

کنترل بیولوژیک کرم سیب با استفاده از زنبور پارازیتوئید *Trichogramma embryophagum* بر مبنای مدل پیش‌آگاهی ساعت - درجه

۱. حسین رنجبر اقدم*؛ ۲. محمدرضا عطاران

۱. استادیار، بخش کنترل بیولوژیک، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران

۲. استادیار، آزمایشگاه تحقیقات کنترل بیولوژیک، معاونت تحقیقات برنج کشور، تهران

(تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۲ - تاریخ تصویب: ۹۳/۱۱/۵)

چکیده

کرم سیب، *Cydia pomonella*، آفت کلیدی باغ‌های سیب است. در این پژوهش، کارایی سوش بومی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma embryophagum* در کنترل بیولوژیک کرم سیب، ضمن تعیین دقیق زمان رهاسازی زنبورها با استفاده از مدل پیش‌آگاهی از فنولوژی بر مبنای ساعت - درجه سلسیوس، در کنار تیمار کنترل شیمیایی و شاهد در یک باغ سیب ارزیابی شد. همچنین، ضمن تعیین بیوفیکس کرم سیب با استفاده از تله‌های فرمونی، دمای محیط به منظور محاسبه مجموع گرمای مؤثر تأمین شده ثبت شد. براساس داده‌های دمایی و با توجه به مدل پیش‌آگاهی فنولوژیک، مناسب‌ترین زمان‌ها برای رهاسازی سوش انتخاب‌شده زنبور به منظور کنترل بیولوژیک کرم سیب تعیین شد. رهاسازی زنبور تریکوگراما در پنج مرحله برای دو نسل کرم سیب انجام شد. نتایج ارزیابی کارایی روش کنترل بیولوژیک در مقایسه با کنترل شیمیایی نشان داد که بین تیمارهای یادشده در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این در حالی است که شدت خسارت آفت در تیمار شاهد در مقایسه با هر دو تیمار ذکرشده بیشتر بود. همچنین، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در زمان برداشت سیب مشخص شد، خسارت کرم‌خوردگی میوه‌ها در تیمارهای کنترل بیولوژیک و شیمیایی به ترتیب ۴۷/۷۶ و ۵۰/۷۳ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. در نهایت، براساس یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که کنترل بیولوژیک مطلوب کرم سیب با استفاده از زنبور پارازیتوئید *T. embryophagum*، در صورت رعایت مسائل فنی موضوع، از مرحله انتخاب اکوتیپ‌های بومی مؤثر تا کاربرد و در نهایت، ارزیابی برنامه امکان‌پذیر است.

کلیدواژگان: تریکوگراما، کارایی، کنترل بیولوژیک، کرم سیب، مدل فنولوژیک.

شده است (Al Bitar et al. 2010). در تمام نقاط ایران که کشت درختان میوه سردسیری رواج دارد، این آفت نیز به‌عنوان یکی از رایج‌ترین حشره‌زبان‌آور درختان

مقدمه

کرم سیب *Cydia pomonella* (L.) مخرب‌ترین و کلیدی‌ترین آفت باغ‌های سیب در سراسر جهان معرفی

ریزش گلبرگ‌ها و فنولوژی میوه سیب پایه‌گذاری شد (Radjabi 1986). این مدل‌ها به دلیل تنوع میزبان‌ها، تنوع ارقام هر میزبان و عکس‌العمل خاص هر میزبان و رقم به ویژگی‌های اقلیمی زیستگاه‌های مختلف به‌ویژه ارتفاع محل از سطح دریا، قابل تعمیم به تمام مناطق نبود (Ranjbar Aghdam 2009). پژوهشگران دیگری از انواع تله‌های نوری، طعمه‌ای و فرمونی برای تعیین اوج فعالیت این آفت استفاده کردند و نوارهای چین‌دار مقوایی برای تعیین زمان خروج حشرات کامل از شفیره استفاده شد (Oloumi-Sadeghi and Esmaili 1980, Radjabi 1986). از طرف دیگر با توجه به اینکه در گذشته اثبات شده بود که نرخ رشد کرم سیب به‌طور عمده متأثر از دمای محیط است (Rock and Shaffer, 1983) و مقدار این نرخ برای هر یک از مراحل نابالغ کرم سیب تابعی از دما است (Riedl, 1983). بر این اساس مشخص شده است که میزان رشد هر یک از مراحل زیستی کرم سیب نسبت به سن تقویمی (براساس روزها) می‌تواند با دقت بیشتری با واحد سن فیزیولوژیک، یعنی روز - درجه یا ساعت - درجه بیان شود (Taylor, 1981, Tauber et al., 1986). همچنین، مدل‌های فنولوژیک با استفاده از نتایج حاصل از تعیین سن فیزیولوژیک برای پیش‌آگاهی از زمان ظهور مراحل زیستی کرم سیب ارائه شد (Falcon and Pickel 1976, Falcon et al. 1976, Geier and Briese 1978, Riedl and Croft 1978, Rock and Shaffer 1983, Dastqeb and Seyedoleslamy 1988, Setyobudi 1989, Pitcairn et al. 1992, Howell and Neven, 2000). همه این مدل‌ها به‌منظور تعیین بهترین زمان سم‌پاشی برای کنترل کرم سیب به‌کار گرفته شده‌اند. در ادامه مدلی برای پیش‌آگاهی از حدوث هر یک از مراحل فنولوژیک کرم سیب بر مبنای محاسبه مجموع گرمای مؤثر ساعتی (Growing Degree Hours) ضمن اعتبارسنجی مدل در شرایط صحرایی ارائه شد (Ranjbar Aghdam 2009).

