

## تاثیر آشفستگی بر سطح تعادل جمعیت کرم گلوگاه انار (*Apomyelois ceratoniae*) در شرایط طبیعی

محمدحسن بشارت نژاد<sup>۱\*</sup>، ناصر معینی نقده<sup>۱</sup> و جواد کریمزاده اصفهانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه حشره شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

<sup>۲</sup> بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اصفهان، ایران.

\* نویسنده مسئول: besharat10@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۷

بشارت نژاد، م. ح.، ن. معینی نقده و ج. کریمزاده اصفهانی. ۱۳۹۶. تاثیر آشفستگی بر سطح تعادل جمعیت کرم گلوگاه انار (*Apomyelois ceratoniae*) در شرایط طبیعی. مجله کشاورزی بوم‌شناختی. ۷ (۱): ۸۰ - ۶۹.

**سابقه و هدف:** مهم‌ترین آفت انار، کرم گلوگاه، (*Apomyelois ceratoniae* (Zeller)) بوده و روش‌های رایج مدیریتی آن کنترل شایان پذیرشی در بر نداشته و مدیریت این آفت با مدیریت بوم‌شناختی (اکولوژیک) امکان پذیر خواهد بود. مهم‌ترین موضوع اکولوژی، دینامیسم جمعیت بوده و تنظیم جمعیت در حدود سطح تعادل آن‌ها از اهداف مهم اکولوژی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی است. به‌طور کلی، جمعیت‌ها از نظر پایداری به صورت‌های پایدار، ناپایدار و پایداری خنثی می‌باشند. در مطالعه حاضر تاثیر آشفستگی روی سطح تعادل و پایداری جمعیت کرم گلوگاه انار مورد بررسی قرار گرفت.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق دو آزمایش جداگانه در شهرستان اصفهان و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۴ انجام شد. آزمایش اول با سه تیمار «آشفستگی با کاهش جمعیت»، «آشفستگی با افزایش جمعیت» و «شاهد»، و آزمایش دوم با دو تیمار «آشفستگی با کاهش جمعیت» و شاهد انجام شد. از آغاز فصل و همزمان با ظهور آلودگی میوه‌ها تا پایان فصل، در دو بازه زمانی اول (آغاز خرداد تا پایان مرداد ماه) و بازه زمانی دوم (آغاز شهریور تا پایان آبان ماه)، میانگین شمار میوه انار آلوده به عنوان شاخص جمعیت کرم گلوگاه انار به صورت هفتگی ثبت شد. در پایان بازه زمانی اول از تیمارهای آشفستگی با «کاهش جمعیت» همه‌ی میوه‌های آلوده گردآوری و به تیمارهای آشفستگی با «افزایش جمعیت» همان بلوک اضافه شد. در تیمار شاهد هیچ‌گونه افزایش یا کاهشی اعمال نشد. پس از تجزیه داده‌ها توسط مدل‌های لگاریتمی - خطی وضعیت پایداری جمعیت پس از آشفستگی، بررسی و آن‌گاه برای تعیین سطح تعادل پیش و پس از آشفستگی مقایسه میانگین‌ها انجام شد.

**نتایج و بحث:** نتایج نشان داد که در صورت نبود آشفستگی، تغییری در سطح تعادل جمعیت ایجاد نخواهد شد. در تیمار «آشفستگی با کاهش آلودگی» آزمایش اول، سطح تعادل جمعیت همچنان پایدار بود. در حالی که آشفستگی با کاهش آلودگی در آزمایش دوم، باعث جابه‌جایی در سطح تعادل جمعیت شده و پایین تر از سطح تعادل پیش از آشفستگی قرار گرفت. در تیمار «آشفستگی با افزایش آلودگی» نیز پس از ایجاد آشفستگی، میانگین آلودگی به طور معنی داری بیشتر از میانگین شمار میوه آلوده پیش از آشفستگی بود. نتایج به دست آمده از آزمایش‌های آشفستگی در جمعیت کرم گلوگاه انار نشان می‌دهد که ایجاد آشفستگی در جمعیت می‌تواند در تغییر سطح تعادل جمعیت این آفت موثر واقع شود؛ چنانچه در آزمایش اول در تیمار آشفستگی با «افزایش جمعیت»، سطح تعادل جمعیت پس از ایجاد آشفستگی بالاتر از سطح تعادل

جمعیت پیش از آشفته‌گی قرار گرفت. همچنین در آزمایش دوم در تیمار آشفته‌گی با «کاهش جمعیت»، سطح تعادل جمعیت پس از ایجاد آشفته‌گی پایین‌تر از سطح تعادل جمعیت پیش از آشفته‌گی بود. جابه‌جایی سطح تعادل نشان‌دهنده پایداری خنثی در این جمعیت‌ها می‌باشد. در تیمارهایی که آشفته‌گی در جمعیت رخ نداده است جمعیت پایداری خود را حفظ کرد. بنابراین جمعیت‌هایی که در معرض آشفته‌گی قرار نگرفته‌اند با در اختیار داشتن منابع غذایی کافی در سطوح تعادل خود به صورت پایدار باقی می‌مانند. این موضوع می‌تواند نشانگر آن باشد که عامل‌های طبیعی خواه زنده، مانند دشمنان طبیعی و خواه غیر زنده، مانند عامل‌های اقلیمی نمی‌تواند باعث ناپایداری جمعیت کرم گلوگاه شود و در صورت دخالت نکردن انسان (آشفته‌گی با روش‌های کنترل آفات) جمعیت کرم گلوگاه پایدار و زیانبار خواهد بود.

**نتیجه‌گیری:** ایجاد آشفته‌گی در جمعیت کرم گلوگاه انار می‌تواند در مدیریت بوم‌شناختی آن مورد استفاده قرار گرفته و با برنامه ریزی در بارها و زمان ایجاد آشفته‌گی، می‌توان سطح تعادل جمعیت را به سود مدیریت بوم‌شناختی پایین آورده و با تغییر سطح تعادل به زیر سطح زیان اقتصادی، از زیان اقتصادی آفت جلوگیری کرد. پایین آمدن سطح تعادل جمعیت همراه با حفظ پایداری جمعیت از اعمال روش‌های پیش‌اگاهی و کنترل‌های غیر ضروری مدیریت آفت جلوگیری می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** کرم گلوگاه انار، سطح تعادل جمعیت، آشفته‌گی در جمعیت، مدیریت اکولوژیک.

## مقدمه

تامین امنیت غذایی در گرو کشاورزی پایدار بوده و کمبود اطلاعات درست پیرامون مسائل مهم بوم‌شناختی جمعیت کرم گلوگاه انار برای مدیریت پایدار آن ایجاب می‌کند تا تحقیقاتی در این زمینه انجام و نتایج آن در برنامه‌های مدیریتی این آفت مورد استفاده قرار گیرد.

