

## کاربرد و ارزیابی مدل درجه-روز برای پیش‌بینی بهترین زمان کنترل و سم‌پاشی کرم سیب (*Cydia pomonella*). مطالعه موردی: چناران

مهدی حلمی جدید<sup>۱</sup>، محمد موسوی بایگی<sup>۲\*</sup>، حسین صادقی نامقی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکترای هواشناسی کشاورزی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

### چکیده

یکی از کاربردهای هواشناسی ارتباط آن با جامعه گیاهی و آفات در علم کشاورزی است. فنولوژی کرم سیب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آفات درختان دانه‌دار که هر ساله خسارت‌های بسیاری به باغداران وارد می‌کند، وابستگی زیادی به دمای محیط دارد. این تحقیق باهدف استفاده از متغیر دما و ارائه یک مدل درجه-روز برای تعیین بهترین و مؤثرترین زمان سم‌پاشی جهت حداکثر صدمه به لاروهای کرم سیب و در نتیجه کاهش خسارت، افزایش سلامت میوه و حفظ محیط‌زیست اجرا شده است. بدین منظور تله‌های فرمونی از نوع دلتا به همراه دیتالاگر دما در باغ گلایی به مساحت ۶ هکتار واقع در روستای صفی‌آباد چناران و در سه تیمار (الف: بدون سم‌پاشی، ب: سم‌پاشی در تاریخ‌های پیشنهادی مدل و ج: سم‌پاشی اختیاری و تجربی توسط کشاورز) در سال ۱۳۹۸ نصب گردیدند. اولین شکار پروانه نر در تله‌ها به‌عنوان تاریخ بیوفیکس و شروع محاسبات درجه-روز در نظر گرفته شد. با شمارش تعداد پروانه‌های به دام افتاده در طول زمان، داده‌های دیتالاگر و نمونه‌برداری از تعداد تخم‌های تفریخ شده، دستورهای سم‌پاشی در تاریخی که بیشترین آسیب به آفت وارد می‌شود ابلاغ و در تیمار مربوطه اجرایی گردید. نتایج نشان‌دهنده سه نسل کامل و یک نسل ناقص کرم سیب در چناران می‌باشد و مدل درجه-روز و داده‌های تله‌ها ۵ مورد سم‌پاشی را پیشنهاد کرده است. درصد تأثیر تیمار سم‌پاشی شده در تاریخ‌های پیشنهادی نسبت به تیمار بدون سم‌پاشی ۷۸/۵ درصد بود. باوجود اینکه تیمار تجربی کشاورز ۲ مرحله بیشتر سم‌پاشی داشته است، درصد تأثیر این تیمار نسبت به تیمار بدون سم‌پاشی ۴۹/۷ درصد است. بنابراین سم‌پاشی طبق مدل علاوه بر کاهش تعداد سم‌پاشی‌ها و هزینه‌های کشاورز و خسارت به محیط‌زیست باعث افزایش کارایی و کاهش خسارت برای باغداران نیز خواهد شد.

**کلید واژه‌ها:** کرم سیب، درجه-روز، بیوفیکس.

## مقدمه

داده‌های دمایی قابل‌استفاده و کاربردی نمی‌باشد و باید با اطلاعاتی شامل جمعیت آفت و نمونه‌برداری‌ها از مراحل مختلف زندگی آن تکمیل و کنترل گردد تا بتوان از آن استفاده کرد و سم‌پاشی یا کنترل بیولوژیک را در آسیب‌پذیرترین مرحله زندگی آفت انجام داد. تله‌های فرمون جنسی در کنار مدل درجه-روز یکی از کاربردی‌ترین روش‌های یافتن بهترین زمان مبارزه با کرم سیب است. جهت مشخص نمودن زمان ظهور هر نسل از آفت و تغییرات جمعیت آن می‌توان از سه شاخص تله فرمونی، فنولوژی گیاه و مجموع درجه حرارت‌های ثبت شده استفاده کرد (اسدی و همکاران، ۱۳۸۰). از دیگر اطلاعاتی که برای تعیین بهترین زمان مبارزه استفاده می‌شود، اوج‌های پروازی است که با توجه به پروانه‌های شکار شده توسط تله‌های فرمونی به دست می‌آید (Keil et al. 2001).

باتوجه به اینکه لارو کرم سیب بلافاصله بعد از تفریح تخم به داخل میوه نفوذ می‌کند و خسارت‌های زیادی که این آفت هر ساله به باغداران وارد می‌کند، تعیین بهترین زمان مبارزه نقش بسیار مهمی در کاهش خسارت این آفت کلیدی دارد. در تعیین بهترین زمان مبارزه علاوه بر مدل درجه-روز از تله‌های فرمونی نیز استفاده می‌شود. فرمون‌ها حاوی ماده‌ای است که پروانه‌های ماده را به خود جذب می‌کند. امروزه فرمون‌ها در سطح گسترده‌ای به‌منظور پایش، پیش‌آگاهی، اختلال در جفت‌گیری و شکار انبوه استفاده می‌شود (Charmillot et al. 2002; Wang et al. 2002). بررسی‌های مرتبط با بیواکولوژی حشرات بالغ، محققین دریافتند که پروانه‌های نر کرم سیب به‌طرف تله‌های حاوی فرمون جنسی ماده جذب می‌شوند (Hill and Gouraly. 2002). با نصب تله‌های فرمونی و نمونه‌برداری توسط آن‌ها می‌توان تغییرات جمعیت کرم سیب را به‌منظور تعیین بهترین زمان مبارزه استفاده کرد (Alston et al. 2010).

مؤلفه اصلی استراتژی‌های مدیریت تلفیقی آفات<sup>۱</sup>، مطالعه و درک الگوهای ظهور و فن‌آوری آفات در مزرعه است (Welch et al. 1978; Prues. 1983; Cravedi and Jorge. 1995; Cross and Berrie. 2001). تعیین بهترین زمان مبارزه علاوه بر اینکه باعث افزایش کارایی سم‌پاشی یا

سیب به‌عنوان یکی از میوه‌های دانه‌دار بالاترین سطح تولید محصولات باغی را در ایران دارا می‌باشد (اسدی، ۱۳۸۰). علاوه بر سیب، گلابی و به نیز اهمیت بالایی در محصولات باغی دارند. با توجه به آمارنامه رسمی جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۳ در کشور ۳/۱۱ میلیون تن سیب تولید شد که بالاترین میزان در بین تولیدات محصولات باغی بوده است (آمارنامه رسمی سازمان جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳). با توجه به اهمیت کشاورزی در اقتصاد کشور و همچنین اهمیت باغ و محصولاتی نظیر سیب در زنجیره غذایی، انجام پژوهش‌های کاربردی در راستای افزایش عملکرد و کاهش خسارت‌های سالانه به این محصول ضروری می‌باشد.

تحقیقات نشان داده که حشرات بیشترین عامل ایجاد آفات کشاورزی هستند. محیا شدن شرایط برای حضور آفات، رشد روزافزون جمعیت، نیاز آن‌ها به غذا و عدم امکان افزایش سطح زمین‌های زراعی منجر به استفاده از عواملی کنترلی در برابر آفات به‌منظور جلوگیری از کاهش عملکرد محصولات زراعی و باغی در واحد سطح شده است (Barens et al. 1991). کرم سیب مهم‌ترین آفت درختان سیب و گلابی است که در تمام باغ‌های سیب دنیا و ایران وجود دارد و همواره خسارت‌های فراوانی را به باغداران وارد می‌کند (Shojaei et al. 2000; Damos et al. 2015; Charmillot et al. 1996). این آفت علاوه بر سیب بر میزبان‌های دیگری مانند به، گلابی، زردآلو، خرمالو، گردو؛ گوجه، آلو، آلبالو، بادام و انار نیز می‌تواند خسارت وارد کند (رجبی، ۱۳۸۵). کرم سیب تخم خوار است و لارو آن بعد از نفوذ به میوه به سمت دانه حرکت می‌کند و خصوصاً اگر در اوایل تشکیل میوه به آن وارد شود باعث ریزش می‌شود (Fallahzadeh et al. 2000).

