

مقاله پژوهشی

پراکنش پهنه‌ای و ارزیابی مدل نمونه برداری پیاپی برای کرم میوه‌خوار خرما *Batrachedra amydraula*
روی میوه شش رقم تجاری خرما در ایرانمسعود لطیفیان^۱✉، عبدالنبی باقری^۲، مجید امانی^۱، مهدی ناصری^۳، ابراهیم سابکی^۱، رحیم خادمی^۱، هادی زهدی^۳

۱- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، کرج، ایران؛

۲- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و آموزش و منابع طبیعی استان هرمزگان، بندرعباس، ایران؛

۳- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و آموزش و منابع طبیعی کرمان، کرمان، ایران؛

۴- بخش تحقیقات زراعی-باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و آموزش و منابع طبیعی استان بوشهر، بوشهر، ایران

(تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۴۰۰)

چکیده

شب پره میوه‌خوار خرما، *Batrachedra amydraula*، از مهم‌ترین آفات میوه نارس خرما می‌باشد. در این پژوهش، استاندارد سازی روش نمونه برداری طبقه‌ای با هدف انتخاب واحد و تعداد مناسب، همچنین تعیین الگوی پراکنش جمعیت آفت در اشیان اکولوژیکی اختصاصی و برآزش مدل نمونه برداری پیاپی روی شش رقم نخل خرما در پنج استان خرماخیز کشور بررسی شد. نمونه برداری از اوخراسفند تا اوایل شهریور به فاصله هر ۱۰ روز یک بار تکرار شد. الگوی پراکنش کرم میوه‌خوار خرما با استفاده از شاخص‌های غیرکپه‌ای بودن، قانون تیلور، شاخص میانگین انبوهی، کپه‌ای بودن و آیواو و محاسبه شد. نتایج نشان داد که دامنه میانگین تراکم جمعیت از ۳/۳۰۴ (رقم سایر) تا ۰/۸۰۴ (رقم ربی) در ۲۰ عدد میوه متغیر بود. بر اساس قانون نمایی تیلور، پراکنش این آفت در نخلستان تجمعی بود. با افزایش تراکم لارو، اندازه نمونه کاهش یافت. روند کاهش در ارقام مختلف متفاوت بود به طوری که در ارقام سایر (۰/۷۵) و کبکاب (۰/۲۶) به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد نمونه مشاهده شد. بر اساس نتایج این پژوهش، روش نمونه‌برداری پیاپی اندازه نمونه را نسبت به مدل نمونه‌برداری طبقه‌ای بین ۳ تا ۱۶ برابر کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: الگوی پراکنش جمعیت، کرم میوه‌خوار خرما، مدل نمونه برداری پیاپی

Spatial distribution and evaluation sequential sampling model of the lesser moth (*Batrachedra amydraula*) on six traditional date palm fruit cultivars in Iran

M. LATIFIAN¹✉, A.N. BAGHERI², M. AMANI¹, M. NASERI³, E. SABOKI¹, R. KHADEMI⁴, H.ZOHDI³

1. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Horticulture science research institute, Date palm and tropical fruits research center, Ahwaz, Iran; 2. Plant Protection Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Bandar Abbas, Iran; 3. Plant Protection Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Kerman, Iran; 4- Plant Protection Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran

Abstract

Date Palm Lesser Moth *Batrachedra amydraula* Meyrick, is among the most important pests feeding on date fruits. Here, we studied the standardization of the class-specific sampling method to define the appropriate unit and number as well as to know population distribution pattern of *B. amydraula* in its specific ecological niches and fitting of continuous sampling model on six date palm cultivars in five provinces. Sampling was repeated in 10 days intervals from late March to early September. Distribution pattern of *B. amydraula* in the date palm orchards was calculated using indices of mean crowding, Taylor's law, mass average index, patchiness, and Iowa. The results showed that the mean density of *B. amydraula* varied from 3.304 (Sayer cultivar) to 0.804 (Rabi cultivar) in 20 studied fruits. According to Taylor's law, the distribution of this pest was cumulative. The sample size decreased by increasing density of *B. amydraula* in date palm orchards. The slope of decrement was different in the various date cultivars so that the lowest and highest number of the samples were observed in Sayer and Kabekab, respectively. By these results we can say that sequential sampling method can decrease sample size by 3 to 16 times compared with the classical sampling model.

Keywords: Date palm lesser moth, population distribution pattern, sequential sampling model

مقدمه

طراحی یک برنامه نمونه‌برداری دقیق و علمی مورد نیاز می‌باشد (Pedigo, 1994). برای این منظور ابزارهای خاصی طراحی شده است که می‌توان با استفاده از آن‌ها سطح دقت تراکم جمعیت آفت را مشخص نمود (Naranjo and Hutchinson, 1997). فهم چگونگی توزیع فضایی آفات در برنامه‌های نمونه برداری بسیار حایز اهمیت می‌باشد (Lamp and Smith, 1989).

