فصلنامه گیاه پزشکی
۱۳۸۸ -۱ (۳) : ۲۷۷-۲۸۷

تأثیر عوامل آب و هوایی بر تغییرات فصلی جمعیت شپشک معمولی خرما (Hom: Diaspididae) *Parlatoria blanchardi* در استان خوزستان

مسعود لطیفیان*
مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور
مهشید زارع
اداره حفظ نباتات مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان آبادان

چکیده

شپشک‌های خرما از آفات مهم خرما بوده که در سال‌های اخیربه دلیل سم‌پاشی‌های بی‌رویه بر علیه آفات کلیدی بر میزان خسارت آنها افزوده شده است. در میان شپشک‌های خرما، گونه *Parlatoria blanchardi* Targ. که به شپشک معمولی خرما معروف است از اهمیت و پراکنش بالاتری برخوردار می‌باشد. این تحقیق به مدت ۴ سال (۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲) در منطقه آبادان انجام گرفت. تغییرات فصلی تراکم جمعیت شپشک خرما بصورت ماهانه در طول سال بررسی گردید. داده‌های هواشناسی که شامل متوسط رطوبت‌نسبی ماهانه و متوسط دمای ماهانه در طول سال بوده‌اند از طریق ایستگاه هواشناسی منطقه جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفت. در تحلیل داده‌ها از مدل‌های تک مولکولی، لوجستیک، گومپرتز، ویبول و ریچارد استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که شپشک معمولی خرما فعالیت خود را از حدود اواسط فروردین ماه آغاز نموده و جمعیت آفت در طول سال سه دوره فعالیتی دارد. دوره اول از حدود اواسط فروردین ماه شروع و در اواسط شهریور تا اواسط مهر پایان یافت. دوره دوم از دهه اول شهریور تا اواسط مهر شروع و در اواسط آذر تا دهه سوم دی ماه پایان یافته و دوره سوم از اواسط آذر تا اواسط دی ماه شروع و در اواسط فروردین ماه پایان گردید. بین تغییرات جمعیت شپشک معمولی خرما و شرایط محیطی (دما و رطوبت نسبی) ارتباط مستقیم وجود داشت و دما تأثیر بیشتری روی تغییرات جمعیت آفت نشان داد. بیشترین تراکم جمعیت آفت بین میانگین دماهای ۱۶ تا ۲۴ درجه سلسیوس و رطوبت‌نسبی بین ۴۲ تا ۶۳ درصد بوقوع پیوست.

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی : masoudlatifian@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۲۱، تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۲۱

واژه‌های کلیدی: شپشک خرما، تغییرات جمعیت، عوامل آب و هوایی، *Parlatoria blanchardi*

مقدمه

خرما میوه‌ای است با ارزش غذائی بالا که به علت دارا بودن مواد قندی قابل توجه (حدود ۷۰٪) علاوه بر مصرف غذائی، در صنعت نیز موارد استفاده فراوان دارد (The ministry of Jihad-e-Agriculture, 1998). یکی از روشهای افزایش میزان تولید در واحد سطح توجه به مسائل به‌زراعی آن از جمله حل مسئله آفات خرما می‌باشد. حشرات شیره‌خوار خرما از جمله شپشک‌های خرما از آفاتی هستند که در سال‌های اخیربه دلیل سم‌پاشی‌های بی‌رویه بر علیه آفات کلیدی بر میزان خسارت آنها افزوده شده است (Latifian, 1990). در میان شپشک‌های خرما، گونه *Parlatoria blanchardi* Targ. که به شپشک معمولی خرما معروف است از اهمیت و پراکنش بالاتری برخوردار است (Gharib, 1986).

