بسم الله الرحمن الرحيم

همه‌ی امتیازات این پایان‌نامه به دانشگاه لرستان تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب در مجلات، کنفرانس‌ها یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه لرستان (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان‌نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر اینصورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

دانشگاه لرستان
دانشکده کشاورزی
گروه گیاه‌پزشکی

عنوان پایان نامه

بهینه سازی تکنیک‌های پرورش انبوه *Cotesia vestalis (Hymenoptera: Braconidae)* به عنوان عامل کنترل بیولوژیک بید کلم

نگارش:
مهران رضایی

اساتید راهنما:
دکتر جهانشیر شاکرمی
دکتر جواد کریم‌زاده اصفهانی

استاد مشاور:
دکتر شهریار جعفری

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته حشره‌شناسی کشاورزی

شهریور ماه ۱۳۹۳

چکیده

بید کلم، *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)، آفت مخرب و کلیدی گیاهان خانواده چلیپائیان در بسیاری از نقاط جهان به‌خصوص در ایران می‌باشد. زنبور *Cotesia vestalis* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) پارازیتوئید لاروی، داخلی، انفرادی، اختصاصی و یکی از بهترین گزینه‌ها برای استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک این آفت مخرب می‌باشد. به منظور بهینه‌سازی تکنیک‌های پرورش انبوه زنبور *C. vestalis* سه آزمایش شامل: ۱- بهینه‌سازی تراکم میزبان و جمعیت اولیه‌ی پارازیتوئید، ۲- بهینه‌سازی فضا و توده‌ی زنده‌ی میزبان-گیاه و ۳- بهینه‌سازی وسعت (بزرگی) فضا و توده‌ی زنده‌ی گیاه-گیاه‌خوار-پارازیتوئید در شرایط استاندارد محیطی (درجه حرارت ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد و دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) انجام گرفت. هفت ویژگی زیستی (درصد پارازیتیسم براساس شفیره، درصد پارازیتیسم براساس بالغ، نرخ بقا براساس شفیره، نرخ بقا براساس بالغ، نسبت جنسی، طول دوره‌ی لاروی و طول دوره‌ی شفیرگی) زنبورهای پارازیتوئید تولید شده در هریک از آزمایشات مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتیجه‌گیری کلی از آزمایش اول، تراکم ۲۰ لارو میزبان (بیدکلم) مستقر شده بر روی یک گیاه کلم چینی (٥-٦ هفته‌ای) و جمعیت اولیه‌ی ۵ زنبور *C. vestalis* با توجه به شرایط آزمایشگاهی مورد استفاده، بهینه می‌باشد. آزمایش دوم بر اساس تراکم بهینه میزبان و پارازیتوئید مشخص شده در آزمایش اول طراحی گردید و تاثیر فضا (اندازه قفس) و توده‌ی زنده‌ی میزبان-گیاه بر ویژگی‌های زیستی زنبورهای تولید شده مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش دوم، اندازه قفس ٤٠×٤٠×٤٠ سانتی‌متر و تراکم ٤٠ لارو میزبان مستقر شده بر روی دو گیاه کلم چینی (بر روی هرگیاه تراکم ۲۰ لارو میزبان مستقر گردید) نسبت به دیگر تیمارهای مورد بررسی بهینه می‌باشد. آزمایش سوم براساس تیمار بهینه شده در آزمایش دوم طراحی گردید و تاثیر وسعت (بزرگی) فضا و توده‌ی زنده‌ی گیاه-گیاه‌خوار-پارازیتوئید بر روی ویژگی‌های زیستی زنبورهای پارازیتوئید تولید شده مورد بررسی قرار گرفت. پس بررسی نتایج بدست‌آمده از آزمایش سوم مشخص گردید، تیمارهای وسعت متوسط (اندازه قفس ۵۰×۵۵×۷۰ سانتی‌متر، ٦ گیاه کلم چینی، ۱۲۰ لارو میزبان و ۱۵ زنبور پارازیتوئید) و وسعت زیاد (اندازه قفس ۵۵×۷۰×۱۰۰ سانتی‌متر، ۱۲ گیاه میزبان، ٢٤٠ لارو میزبان و ۳۰ زنبور پارازیتوئید) دارای تولید بهینه از زنبور *C. vestalis* می باشند و با توجه به امکانات و فضای پرورش می‌توان یکی از آن‌ها را انتخاب نمود. با در نظر گرفتن شرایط و امکانات پرورش می‌توان هر یک از گزینه‌های بهینه شده در آزمایشات انجام شده را مورد استفاده در برنامه‌های پرورش انبوه زنبور *C. vestalis* قرار داد، تا بتوان جمعیت مناسبی از این زنبور را جهت رهاسازی برای کنترل بیولوژیک بید کلم تولید نمود.

کلمات کلیدی: بیدکلم، پارازیتوئید، *Cotesia vestalis*، کنترل بیولوژیک، بهینه‌سازی

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، سختی‌ها را خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم

سپاسگزاری

سپاس بیکران یزدان منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان‌نامه را به پایان برسانم.

از اساتید عزیز و بزرگوارم آقایان دکتر [redacted] که در مسیر انجام این پژوهش همواره راهنما و مشوق من بودند، برای تمام آموزه‌ها و راهنمایی‌های ارزشمندشان سپاسگزارم، قدردانی از ایشان در قالب کلمات نمی‌گنجد که بدون راهنمایی‌های آگاهانه‌شان این پایان‌نامه ممکن نبود.