حشرات موجودات خون‌سردی هستند و حیات و فنولوژی آن‌ها کاملاً وابسته به دمای محیط است. بنابراین از میزان حرارت برای پیش‌بینی ظهور هر مرحله رشد آن‌ها می‌توان استفاده کرد. در روشی که درجه-روز نام دارد، با جمع‌کردن مقدار دمای مؤثری که آفت در یک روز به دست می‌آورد، می‌توان به یک مدل برای پیش‌بینی فنولوژی و مراحل آفت دست یافت (سراج، ۱۳۹۰). این مدل تنها با استفاده از

دارد که بیشتر فعالیت نسل سوم روی میزبان دوم یعنی درخت گردو است. (اسدی و همکاران، ۱۳۸۰).

با توجه به مطالعاتی که در ایران با استفاده از مدل درجه-روز و اطلاعات تله‌های فرمونی بر روی کرم سیب انجام شده است، تعداد نسل این آفت برای منطقه جلگه‌ای ۴ و برای منطقه مرتفع‌تر ۲ نسل گزارش شده است. همچنین این مطالعات نشان داد کرم سیب در منطقه کرج دو نسل و در منطقه شیروان سه نسل دارد. در این پژوهش‌ها مشخص شد که در مناطق دشت و گرمسیر ظهور و رسیدن به پیک پروازی در کرم سیب سریع‌تر رخ داده و خسارت آن نیز زیادتر است. لذا زمان مبارزه در این مناطق نسبت به کوهپایه و مناطق سردسیر زودتر شروع می‌شود (اسدی و همکاران، ۱۳۸۵ و رجبی و همکاران، ۱۳۸۲ و رجبی، ۱۳۷۶).

در مطالعه‌ای که دانش نیا و همکاران به‌منظور تعیین زمان مناسب سم‌پاشی کرم سیب با استفاده از تله فرمونی و درجه حرارت مؤثر در منطقه خازریان فارس انجام دادند به این نتیجه رسیدند که دو نسل کامل و یک نسل ناقص از این آفت در منطقه وجود دارد. همچنین بهترین زمان مبارزه شیمیایی هم‌زمان با خروج لاروهای سن اول و تجمع ۱۷۵ درجه-روز تعیین گردید. در این پژوهش مجموعه درجه-روزهای لازم برای تکمیل یک نسل در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ به ترتیب ۷۶۶/۵ و ۷۷۰ درجه-روز به دست آمد (دانش نیا و همکاران، ۱۹۳۱). همچنین در مطالعه‌ای که به منظور تعیین زمان کنترل، زمان ظهور حشرات کامل و دوره فعالیت این آفت در باغ آزمایشی در شهرستان بوانات استان فارس انجام شد، با توجه به داده‌های هواشناسی و همچنین بازدید زمان خروج لاروها، مدل درجه-روز تهیه شد. محاسبات این پژوهش نان داد برای ظهور لاروهای نسل اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۵۵، ۷۲۰ و ۱۳۳۶ درجه-روز دما نیاز است. براساس نتایج این مطالعه زمان کنترل لاروهای نسل اول در سال ۱۳۸۷ ۲۰ الی ۲۵ اردیبهشت، نسل دوم ۱۶ الی ۲۰ تیر و نسل سوم ۲۰ الی ۲۵ مرداد اعلام شد (امیری و همکاران، ۱۳۹۳).

در مطالعه کت (Kot. 2010) که با استفاده از تله‌های فرمونی و داده‌های دمایی در لهستان انجام شد، مشخص شد که حداکثر جمعیت نسل اول در ده روز دوم یا سوم ژوئن مشاهده می‌شود، درحالی‌که در نسل دوم در ده روز اول

کنترل می‌شود و خسارت را کاهش می‌دهد، خسارت به محیط‌زیست و هزینه‌ها را نیز با کم کردن استفاده از سموم کاهش می‌دهد (Damalas and Eleftherohorinos. 2011). در اثر استفاده درازمدت از حشره‌کش‌ها، کرم سیب به سموم شیمیایی مقاوم شده است (Bush et al. 1993). در باغ‌ها همواره موجودات مفیدی هستند که به مبارزه علیه آفات اقدام می‌کنند. این موجودات دشمنان طبیعی هستند که با سم‌پاشی‌ها همواره خسارت می‌بینند و افزایش سم‌پاشی‌ها به زیان آن‌هاست (Keliiae. 2009). بنابراین ارائه یک مدل جهت تعیین بهترین زمان مبارزه جهت کاهش خسارت، مصرف سموم و حفظ محیط‌زیست ضروری می‌باشد. مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی فنولوژی و زمان مبارزه با آفات در دنیا استفاده می‌شود اما به دلیل تأثیر زیادی که دما بر فنولوژی حشرات دارد، اکثر مدل‌هایی که توسعه حشرات را توصیف می‌کنند، با استفاده از مدل‌های دمایی ساخته شده است (Damos and Savopoulou-Soultani. 2012a; 2012b). در استراتژی‌های مدیریت تلفیقی آفات بسیاری از محققان مدل فنولوژی باتوجه به درجه-روز را به‌عنوان کاربردی‌ترین روش در کنترل و مدیریت آفاتی نظیر کرم سیب دانسته‌اند (Ahmad et al. 1995; Samietz et al. 2007; Knight. 2007; Barros-Parada et al. 2015).

اسدی و همکاران در پژوهشی بیان نمودند که اولین ظهور نسل زمستان‌گذران کرم سیب در منطقه سپیدان استان فارس به علت سردسیر بودن در ششم فروردین ۱۳۸۱ و مجموعه حرارتی معادل ۲۷ درجه-روز بوده است. باتوجه به نتایج این مطالعه دستور سم‌پاشی با رسیدن به ۹۶۰ درجه-روز صادر شده و انجام گرفته است. در این مطالعه از دماسنج ثابت و دمای حداقل و حداکثر استفاده نمودند و درجه-روز را از تاریخ اولین شکار پروانه‌های نر در تله‌ها، که به‌عنوان ثابت زیستی شناخته می‌شود محاسبه کردند. دمای پایه ۱۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد و با استفاده از شمارش تله‌ها مشخص نمودند که در هر درجه-روز دریافتی چه تعداد پروانه به دام افتاده است و سپس با توجه تعداد شکار انجام‌شده اقدام به تطبیق درجه حرارت و نتایج خود کردند. آن‌ها با استفاده از تله فرمونی و محاسبه درجه حرارت مشخص نمودند که کرم سیب در منطقه سپیدان سه نسل

مبارزه شیمیایی است که بر اصل مطالعه بیولوژی آفت، بررسی فنولوژی گیاه و مطالعات اثرات آب و هوایی در روند زیستی آفت و گیاه میزبان استوار می باشد ( Park and Foster. 1998). لذا هدف اصلی این پژوهش تعیین بهترین زمان سم پاشی در هر نسل این آفت به منظور کاهش تعداد سم پاشی و افزایش کارایی آن نشان داده شده است.

