

نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت از جمعیت حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات، *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) در باغ‌های مرکبات جنوب ایران

فرزانه پارسی ✉ و شهرام شاهروخی خانقاه

موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۴؛ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۴)

چکیده

پسیل آسیایی مرکبات، *Diaphorina citri* به دلیل انتقال عامل بیماری میوه سبز مرکبات یکی از مهم‌ترین آفات مرکبات در مناطق جنوبی ایران است. در این مطالعه، حشرات کامل این آفت با استفاده از تله‌های زرد چسبنده به ابعاد 10×25 سانتی‌متر از ۵۲ باغ در استان‌های کرمان و هرمزگان نمونه‌برداری شدند. برای تحلیل پراکنش فضایی پسیل آسیایی مرکبات، از دو روش قانون نمایی تیلور (Taylor (1961) و روش رگرسیون ایوانو (Iwao (1968) استفاده شد. همچنین مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با سطوح دقت ۱۰ و ۲۵ درصد براساس پارامترهای تیلور به روش گرین (Green (1970) و پارامترهای ایوانو به روش کونو (Kuno (1969) تهیه شدند. نتایج نشان داد که حشرات کامل شمارش شده روی تله‌های زرد چسبنده مطابق هر دو روش تیلور و ایوانو دارای الگوی تجمعی بودند. مقایسه مدل‌های تهیه شده نشان داد که مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای روش گرین که بر اساس پارامترهای قانون نمایی تیلور تهیه می‌شوند بهتر از مدل‌های روش کونو بودند. در مدل‌های نمونه‌برداری تهیه شده، با افزایش تراکم جمعیت حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات، اندازه نمونه کاهش یافته و بر کارایی مدل در تعیین سریع میانگین جمعیت افزوده شد. با افزایش سطح دقت از ۲۵ درصد به ۱۰ درصد، تعداد تله لازم برای تخمین جمعیت حشرات کامل پسیل در تراکم‌های مختلف ۶-۷ برابر افزایش یافت. بنابراین نمونه‌برداری در سطح دقت تحقیقاتی (۱۰ درصد) به دلیل برآورد اندازه نمونه بسیار بزرگ در مدیریت تلفیقی آفات زمان‌بر بوده و استفاده از مدل تهیه شده به روش گرین در سطح دقت ۲۵ درصد به دلیل صرفه‌جویی در زمان نمونه‌برداری توصیه می‌شود. **واژه‌های کلیدی:** اندازه نمونه، پسیل آسیایی مرکبات، تله زرد چسبنده، روش رگرسیون ایوانو، قانون نمایی تیلور، نمونه‌برداری دنباله‌ای.

Sequential sampling plans with fixed levels of precision for Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) adults in citrus orchards in Southern Iran

F. PARSİ ✉ and SH. SHAHROKHI

Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, is one of the most important pests of citrus in Southern Iran, mainly because it is the vector of causal bacterium of Greening disease. In this study, adults of *D. citri* were sampled using yellow sticky traps (10×25 cm) at 52 citrus orchards of Kerman and Hormozgan provinces in south of Iran. Taylor's power law and Iwao's regression methods were used to study spatial distribution of the adult pest. Taylor's power law and Iwao's parameters then were used to create Green's and Kuno's sequential sampling models at 10 and 25 percent fixed precision levels, respectively. Results revealed that adults caught by traps had an aggregated distribution pattern based on both Taylor's power law and Iwao methods. Green's sequential sampling plans developed by Taylor's parameters were more appropriate than Kuno's ones. In obtained sequential sampling models, sample sizes were reduced and performance of plans for rapid estimation of population was increased by increasing density of Asian citrus psyllid adults. Increasing fixed precision level from 25% to 10% resulted in up to 6-7 times increasing in number of traps required to estimate population density of adults. So, green's sequential sampling model at integrated pest management precision level (25%) is recommended because of less time needed for monitoring *D. citri* adults.

Key words: *Diaphorina citri*, Iwao, Sequential sampling, Sample size, Taylor's power law, yellow sticky trap.

مقدمه

پسیل آسیایی مرکبات *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) در حال حاضر یکی از مهم‌ترین آفات مرکبات جنوب ایران است. این آفت بومی جنوب آسیا بوده و به عنوان ناقل باکتری *Candidatus liberibacter*، عامل بیماری میوه سبز مرکبات از اهمیت زیادی برخوردار است (Aubert, 1987; Halber and Manjunath, 2004). طی سال‌های اخیر، پسیل آسیایی مرکبات به یکی از عوامل محدود کننده تولید مرکبات به ویژه لیمو ترش در ایران تبدیل شده است. خسارت این آفت به صورت ریزش برگ‌ها و میوه‌ها بوده و خسارت شدید آن به صورت کوتولگی تظاهر پیدا می‌کند.

