

تأثیر مراحل مختلف سنی شته *Aphis fabae* Scopoli روی برخی از ویژگی‌های زیستی زنبور پارازیتوئید *Lysiphlebus fabarum* (Marshall)

محمد عامری^۱، آرش راسخ^{۲*} و حسین اللهیاری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز (arashrasekh@gmail.com)
۳- دانشیار گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱۶

چکیده

پرورش انبوه و کاربرد موثر پارازیتوئید نیازمند دانستن پارامترهای موثر بر شایستگی آن‌ها می‌باشد. کیفیت میزبان یک ویژگی درونی است و به واسطه تفاوت‌های کمی و کیفی میزبان تعیین می‌شود. این تفاوت‌ها می‌توانند منابع غذایی در دسترس و به تبع آن ویژگی‌های زیستی پارازیتوئید را تحت تأثیر قرار دهند. در این پژوهش زنبور *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) در مراحل مختلف رشدی شته سیاه باقلا، *Aphis fabae*، شامل چهار سن پورگی و حشره کامل پرورش داده شد و برخی از پارامترهای موثر در شایستگی آن ارزیابی شد. در این مطالعه، دوره پیش از بلوغ زنبور با افزایش اندازه شته در زمان پارازیتیسیم زیاد شد، چنانچه در پوره سن اول، دوم، سوم، چهارم و حشره کامل شته به ترتیب $1.0/0.9 \pm 0.08$ ، $1.1/0.14 \pm 0.11$ ، $1.2/0.10 \pm 0.04$ و $1.2/0.06 \pm 0.12$ روز به دست آمد. اندازه زنبورهای پرورش یافته در سنین مختلف رشد شته از روندی خاصی پیروی نکرد؛ به این صورت که بزرگترین نتاج زنبور از پرورش در پوره سن دوم حاصل شدند و پس از آن به ترتیب حشره کامل شته و پوره‌های سنین سوم، چهارم و اول قرار داشتند. نرخ ظهور زنبور نیز در شته بالغ با $95/91\%$ بیشترین مقدار و در پوره سن چهارم با $81/57\%$ کمترین مقدار را داشت. علاوه بر این پرورش زنبور در مراحل مختلف سنی شته تأثیر معنی‌داری در طول عمر آن ایجاد کرد و بیشترین طول عمر در زنبورهای پرورش یافته در پوره سن سوم دیده شد. براساس نتایج پژوهش حاضر بیشترین شایستگی پارازیتوئید هنگام پرورش در پوره سن دوم شته حاصل می‌شود.

کلید واژه‌ها: اندازه میزبان، استراتژی رشد و نمو، کینوبیونت، تخصیص منابع غذایی، شایستگی

مقدمه

میان پارازیتوئیدها به دلیل اهمیت در کنترل زیستی آفات، توجه بسیاری از متخصصین را به خود جلب کرده‌اند و تلاش‌های زیادی شده است که از آنها برای محافظت محصولات غذایی در برابر حشرات

شته‌ها مورد حمله تعداد زیادی از شکارگرها، پارازیتوئیدها و پاتوژن‌ها قرار می‌گیرند که به مجموعه این دشمنان طبیعی شته‌خوارها^۱ گفته می‌شود. در این

با وجود رابطه مستقیم بین سنین مختلف رشدی شته‌ها و اندازه آنها (زو و همکاران^۹، ۲۰۰۸؛ لی و میلز^{۱۰}، ۲۰۰۴)، الگوی‌های متفاوتی از رشد و نمو در پارازیتوئیدهای کونوبیونت انفرادی دیده شده است. در مطالعاتی مانند هاروی و همکاران (۱۹۹۴) و کرافت و کوپلند^{۱۱} (۱۹۹۵) با افزایش اندازه در هر مرحله رشدی شته میزبان، اندازه پارازیتوئید افزایش ولی طول دوره رشدی کاهش می‌یابد. در پژوهش‌های دیگری مانند سکوئیرا و مکوتر^{۱۲} (۱۹۹۲) چنین مشاهده شده است که با افزایش اندازه میزبان، اندازه زنبور نیز افزایش یافته درحالی‌که دوره رشدی پارازیتوئید روندی غیرخطی نشان می‌دهد. محققین دیگری نیز مانند وانی و همکاران^{۱۳} (۱۹۹۴) و هاروی و وت^{۱۴} (۱۹۹۷) گزارش کردند که تغییر در اندازه میزبان اثری بر اندازه زنبور ندارد ولی دوره رشدی با افزایش اندازه میزبان کاهش پیدا می‌کند. گزارش‌های اندکی نیز مبنی بر کاهش اندازه زنبور پارازیتوئید همراه با افزایش اندازه میزبان وجود دارد (پتیت و ویتلزباخ^{۱۵}، ۱۹۹۳). مجموعه این پژوهش‌ها حاکی از وجود الگوهای متفاوت از رشد و نمو در گونه‌های کنوبیونت است که تحت فشار به گزینی و محدودیت‌های اکولوژیکی و فیزیولوژیکی ایجاد شده‌اند (هاروی، ۲۰۰۵).

مجموعه نتایج پژوهش‌های ارائه شده در بالا که روی گونه‌های مختلف زنبور و شته‌های مختلف به عنوان میزبان انجام شده، نگارندگان این پژوهش را برآن داشت که با طراحی آزمایش‌هایی چگونگی تاثیرپذیری کیفی و کمی جمعیت ماده‌زای *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Braconidae: Aphidiinae) ناشی از پرورش در

آفات استفاده شود (ولکل و همکاران^۱، ۲۰۰۷). پرورش انبوه و کاربرد موثر این گروه از دشمنان طبیعی نیازمند دانستن رابطه آفت-دشمن طبیعی و پارامترهای موثر بر شایستگی^۲ آنها می‌باشد. از اندازه بدن، طول عمر و دوره رشدونمو به عنوان شاخص‌های مهم برای توصیف شایستگی در پارازیتوئیدها نام برده شده است (رویتبرگ و همکاران^۳، ۲۰۰۱).