مدیریت کنترل آفات نظامی متحرک و پویا بوده و همه‌ی عامل‌های موثر بر آن با همدیگر در ارتباط بوده و با تغییر هر یک از عامل‌ها، نظام نیز تغییر می‌کند. بنابراین توجه کامل به اجتماع جانداران در حال تعادل، پرهیزناپذیر است (Pedigo, 2002). با توجه به ویژگی‌های شایان توجه حشرات، مانند تنوع، شمار، شکل، رنگ، تغذیه و عادت‌های باور نکردنی آن‌ها، قابلیت و ظرفیت غنی غیرقابل تصویری را برای اثرهای متقابل با محیط اطراف و فرایندهای بوم‌نظام (اکوسیستم) و همچنین تغییرپذیری‌های آن فراهم ساخته است. بوم‌شناسی حشرات ما را در درک بهتر و کامل‌تر از محیط اطراف و افزایش دانش برای رفع عملی مشکلات ناشی از آفات کمک می‌کند (Price et al., 2011). در مدیریت آفات، هدف پیدا کردن راه‌حلی برای کاهش جمعیت آن‌ها تا زیر آستانه زیان اقتصادی است و دستیابی به این مهم با مدیریت بوم‌شناختی<sup>۱</sup> امکان‌پذیر خواهد بود. در این روش عملیات مطلوب کشاورزی<sup>۲</sup>، نظام‌های تولید

ایران زادگاه انار و دارای بالاترین سطح زیر کشت، تولید، تنوع، کیفیت و صادرات در جهان بوده و مقام نخست جهان را داراست. از میان پنج محصول مهم باغی (با ۶۳ درصد کل تولید) در ایران، انار با سطح زیر کشت حدود ۸۱۰۰۰ هکتار و میزان تولید ۹۹۰ هزار تن، رتبه پنجم تولید با ۶ درصد کل تولید محصولات باغبانی را به خود اختصاص داده است. میزان صادرات انار تازه حدود ۱۳/۵ هزار تن می‌باشد. استان اصفهان با سطحی معادل ۷۶۰۰ هکتار و تولید ۸۹ هزار تن یکی از مناطق مهم تولید این محصول می‌باشد (Hoseinpoor, 2015; Ahmadi et al., 2015). از جمله مهم‌ترین مسائل و چالش‌های تولید این محصول، آفت کلیدی کرم گلوگاه انار، *Apomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera, Pyralidae) می‌باشد که به‌صورت چشم‌گیری باعث کاهش کمی، کیفی و بازار پسندی میوه و محصول انار می‌شود (Kashkuli and Eghtedar, 1975; Mohseni, 2000).

از آنجایی‌که روش‌های مدیریتی این آفت نتوانسته است کنترل مورد انتظاری را فراهم و استفاده از ترکیب‌های شیمیایی برای کنترل آفات انار رایج نبوده و تاکید بر اجرای روش‌های غیرشیمیایی است (Besharatnejad, M.H. unpublished data). از سویی

<sup>1</sup> Ecological Pest Management

<sup>2</sup> Good Agricultural Practices

می‌تواند تغییر کند. عامل‌های تأثیرگذار بر تغییرپذیری‌های جمعیت، مهم و ارزیابی اثرگذاری‌های آن‌ها بر ویژگی‌های بوم‌نظام به‌ویژه برای حشرات اقتصادی باعث توسعه روش‌ها و مدل‌های توصیف تغییرپذیری‌ها شده است. مهم‌ترین و اصلی‌ترین موضوع بوم‌شناختی، پویایی (دینامیسم) جمعیت بوده و شناسایی عامل‌ها و سازوکارهای تغییرپذیری جمعیت حشرات و تنظیم جمعیت در حدود سطح تعادل آن‌ها از هدف‌های مهم بوم‌شناختی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی است. عامل‌های داخلی (مانند رقابت درون گونه‌ای، همخواری و تعیین قلمرو) و خارجی (شرایط غیر زنده و دیگر گونه‌ها) بر اندازه‌ی جمعیت تأثیرگذار بوده و نحوه‌ی تأثیر آن‌ها به صورت مستقل از تراکم<sup>۶</sup> (تغییرپذیری‌های محیطی) و وابسته به تراکم<sup>۷</sup> (رقابت درون و بین گونه‌ای و شکارگری) می‌باشد. بسته به شرایط اقلیمی و در هر محدوده‌ای از تراکم‌های جمعیت، عامل‌های وابسته و غیر وابسته به تراکم که بر اندازه‌ی جمعیت تأثیر می‌گذارند می‌تواند متغیر باشد (Greenbank, 1963; Begon and Mortimer, 1981; Reice, 1985; Cappuccino and Price, 1995; Price, 1997; Schowalter, 2006). رقابت درون گونه‌ای در اصول به واسطه نیاز مشترک افراد جمعیت بر سر منابع محدود (غذا و فضا) ایجاد و منجر به کاهش بقا، رشد ونمو و تولید مثل افراد می‌شود. به‌عبارتی این رقابت می‌تواند باعث کاهش نرخ رشد و یا افزایش نرخ مرگ و میر شده و در نهایت سبب محدودیت رشد جمعیت حشرات شود. رقابت بین افراد به دو صورت ستیزه‌جویانه<sup>۸</sup> و تقلایی<sup>۹</sup> بوده که در نوع اول، افرادی از جمعیت در رقابت پیروز شده و برای زنده‌مانی و تولید مثل به اندازه نیازشان به منابع دسترسی داشته و در عوض افراد ضعیف‌تر زیان دیده و با سهم نابرابر و کمتری از منابع بهره‌برداری می‌کنند، در حالی که در رقابت تقلایی منابع به طور یکسان مورد بهره‌برداری قرار گرفته و به نسبت یکسان بین افراد تقسیم می‌شود (Toquenaga and Fujii, 1990; Price, 1997; Begon et al., 2006; Speight et al., 2008).

