بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی

گروه گیاهپزشکی

پایان‌نامه

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته حشره‌شناسی کشاورزی

عنوان:

برآورد شاخص‌های دمایی جمعیت‌های مختلف کرم سیب، (*Cydia pomonella* L.)

اساتید راهنما

دکتر یونس کریم‌پور دکتر حسین رنجبراقدم

استاد مشاور

دکتر رسول مرزبان

تنظیم و نگارش:

میثم قاسمی

بهمن ۱۳۹۱

تقدیم به مادر مهربان و پدر بزرگوارم

آن دو فرشته ای که از خواسته هایشان گذشتند، سختی ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من اکنون توانستم طعم خوش پیروزی را بچشم

و تقدیم به خواهرم

که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است

و تقدیم به تمامی عزیزانی که همواره مرا در پیمودن این راه امیدوار کردند

تشکر و قدردانی

اکنون نام زیبای خداوند را با تمام وجود می خوانم و به شکرانه نعمت‌های بیشمارش سر تعظیم فرود می آورم و خاشعانه و خالصانه سپاس می گویم که تنها حمد و سپاس از آن اوست. او که قلم را مقدس و کسب دانش را وسیله معرفت الله نمود. او که فرصت آموختنم داد، یاریم کرد که در کسب علم اندوزی تمامی سختی ها را پشت سرگذارم و راهی را که با نام او آغاز کردم و با توکل به او گذراندم به سرانجام برسانم.

«الحمدالله رب العالمین»

و از آنجا که خداوند یادمان داد «**من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق**» بسی شایسته است که از زحمات و راهنمایی های ارزنده اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر حسین رنجبراقدم و جناب آقای دکتر یونس کریم‌پور که در این راه از هیچ مساعدتی دریغ نفرمودند صمیمانه سپاسگذاری و تشکر کنم. از استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر رسول مرزبان نهایت تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از مسئولین محترم، کارشناسان و کارکنان پرتلاش بخش کنترل بیولوژیک موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، آقای مهندس ملکشی، جناب آقای اکبری، آقای مهندس شصتی، خانم مهندس کلانتری، خانم مهندس یوسفی، خانم حسنی و از دوستان هم دوره‌ام آقای مهندس کسائیان، آقای مهندس ابراهیمی، خانم مهندس نعمتی و خانم مهندس شکوهی و از مساعدت‌های صمیمانه جناب آقای مهندس محمدی در شهر ارومیه و آقای یحیی آبادی در شهرستان دماوند کمال تشکر و قدردانی را داشته و از خداوند توفیقشان را خواهانم.

و در نهایت ممنون و مدیون خانواده عزیز و مهربانم، هستم، پدر زحمتکشم، مادر دلسوزم، خواهر و برادر مهربانم، که اگر حمایت و دلگرمی های آنان نبود این راه به فرجام نمی‌رسید. موفقیت و سلامتی آنان، آرزوی همیشگی من است و از خداوند منان و متعال در همه حال آرزوی توفیق روز افزونشان را در زیر سایه خود خواهانم.

چکیده

کرم سیب *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) آفت کلیدی باغ‌های سیب در سراسر جهان است. تعیین آستانه‌های دمایی رشدونمو و نیاز گرمایی حشرات برای پیش‌بینی نرخ رشدونمو آنها و همچنین دشمنان طبیعی آنها در شرایط طبیعی به کار می‌رود. در این پژوهش تاثیر دما روی رشدونمو مراحل نابالغ جمعیت کرم سیب دماوند و ارومیه، در ۶ دمای ثابت ۱۵/۵، ۲۱، ۲۴، ۲۶/۶۶، ۲۹/۶۶ و ۳۵ درجه‌ی سلسیوس، دوره‌ی نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی: روشنایی) و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد بررسی شد. برای توصیف روند رشدونمو در دماهای مختلف، برآورد آستانه پایین و بالای دمای رشدونمو و دمای بهینه رشدونمو کرم سیب *Cydia pomonella* L. از ۶ مدل غیرخطی استفاده شد. همچنین برای برآورد نیاز گرمایی و آستانه پایین دمای رشدونمو از ۲ مدل خطی استفاده شد. مدل‌های مورد استفاده به وسیله شاخص‌های آماری مانند ضریب تبیین R^2، ضریب تبیین اصلاح شده R^2_{adj}، مجموع مربعات باقیمانده *RSS* و معیار حفظ اطلاعات آکائیکه *AIC* و شاخص‌های زیستی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. از میان مدل-های غیرخطی، مدل لاکتین در مراحل تخم، لارو، شفیره و کل مراحل نابالغ دارای بهترین قابلیت از نظر معیارهای آماری و زیستی سنجش مدل بود. آستانه پایین دما برای مراحل تخم، لارو، شفیره و کل مراحل نابالغ جمعیت دماوند به وسیله مدل لاکتین از ۹/۰۰۴ تا ۹/۷۹ درجه سلسیوس و برای جمعیت ارومیه از ۸/۷۵ تا ۱۱/۶۷ درجه سلسیوس برآورد شد. آستانه بالای دمای رشدونمو به وسیله مدل لاکتین برای جمعیت دماوند از ۲۹/۹۹ تا ۳۴/۱۴ درجه سلسیوس و برای جمعیت ارومیه از ۳۳/۰۸ تا ۳۴/۶۲ درجه سلسیوس برآورد شد. دمای بهینه رشدونمو مراحل مختلف نابالغ با استفاده از مدل لوگان-۶ برای جمعیت دماوند از ۲۹/۴۶ تا ۳۰/۳۶ درجه سلسیوس و برای جمعیت ارومیه از ۳۰/۵۰ تا ۳۲/۱۳ درجه سلسیوس برآورد شد. از دو مدل خطی برازش شده مدل ایکموتو و تاکائی نیاز گرمایی و آستانه پایین دمای رشدونمو کرم سیب را با دقت بالاتری نسبت به مدل خطی معمولی برآورد نمود. مدل خطی ایکموتو و تاکائی آستانه پایین دمای رشدونمو مراحل تخم، لارو، شفیره و کل دوره نابالغ را برای جمعیت دماوند به ترتیب ۹/۱۶، ۹/۲۳، ۹/۵۱ و ۹/۳۳ درجه سلسیوس و برای جمعیت ارومیه ۹/۰۹، ۹/۰۴، ۹/۸۹ و ۹/۳۶ درجه سلسیوس و نیاز گرمایی را برای جمعیت دماوند به ترتیب ۸۲/۸۳، ۲۶۳/۸۶، ۲۴۲/۳۱ و ۵۸۴/۸۴ روز-درجه سلسیوس و برای جمعیت ارومیه به ترتیب ۸۱/۸۷، ۲۷۷/۸۱، ۲۲۳/۷۴ و ۵۸۱/۹۴ روز-درجه سلسیوس برآورد نمود. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در تهیه مدل‌های پیش‌آگاهی کرم سیب به کار رود.