کیفیت میزبان بر اساس تعریف مکوتر و همکاران^۴ (۱۹۹۶) یک ویژگی میزبان است که به واسطه تفاوت‌های کمی (اندازه بدن) و کیفی (مرحله رشدی یا گونه) تعیین می‌شود. در واقع کیفیت میزبان بیان‌کننده شرایط میزبان از نظر اندازه بدن یا وضعیت فیزیولوژیکی است که می‌تواند کیفیت و کمیت منابع غذایی در دسترس لاروهای پارازیتوئید را تحت تاثیر قرار دهد. این منابع غذایی دریافت شده از میزبان عاملی تعیین کننده در الگوی رشدونمو و ویژگی‌های زیستی پارازیتوئید هستند (مکوتر و همکاران، ۱۹۹۶؛ هاروی^۵، ۲۰۰۵). پارازیتوئیدها برای تکمیل دوره رشد و نمو خود، برخلاف شکارگرها، تنها به یک میزبان متکی هستند، بنابراین تغییر در کیفیت میزبان می‌تواند نقش قابل توجهی در ویژگی‌های زیستی آنها ایفا کند. در پارازیتوئیدهای ایدیوبیونت^۶ که میزبان خود را در زمان پارازیتسم فلج می‌کنند، کیفیت میزبان رابطه مستقیمی با اندازه آن در زمان پارازیتسم دارد، درحالی‌که در گونه‌های کونوبیونت^۷ که در آنها میزبان پس از پارازیت شدن به رشد خود ادامه می‌دهد، ارتباط اندازه میزبان با شایستگی پارازیتوئید پیچیده تر بوده و برهمکنش‌های اکولوژیکی و فیزیولوژیکی تعیین کننده کیفیت میزبان هستند (گادفرای^۸، ۱۹۹۴؛ هاروی، ۲۰۰۵).

1- Völkl *et al.*

2 - Fitness

3- Roitberg *et al.*4- Mackauer *et al.*

5- Harvey

6- Idiobiont

7- Koinobiont

8- Godfray

9- Xu *et al.*

10- Li and Mills

11- Croft and Copland

12- Sequeira and Mackauer

13- Wani *et al.*

14- Vet

15- Pettitt and Wietlisbach

باقلا روی هریک مستقر شد. سپس روی هر پتری ۳ تا ۴ شته بکرزا قرار داده شد و پس از گذشت ۱۲ ساعت، شته‌های مادر و همگی پوره‌های سن اول، به غیر از یکی از آنها، حذف شدند. شته باقیمانده هر ۱۲ ساعت تا ظهور حشره‌ی کامل بررسی و از روی جلد کهنه جدا شده، سن پورگی مشخص شد. به کمک داده‌های ثبت شده، میانگین زمان لازم برای ظهور هر مرحله سنی شته تعیین شد.

محاسبه طول ساق پای عقب در مراحل مختلف رشد شته سیاه باقلا

به منظور برآورد اندازه بدن شته، طول ساق پای عقب (سمت راست) در مراحل مختلف رشد شته محاسبه شد. به این صورت که گروه‌های همسن^۲ از شته در کلیه مراحل رشد، شامل چهار سن پورگی و حشره‌ی کامل، به صورت جداگانه در ظرف استوانه‌ای تهویه‌دار (به قطر ۸ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر) تشکیل شد. در هر ظرف یک شاخه جوان باقلا در محلول کود کامل (با نام تجاری Hortigrowth) با غلظت سه در هزار پرورش یافت. پس از این که گروه‌های همسن شته به سن مورد نظر رسیدند، یک نمونه ($n=30$) به صورت تصادفی از هر یک از مراحل سنی انتخاب و طول ساق پای عقب در آنها به کمک استریومیکروسکوپ مجهز به عدسی چشمی مدرج (با دقت ۰/۱ میلی‌متر) اندازه‌گیری شد.

محاسبه طول دوره رشد، نرخ ظهور و اندازه‌ی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید، پرورش یافته در مراحل مختلف پورگی میزبان

به این منظور گروه‌های همسن از تمامی مراحل مختلف رشد شته به صورت جداگانه درون ظرف استوانه‌ای تهویه‌دار تشکیل شد. سپس زنبورهای ماده‌ی دو روزه که تجربه مواجهه با شته را نداشتند ($n=15$)، به هر ظرف در معرض حدود ۴۰ شته میزبان همسن قرار داده شدند. متوسط سن شته‌ها برای پوره‌های سن اول تا چهارم و همچنین حشره‌ی کامل شته در زمان معرفی

سنین مختلف رشدی شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) را تعیین نمایند. نتایجی که می‌تواند در نهایت منجر به تولید بهترین نتاج زنبور با پرورش در مناسب‌ترین سن یا سنین رشدی شته گردد. نظر به اینکه از این زنبور کینوبیونت انفرادی (مکوئر و همکاران، ۱۹۹۶) در بیشتر گزارش‌ها در کشور به عنوان پارازیتوئید رایج روی شته‌ها نام برده شده (رخشانی و همکاران، ۲۰۰۶؛ طالبی و همکاران، ۲۰۰۹)، امید می‌رود که نتایج این پژوهش در امکان پرورش انبوه موفق این پارازیتوئید چندین خوار، کمک‌رسان باشد.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

در بهار ۱۳۹۰ شته سیاه باقلا طی نمونه‌برداری‌هایی از مزارع باقلای استان زنجان جمع‌آوری شد. همچنین زنبور پارازیتوئید از شته‌های مومیایی شده آن به دست آمد. چراکه وجود جمعیت ماده‌زای پارازیتوئید مورد مطالعه در این ناحیه به اثبات رسیده است (راسخ و همکاران، ۲۰۱۱). آزمایش‌های تکمیلی ماده‌زا بودن جمعیت جمع‌آوری شده زنبور را نشان داد. برای تشکیل کلنی شته ابتدا گیاهان باقلا (رقم شامی) درون گلدان‌های چهار لیتری حاوی خاک اره کشت شد. سپس شته‌های جمع‌آوری شده از محیط به این گیاهان انتقال یافتند. کلنی زنبور نیز به همان صورت روی گیاهان باقلای آلوده به شته سیاه باقلا تشکیل شد. کلنی‌های شته و زنبور پارازیتوئید در اتاق رشد و دمای 21 ± 1 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی $60 \pm 10\%$ و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی:روشنایی) نگهداری شدند. کلیه آزمایش‌ها در شرایط محیطی ذکر شده انجام شد.