تلفیقی<sup>۱</sup> و حفاظت تلفیقی گیاه<sup>۲</sup> که فراتر و جامع‌تر از مدیریت تلفیقی آفات<sup>۳</sup> است مد نظر می‌باشد که مجموعاً به پایداری بوم‌شناختی<sup>۴</sup> منجر می‌شود (Walter, 2003; Seraj, 2008; Besharatnejad et al., 2010; Karimzadeh and Farazmand, 2011). هر موجود زنده به عنوان جزئی از بوم‌نظامی زراعی<sup>۵</sup> دارای ارتباط و اثر متقابل با اجتماعی از موجودهای زنده و محیط زیست اطراف خود بوده و حفظ تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی متناسب با ارزیابی روش‌های پایدار بوم‌شناختی برای تامین امنیت غذایی با اطلاعات دقیق و کامل ضروری، سودمند و کاربردی است. در این زمینه درک درست از علت‌ها و عامل‌های تغییرپذیری جمعیت و بهره‌گیری از روش‌های سازگار به منظور حفظ تعادل یا برگرداندن تعادل از دست رفته در طبیعت و استقرار شیوه‌های بوم‌شناختی و پایدار بوم‌شناختی می‌باشد (Cappuccino and Price, 1997; Altieri, 1999; Chappell and LaValle, 2011). سطح تعادل جمعیت حشره، سطحی از جمعیت است که تحت تأثیر عامل‌های مختلف بازدارنده یا افزایش دهنده در چندین سال ایجاد و در محدوده‌ای از کمینه و بیشینه جمعیت، تراکم آن نوسان می‌کند و میانگین جمعیت در طول زمان است (Pedigo, 2002; Seraj, 2008). انبوهی یک جمعیت تنظیم شده در اطراف یک میانگین معین نوسان می‌کند و لجام گسیخته از آن فاصله نمی‌گیرد و در صورت نوسان‌های به‌نسبت شدید، به سطح انبوهی در حال تعادل پیشین خود برگشت و تنظیم می‌شود (Price, 1997). بطور کلی عامل‌های زنده و غیر زنده مختلفی مانند آب و هوا، غذا، دشمنان طبیعی و رقابت کنندگان می‌تواند باعث تغییر در جمعیت‌های موجودهای زنده شود (Hunter and Price, 1992; Paine and Baker, 1993). اندازه جمعیت‌های حشرات به واسطه تغییر در زاد و ولد، مرگ و میر و مهاجرت

<sup>1</sup> Integrated Production System

<sup>2</sup> Integrated Plant Protection

<sup>3</sup> Integrated Pest Management

<sup>4</sup> Eco-sustainability

<sup>5</sup> Agroecosystem

<sup>6</sup> density independent regulation

<sup>7</sup> density dependent regulation

<sup>8</sup> Contest competition

<sup>9</sup> Scramble competition

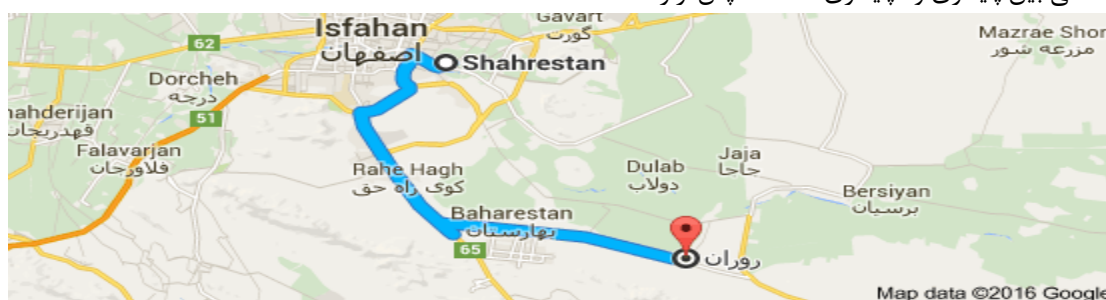
آشفتگی، جمعیت به یک سطح تعادل جدید می‌رسد (Berryman, 1981; Dennis and Desharnais, 1995;) عامل‌های مختلف در محیط زیست و بر زندگی حشرات تاثیر گذار بوده و می‌تواند تغییرپذیری‌های مختلفی را ایجاد و سطوح تعادل جمعیتی آن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. یک آشفتگی، تغییری موقت در شرایط محیط زیست بوده و می‌تواند، تا حد زیادی باعث تغییر جمعیت شود. این اثرگذاری‌ها بر جمعیت، می‌تواند برای مدت زمان طولانی ادامه یابد (Schowalter, 2012). در این پژوهش سعی شد تا رفتار جمعیت کرم گلوگاه انار نسبت به تغییرپذیری در جمعیت به‌عنوان یک آشفتگی مورد ارزیابی قرار گیرد و روند تغییرپذیری‌ها و موقعیت سطح تعادل و پایداری جمعیت پس از آشفتگی معلوم شود. این نتایج در برنامه ریزی مدیریت بوم‌شناختی این آفت سودمند و مؤثر خواهد بود.

## مواد و روش‌ها

### محل انجام آزمایش

این آزمایش در روستای «روران» از توابع بخش مرکزی شهرستان اصفهان، در حاشیه جاده بهارستان به جرقویه واقع در منطقه حاشیه‌ای رودخانه زاینده رود، ۲۵ کیلومتری شرق شهر اصفهان، انجام شد. این روستا در کنار دامنه رشته کوهی به هم پیوسته از کوه‌های منطقه کلاه قاضی قرار گرفته و مرکز دهستان برآن جنوبی و عمده‌ترین محصول باغی آن انار است (شکل ۱).

مهم‌ترین ویژگی رقابت درون گونه‌ای، وابستگی به تراکم می‌باشد. یعنی اینکه هرچه شمار رقابت کنندگان بیشتر باشد اثرگذاری رقابت روی افراد شدیدتر خواهد بود (Speight *et al.*, 2008). به‌طور کلی، جمعیت حشرات به دو حالت پویایی دارای سطح تعادل<sup>۱</sup> و دینامیسم بدون سطح تعادل<sup>۲</sup> تغییر می‌یابد. در پویایی دارای سطح تعادل، جمعیت‌ها تحت تاثیر عامل‌های وابسته به تراکم، به سوی یک سطح تعادل سوق پیدا کرده و تنظیم می‌شوند. در پویایی بدون سطح تعادل، عامل‌های وابسته به تراکم دخیل نبوده و جمعیت به سوی یک نقطه تعادل سوق نمی‌یابد بلکه با نوسان تصادفی<sup>۳</sup>، در نهایت به تراکم غایی (بیشینه یا کمینه) رسیده و منقرض می‌شوند (Dennis and Desharnais, 1995; Schowalter, 1985). همچنین جمعیت‌ها از نظر پایداری<sup>۴</sup> به صورت‌های پایدار<sup>۵</sup>، ناپایدار<sup>۶</sup> و پایداری خنثی<sup>۷</sup> می‌باشند. جمعیت پایدار به جمعیتی اطلاق می‌شود که انبوهی آن در طول زمان تغییرپذیری‌های ناچیزی نشان دهد، در حالی که در یک جمعیت ناپایدار تغییرپذیری‌های انبوهی با گذشت زمان تشدید می‌یابد. دراصل پس از اینکه جمعیت پایداری دچار دگرگونی (نوسان‌های) شدید می‌شود، تمایل دارد که به حد تعادل خود برگردد (Praise, 1997). در صورتی که پس از ایجاد یک آشفتگی<sup>۸</sup> در جمعیت (تغییری در جمعیت)، جمعیت به سطح تعادل خود بازگشت کند پایدار است. درحالی‌که، اگر نوسان‌های واگرا و یا افزایش و کاهش نمایی ایجاد شود ناپایداری ایجاد می‌شود. پایداری خنثی حالتی بین پایداری و ناپایداری است که پس از رخداد



شکل ۱- محل جغرافیایی و نقشه محل انجام آزمایش (روستای روران).