از استاد مشاور جناب آقای [redacted] به خاطر همراهی‌های بی‌دریغ و ارزشمندشان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید گرامی و بزرگوار آقایان دکتر [redacted] که زحمت داوری این پژوهش را تقبل فرمودند کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه..... ۱
فصل دوم: بررسی منابع..... ۵
۱-۲- گیاه میزبان..... ٦
۲-۲- گونه‌ی میزبان..... ۷
۲-۲-۱- بیولوژی..... ۸
۲-۲-۱-۱- تخم..... ۸
۲-۲-۱-۲- لارو..... ۸
۲-۲-۱-۳- شفیره..... ۹
۲-۲-۱-٤- بالغ..... ۹
۲-۲-۲- خسارت..... ۱۱
۲-۲-۳- کنترل بیولوژیک..... ۱۲
۲-۳- گونه‌ی مفید..... ۱۳
۲-٤- فاکتورهای مورد بحث در پرورش میزبان و پارازیتوئید..... ۱۵
۲-٤-۱- تولید مثل..... ۱۵
۲-٤-۲- رفتاری..... ۱٦
۲-٤-۳- عوامل محیطی..... ۱۷
۲-٤-۳-۱- محیط پرورش..... ۱۷
۲-٤-۳-۲- ظروف پرورش..... ۱۷
۲-٤-۳-۳- آلودگی‌های میکروبی..... ۱۸
۲-٤-۳-۳-۱- آلودگی‌های مزرعه‌ای..... ۱۸
۲-٤-۳-۳-۲- آلودگی‌های آزمایشگاهی..... ۱۸
۲-٤-۳-۳-۳- آلودگی‌های رژیم غذایی..... ۱۸
۲-٤-٤- فیزیولوژیکی..... ۱۸
۲-٤-۵- تغذیه‌ای..... ۱۹
۲-٤-٦- ژنتیکی..... ۱۹
۲-۵- پرورش انبوه حشرات..... ۱۹

۲-٦- بهینه‌سازی تکنیک‌های پرورش انبوه..... ۲۰
فصل سوم: مواد و روش‌ها..... ۲۲
۳-۱- کشت گیاه میزبان..... ۲۳
۳-۲- جمع‌آوری و پرورش بیدکلم..... ۲٤
۳-۳- جمع‌آوری و پرورش زنبور پارازیتوئید *C. vestalis*..... ۲٤
۳-٤- روش آزمایشات..... ۲٦
۳-٤-۱- بهینه‌سازی تراکم میزبان و جمعیت اولیه‌ی پارازیتوئید..... ۲٦
۳-٤-۲- بهینه‌سازی فضا و توده‌ی زنده‌ی میزبان-گیاه..... ۲۷
۳-٤-۳- بهینه‌سازی وسعت (بزرگی) فضا و توده‌ی زنده‌ی گیاه-گیاه‌خوار-پارازیتوئید..... ۲۸
۳-۵- تجزیه و تحلیل آماری..... ۲۹
فصل چهارم: نتایج..... ۳۱
٤-۱- بهینه‌سازی تراکم میزبان و جمعیت اولیه‌ی پارازیتوئید..... ۳۲
٤-۲- بهینه‌سازی فضا و توده‌ی زنده‌ی میزبان-گیاه..... ۳۷
٤-۳- بهینه‌سازی وسعت (بزرگی) فضا و توده‌ی زنده‌ی گیاه-گیاه‌خوار-پارازیتوئید..... ٤۰
فصل پنجم : بحث..... ٤٤
۵-۱- بهینه‌سازی تراکم میزبان و جمعیت اولیه‌ی پارازیتوئید..... ٤۵
۵-۲- بهینه‌سازی فضا و توده‌ی زنده‌ی میزبان-گیاه..... ٤۷
۵-۳- بهینه‌سازی وسعت (بزرگی) فضا و توده‌ی زنده‌ی گیاه-گیاه‌خوار-پارازیتوئید..... ٤۸
منابع..... ٤۸
چکیده انگلیسی..... ۵۵

فصل اول

مقدمه

در فاصله سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۹ افزایش سطح کشت مزارع چلیپاییان در جهان ۳۹ درصد بوده است و در سال ۲۰۰۹ مناطق رشد آن‌ها در کل جهان ۳/٤ میلیون هکتار تخمین زده شد (Furlung *et al.*, 2013). گیاهان خانواده چلیپاییان متشکل از ۳۵۰ جنس و ۳۵۰۰ گونه گیاهی شامل گونه‌های زراعی و علف‌های هرز می‌باشد که از طریق وجود متابولیت ثانویه گلوکوزینولات (Glucosinolate) تشخیص داده می‌شوند. سطح زیر کشت اعضای این خانواده در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری بسیار گسترده است و نقش مهمی را در رژیم غذایی ساکنین این مناطق ایفا می‌کند. این خانواده گروه گیاهی متنوع و گسترده‌ای از قبیل کلم‌پیچ، کلم‌بروکلی، کلم‌گل، خردل و کلم‌چینی را شامل می‌شود. تعدادی از اعضای این خانواده دارای محصولات با اهمیت اقتصادی مانند دانه‌های روغنی کلزا و خردل و انواع کلم‌پیچ و کلم‌گل و سبزیجات ریشه‌ای مثل تربچه و شلغم هستند (Sarfraz *et al*., 2005; Talekar and Shelton, 1993).