محاسبه طول دوره‌ی مراحل مختلف رشد شته سیاه باقلا

برای محاسبه طول دوره رشد شته، ۳۰ پتری محتوی ۲۰ میلی‌لیتر آگار ۱/۵ درصد تهیه و یک برگ جوان

زنبورهای گروه اول محلول رقیق عسل (۳۰٪) و به گروه دوم محلول رقیق عسل به همراه گرده گل (به صورت قطراتی روی کاغذ مومی) معرفی شد. کلیه زنبورها به آب (به صورت رول پنبه‌ای مرطوب) دسترسی داشتند. کاغذ مومی حاوی محلول غذایی هر دو روز یک بار و آب به صورت روزانه تجدید می‌شد. هر ۱۲ ساعت مرگ‌ومیر زنبورها ثبت شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

برای مقایسه میانگین تیمارها در کلیه آزمایش‌ها از آزمون آماری One-Way ANOVA و برای تعیین اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تکمیلی Post Hoc-LSD، هر دو در سطح ۵٪، استفاده شد.

نتایج

محاسبه طول دوره‌ی مراحل مختلف رشد شته سیاه باقلا

طول دوره رشدی در سنین پورگی اول تا چهارم شته سیاه باقلا در جدول ۱ ارائه شده است. زمان‌های ارائه شده برای پوره سن اول، شامل مدت زمان بین بکرزایی تا اولین تغییر جلد بوده و برای سایر سنین پورگی شامل مدت زمان بین دو تغییر جلد می‌باشد. میانگین مدت زمان مورد نیاز برای ظهور حشره‌ی کامل شته از زمان بکرزایی، ۷/۱۱ روز بود که از مجموع طول مدت چهار سن پورگی به دست آمد. شایان ذکر است که اختلاف معنی‌داری در دوره رشد مراحل مختلف پورگی شته سیاه باقلا وجود نداشت ($P=0/054$ ؛ $F=2/63$ ؛ $df=3,101$) (جدول ۱).

محاسبه طول ساق پای عقب در مراحل مختلف رشد شته سیاه باقلا

طول ساق پای عقب (سمت راست) در چهار سن پورگی و همچنین حشره کامل شته سیاه باقلا در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که طول ساق پای عقب شته و به تبع آن اندازه میزبان در هر مرحله رشدی به طور معنی‌دار افزایش یافت ($P<0/01$ ؛ $df=4,152$ ؛ $F=1073/02$).

زنبور، به ترتیب ۱، ۲/۲۵، ۳/۷۵، ۵/۷۵ و ۷/۷۵ روز (± 6 ساعت) در نظر گرفته شد. زنبورها به مدت ۶ ساعت اجازه پارازیته کردن میزبان‌ها را داشتند. پس از این مدت زنبورها حذف شدند و شته‌های پارازیته شده هر ۱۲ ساعت تا ظهور مومیایی بررسی شدند. مومیایی‌های ظاهر شده از گیاه جدا و به ظروف پتری منتقل شدند. در ادامه مدت زمان ظهور حشرات کامل از مومیایی‌ها محاسبه شد. همچنین نرخ ظهور حشرات کامل زنبور از مومیایی‌ها، در هر یک از سنین رشدی شته به دست آمد. پس از آن طول ساق پای عقب (سمت راست) در کلیه زنبورهای ظاهر شده در هر یک از سنین رشد شته به روش شرح داده شده، اندازه‌گیری شد.

محاسبه طول عمر حشره کامل زنبور پارازیتوئید، پرورش یافته در مراحل مختلف پورگی میزبان

برای پرورش زنبور در مراحل مختلف رشد میزبان همانند آزمایش قبل ابتدا گروه‌های همسن از شته سیاه باقلا به طور جداگانه از تمامی مراحل مختلف رشد تهیه شد. سپس زنبورهایی که تجربه مواجهه با میزبان را نداشتند، به مدت ۶ ساعت در معرض شته‌ها قرار داده شدند و شته‌ها تا ظهور حشرات کامل زنبور پرورش داده شدند. زنبورها ($n=35$) بلافاصله پس از ظهور به شاخه‌های باقلا آلوده به شته میزبان معرفی شدند. این کار برای زنبورهای پرورش یافته در یکایک مراحل رشد شته میزبان تکرار شد. شاخه‌ها هر ۱۲ ساعت بررسی شده و طول عمر زنبورها محاسبه شد. شاخه‌ها هر ۱۲ ساعت تا مرگ آخرین زنبور آب‌پاشی شدند.