این آفت به درختان خرمای جوان به ویژه درختانی که در کنار نهرها و جاهای مرطوب کاشته شده‌اند و همچنین به پاجوش‌ها حمله می‌کند. برگ‌های مبتلا پژمرده و زرد شده و درخت نیز ضعیف گشته و مقدار محصول نقصان پیدا می‌کند (Gharib, 1986). آفت زمستان را به صورت حشره ماده جوان گذرانده و در بهار تخمگذاری را شروع می‌کند. پوره‌ها در اواسط بهار ظاهر می‌شوند و شروع به تغذیه از شیره نباتی می‌کنند. این آفت در مناطق خرماخیز در سال ۳ تا ۴ نسل دارد (El-Kareim & Awadalla, 1998).

در مطالعات انجام شده در نواحی ایدکو و راشید در کشور مصر مشخص شد که آفت مزبور دارای چهار نسل در سال می‌باشد و زنبور پارازیتوئید *Aphytis* sp. دارای نقش مهمی در تغییرات جمعیت آن است (Mourad & Zanuncio, 1998). نرهای آفت به فرمون‌های جنسی ماده‌ها حساس بوده و به آن جلب می‌شوند (Abbassi, 1975). نرهای بالدار در بهار ظاهر شده و تعدادی نر بدون بال نیز در تابستان ظاهر می‌گردند (El-Kareim, 1998). شپشک‌های ماده جوان زمستانگذران معمولاً فعالیت خود را در متوسط دمای روزانه ۲۰ درجه سلسیوس آغاز می‌کنند. از طرفی پوره‌های شپشک‌ها به دماهای بالا حساس می‌باشند به طوری که پوره‌هایی که در موقعیت‌های گرم و خشک از زیر سپر خود خارج می‌گردند و در برابر نور خورشید قرار می‌گیرند، رشد و نموشان چندین هفته به تاخیر می‌افتد و در یک حالت حدواسط پورگی و بلوغ به سر برده و دچار وقفه یا دیاپوز تابستانه می‌گردند. در حالی که افراد دیگر از همین نسل که در شرایط مساعد جوی قرار گیرند دچار وقفه نشده و به رشد معمولی خود ادامه می‌دهند (Deisni, 1983).

در میان آفات خرما، شپشک‌های خرما دارای بیشترین حساسیت به تغییرات رطوبت نسبی محیط می‌باشند به طوری که کاهش رطوبت محیط موجب توقف رشد و دیاپوز آنها می‌گردد که این عمل وسیله‌ای جهت سازش با خشکی است. سپردار معمولی خرما را همیشه می‌توان در

نخلستان‌هایی که رطوبت نسبی آن بالا بوده و سایه دار می‌باشند جستجو کرد، لذا نخیلاتی که در شرایط طبیعی خاص از لحاظ بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی و مجاورت به نهرهای آب، دارای پوشش‌های متراکم گیاهی هستند، موقعیت مساعدتری برای توسعه و ازدیاد این گروه از آفات خرما را دارا می‌باشند (El-Kareim, & Awadalla, 1998).

در میان شپشک‌های خرما، شپشک شفاف خرما *Asterolecanium phoenicis* Rao نیاز به رطوبت زیاد ندارد و در مناطقی که رطوبت نسبی کمتر و حدود ۶۰-۵۰ درصد بوده دامنه گسترش آن زیادتر است. سپردار معمولی خرما بیشتر سعی دارد در محل‌هایی قرار گیرد که در معرض باد نباشد از این رو اکثراً در انتهای دو نیمه برگچه ها و ساقه‌های نخل فعالیت می‌کند (Gharib, 1986). مهمترین بادی که اگرواکوسیستم خرما را شدیداً تحت تاثیر قرار می‌دهد باد معمول تابستانی می‌باشد که از شمال غربی و از سوی بیابان‌های عریان و سوزان سوریه، فلسطین، اردن، عربستان و عراق می‌وزد که این باد تا هنگام برداشت میوه ادامه دارد (Latifian, 1990).