کلمات کلیدی: کرم سیب، شاخص‌های دمایی، مدل‌های خطی و غیرخطی، رشدونمو، دما.

فهرست عناوین صفحه

چکیده فارسی

فصل اول: کلیّات ۱

مقدمه ۲

فصل دوم: بررسی منابع علمی ۴

۲-۱- سیب ۵

۲-۱-۱- تاریخچه گسترش سیب ۵

۲-۱-۲- ویژگی‌های گیاه‌شناسی سیب ۶

۲-۱-۳- میزان تولید و سطح زیر کشت سیب ۶

۲-۱-۴- مواد غذایی سیب ۶

۲-۲- آفات مهم سیب ۷

۲-۲-۱- کرم سیب *Cydia pomonella* (L.) ۷

۲-۲-۲- ریخت شناسی آفت ۷

۲-۲-۳- مناطق انتشار، گیاهان میزبان، شیوه و شدت خسارت ۹

۲-۲-۴- اکولوژی کرم سیب ۱۰

۲-۲-۵- زیست شناسی صحرایی (بیواکولوژی) کرم سیب ۱۰

۲-۲-۶- اثر عوامل محیطی روی کرم سیب ۱۱

۲-۲-۶-۱- دوره نوری ۱۱

۲-۲-۶-۲- رطوبت ۱۲

۲-۲-۶-۳- دما ۱۲

۲-۲-۷- سازگاری های اکولوژیک کرم سیب ۱۳

۲-۲-۸- روش‌های کنترل ۱۳

۲-۲-۹- پیش‌آگاهی کرم سیب ۱۴

۲-۳- دما و مدل‌های دمایی ۱۵

۲-۳-۱- آستانه‌های دمایی رشد ۱۵

۲-۳-۲- نیاز گرمایی ۱۶

۲-۳-۳- ارائه‌ی مدل‌های فنولوژیک بر اساس زمان فیزیولوژیک ۱۶

۲-۳-۴- مدل‌سازی بین دما و نرخ رشدونمو حشرات ۱۶

۲-۳-۵- مدل‌های خطی ۱۸

۲-۳-۶- مدل‌های غیرخطی ۱۸

۲-۳-۷- کاربرد مدل‌های دمایی در مدیریت آفات ۱۹

۲-۳-۸- استفاده از مدل‌های دمایی در مدیریت کرم سیب ۲۰
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۲۱
۳-۱- محل جمع‌آوری نمونه‌های کرم سیب ۲۲
۳-۲- روش جمع‌آوری نمونه‌های کرم سیب ۲۲
۳-۳- تشکیل کلنی آزمایشگاهی کرم سیب ۲۳
۳-۴- پرورش آزمایشگاهی کرم سیب ۲۳
۳-۴-۱- مرحله لاروی ۲۳
۳-۴-۲- مرحله پیش‌شفیرگی و شفیرگی ۲۴
۳-۴-۳- مرحله بالغ (تامین شرایط مناسب برای جفت‌گیری و تخم‌ریزی) ۲۴
۳-۵- تاثیر دما بر طول دوره رشدونمو کرم سیب در شرایط آزمایشگاهی ۲۵
۳-۵-۱- بررسی رابطه بین دما و نرخ رشدونمو با مدل‌های خطی و غیرخطی ۲۶
۳-۵-۱-۱- مدل های خطی ۲۶
۳-۵-۱-۱-۱- مدل خطی معمولی ۲۶
۳-۵-۱-۱-۲- مدل خطی ایکموتو و تاکائی (Ikemoto & Takai, 2000) ۲۷
۳-۵-۱-۲- مدل‌های غیرخطی ۲۷
۳-۵-۱-۲-۱- مدل بریر-۱ (Briere-1) ۲۷
۳-۵-۱-۲-۲- مدل بریر-۲ (Briere-2) ۲۷
۳-۵-۱-۲-۳- مدل لاکتین-۲ (Lactin-2) ۲۷
۳-۵-۱-۲-۴- مدل لوگان-۶ (Logan-6) ۲۸
۳-۵-۱-۲-۵- مدل لوگان-۱۰ (Logan-10) ۲۸
۳-۵-۱-۲-۶- مدل پلی‌نومیال (Polynomial) ۲۸
۳-۵-۱-۳- تعیین شاخص‌های دمایی با استفاده از مدل‌های ریاضی ۲۸
۳-۵-۱-۳-۱- آستانه پایین دمای رشدونمو (t_{min}) ۲۸
۳-۵-۱-۳-۲- دمای بهینه رشدونمو (اپتیمم) (t_{opt}) ۲۹
۳-۵-۱-۳-۳- آستاته بالای دمای رشدونمو (t_{max}) ۲۹
۳-۵-۱-۳-۴- نیاز گرمایی (K) ۲۹
۳-۵-۱-۴- معیارهای انتخاب مدل ۲۹
۳-۵-۱-۴-۱- معیارهای آماری ۲۹
۳-۵-۱-۴-۱-۱- ضریب تبیین ۲۹
۳-۵-۱-۴-۱-۲- مجموع مربعات باقیمانده ۳۰
۳-۵-۱-۴-۱-۳- معیار حفظ اطلاعات آکائیکه ۳۰
۳-۵-۱-۴-۱-۴- ضریب تبیین اصلاح شده ۳۰

۳-۵-۱-۴-۲- معیارهای زیستی ۳۰

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل ۳۱
۴-۱- رشدونمو مراحل نابالغ کرم سیب در دماهای ثابت آزمایشگاهی ۳۲
۴-۲- رشدونمو جمعیت کرم سیب دماوند ۳۲
۴-۲-۱-۱- مرحله تخم ۳۲
۴-۲-۱-۲- مرحله لارو ۳۲
۴-۲-۱-۳- مرحله شفیره ۳۲
۴-۲-۱-۴- کل مراحل نابالغ ۳۲
۴-۲-۲- ارزیابی مدل ۳۳
۴-۲-۱-۱- مدل‌های خطی ۳۴
۴-۳- رشدونمو جمعیت کرم سیب ارومیه ۳۸
۴-۳-۱-۱- مرحله تخم ۳۸
۴-۳-۱-۲- مرحله لارو ۳۸
۴-۳-۱-۳- مرحله شفیره ۳۸
۴-۳-۱-۴-کل مراحل نابالغ ۳۸
۴-۳-۲- ارزیابی مدل ۴۰
۴-۳-۲-۱- مدل‌های خطی ۴۰
۴-۴- مدل‌های غیرخطی ۴۴

