

بررسی برخی خصوصیات زیستی زنبور پارازیتوئید *Cotesia vestalis* در شیوه‌های متفاوت پرورش انبوهعادل ربیعی^۱، جهانشیر شاکرمی^۱، جواد کریم‌زاده اصفهانی^۲، شهریار جعفری^۱

۱- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

۲- بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، اصفهان، ایران

مسئول مکاتبات: جهانشیر شاکرمی، پست الکترونیک: shakarami.j45@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۲

۴ (۲) ۹۹-۱۰۸

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۷

چکیده

شب‌پره‌ی پشت الماسی، *Plutella xylostella* آفت مخرب گیاهان تیره‌ی چلیپانیان در بسیاری از نقاط جهان می‌باشد. زنبور پارازیتوئید (*Cotesia vestalis* (Hym.: Braconidae) یکی از مناسب‌ترین عوامل در برنامه‌های کنترل بیولوژیک این آفت می‌باشد. به منظور بررسی درصد پارازیتسم، درصد بقاء، نسبت جنسی نتاج، طول عمر و زادآوری نتاج زنبور *C. vestalis* در شیوه‌های متفاوت پرورش انبوه، آزمایشی در شرایط 26 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 75 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۸:۱۶ (روشنایی: تاریکی) با سه تیمار انجام شد. تیمار اول (SLD) قفس بزرگ ($100 \times 70 \times 55$ سانتی‌متر)، ۱۲ بوته‌ی کلم، ۲۴۰ لارو آفت و ۳۰ زنبور ماده، تیمار دوم (BMD) قفس کوچک ($70 \times 55 \times 50$ سانتی‌متر)، ۶ بوته‌ی کلم، ۱۲۰ لارو آفت، ۱۵ زنبور ماده، تیمار سوم (BMU) قفس بزرگ، ۱۲ بوته‌ی کلم و حاوی لاروهای سن سوم براساس تخم‌ریزی طبیعی آفت بود. براساس نتایج در تیمارهای BMD و SLD درصد بقاء زنبورهای بالغ $62/8 \pm 4/2$ و $69/8 \pm 3/2$ ، طول عمر بالغین $13/05 \pm 0/04$ و $13 \pm 0/03$ روز، زادآوری نتاج $200/4 \pm 6/2$ و $195/9 \pm 5/7$ و درصد تولید سفیره به ترتیب $57/2 \pm 0/02$ و $56 \pm 0/02$ درصد بود که در مقایسه با تیمار BMU برای پرورش انبوه این دشمن طبیعی مناسب‌تر می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: شب‌پره‌ی پشت الماسی، *Cotesia vestalis*، کنترل کیفیت، پرورش انبوه

مقدمه

می‌باشد. که همه ساله خسارت فراوان را در مناطق مختلف جهان به خصوص در ایران وارد می‌سازد (سرفراز و همکاران، ۲۰۰۵). این حشره عموماً از محصولات زراعی نظیر کلم معمولی (کلم پیچ)، کلم بروکسل، کلم چینی، کلم قمری، گل کلم، گل کلم ایتالیایی (کلم بروکلی)، کلزا، تربچه، شلغم، خردل، و تعداد زیادی از علف‌های هرز چلیپانیان تغذیه می‌کند. علی‌رغم تلاش‌های گسترده‌ای که برای مدیریت این آفت صورت گرفته است طغیان‌ها و کنترل‌های غیر مؤثری در بسیاری از کشورها گزارش شده است. کنترل این حشره به دلیل ویژگی‌های زیستی و اکولوژیکی ذاتی آن، دامنه‌ی وسیع میزبانی و نیز مقاوت به حشره‌کش‌ها، به یک معضل جهانی تبدیل شده است. در ایران و از جمله استان اصفهان نیز استفاده‌ی گسترده از حشره‌کش‌های شیمیایی سبب بروز مقامات در جمعیت‌های

گیاهان خانواده‌ی چلیپانیان از متداول‌ترین و مهم‌ترین سبزیجات در رژیم غذایی بسیاری از فرهنگ‌ها به‌ویژه آسیایی‌ها می‌باشند (Kianpour et al., 2014). بنابر آمار سازمان جهانی خواربار و کشاورزی، سطح زیر کشت سبزیجات چلیپانیان دو میلیون هکتار می‌باشد (Soufbaf et al., 2012) و تقریباً نیمی از محصولات خانواده‌ی چلیپانیان در قاره‌ی آسیا تولید می‌شود (Karimzadeh & Wright 2008). گیاهان خانواده‌ی چلیپانیان از لحاظ مورفولوژی گروه وسیعی از محصولات زراعی با حدود ۳۵۰ جنس و ۳۵۰۰ گونه را شامل می‌شود (Warwick et al., 2004).