کشت وسیع گیاهان خانواده چلیپاییان در اکثر نقاط جهان در تمام طول سال موجب جلب آفات متعددی نسبت به این خانواده‌ی گیاهی شده است. از جمله آفات مخرب و کلیدی چلیپاییان بید کلم، *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera, Plutellidae)، است که بزرگ‌ترین تهدید برای چلیپاییان در سرتاسر جهان می‌باشد، بطوریکه هزینه مدیریت سالیانه آن در دهه هشتاد میلادی بیش از یک میلیارد دلار برآورد شده است. این حشره عموما از محصولات زراعی نظیر کلم معمولی (کلم پیچ)، کلم بروکسل، کلم چینی، کلم قمری، کلم گل، کلم گل ایتالیایی (بروکلی)، کلزا، تربچه، شلغم، خردل، و تعداد زیادی از علفهای هرز چلیپائیان تغذیه می کند. این آفت امروزه در هر جایی که چلیپائیان کشت می گردند وجود دارد و باور بر این است که بالاترین گسترش جهانی را در بین تمام بالپولکداران داراست. علی رغم تلاشهای گسترده ای که برای مدیریت این آفت صورت گرفته است طغیان‌ها و کنترل‌های غیرموثری در بسیاری از کشورها گزارش شده است. کنترل این حشره به دلیل ویژگی‌های زیستی و اکولوژیکی ذاتی آن، دامنه‌ی وسیع میزبانی و نیز مقاومت به حشره‌کش‌ها، به یک معضل جهانی تبدیل شده است (Sarfraz *et al*., 2005; Talekar and Shelton, 1993). در ایران و از جمله استان اصفهان نیز استفاده‌ی گسترده از حشره‌کش‌های شیمیایی سبب بروز مقاومت در جمعیت‌های این آفت خطرناک گردیده و این حشره را در صدر آفات مقاوم به حشره‌کش‌های شیمیایی قرار داده است. استفاده بیش از حد حشره کش‌ها بر علیه بید کلم منجر به مشکلات متعددی نظیر مقاومت به حشره کش‌ها در بسیاری از جمعیت‌های مزرعه ای بید کلم شده است (Karimzadeh *et al.*, 2014). همچنین نگرانی‌هایی در مورد بقایای حشره کش‌ها روی محصولات و در محیط، و اثرات زیان آور حشره کش‌های مصنوعی روی دشمنان طبیعی و در نتیجه طغیان مجدد آفت وجود دارد. یکی از مهمترین پیامدهای استفاده‌ی بی‌رویه‌ی از سموم شیمیایی از بین رفتن جمعیت دشمنان طبیعی بیدکلم می‌باشد که از پتانسیل بالایی برای کنترل جمعیت این آفت برخوردار می‌باشند (Afiunizadeh and Karimzadeh, 2014).

سطح وسیعی از دشمنان طبیعی شامل پارازیتوئیدها، بندپایان شکارگر، ویروس‌ها، میکروسپوریدی‌ها، قارچ‌های بیمارگر و باکتری‌ها این آفت را مورد حمله قرار می‌دهند. در دو دهه‌ی گذشته تحقیقات کاربردی بر روی این ارگانیسم‌ها به ویژه بر روی استفاده کردن از پارازیتوئیدهای راسته‌ی Hymenoptera جهت برنامه‌های کنترل بیولوژیک کلاسیک بید کلم انجام شده است (Furlong *et al.,* 2013). تمام مراحل زندگی بید کلم مورد حمله پارازیتوئیدها و شکارگرها قرار می‌گیرد، از ۹۰ گونه پارازیتوئید که بید کلم را مورد حمله قرار می‌دهند حدود ٦۰ گونه از آن‌ها حائز اهمیت می‌باشند که از میان آن‌ها ٦ گونه به تخم، ۳۸ گونه به لارو و ۱۳ گونه به شفیره حمله می‌کنند (Lim, 1986). بر اساس مطالعات انجام شده در مناطقی که پارازیتوئیدهای با کارایی بالا حضور ندارند میزان خسارت بیدکلم بسیار زیاد می‌باشد. به همین دلیل در برنامه‌های مدیریت تلفیقی بیدکلم، پارازیتوئیدها نقش موثری را ایفا می‌کنند. بنابراین سعی بر آن است که با به کارگیری راهکارهایی بتوان جمعیت و کارایی این پارازیتوئیدها را در مزارع چلیپاییان افزایش داد (افیونی‌زاده و کریم‌زاده، ۱۳۸۹).

مطالعات مختلف در زمینه کنترل بیولوژیک بید کلم نشان داده است که از میان دشمنان طبیعی بید کلم، پارازیتوئیدها بیشترین تاثیر را بر روی جمعیت‌های این آفت دارند و در این میان پارازیتوئیدهای لاروی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. به همین دلیل بیشتر مطالعات صورت گرفته برای کنترل بید کلم در رابطه با پارازیتوئیدهای لاروی بوده است (افیونی‌زاده و کریم‌زاده، ۱۳۸۹ ,Sarfraz *et al*., 2005; Talekar and Shelton, 1993;).

زنبور *Cotesia vestalis* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) پارازیتوئید لاروی، داخلی، انفرادی، اختصاصی و یکی از بهترین گزینه‌ها برای استفاده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک بیدکلم می‌باشد. که به طور موثر لاروهای میزبان را پارازیت کرده و خسارت آفت را در شرایط مزرعه کاهش می‌دهد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۳). این زنبور یک پارازیتوئید همراه‌زی (Koinobiont) و هر ٤ سن لاروی بید کلم را پارازیت می‌کند ولی ترجیح میزبانی آن، به ترتیب لارو سن ۲ و بعد از آن لارو سن ۳ می‌باشد (Alizadeh *et al*., 2011; Kaimzadeh and Sayyed, 2011). زنبور *C. vestalis* موضوع بیش از ۲۰ کنترل بیولوژیک کلاسیک بوده و در بسیاری از آن‌ها خود را موفق نشان داده است به علاوه دارای پراکنش طبیعی بالا نسبت به *Diadegma semiclausum* دیگر پارازیتوئید لاروی بیدکلم می‌باشد و در بسیاری از مناطق همانند: مالزی، تایوان، ویتنام، چین و ژاپن بدون معرفی کردن و وارد سازی این پارازیتوئید وجود دارد (Furlong *et al.,* 2013).