صرف هزینه برای یک برنامه خوب نمونه برداری، بهتر از اتلاف هزینه‌های بعدی اجرای نامناسب برنامه مدیریت آفات است (Binns et al., 2000). انتخاب یک روش مناسب نمونه‌برداری، بستگی به نوع تخمین مورد نیاز دارد (Lamp and Smith, 1989). شاخص‌های مختلف جمعیت مانند تخمین نسبی تراکم، نوع پراکنش پهنه‌ای، تغییرات مکانی و زمانی تراکم به‌طور وسیعی در مقایسه جمعیت‌ها استفاده شده‌اند (Dent, 1991). برنامه طراحی شده باید دارای حداقل چهار بعد باشد که شامل مرحله نمونه‌برداری آفت، تعداد واحدهای نمونه‌برداری، زمان نمونه‌برداری و الگوی نمونه‌برداری می‌باشد. در مدیریت آفات مرحله نمونه‌برداری بسته به نوع آفت و راهبردهای مدیریتی، متغیر است (Binns et al., 2000). تعداد نمونه‌های لازم در یک برنامه به میزان دقت مورد نیاز و هزینه نمونه‌برداری بستگی دارد (Dent, 1991). زمان نمونه‌برداری بستگی به زمان وقوع مرحله زیستی آفت مورد نظر دارد (Binns et al., 2000). الگوی فضایی نمونه‌برداری در یک مکان، بسته به یکنواختی زیستگاه و پراکنش جمعیت می‌تواند بسیار متفاوت باشد. تخمین تراکم جمعیت با حداقل خطا با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی امکان پذیر است. در مراحل اولیه طراحی یک برنامه نمونه‌برداری، لازم است که خطاهای تجمعی را با مقایسه نمونه‌گیری تصادفی با سیستماتیک بررسی کرد تا با پخش شدن نمونه‌ها در سطح بیشتری از زیستگاه، اطمینان بیشتری از مکان‌های کم تراکم و حاشیه‌ها به دست آورد (Nyrop and Binns, 1992). در نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌ای، جمعیت به تعدادی زیر جمعیت

شب پره میوه‌خوار خرما یا شب پره کوچک خرما، *Batrachedra amydraula* Meyrick (Lep.: Batrachedridae) از مهم‌ترین آفات میوه نارس خرما در نخلستان می‌باشد که با تغذیه از جنین، ارتباط بین میوه و پایه آن را قطع و موجب خشک شدن و ریزش میوه خرما می‌شوند. خسارت این آفات از نخلستان شروع و با انتقال به انبار، به چرخه زندگی خود ادامه می‌دهند. در سال‌های اخیر با توجه به وقوع بارندگی‌های فصلی در زمان گرده افشانی خرما و اثر منفی آن‌ها بر کیفیت گرده افشانی و گیرایی خوشه‌ها، ریزش میوه ناشی از خسارت این آفت قابل تحمل نبوده و در مواردی حتی ضرورت انجام یک کنترل جداگانه علیه آن را توجیه می‌نماید (Khajehzadeh and Latifian, 2013).

بسیاری از ویژگی‌های ضروری برای تصمیم‌گیری در خصوص مدیریت تلفیقی آفات، مستلزم نمونه برداری از جمعیت آن‌ها است. در نمونه برداری از جمعیت آفات، علاوه بر انتخاب تکنیک مناسب، باید یک برنامه نمونه برداری مناسب نیز طراحی کرد (Southwood and Henderson, 2000). برای مطالعه بهتر آفات ابتدا باید برنامه نمونه برداری را به صورت دقیق و کم هزینه طراحی نمود به طوری که بتوان از نمونه مورد مطالعه حداکثر اطلاعات را به دست آورد. طبیعی است که این استنباط، از یک نمونه محدود در رابطه با کل جمعیت مورد مطالعه انجام می‌شود (Davis, 1994). با وجود اهمیت این موضوع، تاکنون روش استاندارد خاصی برای ارزیابی جمعیت و خسارت کرم میوه‌خوار خرما به صورت علمی تعریف و ارائه نشده است.