پسیل آسیایی مرکبات دارای تنوع میزبانی وسیعی بوده و از گیاهان ۲۵ جنس تیره Rutaceae و گیاهان نزدیک به این خانواده تغذیه می‌کند. این آفت برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۷۹ از باغ‌های منطقه کهپیر و قصر قند از شهرستان نیک شهر استان سیستان و بلوچستان گزارش شد (Bové et al., 2000) و در حال حاضر در بسیاری از مناطق جنوبی کشور به ویژه میناب و بندرعباس در استان هرمزگان، ایرانشهر، سرباز و پل سرباز از استان سیستان و بلوچستان و کهنوج و جیرفت از استان کرمان فعالیت می‌کند (Parsi et al., 2012). این آفت در منطقه سرباز روی درختان لیموترش جمع‌آوری و گزارش شده است (Bové et al., 2000). همچنین در سال ۱۳۸۵ به طغیان شدید آفت روی درختان لیموترش منطقه میناب اشاره شده است (Siampour et al., 2006). بررسی تغییرات جمعیت و دشمنان طبیعی پسیل آسیایی مرکبات در استان‌های سیستان و بلوچستان نشان داد که این آفت چند نسلی بوده و طول دوره هر نسل آن در طبیعت ۳۲-۳۷ روز است، بنابراین با توجه به شرایط می‌تواند سبب توسعه قابل توجه بیماری میوه سبز مرکبات شود (Rakhshani and Saeedifar, 2013).

بررسی پراکنش فضایی باعث فهم بهتر روابط بین موجودات زنده با محیط زیست آن‌ها شده و اطلاعات لازم را

برای طراحی الگوهای نمونه‌برداری مورد نیاز برای تخمین میانگین جمعیت و مدیریت آفات فراهم می‌کند (Sevacherian and Stern, 1972). از تله‌های زرد چسبنده برای نمونه‌برداری از حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات و پراکنش فضایی این آفت در باغ‌های مرکبات برزیل استفاده شده است (Costa et al., 2010). همچنین (Tsai et al., 2000) با شمارش حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات روی ساقه‌های گیاه یاسمن نارنجی، پراکنش فضایی این آفت را در منطقه فلوریدای آمریکا بررسی کرده‌اند. (Van den Berge et al., 1991) پراکنش فضایی پسیل مرکبات گونه *Trioza erytrae* Del Guercio (1984) Tret'yakov پراکنش فضایی پسیل سیب گونه *Cacopsylla mali* Schmidt را مطالعه کرده‌اند. تله‌های زرد چسبنده به عنوان بهترین وسیله برای ارزیابی تراکم جمعیت حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات در باغ‌های مرکبات معرفی شده و ارتفاع، دما، جهت باد غالب منطقه، فشار هوا و سطح اکسیژن در نمونه‌برداری از پسیل آسیایی مرکبات توسط کارت چسبنده زرد موثر بوده است (Jenkins et al., 2015; Hall, 2009). همچنین (Tsai et al., 2000) برای تحلیل شاخص‌های پراکنش فضایی پسیل آسیایی مرکبات و تعیین اندازه نمونه از قانون نمایی تیلور و روش رگرسیون ایوانو استفاده کرده است.

تعیین واحد نمونه‌برداری و اندازه نمونه از ملزومات مدیریت تلفیقی آفات است. مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای تعیین اندازه نمونه در مدیریت تلفیقی بسیاری از آفات توصیه شده‌اند. این مدل‌ها از ابزارهای لازم برای اجرای موفقیت آمیز برنامه‌های مدیریت تلفیقی می‌باشند که برای صرفه‌جویی در زمان و هزینه نمونه‌برداری طراحی می‌شوند (Hollingsworth and Gatsonis, 1990)، و به همین دلیل مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است. به نظر (Harcourt 1966) مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای می‌توانند باعث ۷۵ درصد صرفه‌جویی در زمان نمونه‌برداری نسبت به اندازه نمونه ثابت در همان سطح دقت شوند. از مزایای

آگاهی از الگوی پراکنش فضایی و تبیین مدل نمونه- برداری دنباله‌ای پسیل آسیایی مرکبات، پیش نیاز طراحی و اجرای برنامه مدیریت تلفیقی برای کنترل این آفت می‌باشد. مدیریت مناسب پسیل آسیایی مرکبات بستگی به روش‌هایی از نمونه‌برداری دارد که نه تنها به سادگی بکار برده شود، بلکه با دقت بالا جمعیت این آفت را تخمین بزند. برای این منظور می‌توان از کارت‌های زرد چسبنده برای تخمین جمعیت حشرات کامل این آفت استفاده کرد (Jenkins *et al.*, 2015; Hall, 2009). روش نمونه‌برداری دنباله‌ای زمانی که تراکم جمعیت حشره کم و یا بسیار زیاد است سبب کاهش زمان نمونه‌برداری می‌شود. در ایران اطلاعاتی در مورد الگوهای نمونه‌برداری از پسیل آسیایی مرکبات وجود ندارد، لذا هدف از این بررسی، تحلیل الگوی پراکنش فضایی حشرات کامل این آفت و تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای بر اساس کارت‌های زرد چسبنده می‌باشد.

