

بررسی تاثیر رقم گلابی بر سطح تعادل جمعیت پسیل گلابی (*Cacopsylla pyricola* Foerster) در شرایط طبیعی

محمدسعید امامی^{۱*}، جواد کریمزاده اصفهانی^۲ و پرویز شیشه‌بر^۳

۱- *نویسنده مسوول: دانشجوی سابق دکتری حشره شناسی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- دانشیار بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی (تات)، اصفهان، ایران

۳- استاد گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۹

چکیده

پسیل گلابی، (*Cacopsylla pyricola* Foerster)، آفت کلیدی درختان گلابی در تمام مناطق کشت گلابی در ایران است. یکی از فرآیندهای تنظیم کننده جمعیت هر حشره حول محور تعادل، اثرات گیاه میزبان است. بر این اساس، تاثیر رقم گیاه روی سطح تعادل جمعیت پسیل گلابی در سه رقم گلابی شاه‌میوه، سبری و کوشیا بررسی شد. برای این منظور با استفاده از آزمایش‌های مدیریت تراکم، آزمایشی در چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ جفت حشره کامل (نر و ماده) انجام شد. دو مدل جمعیتی هسل و ریکر روی داده‌های به دست آمده برآزش و مدل مینیمم انتخاب شد. با استفاده از مدل برتر، منحنی فراخوانی جمعیت ترسیم و سطح تعادل جمعیت پسیل گلابی برای هر رقم محاسبه شد. همچنین پایداری تعادل جمعیت محاسبه و پیش‌بینی تغییرات درازمدت جمعیت، با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری مدل برتر برای ۱۰۰ نسل آینده ترسیم شد. نتایج نشان داد که مدل ریکر داده‌های جمعیت پسیل را روی هر سه رقم گلابی به خوبی برآزش کرد. جمعیت پسیل روی هر سه رقم عکس‌العمل وابسته به انبوهی نشان داد. اندازه تعادل جمعیت پسیل گلابی در ارقام مختلف گلابی بیش از ۳۶٪ اختلاف نشان داد. تعادل پیش‌بینی شده در طبیعت روی رقم شاه‌میوه ناپایدار و روی دو رقم سبری و کوشیا پایدار بود. شبیه‌سازی کامپیوتری نیز نشان داد جمعیت پسیل گلابی در درازمدت روی رقم شاه‌میوه حالت نوسانی و روی دو رقم سبری و کوشیا حالت پایدار و خطی دارد. تاثیر نیروی رو به بالای گیاه میزبان روی شدت و دوره نوسانات جمعیت پسیل گلابی بحث شده است.

کلید واژه‌ها: مدیریت تراکم، مدل جمعیتی، منحنی فراخوانی

مقدمه

عسلک، باعث مرگ بافت برگ، زرد شدن و ریزش برگ‌ها، زنگ‌زدگی و کاهش بازارپسندی میوه‌ها، کاهش عملکرد و قدرت رویش درخت و همچنین مرگ درخت گلابی در اثر بیماری زوال ناشی از مایکوپلاسمای منتقل شده توسط آن‌ها می‌شود (Pasqualini et al., 2006; Gianessi, 2009).

پسیل گلابی، *Cacopsylla pyricola* (Hemiptera: Psyllidae) (Foerster)، آفت مهم درخت گلابی، (*Pyrus communis* L.) (Rosaceae)، در تمام مناطق کشت گلابی در ایران است (Emami et al., 2014 a, b). این آفت با تغذیه از شیره گیاه، تزریق بزاق خود هنگام تغذیه و ترشح

اندازه سطح تعادل حشره کامل شده است (Underwood and Rausher, 2000).

مطالعه حاضر با هدف بررسی سطح تعادل جمعیت پسیل گلابی روی سه رقم گلابی با سطوح مختلف مقاومت نسبت به پسیل گلابی در شرایط طبیعی انجام گردید.

مواد و روش ها

این پژوهش در باغ تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۰۰ متر از سطح دریا، طی فصول زمستان، بهار و تابستان سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۱ اجرا شد. برای این منظور نهال‌های گلابی رقم شاه‌میوه به عنوان رقم حساس به پسیل گلابی و سبری و کوشیا به عنوان ارقام نیمه مقاوم به پسیل گلابی (Emami et al., 2010) در حفره‌های ۱۴۰ لیتری (قطر ۵۰ و عمق ۷۰ سانتی‌متر) حاوی مخلوطی از ورمی کمپوست، پرلیت، پرل هوموس و خاک (۴:۰/۱:۱:۱) در زمستان ۱۳۹۱ کشت شدند. نهال‌ها به صورت هفتگی آبیاری و در صورت نیاز با کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰+ ریز مغذی به نسبت ۵ در هزار و به میزان نیم لیتر تا اتمام آزمایش‌ها تغذیه شدند. حشرات کامل پسیل گلابی در ماه‌های اسفند و فروردین و در اوائل صبح از باغات گلابی که سم‌پاشی در آنها انجام نمی‌شد به وسیله دستگاه مکنده و یا با تکان دادن شاخه‌ها روی سینی جمع‌آوری شدند. حشرات جمع‌آوری شده، در قفس‌های تور دار به ابعاد ۲×۱/۵×۱/۵ متر به طور جداگانه روی هر رقم رهاسازی شدند. پس از طی دو نسل، از حشرات کامل ظاهر شده در آزمایش‌ها استفاده شد.