شب‌پره‌ی پشت الماسی، (*Plutella xylostella* (L.)) آفت مخرب و کلیدی چلیپانیان

(۳-۳/۵ میلی‌متر) چسبیده به برگ گیاهان میزبان می‌باشد. زنبور *C. vestalis* یکی از عوامل مهم برای کنترل بیولوژیک شب‌پره‌ی پشت‌الماسی می‌باشد که دارای سه سن لاروی است. سن اول و دوم داخل بدن میزبان پوست‌اندازی می‌کند و سن سوم از بدن میزبان خارج شده و خارج از بدن میزبان در داخل پیلای ابریشمی تبدیل به شفیره می‌شود (Yu et al., 2008). گزارش‌ها نشان می‌دهد که *C. vestalis* قادر است هر چهار سن لاروی شب‌پره‌ی پشت‌الماسی را پارازیت کند ولی ترجیح میزبانی آن، به ترتیب لارو سن دو و بعد از آن لارو سن سه می‌باشد. در این پارازیتوئید حشرات نر زودتر از حشرات ماده از پیلای شفیرگی خارج می‌شوند و این حالت در مورد زنبورهای که در نتیجه پارازیت شدن لاروهای سن چهارم به وجود آمده بودند بیشتر مشاهده شده است. با گذشت زمان قدرت پارازیت‌یسم به میزان ۵۰ درصد کاهش پیدا می‌کند (Alizadeh et al., 2011; Karimzadeh et al., 2013). موفقیت برنامه‌های کنترل بیولوژیک تا حد زیادی به کیفیت دشمنان طبیعی رهاسازی شده بستگی دارد، در حقیقت حفظ خصوصیات ذاتی کلنی دشمنان طبیعی که در انسکتاریوم‌ها روی میزبان‌های واسط پرورش می‌یابند، عامل مهمی در پیشرفت برنامه‌های کنترل بیولوژیک محسوب می‌شود (Singh, 1982). ویژگی‌هایی مانند طول عمر، دوره‌ی شفیرگی، قابلیت زنده ماندن و نسبت جنسی می‌تواند کیفیت تولید مواد بیولوژیکی را منعکس کند (Alessandra et al., 2012). انجام کنترل کیفیت در شرایط پرورش انبوه اهمیت دارد (Van Lenteren, 1991). در این پژوهش فراسنجه‌های کنترل کیفیت زنبور *C. vestalis* مورد آزمایش قرار گرفت تا تأثیرگذارترین فضا و زیست توده (Biomass) برای پرورش انبوه هرچه بهتر این پارازیتوئید مشخص شود.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه میزبان

به منظور پرورش شب‌پره‌ی پشت‌الماسی و زنبور پارازیتوئید *C. vestalis* گیاه کلم چینی

این آفت خطرناک شده و آن را در صدر آفات مقاوم به حشره‌کش‌های شیمیایی قرار داده است. استفاده‌ی بیش از حد حشره‌کش‌های شیمیایی علیه شب‌پره‌ی پشت‌الماسی منجر به بروز مشکلات متعددی نظیر مقاومت به حشره‌کش‌ها در بسیاری از جمعیت‌های مزرعه‌ای شب‌پره‌ی پشت‌الماسی آفت شده است. همچنین نگرانی‌هایی در مورد بقاء‌ی حشره‌کش‌ها روی محصولات و در محیط، و اثرات زیان‌آور حشره‌کش‌های مصنوعی روی دشمنان طبیعی و در نتیجه طغیان مجدد آفت وجود دارد (Karimzadeh & Sayyed, 2011; Karimzadeh et al., 2013; Furlong et al., 2013). مطالعات مختلف در زمینه‌ی کنترل بیولوژیک شب‌پره‌ی پشت‌الماسی نشان داده است که از میان دشمنان طبیعی شب‌پره‌ی پشت‌الماسی پارازیتوئیدها بیشترین تأثیر را بر روی جمعیت‌های آفت دارند و در این میان پارازیتوئیدهای لاروی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Talekar & Shelton, 1993; Afumizadeh et al., 2011).

یکی از پارازیتوئیدهای داخلی، انفرادی و اختصاصی لاروهای شب‌پره‌ی پشت‌الماسی، *Cotesia vestalis* Haliday (Hym.: Braconidae) می‌باشد که یکی از بهترین گزینه‌ها برای کنترل بیولوژیک *P. xylostella* می‌باشد و به طور مؤثر لاروهای میزبان را پارازیت کرده و خسارت وارده به محصول را در شرایط مزرعه کاهش می‌دهد. زنبور *C. vestalis* موضوع بیش از ۲۰ کنترل بیولوژیک کلاسیک بوده است و در بسیاری از آن‌ها خود را موفق نشان داده است. این زنبور یک پارازیتوئید همراهی (Koinobiont) است که پس از پارازیت کردن میزبان موجب فلج شدن و مرگ میزبان نمی‌شود و میزبان پارازیت شده به تغذیه و رشد خود ادامه می‌دهد و میزبان به عنوان یک منبع غذایی پویا برای پارازیتوئید به حساب می‌آید. (Karimzadeh & Sayyed, 2011; Karimzadeh et al., 2013). این زنبور در شرایط آب و هوایی نسبتاً گرم (دمای ۲۰-۳۰°C) عملکرد بالایی را از خود نشان می‌دهد. زنبور *C. vestalis* دارای اندازه‌ی کوچک (۲/۵-۲/۶ میلی‌متر) و پیلای سفیدرنگ کوچک