محاسبه طول عمر حشره کامل زنبور پارازیتوئید در رژیم‌های متفاوت غذایی

در این آزمایش از زنبورهایی که به روش قبل در پوره سن دوم شته پرورش یافته بودند، استفاده شد. زنبورهای همگون شده به دو گروه ($n=24$) تقسیم شده و به صورت انفرادی در ظروف استوانه‌ای تهویه‌دار (به قطر ۳/۵ و ارتفاع ۷ سانتی‌متر) نگهداری شدند. به

بیشترین اندازه بدن در زنبورهای پرورش یافته در پوره سن دوم و پس از آن به ترتیب حشره‌ی کامل شته، پوره‌های سنین سوم، چهارم و اول مشاهده شد. البته میان پوره سن دوم و شته بالغ و همچنین پوره سن چهارم و پوره‌های سنین اول و سوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

مشاهدات نشان داد که زنبورها در هر یک از دوره‌های رشد میزبان، در یک روز ظاهر نشدند و معمولاً طول دوره‌ی ظهور ۳-۴ روز بود. لازم به ذکر است که در هر سن رشدی میزبان، مقایسه اندازه‌ی زنبورهای ظاهر شده در روزهای مختلف، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

محاسبه طول عمر حشره کامل زنبور پارازیتوئید، پرورش یافته در مراحل مختلف پورگی میزبان

مطابق با نتایج به‌دست آمده، بین طول عمر زنبورهای پرورش یافته در سنین مختلف رشد شته، اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.01$; $df = 4, 170$; $F = 27/98$). در این میان بیشترین طول عمر در پوره سن سوم با میانگین $3/93$ روز و کمترین آن مربوط به پوره سن چهارم با میانگین $1/67$ روز بود (جدول ۳). البته اختلاف طول عمر بین زنبورهای رشد کرده در پوره‌های سنین اول، دوم و سوم معنی‌دار نشد. به همین صورت رشدونمو در پوره سن دوم و حشره‌ی کامل شته، در طول عمر زنبور اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد.

محاسبه طول عمر حشره کامل زنبور پارازیتوئید در رژیم‌های متفاوت غذایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تغذیه از گرده تغییری در طول عمر زنبورهای پرورش یافته در پوره سن دوم ایجاد نکرد ($P = 0/61$; $df = 1, 45$; $F = 0/25$). به طوری که طول عمر زنبورهای تغذیه کرده از محلول عسل به طور متوسط $4/06$ روز و زنبورهای تغذیه کرده از محلول عسل به همراه گرده به طور میانگین $3/83$ روز به‌دست آمد.

محاسبه طول دوره رشد، نرخ ظهور و اندازه‌ی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید، پرورش یافته در مراحل مختلف پورگی میزبان

مطابق با نتایج به‌دست آمده، همراه با افزایش اندازه میزبان در زمان پارازیتیسیم، از پوره سن اول تا حشره‌ی کامل شته، طول دوره پیش از بلوغ پارازیتوئید افزایش یافت ($P < 0.01$; $df = 4, 255$; $F = 69/43$)، به طوری که زنبورهای پرورش یافته در پوره سن اول و حشره‌ی کامل شته به ترتیب کمترین و بیشترین طول دوره رشدی را داشتند (جدول ۲). این روند افزایشی طول دوره رشد نسبت به اندازه میزبان، در فاصله‌ی زمانی از "تخم‌ریزی تا ظهور مومیایی" ($P < 0.01$; $df = 4, 279$; $F = 87/02$) و همچنین از زمان "ظهور مومیایی تا ظهور حشرات کامل" ($P < 0.01$; $df = 4, 255$; $F = 9/70$) حفظ شد. پوره‌های سنین دوم و سوم، در فاصله‌ی زمانی بین تخم‌ریزی تا ظهور مومیایی اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین در طول دوره‌ی ظهور مومیایی تا ظهور حشرات کامل، بین پوره سنین اول و دوم و همچنین بین پوره سن سوم و حشره کامل شته اختلاف معنی‌داری دیده نشد. مطابق با نتایج به‌دست آمده، زنبورهای پرورش یافته در پوره سن چهارم و شته بالغ اختلاف معنی‌داری در کل دوره پیش از بلوغ زنبور پارازیتوئید نداشتند (جدول ۲). بیشترین نرخ ظهور در زنبورهای پرورش یافته در حشره کامل شته با $95/91$ درصد مشاهده شد و پس از آن به ترتیب در پوره‌های سنین اول، سوم و دوم به‌دست آمد. کمترین نرخ ظهور در زنبورهای پرورش یافته در پوره سن چهارم، با $81/57$ درصد، دیده شد (جدول ۲).

اندازه‌گیری طول ساق پای عقب زنبور پارازیتوئید نشان داد که اختلاف معنی‌داری در اندازه زنبورهای پرورش یافته در مراحل مختلف رشدی میزبان وجود داشت ($P < 0.01$; $df = 4, 246$; $F = 17/94$) ولی تغییر اندازه بدن زنبور نسبت به تغییرات اندازه میزبان، از روندی خاصی برخوردار نبود. به این صورت که

عامری و همکاران: تاثیر مراحل مختلف سنی شته ...

جدول ۱- میانگین (± خطای معیار) طول دوره رشدی و میانگین طول ساق پای عقب (سمت راست) سنبلین مختلف پورگی شته سیاه باقلا، *Aphis fabae*.

تکرار	پوره سن اول	پوره سن دوم	پوره سن سوم	پوره سن چهارم	شته بالغ
۳۰	۱/۸۵±۰/۰۵ ^a	۱/۶۴±۰/۰۷ ^a	۱/۷۰±۰/۰۹ ^a	۱/۸۸±۰/۰۶ ^a	—
۳۰	۰/۲۳±۰/۰۰۴ ^e	۰/۳۱±۰/۰۰۵ ^d	۰/۴۴±۰/۰۰۷ ^c	۰/۶۵±۰/۰۰۷ ^b	۰/۸۸±۰/۰۱۱ ^a
—	۱	۲/۲۵	۳/۷۵	۵/۷۵	۷/۷۵

سطرهای دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۲: میانگین (± خطای معیار) طول دوره رشدی، میانگین طول ساق پای عقب (سمت راست) و نرخ ظهور در زنبورهای *L. fabarum* پرورش یافته در مراحل مختلف پورگی شته سیاه باقلا، *Aphis fabae*.