از گذشته، مطالعه و بررسی در مورد امکان کنترل بیولوژیک کرم سیب با استفاده از زنبورهای پارازیتوئید، به‌ویژه زنبورهای جنس *Trichogramma* همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است (Mashhadi Jafarloo et

میوه سردسیری حضور دارد (Esmaili et al. 1993). در صورت کنترل‌نکردن این آفت، شدت خسارت آن به‌شدت بالا می‌رود، به‌طوری که ممکن است در برخی نقاط تا ۹۰ درصد (Esmaili 1991) یا به نقلی، نزدیک به ۱۰۰ درصد (Radjabi 1986) نیز برسد. کرم سیب در ایران از مناطق هم‌سطح دریا (نواحی جلگه‌ای گیلان و مازندران) تا مناطقی با ارتفاع ۲۶۰۰ متر (در بند سرشمشک از نواحی کوهستانی شمال تهران) مشاهده شده است (Radjabi 1986). سیمای اکولوژیک دوره زندگی کرم سیب (Codling Moth) بازتابی از سازگاری‌های آن به دما، عرض جغرافیایی و اقلیمی منطقه‌ای است که در آن، دوره‌های گرما و سرمای طبیعت را تجربه می‌کند. دوره زندگی کرم سیب بر اثر سازگاری‌های دمایی مراحل زیستی فعال و در حال دیابوز آن و واکنش به دوره نوری تنظیم می‌شود (Ranjbar Aghdam 2009). این آفت هر ساله در ایران درختان میوه میزبان، به‌ویژه درختان سیب را با جمعیت چشمگیری مورد حمله قرار می‌دهد و خسارت آن از سطح زیان اقتصادی تجاوز می‌کند؛ بنابراین، این آفت به‌صورت آفت کلیدی مطرح شده است و کنترل تلفیقی آن الزامی است (Radjabi 1986). تعداد نسل این آفت با نزدیک شدن به مناطق مستقر در عرض‌های جغرافیایی جنوبی در نیمکره شمالی و برعکس با نزدیک شدن به مناطق شمالی در نیمکره جنوبی افزایش می‌یابد. بنا به عقیده Radjabi (1986) نکته‌ای که باید در بررسی‌های مربوط به تعداد نسل و سایر ویژگی‌های بیولوژیک کرم سیب مد نظر باشد، وجود نژادهای محلی است. به‌عبارت دیگر باید به این نکته اندیشید که آیا کرم سیب مربوط به ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر با نژادهای مربوط به مناطق جلگه‌ای، دارای ویژگی‌های بیواکولوژیک یکسانی است؟ بر همین اساس، وجود تفاوت در سازگاری‌های بوم‌شناختی جمعیت‌های مختلف کرم سیب مستقر در مناطق مختلف ایران به‌ویژه سازگاری‌های دمایی بین جمعیت‌ها تأیید شده است (Ranjbar Aghdam et al. 2009 a&b, Ranjbar Aghdam 2013).

مدل‌های پیش‌آگاهی کرم سیب در ایران از سال ۱۳۴۴ توسط دواچی و اسماعیلی به‌منظور کاستن دفعات سم‌پاشی برای کنترل کرم سیب بر اساس میزان

مواد و روش‌ها

محل انجام پژوهش

این پژوهش در باغ سیبی، به وسعت بیش از ۱۲۵ هکتار مستقر در منطقه سربندان شهرستان دماوند واقع در استان تهران، با موقعیت جغرافیایی 35° و $38'$ ، $6/65''$ شمالی و $26/14'$ ، $14'$ و 52° شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۲۱۴۹ متر انجام شد.

پرورش سوش بومی زنبور تریکوگراما

در این تحقیق براساس مستندات موجود در پژوهش‌های قبلی، زنبور تریکوگرامای انتخاب شده به منظور پرورش و رهاسازی گونه *Trichogramma embryophagum* (Hartig, 1838) بود. سوش بومی گونه یادشده، از باغ‌های سیب منطقه انجام پژوهش جمع‌آوری و نام گونه آن به کمک بخش رده‌بندی حشرات مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور تأیید شد. پرورش انبوه سوش مورد نظر در انسکتاریوم‌های بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک مؤسسه با استفاده از میزبان واسط بید غلات *Sitotroga cerealella* Olivier انجام شد.

برآورد سن فیزیولوژیک کرم سیب در باغ

به‌منظور تعیین سن فیزیولوژیک کرم سیب در باغ، با استفاده از مدل پیش‌آگاهی فنولوژیک کرم سیب باید سه کار عمده در راستای برآورد درست سن فیزیولوژیک آفت به شرح زیر انجام می‌شد:

برآورد شاخص‌های دمایی جمعیت کرم سیب

شاخص‌های دمایی مهم رشد و نمو جمعیت کرم سیب مستقر در محل انجام پروژه، مثل آستانه پایین دمایی رشد و نمو، نیاز گرمایی و آستانه بالای دمایی رشد و نمو کرم سیب در بررسی‌های رنجبر اقدم (۱۳۹۲) برآورد شده بود که در این تحقیق از نتایج آن استفاده شد.

تعیین بیوفیکس آفت

از ملزومات مهم استفاده از مدل‌های پیش‌آگاهی بر مبنای نیاز گرمایی، تعیین دقیق تاریخ رخداد بیوفیکس براساس مفروضات اولیه مدل است. بر این اساس، به‌منظور تعیین تاریخ دقیق بیوفیکس، از ثبت اولین شکارهای پایدار در

در مقابل Dolstad (1985) کنترل بیولوژیک کرم سیب را غیر مؤثر می‌داند، با این حال، Hassan et al. (1988) تأثیر به‌کارگیری زنبورهای *Trichogramma dendrolimi* Matsumura و *Trichogramma embryophagum* Hartig را در کاهش خسارت کرم سیب بررسی و توان آن‌ها را در کنترل بیولوژیک کرم سیب تأیید کردند. در پژوهش دیگری روی ۱۷ استرین از زنبورهای تریکوگراما که به‌منظور استفاده در برنامه کنترل بیولوژیک کرم سیب انجام شده بود، گونه *T. embryophagum* مناسب‌ترین گونه از بین استرین‌ها و گونه‌های مورد بررسی، برای رهاسازی در باغ انتخاب و معرفی شد (Hassan 1989).