شب‌پره‌ی پشت الماسی قرارداد شد، بدین‌صورت که تیمار اول در فضای ۰/۳۸۵ متر مکعبی (قفس به‌ابعاد ۱۰۰×۷۰×۵۵ سانتی‌متر) به‌همراه ۱۲ عدد گیاه کلم چینی حاوی ۲۴۰ لارو اوایل سن سوم به شب‌پره‌ی پشت الماسی و ۳۰ زنبور ماده‌ی جفت‌گیری کرده‌ی سه روزه *C. vestalis*. تیمار دوم در فضای ۰/۱۹۲۵ متر مکعبی (قفس به‌ابعاد ۷۰×۵۵×۵۰ سانتی‌متر) به‌همراه ۶ عدد گیاه کلم چینی حاوی ۱۲۰ لارو اوایل سن سوم شب‌پره‌ی پشت الماسی و ۱۵ زنبور ماده‌ی جفت‌گیری کرده‌ی سه روزه *C. vestalis* و تیمار سوم در فضای ۰/۳۸۵ متر مکعبی (قفس به‌ابعاد ۱۰۰×۷۰×۵۵ سانتی‌متر) به‌همراه ۱۲ عدد گیاه کلم چینی حاوی لاروهای ابتدای سن سوم براساس تخم‌گذاری طبیعی شب‌پره‌ی پشت الماسی آماده شد (۲۰۰ سفیره‌ی سالم شب‌پره در یک روز از محیط پرورش موجود جمع‌آوری شد سپس در زمان اوج خروج حشرات کامل، یک تخم‌گیری سه روزه در قفس‌های تهویه‌دار به‌ابعاد ۴۰×۴۰×۴۰ سانتی‌متر، از حشرات ماده روی ۱۲ گیاه انجام گرفت به‌طوری‌که هر روز چهار عدد گیاه داخل قفس قرار گرفت سپس گیاهان حاوی شب‌پره‌ی پشت الماسی به‌قفس ۱۰۰×۷۰×۵۵ سانتی‌متر منتقل شدند و زمان ظهور لارو ابتدای سن سوم ۳۰ عدد زنبور ماده‌ی جفت‌گیری کرده‌ی سه روزه *C. vestalis* رهاسازی شد) و ۳۰ زنبور ماده‌ی جفت‌گیری کرده‌ی سه روزه *C. vestalis* (جدول ۲). لاروهای میزبان روی گیاه کلم چینی مستقر شدند. زنبورهای پارازیتوئید در تیمار SLD و BMD به‌مدت ۴۸ ساعت و در تیمار BMD به‌مدت ۷۲ ساعت با آسپیراتور رهاسازی شدند. لاروهای پارازیت شده با گیاه کلم چینی تغذیه شدند. روزانه گیاهان کلم چینی بررسی و پیله‌های تولیدشده زنبور جداسازی شدند و هر سفیره به‌طور جداگانه داخل اپندورف قرار داده شده تا زمان خروج افراد بالغ فرا برسد. طول دوران لاروی و شفیرگی، درصد بقاء آن‌ها و نسبت جنسی ثبت شد. زنبورهای نر و ماده‌ی تولیدشده از تکرارهای هر تیمار برای جفت‌گیری به‌مدت ۲۴ ساعت داخل ظروف ویژه (اپندورف) قرار داده شدند و سپس زنبور ماده برای آزمایش باروری جدا شد. زنبورهای نر با محلول عسل تا زمان مرگ تغذیه شده و

(*Brassica pekinensis* cv. Hero) به‌عنوان گیاه حساس مورد استفاده قرار گرفت. برای سهولت در جوانه‌زنی و تسریع رشد، بذور کلم چینی داخل سینی‌های کشت و در بستر پیت‌ماس کشت شد و پس از گذشت یک هفته به‌گلدان‌های پلاستیکی (قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر) حاوی خاک استریل منتقل و تحت شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۵±۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد بدون مصرف هیچ‌گونه آفت‌کشی کشت داده شدند. گیاهان روزانه با آب استریل آبیاری شدند و گیاهان آلوده به‌طور مستمر از گلخانه خارج شدند. گیاهان ۶-۵ هفته‌ای کلم چینی (۱۰-۸ برگی) برای پرورش حشرات و انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت.

تهیه‌ی جمعیت مناسب *P. xylostella* و زنبور *C. vestalis*

سفیره‌های شب‌پره‌ی پشت الماسی و زنبور *C. vestalis* از مزارع کلم کاری منطقه‌ی لنجان واقع در استان اصفهان جمع‌آوری گردید و برای انبوه‌سازی به‌اتفاق رشد (۲۶±۲) درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۵±۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) منتقل شدند. حشرات در داخل قفس‌های (۴۰×۴۰×۴۰ سانتی‌متر) پوشیده شده با توری، پرورش و انبوه‌سازی شدند. جهت تغذیه حشرات کامل شب‌پره‌ی پشت الماسی و زنبور *C. vestalis* از محلول ۳۵ درصد آب عسل استفاده شد (Karimzadeh et al., 2004; Karimzadeh & Sayyed, 2011).

روش انجام آزمایش

به‌منظور بررسی کنترل کیفیت زنبور *C. vestalis* در شیوه‌های متفاوت پرورش انبوه، آزمایشی با سه تیمار در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار طراحی گردید: ۱- تیمار فضای بزرگتر، زیست توده بیشتر و تعیین شده (BMD) ۲- تیمار فضای کوچک‌تر، زیست توده کمتر و تعیین شده (SLD) ۳- تیمار فضای بزرگ‌تر، زیست توده بیشتر ولی تعیین نشده (BMU) (جدول ۱). در دو تیمار اول زیست توده به‌طور ثابت به‌قفس‌ها معرفی شد اما در تیمار سوم زیست توده براساس تخم‌گذاری طبیعی

(SLD)، ۶۲/۱٪ در تیمار (BMD) تا ۶۲/۸٪ در تیمار (BMU) بود (جدول ۳).

نرخ بقاء براساس شفیره‌ها و حشرات بالغ

آنالیز نرخ بقاء براساس شفیره‌های تشکیل شده‌ی زنبور *C. vestalis* بین تیمارهای مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد ($df = 2$, $t\text{-value} = -3.194$, $P = 0.0109$). میانگین درصد بقاء براساس شفیره‌های تشکیل شده در بین تیمارها از ۶۹/۸٪ (SLD)، ۶۲/۸٪ (BMD) تا ۴۶/۸٪ (BMU) متغیر بود. همچنین آنالیز درصد بقاء براساس حشرات بالغ زنبور پارازیتوئید نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($df = 2$, $t\text{-value} = 2.959$, $P < 0.0766$). میانگین درصد زنده‌مانی براساس حشرات بالغ زنبور در بین تیمارها از ۶۱/۹٪ (SLD)، ۵۳/۰٪ (BMD) تا ۴۲/۱٪ (BMU) متغیر بود (جدول ۳).

طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی

آنالیز طول دوره‌ی لاروی زنبور *C. vestalis* در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری را از خود نشان داد ($df = 2$, $t\text{-value} = 2.206$, $P = 0.05$). میانگین طول دوره‌ی لاروی در بین تیمارها از ۷/۵۹ روز (SLD) تا ۸/۰۱ روز (BMD) و ۸/۷۷ روز (BMU) متغیر بود. اما آنالیز طول دوره‌ی شفیرگی زنبور *C. vestalis* تفاوت معنی‌داری از خود نشان نداد ($F_{2,9} = 2.5667$, $P = 0.1312$). میانگین طول دوره‌ی شفیرگی از ۴/۰۵ روز (SLD)، ۴/۰۶ روز (BMD) تا ۴/۲۲ روز (BMU) متغیر بود (جدول ۴).

نسبت جنسی

در آنالیز داده‌های نسبت جنسی توسط تجزیه انحراف لجستیکی (logistic analysis of deviance) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($df = 2$, $t\text{-value} = 1.370$, $P = 0.204$). میانگین نسبت نتاج زنبورهای ماده تولید شده در بین تیمارها از ۲۴۶/۰٪ (SLD)، ۲۶۹/۰٪ (BMD) تا ۳۱۶/۰٪ (BMU) متغیر بود. اما آنالیز نسبت جنسی توسط Exact binomial test یا نسبت جنسی (۱:۱) تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴).

سپس طول عمر آن‌ها ثبت شد. زنبورهای ماده به‌داخل ظروف پتری محتوی ۵۰ عدد لارو بیدکلم (ابتدای سن سوم) رهاسازی شده و با محلول عسل (۳۵ درصد) مورد تغذیه قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت زنبورها به پتری‌دیش دیگری با ۵۰ عدد لارو شب‌پره پشته الماسی منتقل شدند. این انتقال تا زمان مرگ زنبور ماده هر ۲۴ ساعت یک‌بار تکرار و سپس طول عمر آن‌ها ثبت شد. لاروهای هر پتری‌دیش پس از خارج‌سازی زنبور *C. vestalis*، با برگ‌های گیاه کلم چینی تغذیه شدند تا به شفیره شب‌پره‌ی پشته الماسی یا پیله زنبور تبدیل شوند و تعداد پیله تشکیل شده ثبت شد.

آنالیز داده‌ها

داده‌های درصد بقاء و نسبت جنسی توسط تجزیه انحراف لجستیکی (logistic analysis of deviance) آنالیز شد. داده‌های طول دوره‌ی رشد و نمو لارو و شفیره توسط تجزیه واریانس آشیانه‌ای (nested ANOVA) و داده‌های طول عمر حشرات کامل توسط تجزیه واریانس یک‌طرفه (one-way ANOVA) آنالیز شد و داده‌های باروری توسط مدل‌های لگاریتمی-خطی (log-linear models) محاسبه شد (Karimzadeh & Wright 2008). تمام مراحل آنالیز به‌وسیله‌ی نرم افزار R.2.10.0 انجام شد (Heidary & Karimzadeh, 2014).

نتایج

درصد پارازیتیسیم براساس شفیره‌ها و حشرات بالغ زنبور پارازیتوئید *C. vestalis*

در این آنالیز تفاوت معنی‌داری از لحاظ بررسی درصد پارازیتیسیم براساس شفیره‌های تشکیل شده‌ی زنبور پارازیتوئید بین تیمارها وجود نداشت ($df = 2$, $t\text{-value} = -0.189$, $P = 0.8545$). میانگین درصد پارازیتیسیم براساس شفیره در بین تیمارها از ۷۳/۶٪ (SLD)، ۶۶/۰٪ (BMD) تا ۶۵/۳٪ (BMU) متغیر بود. همچنین آنالیز درصد پارازیتیسیم براساس حشرات بالغ نیز تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها نشان نداد ($df = 2$, $t\text{-value} = 0.164$, $P = 0.8733$). میانگین درصد پارازیتیسیم براساس حشرات بالغ زنبور از ۷۱/۲٪ در تیمار

طول عمر حشرات بالغ

آنالیز طول عمر حشرات کامل توسط تجزیه واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) تفاوت معنی داری از خود نشان داد ($df = 2, t\text{-value} = -3.268, P = 0.0097$). میانگین طول عمر حشرات بالغ در بین تیمارها از ۱۳/۰۰ روز (SLD)، ۱۳/۰۵ روز (BMD) تا ۱۱/۲۲ روز (BMU) متغیر بود (جدول ۴).

درصد تولید نتاج ماده از تعداد لارو اولیه *P. xylostella*
آنالیز درصد تولید نتاج ماده‌ی زنبور *C. vestalis* از جمعیت اولیه‌ی میزبان در بین تیمارها فاقد تأثیر معنی داری بود ($df = 2, t\text{-value} = -0.356, P = 0.730$). درصد تولید نتاج ماده از ۱۵/۲ در تیمار (SLD)، ۱۴/۳ در تیمار (BMD) تا ۱۳/۳ تیمار (BMU) متغیر بود (جدول ۵).