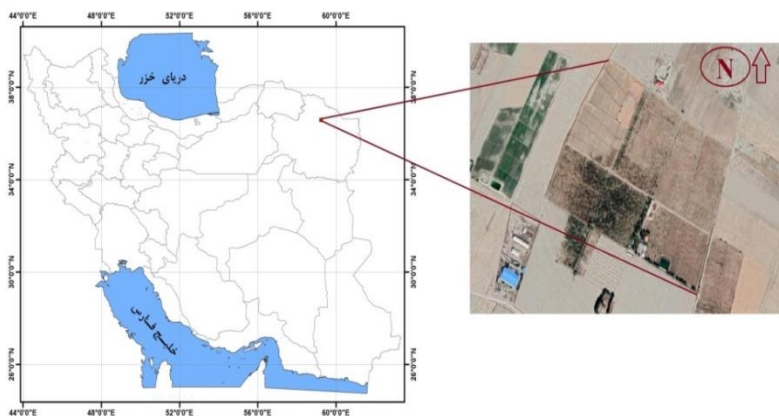
### مواد و روش ها

منطقه مطالعاتی شامل یک باغ درختان دانه دار در روستای صفی آباد در فاصله ۶ کیلومتری شهر چناران واقع در خراسان رضوی است و مساحت آن ۲۵ هکتار است که هر ساله خسارت قابل توجهی از کرم سیب می بیند. باغ دارای درختانی با سن های مختلف می باشد. این باغ در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۷ دقیقه شرقی و ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی واقع شده است. ارتفاع این باغ حدود ۱۱۲۸ متر از سطح دریا می باشد و موقعیت آن در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.

باغ موردنظر به سه بخش تقسیم شد. بخش اول قسمتی که طبق تاریخ های محاسبه شده سم پاشی و مبارزه با کرم سیب صورت گرفته است. بخش دوم قسمتی که توسط تاریخ های تجربی و پیشنهادی کشاورز سم پاشی صورت گرفته است و بخش سوم قسمتی است که هیچ گونه مبارزه و سم پاشی صورت نگرفته است. این قسمت با شرایط مشابه قسمت های قبلی بوده و کشاورز تمایلی به اجرای سم پاشی نداشته است. در شکل ۲ بخش های منتخب نشان داده شده است.

آگوست به وقوع می پیوندد. در این مطالعه پرواز پروانه از زمانی شروع شد که مجموع درجه حرارت های مؤثر ۱۰۹/۲-۱۴۵/۲ درجه-روز سانتی گراد بوده و میانگین دمای روزانه ۱۷/۲-۱۲/۳ درجه سانتی گراد بود. در مطالعه ای که بلومفیلد و همکاران (Blomefield and Giliomee. 2009) انجام دادند، نشان دادند که سرعت توسعه و رشد مراحل تخم، لارو و شفیرگی کرم سیب در دماهای ثابت ۱۵، ۱۷، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد تعیین شد. در این مطالعه آستانه دمای پایینی برای مرحله جنینی، لارو و شفیرگی به ترتیب ۱۱/۱، ۷/۹ و ۹/۹ درجه سانتی گراد به دست آمد و مقدار دمای لازم با دمای پایه ۱۰ درجه سانتی گراد برای تکمیل مرحله جنینی، لاروی و شفیرگی به ترتیب ۸۰/۱، ۳۴۵/۵ و ۲۸۰/۰ درجه-روز سانتی گراد محاسبه شد ( Blomefield and Giliomee. 2009). در مطالعه ای در اقلیم مدیترانه ای یونان انجام شد، اولین شکار پروانه های نر در ۲۵۰-۳۰۰ درجه روز اتفاق افتاد و جمعیت آفت در حدود ۴۷۰ درجه-روز به اولین پیک خود رسید. اولین پروانه های نر نسل دوم در ۹۰۰-۸۵۰ درجه روز به دام افتادند و پیک پروازی این نسل در حدود ۱۱۳۰ درجه-روز به وقوع پیوست. در نسل سوم آفت نیز اولین پروانه های نر در ۱۵۰۰ درجه-روز به دام افتادند و پیک پروازی این نسل در حدود ۱۸۱۵ درجه-روز به وقوع پیوست. در این مطالعه مقیاس درجه-روز بر اساس فارنهایت بوده است و تاریخ های سم پاشی و کنترل با توجه به پیک های پروازی اعلام شده است ( Damos et al. 2018).

اولین و حساس ترین موضوع در امر کنترل و جلوگیری خسارت ناشی از حمله آن به محصولات، تعیین بهترین زمان



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی باغ مورد مطالعه



شکل ۲- قسمت‌های مختلف باغ: a قسمت سم‌پاشی شده در تاریخ‌های به‌دست‌آمده (a<sub>1</sub>: ۳۰ ساله، a<sub>2</sub>: ۸ ساله)، b قسمت سم‌پاشی شده در تاریخ‌های تجربی کشاورز (b<sub>1</sub>: ۳۰ ساله، b<sub>2</sub>: ۸ ساله) و c قسمت بدون سم‌پاشی (c<sub>1</sub>: ۳۰ ساله، c<sub>2</sub>: ۸ ساله)

رفتاری ایجاد می‌کند. در این مورد فرمون جنسی ماده استفاده‌شده که جذب‌کننده حشره نر کرم سیب است. در تاریخ ۱۰ اسفند ۱۳۹۷ تعداد شش تله در قسمت دو هکتاری باغ بافاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر و در ارتفاع ۱/۵ متری نصب شد. تله‌ها هر ۵ روز یک‌بار رصد شدند، قسمت انتهایی آن هر بار پاک‌سازی شده و فرمون‌های جنسی نیز طبق دستورالعمل هر یک ۲۵ روز تعویض گردید.

بیوفیکس در واقع یک نقطه مهم بیولوژیکی است که از آن برای اندازه‌گیری بقیه مراحل رشد حشرات استفاده می‌شود (Alston, 2006). تله‌هایی که در اسفندماه سال ۱۳۹۶ در باغ گلابی گذاشته شد مرتباً رصد گردید تا بتوان تاریخ اولین پروانه‌های نر به دام افتاده را ثبت کرد. محاسبات درجه-روز از این تاریخ آغاز می‌شود و زمان مبارزه و مراحل فنولوژی آفات کاملاً وابسته به تاریخ بیوفیکس می‌باشد. داده‌های دمایی که از دیتالاگر به‌دست‌آمده شامل دمای ساعتی در طول روز می‌باشد. این داده‌ها با توجه به اینکه تخمین دقیقی از میانگین دمای روزانه می‌دهد، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در جهت شناسایی و پیش‌بینی تاریخ مراحل فنولوژی کرم سیب بدهد. بنابراین طبق رابطه (۱) درجه-روز دریافتی کرم سیب از تاریخ برداشت تا زمان برداشت میوه در باغ محاسبه شد.

$$GDD = \sum (T_{mean} - T_{base}) \quad (1)$$

داده‌هایی که در این پژوهش استفاده شده است شامل داده‌های دمایی باغ و داده‌های تله‌های فرمونی است. برای به دست آوردن داده‌های دمایی در باغ موردنظر از دیتالاگر مدل Marmonix MT-34 استفاده شد. این دیتالاگر دما را در باغ داخل یک جعبه اسکرین استاندارد قرار گرفت تا شرایط ثبت دما کاملاً مشابه با شرایط باغ باشد. تنظیمات این ترموگراف به شکلی انجام شد که به‌صورت ساعتی دما را اندازه‌گیری کند و این امر موجب افزایش دقت کار در باغ موردنظر شود. ضمناً دقت آن با توجه به نصب در مجاورت یک داماسنج دقیق جیوه‌ای سنجیده و کالیبراسیون انجام گرفت.