هدف کلی 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 بدست آمدن این هدف از بکارگیری روش و شیوه استاندارد، مکانیزه کردن برنامه، نگه‌داری کنترل کیفیت، بهداشت موثر و کنترل آلودگی میکروبی در آزمایشگاه پرورش مسیر می‌شود. پرورش حشرات مفید (شکارگرها و پارازیتوئیدها) در آزمایشگاه ممکن است برای کاربردهای مختلف باشد که شامل ۱- مطالعه ویژگی‌های خود حشره ۲- برای آسان‌سازی استقرار گونه معرفی شده یا بومی منطقه برای رهاسازی در سطح وسیع ۳- برای انجام توزیع وسیع گونه‌ای که از قبل مستقر بوده و ٤- برای تولید تعداد زیاد در زمان مشخص برای رهاسازی به عنوان عامل کنترل بیولوژیک (Singh, 1982; Simmonds, 1964).
پرورش حشرات مفید در آزمایشگاه یک عمیات ویژه است که در آن شرایط محیطی بهینه، فرم و اندازه قفس، دوره روشنایی و تاریکی، تغذیه و ترجیح میزبان برای هر گونه باید مطابق و سازگار با آن مورد استفاده قرار بگیرد. در حقیقت هیچ قانون مشخصی برای تعیین بهترین روش و لوازم برای افراد گونه‌های مختلف وجود ندارد. هر برنامه ی پرورش باید بر اساس، روش توسعه یافته در آزمایشگاه در جهت تولید وسیع و کم هزینه بهینه شود (Singh, 1982).

بنابراین با ارزش است که رسیدگی شود چگونه از زنبور *C. vestalis* در سیستم‌های کشاورزی برای ایجاد مدیریت تلفیقی موفق بید کلم به کار گرفته شود (Mitsunaga *et al.*, 2004). بدین منظور تولید زنبور *C. vestalis* جهت به کارگیری در کنترل بیولوژیک بید کلم عامل اصلی می‌باشد که برای دست‌یابی به تولید موثر و مفید با توجه به اهداف ذکر شده بهینه‌سازی تکنیک‌های پرورش انبوه زنبور *C. vestalis* بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این بررسی، بهینه‌سازی تراکم میزبان و جمعیت اولیه‌ی پارازیتوئید، بهینه‌سازی فضا و توده‌ی زنده‌ی میزبان-گیاه، بهینه‌سازی وسعت (بزرگی) فضا و توده‌ی زنده‌ی گیاه-گیاه‌خوار-پارازیتوئید در شرایط پرورش انبوه مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت تا بتوان با به کارگیری تیمارهای بهینه در برنامه‌های پرورش انبوه زنبور *C. vestalis* جمعیت مناسبی از این زنبور را جهت رهاسازی در مزارع تولید نمود.

فصل دوم

بررسی منابع

زنبور *Cotesia vestalis* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) یکی از پارازیتوئیدهای لاروی موثر بیدکلم می‌باشد. تاکنون مطالعات گسترده‌ای در رابطه با این زنبور پارازیتوئید در سراسر جهان صورت گرفته است (Mitsunaga *et al.*, 2004; Kaimzadeh and Sayyed, 2011; Heidary and Karimzadeh, 2014; Karimzadeh *et al.*, 2004). هیچ‌گونه مطالعه‌ای در زمینه بهینه‌سازی تکنیک‌های پرورش انبوه این زنبور پارازیتوئید گزارش نشده است. مشابه با این موضوع، بر روی بهینه‌سازی تکنیک‌های پرورش انبوه گونه‌های مفید دیگری همچون زنبور *Cotesia felavipes* مطالعاتی انجام شده است (Ramalho *et al.*, 2012). به جهت توسعه پیداکردن یک برنامه پرورش انبوه ضروری می‌باشد که مطالعاتی در زمینه بیولوژی گونه مفید و میزبان آن و همچنین اطلاعاتی درباره‌ی گیاه میزبان و یا رژیم غذایی مصنوعی آن‌ها داشته باشیم (Singh, 1982). ازآنجاییکه پرورش حشرات مفید از همزمانی ۳ عامل تشکیل شده است (شامل: حشره مفید، گونه ی میزبان و گیاه میزبان یا رژیم غذایی) در ادامه به بررسی این ۳ عامل و مطالعات انجام شده روی آن‌ها در رابطه با بیدکلم و زنبور *C. vestalis* اشاره می‌شود:

۲-۱- گیاه میزبان

در پرورش حشرات دسترسی به مواد غذایی رشد و نمو، دگردیسی، تولید مثل، فیزیولوژی و رفتارهای حشرات را تحت تاثیر قرار می‌دهند. نقش گیاه میزبان یا رژیم غذایی مصنوعی حمایت کردن از جمعیت مطلوب و مورد نیاز حشره میزبان می‌باشد. یک منبع تغذیه مناسب برای میزبان باید دارای ویژگی‌هایی که اشاره می‌شود باشد: ۱- به راحتی قابل دسترس باشد، ۲- تابع تکنیک‌های آزمایشگاهی باشد، ۳-قادر به فراهم کردن نیازهای غذایی باشد، ٤-به سهولت قابل جابجایی باشد، ٥-زمان نگه‌داری بالا داشته باشد (دیرتر خراب شود) و ٦- صرفه اقتصادی داشته باشد (Singh, 1982). در رابطه با نقش گیاه میزبان و حساسیت گیاهان مختلف به بیدکلم مطالعات زیادی انجام شده است. جعفری و همکاران (۱۳۹۰)، بر روی ارقام مقاوم به بیدکلم مطالعاتی انجام دادند و گیاه کلم چینی را به دلیل داشتن پایین ترین دوره رشد (۱۰/٥ روز)، بیشترین درصد بقای (۷۲٪) بیدکلم (از لارو نئونات تا ظهور حشره بالغ) و بیشتر بودن وزن شفیرگی (٤/۳ میلی‌گرم) نسبت به کلم قرمز و کلزا، حساس به بیدکلم گزارش کردند. حیدری و کریم‌زاده، اثر تغذیه گیاه میزبان و حضور زنبور *C. vestalis* را بر فراوانی جمعیت بیدکلم را در شرایط مزرعه بررسی کردند و نتایج حاکی از آن است که نوع گیاه میزبان تاثیر معنی‌داری روی فراوانی زنبور *C. vestalis* داشت و میانگین تعداد بالغ‌های زنبور *C. vestalis* در هر قفس بر روی گیاه کلم چینی نسبت به گیاه کلم پیچ و کلم گل بیشتر بود (Heidary and Karimzadeh, 2014). تالکار و یانگ (۱۹۹۱) در مقاله خود بیان کردند زمانی که لاروهای بیدکلم با گیاه کلم چینی تغذیه می شوند دارای وزن شفیره سنگین‌تر و دوره‌ی

لاروی کوتاه‌تر در مقایسه با کلم معمولی، کلم گل و کلم بروکلی می‌باشند و همچنین درصد پارازیتیسم بالاتری (۷۵٪) از زنبور *C. vestalis* هنگامی که لاروهای میزبان با گیاه کلم چینی تغذیه شده باشند در مقایسه با کلم معمولی (۵۵٪)، کلم گل (۶۰٪) و کلم بروکلی (۳۷/۵٪) بدست می‌آید (Talekar and Yang, 1991). لیو و جیانگ، نقش گیاه میزبان را بر روی موفقیت پارازیتیسم زنبور *C. vestalis* بر روی دو گیاه کلم پیچ و کلم چینی مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که گیاه کلم چینی خاصیت جلب کنندگی بیشتری برای زنبور *C. vestalis* نسبت به کلم پیچ دارا می‌باشد و همچنین بیشترین درصد پارازیتسیم بدست آمده توسط زنبور *C. vestalis* زمانی است که لاروهای میزبان بر روی گیاه کلم چینی تغذیه شده باشند (Liu and Jiang, 2003). مطالعاتی نیز در رابطه با رژیم غذایی مصنوعی برای پرورش بیدکلم انجام شده است، دان‌هاوور و آبی‌لوک، تاثیر چهار رژیم غذایی را در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند و رژیم غذایی سویا را به دلیل سیکل زندگی ۱۸ روزه (تخم تا بالغ)، زنده‌ماندن حشرات بالغ برای ۱۱ روز و تخم‌گذاری بیشتر ماده‌های بالغ (به طور میانگین ۲۰۷ عدد) مناسب نسبت به دیگر رژیم‌های غذایی مورد آزمایش (Biever's, G^{+} and G^{++}) گزارش کردند (Dunhawoor and Abeeluck, 2003). با توجه به بررسی مطالعات انجام شده گیاه کلم چینی به عنوان حساس‌ترین گیاه، مورد استفاده برای تغذیه لاروهای میزبان در جهت انجام آزمایشات و پرورش بیدکلم قرار گرفت.

۲-۲- گونه‌ی میزبان (بیدکلم)

با توجه به اهمیت بیدکلم، *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)، به عنوان یکی از مخرب‌ترین آفت چلیپاییان مطالعات گسترده‌ای در اکثر نقاط جهان بر روی این آفت انجام شده است. این گونه دارای پراکنش بسیار بالایی می‌باشد و در سراسر اروپا، آفریقای شمالی و جنوبی، آسیا، استرالیا، آمریکای شمالی و جنوبی انتشار دارد (خانجانی، ۱۳۸۸). به‌طور کلی در هر کجا که کلم‌کاری می‌شود این آفت نیز وجود دارد. این پروانه در سال ۱۳۱۷ توسط افشار به‌صورت یکی از آفات مهم کلم شرح داده شده است (بهداد، ۱۳۸۸). بیدکلم به دلیل بیولوژی ذاتی آفت و اکولوژی و طیف میزبانی وسیع، در نیم قرن گذشته به یک آفت مخرب تبدیل شده است. کشاورزان برای کنترل این آفت تکیه بر روش‌های شیمیایی و استفاده شدید از حشره‌کش‌ها کرده‌اند. به همین علت این آفت مقاومت خود را نسبت به بسیاری از حشره‌کش‌ها نشان داده است. فاکتورهایی نظیر ظرفیت تولید مثلی بالا، گردش سریع نسل، فصل رشد طولانی، کشت وسیع چلیپاییان و استفاده‌ی مکرر از حشره‌کش‌ها در افزایش مقاومت بیدکلم به حشره‌کش‌ها حائز اهمیت می‌باشند. این آفت به عنوان اولین آفت زراعی مقاوم به DDT گزارش شده است. بیدکلم تا قبل از سال ۱۹۴۰ به عنوان آفت عمده چلیپاییان مطرح نبود اما به علت استفاده

بی‌رویه از سموم شیمیایی و از بین بردن دشمنان طبیعی این آفت که از پتانسیل بالایی برای کنترل آن برخوردار هستند، خود را به آفت کلیدی این محصولات تبدیل نمود (کریم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳: Talekar and Shelton, 1993).

