

آستانه‌ی حداقل دمایی و نیاز دمایی شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته *Arimania komaroffi* در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای

علی کلی زاده^{۱*}، مهدی بصیرت^۲، سید علی اصغر فتحی^۱ و مهدی حسن پور^۳

۱- استاد گروه گیاهپزشکی دانشگاه محقق اردبیلی.

۲- دانشجوی دکتری رشته‌ی حشره شناسی کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی.

۳- دانشیار گروه گیاهپزشکی دانشگاه محقق اردبیلی.

*مسئول مکاتبه: golizadeh@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۲

چکیده

در سال‌های اخیر شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته، *Arimania komaroffi* به صورت یکی از آفات مهم و خسارت‌زای این محصول در آمده است. هدف از این مطالعه تعیین آستانه‌ی حداقل دمایی و نیاز دمایی این آفت در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد که در پیشگویی زمان انجام مبارزه می‌تواند مورد استفاده باشد. مراحل مختلف رشدی این آفت در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰، ۳۲/۵ و ۳۵ (±۱) درجه‌ی سانتی‌گراد با رطوبت ۵±۶۵ درصد و طول دوره‌ی روشنائی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت در اتاقک رشد روی میوه‌ی پسته رقم اوحدی پرورش داده شد. آستانه‌ی حداقل دمایی و نیاز دمایی جهت تکمیل مراحل مختلف رشدی آن با دو روش رگرسیون معمولی و ایکموتو و تاکای محاسبه شد. علاوه بر این، نیاز دمایی نسل‌های مختلف آفت تحت شرایط مزرعه‌ای و در طی دو سال ۹۳-۱۳۹۲ اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج بدست آمده آستانه‌ی حداقل دمایی برای کل دوره‌ی نابالغی این آفت (از تخم تا ظهور حشره کامل) با روش رگرسیون معمولی و ایکموتو و تاکای به ترتیب برابر ۱۰/۲۹ و ۱۰/۴۲ درجه‌ی سانتی‌گراد بود. مجموع نیازدمایی برای تکمیل دوره‌ی نابالغی از تخم تا ظهور حشره کامل این آفت با دو روش رگرسیون معمولی و ایکموتو و تاکای به ترتیب ۸۲۶/۰۵ و ۸۲۰/۱۱ درجه روز محاسبه شد. در شرایط مزرعه‌ای مجموع دماهای موثر برای نسل‌های اول، دوم و سوم به ترتیب برابر ۷۶۳/۷، ۷۵۰/۹ و ۸۱۱/۷ درجه روز بدست آمد که تقریباً با مطالعات آزمایشگاهی هم خوانی دارد. اطلاعات بدست آمده از این مطالعه را می‌توان در پیش‌آگاهی و مدیریت مبارزه با آفت استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آستانه‌ی حداقل دمایی، پسته، پیش‌آگاهی، درجه-روز، *Arimania komaroffi*.

مقدمه

می‌کند، شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته (کراش) *Arimania komaroffi* Ragonot (Lepidoptera: Pyralidae) می‌باشد (هاشمی راد و همکاران ۱۳۹۱، مهرنژاد و اسپیدل ۲۰۱۱). این آفت اولین بار با استفاده از تله‌ی نوری از مناطق میان کوتال، سین سفید و تنگ آب نزدیک فیروزآباد و موک پاس در استان فارس در سال ۱۹۳۹ بوسیله برانت گزارش شد (امزل ۱۹۵۴). این آفت را صامت در سال ۱۹۷۲ روی درختان پسته از منطقه‌ی رفسنجان جمع‌آوری نمود (صامت ۱۳۵۳ و ۱۹۸۵). این آفت تا سال ۱۳۸۰ از اهمیت چندانی

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور است (شیبانی و همکاران ۱۳۷۴). طبق آمار سال ۲۰۱۳ سازمان خوار و بار جهانی (FAO)، ایران با بیشترین تولید پسته مقام اول و آمریکا و ترکیه مقام بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. درخت پسته مورد حمله‌ی تعداد زیادی از بندپایان آفت (بیش از ۵۰ گونه) به ویژه حشرات قرار می‌گیرد (اسماعیلی ۱۳۷۵، مهرنژاد ۱۳۹۳). از جمله آفات مهمی که خسارت زیادی به ویژه در سال‌های اخیر به این محصول وارد

را قطع نماید، آستانه‌ی حداقل دمایی می باشد (کمبل و همکاران ۱۹۷۴). با استفاده از روش رگرسیون خطی معمولی آستانه‌ی حداقل دمایی و نیاز دمایی برای آفات مختلف از جمله زنبور سیاه مغزخوار پسته *Eurytoma plotnikovi* Nikolskaya شب‌پره‌ی هندی *Plodia interpunctella* Hübner و خرنوب *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) تریپس پیاز *Thrips tabaci* Lind. و غیره و همچنین زنبورهای پارازیتوئید و شکارگرها محاسبه شده است (بصیرت و سیدالاسلامی ۱۳۸۰، بصیرت و مهرنژاد ۱۳۸۳، خانی و همکاران ۱۳۸۳، اصغری و همکاران ۱۳۹۰، گلی‌زاده و همکاران ۲۰۰۸). روش دیگر محاسبه‌ی آستانه‌ی حداقل دمایی و نیاز دمایی مدل رگرسیون خطی ایکموتو و تاکای (۲۰۰۰) است که رابطه‌ی خطی بین دوره‌ی رشد و نمو (D) و DT (حاصلضرب دوره‌ی رشد و نمو در دمای آزمایشی) ترسیم می‌گردد (افروز و همکاران، ۱۳۹۱، گلی‌زاده و زالوکی ۲۰۱۲).

هدف از انجام این تحقیق محاسبه‌ی آستانه‌ی حداقل دمایی مراحل مختلف رشدی شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته تحت شرایط آزمایشگاهی و نیز برآورد نیاز دمایی آن در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای می‌باشد. اطلاعات آزمایشگاهی در تلفیق با نتایج حاصل از مطالعات مزرعه‌ای می‌تواند در پیش‌آگاهی و مدیریت مبارزه با این آفت مورد استفاده قرار بگیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور ایجاد کلنی پرورشی، لاروهای این آفت از باغ‌های پسته‌ی حومه‌ی رفسنجان (با مختصات جغرافیایی ۵۶°-۵۵° طول شرقی و ۳۲°-۳۰° عرض شمالی) با ارتفاع متوسط ۱۵۲۱ متر از سطح دریا) در اواسط اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ جمع‌آوری گردیده و به همراه خوشه‌ی آلوده به آزمایشگاه موسسه‌ی تحقیقات پسته منتقل شدند. این لاروها در دمای $27/5 \pm 1$ درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. به دلیل اینکه پرورش لاروها بصورت گروهی با

برخوردار نبود. اما اخیراً به عنوان یکی از آفات مهم درختان پسته در منطقه‌ی رفسنجان که منطقه‌ی اصلی تولید پسته ایران است، مطرح می‌باشد (هاشمی راد و همکاران ۱۳۹۱، مهرنژاد و اسپیدل ۲۰۱۱). لاروهای این آفت داخل خوشه‌ی پسته، از پوست میوه‌های پسته در تمام مراحل رشدی میوه تغذیه و خسارت زیادی وارد می‌کنند. لاروهای این آفت در نسل اول از میوه‌های تازه تشکیل شده پسته تغذیه می‌کنند و موجب خشکیدگی و ریزش میوه‌های جوان می‌شوند. لاروهای نسل بعدی از پوست سبز روئی میوه پسته تغذیه نموده و در نتیجه میوه‌ها بدون پوست شده و مغز آنها کامل نمی‌گردد. این میوه‌ها در نهایت خشکیده و می‌ریزند. لاروها دانه‌های آلوده را با تارهای ابریشمی به هم‌دیگر می‌چسبانند. این آفت ۳ تا ۴ نسل در سال دارد (صامت ۱۳۵۳، هاشمی راد و همکاران ۱۳۹۱، مهرنژاد ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰، مهرنژاد و اسپیدل ۲۰۱۱).