در این پژوهش ضمن مطالعه تغییرات فصلی تراکم جمعیت آفت، اثر عوامل مهم آب و هوایی شامل دما و رطوبت‌نسبی به عنوان یکی از عوامل مهم مؤثر بر نوسانات جمعیت آن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت ۴ سال (۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲) در منطقه آبادان انجام گرفته‌است. آبادان جزیره‌ای است با مساحت ۲۳۱۶ کیلومترمربع که در ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی خط استوا و ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع گردیده‌است. آب وهوای منطقه آبادان از نوع بیابانی و خشک بوده و متوسط بارندگی در سال ۱۳۹/۸ میلی‌متر می‌باشد که بیشتر آن در فصول پاییز و زمستان صورت می‌گیرد. منطقه آبادان از گرمترین نقاط کشور است. درجه حرارت شهر آبادان در حدود ۶۰ روز از سال بیش از ۴۵ درجه سلسیوس می‌باشد. حداکثر حرارت متوسط ماهانه در تیر ۵۴ درجه سلسیوس است و بعد از آن نیز حرارت هوا به آهستگی کاهش می‌یابد. میزان تبخیر حداکثر در جنوب غربی بیش از ۴۵۰۰ میلی‌متر در ماه است (The ministry of Jihad-e-Agriculture, 1998).

نمونه‌برداری‌ها از چهار منطقه شامل روستاهای تنگه، دلگه، ابوشانک و سیحان انجام گرفته است. از هر روستا یک نخلستان به صورت تصادفی انتخاب گردیده و برای مطالعه تغییرات فصلی تراکم جمعیت شپشک خرما در یک هکتار از هر نخلستان ۱۰ درخت به طور تصادفی انتخاب شد (Najafinia *et al.*, 2002) و از هر درخت ۱۰ برگچه از نواحی پایین، وسط و بالای

درخت انتخاب و به صورت ماهانه در طول سال تعداد کل شپشک‌ها در یک سانتی متر مربع از سطح برگچه شمارش می‌گردید (Mourad & Zanuncio 1998). میانگین تراکم جمعیت در چهار منطقه به عنوان شاخص تراکم جمعیت در منطقه مورد استفاده قرار گرفت.

داده‌های هواشناسی که شامل متوسط رطوبت ماهانه و متوسط دمای ماهانه در طول سال بوده‌اند از طریق ایستگاه هواشناسی منطقه جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Chatterjee *et al.*, 2000).

در این تحقیق ضمن محاسبه ضریب همبستگی عوامل آب و هوایی با تغییرات فصلی تراکم جمعیت (Lactin *et al.* 1995)، از مدل‌های سیگموئیدی که شامل مدل تک مولکولی (Monomolecular)، مدل لوجیستیک (Logistic)، مدل گومپرتز (Gompertz)، مدل ویبول (Weibull) و مدل ریچارد (Richard) می‌باشند، برای برآورد چگونگی تأثیر عوامل آب و هوایی بر تراکم جمعیت آفت استفاده گردید (Wagner *et al.*, 1984; Logan *et al.*, 1976.).

در تمام مدل‌های ارائه شده T_i معرف دماها یا رطوبت نسبی مورد استفاده، m(T) تغییرات جمعیت آفت و حروف a، b، c و d ثابت‌های معادلات می‌باشند.

مدل تک مولکولی

مدل تک مولکولی اولین بار بر اساس واکنش‌های شیمیایی مولکولی پی‌ریزی شد. از این مدل جهت توصیف بسیاری از پدیده‌ها نسبت به عوامل محیطی استفاده می‌شود (Yamamura *et al*. 1980).

$$m(T) = \frac{ab + CT_i^d}{b + T_i^d}$$

مدل رشد لجستیک

مدل لجستیک به خاطرکاربرد گسترده و کارآیی آن در توصیف بسیاری از جمعیت‌ها و تأثیرات محیط بر آنها استفاده می‌شود. این مدل ابتدا توسط ورهالست جهت توصیف رشد جمعیت انسان به کار برده شده و بعد از آن جهت استفاده در مطالعات مربوط به رشد جمعیت تعمیم داده شده است (Yamamura *et al.*, 1980).