در ایران پارازیت‌سیسم طبیعی کرم سیب توسط زنبورهای تریکوگراما، در مناطقی از استان آذربایجان شرقی تا بیش از ۷۴ درصد در اواخر فصل گزارش شده است. براساس همین پژوهش، میانگین درصد پارازیت‌سیسم طبیعی در کل فصل روی تخم‌های کرم سیب بین ۲۷ تا ۳۶ درصد در مناطق مورد بررسی ذکر شده بود (Mashhadi, 1998). روشندل و همکاران در بررسی عوامل محدودکننده جمعیت کرم سیب در منطقه خسروشهر تبریز، زنبورهای تریکوگراما را به‌عنوان مهم‌ترین انگل‌واره تخم کرم سیب گزارش کردند (Rowshandel et al. 1998). با وجود این، توان ارزشمند در فون بومی زنبورهای تریکوگرامای ایران در کنترل طبیعی آفات مهمی مثل کرم سیب، برنامه کنترل بیولوژیک کرم سیب در کشور با استفاده از زنبورهای ذکرشده در سال‌های اخیر متوقف شده است. با این حال، هدف اصلی در این پژوهش ارزیابی کارایی سوش بومی زنبور تریکوگرامای گونه *T. embryophagum* برای کنترل کرم سیب در یکی از قطب‌های مهم تولید سیب کشور (شهرستان دماوند) و تا حد امکان با رعایت مسائل فنی و اجرایی با حضور و در کنار یکی از بهره‌برداران و کارشناسان مدیریت جهاد کشاورزی منطقه در طول اجرای آن بود، تا به این باور برسیم که اگر ضعفی در کارایی عواملی مثل گونه‌های مختلف زنبور تریکوگراما مشاهده می‌شود، ناشی از مشکلات موجود در مسائل فنی و اجرایی موضوع در مراحل مختلف اجرای برنامه کنترل بیولوژیک است که باید مورد توجه و اهتمام جدی مسئولین ذیربط قرار گیرد.

تصمیم لازم برای کنترل کرم سیب با استفاده از تیمارهای مورد ارزیابی اتخاذ شد.

ارزیابی کارایی کنترل بیولوژیک کرم سیب

این آزمون به دلیل محدودیت در امکان بلوک‌بندی به دلیل ماهیت آزمایش، با سعی در حفظ یکنواختی کرت‌های آزمایشی، در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل با سه تیمار، کنترل بیولوژیک با رهاسازی زنبور تریکوگرامای بومی، کنترل شیمیایی با استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی رایج در منطقه و شاهد بدون کنترل انجام شد. از محدودیت‌های بلوک‌بندی در این آزمایش، می‌توان به اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر یکدیگر بر اثر عواملی مثل جابه‌جایی زنبورهای رهاسازی‌شده از تیمار کنترل بیولوژیک به سایر تیمارها، یا مهاجرت ثانوی جمعیت کرم سیب از تیمار شاهد بدون کنترل روی تیمارهای کنترل بیولوژیک و کنترل شیمیایی یا تأثیرات احتمالی آفت‌کش‌های شیمیایی به دلایلی مثل بادبردگی روی زنبورهای رهاسازی‌شده در تیمار کنترل بیولوژیک اشاره کرد. بر این اساس، هریک از تیمارهای مورد بررسی ضمن رعایت اصول اولیه اجرای طرح آزمایشی تا حد ممکن در قسمت مشخصی از باغ با فاصله‌ای حدود ۱۰۰ متر از یکدیگر اعمال شد؛ ولی در انتخاب قطعات به‌منظور به حداقل رساندن تأثیرات غیریکنواختی بین کرت‌های آزمایشی روی تیمارها، قبل از اجرای آزمایش، انتخاب قطعات آزمایشی به نحوی انجام شد که: (۱) ارقام سیب انتخاب‌شده در تمام قطعات آزمایشی یکسان باشند. بر این اساس، رقم گلدن دلشز (سیب زرد)، به‌عنوان رقم غالب کشت‌شده در باغ و منطقه، انتخاب شد؛ (۲) سن درختان انتخاب‌شده (در حد امکان) در کرت‌های آزمایشی یکسان انتخاب شدند؛ (۳) همه قطعات انتخاب‌شده برای تیمارهای مورد ارزیابی، از نظر دریافت سایر فعالیت‌های باغداری مثل آبیاری، کوددهی، سم‌پاشی علیه بیمارگرها و ... تا حد امکان در طول اجرای آزمایش عملیات هم‌سانی دریافت می‌کردند؛ (۴) قطعات انتخاب‌شده به‌خصوص برای نمونه‌برداری به نحوی انتخاب شدند که فاصله‌ای حدود ۵ متر از سایر قسمت‌های باغ داشته باشند که مدیریت مرسوم در منطقه برای کنترل کرم سیب در آن‌ها اعمال می‌شد.

تله‌های فرمونی از تاریخ شروع گل‌دهی درختان سیب استفاده شد. بر همین اساس در باغ مورد بررسی سه عدد تله فرمونی از نوع بالی شکل (PHERO TECH INC, USA) در ارتفاع میانی تاج و در سطح خارجی تاج درختان سیب به نحوی نصب شد که جریان باد پخش فرمون را در سطح باغ تسهیل می‌کرد. فاصله تله‌های فرمونی از یکدیگر بیش از ۱۰۰ متر در نظر گرفته شده بود. اولین یادداشت‌برداری از شکار تله‌های یادشده ۲۴ ساعت بعد از تاریخ نصب بود. در ادامه بازدید تله‌ها به‌طور روزانه تا تاریخ رخداد بیوفیکس ادامه داشت.

ثبت دما

با توجه به اینکه مدل پیش‌آگاهی مورد استفاده در این بررسی بر مبنای ساعت - درجه سلسیوس بود، در این پژوهش نیز دما در محل انجام پژوهش با استفاده از دما و رطوبت‌سنج دیجیتال (Data Logger, Testo 175-H2) به‌صورت ساعتی ثبت شد. دماسنج یادشده در محل باغ در ارتفاع تقریبی میانی تاج درختان سیب و در سایه نصب شد. با برنامه‌ریزی رایانه‌ای برای دستگاه، ثبت دما به‌صورت ساعتی از تاریخ رخداد بیوفیکس تا زمان برداشت میوه‌ها در مهر ماه ادامه داشت. بر این اساس، ثبت ساعتی تغییرات دمای باغ از تاریخ ۹۲/۰۲/۱۰ لغایت ۹۲/۰۷/۱۶ انجام شد.

