

**ویژگی‌های زیستی و رفتاری زنبور *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hym.:
Callosobruchus maculatus، پارازیتوئید سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات Pteromalidae)
(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 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد، دوره نوری ۱۶ ساعت روزنایی و ۸ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی 5 ± 5 درصد برسی گردید. طول دوره پیش از ظهور حشرات کامل زنبور روی میزان ۰/۰۳۸ ± ۰/۰۳۸ روز تعیین شد. دوره پیش از تخم‌ریزی در این زنبور بسیار کوتاه بوده و حشرات ماده تقریباً بلافصله پس از خروج از میزان قادر به تخم‌ریزی بودند. میانگین طول دوره تخم‌ریزی و دوره پس از تخم‌ریزی به ترتیب $1/98 \pm 1/12$ و $25/120 \pm 0/028$ روز به‌دست آمد. طول دوران بلوغ حشرات ماده روی میزان $1/98 \pm 26/69$ روز محاسبه شد. تعداد حشرات کامل تولید شده توسط هر فرد ماده در طول عمر $28/51 \pm 240$ عدد و نسبت افراد ماده تولید شده روی میزان ۴۶ درصد محاسبه گردید. طول عمر زنبور نیز در چهار وضعیت مختلف برسی شد که در حضور عسل، لارو میزان و عسل و بدون میزان و عسل به ترتیب $38/90 \pm 3/52$ ، $26/69 \pm 1/98$ ، $49 \pm 4/32$ و $6/85 \pm 0/028$ روز برای زنبور نر محاسبه شد. واکنش $5/66 \pm 0/037$ روز برای زنبور ماده و $1/5 \pm 1/064$ و $10/64 \pm 0/052$ ، $8/41 \pm 0/059$ و $5/59 \pm 0/028$ روز برای زنبور نر میزان نسبت به تراکم‌های مختلف لارو سوسک مطالعه گردید. تجزیه داده‌ها در دو مرحله با نرم افزار SAS انجام شد. واکنش تابعی زنبور از نوع دوم بود. در آزمایش ترجیح میزان (سین مختلف لاروی و شفیره سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات) که در دو وضعیت مختلف (میزان‌ها به صورت مخلوط و میزان‌ها به صورت جداگانه) انجام شد، مشخص گردید که در حالت اول زنبور پارازیتوئید لاروهای سن چهار میزان را به لاروهای سین پایین تر و شفیره و در حالت دوم لاروهای سن چهار و شفیره را ترجیح می‌دهد.

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

مقدمه

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

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

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش زنبور *Anisopteromalus calandrae*

حبویات آلوده به سوسک چهار نقطه‌ای حبویات و زنبورهای پارازیتوبئید آن از انبارهای نگهداری حبویات 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 ۱۴×۷×۴ مم جمع‌آوری و به ظروف پلاستیکی تهویه‌دار به ابعاد ۱۴×۷×۴ سانتی‌متر که حاوی مراحل مختلف رشدی سوسک *C. maculatus* بودند منتقل گردیدند. ظروف پرورش در انکوباتور در دمای 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 20 ± 5 درصد و دوره نوری 16 ساعت روشنایی و 8 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* 3 نسل از آن روی میزبان پرورش یافت. سپس تعداد 16 جفت زنبور ماده و نر با عمر حداقل 24 ساعت از کلنی پرورش زنبور به صورت تصادفی انتخاب و به طور جداگانه درون لوله‌های آزمایش (به ابعاد 18×2 سانتی‌متر) حاوی 50 عدد لارو سن چهار میزبان قرار داده شدند. این لوله‌ها در انکوباتور با شرایط ثابت قرار گرفتند. هر 24 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. حبویات حاوی میزبان‌های (سوسک‌های) پارازیته شده تا زمان خروج حشرات کامل در شرایط ثابت پرورش نگهداری و هر روز مورد بازررسی قرار گرفته و تعداد نتاج نر و ماده خروجی شمارش و در جدولی ثبت شدند. با استفاده از داده‌های به‌دست آمده