حشرات موجوداتی خونسرد هستند و رشد و نمو آنها به شدت تحت تاثیر دمای محیط زیست قرار می‌گیرد (پدیگو ۲۰۰۲، گولان و کرانستون ۲۰۰۵). از آنجایی که دما تأثیر عمده‌ای روی نمو حشرات دارد، مقیاس درجه-روز می‌تواند در تلفیق با یک تکنیک ردیابی به طور مؤثری برای پیش‌بینی وقوع یک مرحله‌ی خاص از زندگی یک حشره بکار رود. فکر استفاده از دما برای توصیف رشد و نمو موجودات خونسرد به بیش از ۲۵۰ سال قبل بر می‌گردد. برای اولین بار رثومور در سال ۱۷۳۵ نقش دما را در رشد و نمو گیاهان و حشرات توصیف نموده است (اکرز و نیلسون ۱۹۸۴). به‌طور کلی نرخ رشد حشرات و سایر موجودات خونسرد وابسته به تغییرات دما می‌باشد (اندیروارتا و بیرچ ۱۹۵۴). بنابراین اگر دمای محیط افزایش یابد، در محدوده‌ی معینی از دما رشد حشره افزایش خواهد یافت (واگنر و همکاران ۱۹۸۴). در نتیجه می‌توان رابطه‌ی سرعت رشد و نمو در دماهای مختلف را در حشرات مورد مطالعه قرار داد. لمب (۱۹۹۲) و شارب و دمیشل (۱۹۷۷) و دانشمندان دیگر نشان داده‌اند که رابطه‌ی بین نرخ رشد و نمو حشرات و دما تابع یک نمودار سیگموئیدی است. چنانچه قسمت خطی نمودار ادامه یابد جایی‌که محور ایکس‌ها

موسسه‌ی تحقیقات پسته که در طول سال سمپاشی نمی‌شدند، چیده شده و پس از شستشو و گرفتن رطوبت مورد استفاده قرار گرفت. ظروف پرورش لارو و غذای لاروها (دو عدد میوه‌ی تازه پسته) هر دو روز یکبار تعویض شدند. ظروف پرورش لاروها تا ظهور حشرات کامل به صورت روزانه بازدید شده و داده‌های مربوط به وقوع هر مرحله‌ی رشدی آفت شامل زمان ظهور شفیره و زمان ظهور حشرات کامل نر و ماده و مرگ-ومیر هر مرحله‌ی رشدی ثبت شد.

محاسبه‌ی آستانه‌ی حداقل دمایی (T_0)

به منظور محاسبه‌ی آستانه‌ی حداقل دمایی برای مراحل مختلف رشدی این آفت با روش رگرسیون معمولی، ابتدا میانگین دوره‌ی رشد^۱ برای هر مرحله‌ی رشدی در هریک از دماهای آزمایشی محاسبه شد. نرخ رشد^۲ در هر دما با معکوس کردن میانگین دوره‌ی رشد برای هر مرحله‌ی رشدی بدست آمد. سپس رگرسیون خطی بین دما (X) و نرخ رشد (Y) گرفته شد و معادله‌ی خطی برای هر مرحله‌ی رشد این حشره به طور جداگانه محاسبه گردید. با توجه به معادله‌ی رگرسیون خطی $(Y = a + bX)$ آستانه‌ی حداقل دمایی با روش معمولی تعیین درجه‌ی رشد^۳ محاسبه گردید. در این روش Y صفر در نظر گرفته شد و مقدار X یا آستانه‌ی حداقل دمایی آفت با استفاده از رابطه‌ی $(T_0 = -a/b)$ بدست آمد (کمبل و ماکاور ۱۹۷۵). با روش مدل خطی ایکموتو و تاکای رابطه‌ی خطی بین D (دوره‌ی رشد و نمو) و DT (حاصلضرب دوره‌ی رشد و نمو در دمای آزمایشی) به صورت رابطه‌ی $DT = K + T_0D$ محاسبه شد که در این رابطه، T_0 آستانه‌ی حداقل دمایی و K مجموع نیاز دمایی می‌باشد (افروز و همکاران ۱۳۹۱، ایکموتو و تاکای ۲۰۰۰).

محاسبه‌ی مجموع نیاز دمایی (K)

در روش رسم رگرسیون خطی معمولی (بین درجه حرارت و نرخ رشد) برای هر مرحله‌ی رشد این حشره

مشکل کپک زدگی میوه‌ی پسته و تغذیه روبرو بودند، لذا لاروها بصورت جداگانه درون ظروف یکبار مصرف کوچک پرورش داده شدند. ظروف پرورش شامل ظروف پلاستیکی شفاف و استوانه‌ای شکل به قطر شش و ارتفاع پنج و نیم سانتی‌متر بودند که دارای درپوش بوده و جهت ایجاد تهویه، قسمتی از این درپوش بریده شده و با پارچه توری پوشانده شده بود. غذای لاروها (شامل دو عدد میوه تازه پسته رقم اوحدی) و ظروف پرورشی هر دو روز یکبار تعویض می‌شدند. پرورش لاروها و شفیره‌ها تا ظهور حشرات کامل ادامه داشت که پس از ظهور حشرات کامل از آن‌ها تخم‌گیری انجام گردید. بدین منظور حشرات کامل نر و ماده ظاهر شده درون ظرف پلاستیکی مستطیلی شکل و شفاف به ابعاد $17 \times 10 \times 7$ سانتی‌متری رهاسازی شدند. یک برگ کاغذ سفید در کف ظرف تخم‌گیری قرار داده شد و روی آن چند میوه تازه پسته جهت تخم‌ریزی قرار گرفت. پس از یک نسل پرورش در آزمایشگاه از تخم‌های یک روزه نسل دوم برای انجام آزمایشات استفاده شد.

نحوه‌ی انجام آزمایش

با توجه به اینکه دمای مناسب رشد پسته در فصل رشد ۲۵-۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد (حکم آبادی ۱۳۹۰) لذا رشد و نمو آفت در این محدوده‌ی دمایی مورد مطالعه قرار گرفت. مراحل مختلف رشد این آفت در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰، ۳۲/۵ و ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد با دامنه‌ی تفاوت یک درجه‌ی سانتی‌گراد و با رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در اتاقک رشد روی پسته رقم اوحدی پرورش داده شد. برای انجام آزمایش در هر دما یک دسته تخم هم سن یک روزه (۰-۲۴ ساعته) استفاده شد. تخم‌ها هر ۱۲ ساعت یکبار بازدید شده و تعداد تخم‌های تفریح شده و مرده یادداشت گردید. پس از تفریح تخم‌ها، هر لارو سن اول با قلم مو به طور جداگانه درون یک لیوان یکبار مصرف حاوی دو عدد میوه‌ی تازه پسته منتقل شد. ظروف پرورش لارو با درپوش پلاستیکی سوراخ‌دار پوشانده شد. برای تغذیه لاروها، خوشه‌های پسته از درختان رقم اوحدی در ایستگاه شماره‌ی ۲

¹Developmental time

²Developmental rate

³X-intercept method

مجموع دماهای موثر ترسیم و معادله‌ی خطی بدست آمد. با توجه به معادله‌ی بدست آمده، نمودار خطی بین درصد ظهور حشرات کامل و مجموع دماهای موثر رسم و مجموع دماهای موثر برای ۵ تا ۹۵ درصد ظهور حشرات کامل برای هر یک از نسل‌ها محاسبه شد (دستغیب بهشتی و سیدالاسلامی ۱۳۶۵، بصیرت و سیدالاسلامی ۱۳۸۰، بصیرت ۱۳۸۷، حسنی و همکاران ۱۳۸۹).

آنالیز آماری

در مورد رگرسیون خطی معمولی، ترسیم نرخ رشد در برابر دما با استفاده از حداقل مربعات رگرسیون خطی انجام گرفت. در مورد مراحل رشدی لارو و کل دوره‌ی نابالغی، با توجه به مقدار پایین ضریب تبیین تصحیح شده (R^2_{adj}) رگرسیون خطی در صورت استفاده از داده‌های دمای ۳۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، این دما از رگرسیون خطی مربوط به این دو مرحله‌ی رشدی کنار گذاشته شد و تنها از داده‌های سه دمای باقیمانده برای ترسیم خط رگرسیون استفاده شد. در مورد مراحل رشدی تخم و شفیره چنین حالتی مشاهده نشد و لذا از داده‌های هر چهار دمای مورد بررسی استفاده گردید. رگرسیون خطی برای هر دو مدل معمولی و ایکموتو و تاکای با استفاده از نرم‌افزار SPSS v. 16.0 صورت گرفت (SPSS 2007).

نتایج و بحث

طول دوره‌های رشد آفت در دماهای مختلف

شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته قادر به زندگی در دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نبوده و تخم‌های مورد بررسی تحت این شرایط دمایی تفریخ نشدند. طول دوره‌های مختلف رشدی شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته در دماهای ۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ و ۳۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در جدول ۱ ارائه شده است. بیشترین و کمترین طول دوره‌ی انکوباسیون تخم این آفت به ترتیب در دمای ۲۵ و ۳۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد مشاهده شد که طول این دوره در چهار دمای آزمایشی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم داشتند ($f = ۳ و ۸۰۰$).