$$m(T) = \frac{a}{1 + be^{-CTi}}$$

مدل گومپرتز

گومپرتز یک دهه قبل از ورهاست مدل لجستیک را پیشنهاد کرد. وی مدل زیر را جهت رشد جمعیت حیوانات در حرارت‌های مختلف پیشنهاد کرده است (Yamamura *et al*. 1980).

$$m(T) = ae^{-e^{b-CTi}}$$

مدل ویبول

مدل ویبول بهطور گسترده ای در تست حیات و مطالعات مربوط به بقا مورد استفاده قرار گرفته است. اما این مدل به عنوان مدل رشد، مدل واکنش به دما و مدل پیشرفت جمعیت نیز به کار برده شده است (Yamamura *et al*., 1980).

$$m(T) = a - be^{-CTi^d}$$

مدل ریچارد

این مدل نیز در موارد متعددی جهت بررسی پیشرفت جمعیت در حرارت‌های مختلف به کار برده شده است (Yamamura *et al*., 1980).

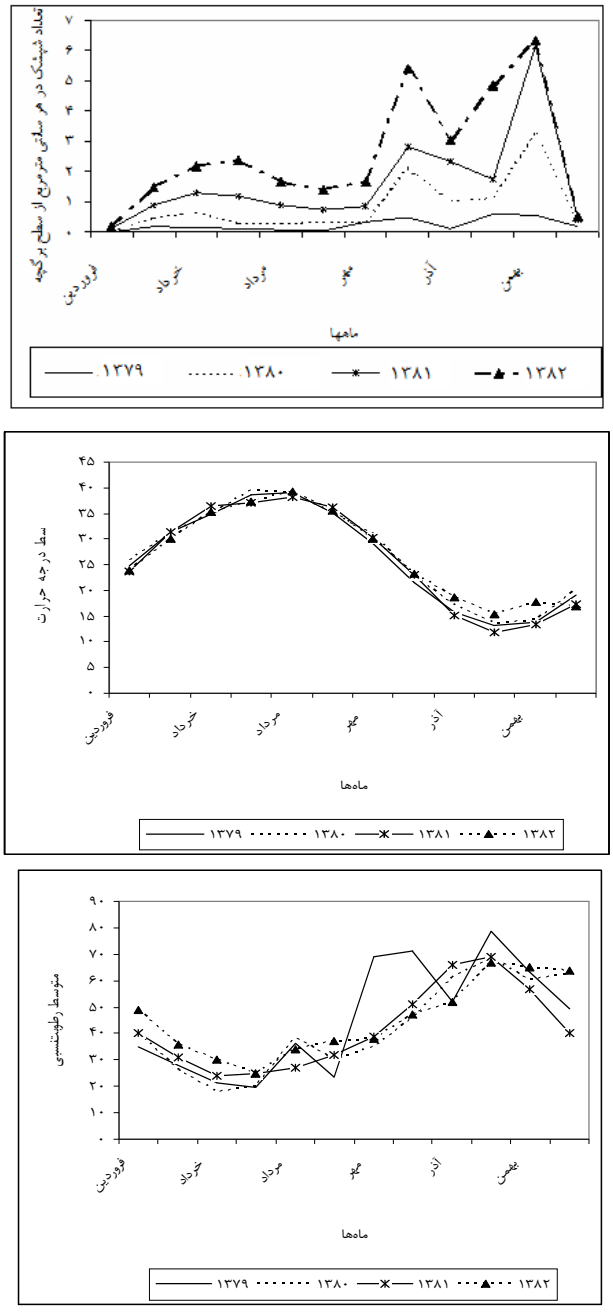
$$m(T) = \frac{a}{(1+e^{bCTi})^{\frac{1}{d}}}$$

نتایج و بحث

۱- تغییرات فصلی تراکم جمعیت شپشک معمولی خرما

منحنی تغییرات فصلی تراکم جمعیت شپشک معمولی خرما طی سال‌های انجام تحقیق در شکل یک نشان داده شده است. منحنی‌های مزبور روند مشابهی را نشان داده‌اند.