یکی از مهم‌ترین اطلاعات موردنیاز برای پژوهش و پیشنهاد بهترین تاریخ مبارزه، داده‌هایی است که از تله‌های فرمونی استخراج می‌شود. این داده‌ها شامل تاریخ بیوفیکس و تعداد پروانه‌های به دام افتاده است. تاریخ بیوفیکس اولین پرواز پایدار پروانه‌های کرم سیب در منطقه و باغ می‌باشد که با به دام افتادن اولین پروانه در تله به دست می‌آید و ثبت می‌شود. تعداد پروانه‌های به دام افتاده نیز با شمارش پروانه‌ها در تله‌ها ثبت شده است. تله‌های دلتا، تله‌هایی مثلثی شکل هستند که مقطع پایینی آن‌ها آغشته به ماده‌ای چسبناک یا همان چسب مایع می‌شود. برای جذب پروانه‌ها از فرمون جنسی کرم سیب استفاده شد. فرمون‌ها موادی هستند که از یک فرد ترشح‌شده و در فرد یا افراد دیگری از همان‌گونه پاسخ‌های

تفریخ شده و سم‌پاشی باید صورت گیرد. شایان ذکر است با توجه به جمعیت بالای این آفت تخم‌گذاری و تفریخ تخم در تاریخ‌هایی قبل از این تاریخ نیز انجام می‌شود. اما به دلیل محدودیت‌ها و ضرورت استفاده کمتر از سموم باید مبارزه در یک تاریخ کلیدی انجام شود تا بیشترین ضربه به آفت وارد شود. در نسل‌های بعد نیز از پیک پروازی و نمونه برداری استفاده شده است. در واقع با رصد تعداد پروانه‌های به دام افتاده درمی‌یابیم که در چه زمانی پروانه‌ها در اوج پرواز و در نتیجه تخم‌گذاری هستند. این تاریخ بسیار بااهمیت بوده و در کاهش خسارت نقش اساسی دارد. تخم‌های گذاشته شده در این تاریخ بعد از چند روز تفریخ شده و لاروها به سمت دانه حرکت می‌کنند. لذا زمان تفریخ تخم‌ها بررسی شده و زمانی که تعداد آن‌ها به ۵۰ درصد برسد، دستور سم‌پاشی صادر می‌گردد.

هرساله تعدادی از میوه‌های درختان به دلایل تغذیه‌ای، بیماری و آفات ریزش پیدا می‌کند. با بررسی میوه‌های ریخته شده پای درخت می‌توان به نتایج مفیدی در رابطه با ارزیابی تحقیق حاضر دست پیدا کرد. لذا برای ارزیابی میزان خسارت و کارایی مدل از میوه‌های ریخته شده پای درختان استفاده شده است. که این میوه‌ها به دو بخش میوه‌های سالم و میوه‌های آلوده تقسیم می‌شود. شمارش میوه‌ها در چهار مرحله انجام گرفته است. مرحله اول ۲۵ خرداد (بعد از سم‌پاشی‌های نسل اول)، مرحله دوم ۵ مرداد (بعد از سم‌پاشی نسل دوم)، مرحله سوم ۱۰ شهریور (بعد از سم‌پاشی نسل سوم) و مرحله چهارم در ۲۵ شهریور. نرمال بودن داده‌های به‌دست‌آمده ابتدا با استفاده از روش کولموگراف-اسمیرنوف<sup>۱</sup> و توسط نرم‌افزار SPSS، نسخه ۱۹ مورد آزمون قرار گرفت. سپس با استفاده از فرمول (رابطه ۲ و ۳) درصد میوه‌های سالم و درصد تأثیر هر یک از تیمارها نسبت به تیمار شاهد (تیمار بدون سم‌پاشی) محاسبه گردید (حاتمی، ۱۳۷۰). در این محاسبات از مجموع میوه‌های ریخته شده پای پنج درخت در هر تیمار استفاده شده است.

$$= \text{درصد میوه‌های} \quad (5)$$

$$100 \times \frac{A}{B} \text{ سالم}$$

در این رابطه GDD مقدار درجه روز تجمعی در طول فصل رشد،  $T_{\text{mean}}$  میانگین دمای ۲۴ ساعته و  $T_{\text{base}}$  دمای پایه است.

برای محاسبه دمای پایه ابتدا یک مرحله خاص از زندگی آفت انتخاب شده است (در این مطالعه زمان تخم‌گذاری تا تفریخ تخم). سپس تعدادی ۱۰ عدد تخم کرم سیب در ۶ اتاقک که دمای آن تحت کنترل می‌باشد و ثبت می‌شود نگهداری شد. در این شرایط تعداد روز لازم برای تفریخ تخم در هر دما ثبت شد و سرعت رشد در هر دما با توجه به رابطه ذیل به دست آمد.

$$V = \frac{1}{D} \quad (2)$$

در رابطه ۲:  $V$  سرعت رشد و  $D$  تعدادی روزی است که تخم تفریخ شده است.

در هر دمایی، یک سرعت رشد به‌دست‌آمده است و باید دید در چه دمایی سرعت رشد صفر و نزدیک به صفر است. بدین منظور یک نمودار رسم شده و با دست آوردن معادله خط، دمایی که در آن سرعت رشد صفر است (دمای پایه) محاسبه شده است. در محور مختصات دما را در محور  $x$  ها و سرعت رشد را در محور  $y$  ها رسم و معادله خط را با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel به دست آورده‌ایم. این معادله به شکل رابطه (۳) می‌باشد که اگر این رابطه را برابر صفر قرار دهیم ( $y=0$ )، دمای پایه طبق رابطه (۴) به دست خواهد آمد.

$$y = ax - b \quad (3)$$

$$T_{\text{base}} = \frac{b}{a} \quad (4)$$

در روابط ۳ و ۴:  $a$  شیب خط،  $b$  عرض از مبدأ و  $T_{\text{base}}$  دمای پایه است.

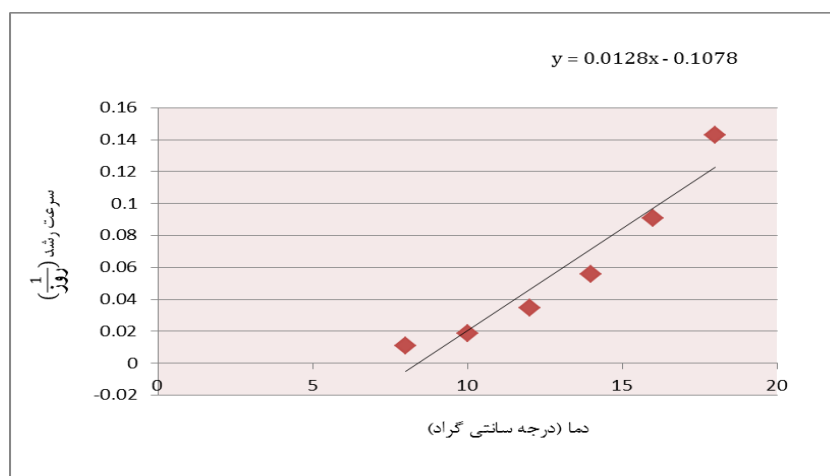
فرمون‌های جنسی باعث جذب پروانه‌های نر کرم سیب و به دام افتادن آن‌ها در تله‌ها می‌شود. پایش و رصد آن‌ها اطلاعات مهمی از اوج پرواز و اوج تخم‌گذاری، می‌دهد. اطلاعات مربوط به تعداد پروانه‌ها در فاصله پنج روزی به‌صورت تعداد میانگین پروانه‌های به دام افتاده کرم سیب در ۶ تله نصب‌شده در باغ ذخیره و مورد استفاده قرار گرفت. کمی قبل از رخ دادن اولین پیک پروازی تعداد ۳۰ عدد تخم کرم سیب جمع‌آوری و در همان محیط باغ و با دما و شرایط کاملاً مشابه، مرتباً رصد شد. زمانی که تخم‌های تفریخ شده به ۱۵ عدد رسید، تاریخی است که ۵۰ درصد از تخم‌ها

## نتایج و بحث

اولین گام برای انجام محاسبات به دست آوردن دمای پایه بود. نمودار ترسیم شده در شکل ۳ سرعت رشد در دماهای متفاوت را به همراه معادله خط آن نشان می‌دهد. طبق معادله خط اگر  $y$  را برابر صفر قرار دهیم، مقدار  $x$  (دمایی که در آن سرعت رشد حدود صفر می‌باشد)  $8/4$  به دست خواهد آمد. این مقدار دما برای کل محاسبات به‌عنوان دمای پایه در نظر گرفته شده است.