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و بحث ۶۰
۵-۱- تاثیر دما در رشدونمو کرم سیب ۶۱
۵-۲- تعیین آستانه پایین دما برای رشدونمو کرم سیب با استفاده از مدل‌های خطی ۶۱
۵-۳- نیاز گرمایی برای رشدونمو مراحل رشدی کرم سیب ۶۲
۵-۴- استفاده از مدل‌های غیرخطی در تخمین آستانه پایین دمای رشدونمو ۶۲
۵-۵- استفاده از مدل‌های غیرخطی در تخمین آستانه بالای دمای رشدونمو ۶۳
۵-۶- استفاده ازمدل‌های غیر خطی در تخمین دمای بهینه رشدونمو ۶۴
۵-۷- کاربرد نتایج پژوهش ۶۵
۵-۸- پیشنهادات ۶۶
منابع ۶۷

فهرست جدول ها

جدول ۴-۱- دوره رشدونمو (SE ± روز) مراحل زیستی نابالغ جمعیت کرم سیب دماوند در ۵ دمای ثابت. ۳۳

جدول۴-۲- مدل‌های رگرسیون خطی، سطح احتمال حاصل از تجزیه رگرسیون، آستانه پایین دمای رشدونمو و نیاز گرمایی مراحل نابالغ جمعیت کرم سیب دماوند، با استفاده از دو مدل خطی. ۳۵

جدول ۴-۳- دوره رشدونمو (SE ± روز) مراحل زیستی نابالغ جمعیت کرم سیب ارومیه در ۶ دمای ثابت ۳۹

جدول ۴-۴- مدل‌های رگرسیون خطی، سطح احتمال حاصل از تجزیه رگرسیون، آستانه پایین دمای رشدونمو و نیاز گرمایی مراحل نابالغ جمعیت کرم سیب ارومیه، با استفاده از دو مدل خطی. ۴۱

جدول ۴-۵- ارزیابی مدل‌های غیر خطی (بر اساس تعداد پارامترها، ضریب تبیین، مجموع مربعات باقیمانده، معیار حفظ اطلاعات آکائیکه و ضریب تبیین اصلاح شده) در مرحله تخم جمعیت کرم سیب دماوند در ۵ دمای ثابت. ۵۳

جدول ۴-۶- ارزیابی مدل‌های غیر خطی (بر اساس تعداد پارامترها، ضریب تبیین، مجموع مربعات باقیمانده، معیار حفظ اطلاعات آکائیکه و ضریب تبیین اصلاح شده) در مرحله لاروی جمعیت کرم سیب دماوند در ۵ دمای ثابت. ۵۳

جدول ۴-۷- ارزیابی مدل‌های غیر خطی (بر اساس تعداد پارامترها، ضریب تبیین، مجموع مربعات باقیمانده، معیار حفظ اطلاعات آکائیکه و ضریب تبیین اصلاح شده) در مرحله شفیرگی جمعیت کرم سیب دماوند در ۵ دمای ثابت. ۵۴

جدول ۴-۸- ارزیابی مدل‌های غیر خطی (بر اساس تعداد پارامترها، ضریب تبیین، مجموع مربعات باقیمانده، معیار حفظ اطلاعات آکائیکه و ضریب تبیین اصلاح شده) در کل دوره نابالغ جمعیت کرم سیب دماوند در ۵ دمای ثابت. ۵۴

جدول ۴-۹- ارزیابی مدل‌های غیر خطی (بر اساس تعداد پارامترها، ضریب تبیین، مجموع مربعات باقیمانده، معیار حفظ اطلاعات آکائیکه و ضریب تبیین اصلاح شده) مرحله تخم جمعیت کرم سیب ارومیه در ۵ دمای ثابت. ۵۵

جدول ۴-۱۰- ارزیابی مدل‌های غیر خطی (بر اساس تعداد پارامترها، ضریب تبیین، مجموع مربعات باقیمانده، معیار حفظ اطلاعات آکائیکه و ضریب تبیین اصلاح شده) مرحله لاروی جمعیت کرم سیب ارومیه در ۵ دمای ثابت. ۵۵

جدول ۴-۱۱- ارزیابی مدل‌های غیر خطی (بر اساس تعداد پارامترها، ضریب تبیین، مجموع مربعات باقیمانده، معیار حفظ اطلاعات آکائیکه و ضریب تبیین اصلاح شده) مرحله شفیرگی جمعیت کرم سیب ارومیه در ۵ دمای ثابت. ۵۶

جدول ۴-۱۲- ارزیابی مدل‌های غیر خطی (بر اساس تعداد پارامترها، ضریب تبیین، مجموع ۵۶

مربعات باقیمانده، معیار حفظ اطلاعات آکائیکه و ضریب تبیین اصلاح شده) مرحله شفیرگی جمعیت کرم سیب ارومیه در ۵ دمای ثابت.
جدول۴-۱۳- مقادیر برآورد شده پارامترها و شاخص‌های دمایی ۶ مدل غیر خطی برای توصیف رشدونمو مراحل نابالغ زیستی جمعیت کرم سیب دماوند در دماهای مختلف. ۵۷
جدول۴-۱۴- مقادیر برآورد شده پارامترها و شاخص‌های دمایی ۶ مدل غیر خطی برای توصیف رشدونمو مراحل نابالغ زیستی جمعیت کرم سیب ارومیه در دماهای مختلف. ۵۸

