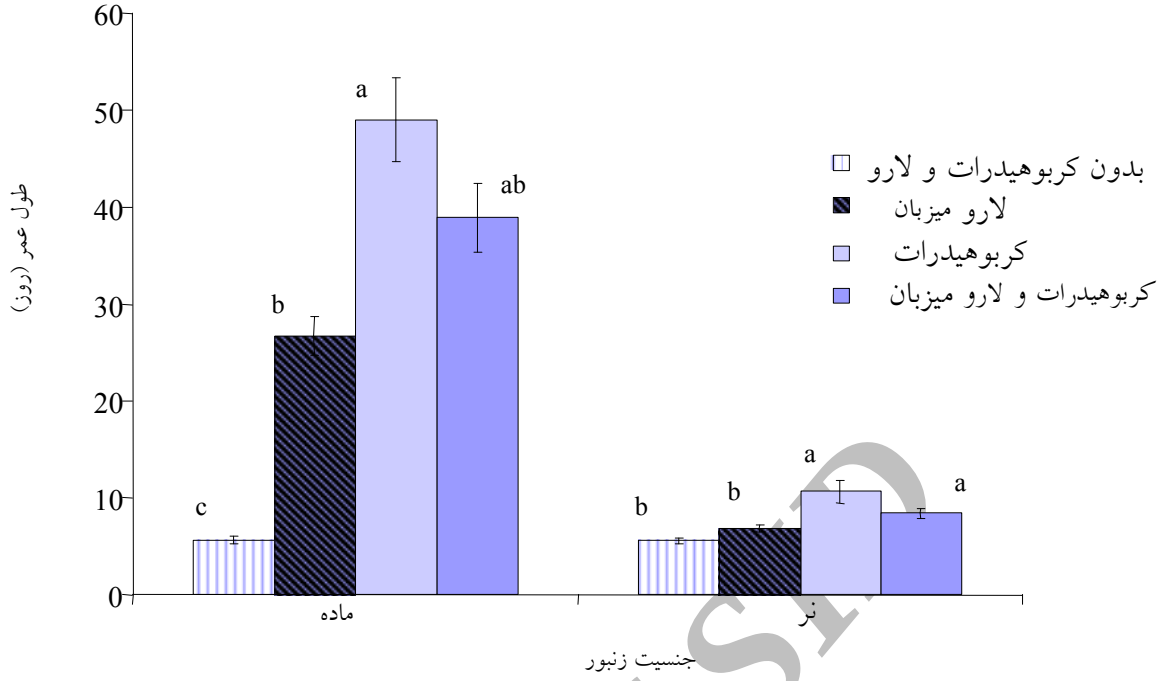
بر اساس تحقیقات انجام شده در مورد ترجیح میزبانی زنبور *A. calandrae* روی شفیره، پیش‌شفیره و لارو سن چهار سوسک *S. granarius*، بیان گردید که این زنبور معمولاً همه مراحل قابل دسترس میزبان را با نسبت تقریباً یکسان پارازیته می‌کند (۸).

در مطالعه‌ای که روی این زنبور پارازیتوئید و سوسک *C. chinensis* به‌عنوان میزبان انجام گرفت، مشخص شد که زنبور، لاروهای سنین سه و چهار، پیش‌شفیره و شفیره میزبان را برای پارازیته کردن ترجیح می‌دهد. نتایج این مطالعه نشان داد که زنبور *A. calandrae* هرگز روی لارو سن یک تخم نمی‌گذارد و تخم‌گذاری آن روی لارو سن دو اتفاقی است (۷). در یک مطالعه دیگر نیز لاروهای سن چهار سوسک *C. maculatus* به‌عنوان میزبان مرجح زنبور *A. calandrae* تعیین شدند (۱۱). بررسی تحقیقات انجام شده روی ترجیح میزبانی زنبور *A. calandrae* روی میزبان‌های مختلف نشان می‌دهد که در مجموع این زنبور سنین بالای لاروی و مرحله شفیرگی میزبان‌های مورد آزمایش را برای پارازیته کردن ترجیح می‌دهد. بنابراین در پرورش آزمایشگاهی این زنبور برای



Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۲. طول عمر زنبور *A. calandrae* در چهار وضعیت مختلف**

دست‌یابی به جمعیت بالا و مناسب آن بهتر است حتی الامکان از این مراحل میزبانی استفاده گردد. طبق بعضی تحقیقات ذکر شده در صورت لزوم می‌توان از سنین مختلف لاروی سوسک *S. granarius* نیز استفاده نمود.