در بین عوامل کترل بیولوژیک سوسک چهار نقطه‌ای حبویات زنبور پارازیتوبئید (*Anisopteromalus calandrae* Howard) به دلیل کارایی بالای آن ($93/17$ درصد پارازیتیسم) در کترل این آفت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین جهت در زمینه زیست شناسی این پارازیتوبئید روی میزبان‌های متعدد توسط محققین کشورهای مختلف بررسی‌هایی صورت گرفته است. برای مثال: در مطالعه‌ای که توسط گوکمن و همکاران در سال 1999 (۸) در رابطه با زیست شناسی این زنبور روی *Callosobruchus chinensis* (L.) (Col.: Bruchidae) سوسک (Callosobruchus chinensis) (L.) (Col.: Bruchidae) انجام شد، مشخص گردید که زنبور بلا فاصله 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* به عنوان میزبان مرجع 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، به طوری که 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 به عنوان پارازیتوبئید سوسک چهار نقطه‌ای حبویات هیچ گونه 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 کترل بیولوژیک و شناخت آثار متقابل پارازیتوبئید - میزبان و ناچیز بودن اطلاعات در این زمینه در ایران، بررسی ویژگی‌های زیستی و رفتاری این زنبور ضروری به نظر می‌رسد.

طریق غیر پارامتریک و به روش مودز مدلین (Mood's Median Test) مقایسه شد.

تعیین طول دوره رشد قبل از ظهور حشرات کامل به منظور تعیین طول دوره 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 دوره رشد قبل از بلوغ ۱۵۸۰ زنبور ماده و ۱۹۱۷ 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 حشره 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 مدلین انجام شد.

واکنش تابعی

نحوه 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 پتري

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 مرحله سنی لارو سن یک، لارو سن دو، لارو سن چهار و شفیره سوسک انجام شد. لارو سن 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 مرحله سنی لارو سن یک، لارو سن دو، لارو سن چهار و شفیره سوسک ۱۲ عدد انتخاب و به صورت مخلوط در لوله آزمایش (به ابعاد ۱۸×۲ سانتی‌متر) به مدت ۲۴ ساعت در اختیار یک جفت زنبور قرار داده شدند. این آزمایش در ۹ تکرار انجام شد.

(ب) ترجیح میزبان با استفاده مجزا از هر یک از مراحل سنی: در این آزمایش درون هر یک از لوله‌های آزمایش ۱۲ عدد از هر مرحله میزبان (به طور 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 پارازیتوبیلد 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.

نحوه تجزیه و تحلیل ترجیح میزبانی در دو قسمت (الف) و (ب) پس از این‌که تعداد میزبان‌های پارازیته شده در هر مرحله سنی به دست آمد میانگین آنها از

دو از لحاظ آماری معنی دار بود ($P < 0.01$). بر این اساس زنبور نر زودتر از ماده از تخم خارج می شود. بررسی زیست شناسی زنبور *A. calandrae* نشان داده است که طول دوره پیش از بلوغ زنبور ماده روی سوسک *S. granarius* 15.6 ± 0.1 روز و روی سوسک *Rhizopelta dominica* 18.9 روز در دمای 26°C و 14.6 روز در دمای 30°C است. (۶ و ۸). در یک بررسی دیگر طول این دوره در دمای 30°C و رطوبت نسبی 70% درصد روی لارو *C. chinensis* در ماده 10.86 و در نر 9.90 روز تعیین شده است (۱۳). مقایسه طول دوره پیش از بلوغ زنبور روی میزبان های مختلف نشان دهنده تأثیر نوع میزبان روی دوره پیش از بلوغ این زنبور می باشد. براساس تحقیقات انجام شده طول دوره پیش از بلوغ زنبور روی سوسک *C. chinensis* نسبت به سه میزبان دیگر آزمایش شده، *C. chinensis* کوتاه تر است. بنابراین به نظر می رسد سوسک *C. chinensis* بتواند میزبان مناسب تری 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 می باشد. طول دوره پیش از تخم ریزی در این زنبور پسیار کوتاه بود (0.06 روز) و زنبور ماده بلا فاصله پس از خروج شروع به تخم گذاری نمود. طول دوره تخم گذاری نسبتاً طولانی و معادل 25.12 روز به دست آمد. در بررسی های انجام شده در مورد زنبور *A. calandrae* روی *S. granarius* نیز بیان گردیده است که این زنبور بلا فاصله پس از خروج قادر به تخم گذاری می باشد (۸).