روش بررسی

نمونه‌برداری از جمعیت حشرات کامل توسط کارت‌های زرد چسبنده به ابعاد 10×25 سانتی‌متر (Hall *et al.*, 2007) طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۹ و ۱۳۹۱-۱۳۹۰ از ۵۲ باغ در استان‌های کرمان و هرمزگان انجام شد. در هر باغ چهار درخت در چهار گوشه باغ انتخاب شده و یک عدد تله پیرامون هر درخت در ارتفاع ۱۵۰-۱۷۰ سانتی‌متری از بخش انتهایی شاخه‌ها نصب شد. تله‌ها پس از ۱۴ روز جمع‌آوری و برای شمارش به آزمایشگاه منتقل شدند و تعداد حشرات کامل روی هر کارت شمارش شد.

با استفاده از داده‌های به دست آمده، میانگین و واریانس جمعیت حشرات کامل محاسبه شد و برای تعیین نوع و شاخص‌های پراکنش فضایی حشرات کامل پسیل از قانون نمایی تیلور (Taylor, 1961) و روش رگرسیون ایوانو (Iwao, 1968) استفاده شد. مقایسه آماری شیب خط رگرسیون با استفاده از آزمون نکویی برازش انجام شد و با توجه به عدم

اساسی الگوهای نمونه‌برداری دنباله‌ای این است که به نمونه‌بردار امکان می‌دهد تا به سرعت جمعیت حشره را به تراکم کم و یا زیاد دسته بندی کند، بدون این که تعداد نمونه لازم ثابت باشد و استفاده از این روش به‌طور متوسط پنجاه درصد زمان نمونه‌برداری را کاهش می‌دهد (Wald, 1947). با استفاده از روش نمونه‌برداری دنباله‌ای، اندازه نمونه و هزینه نمونه‌برداری کاهش می‌یابد. از مزایای دیگر الگوهای نمونه‌برداری دنباله‌ای لحاظ کردن میزان دقت و سطح زیان اقتصادی است (Onsager, 1976).

مدل‌هایی برای نمونه‌برداری دنباله‌ای ارائه شده است که به وسیله محققین مختلف استفاده شده است (Green, 1970; Kuno, 1969). مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای ردیابی شته *Acyrtosiphum pisum* (Harris) در مزارع یونجه آمریکا ارائه شده است (Hutchison *et al.*, 1988) استفاده از الگوی نمونه- برداری دنباله‌ای به روش Green (1970) برای تخمین تراکم جمعیت شته معمولی گندم *Schizaphis graminum* (Rondani) و شته برگ برنج *Rhopalosiphum padi* (L.) در مزارع گندم ایالت‌های آیداهو و داکوتای آمریکا باعث صرفه‌جویی در زمان نمونه‌برداری شده است (Elliot *et al.*, 2003). در ایران چندین تحقیق در رابطه با پراکنش فضایی و نمونه‌برداری دنباله‌ای انجام شده است که بررسی پراکنش فضایی سن بذرخوار کلزا *Nysius cymoides* (Spinola) توسط Mohaghegh *et al.* (2016) و ارائه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای تعیین تراکم جمعیت حشرات کامل سن گندم در مزارع گندم مناطق مختلف کشور از آن جمله می‌باشند (Amir-Maafi, 2007; Amir-Maafi *et al.*, 1997). همچنین مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت با استفاده از کادر Mohiseni *et al.* (2009) و تور حشره‌گیری Mohiseni *et al.* (2009) برای تخمین جمعیت سن مادر در مزارع گندم بروجرد ارائه شده است. پراکنش فضایی و مدل نمونه‌برداری برای پایش جمعیت شته گندم - گل‌سرخ، *Metopolophium dirhodum* (Walker) ارائه شده است (Shahrokhi and Amir-Maafi, 2011).

شدند. پارامترهای قانون نمایی تیلور (Taylor (1961) برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری به روش گرین (Green (1970) در سطوح دقت ۱۰ ($D = 0.10$) و ۲۵ ($D = 0.25$) درصد بر مبنای اشتباه استاندارد میانگین مورد استفاده قرار گرفتند (Southwood, 1988; Hutchison et al., 1978). در معادله (Green (1970)،

$$\ln(T_n) = \frac{\ln(D^2/a)}{b-2} + \left[\frac{b-1}{b-2} \cdot \ln(n) \right],$$

پارامتر a عرض از مبدا و b شیب خط رگرسیون مدل قانون نمایی (Taylor (1961)، D سطح دقت معین و ثابت مورد نظر بر مبنای اشتباه استاندارد میانگین، n تعداد نمونه و T_n فراوانی تجمعی مرحله رشدی مورد شمارش می‌باشند. هم‌چنین برای تهیه مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای بر اساس پارامترهای ایوانو، از معادله کونو (Kuno (1969) به صورت:

$$T_n = \frac{\alpha + 1}{D^2 - \frac{\beta - 1}{n}}$$

استفاده شد که در آن α عرض از مبدا و β شیب خط رابطه رگرسیونی ایوانو، D سطح دقت معین و ثابت مورد نظر بر مبنای اشتباه استاندارد میانگین، n تعداد نمونه و T_n فراوانی تجمعی حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات هستند. در این تحقیق تجزیه رگرسیونی با نرم‌افزار SAS 9.12 و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel 2007 انجام شد.