Fig. 1- Geographical area and experimental site (Ruran).

<sup>1</sup> equilibrium dynamics

<sup>2</sup> nonequilibrium dynamics

<sup>3</sup> random walk

<sup>4</sup> stability

<sup>5</sup> stable

<sup>6</sup> unstable

<sup>7</sup> neutral stability

<sup>8</sup> perturbation

### شرایط و تیمارهای آزمایش

به منظور بررسی وضعیت آشفته‌گی در جمعیت کرم گلوگاه انار در شرایط باغ؛ دو آزمایش جداگانه در دو گروه باغ انار انجام شد. آزمایش‌ها در قالب بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. به طوری که آزمایش اول با ۳ تیمار و در ۴ بلوک در ۱۲ باغ و هر باغ به گستره‌ی ۵۰۰۰ متر مربع، دارای درختان انار ۱۲ ساله، رقم «ملس» شهرضا با شرایط یکسان از نظر بافت خاک، شرایط آبیاری، کوددهی و دیگر شرایط داشت یکسان، اجرا شد. فاصله باغ‌ها (تیمارها و بلوک‌ها) از همدیگر یکصد متر و تیمارها شامل ایجاد «آشفته‌گی با کاهش آلودگی» (کاهش شمار میوه آلوده) یا کاهش تراکم (density reduction) جمعیت آفت، ایجاد «آشفته‌گی با افزایش آلودگی» (افزایش شمار میوه آلوده) یا افزایش تراکم (density increase) جمعیت آفت و «شاهد» بود. در حالی که آزمایش دوم با ۲ تیمار و در ۴ بلوک در ۸ باغ و هر باغ به گستره‌ی ۵۰۰۰ متر مربع، دارای درختان انار ۱۲ ساله، رقم «ملس» شهرضا با شرایط یکسان از نظر بافت خاک، شرایط آبیاری، کوددهی و دیگر شرایط داشت یکسان، اجرا شد. فاصله باغ‌ها (تیمارها و بلوک‌ها) از همدیگر یکصد متر و تیمارها شامل ایجاد «آشفته‌گی با کاهش آلودگی» (کاهش شمار میوه آلوده) و «شاهد» بود.

### روش اجرای آزمایش

از آغاز فصل (خرداد ماه) تا آخر فصل (آبان ماه)، در سال ۱۳۹۴ از هر کرت (باغ آزمایشی) شمار ۳۰ درخت انتخاب و نسبت به شمارش شمار میوه آلوده و سالم آن‌ها به صورت هفتگی اقدام شد. برای اجرای آزمایش طول فصل در دو بازه زمانی اول (ابتدای خرداد تا پایان مرداد ماه) و بازه زمانی دوم (آغاز شهریور تا پایان آبان ماه) در نظر گرفته شد. در آزمایش اول پس از سپری شدن نصف زمان آزمایش (وسط فصل و پایان بازه زمانی اول)، در هر بلوک در تیمار کاهش تراکم، انارهای آلوده (زیر و روی درخت) گردآوری و حذف شد. همچنین پس از سپری شدن نصف زمان آزمایش (وسط فصل)، به تیمار افزایش تراکم، انارهای آلوده گردآوری شده از تیمار کاهش تراکم همان بلوک اضافه شد. در آزمایش دوم پس از سپری شدن نصف زمان آزمایش، در هر بلوک در تیمار کاهش تراکم، انارهای آلوده گردآوری و

حذف شد. مجدداً این عملیات حدود ۱۵ تا ۲۰ روز بعد نیز تکرار شد. گردآوری انارهای آلوده در این آزمایش نسبت به آزمایش اول با حساسیت بیشتر و دقیق‌تر انجام شد، بطوری که شمار میوه آلوده گردآوری و خارج شده از باغ‌های با تیمار کاهشی بیشتر از باغ‌های آزمایش اول بود. در تیمار شاهد در هر دو آزمایش هیچ‌گونه افزایش یا کاهش دیده نشد. داده‌های میوه‌های آلوده ۳۰ درخت در هر باغ در هر هفته به صورت میانگین شمار میوه آلوده به عنوان شاخص جمعیت ثبت شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

به علت افزایشی بودن درصد آلودگی در طی فصل رشد، برای تجزیه داده‌ها از داده‌های غیر تجمعی استفاده شد. برای بررسی تأثیر آشفته‌گی بر تعادل جمعیت، و بررسی وجود روند، پایداری و ناپایداری جمعیت، در آغاز روند جمعیت پس از آشفته‌گی توسط مدل‌های لگاریتمی - خطی<sup>۱</sup> (رگرسیون با استفاده از GLM<sup>۲</sup> با توزیع خطای پویسون<sup>۳</sup>) تجزیه شد تا مشخص شود، جمعیت‌ها پس از آشفته‌گی دچار ناپایداری (دارای روند کاهشی یا افزایشی) شده‌اند یا خیر. آن‌گاه در مورد جمعیت‌هایی که پس از آشفته‌گی به تعادل رسیده بودند مقایسه میانگین‌های پیش و پس از آشفته‌گی با استفاده از مدل‌های لگاریتمی - خطی انجام شد تا معلوم شود که جمعیت‌ها پس از آشفته‌گی به سطح تعادل اولیه خود بازگشته‌اند یا به سطح تعادل جدیدی رسیده‌اند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از برنامه R.2.10.0 انجام شد (Crawley, 2013).

### نتایج و بحث

تجزیه داده‌های شمار میوه‌های انار آلوده به کرم گلوگاه انار در طول فصل رشد در تیمارهای مختلف آزمایش اول در جدول‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است. نتایج تجزیه داده‌های شمار میوه‌های انار آلوده به کرم گلوگاه انار در طول فصل رشد، در آزمایش اول در تیمار "بدون آشفته‌گی" در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، میانگین آلودگی در بازه زمانی اول در این تیمار برای چهار تکرار آزمایش، ۱۴/۶، ۷/۲، ۸/۱ و ۱۲/۶ می‌باشد که این میانگین در بازه زمانی دوم به ترتیب برای این تکرارها ۲۶/۴، ۱۴/۲، ۱۲/۰ و ۱۰/۴ بودند. نتایج نشان داد