$$(6) \text{ درصد تأثیر} = \frac{b-k}{100-k} \times 100$$

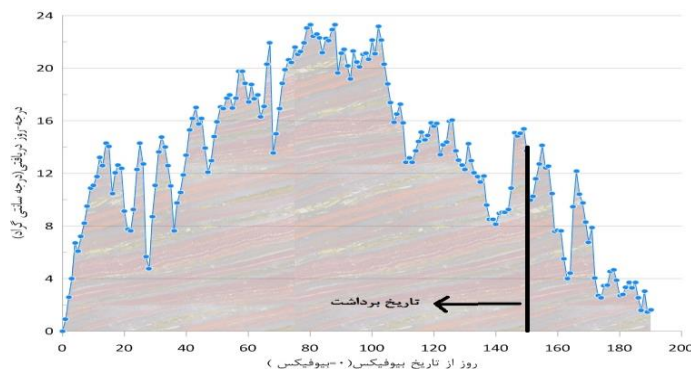
در رابطه ۵ و ۶: A تعداد میوه‌های سالم در هر کرت، B تعداد میوه‌های سالم و کرمی (آلوده) همان کرت، b درصد میوه‌های سالم در تیمار سم‌پاشی و k درصد میوه‌های سالم در تیمار شاهد (سم‌پاشی نشده) است. درصد تأثیر در دو قسمت محاسبه شده است. اول مقایسه تیمار سم‌پاشی شده در تاریخ‌های تجربی کشاورز با تیمار سم‌پاشی نشده. دوم سم‌پاشی باتوجه به تاریخ‌های پیشنهادی و به‌دست‌آمده توسط مدل فنولوژی با تیمار سم‌پاشی نشده.



شکل ۳- نمودار سرعت رشد کرم سیب در دماهای مختلف (تخم‌گذاری تا تفریح تخم)

اطلاعات هواشناسی که پیش‌بینی تاریخ‌های مهم فنولوژی بسیاری از آفات را میسر می‌کند، داده‌هایی دمایی می‌باشند. لذا در باغ موردپژوهش میانگین دمای روزانه که به روش میانگین‌گیری ۲۴ ساعته می‌باشد و در ادامه درجه-روز دریافتی کرم سیب در هر روز طبق اشکال ۴ به‌دست‌آمده است.

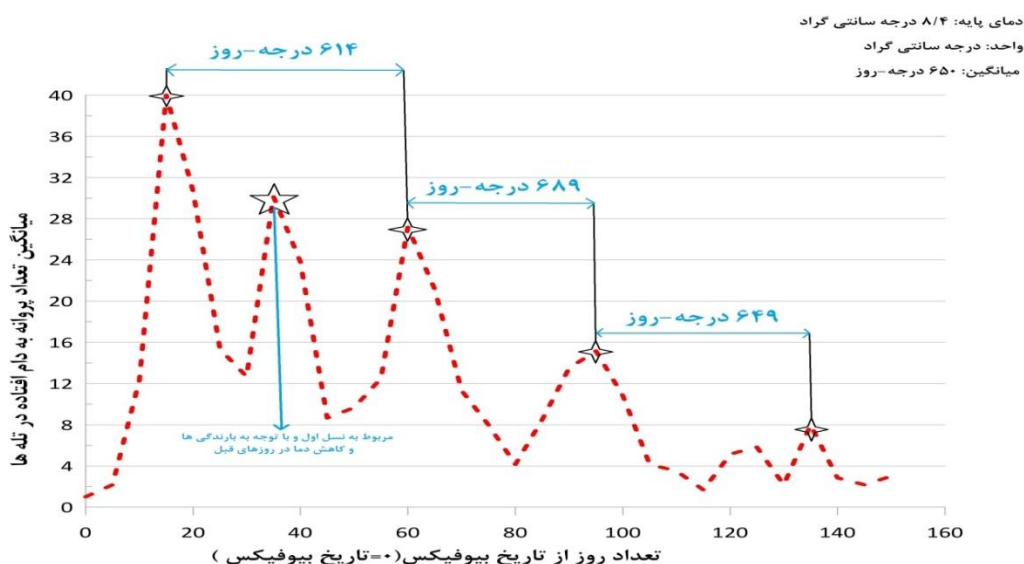
در تاریخ ۵ اردیبهشت ۱۳۹۷ اولین پروانه‌ها در تله‌های دلنا مشاهده شدند. این تاریخ به‌عنوان تاریخ بیوفیکس تعیین گردید. داده‌های دینالاگر نشان داد در این تاریخ دمای هوا هنگام غروب خورشید به حدود ۶۲ درجه فارنهایت (۱۶/۶ درجه سانتی‌گراد) نزدیک شده و میانگین روزانه دمای منطقه به حدود دمای پایه (۸/۴ درجه سانتی‌گراد) رسیده و روند آن نیز در روزهای بعد افزایشی بوده. یکی از مهم‌ترین



شکل ۴- درجه-روز کرم سیب در باغ گلابی با دمای پایه ۸/۴ درجه سانتی‌گراد (روز صفر = تاریخ بیوفیکس)

تا زمان برداشت گلابی در شکل ۵ نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد روند تغییرات جمعیت به چه شکل و پیک‌های پروازی در چه تاریخی به وقوع پیوسته است.

پیشنهاد تاریخ مناسب مبارزه و کنترل سبب وابسته به اطلاعاتی است که از تله‌ها به دست می‌آید تا بتوان در نهایت باتوجه به داده‌های دمایی یک مدل را پیشنهاد نمود. بنابراین جمعیت پروانه‌های به دام افتاده در تله‌ها از تاریخ بیوفیکس



شکل ۵- تعداد پروانه‌های به دام افتاده در تله‌ها از تاریخ بیوفیکس (روز صفر= تاریخ بیوفیکس)

بیوفیکس (۳ تیر ۱۳۹۷) پیک پرواز نسل دوم رخ داده است. به همین ترتیب در روز ۹۵ ام بعد از بیوفیکس (۷ تیر ۱۳۹۷) پیک پرواز نسل سوم مشاهده گردید. در شهریورماه روند دما در منطقه کاهشی بوده و تأثیر بسزایی در پایین بودن جمعیت آفت و کند شدن مراحل مختلف چرخه زندگی آفت دارد. با این وجود یک پیک پروازی با جمعیت پایین در ۱۳۵ روز بعد از بیوفیکس نیز ثبت شد. تاریخ‌های سم‌پاشی و مبارزه با توجه به پیک‌های پروازی و تعداد تخم تفریخ شده انتخاب شد. این تاریخ مصادف با ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۸ می‌باشد. جدول ۴-۱۰ تاریخ‌های سم‌پاشی در هر نسل را نشان می‌دهد.