نمونه برداری از جمعیت‌های آفات برای تعیین نوع توزیع فضایی آن‌ها و تخمین جمعیت، یکی از مهم‌ترین بخش‌ها در مطالعات اکولوژی می‌باشد (Krebs, 1999). در مدیریت تلفیقی بر اساس اطلاعات مربوط به اکولوژی آفات و محصول اقدام به تصمیم‌گیری می‌شود (Radcliffe et al., 2008). برای مطالعه هر آفت

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی شش رقم تجاری نخل خرما در استان‌های خرماخیز کشور شامل خوزستان (سایر و برحی)، هرمزگان (پیارم)، کرمان (مضافتی)، بوشهر (کبکاب) و سیستان و بلوچستان (ربی) اجرا شد. نمونه برداری‌ها از اواخر اسفند تا اوایل شهریور ماه به فاصله هر ۱۰ روز یک بار انجام شد. در این پژوهش از روش نمونه‌برداری طبقه‌ای استفاده شد به دلیل این‌که عوامل تأثیرگذار محیطی در تغییرات پراکنش جمعیت‌ها تنها مربوط به جوامع بزرگ محیطی نبوده و ممکن است در خرد زیست بوم‌های روی یک درخت نیز غیریکنواختی وجود داشته باشد (Young and Young, 1998). طبقات اصلی شامل درختان مختلف موجود در نخلستان و طبقات فرعی شامل چهار جهت جغرافیایی قرار گرفتن خوشه روی درخت بود. برای این منظور ۱۰ درخت از یک هکتار از هر یک از نخلستان‌های مورد مطالعه انتخاب و از هر درخت چهار خوشه از چهار جهت جغرافیایی انتخاب شد. از هر خوشه تعداد ۲۰ عدد میوه انتخاب و از نظر سالم و آلوده بودن بررسی شد. شرط آلوده بودن، داشتن حداقل سوراخ ورودی لارو آفت روی کالیکس میوه بود. همچنین تعداد ۲۰ عدد میوه ریزش یافته از پای درخت جمع‌آوری و مطابق روش قبل تعداد میوه سالم و آلوده در آن‌ها بررسی شد. همزمان به وسیله دستگاه زمان سنج مدت زمانی که صرف نمونه‌برداری شد، تعیین گردید. نمونه‌ها سپس به آزمایشگاه منتقل و تعداد لاروهای فعال درون میوه‌ها به صورت جداگانه ثبت شد.

استاندارد سازی روش نمونه برداری طبقه‌ای

برای این منظور محیط زیست آفت به K طبقه تقسیم‌بندی شد. اگر طبقه نام دارای Ni فرد باشد، بنابراین خواهیم داشت:

$$\sum Ni = N \quad \text{رابطه ۱}$$

حال چنانچه از طبقه نام، n_i نمونه برداشته شود و میانگین آن‌ها برابر $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \dots, \bar{y}_n$ باشد. آنگاه

ناسازگار یا طبقه تقسیم می‌شود و سپس از بین نمونه‌های تصادفی ساده از هر یک از طبقات یا زیر جمعیت‌ها، نمونه‌هایی انتخاب خواهد شد. با این روش علاوه بر کاهش انحراف معیار، نسبت به نمونه‌برداری ساده تصادفی، تعداد نمونه هر طبقه نیز متفاوت خواهد بود که در نتیجه آن، هزینه نمونه‌برداری کاهش خواهد یافت (Young and Young, 1998).

یکی از برنامه‌های نمونه‌برداری کاربردی و مهم در مدیریت آفات، نمونه برداری پی در پی یا برنامه تصمیم‌گیری دنباله‌ای می‌باشد. در اصول مدل نمونه برداری پی‌پی که به‌طور مخفف $SPRT^1$ نامیده می‌شود (Wald, 1947) دو سطح جمعیتی دارای اهمیت زیادی هستند که به شرح ذیل تعریف می‌شوند: H_0 : جمعیت در زیر سطح معینی قرار دارد و H_1 : جمعیت بالای سطح مشخصی قرار دارد (Li et al., 2012). $SPRT$ دارای اصطلاحاتی می‌باشد که به این شرح تعریف می‌شوند. Cd^2 سطح تعریف شده و مشخصی از جمعیت (در این پژوهش معادل آستانه زیان اقتصادی آفت به ترتیب معادل ۴۵۶/۵۷، ۶۰/۶۲، ۱۸۵/۱۹، ۲۹/۴۵، ۱۵/۴۳ و ۱۷/۱۹ به ترتیب برای ارقام سایر، برحی، کبکاب، پیارم، ربی و مضافتی) (اطلاعات در دست انتشار نگارنده)، Oc^3 تابع منحنی احتمال درستی نمونه‌برداری و ASN^4 منحنی تصمیم‌گیری تعداد نمونه برداری. حال چنانچه Oc یک تابع نرمال باشد که دارای میانگین M و انحراف معیار باشد، سه عامل روی توابع Oc و ASN مؤثرند که شامل خطوط توقف نمونه برداری، مدل پراکنش جمعیت حشره مورد مطالعه و شاخص تراکم جمعیت می‌باشند (Fowler and Lynch, 1987). طرح‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای بسیاری از آفات بررسی شده است. با اجرای این نوع نمونه برداری می‌توان انتظار ۵۰ درصد صرفه جویی از یک برنامه موفق نمونه‌برداری دنباله‌ای داشت (DePalma et al., 2012).