یک معادله‌ی درجه‌ی اول ($Y = a+bX$) بدست آمد. با معکوس کردن شیب خط رگرسیون (b) مجموع نیاز دمایی ($K = 1/b$) برای هر کدام از مراحل رشد این آفت محاسبه گردید (کمبل و ماکاور ۱۹۷۵). در روش ایکموتو و تاکای مجموع نیاز دمایی معادل K از رابطه‌ی $DT = K+T_0D$ محاسبه شد (ایکموتو و تاکای ۲۰۰۰).

محاسبه‌ی مجموع دماهای موثر لازم برای دوره‌ی ظهور حشرات کامل

برای محاسبه‌ی مجموع دماهای موثر لازم برای دوره‌ی ظهور حشرات کامل در شرایط مزرعه‌ای، ابتدا دوره‌ی ظهور حشره کامل در نسل‌های مختلف در باغ واقع در ایستگاه شماره‌ی ۲ موسسه‌ی تحقیقات پسته طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با استفاده از تله‌ی نوری مشخص شد. با توجه به تعداد حشرات کامل جلب شده به تله‌ها، درصد ظهور حشرات کامل در هر تاریخ برای نسل‌های زمستان‌گذران، اول، دوم و سوم محاسبه شد. داده‌های هواشناسی از اداره‌ی هواشناسی سینوپتیک رفسنجان تهیه شد. مجموع دماهای موثر با استفاده از داده‌های هواشناسی از نقطه‌ی بیولوژیک ثابت برای درصد‌های ظهور حشرات کامل در هر نسل و در طی دو سال مورد مطالعه محاسبه گردید. نقطه‌ی بیولوژیک ثابت برای نسل زمستانه اول بهمن و برای نسل‌های بعدی ۵۰٪ ظهور حشرات کامل نسل قبل در نظر گرفته شد. در این محاسبات از روش دو مثلثی با برش عمودی و بر اساس آستانه‌ی حداقل دمایی ۱۰/۴۲ درجه‌ی سانتی‌گراد و آستانه‌ی حداکثر دمایی ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد استفاده شد. بدلیل اینکه استفاده از روش دومثلثی با آستانه‌ی حداکثر دمایی ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد با برش عمودی کمترین اختلاف در محاسبه‌ی مجموع دماهای موثر بین نسل‌های اول و دوم آفت طی دو سال مطالعه مشاهده گردید، بنابراین از این روش برای محاسبه‌ی مجموع دماهای موثر این آفت استفاده شد. مقدار درجه-روزهای مورد نیاز به صورت آنالین و با استفاده از نرم‌افزار DDU محاسبه گردید (UC IPM 2007). با حذف درصد‌های زیر ۵ درصد و بالای ۹۵ درصد، رگرسیون خطی بین پربویت درصد ظهور حشرات کامل و لگاریتم

یافت (۲۰۳ و $F = ۱۱۵/۹۶$ ، $df = ۳$ و $P < ۰/۰۰۱$). میانگین طول دوره‌ی نابالغی از تخم تا ظهور حشره کامل این آفت با افزایش دما کاهش یافت و طول این دوره در چهار دمایی آزمایشی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم داشتند (۲۰۳ و $F = ۱۴۰/۱۶$ ، $df = ۳$ و $P < ۰/۰۰۱$). با توجه به خونسرد بودن حشرات، این نتایج قابل پیش‌بینی بود، همچنانکه روی حشرات دیگر نیز روند مشابهی گزارش می‌شود.

($F = ۲۷۳/۹۰$ ، $P < ۰/۰۰۱$). میانگین طول دوره‌ی لاروی با افزایش دما کاهش یافت و در دمای ۳۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به کمترین مقدار رسید ولی از نظر آماری طول این دوره بین دماهای ۳۰ و ۳۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (۲۴۵ و $df = ۳$ ، $F = ۸۵/۱۹$ ، $P < ۰/۰۰۱$). بیشترین مقدار طول دوره‌ی شفیرگی در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد اتفاق افتاد و با افزایش دما طول این دوره نیز به طور معنی‌داری کاهش

جدول ۱- طول دوره‌ی رشد و نمو مراحل مختلف زیستی شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته *A. komaroffi* در دماهای مختلف.

دما (°C)				مرحله‌ی رشدی
۳۲/۵	۳۰	۲۷/۵	۲۵	
۳/۵۹ d (n=۹۹)	۳/۹۱ c (n=۲۴۱)	۴/۳۵ b (n=۱۸۹)	۴/۹۲ a (n=۲۷۵)	تخم
۲۶/۳۳ c (n=۳۳)	۲۶/۹۵ c (n=۷۶)	۳۰/۱۲ b (n=۷۷)	۳۵/۲۱ a (n=۶۳)	لارو
۹/۴۸ d (n=۲۹)	۱۰/۹ c (n=۶۳)	۱۳/۳۴ b (n=۶۸)	۱۶/۲۳ a (n=۴۷)	شفیره
۳۹/۱۰ d (n=۲۹)	۴۲/۰۳ c (n=۶۳)	۴۷/۷۲ b (n=۶۸)	۵۶/۳۷ a (n=۴۷)	تخم تا حشره کامل

وجود حروف متفاوت در هر ردیف نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد (آزمون دانکن، سطح احتمال ۵ درصد).

آستانه‌ی حداقل دمایی و نیاز دمایی مراحل مختلف رشدی آفت در شرایط آزمایشگاهی دوره‌ی تخم

درجه‌ی سانتی‌گراد و مجموع نیاز دمایی آن ۹۹/۲۸ درجه-روز محاسبه گردید. معادله‌ی خطی بین دوره‌ی رشد و نمو (D) و حاصلضرب دوره‌ی رشد و نمو در دمای آزمایشی (DT) به روش ایکموتو و تاکای برای دوره‌ی تخم این آفت تشکیل شد (شکل ۲ و جدول ۳). با استناد به معادله‌ی به دست آمده، آستانه‌ی حداقل دمایی برای این دوره‌ی رشد آفت با روش ایکموتو و تاکای ۴/۹۱ درجه‌ی سانتی‌گراد و مجموع نیاز دمایی ۹۸/۵۴ درجه روز محاسبه شد (شکل ۲). با توجه به P رگرسیون و R^2 تصحیح شده (R^2_{adj}) رابطه‌ی خطی به دست آمده برای هر رگرسیون خطی بسیار قوی و ایده‌آل می‌باشد. با توجه به نتایج، آستانه‌ی حداقل دمایی و نیاز دمایی برآورد شده برای مرحله‌ی رشدی تخم با دو روش رگرسیون خطی مورد استفاده کاملاً مشابه و یکسان می‌باشد.

با استفاده از میانگین طول دوره‌ی جنینی تخم، نرخ رشد آفت برای این مرحله‌ی رشد در چهار دمای آزمایشی بدست آمد (جدول ۲). با توجه به اینکه نرخ‌های رشد در تمام دماهای آزمایشی در شیب منحنی قرار داشتند از تمام نقاط برای رسم رگرسیون خطی بین دما و نرخ رشد استفاده شد. معادله‌ی رگرسیون خطی برای دوره‌ی تخم این آفت در شکل ۱ و جدول ۳ نشان داده شده است. در ضمن نتایج تجزیه‌ی رگرسیونی برای مرحله‌ی تخم بسیار معنی‌دار بوده ($P = ۰/۰۰۰۷$) و رابطه‌ی خطی بسیار قوی بین دما و نرخ رشد به دست آمد (جدول ۳). با توجه به این معادله، آستانه‌ی حداقل دمایی برای این دوره‌ی رشد آفت با روش معمولی ۴/۷۴

جدول ۲- نرخ رشد مراحل زیستی شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته *A. komaroffi* (±SE) در دماهای مختلف.

دما (°C)				مرحله‌ی رشدی
۳۲/۵	۳۰	۲۷/۵	۲۵	
۰/۲۷۸۵±۰/۰۰۳۳	۰/۲۵۶۰±۰/۰۰۲۴	۰/۲۲۹۸±۰/۰۰۱۴	۰/۲۰۳۲±۰/۰۰۱۱	تخم
۰/۰۳۸۰±۰/۰۰۰۶	۰/۰۳۷۱±۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۳۲±۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۸۴±۰/۰۰۰۳	لارو
۰/۱۰۵۵±۰/۰۰۱۳	۰/۰۹۱۷±۰/۰۰۰۹	۰/۰۷۵۰±۰/۰۰۱۸	۰/۰۶۱۶±۰/۰۰۰۷	شفیره
۰/۰۲۵۶±۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۳۸±۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۱۰±۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۷۷±۰/۰۰۰۲	تخم تا حشره کامل

دار بین نرخ رشد و دما نشان داد. آستانه‌ی حداقل دمایی و مجموع نیاز دمایی برای این دوره‌ی رشد آفت با روش معمولی در جدول ۳ آمده است. معادله‌ی خطی به روش ایکموتو و تاکای برای دوره‌ی شفیرگی این آفت در شکل ۲ و جدول ۳ آورده شده است. با استفاده از این معادله، آستانه‌ی حداقل دمایی برای این دوره‌ی رشد آفت، ۱۴/۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و مجموع نیاز دمایی ۱۶۸/۹۶ درجه روز محاسبه شد.