<sup>1</sup> Log-linear model

<sup>2</sup> generalized linear models

<sup>3</sup> Poisson

نتایج تجزیه داده‌های به دست آمده از تیمار آشفته‌گی با افزایش آلودگی، آزمایش اول در جدول ۳ آمده است. به‌طوری‌که میانگین آلودگی، پیش از آشفته‌گی در چهار تکرار این تیمار، ۷/۰، ۸/۲، ۱۹/۲، ۱۰/۱ و پس از آشفته‌گی برای این تکرارها، به ترتیب ۳۳/۵، ۲۴/۹، ۲۵/۶ و ۳۰/۱ محاسبه شد. بر این پایه پس از ایجاد آشفته‌گی به صورت افزایش آلودگی، شیب خط رگرسیون برازش شده روی داده‌ها پس از آشفته‌گی در هیچ‌یک از تکرارهای این آزمایش معنی دار نشده و هیچ روندی در جمعیت و در بازه زمانی دوم وجود نداشته و جمعیت در حال تعادل است. در حالی‌که در سه تکرار از این آزمایش بین میانگین‌های پیش و پس از آشفته‌گی، اختلاف معنی داری وجود داشت. این بدین معنی است که جابه‌جایی در سطح تعادل رخ داده است. به‌طوری‌که میانگین آلودگی پس از ایجاد آشفته‌گی بیشتر از آن پیش از آشفته‌گی بود. در این سه تکرار سطح تعادل جمعیت پس از ایجاد آشفته‌گی بالاتر از سطح تعادل قبل از ایجاد آشفته‌گی قرار گرفته است. در یکی از تکرارهای این آزمایش اختلاف معنی داری بین میانگین‌های پیش و بعد از آشفته‌گی وجود نداشت (تکرار سوم) و این جمعیت‌ها دارای سطح تعادل یکسان و همانندی در دو بازه زمانی پیش و پس از ایجاد آشفته‌گی را نشان دادند (جدول ۳).

که شیب خط رگرسیون (از نوع لگاریتمی) برازش شده روی داده‌ها در بازه زمانی دوم در هیچ کدام از تیمارها معنی دار نشده و جمعیت‌های تیمار بدون آشفته‌گی بر پایه شمار میوه آلوده در بازه زمانی دوم هیچ روندی نداشته و بنابراین در حالت تعادل می‌باشد. همچنین هیچ تفاوت معنی داری بین میانگین‌های آلودگی (جمعیت) در دو بازه زمانی وجود نداشت. این نتیجه بیانگر آن است که سطح تعادل در تیمار بدون آشفته‌گی در دو بازه زمانی آزمایش جابه‌جا نشده است. به عبارتی، میانگین آلودگی بازه زمانی اول تیمار شاهد، در همه‌ی تکرارها، با میانگین آلودگی در بازه زمانی دوم اختلاف معنی داری را نشان نداد (جدول ۱).

نتایج به دست آمده از تیمار آشفته‌گی در آزمایش اول با "کاهش آلودگی" پس از آشفته‌گی (بازه زمانی دوم) نشان داد که بر پایه شیب خط رگرسیون برازش شده روی داده‌های پس از ایجاد آشفته‌گی در هیچ‌یک از تکرارهای این تیمار معنی دار نشده و بنابراین هیچ روندی در جمعیت و در بازه زمانی دوم وجود ندارد و جمعیت در حال تعادل است. همچنین هیچ تفاوت معنی داری در میانگین شمار میوه آلوده پیش و پس از آشفته‌گی وجود ندارد که نشان دهنده نبود جابه‌جایی سطح تعادل در دو بازه زمانی پیش و پس از آشفته‌گی می‌باشد و به عبارت دیگر سطح تعادل جمعیت در دو بازه زمانی اول و دوم این تیمار یکسان بوده است (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه داده‌های شمار میوه‌های انار آلوده به کرم گلوگاه انار در طول فصل رشد در تیمار بدون آشفته‌گی

Table 1. Data analysis of the number of fruit infested with carob moths during the growing season in control (without perturbation).

Replication	مدل لگاریتمی - خطی برای مقایسه شمار میوه‌های آلوده				مدل لگاریتمی - خطی برای مقایسه شمار میوه‌های آلوده در بازه زمانی دوم			
	Log-linear model to compare the number of infested fruits				Log-linear model to the number of infested fruits in the second period			
	a (SE)	b (SE)	t <sub>6</sub>	P	میانگین شمار میوه آلوده در هفته	Mean number of the infested fruits per week	t <sub>14</sub>	P
i	4.021 (0.372)	-0.160(0.123)	- 1.30	0.284	بازه زمانی اول The first period	بازه زمانی دوم The second period	-1.548	0.144
ii	1.719 (0.670)	-0.371(0.171)	2.171	0.118	14.6	26.4	-1.416	0.179
iii	2.243 (0.465)	0.189 (0.128)	1.482	0.235	7.2	14.2	- 0.88	0.393
iv	2.869 (0.828)	0.079 (0.261)	- 0.302	0.783	8.1	12.0	0.482	0.637
					12.6	10.4		

جدول ۲- تجزیه داده‌های شمار میوه‌های انار آلوده به کرم گلوگاه انار در تیمار آشفته‌گی با کاهش آلودگی (کاهش میوه‌های آلوده).

Table 2- Data analysis of the number of fruit infested with carob moths during the growing season in perturbation treatment by reducing infestation (reduction of infested fruits).

Replication	مدل لگاریتمی - خطی برای شمار میوه‌های آلوده بعد از آشفته‌گی Log-linear model for the number of infested fruits post perturbation data				مدل لگاریتمی - خطی برای مقایسه شمار میوه‌های آلوده Log-linear model to compare the number of infested fruits میانگین شمار میوه آلوده در هفته Mean number of the infested fruits per week			
	a (SE)	b (SE)	t <sub>6</sub>	P	قبل از آشفته‌گی	پس از آشفته‌گی	t <sub>14</sub>	P
					Pre-perturbation	Post-perturbation		
i	2.594 (0.915)	- 0.100 (0.292)	- 0.344	0.775	11.0	7.4	0.822	0.424
ii	2.696 (1.110)	- 0.299 (0.401)	- 0.745	0.510	8.5	5.8	0.805	0.434
iii	3.142 (1.220)	- 0.219 (0.419)	- 0.522	0.638	12.4	10.4	0.326	0.749
iv	1.484 (1.430)	- 0.134 (0.466)	- 0.288	0.792	9.1	5.0	1.286	0.219

جدول ۳- تجزیه داده‌های شمار میوه‌های انار آلوده به کرم گلوگاه انار در تیمار آشفته‌گی با افزایش آلودگی (افزایش میوه‌های آلوده).

Table 3- Data analysis of the number of fruit infested with carob moth during the growing season in perturbation treatment by increasing infested fruits.