پیش‌بینی رخداد‌های مهم فنولوژیک کرم سیب با استفاده از مدل پیش‌آگاهی

در این پژوهش رخداد‌های مهم فنولوژیک مورد نیاز، تعیین دقیق زمان رخداد اوج پرواز شب‌پره‌ها، اوج تخم‌گذاری و اوج جمعیت لاروی کرم سیب در هر نسل بود. بدین منظور از مدل پیش‌آگاهی ساعت - درجه سلسیوس کرم سیب (Ranjbar Aghdam 2009)، استفاده شد. گرمای مؤثر ساعتی مورد نیاز برای هریک از مراحل یادشده در نسل‌های اول و دوم کرم سیب در جدول ۱ ارائه شده است. بر همین اساس، مقدار گرمای مؤثر تأمین‌شده در هر ساعت برای رشد و نمو کرم سیب در محیط با به‌کارگیری داده‌های دمایی ثبت‌شده طبق روش Ranjbar Aghdam (2009) محاسبه و بر مبنای پیش‌بینی رخداد هریک از مراحل فنولوژیک مورد نظر،

جدول ۱. زمان فیزیولوژیک رخداد مراحل مختلف فنولوژیک کرم سیب براساس مدل پیش‌آگاهی (Ranjbar Aghdam (2009)

نیاز گرمایی (ساعت - درجه سلسیوس)	مرحله فنولوژیک	نسل آفت	ردیف
۳۰۸۰±۲۱۰	اوج پرواز شب‌پره‌ها		۱
۴۵۷۰±۲۳۰	اوج جمعیت تخم‌ها	زمستان‌گذران (اول)	۲
۱۰۲۹۰±۳۹۰	اوج جمعیت لاروها		۳
۱۹۰۸۰±۲۵۰	اوج پرواز شب‌پره‌ها		۴
۲۱۵۶۰±۳۸۰	اوج جمعیت تخم‌ها	تابستانی (دوم)	۵
۲۵۱۲۰±۴۸۰	اوج جمعیت لاروها		۶

برنامه نمونه‌برداری

نمونه‌برداری برای شمارش تعداد لاروهای کرم سیب در واحدهای نمونه‌برداری در هر نسل ۱۰ روز بعد از رخداد اوج جمعیت لاروی انجام شد. علاوه بر موارد یادشده درصد میوه‌های کرمو نیز در زمان برداشت در واحدهای آزمایشی برآورد شد. همچنین، به دلیل رفتار خاص تخم‌ریزی کرم سیب و تخم‌گذاری انفرادی آن و از سوی دیگر فعالیت چشمگیر شکارگران عمومی مثل بالتوری سبز معمولی، برآورد درصد واقعی پارازیتیسیم تخم‌های کرم سیب امکان‌پذیر نبود. بر این اساس، به منظور ارزیابی کارایی تیمارهای مورد بررسی از شمارش تعداد لاروهای آفت روی واحدهای آزمایشی استفاده شد.

۴. تعداد نمونه: تعداد درختان مورد بررسی برای یادداشت‌برداری در هر مرحله نمونه‌برداری در تیمارهای کنترل بیولوژیک و شیمیایی، ۱۰ عدد برای هر تیمار و برای تیمار شاهد بدون کنترل، ۵ درخت (هر درخت به‌عنوان یک تکرار در هر تیمار) در نظر گرفته شد. روی هر درخت، ۳۰ عدد سیب از قسمت‌های مختلف کانوپی درخت به صورت تصادفی برای یادداشت‌برداری و ثبت داده‌های هدف در نظر گرفته شد.

رهاسازی زنبور تریکوگراما

رهاسازی زنبور تریکوگراما در پنج مرحله انجام شد؛ (۱) اوج پرواز شب‌پره‌های نسل اول؛ (۲) پیک جمعیت تخم‌های نسل اول؛ (۳) یک هفته بعد از پیک جمعیت تخم‌های نسل اول؛ (۴) اوج پرواز شب‌پره‌های نسل دوم؛ (۵) پیک جمعیت تخم‌های نسل دوم. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نسل اول یک دوره رهاسازی بیشتر از نسل دوم انجام شده است. دلیل این موضوع، رخداد بارندگی و کاهش دمای محیط در جریان افزایش جمعیت

۱. واحدهای نمونه‌برداری: در این بررسی درختان سیب به‌عنوان واحد نمونه‌برداری بودند؛ به عبارت دیگر هر درخت به‌عنوان یک تکرار یا واحد نمونه‌برداری در نظر گرفته شد. بر این اساس، در قطعه کنترل بیولوژیک، ۷۰ اصله درخت سیب هم‌سن وجود داشت که در ۳ ردیف و به ترتیب در ردیف‌های اول، دوم و سوم ۲۲، ۲۳ و ۲۵ اصله درخت سیب رقم گلدن دلشیز وجود داشت. با توجه به اینکه کنترل شیمیایی در کل باغ برای مدیریت کرم سیب انجام می‌شد، قطعه خاصی برای اعمال این تیمار در نظر گرفته نشد. ولی نمونه‌برداری با توجه به مواردی که برای حفظ یکنواختی بین کرت‌های آزمایشی لازم بود، در یک قطعه مشخص از باغ با ۷۰ اصله درخت سیب رقم گلدن دلشیز انجام شد. با توجه به خسارت زیاد کرم سیب در صورت عدم کنترل آفت و اهمیت اقتصادی باغ هدف برای باغدار، واحدهای نمونه‌برداری برای تیمار شاهد (بدون کنترل) فقط روی ۱۰ اصله درخت سیب مشابه از نظر سن و رقم با تیمارهای کنترل شیمیایی و کنترل بیولوژیک در نظر گرفته شد.