تکرار	پوره سن اول	پوره سن دوم	پوره سن سوم	پوره سن چهارم	شته بالغ
۸۷	۵/۹۶±۰/۰۶ ^d	۶/۷۹±۰/۰۷ ^c	۶/۸۸±۰/۰۶ ^c	۷/۱۶±۰/۰۷ ^b	۷/۵۳±۰/۰۵ ^a
۴/۸۱±۰/۰۴ ^c	۴/۸۴±۰/۰۶ ^c	۵/۰۲±۰/۰۹ ^b	۵/۳۱±۰/۰۵ ^a	۵/۰۹±۰/۰۳ ^b	تا ظهور مومیایی از مومیایی
۱۰/۷۵±۰/۰۹ ^d	۱۱/۵۷±۰/۰۸ ^c	۱۱/۹۳±۰/۱۴ ^b	۱۲/۴۸±۰/۱۰ ^a	۱۲/۶۱±۰/۰۶ ^a	تا ظهور حشرات کامل (روز)
۹۴/۲۵	۹۰/۶۲	۹۱/۳۰	۸۱/۵۷	۹۵/۹۱	کل دوره پیش بلوغ زنبور (روز)
۰/۴۰±۰/۰۰۴ ^c	۰/۴۵±۰/۰۰۵ ^a	۰/۴۲±۰/۰۰۴ ^b	۰/۴۱±۰/۰۰۶ ^{bc}	۰/۴۳±۰/۰۰۴ ^a	نرخ ظهور (درصد)
					طول ساق پای عقب زنبور
					پارازیتوئید (میلی متر)

سطرهای دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۳: میانگین (± خطای معیار) طول عمر زنبورهای *L. fabarum* پرورش یافته در مراحل مختلف پورگی شته سیاه باقلا، در حضور میزبان

تکرار	پوره سن اول	پوره سن دوم	پوره سن سوم	پوره سن چهارم	شته بالغ
۳۵	۳/۵۶±۰/۱۶ ^a	۳/۵۱±۰/۱۱ ^{ab}	۳/۹۳±۰/۱۱ ^a	۱/۶۷±۰/۱۷ ^c	۳/۰۶±۰/۲۱ ^b

اعداد دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند

بحث

اندازه‌های متفاوت (سامپایو^۱ و همکاران، ۲۰۰۸) و هم در مراحل مختلف رشد یک گونه از شته (لی و میلز، ۲۰۰۴) دیده شده است. قابل انتظار است که همراه با تغییر اندازه در شته‌ها که کمیت غذای در دسترس را

اندازه میزبانی که زنبور پارازیتوئید در آن رشد می‌کند، تاثیر زیادی در شایستگی آن دارد (گادفرای، ۱۹۹۴). این تاثیر هم در گونه‌های مختلف شته با

(۲۰۰۵)، که برای پارازیتوئیدهای کونوبیونت انفرادی توصیف شده است، نشان می‌دهد. علاوه بر این الگوی رشد و نمو مشاهده شده در این پژوهش با الگوی مشاهده شده در *Lysiphlebus ambiguous* (Haliday) (زو و همکاران، ۲۰۰۸)، که در آن هم طول دوره رشدی و هم اندازه زنبور با افزایش سن میزبان افزایش یافت، کاملاً مطابق نیست. این موضوع نشان دهنده استراتژی متفاوت جمعیت ماده‌زای زنبور *L. fabarum* در مواجهه با مراحل مختلف سنی میزبان با اندازه‌های متفاوت می‌باشد.

باقری متین و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که دوره رشد و نمو جمعیت دوجنسی زنبور *L. fabarum* در دمای ۲۱°C، از پوره سن اول تا حشره کامل شته سیاه باقلا، کاهش می‌یابد. البته این محققین اندازه زنبور را محاسبه نکردند. پیش از این نیز تفاوت در ویژگی‌های زیستی در سویه‌های ژنتیکی مختلف یک گونه به اثبات رسیده بود؛ چنانچه بک^۶ و همکاران (۱۹۹۹) در زنبور *Venturia canescens* (Gravenhorst) که از پارازیتوئیدهای درونی انفرادی می‌باشد، مشاهده کردند که سویه‌های ژنتیکی این گونه اختلافاتی در ویژگی‌های زیستی مانند نرخ رشد و نمو و همچنین تعداد و اندازه تخم دارند.

بر مبنای اندازه زنبورهای پرورش یافته در پوره‌های سنین مختلف شته سیاه باقلا، پوره سن دوم مناسب‌ترین مرحله برای زنبور *L. fabarum* بود، چراکه بزرگترین نتاج زنبور در این مرحله رشدی تولید شدند، در حالی که پوره‌های سن اول و همچنین سنین سوم و چهارم از این لحاظ از کیفیت کمتری برخوردار بودند. یک علت عمده مشاهده چنین الگویی می‌تواند دفاع فیزیولوژیک و اندازه بدن میزبان در زمان پارازیتسیم باشد. معمولاً زنبورهای *Aphidiinae* پوره‌های جوان میزبان را برای پارازیته کردن ترجیح می‌دهند

برای نوزادان پارازیتوئیدها تحت تاثیر قرار می‌دهد، کیفیت آنها نیز برای پارازیتوئیدها از طریق دفاع فیزیولوژیک متفاوت (سالت^۱، ۱۹۶۸) تغییر نماید. البته کمی‌سازی دفاع فیزیولوژیک در چنین آزمون‌هایی مشکل است اما می‌توان با تولید شته‌هایی با اندازه‌های مختلف، مجموعه تاثیر کمی و کیفی این سنین رشدی را بر ویژگی‌های زیستی پارازیتوئید سنجید. به طور معمول دو شاخص طول ساق پای عقب (لی و میلز، ۲۰۰۴؛ زو و همکاران، ۲۰۰۸) و وزن بدن^۲، که اغلب به صورت وزن خشک^۳ ارزیابی شده است، به عنوان برآوردی از اندازه بدن شته میزبان به کار برده شده‌اند. در این مطالعه نیز از طول ساق پای عقب به عنوان برآوردی از اندازه بدن میزبان استفاده شده است و مطابق با انتظار اندازه‌ی سنین مختلف رشدی شته سیاه باقلا از پوره سن اول تا حشره کامل به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱). در مطالعاتی نظیر زو و همکاران (۲۰۰۸) و لی و میلز (۲۰۰۴)، روی شته سیاه باقلا نتایج مشابهی به دست آمده است.