Replication	مدل لگاریتمی - خطی برای شمار میوه‌های آلوده بعد از آشفته‌گی Log-linear model for the number of infested fruits post perturbation data				مدل لگاریتمی - خطی برای مقایسه شمار میوه‌های آلوده Log-linear model to compare the number of infested fruits میانگین شمار میوه آلوده در هفته Mean number of the infested fruits per week			
	a (SE)	b (SE)	t <sub>6</sub>	P	قبل از آشفته‌گی	پس از آشفته‌گی	t <sub>14</sub>	P
					Pre-perturbation	Post-perturbation		
i	4.060 (0.869)	- 0.231 (0.300)	-0.768	0.499	7.0	33.5	-2.484	< 0.05
ii	3.479 (0.729)	- 0.139 (0.238)	-0.583	0.601	8.2	24.9	-2.374	< 0.05
iii	3.395 (1.368)	- 0.112 (0.440)	-0.254	0.816	19.2	25.6	0.538	0.599
iv	3.670 (0.384)	- 0.190 (0.130)	-1.468	0.239	10.1	30.1	-2.116	< 0.05

زمانی وجود نداشت. نتایج این آزمایش نیز نشان دهنده آن است که سطح تعادل در تیمار بدون آشفته‌گی در دو بازه زمانی آزمایش یکسان بوده و جابه‌جا نشده است. نتایج تجزیه داده‌های به دست آمده از ایجاد آشفته‌گی در آزمایش دوم با توجه به جدول ۵ نشان می‌دهد که بر پایه شیب خط رگرسیون برازش شده روی داده‌های پس از ایجاد آشفته‌گی در هیچ‌یک از تکرارهای این تیمار معنی دار نشده و در نتیجه هیچ روندی در جمعیت در بازه زمانی دوم وجود

نتایج تجزیه داده‌های به دست آمده از آزمایش دوم در در جدول ۴ و ۵ آمده است. نتایج تجزیه داده‌های آزمایش دوم در تیمار "بدون آشفته‌گی" در جدول ۴ و همسان جدول ۱ می‌باشد. این نتایج نیز نشان داد که شیب خط رگرسیون برازش شده روی داده‌ها در بازه زمانی دوم در هیچ کدام از تیمارها معنی دار نشده و جمعیت‌های تیمار بدون آشفته‌گی هیچ روندی نداشته و در حالت تعادل می‌باشد. همچنین هیچ تفاوت معنی داری بین میانگین‌های آلودگی در دو بازه

جمعیت پیش و پس از ایجاد آشفستگی تفاوت معنی داری مشاهده نشد و مفهوم آن این است که جمعیت پس از آشفستگی دارای سطح تعادلی همسان پیش از آشفستگی می باشد.

نتایج به دست آمده از آزمایش‌های آشفستگی در جمعیت کرم گلوگاه انار نشان می‌دهد که ایجاد آشفستگی در جمعیت می‌تواند در تغییر سطح تعادل جمعیت این آفت موثر واقع شود؛ چنانچه در آزمایش اول در سه تکرار از تیمار آشفستگی با «افزایش جمعیت»، میانگین شمار میوه آلوده پس از ایجاد آشفستگی به طور معنی‌داری بیشتر از میانگین شمار میوه

ندارد و جمعیت در حال تعادل است. مقایسه میانگین شمار میوه آلوده پیش و پس از ایجاد آشفستگی نشان داد که در سه تکرار از این آزمایش (تکرارهای دوم تا چهارم) تفاوت معنی داری پیش و پس از آشفستگی وجود داشته، به طوری که میانگین آلودگی پس از ایجاد آشفستگی برای تکرارهای یادشده کمتر از میانگین شمار میوه آلوده قبل از آشفستگی بود. در این سه تکرار سطح تعادل جمعیت پس از ایجاد آشفستگی پایین‌تر از سطح تعادل پیش از ایجاد آشفستگی قرار گرفته است و جمعیت به سطح تعادل جدیدی رسیده است. در یکی از تکرارهای این آزمایش (تکرار اول) بین میانگین

جدول ۴- تجزیه داده‌های شمار میوه‌های انار آلوده به کرم گلوگاه انار در طول فصل رشد در تیمار بدون آشفستگی.

Table 4- Data analysis of the number of fruit infested with carob moth during the growing season in control (without perturbation).

Replication	مدل لگاریتمی - خطی برای شمار میوه‌های آلوده در بازه زمانی دوم Log-linear model to the number of infested fruits in the second period				مدل لگاریتمی - خطی برای مقایسه شمار میوه‌های آلوده Log-linear model to compare the number of infested fruits			
	a (SE)	b (SE)	t <sub>9</sub>	P	میانگین شمار میوه آلوده در هفته Mean number of the infested fruits per week		t <sub>18</sub>	P
					بازه زمانی اول The first period	بازه زمانی دوم The second period		
i	4.390 (0.461)	- 0.148 (0.090)	-1.640	0.140	24	39	-1.498	0.151
ii	3.211 (0.472)	- 0.049 (0.072)	0.680	0.516	23.3	32.8	-1.416	0.174
iii	3.426 (0.885)	0.046 (0.135)	0.342	0.741	25	40.0	-1.071	0.298
iv	3.117 (0.578)	0.126 (0.082)	1.539	0.162	30	48.1	-1.063	0.302

جدول ۵- تجزیه داده‌های شمار میوه‌های انار آلوده به کرم گلوگاه انار در تیمار آشفستگی با کاهش آلودگی (کاهش میوه‌های آلوده).

Table 5- Data analysis of the number of fruits infested with carob moth during the growing season in perturbation treatment by reducing infestation (reduction of infested fruits).

Replication	مدل لگاریتمی - خطی برای شمار میوه‌های آلوده بعد از آشفستگی Log-linear model for the number of infested fruits post perturbation data				مدل لگاریتمی - خطی برای مقایسه شمار میوه‌های آلوده Log-linear model to compare the number of infested fruits			
	a (SE)	b (SE)	t <sub>9</sub>	P	میانگین شمار میوه آلوده در هفته Mean number of the infested fruits per week		t <sub>18</sub>	P
					پیش از آشفستگی Pre-perturbation	پس از آشفستگی Post-perturbation		
i	2.799 (0.720)	- 0.013 (0.118)	0.111	0.914	32.2	15.3	1.426	0.171
ii	2.120 (0.824)	0.0007 (0.133)	0.005	0.996	32.8	8.3	2.336	<0.05
iii	2.964 (0.595)	0.123 (0.112)	- 1.089	0.308	36.5	10.5	2.178	<0.05
iv	2.807 (0.671)	0.079 (0.119)	- 0.662	0.526	35.1	11.0	2.249	<0.05



کاربردی باشد تا از صرف وقت و انرژی برای اقدام‌های پیش‌آگاهی و کنترل‌های غیر ضروری جلوگیری شود. نتایج به دست آمده از تیمار آشفته‌گی با «افزایش جمعیت» نشان می‌دهد، جمعیت‌هایی که در معرض این تیمار قرار گرفته‌اند در بازه زمانی دوم در حال تعادل بودند. بنابراین سطوح تعادل این جمعیت‌ها پایدار و آشفته‌گی بر پایداری آن‌ها اثری نداشته‌اند. در حالی که در سه جمعیت (جمعیت در سه تکرار) این تیمار سطح تعادل جابه‌جا شده و سطح تعادل بالاتری را تشکیل داده است که نشان دهنده پایداری خنثی در این جمعیت‌هاست. بالا رفتن سطح تعادل در این سه جمعیت پس از آشفته‌گی بیانگر آن است که در صورت وجود منابع غذایی و میزبان مناسب، آفت در یک سطح بالا و زیانبار خود را پایدار ساخته و در مدیریت پایدار آفت می‌تواند نامناسب باشد زیرا به حالت پایدار و با جمعیت بالا مشکل ساز خواهد بود (Brunsting and Heessen, 1984; Schowalter, 2006; Gillman and Hails, 1997).