چهار پیک پروازی در تله‌های فرمونی مشاهده می‌شود. که این چهار پیک نمایانگر سه نسل کامل و یک نسل ناقص کرم سبب در باغ گلابی می‌باشد. پیک‌های پروازی مصادف با بیشترین زمان جفت‌گیری و تخم‌گذاری روی میوه است. نکته بسیار مهم توجه به زمان تفریخ تخم است که باید دید در چه زمانی بیشتر تخم‌هایی که گذاشته شده‌اند در حال تفریخ می‌باشند تا مبارزه و کنترل صورت گیرد. پیک پروازی نسل اول در ۱۵ روز بعد از بیوفیکس (۲۰ اردیبهشت) به وقوع پیوسته است. از روزهای ۲۰ الی ۳۰ ام بعد از بیوفیکس بارندگی‌هایی در منطقه مطالعاتی اتفاق افتاده است که باعث کاهش میانگین دما و درجه-روز و در نتیجه پایین آمدن جمعیت پروازی شده است. بالا رفتن جمعیت در روز ۳۵ و ۴۰ ام بعد از بیوفیکس به دلیل افزایش دما و محیا شدن شرایط برای تبدیل شدن لاروهای زمستان‌گذران به حشره بالغ است. لذا این قسمت نمودار نیز مربوط به نسل اول بوده و درجه-روز دریافتی هنوز برای ظهور نسل جدید کافی نیست. در روز ۶۰ ام بعد از



جدول ۱- مشخصات تاریخ‌های سم‌پاشی در باغ گلابی (۱۳۹۸)

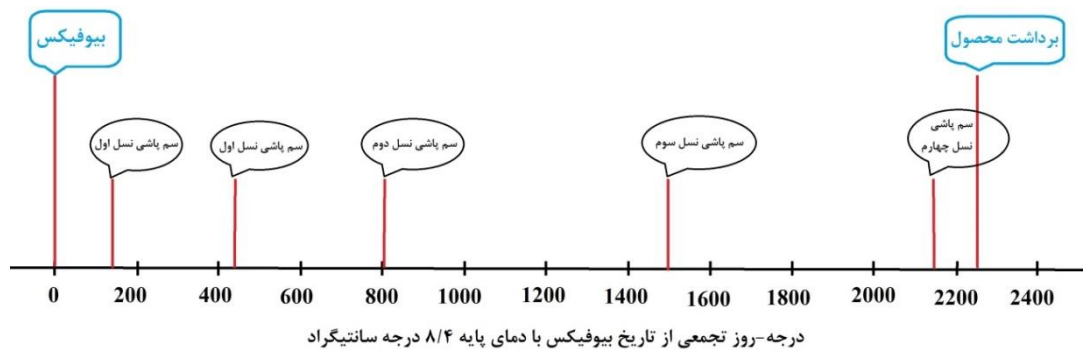
درجه-روز (درجه سانتی‌گراد)	تعداد روز بعد از بیوفیکس	تاریخ وقوع	نوع رخداد	
۱۱۹	۱۵	۱۵ اردیبهشت	پیک پروازی	نسل اول
۱۶۸	۱۹	۲۴ اردیبهشت	سم‌پاشی اول	
۳۴۳	۴۲	۱۶ خرداد	سم‌پاشی دوم	
۷۱۶	۶۰	۳ تیر	پیک پروازی	نسل دوم
۸۰۴	۶۵	۸ تیر	سم‌پاشی	
۱۴۲۲	۹۵	۷ مرداد	پیک پروازی	نسل سوم
۱۵۰۵	۹۸	۱۰ مرداد	سم‌پاشی	
۲۰۷۲	۱۳۵	۱۶ شهریور	پیک پروازی	نسل چهارم
۲۱۴۸	۱۴۲	۲۳ شهریور	سم‌پاشی	

در مطالعه مشابه دیگری در منطقه خازریان فارس که توسط دانش نیا و همکاران (۱۳۹۱) صورت گرفت، بهترین زمان مبارزه شیمیایی با کرم سیب توأم با خروج لاروهای سن اول و تجمع ۱۷۵ درجه-روز (با دمای پایه ۱۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. امیری و همکاران (۱۳۹۳) نیز زمان کنترل لاروهای نسل اول در سال ۱۳۸۷ را در فاصله بین ۲۵-۲۰ اردیبهشت، نسل دوم ۲۰-۱۵ خرداد و نسل سوم را ۱۵-۱۲ مرداد در بوانات فارس تعیین کردند. این تاریخ‌ها برای سال بعد به ترتیب ۱۹-۱۲ خرداد، ۲۰-۱۶ تیر و ۲۵-۲۰ مرداد تعیین شد.

باتوجه به تخمین بهترین تاریخ‌های سم‌پاشی، پیشنهاد کنترل و سم‌پاشی برای کرم سیب در منطقه چناران و استان خراسان به صورت شکل ۶ ارائه می‌شود. بدیهی است این تاریخ با توجه به بالا بودن یا پایین بودن جمعیت کرم سیب می‌تواند حدودی می‌باشد، اما با توجه به محاسبه تاریخ با استفاده از میانگین‌ها (سم‌پاشی در زمانی که ۵۰ درصد تخم‌ها تفریخ شود)، می‌تواند راه بسیار اثربخش و با دقت بالایی برای کنترل کرم سیب و کاهش خسارت باشد.

در هر سال و در نسل آخر کرم سیب معمولاً تعداد زیادی تخم کرم سیب گذاشته می‌شود و جمعیت قابل ملاحظه‌ای از این آفت به صورت زمستان گذران در بهار به عنوان نسل اول آفت در سال بعد ظهور پیدا می‌کنند. به دلیل اینکه این آفت در مکان‌های مختلفی مانند پوسته درختان، آشغال‌های باغ و ... زمستان گذرانی می‌کند، ظهور نسل اولش در سال بعد در بازه زمانی طولانی‌تری اتفاق می‌افتد که به خوبی در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به جمعیت بالای آفت برای نسل اول دو مرحله سم‌پاشی جهت کاهش خسارت صورت گرفته است. در نسل‌های بعد نیز مانند نسل اول زمانی که ۵۰ درصد تخم‌ها با نمونه‌برداری بعد از پیک پرواز تفریخ شدند، سم‌پاشی انجام شد. تا یک مدل دمایی برای زمان مبارزه به دست آید.

حسین زاده و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای مشابه با استفاده از مدل درجه-روز و تله‌های فرمونی، زمان مناسب سم‌پاشی را در منطقه ارومیه اعلام نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که مشابه منطقه چناران در این منطقه نیز سه نسل کامل کرم سیب وجود دارد. ظهور اولین پروانه‌ها در این منطقه در دهه سوم فروردین‌ماه، اوج پیک طی سه نسل متوالی به ترتیب، دهه سوم اردیبهشت، دهه دوم تیرماه و دهه دوم مرداد به وقوع پیوسته است. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد بهترین زمان مبارزه شیمیایی با کرم سیب در نسل اول ۵-۷ روز بعد از پیک پروازی و برای نسل دوم و سوم ۴-۵ روز بعد از پیک پروازی است.

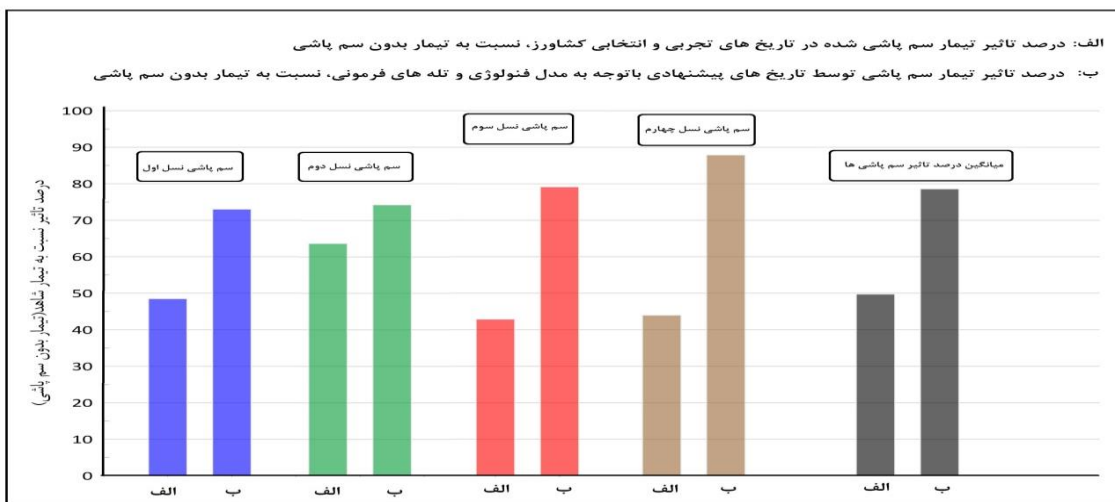


شکل ۶- مدل زمان مبارزه و سم پاشی کرم سیب در منطقه مطالعاتی با استفاده از مدل درجه-روز از تاریخ بیوفیکس

از سم پاشی انجام شده در تاریخ‌های پیشنهادی مدل بوده است.