۲. الگوی نمونه‌برداری: نمونه‌برداری در کرت‌های آزمایشی از درختان سیب، پس از حذف ردیف‌های حاشیه‌ای (به‌خصوص در تیمار کنترل بیولوژیک)، از درختان کشت‌شده در قسمت‌های میانی با فاصله‌ای حدود ۵ متر از دو انتها انجام شد.

۳. زمان نمونه‌برداری: به منظور ارزیابی کارایی تیمارهای مورد بررسی در کنترل آفت هدف، نمونه‌برداری براساس زمان‌های تعیین‌شده، بر اساس پیش‌بینی مدل پیش‌آگاهی برای رخداد زمان اوج تراکم لاروهای آفت در هریک از نسل‌های اول و دوم کرم سیب انجام شد. بدین نحو که

برای تجزیه واریانس داده‌های حاصل از شمارش تعداد لاروهای کرم سیب روی میوه‌های سیب در تیمارهای مورد ارزیابی، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Ryan-Joiner بررسی و بعد از تأیید آن، تجزیه واریانس داده‌ها و گروه‌بندی تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در ادامه در مرحله برداشت سیب نیز درصد سیب‌های کرمو در تیمارهای مختلف برآورد و از نظر آماری مقایسه و ارزیابی شدند. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های به‌دست‌آمده و گروه‌بندی تیمارها با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab ver. 14 انجام شد.

نتایج

برآورد سن فیزیولوژیک کرم سیب در باغ تعیین بیوفیکس آفت: براساس بازدید روزانه تله‌های فرمونی و ثبت تعداد شب‌پره‌های شکارشده در هر تله فرمونی، تاریخ رخداد بیوفیکس کرم سیب در زمان انجام این پژوهش، ۱۱ اردیبهشت ماه (1-May) تعیین شد. بعد از تاریخ ذکرشده، برای اطلاع از نوسان انبوهی جمعیت کرم سیب در محل باغ و از سوی دیگر ارزیابی هم‌زمان کارایی مدل پیش‌آگاهی مورد استفاده برای پیش‌بینی رخدادهای فنولوژیک آفت هدف، ثبت شکار تله‌های فرمونی تا زمان برداشت سیب به‌صورت هفتگی ادامه داشت، نتایج در شکل ۱ ارائه شده است.

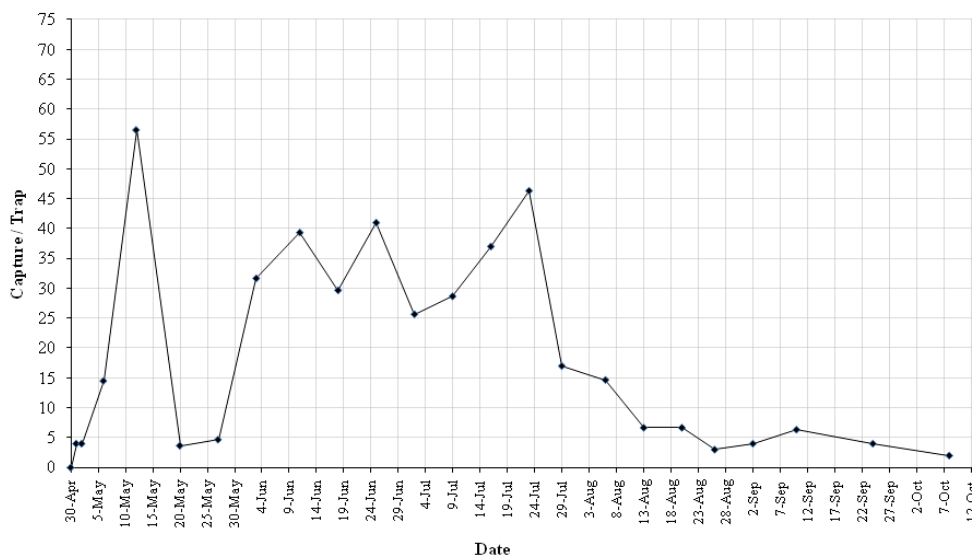
شب‌پره‌های نسل اول بود. این رخداد طبق بررسی‌های Ranjbar Aghdam *et al.* (2009 a&b) طولانی‌تر شدن دوره‌های تخم‌ریزی و جنینی کرم سیب را می‌توانست به‌دنبال داشته باشد. بر این اساس لازم بود، برای حصول پارازیتسیم مطلوب تخم‌های آفت، پوشش زمانی بیشتری از حضور زنبور در محل تأمین شود. رهاسازی زنبور با استفاده از تریکوکارت و روی هر درخت ۲-۳ عدد تریکوکارت با تراکم نرمال زنبور نصب شد.

کنترل شیمیایی کرم سیب

کنترل شیمیایی کرم سیب دوبار و با توجه به تغییرات دمای محیط و تأثیر آن بر روند رشد و نمو جنین کرم سیب طبق یافته‌های Ranjbar Aghdam *et al.* (2009b) و Ranjbar Aghdam (2013) به‌ترتیب ۵ و ۳ روز بعد از رخداد پیک جمعیت تخم‌های آفت در نسل‌های اول و دوم، با استفاده از حشره‌کش مورد استفاده باغدار، یعنی پروتئوس و با غلظت ۰/۵ در هزار با استفاده از سم‌پاش پشتی تراکتوری انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه کارایی تیمارها