نتیجه و بحث

پراکنش فضایی: نتایج این تحقیق برآزش مناسب داده‌ها را با هر دو روش قانون نمایی تیلور و ایوانو نشان داد. با توجه به مقدار ضریب تبیین رگرسیون بین لگاریتم طبیعی میانگین و واریانس در قانون نمایی تیلور ($r^2 = 0.987$) (شکل ۱ و جدول ۱) و رگرسیون میانگین جمعیت و میانگین انبوهی لویید در روش ایوانو ($r^2 = 0.994$) (شکل ۲ و جدول ۱)، هر دو روش برای تحلیل پراکنش فضایی پسیل آسیایی مرکبات در باغ‌های مرکبات استان‌های هرمزگان و کرمان مناسب

وجود اختلاف معنی‌دار شیب خط رگرسیون در سال‌های مورد بررسی، از تمام داده‌ها برای محاسبه شیب خط واحد استفاده شد.

برای حل معادله قانون نمایی تیلور ($s^2 = a\bar{x}^b$) از تبدیل لگاریتمی استفاده شد و رابطه خطی:

$$\log(s^2) = \log a + b \log(\bar{x})$$

به دست آمد که پارامترهای آن با استفاده از رگرسیون خطی محاسبه شدند. در این معادله a عامل مقیاس‌بندی وابسته به اندازه نمونه و b ثابت وابسته به رفتار گونه یا محیط است (Taylor, 1961). از شیب خط یا b برای تعیین الگوی پراکنش استفاده می‌شود. در صورتی که b تفاوت معنی‌دار با یک نداشته باشد توزیع تصادفی است. حالت‌های $b < 1$ و $b > 1$ به ترتیب پراکنش‌های کپه‌ای و یکنواخت را نشان می‌دهد. همچنین از آزمون t به صورت $t = (b-1)/s_b$ برای رد تصادفی بودن پراکنش استفاده شد. در این فرمول s_b خطای معیار شیب خط رگرسیون است و t محاسبه شده با t جدول با درجه آزادی $n-2$ مقایسه شد. همچنین برای اطلاع از معنی‌دار بودن مقدار عرض از مبدا (a) با عدد صفر از آزمون $t = a/s_a$ استفاده شد که در این معادله s_a خطای معیار عرض از مبدا خط رگرسیون است (Buntin, 1994).

در روش Iwao (1968) از رگرسیون خطی برای بررسی رابطه بین میانگین انبوهی لویید (Lloyd's mean crowding) (\bar{x}^*) و میانگین تراکم (\bar{x}) استفاده شد. میانگین انبوهی لویید از رابطه:

$$x^* = \alpha + \beta \bar{x}$$

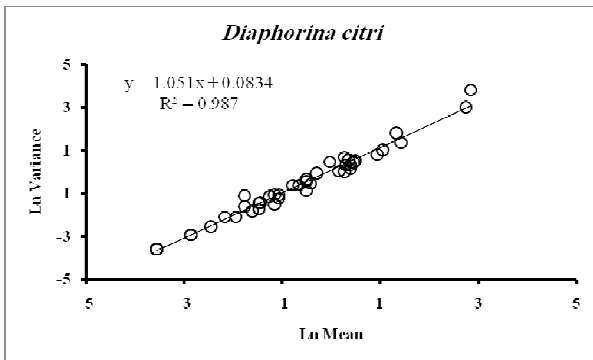
به دست آمد. رابطه رگرسیونی ایوانو به صورت:

$$x^* = \bar{x} + \frac{s^2}{\bar{x}} - 1$$

می‌باشد که $\beta = 0$ پراکنش تصادفی و $\beta > 1$ پراکنش تجمعی را نشان می‌دهد (Iwao, 1977).

پارامترهای توزیع فضایی برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای و تعیین خط توقف نمونه‌برداری استفاده

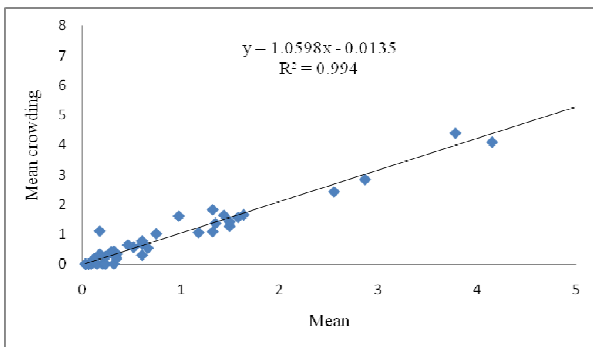
بودند.