شپشک معمولی خرما درسال‌های مطالعه، فعالیت خود را از اواسط فروردین ماه آغاز کرد و به تدریج با گرم شدن هوا بر میزان فعالیت و تراکم آنها افزوده گردید. همان طوری که در منحنی تغییرات فصلی تراکم جمعیت این آفت ملاحظه می‌شود، جمعیت آفت در طول سال سه دوره فعالیتی نشان داد. دوره اول از اواسط فروردین ماه شروع و در اواسط شهریور تا اواسط مهرپایان یافت و اوج آن دهه دوم خردادماه بوده است. طول این دوره در نخلستان‌های مورد مطالعه ۱۴۵ تا ۱۸۰ روز بود. دوره دوم از دهه اول شهریور تا اواسط مهرشروع و در اواسط آذر تا دهه سوم دی ماه پایان یافته و اوج آن دهه اول آبان تا اواسط آذر بوده است. طول این دوره در نخلستان‌های مورد مطالعه ۹۰ تا ۱۱۰ روز بود. دوره سوم از اواسط آذر تا اواسط دی ماه شروع و در اواسط فروردین ماه پایان یافت و اوج آن در دهه دوم دی تا اواسط بهمن ماه بود. این دوره در نخلستان‌های مورد مطالعه ۸۰ تا ۱۰۰ روز طول کشید.



شکل۱- تغییرات فصلی تراکم جمعیت شپشک معمولی خرما *Parlatoria blanchardi* و تغییرات ماهانه حرارت و رطوبت نسبی طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲ در منطقه آبادان

مطابق نتایج بدست آمده بیشترین فراوانی و طولانی‌ترین دوره فعالیت به ترتیب مربوط به دوره فعالیت سوم و اول و کمترین فراوانی و کوتاه ترین دوره به ترتیب مربوط به دوره فعالیت

اول و سوم بود. از سه دوره فعالیت آفت دو دوره (دوره‌های دوم و سوم) در فصول پاییز و زمستان و یک دوره (دوره اول) در فصول بهار و تابستان بوده است.

با توجه به نتایج بدست آمده اوج دوره سوم فعالیت یعنی اواسط تا اواخر بهمن ماه زمان مناسب‌تری برای کنترل آفت می‌باشد زیرا دوره سوم ضمن داشتن حداکثر فراوانی و قبل از شروع فصل زراعی بوده و حداکثر امکان مهار جمعیت آفت وجود دارد.

۲- تاثیر عوامل آب و هوایی بر تغییرات فصلی تراکم جمعیت شپشک معمولی خرما

برای بررسی اثرات دما و رطوبت‌نسبی از روش‌های Gendi (1998)، Chatterjee *et al* *(2000)*.، و Guedes (2000) استفاده شده است. جهت انجام مطالعه ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌های تراکم جمعیت با داده‌های عوامل آب و هوایی با روش Kolomogrov-Smirnov-two sample test مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون همبستگی رابطه تراکم جمعیت شپشک معمولی خرما با عوامل آب و هوایی مورد بررسی در جدول ۱ ملاحظه می‌شود.

جدول ۱- بررسی همبستگی تغییرات فصلی جمعیت شپشک خرما با تغییرات فصلی عوامل آب و هوایی در منطقه آبادان با استفاده از روش اسپیرمن