فهرست شکل‌ها ۸

شکل ۲-۱- مراحل مختلف زیستی کرم سیب و نحوه خسارت آن ۱۶
شکل ۲-۲- ارتباط بین نرخ رشد و دما در دماهای ثابت ۱۷
شکل ۳-۱- نازلو، باغ سیب دانشگاه و کارتن‌های شیاردار بسته شده به دور تنه درختان سیب ۲۲
شکل ۳-۲- بستن کارتن‌ها با طناب یا نوار چسب. ۲۲
شکل۳-۳- جداسازی لاروها و شفیره‌های کرم سیب از کارتن‌های بسته شده به دور تنه درختان ۲۳
شکل ۳-۴- دماسنج دیجیتالی Testo 175-H2 (اصلی) ۲۳
شکل ۳-۵- نگهداری لاروها و شفیره‌ها تا زمان ظهور شب پره‌های کرم سیب در آزمایشگاه ۲۴
شکل۳-۶- غذای مصنوعی آماده در ظروف پرورش انفرادی لارو در زیر هود برای انتقال لاروهای کرم سیب ۲۴
شکل ۳-۷- ظرف جفت‌گیری و تخم‌ریزی شب پره‌های کرم سیب و دستجات تخم کرم سیب ۲۵
شکل ۳-۸- بریده‌ی بستر تخم‌ریزی با تخم‌های گذاشته شده روی آن و ظروف مخصوص آزمایش تعیین دوره رشدونمو لارو ۲۵
شکل۴-۱- برازش مدل خطی معمولی روی مقادیر مشاهده شده‌ی نرخ رشدونمو مراحل زیستی نابالغ جمعیت کرم سیب دماوند در دماهای مورد بررسی. ۳۷
شکل ۴-۲- برازش مدل ایکموتو و تاکائی روی مقادیر مشاهده شده‌ی نرخ رشدونمو مراحل زیستی نابالغ جمعیت کرم سیب دماوند در دماهای مورد بررسی. ۴۲
شکل ۴-۳- برازش مدل خطی معمولی روی مقادیر مشاهده شده‌ی نرخ رشدونمو مراحل زیستی نابالغ جمعیت کرم سیب ارومیه در دماهای مورد بررسی. ۴۲
شکل ۴-۴- برازش مدل ایکموتو و تاکائی روی مقادیر مشاهده شده‌ی نرخ رشدونمو مراحل زیستی نابالغ جمعیت کرم سیب ارومیه در دماهای مورد بررسی. ۴۵
شکل ۴-۵- منحنی‌های مدل‌های غیر خطی برای پیشگویی تاثیر دما روی نرخ رشدونمو مرحله تخم جمعیت کرم سیب دماوند در دماهای بررسی شده. ۴۶
شکل ۴-۶- منحنی‌های مدل‌های غیر خطی برای پیشگویی تاثیر دما روی نرخ رشدونمو مرحله لاروی جمعیت کرم سیب دماوند در دماهای بررسی شده. ۴۷

شکل ۴-۷- منحنی‌های مدل‌های غیر خطی برای پیشگویی تاثیر دما روی نرخ رشدونمو مرحله شفیرگی جمعیت کرم سیب دماوند در دماهای بررسی شده. ۴۸
شکل ۴-۸- منحنی‌های مدل‌های غیر خطی برای پیشگویی تاثیر دما روی نرخ رشدونمو کل مراحل نابالغ جمعیت کرم سیب دماوند در دماهای بررسی شده. ۴۹
شکل ۴-۹- منحنی‌های مدل‌های غیر خطی برای پیشگویی تاثیر دما روی نرخ رشدونمو مرحله تخم جمعیت کرم سیب ارومیه در دماهای بررسی شده. ۵۰
شکل ۴-۱۰- منحنی‌های مدل‌های غیر خطی برای پیشگویی تاثیر دما روی نرخ رشدونمو مرحله لاروی جمعیت کرم سیب ارومیه در دماهای بررسی شده. ۵۱
شکل ۴-۱۱- منحنی‌های مدل‌های غیر خطی برای پیشگویی تاثیر دما روی نرخ رشدونمو مرحله شفیرگی جمعیت کرم سیب ارومیه در دماهای بررسی شده. ۵۲
شکل ۴-۱۲- منحنی‌های مدل‌های غیر خطی برای پیشگویی تاثیر دما روی نرخ رشدونمو کل مراحل نابالغ جمعیت کرم سیب ارومیه در دماهای بررسی شده. ۵۳

فصل اول

مقدمه

مقدمه

سیب یکی از محصولات با ارزش اقتصادی بالا می‌باشد که در بین سایر محصولات باغی در کشورمان با میزان تولید ۲/۷ میلیون تن معادل ۲۰/۳ درصد از کل تولیدات باغی جایگاه نخست تولید را به خود اختصاص داده است (بی‌نام، ۱۳۸۹). خاستگاه سیب، قفقاز جنوب اوراسیا و پیشینه کشت آن به ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد می‌رسد. سیب یک منبع غذایی مناسب برای میوه‌خواران و گیاه‌خوران می‌باشد به طوری که ۵۰۰ گونه حشره‌ی گیاه‌خوار بر روی آن تغذیه می‌کنند (لطفعلی‌زاده و خلقانی، ۱۳۸۹). از میان آفات سیب، کرم سیب *Cydia pomonella* (L.) مخرب‌ترین و کلیدی‌ترین آفت باغ‌های سیب در سرتاسر جهان است (Al Bitar *et al*., 2010). در تمام نقاطی از ایران نیز که کشت درختان میوه سردسیری رواج دارد این آفت نیز حضور داشته و به صورت یکی از رایج‌ترین حشرات زیان‌آور درختان میوه سردسیری کشور ما مطرح است. لاروها از دانه و برون‌بر میوه تغذیه می‌کنند و میوه‌های آلوده در اوایل رشد می‌ریزند و درمراحل بعدی اگرچه روی درخت باقی می‌مانند اما از ارزش بازاری آنها به شدت کاسته می‌شود (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۵). در صورت عدم مبارزه میزان خسارت آن به شدت بالا رفته به‌طوری‌که در برخی نقاط تا نزدیک به ۱۰۰ درصد نیز می‌رسد (رجبی، ۱۳۹۰).