جهت تعیین سطح تعادل جمعیت پسیل گلابی روی ارقام مختلف گلابی از آزمایش‌های مدیریت تراکم استفاده شد. برای این منظور آزمایشی با فاکتور درخت گلابی [در سه سطح: ارقام شاه‌میوه، سبری و کوشیا] در چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ماه‌های تیر و مرداد با میانگین دمای ۳۰ درجه سلسیوس (۱۷ تا ۴۳ درجه

در صورت فراهم شدن شرایط محیطی مناسب، جمعیت حشره برای مدت معینی افزایش می‌یابد ولی سرانجام اثرات منفی ناشی از کاهش غذا، افزایش شکارگری، پارازیتسم و تأثیر عوامل درونی جمعیت در تراکم بالا (مانند کاهش تولیدمثل ناشی از انبوهی جمعیت) از افزایش بیشتر جمعیت جلوگیری کرده و تراکم جمعیت بیش از آن حد افزایش نخواهد یافت و جمعیت در حد تعادل عمومی یا حد ظرفیت تحمل محیط نوسان خواهد داشت. میانگین نوسانات جمعیت هر آفت در طول زمان، سطح تعادل آن آفت را نشان می‌دهد (Pedigo, 2002). اگر این سطح تعادل با افزایش جمعیت بالا رود حشره به عنوان آفت تلقی شده و کوشش برای کنترل آن انجام می‌شود (Rechcigl and Rechcigl, 1999). در اصول اقتصادی مبارزه با آفات سطح تعادل هر آفت تعیین و وضعیت یک حشره از لحاظ آفت بودن از رابطه بین سطح زیان اقتصادی و سطح تعادل جمعیت آن مشخص می‌شود. به طور ایده‌آل، مدیریت اکولوژیک آفات به دنبال پایداری اکوسیستم است به طوری که سطح تعادل عمومی جمعیت آفت همیشه در زیر سطح زیان اقتصادی باشد (Karimzadeh and Farazmand, 2011). سطح تعادل عمومی جمعیت یک حشره تحت تأثیر عوامل مستقل از تراکم مانند تغییرات آب و هوایی و عوامل وابسته به تراکم مانند رقابت برای منابع محدود (غذا و پناهگاه) تعیین می‌شود (Schowalter, 2011).

عوامل اقلیمی مستقل از تراکم‌اند و نمی‌توانند جمعیت را حول محور تعادل تنظیم کنند اما عوامل وابسته به تراکم از طریق کاهش رشد جمعیت در تراکم‌های بالا و اجازه رشد جمعیت در تراکم‌های پایین، فراوانی جمعیت را در نزدیکی ظرفیت تحمل محیط تنظیم می‌کنند (Speight et al., 2008). بنابراین تنظیم جمعیت حول محور تعادل تحت تأثیر فرایندهای وابسته به تراکم از جمله نیروی رو به بالای گیاه میزبان می‌باشد. برای مثال تغذیه سوسک مکزیکی لویسا (*Epilachna varivestis* Mulsant) روی ژنوتیپ‌های متفاوت سویا موجب تغییر قابل ملاحظه‌ای در

است. مدلی که بیشترین نیکویی برازش را دارا بود انتخاب و منحنی فراخوانی آن با ترسیم تعداد افراد تراکم‌های مختلف جمعیت در زمان t (روی محور X ها) در برابر تعداد افراد جمعیت همان تراکم‌ها در زمان $t+1$ (روی محور Y ها) به دست آمد. اندازه سطح تعادل جمعیت در نقطه‌ای از نمودار که تعداد حشرات کامل نسل قبل (N_t) با تعداد حشرات کامل نسل جدید (N_{t+1}) برابر شدند بدست آمد. جهت تعیین پایداری تعادل جمعیت، از مشتق معادله ریگر در نقطه تعادل استفاده شد (Underwood and Rausher, 2000). در صورتی که قدر مطلق شیب منحنی در نقطه تعادل کمتر یا بیشتر از یک باشد سطح تعادل به ترتیب پایدار یا ناپایدار است (Allen, 2007). تغییرات درازمدت جمعیت پسیل گلابی نیز با شبیه سازی کامپیوتری مدل برتر برای ۱۰۰ نسل آینده پیش‌بینی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها در محیط نرم افزار R نسخه ۲,۱۰,۰ (Crawley, 2013) و SAS نسخه ۹,۱,۳ (SAS Institute Inc., 2004) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از برازش مدل هسل روی داده‌های جمعیت پسیل گلابی نشان داد که این مدل برای داده‌های جمعیت پسیل گلابی روی رقم شاه‌میوه معنی دار شد ($F_{3,17} = 42.63, P < 0.01$)، ولی از میان سه آماره این مدل به جز آماره λ ($P < 0.01$)، دو آماره دیگر یعنی a و b معنی دار نشدند ($P > 0.05$). این مدل برای داده‌های جمعیت پسیل گلابی روی ارقام سبری ($F_{3,17} = 7.91, P < 0.01$) و کوشیا ($F_{3,17} = 3.97, P < 0.05$) نیز معنی دار شد. اما هیچ کدام از سه آماره این مدل در دو رقم اخیر معنی دار نشدند ($P > 0.05$). درجه برازش اصلاح شده مدل هسل نیز نشان داد این مدل داده‌های جمعیت پسیل هر سه رقم گلابی را به خوبی برازش نکرده است ($R^2 \text{ adj.} = 0.44$). بنابراین مشخص شد مدل جمعیتی هسل برای توصیف داده‌های حاصل از این آزمایش، مدل مناسبی نیست.