۲-۲-۱- بیولوژی

بیدکلم یک آفت چند نسلی است که در مناطق گرمسیری تا ۲۰ نسل را دارا می‌باشد. این شب‌پره همانند دیگر بالپولکداران دارای ٤ مرحله‌ی زندگی می‌باشد: تخم، لارو، شفیره و بالغ. این مراحل از نظر شکل ظاهر و رفتاری کاملا متفاوت و دارای نیازهای غذایی مختلف می‌باشند (خانجانی، ۱۳۸۸: بهداد، ۱۳۸۸).

۲-۲-۱-۱- تخم

تخم‌های این آفت به صورت پراکنده بر روی سطح زیرین برگ در حاشیه رگبرگ‌ها گذاشته می‌شوند. هر حشره ماده بیدکلم در حدود ۱۰۰ تخم در طول ۳ تا ۷ روز از زندگی خود می‌گذارد. تخم‌ها کمتر از یک میلی‌متر اندازه دارند. در ابتدا به رنگ سفید و زمانیکه نزدیک به تفریخ می‌شوند به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای در می‌آیند (شکل ۱-۱). تخم‌ها هیچ نیاز غذایی ندارند. این دوره در حدود ٤ تا ٦ روز به طول می‌انجامد. با وجود اینکه تخم‌های این آفت بسیار کوچک هستند اما توسط تعدادی از گونه‌های پارازیتوئید تخم جلب می‌شوند (Talekar and Lin, 1998).

۲-۲-۱-۲- لارو

هر تخم تفریخ شده تولید یک لارو بیدکلم می‌کند. لاروها تغذیه خود را بر روی برگ و دیگر قسمت‌های سبزینه گیاه تا زمانیکه که به شفیره تبدیل شوند ادامه می‌دهند (شکل ۲-۱). بیدکلم دارای چهار مرحله‌ی لاروی است. طول دوره‌ی لاروی به دما وابسته و به طور متوسط ١٤-٢١ روز است (Shaila, 2007). لارو سن اول کوچک، شفاف و دارای ۲-۳ میلیمتر اندازه می‌باشد معمولاً در بافت مزوفیل اسفنجی برگ تونل ایجاد می‌کند. لاروهای سنین دوم، سوم و چهارم از تمام قسمت‌های سبزینه گیاه تغذیه می‌کنند (Sarfraz *et al.*, 2005). سن لاروی که افزایش می‌یابد اشتهای تغذیه‌ای لاروها نیز افزایش پیدا می‌کند. لاروهایی که بر روی ناحیه پشتی بدن دارای لکه‌های زرد رنگ هستند به پروانه‌های جنس نر تبدیل می‌شوند. به جز دوره‌ای کوتاه پس از تفریخ تخم‌ها لاروهای بیدکلم بر روی سطح برگ فعالیت و تغذیه می‌کنند به همین دلیل به آسانی در معرض شکارگرها و پارازیتوئیدها قرار می‌گیرند. باران نیز باعث شسته شدن لاروها و پایین آوردن آن‌ها از روی سطح برگ و در

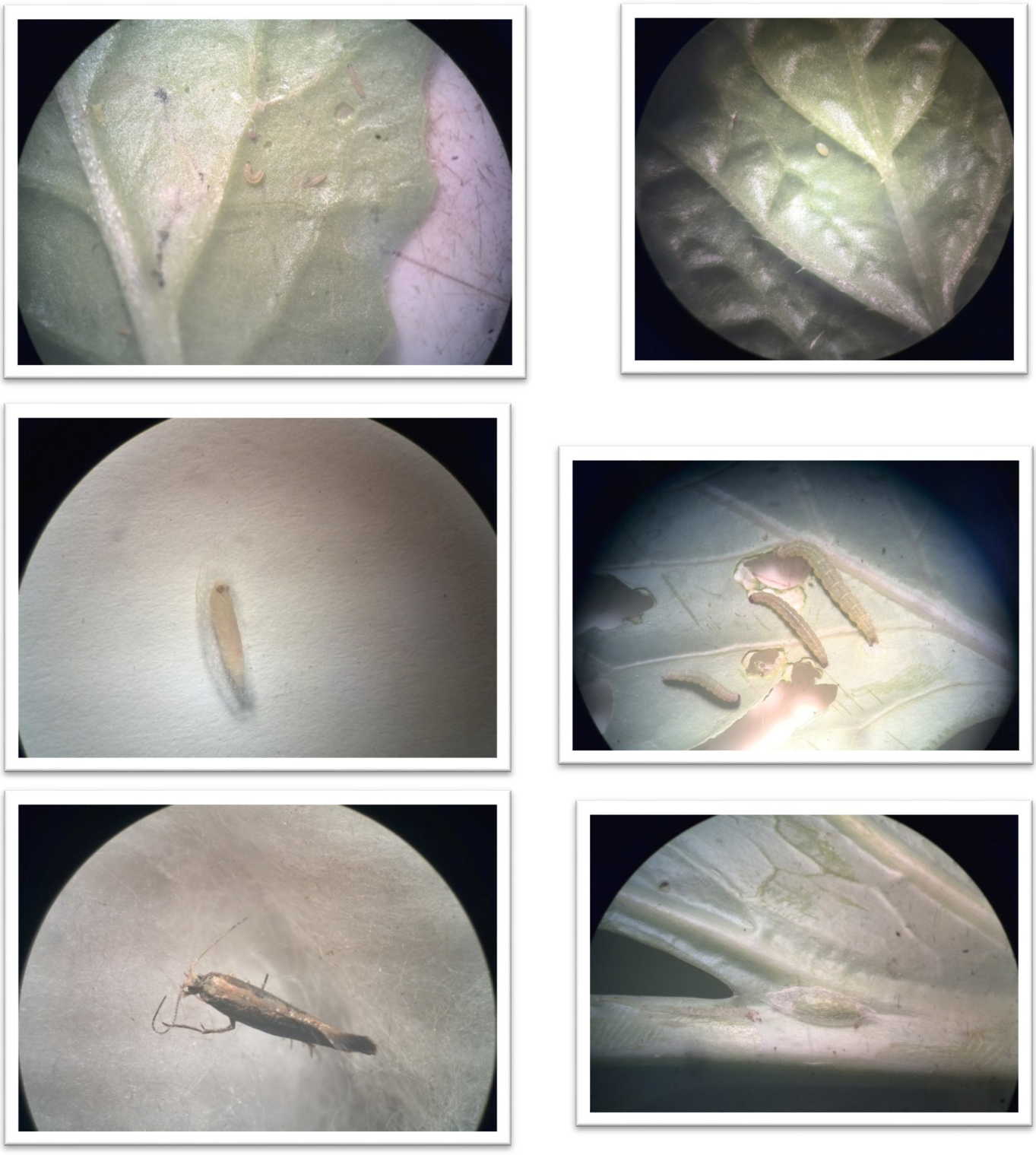
نهایت مرگ آن‌ها می‌شود. در شرایطی که رطوبت هوا بالا باشد لاروهای بیدکلم توسط قارچ‌های بیمارگر از بین می‌روند (Talekar and Lin, 1998).