شکل ۱- رابطه بین لگاریتم طبیعی واریانس و میانگین جمعیت

حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات بر اساس قانون نمایی تیلور

Fig. 1. Regression analysis of Neperian logarithm of mean density and variance for *Diaphorina citri* adults based on Taylor's power law



شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین میانگین انبوهی لویدها و میانگین

جمعیت حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات در روش ایوانو

Fig. 2. Regression of Iwao's mean crowding index on mean density for *Diaphorina citri* adults

قانون نمایی تیلور و روش رگرسیونی ایوانو برای محاسبه پارامترهای پراکنش فضایی و تهیه مدل‌های نمونه‌برداری بسیاری از حشرات استفاده شده‌اند. برای مثال Tsai *et al.* (2000) پراکنش فضایی پسیل آسیایی مرکبات را با دو روش تیلور و ایوانو مورد بررسی قرار داد و روش تیلور را مناسب تر تشخیص داد. در تحقیق حاضر نیز علیرغم مناسب بودن هر دو روش برای تحلیل پراکنش فضایی این آفت، پارامترهای تیلور برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای مناسب‌تر بودند (شکل ۳).

در روش تیلور نتایج آزمون t با رد فرض تصادفی بودن پراکنش، توزیع تجمعی پسیل را در باغ‌های مرکبات نشان داد ($t = 2.42, p < 0.05$). به عبارت دیگر مقدار پارامترهای b به‌طور معنی‌دار بزرگ‌تر از ۱ برآورد شد که نشان دهنده توزیع تجمعی پسیل آسیایی مرکبات بود. همچنین در روش ایوانو مقدار پارامتر β به‌طور معنی‌دار بزرگتر از عدد یک بود و توزیع تجمعی پسیل آسیایی مرکبات را ثابت کرد ($t = 4.91, p < 0.05$). Costa *et al.* (2010) نیز از تله‌های زرد چسبنده برای نمونه‌برداری از حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات استفاده کرده و پراکنش فضایی این آفت را در باغ‌های مرکبات برزیل را از نوع تجمعی گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین Tsai *et al.* (2000) با شمارش حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات روی ساقه‌های گیاه یاسمن نارنجی، پراکنش فضایی این آفت در منطقه فلوریدای آمریکا را از نوع تجمعی گزارش نمودند، البته شیب خط رگرسیون قانون نمایی تیلور در مطالعات این محققین (۱/۲۹۷) بزرگ تر از شیب خط به‌دست آمده در تحقیق حاضر (۱/۰۵۱) بود و تجمعی‌تر بودن پراکنش این آفت در منطقه فلوریدا را نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل تفاوت در گیاه میزبان مورد بررسی، روش نمونه‌برداری از پسیل و منطقه جغرافیایی محل انجام تحقیق باشد. پراکنش تجمعی در سایر پسیل‌ها نیز مشاهده شده است. برای مثال، van den Berge *et al.* (1991) پراکنش تجمعی را در نمونه‌برداری از پسیل مرکبات *Trioza erytrae* Del Guercio ثابت کرده و آن را به جهت باد غالب نسبت داده است. همچنین Tret'yakov (1984) پراکنش پسیل سیب *Cacopsylla mali* Schmidt را از نوع تجمعی به‌دست آورده است. Southwood (1978) رفتار تولیدمثلی، رفتار تمایل به تجمع و ناهمگن بودن محیط زندگی مانند وجود میکرو کلیمات، ترجیح قسمتی از گیاه میزبان و دشمنان طبیعی را از دلایل پراکنش تجمعی حشرات برشمرده است.

جدول ۱- آماره‌های رگرسیون قانون نمایی تیلور و روش رگرسیونی ایوانو برای حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات

Table 1. Taylor's Power law and Iwao's patchiness regression statistics (\pm SE) for *Diaphorina citri* adults

Taylor's Power law					Iwao's patchiness regression			
n	a	b	MSE	r ²	α	β	MSE	r ²
47	1.086 \pm 1.040	1.051 \pm 0.021	0.057	0.987	-0.0135 \pm 0.043	1.059 \pm 0.012	0.075	0.994

n: number of data set

سایر موارد اندازه نمونه به حدی بزرگ بود که به دلیل عدم امکان مقایسه با سایر مدل‌ها، در شکل ۳ نشان داده نشده است. همچنین مدل کونو در سطح دقت ۲۵ درصد نیز در برخی از تراکم‌ها مناسب نبود (شکل ۳) این یافته با نتایج Tsai *et al.* (2000) مطابقت دارد، به طوری که این محققین نیز مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای به روش گرین را برای ردیابی حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات روی گیاه یاسمن نارنجی انتخاب کردند. همچنین Hutchison *et al.* (1988) و Shahrokhi and Amir-Maafi (2011) به ترتیب از مقایسه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای تخمین جمعیت شته *Acyrtosiphum pisum* (Harris) در مزارع یونجه و شته گندم-گل سرخ در مزارع گندم به نتیجه مشابهی دست یافتند.

در مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای اندازه نمونه به تراکم جمعیت و سطح دقت بستگی دارد. در مدل‌های تهیه شده در این تحقیق نیز اندازه نمونه با افزایش سطح دقت از ۲۵ به ۱۰ درصد به طور قابل ملاحظه (۷-۶ برابر در تراکم‌های مختلف) افزایش یافت. برای مثال، در مدل گرین با سطح دقت ۱۰ درصد، برای تخمین جمعیت پسیل در میانگین تراکم چهار عدد حشره کامل در هر تله، لازم است تعداد پسیل‌ها در ۲۹ عدد تله شمارش شود، در حالی که با کاهش سطح دقت به ۲۵ درصد، تعداد تله مورد نیاز (اندازه نمونه) پنج عدد برآورد شد. همچنین در میانگین تراکم ۱۰ عدد پسیل در هر تله، اندازه نمونه برای قطع خط توقف در سطح دقت ۲۵ درصد ۲ عدد تله برآورد شد، ولی در سطح دقت ۱۰ درصد به ۱۲ عدد تله افزایش یافت. بنابراین نمونه برداری در سطح دقت ۱۰ درصد زمان‌بر بوده و استفاده از مدل تهیه شده در سطح

به نظر (Mohaghegh *et al.* (2016) روش تیلور بهتر از روش ایوانو توانست پراکنش فضایی سن بذرخوار کلزا، *N. cymoides* را تحلیل کند. همچنین Shahrokhi and Amir-Maafi (2011) روش تیلور را برای تعیین پارامترهای پراکنش فضایی شته گندم-گل سرخ مناسب‌تر تشخیص دادند. Elliot and Kieckhefer (1986) نیز در بررسی توزیع فضایی چهار گونه از شته‌های غلات به این نتیجه رسیدند که قانون نمایی تیلور برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای مناسب‌تر است.

مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت: شکل ۳

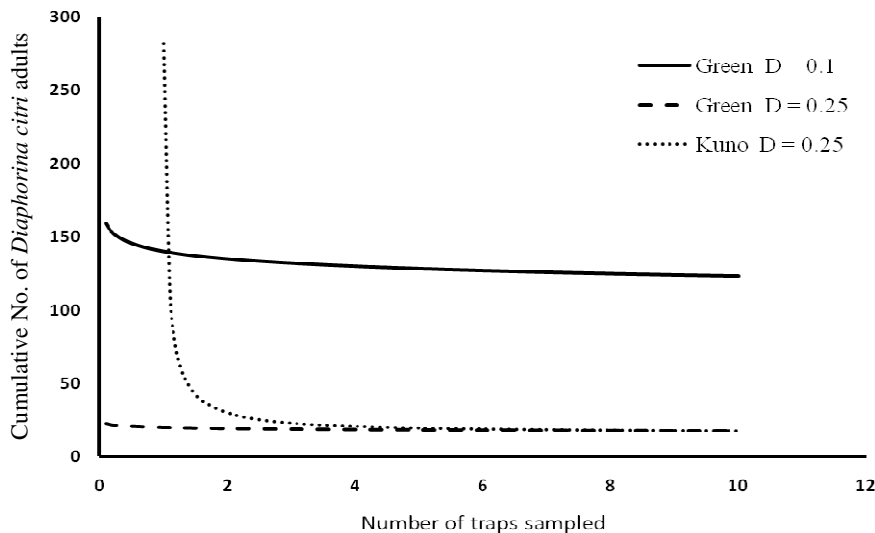
خطوط توقف نمونه‌برداری را در مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای تهیه شده با استفاده از پارامترهای تیلور (به روش گرین) و ایوانو (به روش کونو) در دو سطح دقت تحقیقاتی (۱۰ درصد) و مدیریت تلفیقی آفات (۲۵ درصد) نشان می‌دهد. با استفاده از این خطوط می‌توان تعداد تله مورد نیاز برای تخمین میانگین جمعیت پسیل آسیایی مرکبات را تعیین کرد. برای این منظور تله‌ها به طور تصادفی مورد بازدید قرار گرفته و فراوانی تجمعی پسیل‌های شمارش شده در تله‌ها در برابر تعداد تله رسم و نمونه‌برداری تا قطع خط توقف ادامه می‌یابد.