1- Wald S Sequential probability ratio test

2- Critical density

3- Operational cueve function

4- Average sample number curve

تعیین الگوی پراکنش جمعیت در آشیان اکولوژیکی
 اختصاصی آن

شاخص‌های مختلفی وجود دارد که به کمک آن‌ها می‌توان نحوه پراکنش را مشخص نمود. بیشتر این شاخص‌ها در حقیقت با توزیع پواسون مقایسه می‌گردند. شاخص پخش در این روش با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Lloyd, 1967).

$$ID = \frac{S^2}{\bar{x}}(n-1) \quad \text{رابطه ۷}$$

قانون تیلور^۵ بر پایه ارتباط نمایی بین واریانس و میانگین بنا نهاده شده است که به صورت رابطه زیر بیان شده است (Taylor, 1961).

$$\text{Log}S^2 = \text{Log}a + b\text{Log}\bar{X} \quad \text{رابطه ۸}$$

ضریب تبیین خط رگرسیون، قدرت مدل به دست آمده را در تعیین نحوه پراکنش جمعیت حشره مورد مطالعه نشان می‌دهد.

شاخص میانگین انبوهی^۶ ICM: شدت رقابت سایر افراد را نشان می‌دهد. در محاسبه شاخص میانگین انبوهی پارامتر \bar{X} یا X^* عبارت است از میانگین اثر افراد دیگر در واحد نمونه برداری بر هر فرد دیگر که در جمعیت وجود دارد. شاخص انبوهی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$X^* = \bar{X} + \frac{S^2}{\bar{X}} - 1 \quad \text{رابطه ۹}$$

ضریب شاخص غیر کپه ای بودن^۷ (IP) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Morisita, 1962).

$$IP = \frac{X^*}{\bar{X}} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

برای محاسبه شاخص آیواو^۸ خط رگرسیون میان X^* و \bar{X} برازش گردید که معادله کلی آن به صورت زیر تعریف می‌شد (Iwao and Kuno, 1968).

$$X^* = \alpha + \beta\bar{X} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

ثابت α تمایل گونه را برای انبوهی بودن نشان می‌دهد. اگر α مثبت باشد، تمایل گونه به سمت تجمع می‌شود و اگر α منفی باشد، تمایل گونه به سمت پراکنده شدن را نشان می‌دهد. ضریب β نشان دهنده

واریانس \bar{y} ها در حالت بدون جایگزینی به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{var } y_i = \left(\frac{S_i^2}{n_i}\right)(1 - n_i/N_i) \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه S_i^2 واریانس هر طبقه و N_i تعداد نمونه گرفته شده است. چنانچه هدف برآورد میانگین جمعیت کل نمونه‌ها در هر منطقه باشد، باید تعداد افراد هر منطقه مشخص باشد که در آن صورت میانگین کل برابر است با:

$$\bar{y} = \sum \frac{N_i \bar{y}_i}{N} \quad \text{رابطه ۳}$$

از آنجا که در هر طبقه یک نسبت از افراد آن طبقه نمونه برداری شدند و یا به عبارت دیگر نسبتی از هر جمعیت نمونه گرفته شده در طبقات یکسان بود، به همین دلیل به جای N_i از n_i و به جای N از n استفاده شد.

$$SE(\bar{y}) = \left[\sum w_i^2 \times \frac{S_i^2}{n_i}\right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه ۴}$$

زمانی که خطای استاندارد مشخص شد، حدود اطمینان به شرح زیر محاسبه شد.

$$\bar{\mu}_{st} \pm t_{\alpha/2}[SE(\bar{y})] \quad \text{رابطه ۵}$$

در این روش حد اطمینان اغلب در سطح ۵ درصد و ۱ درصد در نظر گرفته می‌شود. مقدار n یا تعداد نمونه مورد نیاز برای محاسبه تغییرات میانگین واقعی جمعیت با احتمال ۹۵ درصد با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$n = \frac{S^2}{L^2N/4 + S^2} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این رابطه S^2 واریانس نمونه، L حدود اطمینان، N تعداد کل نمونه و n تعداد نمونه مورد نیاز می‌باشد.