میانگین طول عمر زنبور با استفاده از آب و عسل (وضعیت الف) برای زنبور نر و ماده به ترتیب ۱/۵±۱۰/۶۴ و ۴/۳۲±۴۹/۰۰ روز برآورد شد. در وضعیت (ب)، طول عمر زنبور با عرضه لارو میزبان و آب و عسل در زنبور نر و ماده به ترتیب ۰/۵۲±۸/۴۱ و ۳/۵۲±۳۸/۹۰ روز محاسبه شد. در وضعیت (ج) (طول عمر بدون غذا و لارو میزبان) طول عمر در زنبور نر و ماده محاسبه و میانگین آن به ترتیب ۰/۲۸±۵/۵۹ و ۰/۳۷±۵/۶۶ روز به‌دست آمد. در وضعیت (د) با حضور لارو میزبان، طول عمر به ترتیب ۰/۳۴± ۶/۸۵ و ۱/۹۸±۲۶/۶۹ روز محاسبه شد. در وضعیت‌های (الف)، (ب) و(د) اختلاف بین طول عمر نر و ماده معنی‌دار بود (P< ۰/۰۱) اما در وضعیت (ج) این اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۲).

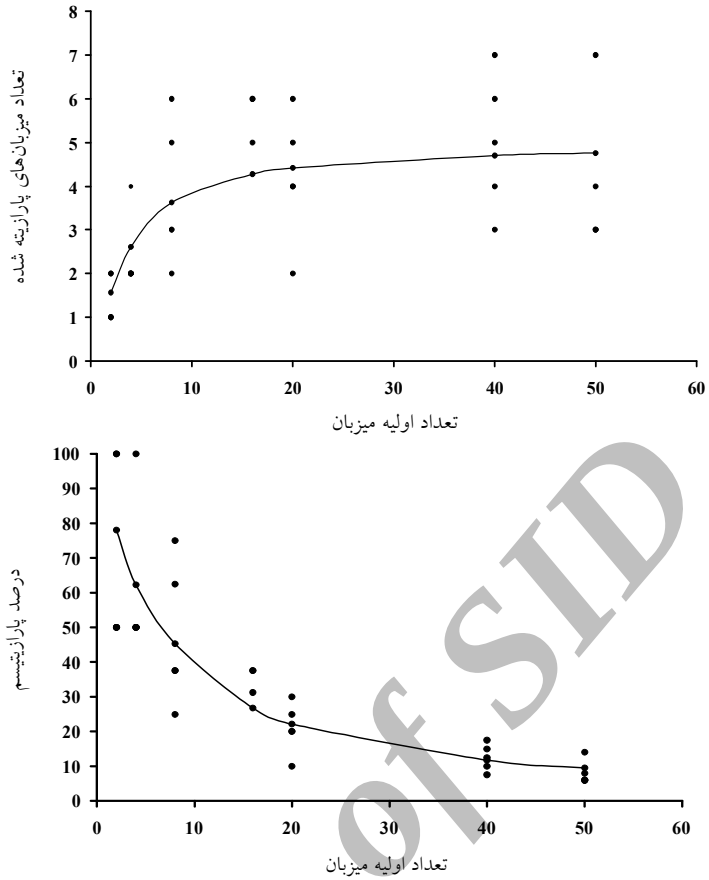
نتایج به‌دست آمده از مقایسه طول عمر زنبور در چهار وضعیت مختلف آزمایش نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین طول عمر ماده‌ها در دو حالت الف و ب وجود ندارد. هم‌چنین بین دو وضعیت ب و د نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اما میانگین طول عمر زنبور ماده در وضعیت ج که هیچ‌گونه میزبان و منبع غذایی در اختیار زنبور قرار نگرفت با سه وضعیت دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بود (P< ۰/۰۱). این نتایج نشان‌دهنده اهمیت منابع کربوهیدرات و هم‌چنین تغذیه میزبانی در افزایش طول عمر زنبورهای ماده می‌باشد. در مورد میانگین طول عمر زنبورهای نر، تفاوت معنی‌داری بین دو وضعیت الف و ب مشاهده نشد. هم‌چنین اختلاف بین دو وضعیت ج و د نیز معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد که منابع کربوهیدرات می‌توانند در افزایش طول عمر زنبورهای نر نسبتاً مؤثر باشند به‌طوری‌که در زمان‌هایی که آب و عسل در اختیار زنبورها قرار داشت (دو وضعیت الف و ب) میانگین طول عمر زنبورها افزایش یافته و با دو حالت دیگر آزمایش دارای اختلاف معنی‌دار بود (P< ۰/۰۱).