تمامی درصد تأثیرها در چهار تاریخ ذکر شده مرحله اول ۲۵ خرداد (بعد از سم پاشی‌های نسل اول)، مرحله دوم ۵ مرداد (بعد از سم پاشی نسل دوم)، مرحله سوم ۱۰ شهریور (بعد از سم پاشی نسل سوم) و مرحله چهارم در ۲۵ شهریور. محاسبه گردیده است. نرمال بودن داده‌های به دست آمده ابتدا که با استفاده از روش کولموگراف-اسمیرنوف و توسط نرم افزار SPSS، نسخه ۱۹ مورد آزمون قرار گرفته بود تأیید شد. شکل ۷ درصد تأثیر تیمارها را نسبت به تیمار بدون سم پاشی نشان می‌دهد.

برای ارزیابی مدل فنولوژی و مؤثر بودن تاریخ‌های پیشنهادی برای سم پاشی از ضریب تأثیر استفاده شده است. این ضریب در واقع نشان می‌دهد که عملکرد در تیمار مورد نظر نسبت به تیمار شاهد چند درصد تأثیرگذار بوده است. با توجه به اینکه سه تیمار (تیمار سم پاشی در تاریخ‌های پیشنهادی، تیمار سم پاشی در تاریخ‌های مدنظر کشاورز و تیمار بدون سم پاشی) برای آزمایش در نظر گرفته شده است، لذا در دو مرحله درصد تأثیر محاسبه گردید. اول درصد تأثیر تیمار سم پاشی در تاریخ‌های پیشنهادی نسبت به تیمار بدون سم پاشی و دوم درصد تأثیر تیمار سم پاشی در تاریخ‌های مدنظر کشاورز نسبت به تیمار بدون سم پاشی. شایان به ذکر است تعداد سم پاشی‌های مدنظر کشاورز که در باغ صورت گرفته است هفت مرحله یعنی دو مرحله بیشتر



شکل ۷- الف: درصد تأثیر تیمار سم پاشی در تاریخ‌های تجربی کشاورز نسبت به تیمار بدون سم پاشی ب: درصد تأثیر تیمار سم پاشی در تاریخ‌های پیشنهادی با توجه به تله‌های فرمونی و مدل فنولوژی نسبت به تیمار بدون سم پاشی

در بخش کشاورزی که کمتر به آن توجه شده است، ارتباط بین هواشناسی، آفات و بیماری‌های گیاهی است که می‌تواند به مدیریت در بخش‌های زراعی، باغ‌ها، آفات و بیماری‌ها کمک شایانی بکند. باتوجه به اینکه نتایج تحقیق به‌صورت میدانی و میانگینی از وضعیت آفت در شهرستانی از خراسان رضوی که مساحت بالایی از درختان دانه‌دار در آن هستند، حاصل شده است، می‌توان از آن برای نمونه‌های اقلیمی مشابه و بخش‌های زیادی از استان استفاده کرد. همان‌گونه که مدل‌های مشابهی در باغ‌های دنیا در حال استفاده است، مدل نهایی به‌دست‌آمده و تاریخ‌های سم‌پاشی نیز می‌تواند کمک بسیاری به باغداران در زمینه کنترل آفت کرم سبب بکند. نتایج این پژوهش نشان داد در صورت سم‌پاشی اصولی و در تاریخ‌های مشخص حتی با کاهش تعداد سم‌پاشی‌ها، به چه میزان می‌توان خسارت را کاهش داد و گام مؤثری در راستای کاهش اثرات مخرب بر سلامت انسان و محیط‌زیست برداشت.

### منابع

1. Ahmad, T. R., M. A. Ali, and B. Sh Hamad. "Using degree-days model to determine the optimum spray timing for the codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lep., Olethreutidae)." *Journal of Applied Entomology* 119.1-5 (1995): 143-144.
2. Alston, D. 2006. Codling moth (*Cydia pomonella*). Utah pest's fact sheet, Utah State University, Ent-13-06, Available on: [www.utah.pests.usu.edu](http://www.utah.pests.usu.edu). (Accessed November 30, 2006).
3. Alston, D., Murray, M. and Reding, M. 2010. Codling moth (*Cydia pomonella*). Utah state University Extension and Utah Plant pest Diagnostic Laboratory. 13: 1-7.
4. Amiri, R., Shojaaddini, M., Motazedian, N. and Zibayee, K. 2014. Degree-day and pheromone traps in control timing of codling moth, *Cydia pomonella* L.

شکل ۷ نشان می‌دهد سم‌پاشی در تاریخ‌های صحیح چه میزان می‌تواند به کاهش خسارت کمک کند. سم‌پاشی‌های تجربی کشاورز که به‌صورت تجربی و در تاریخ‌های مدنظر باغداران منطقه انجام می‌شد ۵۰ درصد تأثیرگذاری نسبت به عدم سم‌پاشی دارد. این در حالی است که سم‌پاشی در تاریخ‌های پیشنهادی که با توجه به تله‌های فرمونی و مدل فنولوژی به‌دست‌آمده است توانسته نسبت به تیمار شاهد (بدون سم‌پاشی) نزدیک به ۸۰ درصد تأثیرگذار باشد. یا به‌بیان‌دیگر می‌توان گفت مدل فنولوژی و تاریخ‌های سم‌پاشی صحیح توانسته تا حدود ۸۰ درصد خسارت را کاهش دهد. درصد تأثیر سم‌پاشی در تاریخ‌های پیشنهادی این پژوهش و تاریخ‌های تجربی در سم‌پاشی نسل دوم تا حدودی نزدیک به هم بوده و دلیل آن برمی‌گردد به سم‌پاشی کشاورز که نزدیک به تاریخ سم‌پاشی نسل دوم با توجه به مدل فنولوژی و تله‌های فرمونی بوده. نتایج تحقیق نشان‌دهنده اهمیت سم‌پاشی و کنترل در زمان صحیح است. درواقع با سم‌پاشی در زمانی که بیشترین خسارت به آفت وارد می‌شود، نه تنها خسارت میوه و محصول کاهش پیدا می‌کند، بلکه تعداد سم‌پاشی‌ها کاهش پیدا می‌کند.

رنجبر اقدم و عطاران (۱۳۹۴) که کارایی کنترل بیولوژیک با استفاده از زنبور پارازیتوئید را برای کاهش خسارت کرم سبب بررسی نمودند، از تله‌های فرمونی، پیک‌های پروازی و تاریخ تفریح تخم برای زمان مناسب رهاسازی زنبورها استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار کنترل بیولوژیک و سم‌پاشی شیمیایی که باتوجه به تاریخ‌های به‌دست‌آمده از تله‌های فرمونی به دست آمدند، به ترتیب ۴۷/۷۶ و ۵۰/۷۳ درصد خسارت کمتر از تیمار شاهد داشته‌اند.