برای تخمین معادله برازش جمعیت در روش نمونه برداری طبقه‌ای، ابتدا میانگین و واریانس جمعیت آفت در پنج طبقه از طبقات اصلی پراکنش آفت شامل طبقات شمالی، جنوبی، شرقی، غربی و همچنین طبقه پایین درخت (میوه‌های ریخته شده در پای درخت) با استفاده از روابط ۱ تا ۳ برآورد شد. بعد از آن مقدار خطای استاندارد با استفاده از رابطه ۴ برآورد و در نهایت برای هر رقم مورد مطالعه براساس رابطه ۵ مدل برازش دامنه میانگین جمعیت ارایه شد.

5 - Taylor power law
 6 - Index of mean crowding
 7 - Index of patchiness
 8 - Iwao patchiness

نتایج

استانداردسازی روش نمونه برداری طبقه‌ای

معادله تخمین جمعیت در روش نمونه برداری طبقه‌ای، میانگین و واریانس جمعیت با استفاده از روابط ۱ تا ۳، مقدار خطای استاندارد با رابطه ۴ و دامنه میانگین جمعیت با رابطه ۵ محاسبه و در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مراحل برازش معادله تخمین دامنه تراکم جمعیت و تعداد نمونه لازم براساس روش نمونه‌برداری طبقه‌ای.

Table 1. Steps of fitting of the equation of population density range estimation and the required number of samples based on Classified Sampling Method.

Cultivar	N	$\bar{\mu}_{st} \pm t_{\alpha/2}[SE(\bar{y})]$	SE(\bar{Y})	\bar{Y}
Sayer	167.77	$\bar{\mu} \pm 4.53$	4.579	3.304
Berhee	187.77	$\bar{\mu} \pm 6.63$	4.845	3.162
Kabkab	33.069	$\bar{\mu} \pm 0.27$	0.203	0.144
Pyarum	75.923	$\bar{\mu} \pm 3.64$	2.665	1.739
Rabi	57.961	$\bar{\mu} \pm 1.93$	1.405	0.814
Mazafati	26.695	$\bar{\mu} \pm 2.51$	1.827	1.059

تعداد مناسب نمونه با استفاده از حدود اطمینان میانگین جمعیت (رابطه ۶) محاسبه شد که نتایج آن برای ارقام مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. در این پژوهش دامنه میانگین تراکم جمعیت کرم میوه خوار در نخلستان از ۳/۳۰۴ (رقم سایر) تا ۰/۸۰۴ (رقم ربی) در ۲۰ عدد میوه خرما میورد مطالعه متغیر بود. با استفاده از روابط موجود در ستون ۳ (جدول ۱) جمعیت مطلق نیز محاسبه شد.

تعیین الگوی پراکنش جمعیت در آشیان اکولوژیکی اختصاصی آن

شاخص‌های پراکنش کرم میوه‌خوار خرما در نخلستان با استفاده از روابط ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ محاسبه و در (جدول ۲) برای ارقام مختلف نشان داده شده است.

آماره‌های پراکنش پهنه‌ای کرم میوه‌خوار در نخلستان نشان می‌دهد که مقدار فراسنجه b بر اساس قانون نمایی تیلور به‌طور معنی‌داری بزرگتر از عدد یک است که نشان می‌دهد پراکنش این آفت در نخلستان تجمعی است. در روش آیواو مقدار فراسنجه β بزرگتر از ۱، تجمعی بودن

این است که تا چه حد جمعیت در تراکم‌های بالا تمایل به تجمع دارد. در بسیاری از آزمایش‌ها قانون تیلور بهتر از قانون آیواو توانسته است پاسخگو باشد. مقدار β شدیداً تحت تأثیر مرگ و میرهای وابسته به انبوهی می‌باشد (مرگ و میرهای مستقل از انبوهی مقدار α را تحت تأثیر قرار می‌دهند و بر β تأثیری ندارند).

برازش مدل نمونه برداری پیاپی برای تصمیم‌گیری

در نمونه برداری پیاپی دو خط تصمیم‌گیری^۹ وجود دارد که احتمال آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

$$UBn = n * (cd + Z \times \frac{S}{\sqrt{n}}) \quad \text{رابطه ۱۲}$$

$$LBn = n * (cd - Z \times \frac{S}{\sqrt{n}}) \quad \text{رابطه ۱۳}$$

در روابط ۱۲ و ۱۳ شاخص S مقدار انحراف معیار در هر نمونه برداری، n تعداد نمونه و Z در سطح خطای ۵ درصد برای مقدار بحرانی Z برابر با ۱.۹۶ در نظر گرفته شد.