نوسانات تخم گذاری در طول عمر حشرات کامل زنبور در شکل ۱ نشان داده شده است. بیشترین مقدار تخم گذاری مربوط به روز هشتم بود که به طور میانگین 12.88 لارو میزبان توسط *A. calandrae* یک حشره *Synovigenic* می باشد روند افزایش تخم گذاری طبیعی و منطقی به نظر می رسد زیرا این گونه حشرات پس از ظهور تنها تعداد محدودی تخم کامل دارد و بقیه تخم ها با گذشت زمان و تجدید انرژی از طریق تغذیه به تدریج آماده

به ابعاد $1/3 \times 8$ سانتی متر قرار داده شدند. در هر تراکم، یک جفت زنبور نر و ماده با عمر کمتر از 24 ساعت درون ظروف پتری رها شد. بعد از 24 ساعت زنبورها حذف و پتری ها تا زمان خروج زنبورها از لارو میزبان، در شرایط ثابت پرورش نگه داری شدند. بعد از خروج زنبورها، تعداد و نسبت جنسی آنها ثبت گردید. این آزمایش در 6 تکرار انجام شد.

تجزیه و تحلیل واکنش تابعی

نتایج به دست آمده از آزمایش فوق با استفاده از نرم افزار SAS و به روش دو مرحله ای (Juliano 1993) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۲). این روش دارای دو مرحله اصلی است.

(الف) تعیین نوع واکنش تابعی

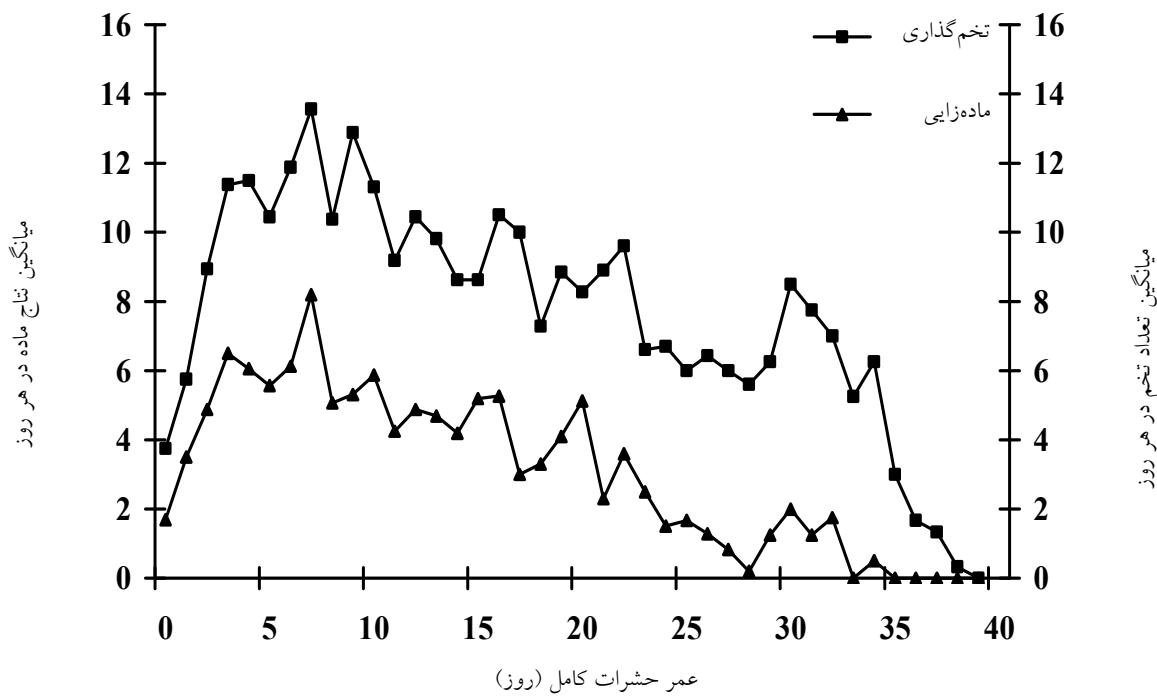
ابتدا رگرسیون لجستیک نسبت میزبان های پارازیته شده (Ne) به تراکم اولیه میزبان (N₀) انجام شد. در نتیجه بررسی رگرسیون لجستیک، یک منحنی چند درجه ای به دست می آید. علامت قسمت خطی منحنی $\left(\frac{N_e}{N_0}\right)$ بدون توجه به علامت دو قسمت دیگر نشان دهنده واکنش تابعی نوع دوم یا سوم است. اگر علامت این قسمت منفی باشد واکنش تابعی از نوع دوم و در صورت مثبت بودن از نوع سوم است. (۳).