در یک مطالعه طول عمر زنبور *A. calandrae* روی لارو و



Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۳. منحنی‌های واکنش تابعی (بالا) و درصد پارازیتیسم (پایین) در زنبور *A. calandrae***

شفیره *Sitophilus granarius* (L.) (Curculionidae) ۴۰/۶±۴/۸ روز و در مطالعه‌ای دیگر طول عمر آن روی لارو *R. dominica* ۴۰ روز گزارش شده است (۸ و ۱۵). در مورد تأثیر منابع غذایی روی طول عمر این زنبور نیز مطالعات مختلفی صورت گرفته است. در مطالعه احمد در سال ۱۹۹۶ (۶) مشخص شد که در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد در صورت تغذیه زنبور از عسل طول عمر افراد ماده ۳۲/۶ و افراد نر ۲۵/۵ روز خواهد بود. در یک بررسی مشخص گردید که طول عمر زنبور روی لوبیای آلوده به سوسک *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Bruchidae) به همراه عسل و صرفاً عسل ۴ تا ۵ برابر بیشتر از حالتی است که فقط لوبیای آلوده به میزبان، لوبیای غیر آلوده و چغندرقند در اختیار زنبور قرار می‌گیرد (۱۷). یک بررسی دیگر نشان داده است که استفاده از عسل، طول عمر این زنبور را ۶/۶ برابر افزایش داده و از ۶/۶ به ۴۳/۸ روز می‌رساند (۲۰). یکی از عوامل مهم در پرورش یک عامل کنترل بیولوژیک، طول عمر زیاد عامل می‌باشد که در نتیجه باعث افزایش طول دوره تخم‌گذاری می‌شود. بررسی تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که طول عمر زنبور *A. calandrae* روی چندین میزبان آزمایش شده تفاوت چندانی ندارد، ولی استفاده از منابع کربوهیدرات در پرورش زنبور، باعث افزایش معنی دار طول عمر زنبور شده است و از آنجا که یکی از عوامل مهم در پرورش یک عامل کنترل بیولوژیک طول عمر زیاد عامل می‌باشد که در نتیجه باعث افزایش طول دوره تخم‌گذاری می‌شود، بنابراین استفاده از منابع کربوهیدرات می‌تواند نقش مهمی در موفقیت بیشتر پرورش انبوه این زنبور داشته باشد.

منحنی‌های واکنش تابعی و درصد پارازیتیسم در شکل ۳ نشان داده شده است. این زنبور واکنش تابعی نوع دوم را نسبت به تراکم‌های مختلف میزبان خود نشان داد. در یک بررسی تأثیر



Archive of SID
www.SID.ir

تراکم‌های مختلف لارو سوسک *C. chinensis* روی میزان پارازیتیسم زنبور *A. calandrae* مطالعه و واکنش تابعی زنبور از نوع دوم تعیین گردید (۱۰).

در مرحله دوم پارامترهای واکنش تابعی بر اساس دو مدل هالینگ و راجرز بر آورد شدند. مقادیر قدرت جستجو (a) به ترتیب ۰/۰۵۳ و ۰/۰۹۲ و زمان دست‌یابی ($T_h$) به ترتیب ۴/۵۸ و ۴/۸۱ برآورد شدند. در تحقیق منون و همکاران اثر دماهای مختلف (۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) روی پارامترهای واکنش تابعی یعنی قدرت جستجو و زمان دست‌یابی زنبور *A. calandrae* روی *R. dominica* بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش دما قدرت جستجو افزایش و در مقابل زمان دست‌یابی کاهش می‌یابد. در این تحقیق بالاترین میزان قدرت جستجو (۰/۸۸۳±۰/۵۰۴) و حداکثر تعداد لارو پارازیته شده (۱۵ عدد در ۲۴ ساعت) در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و کوتاه‌ترین زمان دست‌یابی (۰/۱۲۹ ±۱/۲۷) در ۳۰ درجه سانتی‌گراد دیده شد. نتیجه نهایی این‌که افزایش دما تا محدوده معینی باعث افزایش کارایی این زنبور پارازیتوئید می‌شود (۱۵).

میزان هم‌بستگی ($r^2$) داده‌های به‌دست آمده از آزمایش واکنش تابعی در مورد دو مدل هالینگ و راجرز به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۴۹ محاسبه شد. این مقادیر نشان می‌دهد که به ظاهر داده‌ها با مدل راجرز بیشتر مطابقت دارند. به دلیل بالاتر بودن $r^2$ در مدل راجرز مقادیر مربوط به حداکثر میزان پارازیتیسم (تعداد و درصد لاروهای پارازیته شده) با استفاده از این مدل برآورد و برای ترسیم منحنی‌های واکنش تابعی و درصد پارازیتیسم مورد استفاده قرار گرفتند.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از آقایان دکتر H. Baur (موزه تاریخ طبیعی سوئیس) و دکتر A. Timokhov (بخش حشره شناسی دانشگاه مسکو) که در تشخیص و تأیید زنبور *Anisopteromalus calandrae* و نژاد آن کمک‌های ارزشمندی نمودند و هم‌چنین از اساتید محترم بخش گیاه‌پزشکی دانشگاه تربیت مدرس تشکر و قدردانی می‌نماییم.