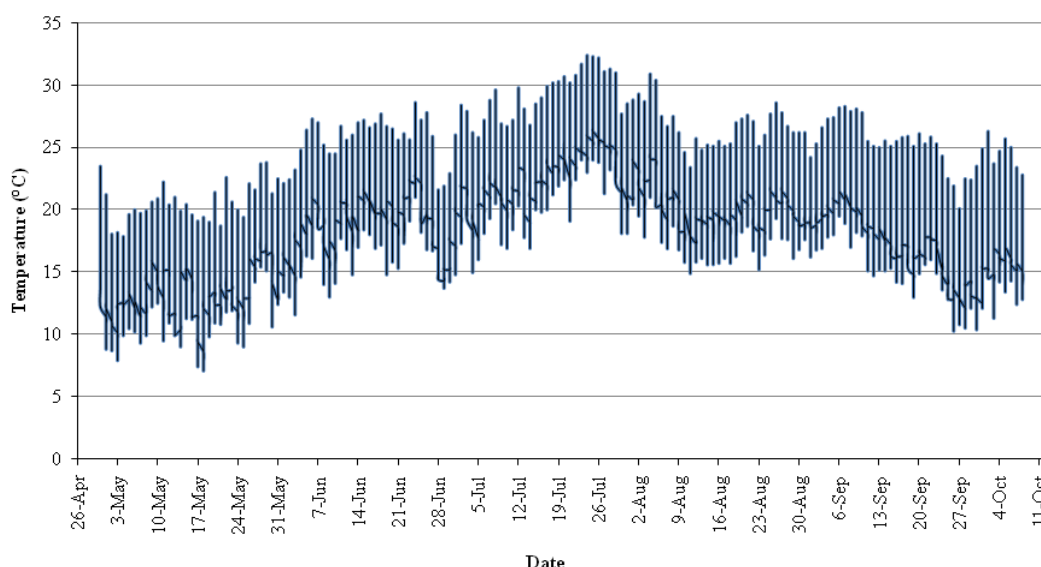
ارزیابی کارایی تیمار کنترل بیولوژیک در مقایسه با سایر تیمارهای مورد بررسی، با شمارش تعداد لاروهای آفت در هریک از تیمارهای هدف بعد از اعمال آخرین مرحله رهاسازی زنبور در نسل‌های اول و دوم آفت انجام شد.



شکل ۱. تغییرات تعداد شب‌پره‌های کرم سیب شکارشده به ازای هر تله فرمونی قبل از تاریخ رخداد بیوفیکس کرم سیب تا زمان برداشت محصول در باغ سیب مستقر در شهرستان دماوند، سال ۱۳۹۲

۳۸۶۳ داده دمایی ثبت شد. کمترین دمای ثبت شده، ۷/۱ درجه سلسیوس، بیشترین دمای ثبت شده، ۳۲/۴ درجه سلسیوس و میانگین دمای محیط $20/13 \pm 0/08$ درجه سلسیوس در طول دوره ذکر شده بود.

ثبت دما: نتایج ثبت تغییرات دمای ساعتی محیط با استفاده از دماسنج دیجیتالی (دیتالاگر) در شکل ۲ ارائه شده است. در این بررسی در هر شبانه روز ۲۴ داده دمایی و در کل از تاریخ ۹۲/۰۲/۱۰ لغایت ۹۲/۰۷/۱۶،



شکل ۲. تغییرات ساعتی دما در طول دوره فعالیت کرم سیب در باغ سیب مستقر در شهرستان دماوند، سال ۱۳۹۲

معنی دار بین تعداد لاروهای کرم سیب در تیمارهای مورد ارزیابی را نشان داد ($df_{t,e}=2, 22; F=60.70; P<0.001$). مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد، در تیمار شاهد (گروه اول) با میانگین ۱۴/۲۰ لارو به ازای هر واحد نمونه برداری، بیشترین تعداد لارو کرم سیب وجود داشت. این در حالی بود که میانگین تعداد لاروهای آفت در تیمارهای کنترل بیولوژیک با استفاده از زنبور تریکوگراما و کنترل شیمیایی بدون اختلاف معنی دار از نظر آماری (گروه دوم) و کمتر از تیمار شاهد بود. میانگین تعداد لاروهای ثبت شده در تیمارهای کنترل بیولوژیک و شیمیایی به ترتیب ۰/۴ و ۱/۶ لارو در واحد نمونه برداری بود. نتایج به دست آمده در این مرحله کارایی مطلوب برنامه کنترل بیولوژیک کرم سیب را با استفاده از زنبور تریکوگراما در نسل دوم نیز همانند نسل اول تأیید کرد.

برداشت سیب

تجزیه واریانس نتایج به دست آمده از برآورد درصد

ارزیابی کارایی تیمارها در کنترل کرم سیب

نسل اول: تجزیه واریانس داده های حاصل از شمارش تعداد لاروهای کرم سیب روی میوه های سیب، نشان داد بین تیمارهای مورد بررسی از نظر تعداد لاروهای کرم سیب در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری وجود دارد ($df_{t,e}=2, 22; F=78.94; P<0.001$). مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد، در تیمار شاهد (گروه اول) با میانگین ۷/۴۰ لارو در واحد نمونه برداری (درخت)، بیشترین تعداد لارو کرم سیب وجود داشت. این در حالی بود که میانگین تعداد لاروهای آفت در تیمارهای کنترل بیولوژیک با استفاده از زنبور تریکوگراما و کنترل شیمیایی بدون اختلاف معنی دار از نظر آماری (هر دو در گروه دوم) بود. میانگین تعداد لاروهای ثبت شده در تیمارهای کنترل بیولوژیک و شیمیایی به ترتیب ۰/۷ و ۰/۵ لارو به ازای هر واحد نمونه برداری بود. این موضوع مؤید کارایی کنترل بیولوژیک کرم سیب با استفاده از زنبور تریکوگراما در نسل اول بود.