سلسیوس)، رطوبت نسبی ۱۰ تا ۳۳ درصد و دوره نوری ۱۵ ساعت روشنایی، ۹ ساعت تاریکی انجام شد. در هر بلوک ۵ نهال از هر رقم انتخاب و روی هر نهال یک شاخه حاوی ۲۰ برگ در ارتفاع ۱/۲ متری درخت توسط آستین توری محصور شد. در آستین‌های نصب شده، تراکم‌های ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ جفت (نر و ماده) پسیل بالغ تازه ظاهر شده، که قبلاً روی همان رقم پرورش یافته بودند، به طور جداگانه رهاسازی شد. قبل از رهاسازی شاخه و برگ‌های روی آن به دقت بررسی و در صورت وجود تخم، پوره و یا حشره کامل آفت، نسبت به حذف آنها اقدام شد. پس از طی شدن یک نسل، حشرات کامل پسیل شمارش و داده‌ها ثبت شدند. شمارش‌ها تا زمانی که پس از آن هیچ حشره کاملی مشاهده نشد، ادامه یافت.

داده‌های به دست آمده برای ترسیم منحنی فراخوانی و محاسبه سطح تعادل جمعیت استفاده شد. برای این منظور دو مدل جمعیتی تجربی هسل، $N_{t+1} = N_t \lambda (I + aN_t)^{-b}$ و ریگر، $N_{t+1} = N_t r e^{-bN_t}$ (Hassell, 1975; Edelman-Keshet, 1988) در این مدل‌ها، N نشان دهنده اندازه جمعیت پسیل، λ نرخ متناهی افزایش جمعیت، r نرخ خالص تولیدمثل، a ثابتی است که تراکم آستانه را مشخص می‌کند و b نشان دهنده وابسته به تراکم بودن سیستم است. برای هر مدل با برازش مدل ماکزیمم و ساده سازی آن و حذف آماره‌های غیر معنی دار بهترین مدل مینیمم انتخاب شد (Edwards, 1992; Larsson et al., 2000). جهت تعیین نیکویی برازش مدل از درجه برازش اصلاح شده، شاخص آکایک و میانگین مربعات خطا استفاده شد. شاخص آکایک مستقل از تعداد آماره‌های مدل بوده و از رابطه $AIC = n \ln(SSE/n) + 2p$ محاسبه می‌شود (Akaike, 1974; Bozdogan, 2000). در این تابع، n تعداد نمونه، SSE مجموع مربعات خطا و p تعداد آماره‌ها است. هر چه مقدار شاخص آکایک کوچک‌تر باشد، نشان‌گر این است که دقت مدل بالاتر است. چنانچه مقدار آکایک برای دو مدل، اختلافی کمتر از دو داشت، به معنی عدم اختلاف معنی دار بین دقت دو مدل

متابولیت‌های اولیه (چربی‌ها، قندها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک)، متابولیت‌های ثانویه، کاهنده‌های هضم و متعادل کنندگان غذایی یا ویژگی‌های فیزیکی نظیر کرک‌ها و برجستگی‌های بافت نیز از یک گیاه میزبان به میزبان دیگر بسیار متفاوت بوده و در نتیجه، تأثیرات مختلفی را روی سطح جمعیت آفت می‌گذارند (Adango et al., 2006; Karimzadeh and Wright, 2008; Karimzadeh et al., 2013). نتایج آزمایش‌های حاضر نشان داد عملکرد پسیل گلابی روی سه رقم گلابی متفاوت بود و به نظر می‌رسد رقم گیاه می‌تواند در بعضی جنبه‌های کیفیتی متفاوت باشد و روی شدت و دوره نوسانات جمعیت گیاه‌خوار در طولانی مدت تأثیر بگذارد.