از بین ۷۰ گونه شته‌ی معرفی شده به عنوان میزبان زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* (استاری^۴، ۱۹۶۶)، از شته سیاه باقلا به عنوان میزبان تخصصی نام برده شده است (ولکل و استچمن^۵، ۱۹۹۸)، که یک دلیل آن می‌تواند امکان تکمیل رشد و نمو زنبور در تمامی مراحل رشد این شته باشد. در مطالعه حاضر همراه با پرورش زنبورها در پوره‌های سنین مختلف شته، الگوی زیستی پارازیتوئید مشخص شد؛ به این صورت که با افزایش اندازه میزبان، طول دوره‌ی پیش از بلوغ از روند افزایش خطی برخوردار بود، در حالی که اندازه زنبورهای ظاهر شده، از روندی غیرخطی پیروی نمود. البته نتیجه حاضر تفاوت‌هایی را با الگوهای هاروی

- 1- Salt
- 2- Biomass
- 3- Dry weight
- 4- Stary
- 5- Völkl and Stechman

پوره سن دوم شته میزبان یک تعادل میان منابع غذایی در دسترس لارو پارازیتوئید و دفاع فیزیولوژیکی وجود دارد. به این معنی که در این مرحله سنی شته دفاع فیزیولوژیکی به اندازه پوره‌های سنین سوم و چهارم قوی نیست و همچنین محدودیتی در میزان منابع غذایی اولیه در دسترس لارو پارازیتوئید وجود ندارد.

جدای از هزینه‌هایی که زنبور هنگام رشد در پوره سن اول متحمل می‌شود، فوایدی نیز برای پارازیتوئید وجود دارد. براساس نظر اسلانسکای (۱۹۸۶) یک فشار به‌گزینی در پارازیتوئیدها برای انتخاب پوره‌های بسیار جوان میزبان، علیرغم وجود محدودیت منابع غذایی در آنها، وجود دارد. به این صورت که پوره‌های سنین ابتدایی نسبت بیشتری از جمعیت کلنی شته را در محیط تشکیل می‌دهند و فائق آمدن بر رفتارهای دفاعی در پوره‌های جوان برای پارازیتوئید آسان‌تر است (اسلانسکای، ۱۹۸۶). همین‌طور زمان دستیابی^۹ به این پوره‌ها در مقایسه با میزبان‌های بزرگتر کمتر می‌باشد (والکر و هوی، ۲۰۰۳). همچنین دوره رشدونمو کوتاه در زنبورهای پارازیتوئید باعث می‌شود که شته پارازیته شده مدت زمان کمتری در معرض شکارگرها و هیپارازیتوئیدها قرار بگیرد. علاوه‌براین براساس نتایج تحقیق حاضر، زنبورهای رشد کرده در پوره سن اول بیشترین نرخ ظهور را نسبت به سایر سنین پورگی دارا بودند (جدول ۲).

نکته قابل توجه دیگر این است که اندازه زنبورهای رشد کرده در شته بالغ اختلاف معنی‌داری با پوره سن دوم (به عنوان مطلوب‌ترین میزبان) نداشتند (جدول ۲). علت آن مکانیسم متفاوت دفاع فیزیولوژیکی در شته‌های بالغ نسبت به سنین پورگی بوده (سالت، ۱۹۶۸) و ظاهراً این دفاع در شته بالغ کمتر از سنین بالای پورگی می‌باشد. بنابراین همراه با افزایش طول دوره رشدونمو در شته بالغ، زنبور می‌تواند اندازه خود را تا حد مطلوبی افزایش دهد، اما همین افزایش معنی‌دار

(هافسونگ و هاگوار^۱، ۱۹۸۶؛ کوامه و مکوتر^۲، ۱۹۹۱؛ چائو و مکوتر^۳، ۲۰۰۰؛ والکر و هوی^۴، ۲۰۰۳؛ زو و همکاران^۵، ۲۰۰۸)، چراکه دفاع فیزیکی (گرلینگ و همکاران^۶، ۱۹۹۰) و فیزیولوژیکی (والکر و هوی، ۲۰۰۳) در پوره‌های سنین اول شته‌ها ضعیف‌تر می‌باشد. البته دفاع فیزیکی عاملی نیست که بتواند در تعیین الگوی رشدونمو پارازیتوئید نقشی داشته باشد ولی دفاع فیزیولوژیکی میزبان عامل مهمی است که فائق آمدن بر آن برای پارازیتوئید هزینه‌هایی مانند کاهش اندازه حشره کامل، افزایش دوره رشدونمو و کاهش نرخ ظهور را در پی خواهد داشت (سالت، ۱۹۶۸؛ والکر و هوی، ۲۰۰۳؛ اشمید و همکاران^۷، ۲۰۱۲)، بنابراین همان‌طور که از نتایج این پژوهش برمی‌آید نرخ ظهور زنبور پارازیتوئید از پوره سن اول تا چهارم کاهش یافته است (جدول ۲) که نشان از دفاع فیزیولوژیکی قوی‌تر در پوره‌های سنین بالا دارد. از طرفی، زنبورهای پرورش یافته در پوره سن اول شته، علیرغم دفاع فیزیولوژیکی ضعیف‌تر میزبان، کمترین اندازه را داشتند که می‌تواند ناشی از اندازه بسیار کوچک میزبان و محدودیت منابع غذایی در دسترس برای لارو پارازیتوئید باشد. هر چند زنبورهای کونیویونت در میزبان‌های کوچک به طور معمول با کاهش یا توقف رشد خود، اجازه‌ی افزایش اندازه میزبان را می‌دهند (اسلانسکای^۸، ۱۹۸۶)، اما در جمعیت ماده‌زای گونه مورد مطالعه، وجود کوتاه‌ترین دوره رشدونمو زنبور در این مرحله رشدی نشان می‌دهد که لارو پارازیتوئید هیچ وقفه‌ای در رشدونموی خود به منظور رشد بیشتر میزبان جهت جبران اندازه کوچک خود، نمی‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در