۲-۲-۱-۳- شفیره

شفیره‌ها در ابتدا سبز رنگ و سپس که به زمان بالغ شدن نزدیک می‌شود به رنگ قهوه‌ای درمی‌آیند (شکل ۲-۱). اندازه شفیره‌ها در حدود ۱ سانتی‌متر طول و ۰/٤ سانتی‌متر پهنا می‌باشد. شفیره‌ها بر روی سطح برگ همان مکانی که لارو سن چهارم در حال تغذیه بوده است عموما تشکیل می‌شوند و هیچ تغذیه‌ای ندارند و پس از گذشت ٤-۵ روز تبدیل به بالغ می‌گردند. اگرچه دوران شفیرگی بیدکلم بدون خسارت سپری می‌شود اما به راحتی در معرض گونه‌های شکارگر و پارازیتوئید قرار دارد. همچنین باران نیز موجب از بین رفتن آن‌ها می‌گردد (Talekar and Lin, 1998).

۲-۲-۱-٤- بالغ

آخرین مرحله‌ی رشدی در سیکل زندگی بیدکلم می‌باشد. حشرات بالغ کوچک به طول ۱۰-۱۲ میلی‌متر و با بال‌های باز ١٤-١٦ میلی‌متر می‌باشند (شکل ۲-۱). در حاشیه عقبی بال‌های جلویی، نوار سفید رنگ موجداری وجود دارد که در موقع جمع شدن بال‌ها و هنگامی که دو لبه سفید کنار هم قرار می‌گیرند، نقش رومبوئیدی به وجود می‌آید و به همین دلیل به آن پروانه پشت الماسی گفته می‌شود. حشرات بالغ می‌توانند به راحتی توسط الگوی الماسی شکل روی بال تعیین جنسیت شوند، نرها دارای خطوط کرمی رنگ سفید وسیعی از پایه تا نزدیک گوشه‌ی عقبی بال (ناحیه آنال) هستند که اغلب توسط صفحه سیاه رنگی حاشیه‌دار می‌شود در حالی که در ماده‌ها این خطوط خیلی کمتر مشخص هستند و با رنگ زمینه‌ی بال ادغام می‌شوند (Seyyed *et al.*, 2002). طول عمر نرها و ماده‌های بالغ به ترتیب در حدود ۱۲ و ١٦ روز است و ماده‌ها حدودا ۱۰ روز تخم می‌گذارند. بالغین پرواز ضعیفی دارند و معمولا در ارتفاع دومتری از زمین پرواز می‌کنند و در فواصل طولانی پرواز نمی‌کنند (Capinera, 2001). حشرات بالغ از شهد و نکتار تغذیه کرده و به هیچ عنوان تغذیه‌ای از برگ‌های کلم ندارند. حشرات بالغ به زودی پس از خارج شدن از شفیره شروع به جفت گیری می‌کنند این جفت‌گیری ممکن است در زمان غروب آفتاب و برای مدت ۲-۳ ساعت به طول انجامد. شکارگرهایی همانند عنکبوت‌ها و پرندگان می‌توانند از دشمنان طبیعی عمده مرحله‌ی حشرات بالغ بیدکلم باشند (Talekar and Lin, 1998).



شکل ۲-۱ تخم بید کلم (بالا سمت راست)، لاروهای سن دوم بیدکلم (بالا سمت چپ)، لاروهای سنین سوم و چهارم (وسط سمت راست)، شفیره داخل پیله شفیرگی (وسط سمت چپ)، شفیره تشکیل شده بر روی برگ گیاه میزبان (پایین سمت راست) و حشره بالغ بیدکلم (پایین سمت چپ) (اصلی)