(ب) برآورد پارامترهای واکنش تابعی

بعد از این که نوع واکنش تابعی مشخص شد با استفاده از رگرسیون غیرخطی، پارامترهای قدرت جستجو (a) و زمان دست یابی (T_h) برآورد شدند (۹ و ۱۶). در منحنی واکنش تابعی، بالاترین قسمت منحنی که نشانگر حداکثر پارازیتیسم نیز می باشد، به وسیله زمان دست یابی تعیین می شود (۱۸).

نتایج و بحث

میانگین طول دوره قبل از بلوغ زنبورهای نر و ماده به ترتیب 18.21 ± 0.031 و 19.82 ± 0.038 روز تعیین شد که اختلاف این



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

یک زنبور ماده *A. calandrae* روی لارو و شفیره *A. granarius* $271/2 \pm 15/5$ عدد بود و حداقل 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 76 ± 8 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، به طوری که در یک مطالعه میزان تولید نتاج ماده این زنبور روی *Sitophilus zeamais* M. (Col.:Curculionidae) در ۲۰ درجه سانتی‌گراد 33 ± 3 درصد و در دماهای 25°C , 30°C و 35°C تا 63 ± 6 درصد تعیین شده است (۱۹).

میانگین طول دوره رشد در زنبورهای نر و ماده به ترتیب $46/51 \pm 1/98$ و $25/06 \pm 0/34$ روز به دست آمد که بین آنها اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0.01$). در تحقیقات مختلفی طول دوره رشدی این زنبور مورد بررسی قرار گرفته است. در یک تحقیق طول دوره رشد زنبور روی سوسک

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 $240 \pm 28/51$ عدد می‌باشد. نتایج هم‌چنین بیانگر این بود که تعداد نتاج نر تولید شده توسط هر زنبور ماده بیشتر از نتاج ماده بود 130 ± 110 عدد در مقابل 110 ± 10 عدد. به عبارت دیگر حدود 46 ± 4 درصد نتاج ماده و بقیه نر بودند که بین میانگین تعداد نتاج نر و ماده اختلاف معنی‌داری دیده شد ($P < 0.05$). با توجه به نتایج مشاهده گردید (شکل ۱) که روند ماده‌زایی در طول دوره تخم‌گذاری دارای نوسانات می‌باشد اما روند کلی به صورت 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

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

مراحل رشدی میزان	آزمایش (الف) خطای معیار \pm میانگین میزان‌های پارازیته شده	آزمایش (ب) خطای معیار \pm میانگین میزان‌های پارازیته شده
شفیره	۱/۰۰ \pm ۰/۳۳ ^b	۴/۲۹ \pm ۰/۷۹ ^a
لارو سن چهار	۲/۶۷ \pm ۰/۴۷ ^a	۳/۰۰ \pm ۰/۴۹ ^a
لارو سن دو	۰/۱۱ \pm ۰/۴۸ ^b	۰/۴۳ \pm ۰/۳۰ ^b
لارو سن یک	۰	۰