زادآوری نتاج

فضا (اندازه قفس) و زیست توده (توده زنده‌ی گیاه- گیاه خوار- پارازیتوئید) در شرایط ثابت و شرایط طبیعی بر زادآوری نتاج زنبور *C. vestalis* تأثیر معنی داری از خود نشان نداد ($df = 2, z\text{-value} = -1.962, P = 0.0497$). تعداد نتاج ماده تولید شده به‌طور میانگین بین تیمارها در پایان ۷ روز از ۱۹۵/۹ عدد در تیمار (SLD)، ۲۰۰/۴ عدد در تیمار (BMD) تا ۱۸۱/۲ عدد در تیمار (BMU) متغیر بود (جدول ۵). منحنی بررسی زادآوری تجمعی نتاج زنبور *C. vestalis* حاصل از آزمایش پارازیتسم بر حسب زمان در شکل (۱) ارائه شده است.

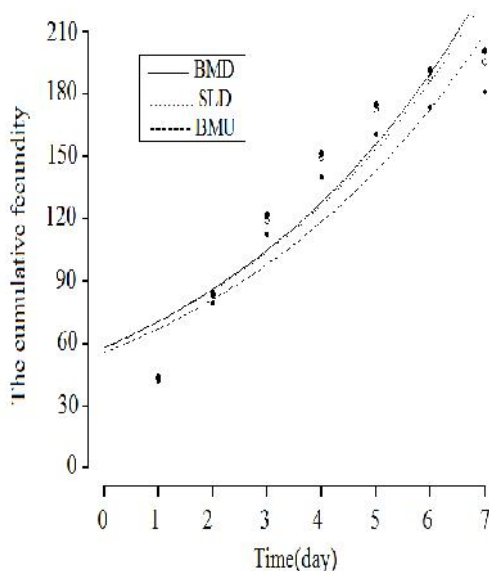
درصد پارازیتسم لاروهای شب‌پره‌ی پشت الماسی توسط نتاج به‌دست آمده زنبور *C. vestalis* و درصد مرگ و میر لاروهای شب‌پره‌ی پشت الماسی پس از پارازیتسم توسط زنبور *C. vestalis*

آنالیز درصد پارازیتسم توسط نتاج زنبور *C. vestalis* بین تیمارها تأثیر معنی داری از خود نشان نداد ($df = 2, t\text{-value} = -1.910, P = 0.0884$). میانگین درصد پارازیتسم توسط نتاج از ۵۷/۶٪ در تیمار (SLD)، ۵۸/۳٪ در تیمار (BMD) تا ۵۴/۴٪ در تیمار (BMU) متغیر بود. اما آنالیز درصد مرگ و میر پس از پارازیتسم زنبور *C. vestalis* تأثیر معنی داری از خود نشان داد

($df = 2, t\text{-value} = 3.473, P = 0.007$). میانگین درصد مرگ و میر بعد از پارازیتسم در بین تیمارها از ۲/۸٪ در تیمار (SLD)، ۱/۸٪ در تیمار (BMD) تا ۴/۹٪ در تیمار (BMU) متغیر بود (جدول ۵).

درصد تولید شفیره‌ی زنبور *C. vestalis* از تعداد لارو اولیه *P. xylostella*

آنالیز درصد تولید شفیره‌ی زنبور *C. vestalis* از تعداد لارو اولیه *P. xylostella* بین تیمارها دارای تأثیر معنی دار بود ($df = 2, t\text{-value} = -2.597, P = 0.0288$). به‌طوری‌که میانگین درصد تولید شفیره زنبور از ۵۶/۰٪ در تیمار (SLD)، ۵۷/۲٪ در تیمار (BMD) تا ۵۱/۸٪ در تیمار (BMU) متغیر بود (جدول ۵).



شکل ۱- منحنی زادآوری تجمعی نتاج زنبور *Cotesia vestalis* حاصل از آزمایش پارازیتسم بر حسب زمان. مدل برازش شده برای این منحنی شبه پویسون (Quasipoisson) می‌باشد.
Fig.1. The accumulative fecundity graph of *Cotesia vestalis* yield of parasitism experiment of time. Fitting model for the graph is quasipoisson.

جدول ۱- نام مخفف تیمارهای آزمایشی.

Table 1. The acronym for experimental treatments.

Space	Biomass	Status	Abbreviation
Bigger	More	Undetermined	BMU
Bigger	More	Determined	BMD
Smaller	Less	Determined	SLD

جدول ۲- تیمارهای آزمایشی بر اساس اندازه‌ی قفس، فضا و زیست توده‌ی گیاه، گیاه‌خوار و پارازیتوئید.

Table 2. Experimental treatments based on cage size, space and plant, herbivore and parasitoid biomass.

The materials used for each treatment	Treatments		
	SLD	BMD	BMU
Cage size	70×55×50 cm	100×70×55 cm	100×70×55 cm
Space (m ³)	0.1925 m ³	0.385 m ³	0.385 m ³
The number of plant	6	12	12
The number of larvae	120	240	laying natural
The number of wasp	15	30	30

جدول ۳- تأثیر فضا (اندازه‌ی قفس) و زیست توده‌ی گیاه گیاه‌خوار- پارازیتوئید در شرایط ثابت و طبیعی بر درصد پارازیتیزم و درصد زنده‌مانی بر اساس شفیره و حشرات بالغ زنبور *Cotesia vestalis* (میانگین ± خطای معیار).

Table 3- Efficacy of space (cage size) and plant, herbivore and parasitoid biomass in fixed and natural conditions on parasitism and survival percentage based on cocoon and adults of *C. vestalis* (±SE).