## منابع مورد استفاده

۱. شجاعی، م. ۱۳۶۸. *حشره شناسی (اتیولوژی- زندگی اجتماعی، دشمنان طبیعی)*. جلد سوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۲. شریفی حسینی ، ص. ۱۳۶۵. روش پرورش، جابه‌جا کردن و تشخیص نر و ماده زنبور پارازیتوئید آفات مهم انباری *Anisopteromalus calandrae* (Hymenopera: Pteromalidae). خلاصه مقالات هشتمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران، جلد اول(آفات)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. فتحی پور، ی.، ک. کمالی ، ج. خلقانی و غ. عبدالهی. ۱۳۷۹. واکنش تابعی زنبور *Trissolcus grandis* Thom. به تراکم‌های مختلف تخم سن *Eurygaster integriceps* و تأثیر ارقام مختلف گندم بر آن. مجلهٔ آفات و بیماری‌های گیاهی ۶۸ (۱ و۲): ۱۳۶-۱۲۳.

۴. مدرس اول. م. ۱۳۷۶. *فهرست آفات کشاورزی ایران و دشمنان طبیعی آنها*. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۵. معروف، ع. ۱۳۷۵. بررسی علل ترجیح غذایی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* F. و امکان کنترل آن به‌وسیله روغن‌های گیاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

6. Ahmed, K. S. 1996. Studies on the ectoparasitoid *Anisopteromalus calandrae* How. (Hymenoptera: Pteromalidae) as a biological agent against the lesser grain borer *Rhizopertha dominica* (Fab.) in Saudi Arabia. J. Stored Product Res. 32(2): 137-140.

7. Begum, S. 1994. Host selection behaviour of *Anisopteromalus calandrae* Howard (Hymenoptera: Pteromalidae).



Archive of SID

www.SID.ir

Bangladesh J. Zool. 22(2): 203-208.
8. Gokhman, V. E., T. Yu. Fedina and A. V. Timokhov. 1999. Life- history strategies in parasitic wasps of the *Anisopteromalus calandrae* complex (Hymenoptera: Pteromalidae). Russian Entomol. J. 8(3): 201-211.
9. Hassell, M. P. 1978. The Dynamics of Arthropod Predator- Prey Systems. Monographs in Popular of Biol. 13, Princeton University Press, Princeton, NJ.
10. Hassell, M. P., C. M. Lessells and G. C. Mc Gavin. 1985. Inverse density dependent parasitism in a patchy environment: a laboratory system. Ecol. Entomol. 10(4): 393- 402.
11. Heong, K. L. 1981. Searching preference of the parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Howard) for different stages of the host *Callosobruchus maculatus* (F.) in the laboratory. Res. on Population Ecol. 23(1):177-191.
12. Holling, C. S. 1959. The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the european pine sawfly. Can. Entomol. 91: 293- 320.
13. Islam, W. M. 1993. The biology of *Anisopteromalus calandrae* How. ectoparasitoid on *Callosobruchus chinensis* L. Bangladesh J. Zool. 21(1): 123- 132.
14. Islam, W. M. 1994. Influence of host instar/ stage on the development of the parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (How.) (Hymenoptera: Pteromalidae). Bangladesh J. Scientific and Indust. Res. 29(3): 123-131.
15. Menon, A., P. W. Flinn and B. A. Dover. 2002. Influence of temperature on the functional response of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) a parasitoid of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 38: 463-469.
16. Mohaghegh, J. 1999. Reproductive performance and control potential of predatory stink bug *Podiusus maculiventrus* and *P. nigrispinus*. Ph.D. Thesis, University of Gent, Belgium.
17. Schmale, I., F. L. Wackers, C. Cardona and S. Dorn. 2001. Control potential of three hymenopteran parasitoid species against the bean weevil in stored beans: the effect of adult parasitoid nutrition on longevity and progeny production. Biol. Control 21: 134-139.
18. Shishebor, P. and P. A. Bernan. 1996. Functional response of *Encarsia formosa* (Gahan) parasitizing caster whitefly *Trialeurodes ricini* Misra(Hom. Aleyrodidae). J. Appl. Entomol. 120 : 297-299.
19. Smith, L. 1992. Effect of temprature on life history charasteristics of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing maize weevil larvae in corn kernels. Environ. Entomol. 21(4): 877- 887.
20. Wackers, F. L., K. Schmale, C. M. Cardona, S. Dorn, C. Adler and M. Scholler. 1998. The effect of food supplements on the longevity of the bean weevil parasitoids, *Anisopteraomalus calandrea* and *Heterospilus prosopidis*. Bull. OILB SROP 21(3): 75- 82.

Archive of SID



www.SID.ir