در کشور ما استفاده از آفت‌کش‌ها هم‌چنان، کارآمدترین و متداول‌ترین روش مبارزه با این آفت می‌باشد به‌طوری که همه‌ساله در چند نوبت و در سطوح وسیع علیه آن سم‌پاشی می‌شود. در حال حاضر نیز امکان حذف مبارزه شیمیایی علیه این آفت کم بوده و در کنار آن باید در جهت تقویت عوامل کنترل طبیعی در باغ‌ها گام برداشت (لطفعلی‌زاده و خلقانی، ۱۳۸۹). زمانی که سم‌پاشی ساده‌ترین و موثرترین راه مبارزه با این حشره تلقی می‌شود مسئله پیش‌آگاهی مطرح خواهد شد (رجبی، ۱۳۹۰). در ارتباط با پیش‌آگاهی، مناسب‌ترین زمان سم‌پاشی علیه کرم سیب، پس از خروج لاروهای سن یک از پوسته تخم و قبل از ورود به درون میوه می‌باشد زیرا در صورت ورود آفت به داخل میوه، سم‌پاشی، نتیجه مورد انتظار را در پی نخواهد داشت، هم‌چنین رهاسازی دشمنان طبیعی مراحل تخم و لارو کرم سیب در صورتی بهترین نتیجه را خواهد داد که اطلاعات کافی از زمان حدوث مراحل تخم و لاروی این آفت وجود داشته باشد تا بر اساس این اطلاعات رهاسازی در بهترین زمان ممکن در طول سال انجام شود. بنابراین آگاه بودن از زمان ظهور مراحل زیستی کرم سیب تاثیر زیادی در کنترل شیمیایی و بیولوژیکی این آفت دارد.

درگذشته زمان اولین سم‌پاشی براساس فنولوژی درخت سیب، تله‌های نوری و فرمونی تعیین می‌شد که همه این روش‌ها به دلیل عدم آگاهی از فنولوژی کرم سیب با شکست مواجه شده و تصمیم‌گیری‌های اشتباه را به دنبال داشتند. امروزه در روش پیش‌آگاهی پیشرفته، حدوث مراحل مختلف فنولوژیک آفت با استفاده از سن فیزیولوژیک آن تخمین زده می‌شود. چون تمامی حشرات موجوداتی خونسرد هستند، نرخ رشدونمو آنها تابعی از دمای محیط است (رنجبراقدم، ۱۳۹۱ب).

با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ارائه‌ی یک راهبرد مناسب برای کنترل تلفیقی آفت کرم سیب نیازمند داشتن آگاهی جامع از زمان نشو و نمای این آفت در شرایط آب و هوایی مناطق مختلف کشور می‌باشد اما تاکنون چنین مطالعه‌ای در ایران انجام نگرفته است. در سایر کشورهای جهان نیز مطالعه‌ی جامعی در این مورد صورت نگرفته است. در صورتی که این گونه پژوهش‌ها که برای پیش‌بینی زمان رشدونمو حشرات در شرایط طبیعی استفاده می‌شوند، برای کنترل آفات بسیار مهم می‌باشند زیرا زمان‌بندی مصرف اصولی سموم را با کمترین میزان مصرف ارائه می‌دهند (Ascerno, 1991). یک مدل فنولوژیک مناسب که بتواند زمان دقیق وجود هر یک از مراحل زیستی آفت، طول دوره زندگی و میزان رشد جمعیت کرم سیب را در شرایط طبیعت پیش‌بینی کند، نیازمند مطالعات وسیعی در این زمینه می‌باشد. در نتیجه برآورد شاخص‌های دمایی موثر بر رشدونمو جمعیت‌های مختلف کرم سیب در شرایط دمای ثابت آزمایشگاه در تهیه‌ی مدل پیش‌آگاهی از دوره‌های زمانی حضور و فعالیت مراحل مختلف تخم، لارو و شفیره کرم سیب، دارای اهمیت بالایی می‌باشد.

در این پژوهش هدف اصلی، برآورد شاخص‌های دمایی موثر بر رشدونمو جمعیت‌های مختلف کرم سیب می‌باشد. برای دستیابی به این هدف بررسی‌های زیر روی نمونه‌های کرم سیب جمع‌آوری شده از استان‌های آذربایجان غربی و تهران انجام شد:

۱- تعیین آستانه پایین دمای رشدونمو و نیاز گرمایی جمعیت‌های مختلف کرم سیب به وسیله مدل خطی معمولی و مدل ایکموتو و تاکائی[1].

۲- ارزیابی و مقایسه مدل‌های غیر خطی در توصیف رشد مراحل مختلف زیستی کرم سیب و انتخاب مناسب‌ترین مدل برای تخمین آستانه‌های بالای دمای رشدونمو و دمای بهینه رشدونمو هر یک از مراحل زیستی کرم سیب.

[1] Ikemoto and Takai

فصل دوم

بررسی منابع علمی

۲-۱- سیب

۲-۱-۱ تاریخچه گسترش سیب

درخت سیب از قفقاز در جنوب اوراسیا (Eurasia) ما بین دریای خزر و دریای سیاه نشأت گرفته و از حدود ۲۰۰۰ سال پیش به چین و اروپای غربی، ۴ قرن پیش به شمال آمریکا و ۲ قرن پیش به استرالیا انتقال داده شده است. طبق مدارک موجود، ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد درختان سیب از جنگل ها و بوسیله بذر ازدیاد شده و در دهکده‌های ما قبل تاریخ کشت می‌شده‌اند. با وجود قدمت کاشت سیب و شناختی که در ایران به این درخت زیبا، با میوه مطلوب وجود داشته و در ادبیات ما از آن بسیار یاد شده است. اما تا سال‌های اخیر هیچ وقت به عنوان یک محصول اقتصادی و تجاری تلقی نمی‌شده است. این وضع در اروپا نیز تا اواسط قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ وجود داشته است. بعد از احداث راه‌های جدید و پی بردن به ارزش غذایی و بهداشتی آن و بالاخره بوجود آمدن صنایع تبدیلی، سیب به صورت یک محصول عمده‌ی اقتصادی در جهان شناخته شد. در ایران این تحول، خیلی دیر شروع شد، در واقع در طول سی سال اخیر بود که سیب به صورت تجاری در ایران کاشته و محصول آن به بازارها عرضه گردید. شاید منشاء این تحول با وارد کردن تعداد زیادی نهال‌های سیب ارقام رد و گلدن از کشور لبنان و متعاقب آن توزیع آنها بین باغداران بود، به طوری که این کار به عنوان یکی از پرسودترین حرف کشاورزی تلقی شده و تعداد زیادی از مردم بدون داشتن دانش و تجربه کافی به تولید نهال پیوندی سیب (ارقام رد و گلدن) پرداختند. متاسفانه این استقبال عامه و هجوم بی‌سابقه با مطالعه و برنامه‌ریزی صحیح همراه نبود. با وجود این به علت سودآوری بی‌سابقه، هر کس در هر پیشه‌ای به کشت درختان سیب تشویق شد. از آنجا که همزمان با این توسعه کشت و تولید، پیش‌بینی‌های لازم از نظر سرمایه‌گذاری در امر ایجاد انبارهای فنی و سردخانه و ایجاد صنایع سیب و مبارزه با آفات و بیماری‌ها و سایر عوامل مخرب آن بعمل نیامد، در نتیجه مشکلات زیادی بوجود آمد. به طور کلی در ایران روند تولید و توسعه سیب از ویژگی خاصی برخوردار است. تا سال ۱۳۴۰ میزان تولید سیب بسیار پایین بوده و پرورش سیب بیشتر جنبه تفننی و محلی داشته است اما روی آوردن باغداران به کشت و پرورش این درخت باعث ایجاد جهش قابل توجه در تولید آن شد که مرهون وارد کردن و تکثیر نهال و کاشت ارقام معروف بین‌المللی رد و گلدن دلیشز می‌باشد (لطفعلی‌زاده و خلقانی، ۱۳۸۹).