۲-۲-۲- خسارت

خسارت بیدکلم به گیاه از طریق تغذیه‌ی لاروها از میزبان‌های مختلف صورت می‌گیرد. اگرچه لاروها بسیار کوچک‌اند، ولی در عین حال می‌توانند دارای جمعیت بسیار زیادی باشند. در نتیجه به طور کامل بافت‌های برگی به جز رگبرگ‌ها را از بین می‌برند و در تراکم بالا قادر هستند تمام بوته را از بین ببرند (شکل ۲-۲). این آفت به طور خاص به جوانه‌ها آسیب می‌زند و می‌تواند تشکیل سر بوته در کلم بروکلی را مختل کند (Capinera, 2001). اولین مرحله‌ی لاروی به صورت مینوز بوده و از بافت مزوفیلی برگ تغذیه می‌کند. لاروهای بزرگتر از سطح زیرین برگ تغذیه می‌کنند و همه‌ی بافت برگ به جز لایه‌ی مومی سطح بالایی را مورد مصرف قرار می‌دهند، بنابراین در برگ ایجاد یک حالت پنجره‌ای می‌کنند (Sarfraz *et al.*, 2005). لاروها علاوه بر تغذیه از قسمت‌های مختلف سبزینه گیاه، فضولات زیادی از خود بجا می‌گذارند که سبب آلودگی و کثیف شدن بوته‌ها و کاهش بازارپسندی این محصولات می‌شوند (Talekar and Lin, 1998).

شکل ۲-۲ خسارت بیدکلم در مزرعه (سمت راست)، خسارت بیدکلم در گلخانه (سمت چپ) (اصلی)

۲-۲-۳- کنترل بیولوژیک و دشمنان طبیعی

سطح وسیعی از دشمنان طبیعی شامل پارازیتوئیدها، بندپایان شکارگر، ویروس‌ها، میکروسپوریدی‌ها، قارچ‌های بیمارگر و باکتری‌ها بید کلم را مورد حمله قرار می‌دهند. در دو دهه‌ی گذشته تحقیقات کاربردی بر روی این ارگانیسم‌ها به ویژه بر روی استفاده کردن از پارازیتوئیدهای راسته‌ی Hymenoptera جهت برنامه‌های کنترل بیولوژیک کلاسیک بید کلم انجام شده است (Furlong and *et al.*, 2013; Srafraz and *et al.*, 2005). تمام مراحل زندگی بید کلم مورد حمله پارازیتوئیدها و شکارگرها قرار می‌گیرد. از میان ۹۰ گونه پارازیتوئید که بید کلم را مورد حمله قرار می‌دهند حدود ٦۰ گونه از آن‌ها حائز اهمیت می‌باشد. از میان آن‌ها ٦ گونه به تخم، ۳۸ گونه به لارو و ۱۳ گونه به شفیره حمله می‌کنند (Lim, 1986). مطالعات مختلف در زمینه کنترل بیولوژیک بید کلم نشان داده است که از میان دشمنان طبیعی بید کلم، پارازیتوئیدها بیشترین تاثیر را بر روی جمعیت‌های این آفت دارند و در این میان پارازیتوئیدهای لاروی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Talekar and Shelton, 1993; Afiunizadeh *et al.*, 2011). بیشترین مطالعات انجام شده در جهت کنترل بیولوژیک بیدکلم در ارتباط با پارازیتوئیدهای لاروی بوده است. گونه‌های پارازیتوئید از جنس‌های *Cotesia* (Braconidae)، *Diadegma* (Ichneumonidae)، *Diadromus* (Ichneumonidae)، و همچنین گونه *Oomyzus* (Eulophidae) از عوامل مهم برای کنترل بیولوژیک این آفت مخرب می‌باشند (Sarfraz *et al.*, 2005; Afiunizadeh *et al.* 2011). بر اساس مطالعات انجام شده در مناطقی که پارازیتوئیدهای با کارایی بالا حضور ندارند میزان خسارت بیدکلم بسیار زیاد می‌باشد. به همین دلیل در برنامه‌های مدیریت تلفیقی بیدکلم، پارازیتوئیدها نقش موثری را ایفا می‌کنند. بنابراین سعی بر آن است که با به کارگیری راهکارهایی بتوان جمعیت و کارایی این پارازیتوئیدها را در مزارع چلیپاییان افزایش داد (افیونی‌زاده و کریم‌زاده ۱۳۸۹). پارازیتوئیدها در همه جا گسترده و از نظر چرخه‌ی زندگی شامل دو گروه متفاوت می‌باشند، گروه اول Idiobionts این دسته از پارازیتوئیدها اجازه رشد به میزبان خود نمی‌دهند و موجب مرگ سریع میزبان می‌گردند. گروه دوم Koinobionts (همراه‌زی) که پس از پارازیته کردن میزبان موجب مرگ سریع میزبان نگردیده و میزبان پارازیته شده قادر خواهد بود که به تغذیه و رشد خود ادامه دهد و میزبان به عنوان یک منبع غذایی پویا محسوب می‌شود (Kaimzadeh and Sayyed, 2011; Godfray, 1994).

افیونی‌زاده و همکاران بر روی شناسایی پارازیتوئیدهای لاروی و شفیرگی بیدکلم و تعیین نرخ پارازیتیسم آن‌ها مطالعاتی را در مزارع کلم استان اصفهان انجام دادند. که در مجموع نمونه‌برداری‌های آن‌ها پنج پارازیتوئید لاروی به نام‌های *Cotesia vestalis* (Braconidae)، *Diadegma semiclausum* (Ichneumonidae)، *Oomyzus sokolowskii* (Eulophidae)، *Bracon hebetor* (Braconidae) و *Apanteles* sp. (Braconidae)، دو پارازیتوئید شفیرگی به نام‌های *Diadromus collaris* (Ichneumonidae) و *D. subtilicornis* و همچنین دو گونه هایپرپارازیتوئید به نام‌های *Mokrzeckia obscura* و *Pteromalus* sp. از خانواده Pteromalidae شناسایی شد.