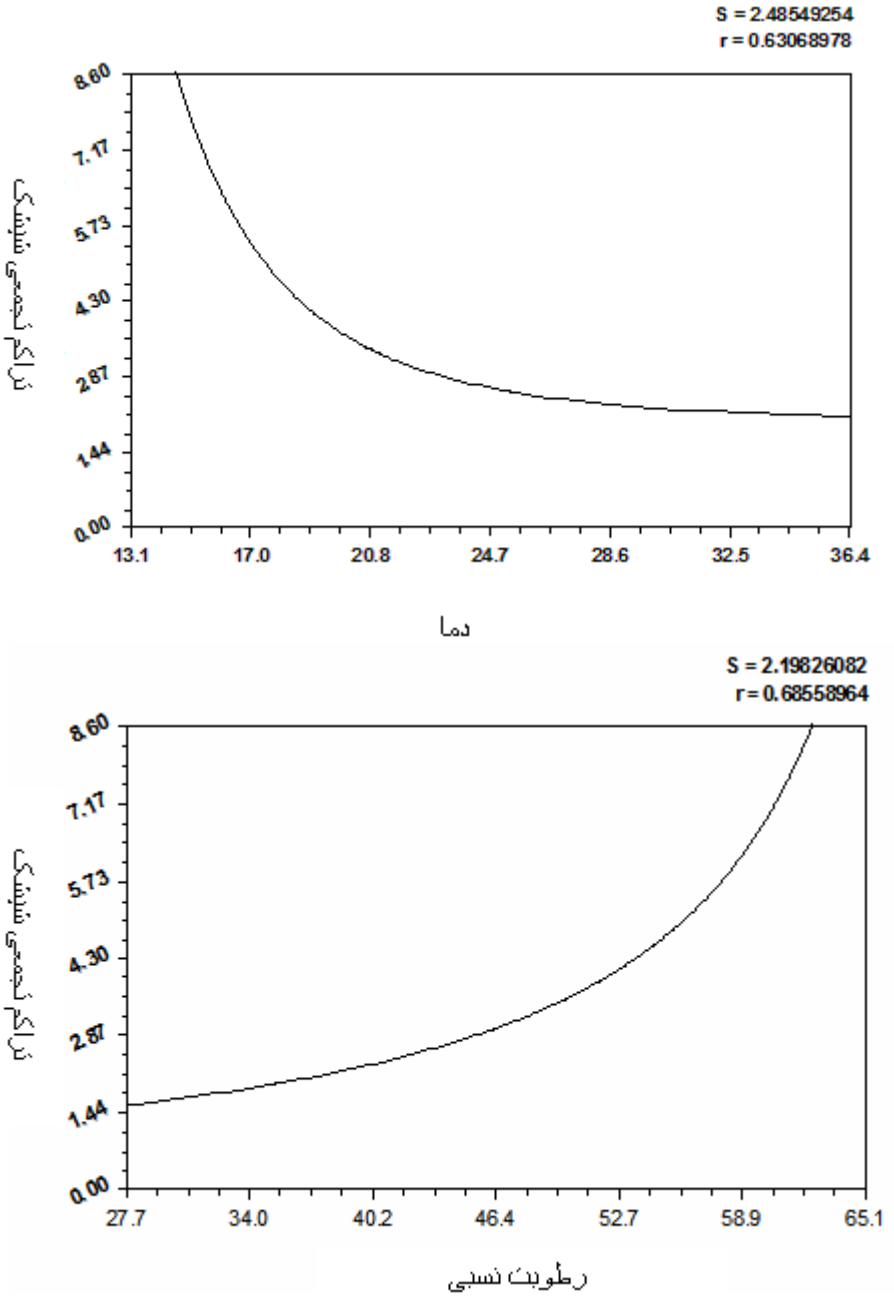
داده‌های مورد مقایسه	ضریب همبستگی	سطح معنی‌دار بودن
حرارت – جمعیت	۰/۵۸	۰/۰۲۱
رطوبت – جمعیت	-۰/۵۳	۰/۰۲۸

رطوبت و حرارت همبستگی معنی‌داری با تراکم جمعیت شپشک معمولی خرما نشان می‌دهند. به طوری که رابطه تراکم جمعیت آفت با حرارت به صورت معکوس و با رطوبت به صورت مستقیم است. هر چند تأثیر حرارت بر تغییرات جمعیت آفت قوی‌تر بوده اما تفاوت اثرات آنها ناچیز می‌باشد. پژوهش انجام شده در رابطه با سایر گونه‌های جنس *Parlatoria* نیز نشان داده است که تراکم جمعیت آنها دارای روابط همبستگی مثبت با دما و روابط همبستگی منفی با رطوبت‌نسبی بوده است (Najafinia *et al.*, 2002).