نظر به اینکه امروزه روش‌های شیمیایی در کنترل این آفت نه تنها رایج نبوده و نتیجه‌ای در بر ندارد بلکه بواسطه مسائل و چالش زیست محیطی و به مخاطره انداختن سلامت انسان و گذشته از اینکه انار یک محصول صادراتی با ارزش برای کشور بوده و هست لذا بایستی از نتایج این آزمایش که از راهکارهای بوم‌شناختی و پایدار در مدیریت کنترل آن است بیش از پیش بهره‌گیری شود.

### نتیجه‌گیری

ایجاد آشفته‌گی در جمعیت کرم گلوگاه انار می‌تواند در مدیریت بوم‌شناختی آن مورد استفاده قرار گرفته و با برنامه‌ریزی در بارها و زمان ایجاد آشفته‌گی، می‌توان سطح تعادل جمعیت را به سود مدیریت بوم‌شناختی پایین آورده و با تغییر سطح تعادل به زیر سطح زیان اقتصادی، از زیان اقتصادی آفت جلوگیری کرد. پایین آمدن سطح تعادل جمعیت همراه با حفظ پایداری جمعیت از اعمال روش‌های پیش‌آگاهی و کنترل‌های غیر ضروری مدیریت آفت جلوگیری می‌کند.

آلوده پیش از آشفته‌گی بود به این مفهوم که سطح تعادل جمعیت پس از ایجاد آشفته‌گی بالاتر از سطح تعادل جمعیت پیش از آشفته‌گی قرار گرفت. همچنین در آزمایش دوم در سه تکرار از تیمار آشفته‌گی با «کاهش جمعیت»، میانگین شمار میوه آلوده پس از ایجاد آشفته‌گی به طور معنی‌داری کمتر از میانگین شمار میوه آلوده قبل از آشفته‌گی بود. یعنی سطح تعادل جمعیت پس از ایجاد آشفته‌گی پایین‌تر از سطح تعادل جمعیت پیش از آشفته‌گی بود. جابه‌جایی سطح تعادل نشان‌دهنده پایداری خنثی در این جمعیت‌ها می‌باشد (Kozar, 1991; Gillman and Hails, 1997).

در تیمارهایی که آشفته‌گی در جمعیت رخ نداده است جمعیت پایداری خود را حفظ کرده و سطح تعادل جمعیت در دو بازه زمانی اول و دوم یکسان و آفت با حفظ پایداری تعادل خود به زندگی خود ادامه داده است. بنابراین جمعیت‌هایی که در معرض آشفته‌گی قرار نگرفته‌اند با در اختیار داشتن منابع غذایی کافی در سطوح تعادل خود به صورت پایدار باقی می‌مانند. این موضوع می‌تواند نشانگر آن باشد که عامل‌های طبیعی خواه زنده، مانند دشمنان طبیعی و خواه غیر زنده، مانند عامل‌های اقلیمی نمی‌تواند باعث ناپایداری جمعیت کرم گلوگاه شود و در صورت نبود دخالت انسان (آشفته‌گی با روش‌های کنترل آفات) جمعیت کرم گلوگاه پایدار و زیانبار خواهد بود.

نتایج به دست آمده از تیمارهای آشفته‌گی با «کاهش جمعیت» نشان می‌دهد که می‌توان با برنامه‌ریزی در بارها و زمان ایجاد آشفته‌گی، سطح تعادل جمعیت را به سود مدیریت بوم‌شناختی پایین آورده و با تغییر سطح تعادل و پایین آوردن آن به زیر سطح زیان اقتصادی، از زیان اقتصادی آفت جلوگیری کرد. پایین آمدن سطح تعادل جمعیت همراه با حفظ پایداری جمعیت موضوع بسیار جالبی را آشکار می‌سازد که هنگامی سطح تعادل جمعیت با این آشفته‌گی پایین‌تر از پیش قرار گیرد از اعمال روش‌های دیگر در مدیریت آفت جلوگیری می‌شود و بیانگر آن است که پایداری جمعیت در این حالت غیر زیانبار بوده و با تراکم پایین در زیر سطح زیان اقتصادی قرار گرفته است. این وضعیت می‌تواند در مدیریت آفت در طول فصل سودمند و