آماره b شدت وابستگی جمعیت به انبوهی را نشان می‌دهد. زمانی که مقدار b تفاوت معنی داری را با صفر نشان دهد، جمعیت عکس‌العمل وابسته به انبوهی نشان می‌دهد (Jacobson et al., 2004). این آماره نیز در هر سه رقم گلابی تفاوت معنی داری را با صفر نشان داد (جدول ۱). وابستگی جمعیت پسیل گلابی به انبوهی بدین معنی است که هر اندازه انبوهی جمعیت پسیل افزایش پیدا کند به همان اندازه اثر سوء آن (افزایش تلفات و کاهش زادآوری) روی جمعیت افزایش می‌یابد. متناسب با افزایش انبوهی میزان غذای قابل دسترس به ازای هر فرد کاهش می‌یابد. بنابراین در صورت بروز رقابت، غذا به عنوان یک عامل تعیین کننده انبوهی مطرح خواهد بود (Price et al., 2011). جمعیت پسیل (*Arytaina sparti* (Guerin-Meneville) روی گیاه یاس طاووسی، *Sarothamnus scoparius* (L.) نیز با تغییر در میزان زادآوری، وابستگی به انبوهی شدیدی را نشان داده است (Price, 1997). شدت وابستگی جمعیت پسیل گلابی به انبوهی، بین سه رقم گلابی تفاوت معنی داری را با یکدیگر نشان نداد ($F_{2,57} = 0.55, P = 0.58$).

منحنی فراخوانی جمعیت پسیل گلابی با استفاده از مدل برازش شده روی داده‌ها برای هر سه رقم گلابی ترسیم شد (شکل ۱).

بر عکس، برازش مدل ریکر روی داده‌های جمعیت پسیل گلابی در کل معنی دار شد (شاه‌میوه: $F_{2,18} = 105.48$; سبری: $F_{2,18} = 74.34$; کوشیا: $F_{2,18} = 72.85$; همه $P < 0.01$). مقادیر درجه برازش اصلاح شده، شاخص آکایک و میانگین مربعات خطا نیز نشان دادند مدل ریکر، داده‌های جمعیت پسیل را روی هر سه رقم گلابی به خوبی برازش کرده است (جدول ۱). بنابراین جهت تجزیه و تحلیل‌های جمعیت پسیل روی هر سه رقم گلابی از مدل ریکر استفاده شد. مقادیر تخمین زده شده‌ی آماره‌های مدل ریکر برای جمعیت پسیل گلابی روی هر سه رقم گلابی تفاوت معنی داری را با صفر نشان دادند (جدول ۱). در این مدل آماره r^2 (نرخ خالص تولیدمثل) دوره نوسانات اندازه جمعیت را کنترل می‌کند (Renshaw, 1991). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد نرخ خالص تولیدمثل بین ارقام گلابی تفاوت معنی داری داشت ($F_{2,57} = 38.69, P < 0.0001$). مقایسه میانگین داده‌ها مشخص کرد رقم شاه‌میوه با بیشترین نرخ خالص تولیدمثل ($7/8$) در یک گروه و ارقام سبری ($4/5$) و کوشیا ($3/1$) با کمترین نرخ خالص تولیدمثل در یک گروه جداگانه قرار گرفتند (جدول ۱). در آزمایش‌های انجام شده، دامنه تغییرات r^2 در میان سه رقم گلابی به حدود دو برابر رسید که این میزان تفاوت، تأثیر کیفیت گیاه روی تغییرات جمعیت پسیل را نشان می‌دهد (جدول ۱). بررسی تأثیر ژنوتیپ گیاه میزبان روی جمعیت سوسک مکزیکی لویا نشان داده است که دامنه تغییرات r^2 در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به دلیل تفاوت در بعضی جنبه‌های کیفیتی گیاه میزبان، حدود دو برابر بوده است (Underwood and Rausher, 2000). کیفیت گیاه میزبان می‌تواند اندازه بدن حشره گیاه‌خوار را تحت تأثیر قرار دهد و روی خصوصیات زیستی حشره که ارتباط مستقیم با تغییرات جمعیت دارند مانند قدرت تولید مثل، طول عمر و بقای آن موثر واقع شود (Bezemer and Jones, 1998; Bjorkman, 2000; De Bruyn et al., 2002; Karimzadeh et al., 2004). ویژگی‌های شیمیایی گیاه میزبان نظیر

جدول ۱- تخمین احتمال بیشینه آماره‌های مدل جمعیتی ریکر، اندازه و پایداری تعادل جمعیت پسیل گلابی روی سه رقم گلابی
Table 1. Maximum likelihood estimates of the parameters of the Ricker population model, size and population equilibrium stability for populations of pear psylla on three pear varieties.

Variety	parameter	Estimate (±SE)	<i>t</i>	<i>P</i> <	$R^2_{adj.1}$	<i>AIC</i> ²	<i>MSE</i> ³	N_e^4	Eq.St. ⁵
Shahmiveh	<i>r</i>	7.81±0.83 a	9.353	0.01	0.9	27.427	7.087	19.76	1.06
	<i>b</i>	0.104±0.01 a	11.616						
Sebri	<i>r</i>	4.497±0.74 b	6.037	0.01	0.9	27.579	7.306	16.52	0.5
	<i>b</i>	0.091±0.01 a	7.432						
Coscia	<i>r</i>	3.107±0.46 b	6.736	0.01	0.9	22.892	12.6	12.6	0.13
	<i>b</i>	0.09±0.01 b	8.285						

¹ R^2 adjusted; ² Akaike's Information Criteria; ³ Mean Square Error; ⁴ Equilibrium population size; ⁵ Equilibrium stability.