مقایسه مدل‌های تهیه شده (شکل ۳) نشان داد که مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای روش گرین که بر اساس پارامترهای قانون نمایی تیلور تهیه می‌شوند بهتر از مدل‌های روش کونو می‌باشند. در مدل نمونه‌برداری کونو در سطح دقت ۱۰ درصد، تعداد تجمعی حشرات کامل پسیل آسیایی مرکبات در کمتر از شش عدد تله منفی بود که غیر منطقی است و در

حاضر اندازه نمونه در هر دو مدل گرین و کونو با افزایش تراکم جمعیت حشرات کامل پسپیل آسیایی مرکبات به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. در مدل گرین در سطح دقت ۱۰ و ۲۵ درصد، با افزایش تراکم حشره کامل از یک به ۵ عدد، به ترتیب اندازه نمونه از ۱۴۰ و ۲۰ عدد تله به ۲۶ و ۴ عدد تله کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های سایر محققین مانند Tsai *et al.* (2000) مطابقت دارد. به‌نظر این محققین نیز با افزایش تراکم جمعیت پسپیل آسیایی مرکبات روی گیاه یاسمن نارنجی، اندازه نمونه کاهش یافته و کارایی مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای استفاده در مدیریت این آفت افزایش می‌یابد.

دقت مدیریت تلفیقی آفات (۲۵ درصد) می‌تواند باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه نمونه‌برداری از پسپیل آسیایی مرکبات شود. بزرگ بودن اندازه نمونه در سطح دقت ۱۰ درصد توسط سایر محققین نیز گزارش شده است. برای مثال، Tsai *et al.* (2000) استفاده از مدل با سطح دقت ۱۰ درصد را به دلیل بزرگ بودن اندازه نمونه، بسیار پرهزینه و وقت‌گیر تشخیص داده و مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با سطح دقت ۲۵ درصد را برای ردیابی حشرات کامل پسپیل آسیایی مرکبات روی گیاه یاسمن نارنجی توصیه کردند.

در مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای، اندازه نمونه علاوه بر سطح دقت به تراکم جمعیت نیز بستگی دارد. در مطالعه



شکل ۳- خطوط توقف نمونه‌برداری دنباله‌ای مدل گرین با سطوح دقت ۱۰ و ۲۵ درصد و مدل

کونو با سطح دقت ۲۵ درصد برای تخمین جمعیت حشرات کامل پسپیل آسیایی مرکبات

Fig. 3. Sequential sampling stop lines for Ggreen's plan at fixed precision levels of 10% and 25% and Kuno's plan at fixed precision level of 25% to estimate *Diaphorina citri* adults

برای پایش حشرات کامل پسپیل آسیایی مرکبات توصیه می‌شود. همچنین با توجه به تفاوت مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای در مناطق مختلف جغرافیایی (Elliot *et al.*, 2003)، پیشنهاد می‌شود مدل نمونه‌برداری با سطح دقت ۲۵ درصد در سایر مناطق پراکنش این آفت مانند استان سیستان و بلوچستان نیز تهیه و مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، توصیه می‌شود برای پایش حشرات کامل پسپیل آسیایی مرکبات از پارامترهای قانون نمایی تیلور برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای استفاده شود. همچنین مدل نمونه‌برداری با سطح دقت ۲۵ درصد که برای مدیریت تلفیقی آفات توصیه شده است (Southwood, 1978)، به دلیل سهولت و افزایش سرعت کار

References

- AMIR-MAAFI, M. 1997. Sequential sampling of adult Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* Puton. in wheat fields of different areas of Iran. Research Report of Sunn Pest Comprehensive Project, Iranian Research Institute of Plant Protection, 126 pp. [In Persian with English summary].
- AMIR-MAAFI, M., B. L. PARKER and M. EL-BOHSSINI, 2007. Binomial and sequential sampling of adult sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton. pp. 115-121. In: Parker, B.L., Skinner, M., El Bouhssini, M. and Kumari, S. G. (eds.). Sunn Pest Management: A decade of progress 1994-2004. Published by Arab Society for Plant Protection, Beirut, Lebanon.
- BOVE, J. M., J. L. DANET, K. BANANEJ, N. HAASANZADEH, M. TAGHIZADEH, M. SALEHI, and M. GARNIER, 2000. Witches' broom disease of lime (WBDL) in Iran. In: Proceeding 14th Conference, International Organization of Citrus Virology, Riverside, CA, pp. 207-212.
- BUNTIN, G. D. 1994. Developing a primary sampling program. In: Pedigo, L. P. and Buntin, G. D. (eds.). Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 99-115.
- COSTA, M. G., J. C. BARBOSA, P. T. YAMAMOTO and L. R. MOREIRA, 2010. Spatial distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. Scientia Agricola, 67: 546-554.
- ELLIOTT, N. C. and R. W. KIECKHEFER, 1986. Cereal aphid populations in winter wheat: Spatial distributions and sampling with fixed levels of precision. Environmental Entomology, 15: 945-958.
- ELLIOTT, N. C., K. L. GILES, T. A. ROYER, S. D. KINDLER, F. L. TAO, D. B. JONES and G. W. CUPERUS, 2003. Fixed precision sequential sampling plans for the green bug and bird cherry-oat aphid (Homoptera: Aphididae) in winter wheat. Journal of Economic Entomology, 96 (5): 1585-1593.
- GREEN, R. H. 1970. On fixed level precision sequential sampling. Research in Population Ecology, 12: 249-251.
- HALBERT, S. E. and K. L. MANJUNATH, 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist, 87(3): 330-353.
- HALL, D. G. 2009. An assessment of yellow sticky card trap as indicators of the abundance of adult *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. Journal of Economic Entomology, 102(1): 446-452.
- HALL, D. G., M. G. HENTZ and M. A. CIOMPERLIK, 2007. A comparison of traps and stem tap sampling for monitoring adult Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. Florida Entomologist, 90 (2): 327-334.
- HARCOURTD, G. 1961. Design of a sampling plan for studies on the population dynamics of the diamond-back moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae). Canadian Entomologist, 93: 820-831.
- HOLLINGSWORTH, C. S. and C. A. GATSONIS, 1990. Sequential sampling plans for green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on potato. Journal of Economic Entomology, 83 (4): 1365-1369.
- HUTCHISON, W. D., D. B. HOGG, M. A. POSWAL, R. C. BERBERET and G. W. CUPERUS, 1988. Implications of the stochastic nature of Kuno's and Green's fixed-precision stop lines: sampling plans for the pea aphid (Homoptera: Aphididae) in Alfalfa as an example. Journal of Economic Entomology, 81(3): 749-758.
- IWAO, S. 1977. The m^*-m statistics as a comprehensive method for analyzing spatial patterns of biological populations and its application to sampling problems, pp. 21-46. In: Morisita, M. (ed.) Studies on methods of estimating population density. Tokyo press, Japan.
- JENKINS, D. A., D. G. HALL and R. GOENAGA, 2015. *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) abundance in Puerto Rico Declines with elevation. Journal of Economic Entomology, 108(1): 252-288.
- KUNO, E. 1969. A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. Research in Population Ecology, 11: 127-136.