دوره‌ی رشد از مرحله‌ی تخم تا ظهور حشره‌ی کامل

نرخ رشد آفت در چهار دمای آزمایشی با استفاده از میانگین طول دوره‌ی رشدی آفت از مرحله‌ی تخم تا ظهور حشره‌ی کامل محاسبه شد (جدول ۲). با توجه به اینکه نتایج تجزیه‌ی رگرسیون خطی با استفاده از سه نقطه در دماهای ۲۵، ۲۷/۵ و ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد مناسب تر بود لذا برای کل مرحله‌ی نابالغی (از تخم تا ظهور حشره‌ی کامل) همانند مرحله‌ی لاروی از داده‌های به دست آمده در سه دمای ۲۵، ۲۷/۵ و ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برای رسم رگرسیون خطی استفاده شد (شکل ۱ و ۲). نتایج تجزیه‌ی رگرسیون خطی برای دوره‌ی نابالغی آفت نشان داد که رابطه‌ی معنی‌داری بین نرخ رشد دوره‌ی نابالغی آفت و دما وجود دارد (جدول ۳). آستانه‌ی حداقل دمایی برای دوره‌ی نابالغی آفت با روش معمولی، ۱۰/۲۹ درجه‌ی سانتی‌گراد و مجموع نیاز دمایی آن ۸۲۶/۰۵ درجه روز به دست آمد (جدول ۳). معادله‌ی خطی به روش ایکموتو و تاکای برای دوره‌ی تخم تا ظهور حشره‌ی کامل آفت تشکیل شد و بر

دوره‌ی لاروی

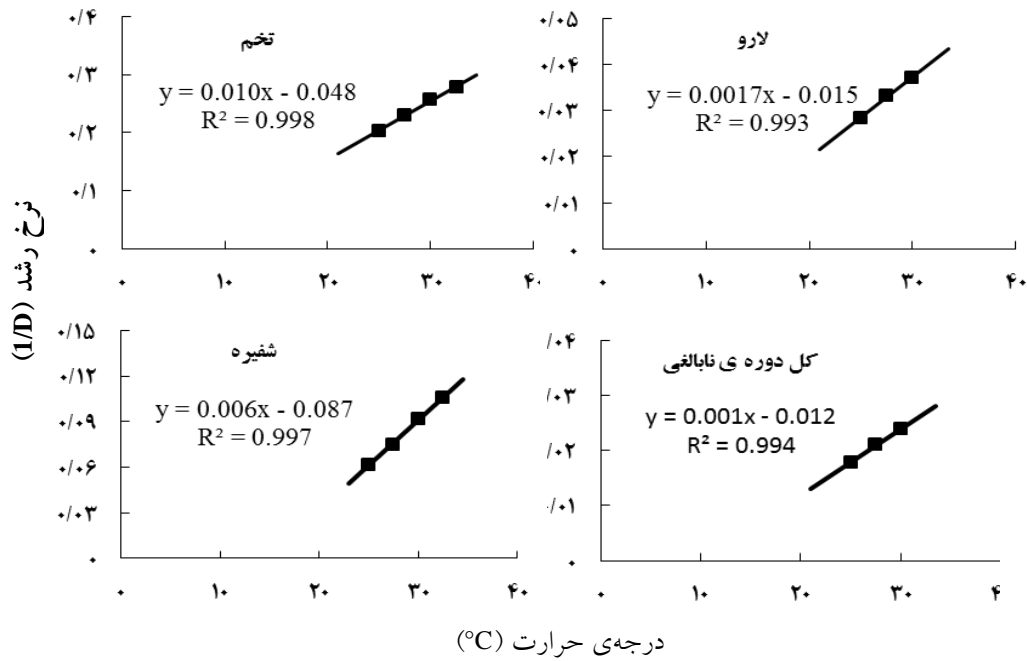
نرخ رشد برای دوره‌ی لاروی آفت در چهار دمای آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به اینکه نتایج تجزیه‌ی رگرسیون خطی با استفاده از داده‌های سه دمای ۲۵، ۲۷/۵ و ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد مناسب تر بود در ترسیم رگرسیون خطی برای این مرحله‌ی رشدی آفت، داده‌های دمای ۳۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد کنار گذاشته شد و تنها از داده‌های حاصل در سه دمای باقیمانده برای رسم رگرسیون خطی استفاده شد (شکل ۱ و ۲). معادله‌ی رگرسیون خطی برای دوره‌ی لاروی در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به پارامترهای رگرسیون ($P=0/037$) رابطه‌ی بدست آمده معنی‌دار می‌باشد. آستانه‌ی حداقل دمایی برای دوره‌ی لاروی آفت با روش معمولی ۸/۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و مجموع نیاز دمایی آن ۵۷۴/۳۶ درجه روز محاسبه گردید (جدول ۳). معادله‌ی خطی به روش ایکموتو و تاکای برای دوره‌ی لاروی این آفت تشکیل شد (شکل ۲ و جدول ۳). با استفاده از این معادله، آستانه‌ی حداقل دمایی برای این دوره‌ی رشد آفت با این روش، ۸/۸۳ درجه‌ی سانتی‌گراد و مجموع نیاز دمایی ۵۶۷/۳۹ درجه روز محاسبه شد.

دوره‌ی شفیرگی

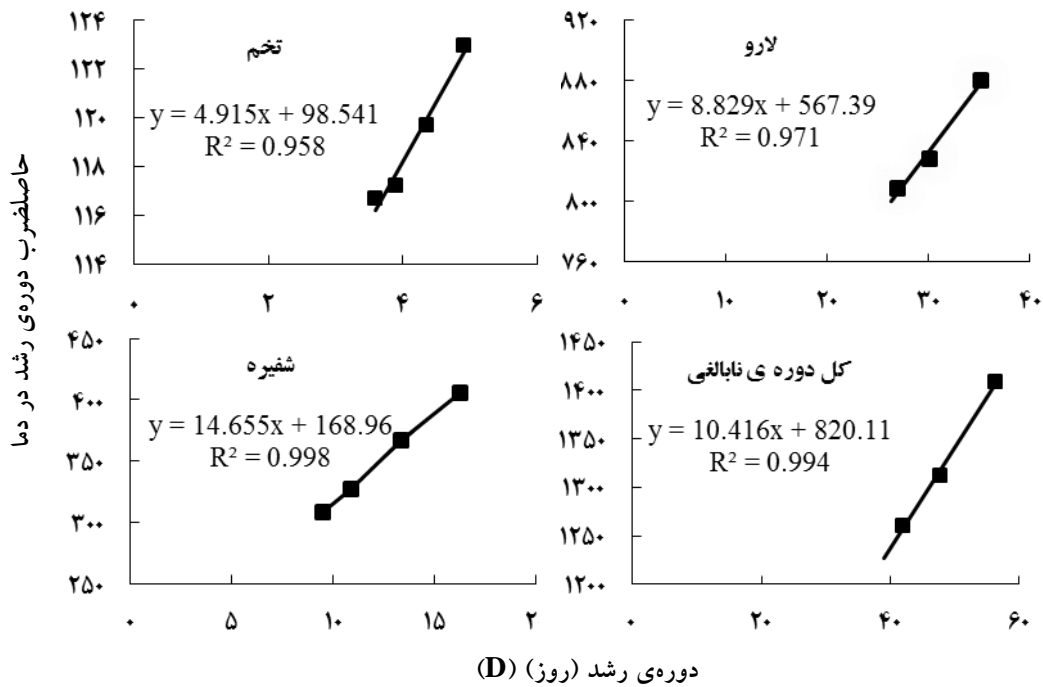
نرخ رشد مرحله‌ی شفیرگی آفت در چهار دمای آزمایشی با استفاده از میانگین طول دوره‌ی شفیرگی محاسبه شد (جدول ۲). بین دماهای آزمایشی و نرخ رشد آنها رگرسیون خطی گرفته شد (شکل ۱ و جدول ۳). نتایج تجزیه‌ی رگرسیونی وجود رابطه‌ی قوی و بسیار معنی-

محاسبه شد (شکل ۲ و جدول ۳).