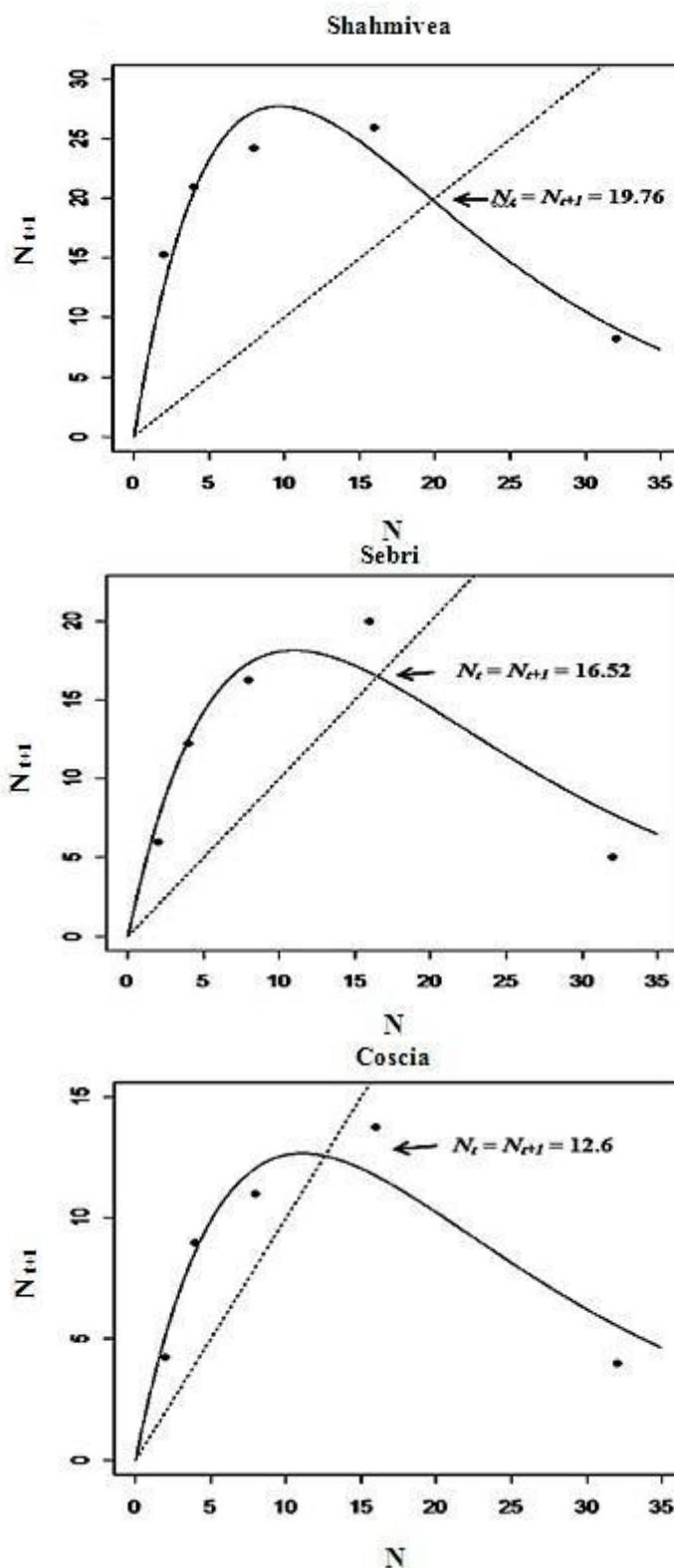
دوره‌ای می‌تواند به علت کیفیت بالای گیاه میزبان و بدنبال آن افزایش سریع جمعیت آفت بر روی آن و در نتیجه رقابت شدید بر سر منابع غذایی موجود باشد. با افزایش جمعیت، کاهش منابع سبب ایجاد رقابت می‌گردد که این موضوع منجر به کاهش تولیدمثل و افزایش تلفات و پراکندگی شده و از رشد بیش از حد جمعیت جلوگیری می‌کند. این بازخورد منفی علاوه بر محدودیت منابع می‌تواند ناشی از اثر متقابل تماس فیزیکی بین افراد در تراکم‌های بالا نیز باشد (Moller, 1988; Karimzadeh et al., 2004). که این موضوع خود نوعی رقابت ناشی از محدودیت فضایی است. بنابراین جمعیت در اطراف ظرفیت تحمل محیط نوساناتی را نشان می‌دهد (Schowalter, 2011).

قدر مطلق شیب منحنی در نقطه تعادل روی ارقام سبری و کوشیا نشان داد تعادل پیش بینی شده روی این ارقام در طبیعت حالت پایدار دارد. یعنی با افزایش یا کاهش تراکم، جمعیت در طی زمان به حالت تعادل باز می‌گردد (جدول ۱). پیش بینی تغییرات جمعیت پسیل گلابی طی ۱۰۰ نسل آینده با شبیه سازی کامپیوتری مدل ریکر نیز نشان داد جمعیت پسیل گلابی روی این ارقام در دراز مدت حالت پایدار دارد (شکل ۲).