نسل دوم: تجزیه واریانس داده ها وجود تفاوت

آفات بر مبنای محاسبه گرمای مؤثر تأمین شده از محیط را بیشتر روشن می‌کند. به همین دلیل در گذشته نیز متخصصینی مثل Falcon and Pickel (1976)، Falcon Riedl and Croft (1978)، Riedl *et al.* (1976)، Rock and Shaffer (1983)، Setyobudi (1983)، Pitcairn *et al.* (1989)، Howell and Neven (1992)، Dastqeb and Seyedoleslamy (2000) و Ranjbar Aghdam (2009) موضوع تهیه مدل‌های پیش‌آگاهی فنولوژیک را با استفاده از نتایج حاصل از تعیین زمان فیزیولوژیک برای پیش‌آگاهی از زمان رخداد مراحل فنولوژیک کرم سیب مورد توجه قرار داده بودند. ولی این مدل‌ها بیشتر به‌منظور تعیین بهترین زمان سم‌پاشی برای کنترل کرم سیب به‌کار گرفته شده بودند. در این پژوهش، برای اولین بار سعی شد از توان دقیق‌ترین مدل پیش‌آگاهی موجود، برای افزایش بهره‌وری برنامه کنترل بیولوژیک کرم سیب در راستای کاهش دفعات رهاسازی زنبور به حداقل ممکن، کاهش هزینه‌های تولید زنبور، استفاده از حداکثر توان جمعیت رهاسازی شده برای کنترل آفت با تعیین دقیق مناسب‌ترین زمان‌های رهاسازی و ممانعت از رهاسازی‌های کور و در نهایت، بهبود دیدگاه تولیدکنندگان به توان برنامه‌های کنترل بیولوژیک در کنترل آفات در عرصه‌های عملیاتی با اجرای پروژه در کنار یکی از تولیدکنندگان عمده منطقه بهره‌برداری شود.

تحقیقات Hassan *et al.* (1988) در کنترل بیولوژیک کرم سیب با استفاده از گونه‌های مختلف تریکوگراما نشان داده بود که میزان کاهش خسارت این آفت ضمن به‌کارگیری زنبورهای *Trichogramma dendrolimi* Matsumura و *T. embryophagum* به ترتیب ۶۱/۳۵ و ۵۰/۰۶ درصد بیشتر از بقیه گونه‌ها بود و کاهش ۶۷/۱ درصدی تعداد سیب‌های خسارت‌دیده را در رهاسازی‌های انبوه با استفاده از زنبور *T. dendrolimi* اقتصادی برآورد و آن را برای استفاده در برنامه کنترل بیولوژیک کرم سیب توصیه کرده است. در موارد دیگری از برنامه کنترل بیولوژیک کرم سیب با استفاده از رهاسازی زنبور تریکوگراما Mills *et al.* (2000)، در آمریکا، کاهش ۶۰ درصدی خسارت کرم سیب را گزارش کرده بود. در آزمون مقایسه کارایی چهار گونه از زنبورهای تریکوگراما گونه

کرم‌خوردگی میوه‌ها در زمان برداشت سیب نشان داد، بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد کرم‌خوردگی میوه‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($df_{t,e}=2, 21; F=78.39; P<0.001$). در ادامه براساس مقایسه میانگین تیمارها با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد، تیمار شاهد با میانگین ۵۲/۰۶ درصد کرم‌خوردگی در گروه اول آماری قرار گرفت. این در حالی بود که تیمارهای کنترل شیمیایی و کنترل بیولوژیک با کمترین میزان کرم‌خوردگی به ترتیب با میانگین ۱/۳۳ و ۴/۶۰ درصد کرم‌خوردگی میوه‌ها بدون تفاوت معنی‌دار با هم، در گروه دوم آماری قرار گرفته بودند.

بحث

در گذشته زنبور *T. embryophagum* از روی کرم سیب در ایران جمع‌آوری و گزارش شده بود (Ebrahimi *et al.*, 1998). همین‌طور میزان پارازیت‌سیسم طبیعی زنبور *T. embryophagum* در باغ‌های گردو روی تخم‌های *C. pomonella* بین ۱۷ تا ۵۱ درصد گزارش شده است (Akbarzadeh Shoukat *et al.* 2007). از سوی دیگر گونه *T. embryophagum* به‌عنوان مناسب‌ترین گونه از بین ۱۷ استرین از زنبورهای تریکوگراما برای کنترل بیولوژیک کرم سیب در باغ انتخاب و معرفی شده بود (Hassan 1989). بر این اساس، در این پژوهش نیز این گونه به‌عنوان عامل کنترل بیولوژیک از نظر کارایی در کنترل کرم سیب ارزیابی شد.

در بررسی کارایی گونه و نژاد محلی انتخاب‌شده در شرایط صحرائی برای کنترل بیولوژیک کرم سیب، کاهش حدود ۵۰ درصدی خسارت کرم سیب نسبت به تیمار شاهد در تیمار کنترل بیولوژیک تأیید شد. این در حالی بود که کل دفعات رهاسازی زنبور پارازیتوئید در باغ فقط پنج مرحله (سه مرحله در نسل اول و دو مرحله در نسل دوم) بود. البته باید به این نکته توجه داشت که رهاسازی‌های ذکرشده با توجه به زمان‌های دقیق تعیین‌شده با استفاده از مدل پیش‌آگاهی فنولوژیک بر مبنای ساعت - درجه و شناخت قبلی از ویژگی‌ها و سازگاری‌های بیولوژیک آفت انجام شد. این موضوع اهمیت توجه به تهیه و استفاده از مدل‌های پیش‌آگاهی

دفعات رهاسازی کارایی بسیار مطلوبی در کنترل بیولوژیک آفت هدف مشاهده شد.

سپاسگزاری

مجریان لازم می‌دانند از آقای یحیی‌آبادی به‌واسطهٔ در اختیار قراردادن باغ سیب تحت مدیریت خود، در روستای جابان شهرستان دماوند، در طول اجرای پروژه که با همدلی و برخورد دوستانه و مسئولانهٔ خود برای هرچه بهتر اجرا شدن این تحقیق، ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی کنند.