### منابع

- Rezaei, M.M., Kazemifard, R. and Fazli, E., 2015. Agricultural Statistics. Ministry of Agricultural Jihad, Tehran, Iran.
- Altieri, M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74, 19–31.
- Begon, M. and Mortimer, M., 1981. *Population Ecology: A Unified Study of Animals and Plants*. Blackwell Scientific, Oxford, U.K.
- Begon, M., Harper, J.L. and Townsend, C.R., 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*, 4th ed. Blackwell Publishing.
- Berryman, A.A., 1981. *Population Systems: a General Introduction*. Plenum Press, New York.
- Besharatnejad, M.H., Emami, M.S. and Karimzadeh, J., 2010. The role of plant protection Celinic in optimal use of resources and development of sustainable agriculture. *Agriculture and Industry*. 133, 12-13. (In Persian with English abstract).
- Brunsting, A.M.H. and Heessen, H.J.L., 1984. Density regulation in the carabid beetle *Pterostichus oblongopunctatus*. *The Journal of Animal Ecology*. 53, 751-760.
- Cappuccino, N. and Price, P.W., 1995. *Population Dynamics: New Approaches and Synthesis*. Academic Press, San Diego.
- Chappell, M.J. and LaValle, L.A., 2011. Food security and biodiversity: can we have both? An agroecological analysis. *Agriculture and Human Values*. 28, 3–26
- Crawley, M.J., 2013. *The R Book*. Wiley, Chichester, UK.
- Dennis, B. and Desharnais, R.A., 1995. Nonlinear demographic dynamics: Mathematical models, statistical methods, and biological experiments. *Ecological Monographs*. 65, 261-282.
- Greenbank, D.O., 1963. The development of the outbreak. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 31, 19–23.
- Gillman, M. and Hails, R., 1997. *An Introduction to Ecological Modelling: Putting Practice Into Theory*. Blackwell Science.
- Hoseinpour, R., 2015. Export and import of agriculture in 2014. Ministry of Agricultural Jihad, Iran, Tehran., (In Persian).
- Hunter, M.D., Price, P.W., 1992. Playing chutes and ladders: Heterogeneity and the relative roles of bottom-up and topdown forces in natural communities. *Ecology*. 73, 724–732.
- Karimzadeh, J., 2005. Studies on tritrophic interactions between crucifers, the diamondback moth and an endolarval parasitoid. Ph.D. Thesis. University of London, London.
- Karimzadeh, J. and Farazmand, H., 2011. Ecological pest management. *Zeitoon*. 31, 11-16. (In Persian with English abstract).
- Kashkuli, A. and Eghtedar, A., 1975. Study of carob moth in Fars region. *Journal of Plant Pests and Diseases*. 41, 21-32. (In Persian with English abstract).
- Kozar, F., 1991. Recent changes in the distribution of insects and the global warming. In *Proceedings of the 4<sup>th</sup> European Congress of Entomology*, 1-6 September, Gödöllő, Hungary. pp. 406–413.
- Mohseni, A., 2000. *Pomegranate*. Nashre Akhar Publications, Tehran, Iran.
- Nicholson, A. J. 1933. The balance of animal populations. *Journal of Animal Ecology*. 2, 132-178.
- Paine, T.D. and Baker, F.A., 1993. Abiotic and biotic predisposition. In: Schowalter, P.D. and Filip, G.M. (Eds.), *Beetle-pathogen Interactions in Conifer Forests*. Academic Press, London, pp. 61-79.
- Pedigo, L.P., 2002. *Entomology and pest management*. Collier, Mac Millan Publishers, London.
- Price, P.W., 1997. *Insect Ecology*, 3rd ed. John Wiley and Sons, New York.
- Price, P.W., Denno, R.F., Eubanks, M.D., Finke, D.L. and Kaplan, I., 2011. *Insect Ecology, Behavior, Populations and Communities*. Cambridge University Press.
- Reice, S.R., 1985. Experimental disturbance and the maintenance of species diversity in a stream community. *Oecologia*. 67, 90–97.
- Schowalter, T.D., 1985. Adaptations of Insects to Disturbance. In *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, Orlando, FL.
- Schowalter, T.D., 2006. *Insect Ecology An Ecosystem Approach*, 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press, london.
- Schowalter, T.D., 2012. Insect responses to major landscape-Level disturbance. *Annual Review of Entomology*. 57, 1-20.
- Seraj, A.A., 2008. *Integrated Pest Management*. Chmran Shahid University, Ahvaz.
- Speight, M.R., Hunter, M.D. and Watt, A.D., 2008. *Ecology of Insects, Concepts and Applications*. John Wiley and Sons, Blackwell's.
- Walter, G.H., 2003. *Insect Pest Management and Ecological Ersearch*. Cambridge University Press, cambridge.
- Toquenaga, Y. and Fujii, K., 1990. Contest and scramble competition in two Bruchid species. *Researches on Population Ecology*. 32, 349-363.

## The effect of perturbation on the population equilibrium of the carob moth (*Apomyelois ceratoniae*) in natural conditions

Mohammad Hassan Besharatnejad,<sup>1and2,\*</sup> Naser Moeeny Naghadeh<sup>1</sup> and Javad Karimzadeh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Entomology, Razi University, Kermanshah, Iran.

<sup>2</sup>Department of Plant Protection, Isfahan Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran.

\*Corresponding author: besharat10@yahoo.com

Submitted: 2016.04.30

Accepted: 2016.12.17

**Besharatnejad, M. H., Moeeny Naghadeh N. and Karimzadeh, J., 2017.** The effect of perturbation on the population equilibrium of the carob moth (*Apomyelois ceratoniae*) in natural conditions. *Journal of Agroecology*. 7 (1), 69-80.

**Introduction:** The carob moth, *Apomyelois ceratoniae*, is the chief pest of the pomegranate. Its control is only plausible using ecological pest management. Population dynamics and, in particular, population regulation is of prime importance in ecology. Different factors, including indigenous (intraspecific competition) and exogenous (climate and other organisms), may affect population size; the effects can be dependent or independent of population density (Price, 1997). In general, insect populations can go through equilibrium dynamics or non-equilibrium dynamics. In addition, a population at equilibrium level can be stable, unstable or have neutral stability. Stability denotes a return to the previous equilibrium level after a perturbation. Neutral stability, however, is a shift of the equilibrium to a new level (Cappuccino and Price, 1995; Schowalter, 2012). In the present study, the stability of the population equilibrium of the carob moth was examined.

**Materials and methods:** To examine the effects of perturbation and the stability of population equilibrium of carob moths, two different experiments were performed. The first experiment included three treatments (perturbation using density reduction, perturbation using density increase, and no perturbation or the control). In the second experiment, only two treatments (perturbation using density reduction and the control) were carried out. All treatments were replicated four times using a randomized complete block design. The growth season was divided equally into two periods, and the number of infested fruits in 30 randomly selected trees per plot (orchard) was recorded weekly for each period. Data were analyzed using log-linear models to determine whether the equilibrium was stable, or if there were any shifts in the equilibrium level.

**Results and discussion:** The results showed that when there was no perturbation, the equilibrium was unchanged. It was the same for perturbation using density reduction in the first experiment, since the equilibrium showed stability. However, perturbation using density reduction in the second experiment shifted population equilibrium to a lower level. In addition, perturbation using density increase also caused a change in population equilibrium such that the mean infestation of the pre-perturbation period was significantly greater than that for the post-perturbation period. Our findings indicate that creating a perturbation in the population of carob moths may significantly change the stability and population equilibrium as seen in the first experiment with perturbation using density increase. In this experiment, the equilibrium shifted to a higher level after a perturbation. Moreover, in the second experiment with perturbation using density reduction, the perturbation decreased population equilibrium, indicating a neutral stability. When there was no perturbation, carob moth populations showed persistence in a stable manner, where the same equilibrium was recorded for both time periods. It can be said that populations that were not subjected to a perturbation may persist if there are enough food resources. Therefore, these populations cannot be easily perturbed or made unstable by climate or natural enemies unless the populations are manipulated by human practices such as pest management strategies.

**Conclusion:** It was concluded that by using a perturbation, carob moth populations can be ecologically managed. With exact times and applications of ecological strategies of pest management (such as perturbation), it is possible to benefit from the method by lowering population equilibrium to below the economic injury level. Thus, the lowered level of population equilibrium is very important due to its stability, preventing usage of extra pest management practices.

**Keywords:** Carob moth, Population equilibrium level, Stable, Stability, Perturbation, Ecological pest management.

**References:**

- Cappuccino, N. and Price, P.W., 1995. Population Dynamics: New Approaches and Synthesis. Academic Press, San Diego.
- Price, P.W., 1997. Insect Ecology, 3rd ed. John Wiley and Sons, New York.
- Schowalter, T. D., 2012. Insect responses to major landscape-Level disturbance. Annual Review of Entomology, 57, 1-20.