شکل منحنی فراخوانی جمعیت پسیل روی هر سه رقم گلابی نیز نشان داد که جمعیت پسیل در این آزمایش به صورت وابسته به انبوهی عمل کرده است (شکل ۱). در این منحنی، سطح تعادل جمعیت نقطه‌ای از منحنی است که تعداد حشرات کامل نسل اول (N_t)، با تعداد حشرات کامل نسل بعد (N_{t+1})، برابر شوند ($N_t = N_{t+1} = N_e$). سطح تعادل جمعیت پسیل گلابی در ارقام مختلف از ۱۲/۶ تا ۱۹/۷۶ عدد پسیل در واحد آزمایش متغیر بود (جدول ۱). به این ترتیب تأثیر گیاه میزبان روی اندازه تعادل جمعیت پسیل گلابی در ارقام مختلف گلابی بیش از ۳۶٪ اختلاف نشان داد. تفاوت اندازه تعادل جمعیت، منعکس کننده تفاوت میانگین جمعیت در طول زمان است (Underwood and Rausher, 2000).

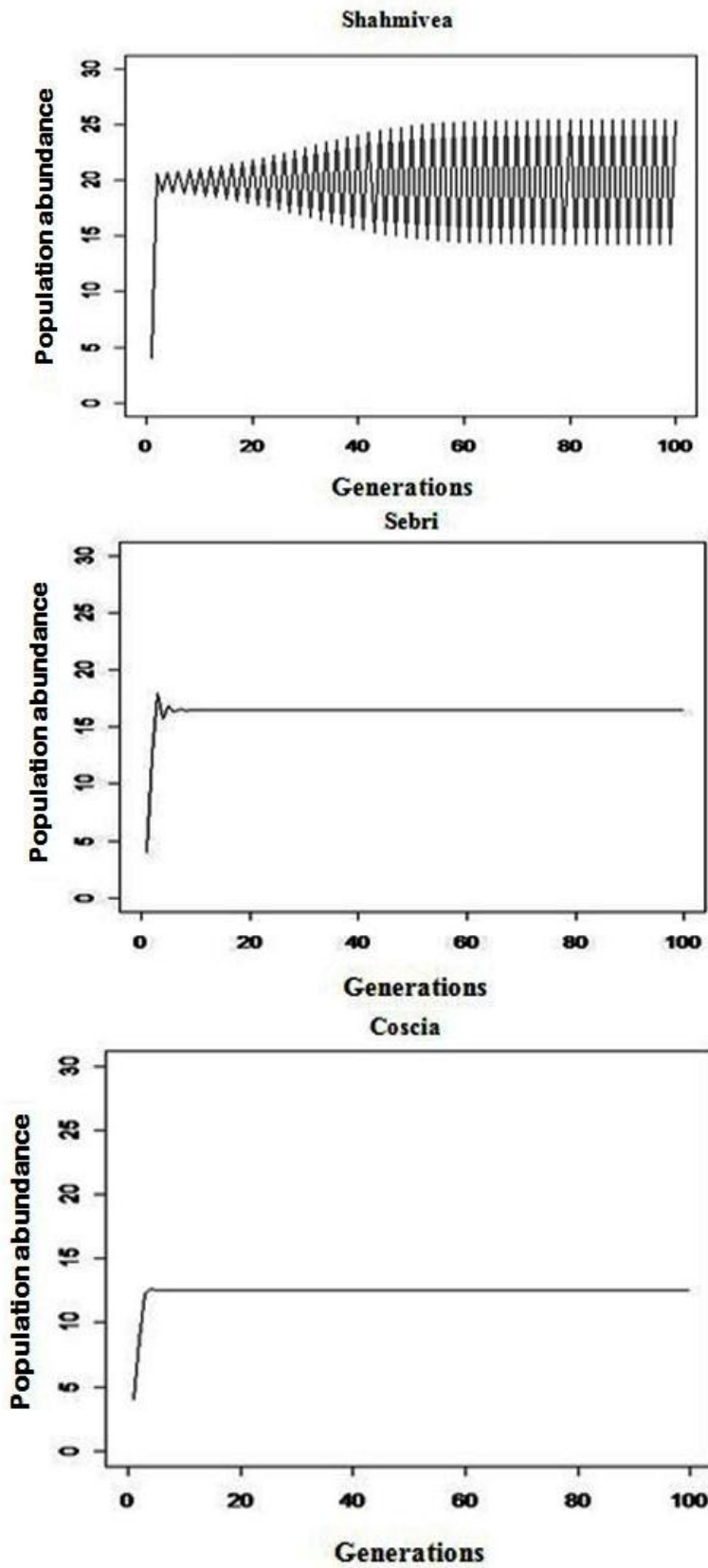
قدر مطلق شیب منحنی در نقطه تعادل نشان داد که سطح تعادل پیش بینی شده روی گلابی رقم شاه‌میوه در طبیعت حالت ناپایدار دارد و جمعیت در طی زمان تغییراتی را در اطراف تعادل نشان می‌دهد (جدول ۱). پیش بینی تغییرات جمعیت پسیل گلابی طی ۱۰۰ نسل آینده با شبیه سازی کامپیوتری مدل ریکر نیز نشان داد جمعیت پسیل گلابی روی این رقم در طولانی مدت بصورت دوره‌ای نوسان می‌کند (شکل ۲). نوسانات

امامی و همکاران: بررسی تاثیر رقم گلابی بر سطح تعادل ...