Trichogramma platneri Nagarkatti کارایی بیشتر و معنی‌داری نسبت به سایر گونه‌ها داشت و گونهٔ *Trichogramma brassicae* Bezdenko کمترین کارایی را در کاهش خسارت کرم سیب از خود نشان داد (Mills 2003). در این بررسی پراکنش زنبورها از مهم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ کارایی ذکر شده بود (Mills 2003). در تمامی موارد ذکرشده از تکنیک رهاسازی اشباعی زنبور بدون استفاده از مدل‌های پیش‌آگاهی نوین برمبنای روز - درجه یا ساعت - درجه، استفاده شده بود، ولی در این پژوهش، ضمن استفاده از مدل پیش‌آگاهی ساعت - درجه، با حداقل

REFERENCES

- Al Bitar L, Voigt D, Zebitz CPW, Gorb SN** (2010) Attachment ability of the codling moth *Cydia pomonella* L. to rough substrates. *Journal of Insect Physiology* 56: 1966-1972.
- Ebrahimi E, Pintureau B, Shojai M** (1998) Morphological and enzymatic study of the genus *Trichogramma* in Iran, *Applied Entomology and Phytopathology* 66(1, 2): 122-141 (In Persian with English summary).
- Dastqeb N, Seyedoleslamy H** (1988) Forecasting codling moth, *Laspeyresia pomonella* L., phenology in west Esfahan apple orchards based on effective temperature calculation. *Applied Entomology and Phytopathology* 54: 25-43. (In Persian with English Summary)
- Dolstad KD** (1985) Biology and control of the codling moth in the Pacific Northwest. BSc Thesis, Simon Fraser University.
- Esmaili M** (1991) Important Pests of Fruit Trees. Nashr-e-Sepehr Publication, Tehran. (In Persian)
- Esmaili M, Mirkarimi AA, Azmayesh Fard P** (1993) Agricultural Entomology, Destructive Insects, Mites, Rodents, Molusks and their Control. Tehran University Publication, No. 2073. (In Persian)
- Falcon LA, Pickel C** (1976) Manual for 1976 field validation of bug off codling moth forecasting program. University of California, Berkeley.
- Falcon LA, Pickel C, White JB** (1976) Computerizing codling moth. *Fruit Grower* 96: 8-14.
- Geier PW, Briese DT** (1978) The demographic performance of a laboratory strain of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Applied Ecology* 15: 679-696.
- Hassan SA** (1989) Selection of suitable *Trichogramma* strains to control the codling moth *Cydia pomonella* and the two summer fruit tortrix moths *Adoxophyes orana*, *Pandemis heparana* (Lep.: Tortricidae). *BioControl* 34(1): 19-27.
- Hassan SA, Kohler E, Rost WM** (1988) Mass production and utilization of *Trichogramma* : 10. Control of the codling moth *Cydia pomonella* and the summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* (Lep.: Tortricidae). *BioControl* 33(4): 413-420.
- Howell JF, Neven LG** (2000) Physiological development time and zero development temperature of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology* 29: 766-772.
- Mashhadi Jafarloo M, Bayat Asadi H, Talebi Chaichi P** (1998) Report on potentiality of *Trichogramma* spp. in egg parasitism of codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) in East Azarbaijan province. In: 13th Iranian Plant Protection Congress, 23-27 August, Karaj Junior College of Agriculture, Karaj, Iran, 160.
- Mills MJ** (2003) Augmentation in orchards: Improving the efficiency of *Trichogramma* inundation. In: 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods Honolulu, Hawaii, USA, January 14-18, 2002. 130-135.
- Mills N** (2005) Selecting effective parasitoids for biological control introductions: Codling moth as a case study, *Biological Control* 34: 274-282.
- Mills N, Pickel C, Mansfield S, McDougall S, Buchner R, Caprile J, Edstrom J, Elkins R, Hasey J, Kelley K, Krueger B, Olson B, Stocker R** (2000) Mass releases of *Trichogramma* wasps can reduce damage from codling moth. *California Agriculture* 54(6): 22-25.
- Oloumi-Sadeghi H, Esmaili M** (1980) Population fluctuation study of the codling moth, *Laspeyresia pomonella* (L.) to determine the best time of control, *Iranian Journal of Agricultural Science* 3 (1-4) 83-112. (In Persian).

- Pitcairn MJ, Zalom FG, Rice RE** (1992) Degree-day forecasting of generation time of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) population in California. *Environmental Entomology* 21: 441-446.
- Radjahi Gh** (1986) Insects Attacking Rosaceous Fruit Trees in Iran. Vol. 2: Lepidoptera. Publication of Plant Pest and Disease Research Institute, Tehran, Iran. (In Persian).
- Ranjbar Aghdam H** (2009) Using temperature-dependent phenology in providing forecasting model of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae), PhD dissertation, Tarbiat Modares University, Tehran. (In Persian with English Summary).
- Ranjbar Aghdam H** (2013) Using mathematical models to estimate lower thermal threshold and thermal requirement of the established codling moth populations in Western Azerbaijan, Esfahan and Tehran provinces, Final Report of Research Project, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran. 49. (In Persian with English Summary).
- Ranjbar Aghdam H, Fathipour Y, Kontodimas DC, Radjahi Gh, Rezapanah M** (2009a) Age-specific life table parameters and survivorship of an Iranian population of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) at different constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America* 102: 233-240.
- Ranjbar Aghdam H, Fathipour, Y, Radjahi Gh, Rezapanah M** (2009b) Temperature-dependent development and thermal thresholds of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Iran. *Environmental Entomology* 38: 885-895.
- Riedl H** (1983) Analysis of codling moth phenology in relation to latitude, climate, and food availability, In: Brown VK and Hodek I (Eds.), *Diapause and life cycle strategies in insects*. Dr. W. Junk Publication, Boston. pp. 223-252.
- Riedl H, Croft BA** (1978) The effects of photoperiodic and effective temperatures on the seasonal phenology of the codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Canadian Entomologists* 110: 455-470.
- Rock GC, Shaffer PL** (1983) Development rates of codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) reared on apple at four constant temperatures. *Environmental Entomology* 12: 831-834.
- Rowshandel S, Maleki-Milani H, Talebi-Chaichi P** (1998) Introduction predators and parasitoids of codling moth *Laspeyresia pomonella* L. in Khosrowshahr. In: 13th Iranian Plant Protection Congress, 23-27 August, Karaj Junior College of Agriculture, Karaj, Iran, 129.
- Setyobudi L** (1989) Seasonality of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Olethreutidae) in the Willamette valley of Oregon: role of photoperiod and temperature. PhD dissertation, Oregon State University.
- Tauber MJ, Tauber CA, Masaki S** (1986) *Seasonal Adaptations of Insects*. Oxford University Press, New York.
- Taylor F** (1981) Ecology and evolution of physiological time in insects. *The American Naturalist* 117: 1-23.