۲-۱-۲- ویژگی‌های گیاه‌شناسی سیب

درخت سیب در گروه درختان میوه‌ی دانه‌دار مناطق معتدله و سردسیری می‌باشد. این درخت جزو دانه‌زادان، نهان‌دانگان، دولپه‌ای‌ها و از طبقه Rosalis و خانواده گل‌سرخیان (Rosaceae) و زیرخانواده سیبان (Pomoiodeae) و جنس *Malus* می‌باشد. در این میوه، میان‌بر (Mesocarp) گوشتی و آبدار و درون‌بر (Andocarp) به صورت غلافی سخت، محفظه‌ای برای جا دادن دانه‌ها (کارپل‌ها) را تشکیل می دهد. برون‌بر (Pricarp) که از تغییرات بشره خارجی تخمدان تشکیل یافته، سطح خارجی میوه را تشکیل می‌دهد و برحسب گونه‌ها و ارقام نازک یا کلفت و یا به صورت‌های دیگری در بعضی ارقام سیب دیده می‌شود. در حال

حاضر حدود ۳۵ گونه مختلف از سیب در دنیا شناخته شده که بیشتر این گونه‌ها (حدود ۱۹ گونه) از نوع سیب‌های زینتی یا میوه‌ریز می‌باشند. بیشتر سیب‌های معمولی که کشت و پرورش می‌یابند از گونه‌های *Malus pumila* و *Malus sylvestris* بوده و عمدتا متعلق به جنس *M.pumila* می‌باشند که از سیب‌های معمولی اروپا مشتق شده‌اند. حداکثر باردهی درخت معمولا در سنین ۱۰ تا ۲۰ سالگی بوده و بعد از آن به تدریج تنزل می‌کند. متوسط باردهی در شرایط خوب کشور در حدود ۳۰-۲۵ تن در هکتار می‌باشد. ارقام سیب به طور کلی هتروژن یا خود ناسازگار بوده و به ندرت رقم‌های خود بارور پیدا می‌شود. سیب خاک‌های رسی شنی حاصلخیز با عمق کافی و PH خنثی یا مایل به اسیدی را می‌پسندد. در این خاک‌ها عمر باردهی طولانی‌تر شده و می‌تواند در شرایط مطلوب باغ حدود ۴۰-۳۰ سال به صورت اقتصادی محصول تولید کند در حالی که در شرایط PH بالای خاک، درختان سیب از نظر بیشتر عناصر ریزمغذی از قبیل بر، مس و منگنز دچار کمبود می‌شوند (ناصری، ۱۳۸۰). حداقل و حداکثر دمای قابل تحمل برای سیب به ترتیب ۳۰- و ۴۰+ سلسیوس ذکر شده است. گلدهی سیب معمولا همزمان با گلابی و بعد از گیلاس می‌باشد (لطفعلی‌زاده و خلقانی، ۱۳۸۹).

۲-۱-۳- میزان تولید و سطح زیر کشت سیب

میزان تولید سیب در دهه گذشته در سرتاسر جهان بیش از ۴۰ تا ۴۵ میلیون تن بوده است (FAO, 1997). طبق آخرین آمار منتشره از طرف وزارت جهاد کشاورزی در ایران نیز سیب در بین محصولات باغی در سال ۱۳۸۷ با سطح زیر کشت حدود ۲۲۹ هزار هکتار معادل ۸/۹ درصد از کل سطح زیر کشت باغ‌های کشور در جایگاه چهارم و با میزان تولید ۲/۷ میلیون تن معادل ۲۰/۳ درصد از کل تولیدات باغی در جایگاه اول قرار دارد که از این میزان، بیشترین تولید سیب همانند سطح بارور در بین استان‌های کشور به استان آذربایجان غربی با ۳۵/۲ درصد اختصاص دارد و این استان به همراه استان تهران در مجموع ۴۰/۸ درصد از کل تولید سیب کشور را به خود اختصاص داده‌اند (بی‌نام، ۱۳۸۹).

۲-۱-۴- مواد غذایی سیب

سیب یک منبع غذایی مناسب برای میوه‌خواران و گیاه‌خوران می‌باشد به طوری که ۵۰۰ گونه حشره‌ی گیاه‌خوار بر روی آن تغذیه می‌کنند. در مجارستان بیش از ۲۰۰ گونه حشره از باغ‌های سیب جمع‌آوری شده است که فقط تعداد کمی از آنها به عنوان آفات کلیدی به حساب می‌آیند (Prokopy *et al*., 1980). حدود ۱۰ درصد از مواد تشکیل دهنده سیب سیب شامل کربوهیدرات‌ها، ۴ درصد ویتامین‌ها و مواد معدنی و ۸۰ درصد آب می‌باشد. پوست و دانه میوه دارای فیبر می‌باشند. سیب شامل تمامی آمینواسیدهای ضروری و چربی‌های اشباع شده، مونو اشباع نشده و پلی اشباع نشده است (Paul & Southgate, 1978). سیب منبع اسید آسکوربیک می‌باشد که مقدار آن حدود ۶ تا ۱۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوه می‌باشد (Coultate, 1989; Besler, 1999). ویتامین‌های موجود در سیب کاروتن، تیامین، ریبوفلاوین، نیکوتینیک اسید، ویتامین E، B_6، فولیک اسید، پنتوتنیک اسید و بیوتین می‌باشند (Paul & Southgate, 1978).