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

(الف) ترجیح میزانی با استفاده از نسبت مساوی مراحل رشدی سوسک

(ب) ترجیح میزانی با استفاده مجزا از مراحل رشدی سوسک

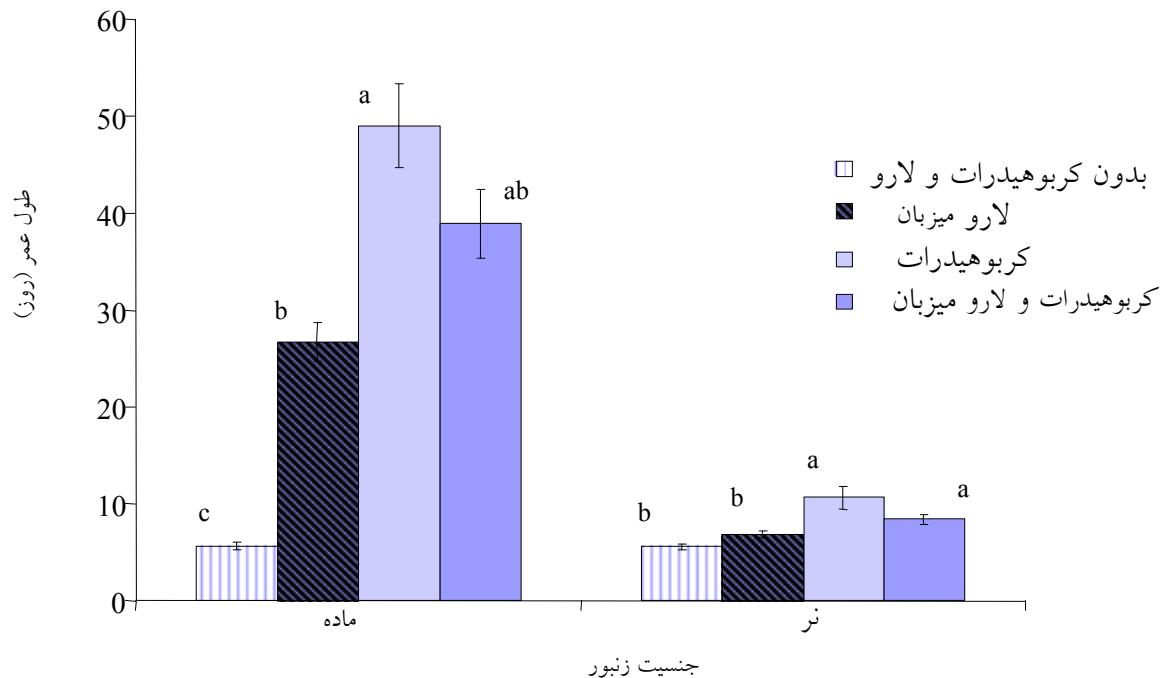
باشد تمایل بیشتری به پارازیته کردن لاروهای سن چهار دارد اما وقتی که مراحل سنی قبل از بلوغ آفت به تفکیک در اختیار زنبور قرار داده شد تعداد شفیره‌های پارازیته شده نسبت به سایر مراحل میزان (لاروهای سن ۱، ۲ و ۴) بیشتر بود.

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

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

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 میزان آزمایش شده تقریباً یکسان است. بنابراین در صورتی که تخم‌گذاری و تولید نتاج نیز در این سه میزان تفاوت چشمگیری نداشته باشد در شرایط آزمایشگاهی می‌توان از هر یک از این میزان‌ها برای پرورش زنبور استفاده نمود. مطالعه ترجیح میزان با استفاده از کلیه مراحل سنی نشان داد که میانگین تعداد میزان‌های 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 هیچ وجه پارازیته نشدن (جدول ۱). بین میانگین لاروهای پارازیته شده سن چهار با شفیره و لاروهای سن دو اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P < 0.05$).