اساس نتایج، آستانه‌ی حداقل دمایی برابر ۱۰/۴۲ درجه‌ی سانتی‌گراد و مجموع نیاز دمایی ۸۲۰/۱ درجه روز



شکل ۱- روابط خطی بین دما و نرخ رشد برای مراحل مختلف رشدی (تخم، لارو، شفیره و تخم تا حشره‌ی کامل) شب پرهی پوست خوار میوه‌ی پسته *A. komaroffi*



شکل ۲- روابط خطی بین دوره‌ی رشد و نمو (D) و حاصلضرب دوره‌ی رشد و نمو در دمای آزمایشی (DT) برای مراحل مختلف رشدی (تخم، لارو، شفیره و مجموع دوره‌ی نابالگی) شب پرهی پوست خوار میوه‌ی پسته *A. komaroffi*

جدول ۳- آستانه‌ی حداقل دمایی (T_0) و نیاز دمایی (K) مراحل نابالغی شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته *A. komaroffi* با دو روش رگرسیون خطی.

مرحله‌ی رشدی	روش رگرسیونی	معادله‌ی رگرسیون	R^2_{adj}	P	T_0 (°C) ± SE	$K(DD) ± SE$
تخم	معمولی	$I/D = -0.048 + 0.010T$	۰/۹۹۸	۰/۰۰۱	$۴/۷۴ ± ۰/۶۵$	$۹۹/۲۸ ± ۲/۶۵$
	ایکومتو و تاکای	$DT = 98.541 + 4.915D$	۰/۹۵۸	۰/۰۱۴	$۴/۹۱ ± ۰/۵۹$	$۹۸/۵۴ ± ۲/۴۸$
لارو	معمولی	$I/D = -0.015 + 0.002T$	۰/۹۹۳	۰/۰۳۸	$۸/۶۰ ± ۱/۱۳$	$۵۷۴/۳۶ ± ۳۴/۰۸$
	ایکومتو و تاکای	$DT = 567.390 + 8.829D$	۰/۹۷۱	۰/۰۷۶	$۸/۸۳ ± ۱/۰۶$	$۵۶۷/۳۹ ± ۳۲/۸۸$
شفیره	معمولی	$I/D = -0.087 + 0.006T$	۰/۹۹۷	۰/۰۰۱	$۱۴/۶۸ ± ۰/۴۴$	$۱۶۸/۵۸ ± ۵/۱۴$
	ایکومتو و تاکای	$DT = 168.960 + 14.655D$	۰/۹۹۸	۰/۰۰۱	$۱۴/۶۵ ± ۰/۴۲$	$۱۶۸/۹۶ ± ۵/۳۸$
کل دوره‌ی نابالغی	معمولی	$I/D = -0.012 + 0.001T$	۰/۹۹۷	۰/۰۲۳	$۱۰/۲۹ ± ۰/۶۳$	$۸۲۶/۰۵ ± ۲۹/۸۸$
	ایکومتو و تاکای	$DT = 820.111 + 10.416D$	۰/۹۹۴	۰/۰۳۶	$۱۰/۴۲ ± ۰/۵۹$	$۸۲۰/۱۱ ± ۲۹/۱۱$

دوم و سوم ترسیم شد. برای محاسبه‌ی مجموع دماهای موثر برای درصد‌های مختلف ظهور حشرات کامل نسل‌های اول، دوم و سوم از ۵۰ درصد ظهور حشرات کامل نسل قبل استفاده شد (شکل ۴). با توجه به این شکل، مجموع دماهای موثر برای پنجاه درصد ظهور حشرات کامل نسل اول، دوم و سوم به ترتیب برابر $۷۶۳/۷$ ، $۷۵۰/۹$ و $۸۱۱/۷$ درجه-روز بدست آمد.

استفاده از (درجه-روز) یکی از روش‌های پیش-آگاهی و تعیین زمان مبارزه با آفات می‌باشد. بصیرت (۱۳۸۷) مجموع دماهای موثر لازم برای دوره‌ی ظهور شفیره و حشرات کامل پروانه‌ی چوبخوار پسته *Kermania pistaciella* Amsel را در شرایط مزرعه-ای محاسبه نمود و زمان مبارزه‌ی شیمیایی این آفت را که هم زمان با یک هفته بعد از اوج ظهور حشرات کامل می‌باشد، براساس نیاز دمایی ظهور حشرات کامل پیش-بینی نمود. در مطالعه‌ای برای پیش‌آگاهی زمان ظهور پوره‌های پسپیل معمولی پسته *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer مجموع دماهای موثر لازم برای درصد‌های مختلف پورگی این آفت در نسل‌های مختلف محاسبه شده است (حسنی و همکاران ۱۳۸۹). در یک بررسی انجام شده، مجموع دماهای موثر کرم ساقه

مجموع دماهای موثر برای دوره‌ی ظهور حشرات کامل در شرایط مزرعه‌ای

معادله‌ی رگرسیون خطی بین پروبیت درصد ظهور حشرات کامل زمستان‌گذران و لگاریتم مجموع دماهای موثر مورد نیاز به صورت:

$$Y = ۳/۸۶۹X - ۴/۳۰۹$$

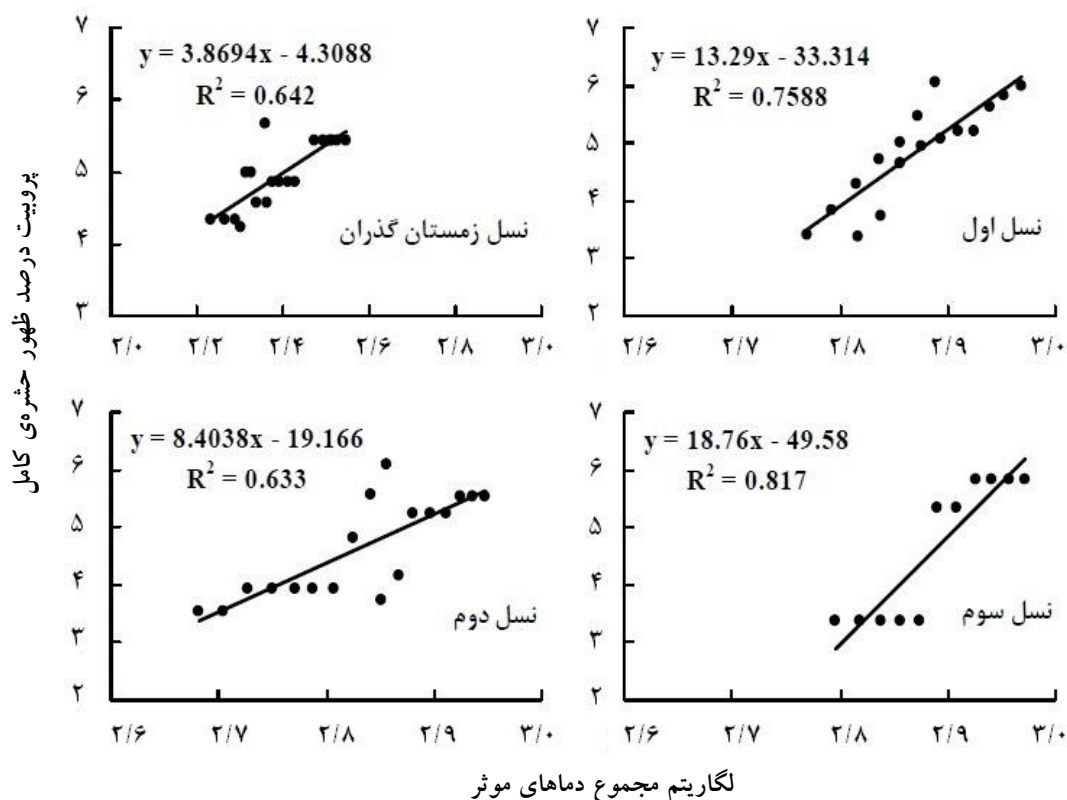
Y = پروبیت درصد ظهور حشرات کامل

X = لگاریتم مجموع دماهای موثر

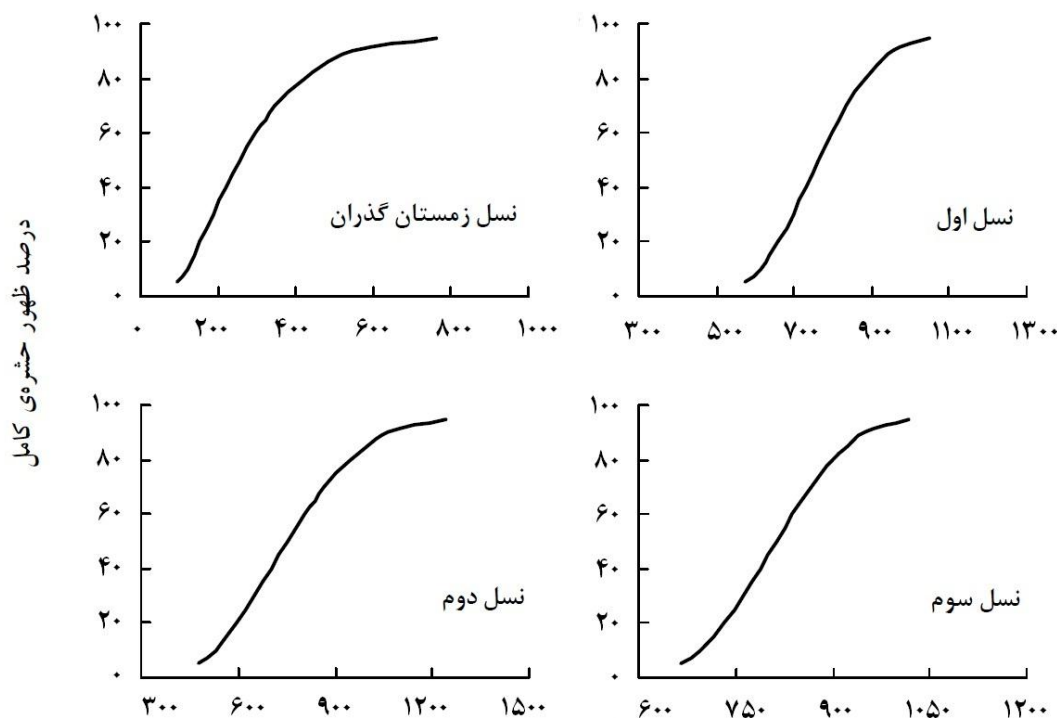
با $R^2 = ۰/۶۴$ بدست آمد (شکل ۳). با استفاده از این معادله، منحنی بین درصد ظهور حشرات کامل زمستان-گذران و مجموع دماهای موثر ترسیم شد (شکل ۴). با توجه به این شکل، مجموع دماهای موثر برای درصد‌های مختلف ظهور حشرات کامل نسل زمستانه از شفیره‌های زمستان‌گذران قابل محاسبه بوده که برای ۵۰ درصد ظهور حشرات کامل نسل زمستانه از شفیره زمستان‌گذران $۲۵۴/۵$ درجه-روز لازم خواهد بود. معادله‌ی رگرسیون خطی بین پروبیت درصد ظهور حشرات کامل و لگاریتم مجموع دماهای موثر برای نسل‌های اول، دوم و سوم نیز در شکل ۳ نشان داده شده است. با استفاده از این معادله‌ها، منحنی مربوط برای درصد‌های مختلف ظهور حشرات کامل نسل‌های اول،

دانش‌نیا و عالیچی (۱۳۹۱) زمان سمپاشی بر علیه لارو نسل‌های اول و دوم کرم سیب *Cydia pomonella* (L.) از زمان ظهور حشرات کامل نسل قبل بر اساس مجموع دماهای موثر پیش‌بینی نمودند. ایجاد یک راهکار موثر مدیریت آفت نیازمند درک عمیق از رشد و نمو جمعیت آفت تحت شرایط اقلیمی طبیعی است. اهمیت پیش‌بینی فصلی فعالیت و نوسانات جمعیت حشرات جهت ایجاد راهکار کنترلی موثر منجر به تشکیل معادلات مختلف شده که بخوبی اثرات دما را توصیف می‌کند. این معادلات شامل مدل‌های خطی ساده تا مدل‌های پیچیده‌ی غیرخطی است که رابطه‌ی بین نرخ رشد و دما را به خوبی توصیف می‌کند (هیلبرت و لوگان ۱۹۸۳، لام ۱۹۹۲). اهمیت و ارزش این مدل‌ها بسته به توانایی آنها در پیش‌بینی موفقیت‌آمیز وقایع زیستی حشره می‌باشد.

خوار ذرت *Sesamia nonagrioides* (Lefebvre) برای ۵۰ درصد ظهور حشرات کامل نسل اول و دوم با روش میانگین، سینوسی، مثلثی و هابر محاسبه شد که مجموع دماهای موثر نسل اول بیشتر از نسل دوم بوده است (لوپز و همکاران ۲۰۰۱). علی‌نیزی (۱۹۷۶) در مورد کاربرد درجه-روز در پیشگویی وضعیت زیستی مگس گیلان *Rhagoletis indifferens* Curran متوجه شد که بر اساس مدل‌های بدست آمده می‌توان با دقت قابل قبولی درصد‌های مختلف خروج حشره از دیاپوز، جفت‌گیری، تخم‌ریزی و فعالیت لاروی را پیشگویی کرد. رینگ و هریس (۱۹۸۳) مراحل مختلف رشدی آفت *Acrobasis nuxvorella* Nuenzig را مورد توجه قرار دادند و مدلی را برای پیش‌بینی زمان شفیره شدن، ظهور حشرات کامل زمستان‌گذران و تخم‌ریزی آنها، تفریح تخم و فعالیت لاروهای نسل اول این آفت ارائه نمودند.



شکل ۳- رابطه‌ی خطی بین پرویت درصد ظهور حشرات کامل نسل‌های مختلف شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه پسته و لگاریتم مجموع دماهای موثر از ۵۰٪ ظهور حشرات کامل نسل قبل (برای نسل زمستانه از اول بهمن) بر اساس آستانه‌ی حداقل دمایی ۱۰/۴۲ و آستانه‌ی حداکثر دمایی ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد



مجموع دماهای موثر

شکل ۴- مجموع دماهای موثر لازم برای درصدهای مختلف ظهور حشرات کامل نسل‌های مختلف شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته از ۵۰٪ ظهور حشرات کامل نسل قبل (برای نسل زمستانه از اول بهمن) بر اساس آستانه‌ی حداقل دمایی ۱۰/۴۲ و آستانه‌ی حداکثر دمایی ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد.

می‌تواند به آسانی و با فرض اینکه نرخ رشد به صورت خطی است، برآورد گردد (کمبل و همکاران ۱۹۷۴ و پروس ۱۹۸۳). اطلاعات علمی درباره‌ی آستانه‌ی حداقل دمایی و نیاز دمایی *A. komaroffi* وجود ندارد. در این مطالعه، آستانه‌ی حداقل دمایی با روش معمولی و روش ایکموتو و تاکای برای مرحله‌ی تخم تا ظهور حشره‌ی کامل این آفت به ترتیب برابر ۱۰/۲۹ و ۱۰/۴۲ درجه‌ی سانتی‌گراد محاسبه شد که آستانه‌ی حداقل دما با دو روش ذکر شده برای مرحله‌ی تخم تا ظهور حشره کامل تفاوت چندانی ندارند. همچنین مجموع نیاز دمایی با روش معمولی و روش ایکموتو و تاکای برای مرحله‌ی تخم تا ظهور حشره‌ی کامل این آفت به ترتیب ۸۲۶/۰۵ و ۸۲۰/۱۱ درجه-روز محاسبه شد که اختلاف بسیار ناچیزی را نشان می‌دهند. مدل خطی به طور گسترده‌ای توسط محققین مختلف و در مورد آفات مختلف مورد

مدل خطی ساده‌ترین توصیف از رابطه‌ی نرخ رشد-دما است که بطور گسترده‌ای برای پیش‌بینی وقایع رشدی زندگی حشرات مورد استفاده قرار می‌گیرد (گیلبرت و گوتیرز ۱۹۷۳، گلی‌زاده و زالوکی ۲۰۱۲، مبارکیان و همکاران ۲۰۱۴). از آنجایی که یک رابطه‌ی خطی ثابت بین دما و رشد و نمو در محاسبه‌ی نیاز دمایی فرض می‌شود، لذا گاهی این روش به عنوان یک برآورد خطی مورد اشاره قرار می‌گیرد. با وجود اینکه روند رشد و نمو در نزدیکی دماهای خیلی پایین و خیلی بالای رشد و نمو خطی نیست، ولی چون بیشتر رشد و نمو در دماهای روی قسمت خطی منحنی رشد و نمو صورت می‌گیرد، محاسبه‌ی نیاز دمایی از این راه عملی است.