۲-۲- آفات مهم سیب

فعالیت آفات مختلفی در ایران بر روی سیب گزارش شده است که اغلب آنها در مناطق مختلف مشابه می-باشند. به طور کلی آفات و بیماری‌های مهم در باغ‌های سیب عبارتند از: کرم سیب، کنه‌ها، شته‌ها، لیسه سیب، مینوزها، جوانه خوارها، شپشک‌ها، پوستخوارها، سرخرطومی سیب، چوبخوارها، زنجره سیب و از بیماری‌ها لکه سیاه سیب و سفیدک سطحی سیب، انواع شانکرها و پوسیدگی ریشه و طوقه که توسط متخصصین مختلف از جمله رجبی (۷۰، ۶۸ و ۱۳۶۵)، اسماعیلی (۱۳۸۵)، بهداد (۱۳۷۰)، اخوت (۱۳۷۲) و پیغامی (۱۳۷۲) جمع‌آوری و چاپ شده‌اند.

۲-۲-۱- کرم سیب *Cydia pomonella* (L.)

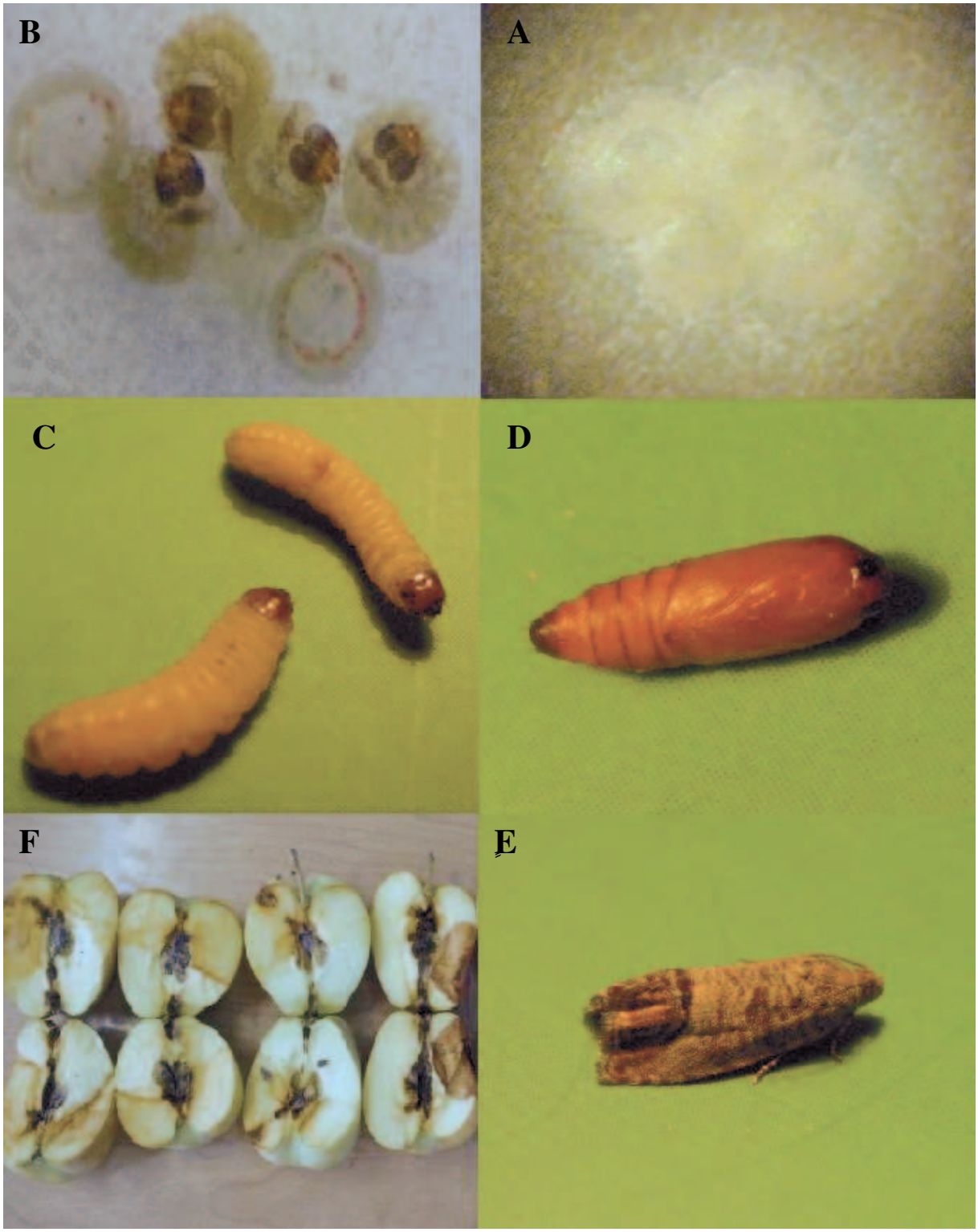
کرم سیب متعلق به شاخه Arthropoda، رده *Insecta*، زیر رده Pterygota، راسته Lepidoptera، زیر راسته Microlepidoptera، خانواده Tortricidae، زیرخانواده Olethreutinae، قبیله Laspeyresiini، جنس *Cydia* و گونه *C. Pomonella* می‌باشد.

۲-۲-۲- ریخت شناسی آفت

عرض پروانه با بال‌های باز ۲۲-۱۶ و طول بدن آنها ۱۰-۷/۵ میلی‌متر است. بال‌های رویی خاکستری و در قاعده آن یک لکه بزرگ به رنگ قهوه‌ای متمایل به خاکستری فلزی دیده می‌شود. خارج از این لکه خطوط قهوه‌ای موج‌دار عرضی به چشم می‌خورد. بال‌های زیری به رنگ قهوه‌ای روشن می‌باشند. وجه تمایز حشره کامل نر از ماده گذشته از شکل قسمت خارجی عضو جنسی وجود یک لکه مستطیلی شکل سیاه در سطح زیرین بال رویی پروانه نر است. Frenulum در پروانه نر از یک سیخک به رنگ قهوه‌ایی تشکیل شده در حالی که در پروانه ماده Frenulum به ۴-۳ سیخک مشخص تقسیم شده است.

تخم به طور محسوسی بیضوی شکل و پوسته آن به شکل بسیار ظریفی مشبک است. عرض آن ۱-۰/۹۲ و طول آن در طولانی‌ترین نقطه ۳/۱-۱/۱ میلی‌متر است. تخم تازه تشکیل شده بی رنگ و مات بوده و پس از گذشت یک سوم دوره جنینی حلقه‌ای قرمز روی آن ظاهر می‌شود. کپسول سیاه سر لارو را می‌توان یک تا دو روز قبل از تفریخ از بیرون دید.