۳- برآورد دامنه بحرانی حرارتی و رطوبتی فعالیت جمعیت شپشک معمولی خرما

جهت تجزیه و تحلیل جمعیت آفت در دماها و رطوبت‌های مختلف از مدل‌های مورد استفاده برای این منظور که در قسمت مواد و روش‌ها ذکر گردید استفاده شد. خلاصه نتایج ارزیابی این مدل‌ها که با استفاده از دو معیار ضریب تبیین (r^2) و میانگین مربعات اشتباهات (MSE) صورت گرفته نشان داد که مناسب‌ترین مدل جهت بررسی روابط دما و رطوبت با تراکم جمعیت آفت به ترتیب مدل‌های تک مولکولی(رابطه ۱) و لوجستیک (رابطه۲) می‌باشند که معادلات آنها به صورت زیر بیان می‌گردد.

رابطه ۱: $\sum P = (-2.01 - 132T^{-4.35})/(-0.02 + T^{-4.35})$ و رابطه ۲: $\sum p = -0.93/(1 - 2.13e^{0.01H})$ در این روابط p تراکم جمعیت، T دما و H رطوبت نسبی می‌باشد. منحنی مدل‌های مزبور در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد:



شکل۲- منحنی مدل روابط دما و رطوبت‌نسبی با تراکم تجمعی جمعیت شپشک معمولی خرما *Parlatoria blanchardi*

با توجه به تجزیه و تحلیل انجام شده بیشترین تراکم جمعیت آفت بین دماهای ۱۴ تا ۲۴ درجه سلسیوس و رطوبت‌نسبی ۴۲ تا ۶۳ درصد به وقوع می‌پیوندد و در خارج از دامنه مزبور از شدت فعالیت آفت کاسته شده و یا متوقف می‌گردد.

پوره‌های شپشک معمولی خرما نسبت به دماهای بالا بسیار حساس بوده و در اثر آن دچار تلفات شدیدی می‌گردند و بر اساس تحقیقات سایر محققین تعدادی از آنها در چنین شرایطی وارد مرحله دیاپوز تابستانه می‌گردند (Mourad & Zanuncio 1998). با در نظر گرفتن این دامنه‌های حرارتی و رطوبتی می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که دوره اول فعالیت آفت که مصادف با شرایط محیطی بحرانی در زندگی آفت می‌باشد دچار حداکثر تلفات گردیده و لذا اوج تراکم ضعیف‌تری نسبت به دوره‌های دوم و سوم فعالیت آفت نشان می‌دهد. از طرفی به دلیل امکان ورود به مرحله دیاپوز تابستانه طول این دوره از دوره‌های دوم و سوم طولانی‌تر بوده است. اما در دوره سوم فعالیتی که مصادف با بهترین شرایط آب و هوایی (دما و رطوبت‌نسبی) برای زندگی آفت است، ضمن این که بلندترین اوج تراکم جمعیت را نشان می‌دهد، مراحل رشدی مختلف و در نتیجه چرخه زندگی آفت نیز سریع تر کامل شده و از دوره‌های اول و دوم کوتاه تر بوده است. مطالعات انجام شده در ژاپن نیز نشان داده است که در شرایط گرم نظیر شرایط آب و هوایی محل انجام این مطالعه فنولوژی و دینامیسم جمعیت شپشک‌ها بیش از سایر آفات تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در این میان عامل حرارت مهمتر از سایر عوامل بوده است (Yamaguchi *et al*., 2001).