منحنی ASN بیانگر تعداد متوسط نمونه لازم برای تصمیم‌گیری است. تعداد نمونه با تغییراتی که در میانگین ایجاد می‌شود، تغییر می‌کند با توجه به پراکنش تجمعی آفت، K ثابت تجمع، \bar{x} و \bar{x}_1 به ترتیب میانگین جمعیت (معادل ۸۰ درصد سطح زیان اقتصادی) و سطح مشخصی از جمعیت معادل آستانه زیان اقتصادی (به ترتیب معادل ۴۵۶/۵۷، ۶/۶۲، ۱۸۵/۱۹، ۲۹/۴۵، ۱۵/۴۳، ۱۷/۱۹ برای ارقام سایر، برحی، کبکاب، پیارم، ربی و مضافتی) و Sd خطای استاندارد می‌باشد (Fowler and Lynch, 1987).

سایر شاخص‌های مدل عبارتند از:

$$b = k \frac{Ln \frac{q_2}{q_1}}{Ln \frac{p_2 q_1}{p_1 q_2}}, h_2 = \frac{Ln \frac{1-B}{\alpha}}{Ln \frac{p_2 q_1}{p_1 q_2}}, h_1 = \frac{Ln \frac{1-\alpha}{B}}{Ln \frac{p_2 q_1}{p_1 q_2}}$$

روابط ۱۴

$$\text{روابط ۱۵} \quad p_2 = \frac{\bar{x}}{k}, q_1 = 1+p, q_2 = 1+p_1$$

اگر $h(A) \neq 0$ باشد خواهیم داشت

$$\text{رابطه ۱۶} \quad Oc = L(A) = \frac{A^{h(M)}}{A^{h(M)} - B^{h(M)}}$$

$$\text{رابطه ۱۷} \quad M = A = K \frac{1 - \frac{(M_1+k)h(M)}{M_2+k}}{\frac{(M_2(M_1+k))h(M)}{M_1(M_2+k)}}$$

$$\text{رابطه ۱۸} \quad ASN = EA(N) = \frac{b(Oc) + a(1-Oc)}{KLn \frac{(M_1+k)}{(M_2+k)} + M \ln \frac{(M_2(M_1+k_1))}{(M_1(M_2+k_2))}}$$

(شکل ۱) مدل مزبور برای کرم میوه‌خوار خرما روی ارقام مختلف مورد مطالعه مشاهده می‌شود.

مهمترین شاخص تعیین کننده فاصله خطوط حد بالا و پایین مقدار Cd است که در ارقام سایر و کبکاب از سایر ارقام بیشتر بوده و در نتیجه بیشترین فاصله بین خطوط حد بالا و پایین در این ارقام برآورد شد.

گام دوم: تعیین منحنی تابع احتمال درستی نمونه برداری

رسم منحنی Oc به فهم و درک درست و عملی از نمونه برداری پی‌پی کمک می‌کند. هر چه شیب منحنی Oc در حول و حوش Cd بیشتر شود، به همان نسبت کیفیت نمونه برداری پی‌پی بهتر است. منحنی درستی نمونه برداری پی‌پی کرم میوه‌خوار خرما در ارقام مختلف مورد بررسی در شکل ۲ نشان داده شده است.

در مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای، اندازه نمونه به تراکم جمعیت بستگی دارد (Buntin, 1994). در این پژوهش نیز با افزایش تراکم لارو کرم میوه‌خوار در نخلستان، اندازه نمونه کاهش یافت. شیب کاهش در ارقام مختلف متفاوت بود به طوری که در ارقام سایر و کبکاب به ترتیب بیشترین (۰/۷۵) و کمترین (۰/۲۶) شیب مشاهده شد.

یک آفت را نشان می‌دهد که در اینجا نیز این شاخص پراکنش تجمعی لارو آفت را ثابت کرد. مقایسه ضریب تبیین دو روش تیلور و آیواو نشان داد که داده‌ها با قانون نمایی تیلور برازش بهتری دارند. بنابراین در این پژوهش برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای لارو کرم میوه‌خوار خرما از آماره‌های قانون نمایی تیلور استفاده شد.

برازش مدل نمونه برداری پی‌پی

گام اول: برآورد شاخص‌های مدل

شاخص‌های مدل به شرح (جدول ۳) برای شش رقم خرما مورد مطالعه برآورد شدند.

گام دوم: برازش خطوط توقف بالا (U) و پایین نمونه برداری (L) در این روش نمونه‌برداری، عدد حاصله از نمونه‌برداری یا نمونه‌برداری‌های قبل جمع شده و این کار همچنان ادامه می‌یابد تا به تراکمی برسد که میانگین تراکم جمعیت برآورد شده یکی از دو خط تصمیم‌گیری را قطع کند. اگر تراکم حاصله بالاتر از خط حد بالا بود، عملیات کنترل انجام می‌شود. اگر تراکم حاصله زیر خط حد پایین بود، عملیات نمونه برداری متوقف و کنترل انجام نمی‌شود. اما اگر تراکم حاصله بین دو خط حد بالا و پایین باشد، عملیات نمونه‌برداری ادامه خواهد یافت. در

جدول ۲- محاسبه شاخص‌های تعیین‌الگوی پراکنش کرم میوه‌خوار خرما در نخلستان.