لارو سن یک به طول ۱/۴-۱/۳ میلی‌متر و به رنگ متمایل به سفید با کپسول سر سیاه رنگ می‌باشد و با ایجاد شکافی جانبی از تخم خارج می‌شود. طول لارو پس از رشد کامل تا ۲۰/۵ میلی‌متر می‌رسد. رنگ آن سفید مات با زمینه ارغوانی کم رنگ بوده و در لاروهای نر یک جفت تخمچه به رنگ تیره در حلقه پنجم شکم (نیم حلقه پشتی) از بیرون قابل تشخیص است. پاهای شکمی دارای ۳۵-۲۸ عدد قلاب بوده در حالی که قلاب‌های پاهای مقعدی ۲۵-۱۵ عدد می‌باشد. کرم سیب معمولا دارای پنج سن لاروی است در حالی که Jenne (1909) در بررسی‌های خود مشاهده کرد که اگر لاروها از تغذیه کافی برخوردار نباشند ممکن است تا هشت سن لاروی نیز ایجاد کنند. شفیره به رنگ قهوه‌ای روشن تا قهوه‌ای تیره بوده و به طول ۱۰/۵-۸/۵ میلی‌متر است. در مفصل‌های هشتم و نهم آنها تنها خارهای ردیف بالا بجای مانده‌اند. سوراخ تناسلی در شفیره نر در بند نهم و در ماده در بند هشتم قرار گرفته است. در حالی که مخرج در هر دو در مفصل دهم قرار دارد (رجبی، ۱۳۹۰).



شکل ۲-۱- مراحل مختلف زیستی کرم سیب و نحوه خسارت آن. تخم (A)، تشکیل نوار جنینی و لاروهای سن ۱ درون تخم (B)، لاروهای سن ۵ (C)، شفیره (D)، حشره کامل (E)، از بین رفتن دانه‌های سیب و نفوذ قارچ‌های ساپروفیت به درون سیب در اثر تغذیه لاروهای کرم سیب (F) (اصلی).

۲-۲-۳- مناطق انتشار، گیاهان میزبان، شیوه و شدت خسارت

کرم سیب یکی از مخرب‌ترین آفات باغات سیب در سرتاسر جهان است (Dorn *et al*., 1999) و جزء آفات کلیدی می‌باشد (Van der Geest & Evenhius, 1991). این حشره در کشور ما از مناطق هم‌سطح دریای آزاد (نواحی جلگه‌ای گیلان و مازندران) تا مناطقی با ارتفاع ۲۶۰۰ متر در ارتفاعات مختلف به ویژه البرز مرکزی فعالیت می‌کند. در ارتباط با سیب شاید ذکر این نکته کافی باشد که هر جا که درخت سیب دیده می‌شود این حشره را نیز می‌توان یافت. به عبارتی کلی‌تر در تمام نقاطی از ایران که کشت درختان میوه سردسیری رواج دارد این آفت نیز حضور داشته و به صورت یکی از رایج‌ترین حشرات زیان‌آور درختان میوه سردسیری کشور ما مطرح است (رجبی، ۱۳۹۰).

تاکنون لاروهای این حشره در داخل میوه‌های سیب، گلابی، به، زردآلو، هلو، آلو، گیلاس، آلبالو، گردو و بادام گزارش شده است. از نظر شدت خسارت روی گیاهان مختلف سیب در درجه اول اهمیت بوده و پس از آن گلابی و به و سپس گردو قرار دارند. حشره کامل کرم سیب تخم‌های خود را به صورت انفرادی بر روی میوه یا برگ‌های نزدیک میوه می‌گذارد (Nel, 1983; Hughes *et al*. 2003). لاروها در جستجوی منبع غذایی می‌باشند و از طریق ساقه انتهایی میوه یا کاسه گل زمانی که میوه‌ها کوچک هستند و یا در طول فصل از نواحی دیگر میوه سیب، وارد آن می‌شوند (Blomefield *et al*. 1986). لاروهای نسل اول کرم سیب بر خلاف کرم به که در بهار به میوه به حمله نمی‌کند از اوایل فصل درختان به را مورد حمله قرار می‌دهد. در برخی مواقع لارو سن یک کرم سیب پوست میوه سیب را سوراخ کرده و مقداری هم به درون میوه رسوخ می‌کند ولی به هر دلیلی از ادامه کار باز مانده و روی میوه اثر آن به صورت یک برجستگی بر جای می‌ماند. لارو پس از ورود به داخل سیب ضمن تغذیه به طرف دانه پیش می‌رود. فضولات و پس مانده‌های لاروی در اوایل مسیر به طرف دانه از سوراخ ورودی به بیرون رانده شده و آنجا جمع می‌شود (رجبی، ۱۳۹۰). لاروها از دانه و برون‌بر میوه تغذیه می‌کنند و میوه‌های آلوده در اوایل رشد می‌ریزند و درمراحل بعدی اگرچه روی درخت باقی می‌مانند اما از مرغوبیت آنها به شدت کاسته می‌شود (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۵).

اگر مبارزه صورت نگیرد میزان خسارت آن به شدت بالا رفته به طوری که در نقاطی که آفت می‌تواند تا چهار نسل نیز تولید کند تا نزدیک به ۱۰۰ درصد نیز می‌رسد. هر چه ارتفاع مناطق بیشتر می‌شود میزان خسارت با توجه به کمتر شدن تعداد نسل‌ها و همچنین به دلیل محدودتر شدن فعالیت نسل‌ها کاهش می‌یابد به طوریکه میزان آلودگی سیب‌ها در نقاطی با ارتفاع ۲۲۰۰ متر ۲۷٪، ارتفاع حدود ۱۹۰۰-۱۸۵۰ متر ۳۰٪، ارتفاع ۱۶۰۰-۱۵۵۰ متر مانند بعضی کوهپایه‌های جنوبی البرز و نقاطی مانند اصفهان خسارت روی سیب‌های زودرس ۵۸- ۴۸٪ و در همان نقاط روی سیب‌های پاییزه حدود ۷۸-۷۵ درصد می‌باشد و نهایتا در نقاطی با ارتفاع حدود ۷۰ متر مانند گرگان که آفت تا چهار نسل هم می‌تواند تولید کند خسارت به ۹۸/۵ درصد می‌رسد (رجبی، ۱۳۹۰).