در آزمایش دوم (ترجیح میزان با استفاده 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 نشدن (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 ($P < 0.05$). نتایج نشان داد که زنبور پارازیتوئید وقتی که کلیه مراحل سنی میزان در اختیارش

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

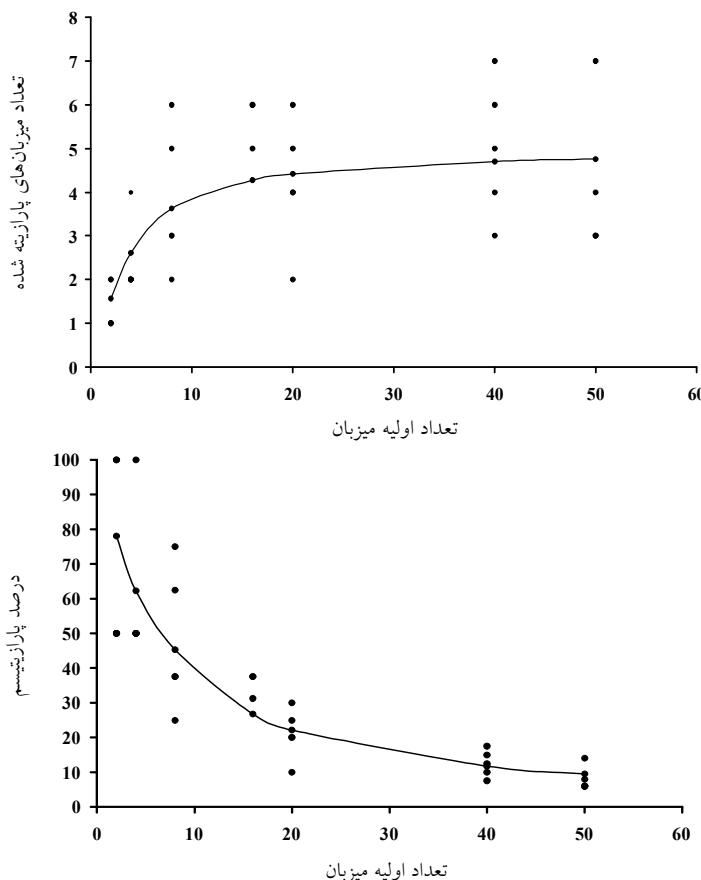
وضعیت مختلف آزمایش نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین طول عمر ماده‌ها در دو حالت الف و ب وجود ندارد. هم‌چنین بین دو وضعیت ب و د نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اما میانگین طول عمر زنبور ماده در وضعیت ج که هیچ‌گونه میزان و منع غذایی در اختیار زنبور قرار نگرفت با سه وضعیت دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بود ($P < 0.01$). این نتایج نشان‌دهنده اهمیت منابع کربوهیدرات و هم‌چنین تغذیه میزانی 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 ($P < 0.01$).

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

دست‌یابی به جمعیت بالا و مناسب آن بهتر است حتی الامکان از این مراحل میزانی 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 10.64 ± 1.05 و 49.00 ± 4.32 روز برآورد شد. در وضعیت (ب)، طول عمر زنبور با عرضه لارو میزان و آب و عسل در زنبور نر و ماده به ترتیب 8.41 ± 0.52 و 38.90 ± 3.52 روز محاسبه شد. در وضعیت (ج) (طول عمر بدون غذا و لارو میزان) طول عمر در زنبور نر و ماده محاسبه و میانگین آن به ترتیب 5.59 ± 0.28 و 5.66 ± 0.37 روز به دست آمد. در وضعیت (د) با حضور لارو میزان، طول عمر به ترتیب 6.85 ± 0.34 و 26.69 ± 1.98 روز محاسبه شد. در وضعیت‌های (الف)، (ب) و (د) اختلاف بین طول عمر نر و ماده معنی‌دار بود ($P < 0.01$) اما در وضعیت (ج) این اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۲).