- 1- Hofsvang and Hagvar
- 2- Kouame and Mackauer
- 3- Chau and Mackauer
- 4- Walker and Hoy
- 5 - Xu *et al.*
- 6- Gerling *et al.*
- 7- Schmid *et al.*
- 8- Slansky

ویژگی‌های زیستی متفاوت خواهد شد. این تخصیص منابع تحت فرآیندهای تکاملی و فشار به‌گزینی به صورتی حاصل شده‌اند که بیشترین شایستگی را برای نتاج زنبور در هر مرحله رشدی میزبان فراهم آورند (گادفرای، ۱۹۹۴؛ هاروی، ۲۰۰۵؛ جرویس و همکاران، ۲۰۰۸). به این صورت که در پوره سن اول کوتاه‌ترین طول دوره رشدی، در پوره سن دوم و حشره کامل شته بزرگترین اندازه و در پوره سن سوم بیشترین طول عمر در زنبورهای ظاهر شده دیده شد. با توجه به کوچکترین اندازه، کمترین نرخ ظهور و طولانی‌ترین دوره رشد و نمو در میان چهار سن پورگی، تردیدی وجود ندارد که پوره سن چهارم شته سیاه باقلا بی‌کیفیت‌ترین مرحله رشدی برای زنبور می‌باشد. البته محاسبه ویژگی‌های زیستی دیگری مانند بارتخم و اندازه تخم، می‌تواند تصویر واضح‌تری از برهمکنش میان زنبور پارازیتوئید و شته فراهم کند.

در یک جمع‌بندی کلی باید اظهار داشت که پوره سن دوم شته سیاه باقلا مطلوب‌ترین مرحله رشد برای زنبور *L. fabarum* بود؛ چراکه بزرگترین نتاج زنبور را در زمان نسبتاً کوتاهی تولید نموده و زنبورهای رشد کرده در این سن پورگی طول عمر مطلوبی داشتند. بنابراین پوره سن دوم شته سیاه باقلا به منظور پرورش انبوه جمعیت ماده‌زای زنبور پارازیتوئید *L. fabarum* ارجحیت دارد.

سپاسگزاری

به این وسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (شماره گزنت ۹۰/۳/۰۲/۱۸۶۲۹) تشکر می‌گردد.

طول دوره رشد می‌تواند به طور چشمگیری باعث کاهش نرخ ذاتی افزایش طبیعی (r_m) گردد، موضوعی که باعث عدم انتخاب این سن رشدی در فرآیند انتخاب بهترین سن میزبان می‌گردد.

زنبورهای پارازیتوئید در چگونگی تخصیص منابع به‌دست آمده از میزبان به ویژگی‌های زیستی مختلف مانند بارتخم و طول عمر با این چالش مواجه هستند که باید بیشترین بهره را از این منابع محدود غذایی کسب نمایند (جرویس و همکاران^۱، ۲۰۰۸). براساس نتایج این تحقیق، طول عمر زنبورهای رشد کرده در پوره‌های سنین اول تا سوم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳)، بنابراین به نظر می‌رسد که زنبور پارازیتوئید در این سه مرحله رشدی ذخایر متابولیکی یکسانی به طول عمر اختصاص داده است. در پوره سن چهارم نیز به دلیل کیفیت کم میزبان و دفاع فیزیولوژیک قوی، زنبور توانایی دریافت کافی منابع غذایی نسبت به سایر مراحل پورگی شته را نداشته است. البته در این مطالعه طول عمر زنبورها در حضور میزبان محاسبه شده است که در این حالت فعالیت‌های مرتبط با پارازیتسم و مواجهه با رفتارهای دفاعی میزبان مانند ترشح کورنیکول می‌تواند طول عمر زنبورهای پارازیتوئید را تحت تاثیر قرار دهد (راسخ و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین احتمال وجود یک برهمکنش میان اندازه زنبور و رفتارهای دفاعی میزبان وجود دارد، به این معنی که زنبورهای کوچک پرورش یافته در پوره سن چهارم نسبت به زنبورهای بزرگ پرورش یافته در پوره سن دوم بیشتر در معرض رفتارهای دفاعی شته قرار می‌گیرند. بنابراین سطح بروز رفتارهای دفاعی در سنین مختلف رشدی شته و همچنین اندازه زنبور در برخورد با این رفتارها، می‌تواند مهم باشد.

پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در جمعیت ماده‌زای این پارازیتوئید، بسته به این که کدام مرحله رشدی شته باقلا پارازیته گردد، تخصیص منابع به