Experimental treatments	Parasitism (%)		Survival (%)	
	cocoon based	adult based	adult based	cocoon based
SLD	73.0±2.9 a ¹	71.2±3.0 a	69.8±3.2 a	61.9±3.4 a
BMD	66.0±4.5 a	62.1±4.8 a	62.8±4.2 ab	53.0±4.7 ab
BMU	65.3±1.8 a	62.8±2.0 a	46.8±2.8 b	42.1±3.5 b

¹ Means followed by the same letter within columns are not significantly different ($P < 0.05$; t-test).

جدول ۴- تأثیر فضا (اندازه‌ی قفس) و زیست توده‌ی گیاه گیاه‌خوار- پارازیتوئید در شرایط ثابت و طبیعی بر طول دوره‌های لاروی و شفیرگی، نسبت جنسی و طول عمر حشرات بالغ زنبور *Cotesia vestalis* (میانگین ± خطای معیار).

Table 4. Efficacy of space (cage size) and plant, herbivore and parasitoid biomass in fixed and natural conditions on developmental periods (larval and pupal), sex ratio and adult longevity of *Cotesia vestalis* (±SE).

Experimental treatments	Larval developmental period	Pupal developmental period	Sex ratio	Adult longevity
SLD	7.59±0.25 a ¹	4.05±0.03 a	0.246±0.004 a	13.00±0.03 a
BMD	8.01±0.31 ab	4.06±0.04 a	0.269±0.004 a	13.05±0.04 a
BMU	8.77±0.12 b	4.22±0.09 a	0.316±0.029 a	11.22±0.15 b

¹ Means followed by the same letter within columns are not significantly different ($P < 0.05$; t-test).

*A significant difference was obtained when the sex ratio was compared with the sex ratio of 1:1.

جدول ۵- تأثیر فضا (اندازه‌ی قفس) و زیست توده‌ی گیاه- گیاه‌خوار- پارازیتوئید در شرایط ثابت و طبیعی بر درصد تولید نتاج ماده، زادآوری، درصد پارازیتیزم توسط نتاج و درصد مرگ و میر لاروهای شب‌پره‌ی پشت الماسی پس از پارازیتیزم توسط زنبور *Cotesia vestalis* (میانگین ± خطای معیار).

Table 5. Efficacy of space (cage size) and plant, herbivore and parasitoid biomass in fixed and natural conditions on production of female offspring percentage, fecundity, parasitism rate of *Cotesia vestalis* offspring, host mortality after parasitism and production of *Cotesia vestalis* pupa percentage (±SE).

Experimental treatments	Female offspring production (%)	Fecundity	<i>C. vestalis</i> offspring parasitism (%)	Host mortality parasitism (%)	<i>C. vestalis</i> pupa production (%)
SLD	15.2±0.5 a ¹	195.9±5.7 a	57.6±0.02 a	2.8±0.01 ab	56.0±0.02a
BMD	14.3±1.1 a	200.4±6.2 a	58.3±0.02 a	1.8±0.01 b	57.2±0.02a
BMU	13.3±2.0 a	181.2±3.0 b	54.4±0.01 a	4.9±0.01 a	51.8±0.01 b

¹ Means followed by the same letter within columns are not significantly different ($P < 0.05$; t-test).

بحث

(Fidgen *et al.*, 2000). براساس مطالعات انجام شده توسط لسی و همکاران (۲۰۰۱) روی تأثیر سوپرپارازیتسم بر خصوصیات زیستی زنبور *C. vestalis* مشخص شد زمانی که سوپرپارازیتسم رخ می‌دهد برخورد فیزیکی در میان لاروهای زنبور در بدن میزبان بوجود می‌آید که در نتیجه موجب کاهش بقاء، اندازه‌ی بدن و نسبت ماده‌های تولید شده می‌شود (Li *et al.*, 2001). در این بررسی پایین بودن تعداد ماده‌های تولید شده زنبور *C. vestalis* در تیمار BMU می‌تواند به علت افزایش سوپر پارازیتسم باشد. تراکم بالای حشرات پرورش یافته در یک فضای مشخص موجب تغییراتی در راه و روش زندگی آن‌ها می‌شود، به خصوص گونه‌هایی که دارای فضا و غذای محدود می‌باشند، موجب افزایش دما شده و با کاهش اکسیژن مواجه می‌شوند، که موجب آلودگی در غذا توسط میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا شده در نتیجه با افزایش دما نرخ مرگ و میر نیز در حشرات که از میزبان‌های یکسان تغذیه می‌کنند، افزایش می‌یابد (Vacari *et al.*, 2012). با بررسی تأثیر فضا (اندازه‌ی قفس) و زیست توده (توده‌ی زنده‌ی گیاه- گیاه‌خوار- پارازیتوئید) روی زنده‌مانی شفیره‌ها و بالغین زنبور پارازیتوئید مشخص شد که تیمار BMU دارای کمترین درصد زنده‌مانی شفیره و حشره‌ی کامل و بیشترین درصد مرگ و میر لاروهای شب‌پره‌ی پشت الماسی پس از پارازیتسم توسط زنبور *C. vestalis* بود که می‌تواند به علت تراکم بالای لاروهای شب‌پره‌ی پشت الماسی باشد که در اثر رقابت درون گونه‌ای و تغذیه از منبع غذایی مشترک به وجود آمده باشد. نتایج آزمایش زادآوری نشان داد که یک زنبور ماده‌ی بالغ *C. vestalis* به‌طور میانگین طی ۷ روز ۲۰۰ پارازیتسم موفق داشته است و از این لحاظ به‌علت توان بالای پارازیتسم یک پارازیتوئید بسیار مناسب جهت کنترل بیولوژیک شب‌پره‌ی پشت الماسی می‌باشد، منحنی ارائه شده در شکل (۱) نیز بیان‌گر این موضوع است. در یافته‌های تحقیق حاضر، تیمارهای BMD و SLD کنترل کیفی بهتری از زنبور *C. vestalis* در مقایسه با تیمار BMU به دست دادند. بنابراین پرورش انبوه زنبور *C. vestalis* می‌تواند براساس هر یک از این دو تیمار اجرا گردد هرچند که تیمار BMD می‌تواند