آستانه‌ی حداقل دمایی (T_0) و زمان فیزیولوژیکی لازم برای تکمیل مرحله‌ی رشدی خاص (ثابت دمایی، K)

با توجه به اینکه مدل خطی به کمترین داده نیاز دارد لذا محاسبات آن بسیار ساده بوده و همچنین نتایج به دست آمده از آن با تفاوت‌های بسیار جزئی در دقت و صحت، قابل قیاس با مدل‌های خیلی پیچیده‌ی غیرخطی می‌باشد (واگنر و همکاران ۱۹۸۴، کنتودیماس و همکاران ۲۰۰۴). اطلاعات بدست آمده می‌تواند برای پیشگویی موثر زمان انجام مبارزه به موقع با آفت استفاده شود. در مطالعات آزمایشگاهی، آستانه‌ی حداقل دمایی این آفت با روش رگرسیون معمولی و روش ایکموتو و تاکای به ترتیب برابر ۱۰/۲۹ و ۱۰/۴۲ درجه‌ی سانتی‌گراد بدست آمد که از آستانه‌ی ۱۰/۴۲ درجه‌ی سانتی‌گراد برای محاسبه‌ی مجموع دماهای موثر در شرایط مزرعه‌ای استفاده شد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، مجموع دماهای موثر لازم برای اوج ظهور حشرات کامل این آفت در نسل‌های زمستانه، اول، دوم و سوم به ترتیب ۲۷۵/۰، ۷۸۱/۱، ۷۷۸/۲ و ۸۲۴/۷ درجه-روز بدست آمد که می‌توان در هر منطقه مجموع دمای موثر را محاسبه نمود و زمانی که مجموع دماهای انباشته شده به مقادیر فوق برسد، می‌توان اقدام کنترلی مناسب علیه آفت را یک هفته بعد به عمل آورد. مجموع نیاز دمایی دوره‌ی نابالغی در شرایط آزمایشگاهی با روش رگرسیون معمولی و روش ایکموتو و تاکای برای یک نسل این آفت به ترتیب ۸۲۶/۰۵ و ۸۲۰/۱۱ درجه روز محاسبه شد. مجموع دماهای موثر در شرایط مزرعه‌ای برای نسل‌های اول، دوم و سوم به ترتیب برابر ۷۶۳/۷، ۷۵۰/۹ و ۸۱۱/۷ درجه-روز بدست آمد که تقریباً با نتایج مطالعات آزمایشگاهی هم خوانی دارد. نیاز دمایی مراحل مختلف رشدی شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته که در این مطالعه بدست آمده است را می‌توان در تلفیق با مطالعات مزرعه‌ای در مدیریت مبارزه با این آفت استفاده نمود.

سیاس‌گذاری

نگارندگان مقاله از موسسه‌ی تحقیقات پسته‌ی کشور بابت همکاری‌های ارزنده و تامین تجهیزات لازم در این تحقیق سپاس‌گذاری می‌نمایند. این تحقیق بخشی از رساله‌ی دکتری نگارنده‌ی دوم در دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد.

استفاده بوده است و رابطه‌ی خطی نرخ رشد-دما در مورد بسیاری از حشرات صادق می‌باشد. در این ارتباط آستانه‌ی حداقل دمای پسبیل معمولی پسته از مرحله‌ی تخم تا حشره کامل ۱۰/۷۱ درجه‌ی سانتی‌گراد گزارش شده است (مهرنژاد ۱۹۹۸). آستانه‌ی حداقل دمای زنبور سیاه مغز خوار پسته برای مرحله‌ی لاروی تا ظهور حشره‌ی کامل را ۹/۵۲ درجه‌ی سانتی‌گراد گزارش شده است (بصیرت و سیدالاسلامی ۱۳۸۰). در این تحقیق آستانه‌ی حداقل دمایی برای مراحل مختلف رشد این آفت متغیر بدست آمد. آستانه‌ی حداقل دما برای مراحل مختلف رشد در مورد بسیاری از آفات دیگر نیز متفاوت گزارش شده است. آستانه‌ی حداقل دما برای مراحل مختلف رشد کرم گلوگاه انار *E. ceratoniae* متغیر بوده و از ۱۱/۸ درجه‌ی سانتی‌گراد برای مرحله‌ی لارو سن ۵ و ۱۵/۹۷ درجه‌ی سانتی‌گراد برای تخم گزارش شده است (یوسفی و همکاران ۱۳۸۳). در مورد بید سیب‌زمینی نیز آستانه‌ی حداقل دما برای مراحل تخم، لارو و شفیره متفاوت گزارش شده است (اسپورلیدر و همکاران ۲۰۰۴). آستانه‌ی حداقل دمایی *S. nonagrioides* برای مراحل مختلف رشد متغیر گزارش شده است (لوپز و همکاران ۲۰۰۱). نتایج این تحقیق نشان داد که آستانه‌ی حداقل دمایی برای مرحله‌ی شفیره شب‌پره‌ی پوست‌خوار میوه‌ی پسته نسبت به دیگر مراحل رشدی آفت بالاتر بود. در تحقیقی، آستانه‌ی حداقل دمایی برای مرحله‌ی شفیره بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* (Zeller) از دیگر مراحل رشد آفت بالاتر بود که با نتایج این تحقیق روند مشابهی داشته است (اسپورلیدر و همکاران ۲۰۰۴). در این مطالعه، آستانه‌ی حداقل دمایی این آفت برای دوره‌ی شفیرگی ۱۴/۶۸ درجه‌ی سانتی‌گراد محاسبه شد. با توجه به اینکه زمستانگذرانی این آفت در شرایط مزرعه‌ای بصورت شفیره می‌باشد (هاشمی راد و همکاران ۱۳۹۱، مهرنژاد و اسپیدل ۲۰۱۱) و با مساعد شدن شرایط محیطی، حشرات کامل نسل زمستانه ظاهر می‌شوند، بنابراین آستانه‌ی حداقل دمایی این دوره‌ی رشد آفت برای پیش‌آگاهی حشرات کامل نسل زمستانه مورد استفاده خواهد بود.

منابع

- اسماعیلی م، ۱۳۷۵. آفات مهم درختان میوه. چاپ اول، مرکز نشر سپهر.
- اصغری ف، سمیع م ا، مهدیان ک، بصیرت م و ایزدی ح، ۱۳۹۰. اثر دما بر برخی ویژگی های زیستی کفشدوزک *Agonoscena pistaciae* Burckhardt با تغذیه از پسیل معمولی پسته *Hippodamia variegata* (Goeze) & Lauterer و تخم بید غلات *Sitotroga cerealella* Olivier. مجله دانش گیاه پزشکی ایران، جلد ۴۲، شماره ۱، صفحه های ۱۳۷ تا ۱۴۹.
- افروز ف، طالبی ع ا و فتحی پوری، ۱۳۹۱. نیازهای گرمایی شته *Sitobion avenae* (Hem.: Aphididae) و زنبور پارازیتوئید *Praon volucre* (Hym.: Braconidae). مجله دانش گیاهپزشکی ایران، جلد ۴۳، شماره ۱، صفحه های ۱۴۳ تا ۱۵۴.
- بصیرت م، ۱۳۸۷. برآورد نیازهای گرمایی پروانه چوبخوار پسته *Kermania pistaciella* Amsel در شرایط صحرایی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۵۲، شماره ۱، صفحه های ۳۳۹ تا ۳۴۹.
- بصیرت م و سیدالاسلامی ح، ۱۳۸۰. نیازهای گرمایی زنبور سیاه مغزخوار پسته *Eurytoma plotnikovi* Nikolskaya پس از زمستانگذرانی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۵، شماره ۱، صفحه های ۲۲۱ تا ۲۳۰.
- بصیرت م و مهرنژاد م ر، ۱۳۸۳. بررسی آستانه حداقل و نیاز حرارتی شب پره *Plodia* (Lep.: Pyralidae) *interpunctella* و *Apomyelois ceratoniae*. نامه انجمن حشره شناسی ایران، جلد ۲۴، شماره ۲، صفحه های ۱۹ تا ۳۴.
- حسینی م ر، نوری قنبلانی ق، ایزدی، ح و بصیرت، م، ۱۳۸۹. تعیین نیاز گرمایی مراحل نابالغ پسیل پسته *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: Psyllidae) در شرایط طبیعی رفسنجان. فصلنامه گیاهپزشکی، جلد ۲، شماره ۱، صفحه های ۱۳ تا ۲۴.
- حکم آبادی ح، ۱۳۹۰. تشخیص عوامل خسارت زای محیطی و غیر محیطی وارده به محصول پسته (بیمه و جبران خسارت). چاپ اول، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.
- خانی ع، محرمی پور س، حسینی س م، فتحی پوری و طالبی ع ا، ۱۳۸۳. تعیین آستانه حرارتی و نیاز دمایی رشد و نمو و مجموع حرارت موثر تریپس پیاز *Thrips tabaci* Lindeman در شرایط آزمایشگاهی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۱، شماره ۲، صفحه های ۸۷ تا ۹۴.
- دانش نیا س ن و عالیچی م، ۱۳۹۱. تعیین زمان مناسب سمپاشی با استفاده از تله فرومونی و درجه حرارت موثر روزانه برای کرم سیب *Cydia pomonella* (Lep. Tortricidae) در منطقه خان زنیان استان فارس. فصلنامه گیاهپزشکی، جلد ۴، شماره ۲، صفحه های ۳۷ تا ۴۴.
- دستغیب بهشتی ن و سیدالاسلامی ح، ۱۳۶۵. پیش آگاهی و فنولوژی کرم سیب *Cydia pomonella* (Lep.: Tortricidae) در باغ های سیب غرب اصفهان بر اساس محاسبه درجه حرارت موثر. نشریه آفات و بیماری های گیاهی، جلد ۵، شماره ۱ و ۲، صفحه های ۲۵ تا ۴۳.
- شیبانی ا، فریور مهین ح و وطن پور ازغندی ع، ۱۳۷۴. پسته و تولید آن در ایران. موسسه تحقیقات پسته کشور.