بطور کلی نتایج این تحقیق و تحقیقات مشابه (El-Kareim & Awadalla, 1998) نشان داده است که آب و هوا از جمله عوامل بسیار مؤثر بر تغییرات جمعیت شپشک ها بوده و از روابط عوامل آب و هوایی با تغییرات جمعیت آنها می‌توان برای پیش بینی طغیان آنها استفاده نمود.

منابع

Abbassi, M. 1975. Notes bio-ecologiques sur *Parlatoria pergandei* Comstock [*sic*] (Hom: Coccidae) au Maroc. *Fruits,* 30:179-184.

Chatterjee, H. Ghosh, J. & Senapati S. K., 2000. Influence of important weather parameters on population fluctuation on major insect pest of mandarin orange at Darjeeling district of west Bengal. *Journal of Entomological Research*. 24(3): 229-233.

Deisni, M. A. 1983. Date palm scales in date palm plantations of Boshehre province. *Proceedings of the first Symposium on The Date Palm, 23-25 March 1982. King Faisal Univesity, Saudi Arabia,* pp. 257-263.

El-Kareim, A. I. & Awadalla, S. S. 1998. Population dynamics of the date palm scale *Parlatoria blanchardi* Targ. (Hom: Diaspididae). *Journal of Agricultural Science, Mansoura University*, 23: 3431-3441.

El-Kareim, A. I. 1998. Swarming activity of the adult male of *Parlatoria blanchardi* in response to sex phermone extracts and sticky color traps. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 31(3): 301-307.

Gharib, A. R. 1986. *Pest fauna, injurious animals, diseases and weeds of Iranian date palm plantations*. Plant Protection Research Institute of Iran.

Gendi, S. M.1998. Population fluctuation of *Thrips tabaci* land. on onion plants under Fayoum environmental condition. *Arab Universities Journal of Agriculture Science*. 69(11): 267-276.

Guedes, R.N.C. 2000. Species richness and fluctuation of defola lepidoptera population in Brazilian plantation of *Eucalyptus grandis* as affected by plant age and weather factors. Forest *Ecology and Management*, 137: 179-184.

Lactin, D. J. Holliday, N. J. Johnson, D .L. & Craigen, R. 1995. Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. *Environmental Entomology*, 24: 68-75.

Latifian, M. 1990. *Bioecology of Date Palm Pests*. Date palm and tropical fruits research institute of Iran, 25pp.

Logan, J.A., Wollkind, D. J., Hoyt S .C., & Tanigoshi, L. K. 1976. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environmental Entomology*, 5: 1133-1140.

Mourad, A., K. & Zanuncio. J. C., 1998. Population dynamics of *Parlatoria blanchardi* (Hom.: Diaspididae) on two date palm varieties in Egypt. *Proccedings of 50th International Symposium on Crop Protection, 5May 1998, Gent, Part I.* pp. 389- 395.

Najafinia, M., Azadvar, M., Namvar, P. & Moghadam. M. 2002. Introduction of *Parlatoria crypta* (M. Kenzie) as a new pest on olive trees in Iran. *Applied Entomology and Phytopathology*, 70(1): 93-94.

The Ministry of Jihad-e-Agriculture, 1998. *Static of Five Horticultural Crops of Iran*. The Ministry of Jihad-e-Agriculture. Publication no. 7.

Wagner, T.L., Wu, H. P.J., Sharpe, H., Schoolfield, R. M. & Coulson, R. N. 1984. Modeling insect development rates: A literature review and a application of a biophysical model. *Annales of the Entomological Society of America*, 77: 208-225.

Yamaguchi, T., Kiritani., K., Matsuhira K., & Fukuda, k. 2001. The influence of unusual hot weather on the occurrence of several arthropod crop pests. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 45(1): 1-7.

Yamamura, I., Yonekura., M., Katsura., Y., Ishiguro, M., & Funatsu, M. 1980. Purification and some physico-chemical properties of phenoloxidase from the larvae of housefly. *Agricultural Biological Chemistry*. 44: 55-59.