Table 2. Calculation indices for determination of *Batrachedra amydraula* distribution type in Date palm orchards.

Cultivar	Iwao pachiness ($\beta \pm SE$)	R ²	IP	ICM	Taylor- Index ($b \pm SE$)	R ²	Id
Sayer	1.83±0.16	0.97	2.13	7.03	2.00±0.19	0.96	28.56
Berhee	2.52±0.21	0.95	2.33	7.37	2.95±0.23	0.98	33.41
Kabkab	1.85±0.17	0.89	8.78	1.27	2.00±0.21	0.88	1.29
Pyarum	3.87±0.34	0.92	6.09	2.48	2.09±0.20	0.91	10.50
Rabi	2.42±0.19	0.95	3.37	2.74	2.39±0.23	0.93	10.91
Mazafati	2.42±0.18	0.98	3.09	3.27	2.24±0.28	0.95	14.18

جدول ۳- برآورد شاخص‌های مدل نمونه برداری پی‌پی کرم میوه‌خوار خرما در شش رقم مختلف خرما مورد مطالعه.

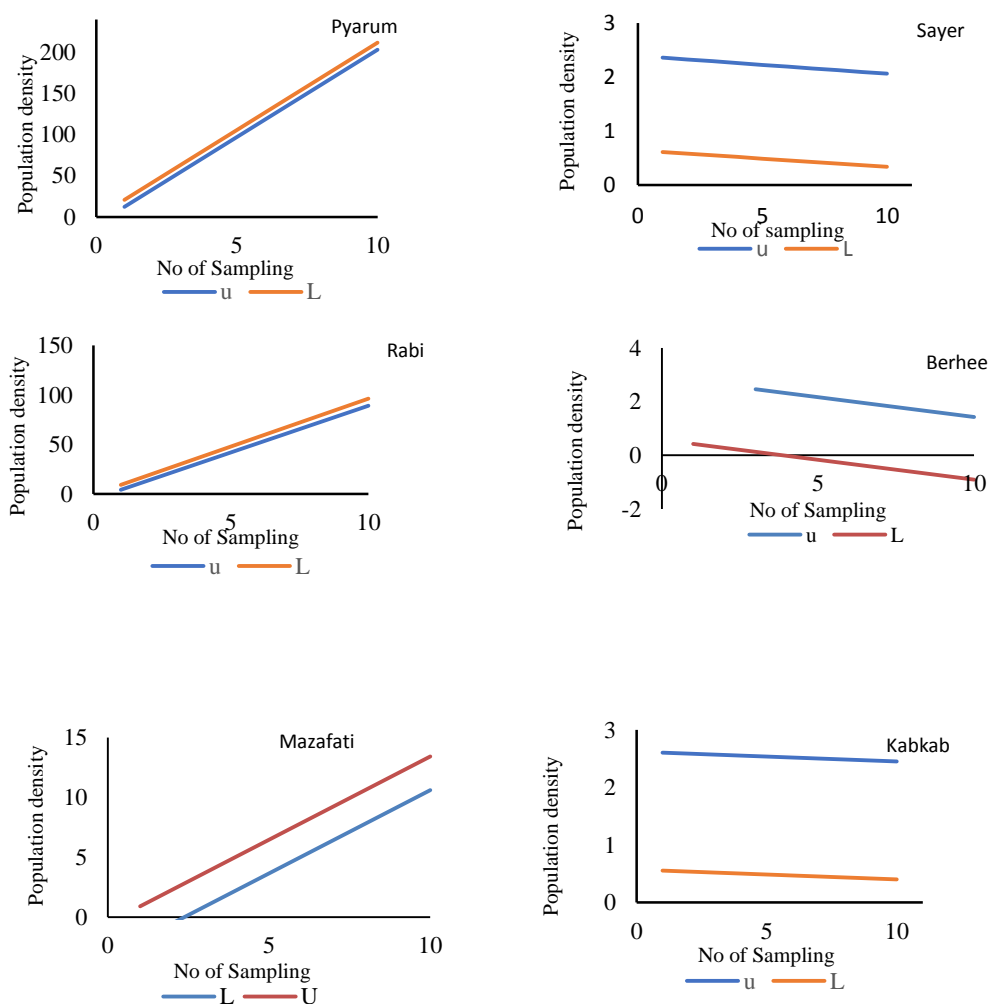
Table 3. Estimation of sequential sampling indices for *Batrachedra amydraula* on six date cultivars studied.