### نتیجه‌گیری

یکی از خطراتی که امروزه موجودات زنده و علی‌الخصوص سلامت انسان‌ها را به خطر می‌اندازد، استفاده بیش‌ازحد از سموم است که علاوه بر افزایش هزینه‌های کشاورزان، خطراتی برای محیط‌زیست، دشمنان طبیعی و همچنین مقاوم شدن آفات را در پی دارد. یکی از کاربردهای علم هواشناسی

- Carolina. Journal of Economic Entomology, 86: 660-666.
11. Charmillot, P. J., Pasquier, D., Scalco, A. and Hofer, D. 1996. Studies on the Control of the Codling moth *Cydia pomonella* L. using attractant insecticide. Mitteilungen der Schweizerische Entomologischen Gesellschaft, 69: 431-439.
  12. Charmillot, P. J., Pasquier, D. and Hofer, D. 2002. Control of codling Moth *Cydia pomonella* by Autosterilisation. IOBC WPRS Bulletin, 25(9): 117-120.
  13. Cravedi P., Jorge E., 1995.- Special challenges for IFP in stone and soft fruit. International conference on integrated fruit production.- Bulletin OILB/srop, 19: 48-56.
  14. Cross J. V., Berrie A. M., 2001.- Integrated pest and disease management in apple production, pp. 2.1-2.94. In: The best practice guide for UK apple production.- Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), Horticulture Research International, Farm Advisory Services Team Ltd, ADAS, Worldwide Fruit/Qualytech, UK.
  15. Damalas C. A., Eleftherohorinos I. G., 2011.- Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators.- International Journal of Environmental Research and Public Health, 8: 1402-1419.
  16. Damos P., Savopoulou-soultani M., 2012a.- Microlepidoptera of economic significance in fruit production: challenges, constraints and future perspectives for integrated pest management, pp. 75-113. In: Moths: types, ecological significance and control methods (CAUTERUCCIO L., Ed.).- Nova Science Pub Inc, New York, USA.
  - (Lepidoptera: Olethreutidae). Agricultural pest management 1(2): 34-40.
  5. Asadi, Gh., Alich, M., Zebayi, K. and Mosalaei, K. 2001. Use Degree-Days to determine time for chemical control for *Cydia pomonella* in Sepidan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 98 pp.
  6. Asadi, Gh., Gholami, M. R. and Lakzayan, A. 2009. Study of seasonal population of *Cydia pomonella* and best time for chemical control in Shirvan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 3: 71-78.
  7. Barros-Parada, W., Knight, A. L., and Fuentes-Contreras, E. (2015). Modeling codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) phenology and predicting egg hatch in apple orchards of the Maule Region, Chile. Chilean journal of agricultural research, 75(1), 57-62.
  8. Barends, B. N. O. 1991. Banded fruit weevil in deciduous fruit orchards of the SouthWestern, Cape; historical review and background. Stellenbosch: Navorsingsinstituut vir Vrugte en Vrugtetgnologie, Fruit and fruit technology research institute, 3pp.
  9. Blomefield, T. L., and Giliomee, J. H. (2009). Development rates of the embryonic and immature stages of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), at constant and fluctuating temperatures. African Entomology, 17(2), 183-191.
  10. Bush, M. R., Yai, A. A. and Rock, G. C. 1993. Parathion resistance and esterase activity in Codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) from North

- time to control *Cydia pomonella* L. (Lep., Tortricidae) in apple orchards using sex pheromone traps and degree-day method in Urumia. *Journal of Entomological Research*, 9(2): 173-184.7
25. Keil, S., GU, H. and Doren, S. 2001. Response of *Cydia pomonella* to selection on mobility: laboratory evaluation and field verification. *Ecological Entomology*, 26: 495-501.
26. Keliäie, R. 2009. Adverse effects of eight combinations of insecticides used against apple wines, the creation of high blight and apple fruit. *Journal of Plant Pests and Diseases*, 77: 128-115.
27. Knight A. L., 2007. Adjusting the phenology model of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Washington state apple orchards.- *Environmental Entomology*, 36: 1485-1493.
28. Kot, I. (2010). Monitoring of codling moth (*Cydia pomonella* L.) in apple orchards using two methods. *Journal of plant protection research*, 50(2), 220-223.
29. Park, S. C. and Foster, S. P. 1998. Comparative sex pheromone – associated behavior of *Planotortix notophae* (Lep: Tortricidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 1(1): 91-98.
30. Prues K. P., 1983- Day-degree methods for pest management. *Environmental Entomology*, 12: 613-619.
31. Rajabi, G. R. 1985. Insects Attacking of Rosaceous Fruit Trees in Iran. Iranian Research Institute of Pest and Disease of Plant, Tehran. 209 p.
32. Rajabi, G. R., Malmir, A. and Naderian, H. 2006. Comparative study of number of generation, flight span and population
17. Damos P., Savopoulou-soultani M., 2012b.- Temperature driven models for insect development and vital thermal requirements.- *Psyche*, 2012: 123405.
18. Damos, P., Colomar, L. A. E., and Ioriatti, C. (2015). Integrated fruit production and pest management in Europe: the apple case study and how far we are from the original concept?. *Insects*, 6(3), 626-657.
19. Damos, P. T., Kouloussis, N. A., and Koveos, D. S. (2018). A degree-day phenological model for *Cydia pomonella* and its validation in a Mediterranean climate. *Bull. Insectol*, 71, 131-142.
20. Daneshnia, S. N., Alich, M. and Heidari, B. 2012. Determining the appropriate spray time for *Cydia pomonella* (Lep.: Tortricidae) in apple orchards using sex pheromone and degree day in Khanehzenyan, Fars. *Plant Protection Journal*, 4: 44-37.
21. Fallahzadeh, M. M., Shojaei, M., Tabrizian, V. and Ostovan, H. 2000. The effect of the color of the trap, trap type, dose per capsule formulated pheromone traps and high efficiency of pheromone traps in apple moth *Cydia pomonella* (Lep.: Tortricidae). *Journal of Agricultural Sciences*, 6 (1121): 90-77.
22. Hatami, B. 1992. Manual for field Trials in plant protection. 233 pp.
23. Hill, R. L and Gouraly, A. H. 2002. Host rang testing, introduction and establishment of *Cydia succedana* (Lep: Tortricidae) for biological control of gorse, *Ulex europaeus* in New Zealand. *Journal of Academic Press Biological Control*, 25: 173-186.
24. Hosseinzadeh, J., Farazmand, H., Majdiafshar, M. and Abasi Chobtarash, m. 2015. Determining the appropriate spray

- Journal of Stored Products Research, 38: 441-453.
39. Welch S. M., Croft B. A., Brunner J. F., Michels M. F., 1978.- PETE: an extension phenology modeling system for management of multi-species pest complex.- Environmental Entomology, 7: 487-494.
- density of codling moth in walnut and apple orchards in various altitudes of Iran. Journal of Pest and Disease of Plants, 2: 1-12.
33. Ranjbar Aghdam, H. and Ataran, M. R. 2015. Biological control of *Cydia pomonella* (L.) using parasitoid wasps *Trichogramma embryophagum* Based on forecasting model time and temperature. Journal of Biological control of pests and plant diseases, 3(2): 87-69.
34. Samietz, J., Graf, B., Höhn, H., Schaub, L., and Höpli, H. U. (2007). Phenology modelling of major insect pests in fruit orchards from biological basics to decision support: the forecasting tool SOPRA. EPPO bulletin, 37(2), 255-260.
35. Seraj, A. A. 2011. Principles of Plant Pests Control. Shahid Chamran University Press, Ahvaz, 711pp.
36. Shojaei, M. M., Esmaeili, H., Ostovan, A. R., Khadaman, M., Daniali, M., Hosseini, Y., Asadi, M., Sedighfar, M. A., Koroshnezhad, A. A., NasrAllahi, Y., Labafi, M., Azma, F., Ghavam, V. and Honarbakhsh, S. 2000. Integrated management of potato cream and other pests of pome fruits. Journal of Agricultural Sciences, 6 (2 (122)): 45-15.
37. Statistical annual review of Razavi Khorasan agricultural section. 2012. Agricultural Jihad organization of Khorasan Razavi, Vice President of planning and Economic Affairs, the office of agricultural statistics and information. 219 pp.
38. Wang, S., Ikediala, J. N., Tang, J. and Hansen, J. D. 2002. Thermal death kinetics and heating rate effects for fifth-instar codling moths *Cydia pomonella* (L.).