صامت خ، ۱۳۵۳. سه شب پره زیان آور پسته در استان کرمان. پنجمین کنگره گیاهپزشکی ایران، تبریز، صفحه‌های ۱۱ تا ۱۲.

مهرنژاد م، ۱۳۹۳. آفات درختان پسته ایران، دشمنان طبیعی و روش های کنترل. مرکز نشر سپهر.

هاشمی راد ح، بصیرت م و مرادی قهدریجانی م، ۱۳۹۱. بررسی بیولوژی و نحوه خسارت شب پره پوست خوار پسته (*Arimania komaroffi* Rag.) در استان کرمان. گزارش نهایی موسسه تحقیقات پسته کشور.

یوسفی م، جلالی سندی ج و صالحی ل، ۱۳۸۳. زیست شناسی کرم گلوگاه انار *Spectrobates ceratoniae* Zeller (Lep:pyralidae) در دماهای مختلف تحت شرایط آزمایشگاهی. پژوهشنامه علوم کشاورزی، جلد ۱، شماره ۱، صفحه‌های ۲۹ تا ۳۸.

Akers RC and Nielson D G, 1984. Predicting *Agrillus anxius* (Col.: Buprestidae) adult emergence by heat unit accumulation. *Journal of Economic Entomology* 77: 1459- 1463.

AliNiasee MT, 1976. Thermal unit requirements for determining adult emergence of the western cherry fruit fly (Diptera: Tephritidae) in the Willamette Valley of Oregon. *Environmental Entomology* 5: 397-402.

Amsel HG, 1954. Die Microlepidopteren der Brandt'schen Iran. *Ausbeute*, 4 Teil. *Arkiv for Zoologi* 2: 255-326.

Andrewartha HC and Birch LC, 1954. *The Distribution and Abundance of Animals*. University of Chicago Press, Chicago, 782p.

Campbell A, Frazer B D, Gilbert N, Gutierrez AP and Mackauer M, 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *Journal of Applied Ecology* 11: 431-438.

Campbell A and Mackauer M 1975. Thermal constants for development of the pea aphid (Homoptera: Aphididae) and some of its parasites. *Canadian Entomologist* 107: 419-423.

Gilbert N and Gutierrez AP, 1973. A plant-aphid parasite relationship. *Journal of Animal Ecology* 42: 323-340.

Golizadeh A, Kamali K, Fathipour Y and Abbasipour H, 2008. Life table and temperature-dependent development of *Diadegma anurum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) on its host *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Environmental Entomology* 37: 38-44.

Golizadeh A and Zalucki M P, 2012. Estimating temperature-dependent developmental rates of potato tuber worm, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Insect Science* 19: 609-620.

Gullan PJ and Cranston PS, 2005. *The insects: an outline of entomology*. (3rd ed.) Blackwell Publishing Ltd., 505 pp.

Hilbert DW and Logan JA, 1983. Empirical model of nymphal development for the migratory grasshopper, *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae). *Environmental Entomology* 12: 1-5.

Ikemoto T and Takai K, 2000. A new linearized formula for the law of total effective temperature and the evaluation of line-fitting methods with both variables subject to error. *Environmental Entomology* 29: 671-682.

Kontodimas DC, Eliopoulos PA, Stathas GJ and Economou LP, 2004. Comparative temperature-dependent development of *Nephus includens* (Kirsch) and *Nephus bisignatus* (Boheman) (Coleoptera: Coccinellidae) preying on *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera: Pseudococcidae): evaluation of a linear and various nonlinear models using specific criteria. *Environmental Entomology* 33: 1-11.

- Lamb RJ, 1992. Development rate of *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae) at low temperatures: Implications for estimating rate parameters for insects. *Environmental Entomology* 21: 10-19.
- Lopez C, Sans A, Asin L and Eizaguirre M, 2001. Phenological Model for *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 30: 23-30.
- Mehrnejad MR, 1998. Evaluation of the parasitoid *Psyllaephagus pistaciae* (Hymenoptera: Encyrtidae) as a biocontrol agent of the common pistachio psylla *Agonosceca pistaciae* (Hemiptera: Psylloidea). Ph.D. Thesis, University of London.
- Mehrnejad MR, 2001. The current status of pistachio pests in Iran. *Cahiers Options Me'diterrane'ennes* 56: 315-322.
- Mehrnejad MR, 2010. The parasitoids of the pistachio hull borer moth, *Arimania komaroffi*, short report. *Applied Entomology and Phytopathology* 77: 131-133.
- Mehrnejad MR. and Speidel W, 2011. The pistachio hull borer moth *Arimania komaroffi* Ragonot (Lepidoptera: Pyralidae). *Entomofauna* 32: 5-16.
- Mobarakian M, Zamani AA, Karmizadeh J, Moeeny Naghadeh N and Emamai MS, 2014. Modelling development of *Callosobruchus maculatus* and *Anisopteromalus calandrae* at various constant temperatures using linear and non-linear models. *Biocontrol Science and Technology* 24: 1308-1320.
- Pedigo LP, 2002. *Entomology and Pest Management* (4th ed.), Prentice-Hall, India. 742 pp.
- Pruess KP, 1983. Day-degree methods for pest management. *Environmental Entomology* 12: 613-619.
- Ring DR and Harris MK, 1983. Predicting pecan nut casebearer (Lep.: Pyralidae) activity at college station, Texa. *Environmental Entomology* 12: 482-486.
- Samet Kh, 1985. The life cycle of *Arimania komaroffi*, a new pest of *Pistachio vera* in Iran. *Entomologists Gazette* 36: 113-115.
- Sharpe PJH and DeMichele DW, 1977. Reaction kinetics of poikilotherm development. *Journal of Theoretical Biology* 64: 649-670.
- Sporleder M, Kroschel JR, Gutierrez Quispe M R and Lagnaoui A, 2004. A Temperature-Based Simulation Model for the Potato Tuberworm, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Entomology* 33: 477-486.
- SPSS [computer software], 2007. SPSS base 16.0 user's guide. SPSS Incorporation, Chicago.
- UC IPM, 2007. UC IPM Online. Statewide Integrated Pest Management Program-How to Manage Pests: Degree-Days. <http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/ddretrieve.html>. [Accessed on 22 September 2015].
- Wagner TL, Wu H, Sharpe PJ, Schoolfield RM and Coulson RN, 1984. Modeling insect development rates: a literature review and application of a biophysical model. *Annals of the Entomological Society of America* 77: 208-225.

Lower Threshold Temperature and Thermal Constant of Pistachio Fruit Borer Moth, *Arimania komaroffi* Ragonot (Lepidoptera: Pyralidae) Under Laboratory and Field Conditions

A Golizadeh^{1*}, M Basirat², SAA Fathi¹ and M Hassanpour³

¹Professor, Department of Plant Protection. University of Mohaghegh Ardabili.

²PhD Student, Department of Plant Protection. University of Mohaghegh Ardabili.

³Associate Professor, Department of Plant Protection. University of Mohaghegh Ardabili.

*Corresponding author: golizadeh@uma.ac.ir

Received: 2 Jan 2016

Accepted: 22Apr 2016

Abstract

The pistachio fruit hull borer moth, *Arimania komaroffi* Ragonot (Lepidoptera: Pyralidae) has become a major pest of pistachio in recent years. The purpose of this study was to determine the lower threshold temperature and thermal constant of this pest under laboratory condition which can be used in predicting the time of pest control. Immature stages of this pest were reared at four constant temperatures 25, 27.5, 30, 32.5 and 35°C (± 1), 65 \pm 5% RH, and 16:8 L:D photoperiod on fruit of Ohadi pistachio cultivar in growth chamber. Lower threshold temperature (T_0) and thermal constant (K) of various stages of this pest were calculated with ordinary linear regression method and Ikemoto & Takai method. Moreover, thermal requirements for different generations of pest were determined under the field conditions during two years, 2013-2014. According to the results the lower threshold temperature for total immature stage (from egg to adult emergence) of this pest with ordinary linear regression and Ikemoto & Takai were 10.29 and 10.42°C, respectively. Thermal constant for completing immature period (egg to adult emergence) was calculated as 826.05 and 820.11 degree-days with ordinary linear regression and Ikemoto & Takai equations, respectively. Thermal requirements were measured as 763.7, 750.9 and 811.7 DD for first, second and third generations under field conditions which is consistent with laboratory results. Results of this study could be used in forecasting and pest management of this pest.

Keywords: *Arimania komaroffi*, Degree day, Forecasting, Lower threshold temperature, Pistachio.