پرورش انبوه تولید حداکثر تعداد حشرات در حداقل زمان و شرایط اقتصادی مقرون به صرفه در به کارگیری کمترین نیروی کار و فضا می‌باشد که به دست آمدن این هدف از به کارگیری روش و شیوه‌ی استاندارد، مکانیزه کردن برنامه، نگهداری کنترل کیفیت، بهداشت مؤثر و کنترل آلودگی میکروبی در آزمایشگاه پرورش میسر می‌شود (Singh, 1982; Simmonds, 1964). گیاه کلم چینی حساس‌ترین میزبان برای شب‌پره‌ی پشت الماسی می‌باشد. هنگامی که لاروهای شب‌پره‌ی پشت الماسی توسط این گیاه تغذیه می‌شوند دارای پایین‌ترین دوره‌ی لاروی و شفیرگی، بیشترین وزن شفیرگی و نرخ بقای بالا در مقایسه با دیگر گیاهان میزبان می‌باشد (Talekar & Yang, 1991). همچنین بیشترین درصد پارازیتسم توسط زنبور *C. vestalis* بر روی لاروهای شب‌پره‌ی پشت الماسی که توسط گیاه کلم چینی تغذیه شده باشند، در مقایسه با گیاه‌های کلم پیچ، گل کلم و کلم بروکلی به دست آمده است (Talekar & Yang, 1991; Karimzadeh *et al.*, 2013). یکی از فاکتورهای مؤثر بر روی بقای پارازیتوئید تراکم بهینه شده‌ی میزبان و پارازیتوئید می‌باشد (Singh, 1982). براساس نتایج حاصل از این پژوهش در دو تیمار SLD و BMD که تراکم زیست توده (گیاه، لارو شب‌پره‌ی پشت الماسی، زنبور *C. vestalis*) به صورت بهینه به قفس‌ها عرضه شد دارای کمترین دوره‌ی لاروی و بیشترین نرخ بقای شفیره و حشره‌ی کامل زنبور *C. vestalis* بودند که برای بحث رهاسازی در مزارع کلم کاری بسیار حائز اهمیت است به این دلیل که سیکل زندگی کوتاهی دارد و از طرف دیگر بقای بیشتر باعث می‌شود که تعداد لارو بیشتری را پارازیت کند. نسبت جنسی تحت تأثیر عوامل متفاوتی قرار می‌گیرد، به‌عنوان مثال اندازه‌ی میزبان می‌تواند بر روی جنسیت پارازیتوئید تأثیرگذار باشد. میزبان کوچک با احتمال بیشتر تولید افراد نر می‌کند. مرحله‌ی میزبانی یک تغییرپذیری اکولوژیکی می‌باشد که بقاء‌ی مراحل نابالغ، نرخ رشد، نسبت جنسی، اندازه و باروری پارازیتوئیدها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Godfray, 1994; Islam & copland 1997;)

کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان انجام گرفته است و بخشی از هزینه‌های این پژوهش توسط دانشگاه لرستان تامین شده است که بدین وسیله از زحمات هر دو نهاد تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

انتخاب بهتری باشد زیرا در تولید انبوه به تولید مقدار زیادی پارازیتوئید نیاز است.

سپاس‌گزاری

این پژوهش بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول می‌باشد که در مرکز تحقیقات و آموزش

References

- Afiunizadeh, M., Karimzadeh, J. & Shojai, M. 2011. Naturally-occurring parasitism of diamondback moth in central Iran. The 6th International Workshop on Management of the Diamondback Moth and Other Crucifer Insect Pests, 23-27 March, Bangalore, India. 93-96.
- Alessandra, M.V., Sergio, A.D.B., Dionisio, F.B. & Maria I.E.G.M. 2012. Quality of *Cotesia flavipes* (Hym.: Braconidae) reared at different host densities and the estimated cost of its commercial production, *Biological Control*, 63:102-106.
- Alizadeh, M., Rassoulilian, GR., Karimzadeh, J., Hosseini-Naveh, V. & Farazmand, H. 2011. Biological study of *Plutella xylostella* (L.) (Lep.: Plutellidae) and its solitary endoparasitoid, *Cotesia vestalis* (Haliday) (Hym.: Braconidae), under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 14: 1090-1099.
- Fidgen, J.G., Eveleigh, E.S. & Quiring, D.T. 2000. Influence of host size on oviposition behaviour and fitness of *Elachertus cacoeciae* attacking a low-density population of spruce budworm *Choristoneura fumiferana* larvae. *Ecological Entomology*, 25(2): 156-164.
- Furlong, M.J., Wright, D.J. & Dossdall, L.M. 2013. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. *Annual Review of Entomology*, 85: 805-840.
- Godfray, H.C.J. 1994. *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary*. Princeton University Press, New Jersey.
- Heidary, M. & Karimzadeh, J. 2014. Relative influences of plant type and parasitoid initial density on host parasitoid relationships in a tritrophic system. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(19): 2392-2399.
- Islam, K.S. & Copland, M.J.W. 1997. Host preference and progeny sex ratio in a solitary koinobiont mealybug endoparasitoid, *Anagyrus pseudococci* (Girault), in response to its host stage. *Biocontrol Science and Technology*, 7: 449-456.
- Karimzadeh, J. & Sayyed, A.H. 2011. Immune system challenge in a host-parasitoid-pathogen system: interaction between *Cotesia plutellae* (Hym.: Braconidae) and *Bacillus thuringiensis* influences parasitism and phenoloxidase cascade of *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 30: 27-38.
- Karimzadeh, J., Bonsall, M.B. & Wright, D.J. 2004. Bottom-up and top-down effects in a tritrophic system: the population dynamics of *Plutella xylostella* (L.)-*Cotesia plutellae* (Kurdjumov) on different host plants. *Ecological Entomology*, 29: 285-293.
- Karimzadeh, J., Hardie, J. & Wright, D.J. 2013. Plant resistance affects the olfactory response and parasitism success of *Cotesia vestalis*. *Journal of Insect Behavior*, 26: 35-50.