منابع

1. Bagheri-Matin, S., Sahragard, A., and Rasoolian, G. 2009. Some biological parameters of *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Aphidiidae) a parasitoid of *Aphis fabae* (Homoptera: Aphidiidae) under laboratory conditions. *Munis Entomology & Zoology*, 4(1): 193-200.
2. Beck, M., Siekmann, G., Li, D., Theopold, U., and Schmidt, O. 1999. A maternal gene mutation correlates with an ovary phenotype in a parthenogenetic wasp population. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 29(5): 453-460.
3. Chau, A., and Mackauer, M. 2000. Host-instar selection in the aphid parasitoid *Monoctonus paulensis* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae): a preference for small pea aphids. *European Journal of Entomology*, 97(3): 347-354.
4. Croft, P., and Copland, M.J.W. 1995. The effect of host instar on the size and sex ratio of the endoparasitoid *Dacnusa sibirica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 74(2): 121-124.
5. Gerling, D., Roitberg, B., and Mackauer, M. 1990. Instar-specific defense of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*: Influence on oviposition success of the parasite *Aphelinus asychis* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of Insect Behavior*, 3(4): 501- 514.
6. Godfray, H.C.J., 1994. Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology, Princeton University Press. 461 pp.
7. Harvey, J.A. 2005. Factors affecting the evolution of development strategies in parasitoid wasps: the importance of functional constraints and incorporating complexity. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 117(1): 1-13.
8. Harvey, J.A., Harvey, I.F., and Thompson, D.J. 1994. Flexible larval growth allows use of a range of host sizes by a parasitoid wasp. *Ecology*, 75: 1420-1428.
9. Harvey, J.A., and Vet, L.E.M. 1997. *Venturia canescens* parasitizing *Galleria mellonella* and *Anagasta kuehniella*: differing suitability of two hosts with highly variable growth potential. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 84(1): 93-100.
10. Hofsvang, T., and Hagvar, E.B. 1986. Oviposition behaviour of *Ephedrus cerasicola* (Hym.: Aphidiidae) parasitizing different instars of its aphid host. *Entomophaga*, 31(3): 261-267.
11. Jervis, M.A., Eilers, J., and Harvey, J.A. 2008. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. *Annual Review of Entomology*, 53: 361-385.
12. Kouamé, K., and Mackauer, M. 1991. Influence of aphid size, age and behaviour on host choice by the parasitoid wasp *Ephedrus californicus*: a test of host-size models. *Oecologia*, 88(2): 197-203.

13. Li, B., and Mills, N. 2004. The influence of temperature on size as an indicator of host quality for the development of a solitary koinobiont parasitoid. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 110(3): 249-256.
14. Mackauer, M., Michaud, J., and Völkl, W. 1996. Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): host recognition, host quality, and host value. *The Canadian Entomologist*, 128(6): 959-980.
15. Pettitt, F., and Wietlisbach, D. 1993. Effects of host instar and size on parasitization efficiency and life history parameters of *Opius dissitus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 66(3): 227-236.
16. Rakhshani, E., Talebi, A.A., Manzari, S., Rezwani, A., and Rakhshani, H. 2006. An investigation on alfalfa aphids and their parasitoids in different parts of Iran, with a key to the parasitoids (Hemiptera: Aphididae; Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 25(2): 1-14.
17. Rasekh, A., Kharazi-Pakdel, A., Michaud, J.P., Allahyari, H. and Rakhshani, E. 2011. Report of a thelytokous population of *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hymenoptera: Aphidiidae) from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, 30(2): 83-84.
18. Rasekh, A., Michaud, J.P., Kharazi-Pakdel, A., and Allahyari, H. 2010. Ant mimicry by an aphid parasitoid, *Lysiphlebus fabarum*. *Journal of Insect Science*, 10: 126. available online at: www.insectscience.org/10.126
19. Roitberg, B., Boivin, G., and Vet, L. 2001. Fitness, parasitoids, and biological control: an opinion. *Canadian Entomologist*, 133(3): 429-438.
20. Salt, G. 1968. The resistance of insect parasitoids to the defence reactions of their hosts. *Biological Reviews*, 43(2): 200-232.
21. Sampaio, M.V., Bueno, V.H.P., and De Conti, B.F. 2008. The effect of the quality and size of host aphid species on the biological characteristics of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *European Journal of Entomology*, 105(3): 489-494.
22. Schmid, M., Sieber, R., Zimmermann, Y.S., and Vorburger, C. 2012. Development, specificity and sublethal effects of symbiont-conferred resistance to parasitoids in aphids. *Functional Ecology*, 26: 207-215.
23. Sequeira, R., and Mackauer, M. 1992. Covariance of adult size and development time in the parasitoid wasp *Aphidius ervi* in relation to size of its host, *Acyrtosiphon pisum*. *Evolutionary Ecology*, 6(1): 34-44.
24. Sequeira, R., and Mackauer, M. 1992. Nutritional ecology of an insect host-parasitoid association: the pea aphid-*Aphidius ervi* system. *Ecology*, 73: 183-189.

25. Slansky Jr, F. 1986. Nutritional ecology of endoparasitic insects and their hosts: an overview. *Journal of Insect Physiology*, 32(4): 255-261.
26. Starý, P., 1966. Aphid parasites of Czechoslovakia. A review of the Czechoslovak Aphidiidae (Hymenoptera), Academia Press, 242 pp.
27. Talebi, A.A., Rakhshani, E., Fathipour, Y., Starý, P., and Tomanović, Ž. 2009. Aphids and their parasitoids (Hym., Braconidae: Aphidiinae) associated with medicinal plants in Iran. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(2): 205-219.
28. Völkl, W., Mackauer, M., Pell, J.K., and Brodeur, J. 2007. Predators, parasitoids and pathogens. In: Van Emden, H., and Harrington, R. (eds.), *Aphids as crop pests*. CABI Publishing, pp: 187-233.
29. Völkl, W., and Stechmann, D.H. 1998. Parasitism of the black bean aphid (*Aphis fabae*) by *Lysiphlebus fabarum* (Hym., Aphidiidae): the influence of host plant and habitat. *Journal of Applied Entomology*, 122(5): 201-206.
30. Walker, A.M., and Hoy, M.A. 2003. Responses of *Lipolexis oregmae* (Hymenoptera: Aphidiidae) to different instars of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 96(6): 1685-1692.
31. Wani, M., Iwabuchi, K., and Mitsuhashi, J. 1994. Developmental responses of *Galleria mellonella* (Lepidoptera, Pyralidae) larvae to parasitism by a braconid parasitoid, *Apanteles galleriae* (Hymenoptera, Braconidae). *Applied Entomology and Zoology*, 29(2): 193-201.
32. Xu, Q., Meng, L., Li, B., and Mills, N. 2008. Influence of host size variation on the development of a koinobiont aphid parasitoid, *Lysiphlebus ambiguus* Haliday (Braconidae, Hymenoptera). *Bulletin of Entomological Research*, 98(4): 389-395.