شکل ۱- منحنی‌های فراخوانی مدل ریکر برای جمعیت پسیل گلابی روی سه رقم گلابی

Figure 1. Recruitment curves of Ricker model for pear psylla population on three varieties of pear.



شکل ۲- پیش بینی تغییرات جمعیت پسیل گلابی طی ۱۰۰ نسل آینده روی سه رقم گلابی، با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری مدل جمعیتی ریکر

Figure 2. Predicted dynamics of pear psylla population on three varieties of pear over 100 generations, using computer simulation of the Ricker model

آستانه اقتصادی باشد نیاز به کنترل آفت را ضروری می‌سازد. پر واضح است که از مدل‌های جمعیتی برای پیشگویی روند نوسانات جمعیت آفت استفاده می‌شود. بنابراین مدل‌ها وسیله مهمی برای تصمیم‌گیری در مبارزه بیولوژیکی و تلفیقی در کنترل آفاتمانند پسیل گلابی هستند (Emami, 2014).

سپاس‌گزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تأمین هزینه‌های این پژوهش سپاس‌گزاری می‌گردد.

گیاه میزبان ممکن است از راه عامل یا عواملی که در زمان مناسب موجب بازخورد منفی مواد غذایی (تغییر کیفیت) می‌شوند، بر تراکم گیاه‌خوار تأثیر بگذارد (Haukioja, 1991). در این صورت جمعیت به صورت آرام و با افزایش یا کاهش یکنواخت به حالت تعادل باز می‌گردد. در ارقام گلابی سبری و کوشیا علاوه بر تراکم، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این ارقام نیز می‌توانند از طریق تأثیر روی عملکرد افراد در تعادل پایدار جمعیت پسیل اثرگذار باشند (Emami, 2014). پایداری تعادل روی این ارقام نشان داد اگر اندازه تعادل جمعیت زیر آستانه اقتصادی باشد نیازی به کنترل این آفت نیست. اما در صورتی که تعادل به دست آمده بالای

REFERENCES

- Adango, E., Onzo, A., Hanna, R., Atachi, P., and James, B. 2006. Comparative demography of the spider mite *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) on two host plants in West Africa. *Journal of Insect Science*, 6 (49): 1- 9.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19: 716- 723.
- Allen, L. J. S. 2007. An introduction to mathematical biology. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 348 pp.
- Bezemer, T. M., and Jones, T. H. 1998. Plant-insect herbivore interactions in elevated atmospheric CO₂: quantitative analyses and guild effects. *Oikos*, 82: 212- 222.
- Bjorkman, C. 2000. Interactive effects of host resistance and drought stress on the performance of a gall-making aphid living on Norway spruce. *Oecologia*, 123: 223- 231.
- Bozdogan, H. 2000. Akaike's information criterion and recent developments in informational complexity. *Journal of Mathematical Psychology*, 44: 62- 91.
- Crawley, M. J. 2013. The R book. John Wiley and Sons Ltd., Chichester, UK. 942 pp.
- De Bruyn, L., Scheirs, J., and Verhagen, R. 2002. Nutrient stress, host plant quality, and herbivore performance of a leaf-mining fly on grass. *Oecologia*, 130: 594- 599.
- Edelstein-Keshet, L. 1988. *Mathematical models in biology*. Random House. New York, USA. 586 pp.
- Edwards, A. W. F. 1992. *Likelihood*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 296 pp.

Emami, M. S. 2014. Studies on the tritrophic interactions between pear psylla *Cacopsylla pyricola* (Foerster) and predatory bug *Anthocoris nemoralis* (Fabricius) on different pear varieties. Ph. D. Dissertation, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (In Farsi with English abstract).

Emami, M. S., Ghasemi, A. A., Mohammadi, M., and Ghorbani, A. 2010. Study on reaction of pear varieties to pear psylla, *Cacopsylla pyricola* and its effects on growth rate and quantity and quality characters of fruit. Final Report of Research Project. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran, No. 41489, 26 pp. (In Farsi with English abstract)

Emami, M. S., Shishehbor, P., and Karimzadeh, J. 2014a. The influences of plant resistance on predation rate of *Anthocoris nemoralis* (Fabricius) on *Cacopsylla pyricola* (Förster). Archive of Phytopathology and Plant Protection, 47 (17): 2043- 2050.

Emami, M. S., Shishehbor, P., and Karimzadeh, J. 2014b. Functional response of *Anthocoris nemoralis* (Hemiptera: Anthocoridae) to the pear psylla, *Cacopsylla pyricola* (Hemiptera: Psyllidae): effect of pear varieties. Journal of Crop Protection, 3 (Supplementary): 597- 609.

Gianessi, L. 2009. The benefits of insecticide use: pears. Crop Life Foundation, Crop Protection Research Institute. Available at: <http://www.croplifefoundation.org>.