- Karimzadeh, J. & Wright, D.J. 2008. Bottom-up cascading effects in a tritrophic system: interactions between plant quality and host-parasitoid immune responses. *Ecological Entomology*, 33: 45-52.
- Kianpour, R., Fathipour, Y., Karimzadeh, J. & Hosseiniaveh, V. 2014. Influence of different host plant cultivars on nutritional indices of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Crop Protection*, 3: 43-49.
- Li, Y., Liu, Y. & Liu, S. 2001. Effect of superparasitism on bionomics of *Cotesia plutellae*. *Chinese Journal of Biological Control*, 17(4): 151-154.
- Sarfraz, M., Keddie, A.B. & Dossall, L.M. 2005. Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: A review published online 20 July 2005. *Biocontrol Science and Technology*, 15(8): 763-789.
- Simmonds, F.J. 1964. Mass production of insect parasites and predators. *Bulletin Organization Mondiale Sante*, 31: 511-512.
- Singh, P. 1982. The rearing of beneficial insects. *New Zealand Entomologist*, 7(3): 304-310.
- Soufbaf, M., Fathipour, Y., Hui, C. & Karimzadeh, J. 2012. Effects of plant availability and habitat size on the coexistence of two competing parasitoids in a tri-trophic food web of canola, diamondback moth and parasitic wasps. *Ecological Modeling*, 244: 49-56.
- Talekar, N.S. & Shelton, A.M. 1993. Biology, ecology and management of the diamondback moth. *Annual Review of Entomology*, 38: 275-301.
- Talekar, N.S. & Yang, J.C. 1991. Characteristics of parasitism of diamondback moth by two larval parasites. *Entomophaga*, 36: 95-104.
- Vacari, A.M., De Bortoli, S.A., Borba, D.F. & Martins M.I. 2012. Quality of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) reared at different host densities and the estimated cost of its commercial production. *Biological Control*, 63(2): 102-106.
- Van Lenteren, J.C. 1991. Quality control of natural enemies: Hope or illusion. In "Proceedings, 5th IOBC Workshop. Quality control of mass-reared Arthropods, 25-28 March, Wageningen, Netherlands. 1-14.
- Yu, R.X., Shi, M., Huang, F. & Chen, X.X. 2008. Immature development of *Cotesia vestalis* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 101(1): 189-196.

Study on some biological characteristics of parasitoid wasp *Cotesia vestalis* in different mass-rearing conditions

Adel Rabiei¹, Jahanshir Shakarami¹, Javad Karimzadeh isfahani², Shahriar Jafari¹

1. Plant Protection Department, College of Agricultural, Lorestan University, Iran

2. Department of Plant Protection, Isfahan Research Center for Agriculture and Natural Resources, Iran. Corresponding

Corresponding author: Jahanshir Shakarami, email: Shakarami.j45@gmail.com

Received: Feb., 16, 2016

4 (2) 99-108

Accepted: Jan., 31, 2017

Abstract

The diamondback moth, *Plutella xylostella*, is a destructive pest of crucifers in different parts of the world. *Cotesia vestalis* (Hym.: Braconidae) is one of the best agents for application in biological control programs of this pest. In order to examine the quality control of *C. vestalis* including: parasitism rate, survival rate, offspring sex ratio, adult longevity and progeny fecundity in different mass-rearing conditions, an experiment was conducted with three different treatments. All experiments were conducted in the laboratory at $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, $75\pm 5\%$ RH and 16L:8D h photoperiod. The treatments including (1) (SLD) a big cage (55×70×100 cm), 12 cabbage plants, 240 pest larvae and 30 female parasitoid (2) (BMD) a smaller cage (50×55×70 cm), 6 cabbage plants, 120 pest larvae and 15 female parasitoid (3) (BMU) a big cage, 12 cabbage plants and a natural population of pest larvae. Results showed that in treatments of BMD and SLD, adult's survival rate of *C. vestalis* were 62.8 ± 4.2 and 69.8 ± 3.2 , adult's longevity were 13.5 ± 0.04 and 13 ± 0.03 , progeny fecundity were 200.4 ± 6.2 and 195.9 ± 5.7 and production of pupae were 57.2 ± 0.02 and 56 ± 0.02 , respectively. Results show that there was a significant difference between BMD and SLD compared to BMU for mass production of *C. vestalis*.

Keywords: *Plutella xylostella*, *Cotesia vestalis*, Quality control, Mass rearing