- MOHAGHEGH, J., M. AMIR-MAAFI, S. SHAHROKHI, and A. PIRHADI, 2016. Spatial distribution of the canola false chinch bug, *Nysius cymoides* (Hemiptera: Lygaeidae). *Plant Pest Research*, 5 (4): 13-23.
- MOHISENI, A. A., M. S. SOLEIMANNEJADIAN, G. RAJABI and M. S. MOSADDEGH, 2009. Fixed precision sequential sampling plans to estimate Sunn Pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Hem.: Scutelleridae) population using sweep net in rainfed wheat fields in Borujerd. *Journal of Sustainable Agricultural Knowledge*, 19(1): 119-132. (In Persian with English summary).
- MOHISENI, A. A., M. S. SOLEIMANNEJADIAN and G. RAJABI, 2009. Fixed precision sequential sampling plans to estimate overwintered Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Put.) population in rainfed wheat fields in Borujerd. *Journal of Plant Protection*, 32(1): 33-47. [In Persian with English summary].
- ONSAGER, J. 1976. The rationale of sequential sampling with emphasis on its use in pest management. USDA Technology Bulletin, No. 1526, 19 pp.
- PARSI, F., M. ASKARI SIAHOUI and S. RANJBAR, 2012. A compilation the geographic information system distribution of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) In Iran by GIS. Final Report, Iranian Research Institute of Plant Protection, 23 pp.
- RAKSHANI, E. and A. SAEEDIFAR, 2013. Seasonal fluctuations, spatial distribution and natural enemies of Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in Iran. *Entomological Science*, 16 (1): 17-25.
- SAS INSTITUTE, 1999. SAS/STAT user's guide, version 6.1, SAS Institute. Cary, NC.
- SEVACHERIAVN, V. and M. STERN, 1972. Spatial distribution patterns of *Lygus* bugs in California cotton fields. *Environmental Entomology*, 1: 695-704.
- SHAHROKHI, S. and M. AMIR-MAAFI, 2011. Sequential sampling plan of *Metopolophium dirhodum* (Walker) (Hemiptera: Aphididae) in wheat fields. *Applied Entomology and Phytopathology*, 31 (1): 69-82.
- SIAMPOUR, M., K. IZADPANAH, A. AFSHARIFAR. M. SALEHI and D. TAGHIZADEH, 2006. Presence of phytoplasma in the insect collected from lime gardens infected to witches brooms disease. *Plant Pathology*, 42: 139-158.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations, second edition, Chapman & Hall, 524 pp.
- TAYLOR, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature*, 189: 732-735.
- TRETYAKONV, N. 1984. The distribution of the apple weevil and the apple sucker in orchards. *Zashchita Rastenii*, 9: 42-43.
- TSAI, J. H., J. WANG and Y. LUI, 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera:Psyllidae) on orange Jessamine? in southern Florida. *Florida Entomologist*, 83 (4): 446-459.
- VAN DEN BERG, M. A., V. E. DEACON and P. J. STEENKAMP, 1991. Dispersal within and between citrus orchards and native hosts, and nymphal mortality of citrus psylla, *Trioza erytrae* (Hemiptera: Triozidae). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 35: 297 -309.
- WALD, A. 1947. Sequential analysis. John Wiley and Sons, NewYork, 212 pp.