Hassell, M. P. 1975. Density-dependence in single-species populations. The Journal of Animal Ecology, 44 (1): 283- 295.

Haukioja, E. 1991. Cyclic fluctuations in density: interactions between a defoliator and its host tree. Acta Oecologica, 12 (1): 77- 88.

Jacobson, A. R., Provenzale, A. P., von Hardenberg, A., Bassano, B., and Festa-Bianchet, M. 2004. Climate forcing and density dependence in a mountain ungulate population. Ecology, 85: 1598- 1610.

Karimzadeh, J., and Farazmand, H. 2011. Ecological pest management. Zeytoon, 31: 11- 16. (In Farsi).

Karimzadeh, J., Bonsall, M. B., and Wright, D. J. 2004. Bottom- up and top-down effects in a tritrophic system: the population dynamics of *Plutella xylostella* (L.)-*Cotesia plutellae* (Kurdjumov) on different host plants. Ecological Entomology, 29: 285- 293.

Karimzadeh, J., and Wright, D. J. 2008. Bottom-up cascading effects in a tritrophic system: interactions between plant quality and host-parasitoid immune responses. Ecological Entomology, 33: 45-52.

Karimzadeh, J., Hardie, J., and Wright, D. J. 2013. Plant resistance affects the olfactory response and parasitism success of *Cotesia vestalis*. Journal of Insect Behavior, 26: 35- 50.

Larsson, S., Ekbohm, B., and Bjorkman, C. 2000. Influence of plant quality on pine sawfly population dynamics. Oikos, 89 (3): 440- 450.

- Moller, J. 1988. Investigations on a laboratory culture of the diamond-back moth *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lep., Tineidae). *Journal of Applied Entomology*, 105: 425- 435.
- Pasqualini, E., Civolani, S., and Musacchi, S. 2006. *Cacopsylla pyri* behaviour on new pear selections for host resistance programs. *Bulletin of Insectology*, 59: 27- 37.
- Pedigo, L. P. 2002. *Entomology and pest management*. 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 742 pp.
- Price, P. W. 1997. *Insect ecology*. 3rd ed. John Wiley and Sons Inc., New York. 874 pp.
- Price, P. W., Denno, R. F., Eubanks, M. D., Finke, D. I., and Kaplan, I. 2011. *Insect ecology: behavior, populations and communities*. Cambridge University Press, UK. 774 pp.
- Rechcigl, J. E., and Rechcigl, N. A. 1999. *Insect pest management: techniques for environmental protection*. CRC press, Florida. pp. 5- 6.
- Renshaw, E. 1991. *Modeling biological populations in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 403 pp.
- SAS Institute Inc. 2004. *SAS version 9.1.3 for windows*. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
- Schowalter, T. D. 2011. *Insect ecology, an ecosystem approach*. 3rd ed. Elsevier Inc., UK. 633 pp.
- Speight, M. R., Hunter, M. D., and Watt, A. D. 2008. *Ecology of insects: concepts and applications*. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. 628 pp.
- Underwood, N., and Rausher, M. D. 2000. The effects of host-plant genotype on herbivore population dynamics. *Ecology*, 81 (6): 1565- 1576.

Investigating the effect of pear variety on the population equilibrium level of pear psylla, (*Cacopsylla pyricola* (Foerster), in field

M.S. Emami^{1*}, J. Karimzadeh Esfahani² and P. Shishehbor³

1. ***Corresponding author:** Former Ph.D. student of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (mse1480@gmail.com)
2. Associate Professor of Population Ecology, Department of Plant Protection, Isfahan Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran
3. Professor of Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 8 February 2016

Accepted: 9 March 2017

Abstract

The pear psylla, *Cacopsylla pyricola* (Förster) (Hemiptera: Psyllidae), is a key pest of pear trees in all pear growing regions in Iran. One of the processes that regulate an insect population around the equilibrium position is the host plant effect. Therefore, the effect of plant variety on equilibrium level of pear psylla population was investigated for three pear varieties, including Shahmivea, Sebri and Coscia. For this purpose, a density-manipulation experiment was performed in a randomized complete block design with densities of 2, 4, 8, 16 and 32 pair of *C. pyricola* adults. The population models of Hassell and Ricker were fitted to the data and the minimum model was selected based on the model simplification. Populations recruitment curve was created and population equilibrium level of pear psylla was determined for each variety. The stability of the predicted equilibria was then determined. Long-term dynamics of pear psylla population was predicted for 100 generations by computer simulation of the best-fitted model. The results showed that the Ricker model could be fitted well to the data for all three varieties. The pear psylla population showed a density-dependence reaction. The equilibrium population values showed a difference of up to 36% for the three varieties. Predicted equilibrium was unstable for Shahmivea variety whereas it was stable for two other varieties. In addition, computer simulation verified that long-term dynamics fluctuated for Shahmivea variety, remained constant for the two other varieties. The effect of bottom-up forces of host plant on the magnitude and period of population fluctuations of pear psylla was also discussed.

Keywords: *Density-manipulation, Population model, Recruitment curve*