نتایج به دست آمده از مقایسه طول عمر زنبور در چهار



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

(۲۰). یکی از عوامل مهم در پرورش یک عامل کترول بیولوژیک، طول عمر زیاد عامل می باشد که در نتیجه باعث افزایش طول دوره تخم گذاری می شود. بررسی تحقیقات انجام شده نشان می دهد که طول عمر زنبور *A. calandrae* روی چندین میزان 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 کترول بیولوژیک طول عمر زیاد عامل می باشد که در نتیجه باعث افزایش طول دوره تخم گذاری می شود، بنابراین استفاده از منابع کربوهیدرات می تواند نقش مهمی در موفقیت بیشتر پرورش انبوه این زنبور داشته باشد.

منحنی های واکنش تابعی و درصد پارازیتیسم در شکل ۳ نشان داده شده است. این زنبور واکنش تابعی نوع دوم را نسبت به تراکم های مختلف میزان خود نشان داد. در یک بررسی تأثیر

شفیره (*Sitophilus granarius* (L.) (Curculionidae) ۴۰/۶±۴/۸ روز و در مطالعه ای 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 سانتی گراد 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 لوبيای آلوه به سوسک *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Bruchidae) به همراه عسل و صرفًا عسل ۴ تا ۵ برابر بیشتر از حالتی است که فقط لوبيای آلوه به میزان، لوبيای غیر آلوه و چند درصد در اختیار زنبور قرار می گیرد (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 می رساند

میزان همبستگی (r^2) داده‌های به دست آمده از آزمایش واکنش تابعی در مورد دو مدل هالینگ و راجرز به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۴۹ محسوب 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* آن کمک‌های ارزشمند نمودند و همچنین از اساتید محترم بخش گیاه‌پزشکی دانشگاه تربیت مدرس تشکر و قدردانی می‌نماییم.

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 برآورد شدند. مقادیر قدرت جستجو (a) به ترتیب ۰/۰۵۳ و ۰/۰۹۲ و زمان دست‌یابی (T_h) به ترتیب ۴/۸۱ و ۴/۵۸ 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 (۰/۰۵۴±۰/۸۸۳) در حداکثر تعداد لارو پارازیته شده (۱۵ عدد در ۲۴ ساعت) در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و کوتاه‌ترین زمان دست‌یابی (۰/۱۲۹±۰/۱۲۷) در ۳۰ درجه سانتی‌گراد دیده شد. نتیجه نهایی این‌که افزایش دما تا محدوده معینی باعث افزایش کارایی این زنبور پارازیتوئید می‌شود (۱۵).

منابع مورد استفاده

- شجاعی، م. ۱۳۶۸. حشره شناسی (اتیولوژی-زنگی اجتماعی، دشمنان طبیعی). جلد سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- شریفی حسینی، ص. ۱۳۶۵. روش پرورش، جابه‌جا کردن و تشخیص نر و ماده زنبور پارازیتوئید آفات مهم انباری *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) خلاصه مقالات هشتمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران، جلد اول (آفات)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 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. مجله آفات و بیماری‌های گیاهی ۱۶۸ (۱ و ۲): ۱۲۳-۱۲۶.
- مدرس اول. م. ۱۳۷۶. فهرست آفات کشاورزی ایران و دشمنان طبیعی آنها. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- معروف، ع. ۱۳۷۵. بررسی علل ترجیح غذایی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* F. و امکان کترل آن به‌وسیله روغن‌های گیاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
- 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.
- Begum, S. 1994. Host selection behaviour of *Anisopteromalus calandrae* Howard (Hymenoptera: Pteromalidae).

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 maculiventris* 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 castor whitefly *Trialeurodes ricini* Misra(Hom. Aleyrodidae). J. Appl. Entomol. 120 : 297-299.
19. Smith, L. 1992. Effect of temprature on life history characteristics 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, *Anisopteromalus calandrea* and *Heterospilus prosopidis*. Bull. OILB SROP 21(3): 75- 82.