Cultivars	K	\bar{x}_1	\bar{x}	p ₁	p ₂	q ₁	q ₂	Sd	B	A
Sayer	1.46	456.50	33.04	312.70	22.62	313.70	23.62	2.31	161.20	0.11
Berhee	1.96	106.60	17.38	312.70	8.87	313.70	9.87	0.38	49.20	0.11
Kabkab	0.17	6.99	1.44	312.70	8.63	313.70	9.63	0.17	3.51	0.11
Pyarum	6.99	29.45	4.07	312.70	0.58	313.70	1.58	0.74	12.80	0.11
Rabi	5.71	15.43	8.14	312.70	1.43	313.70	2.43	0.22	11.40	0.11
Mazafati	2.74	17.19	10.57	312.70	3.87	313.70	4.87	0.28	13.62	0.11

تصمیم‌گیری اتخاذ کرد. منحنی تصمیم‌گیری تعداد نمونه برداری لازم برای کنترل کرم میوه‌خوار خرما برای ارقام مختلف خرما مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است.

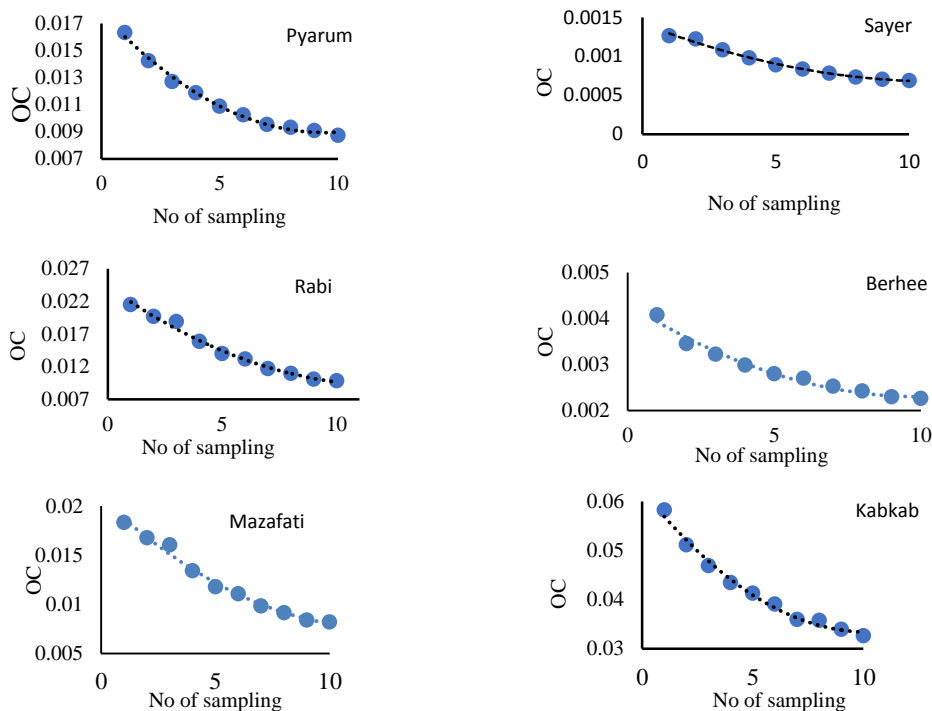
نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اندازه نمونه لازم برای پایش لارو کرم میوه‌خوار در نخلستان با ارقام مختلف (جدول ۱ و شکل‌های ۲ و ۳) بین ۲ تا ۱۰ عدد متغیر بود (این مقادیر در مدل‌های با سطح دقت ۰/۱ با توجه به دامنه میانگین جمعیت مشاهده شده، محاسبه شده است).

گام سوم: منحنی تصمیم‌گیری تعداد نمونه برداری منحنی ASN بیانگر تعداد متوسط نمونه لازم برای تصمیم‌گیری است. تعداد نمونه با تغییراتی که در میانگین حاصل می‌شود، تغییر می‌کند. تا زمانی که میانگین اندک است، تعداد نمونه نیز اندک خواهد بود، چون با چند نمونه اولیه معلوم خواهد شد که تراکم آفت به حد لازم برای ضروری بودن اجرای عملیات کنترل رسیده است. در تراکم‌های بالا نیز با چند نمونه معلوم خواهد شد که آفت قابل کنترل است یا نه. ولی در تراکم‌های بینابینی، باید بیشترین تعداد نمونه برداری انجام گیرد تا بتوان



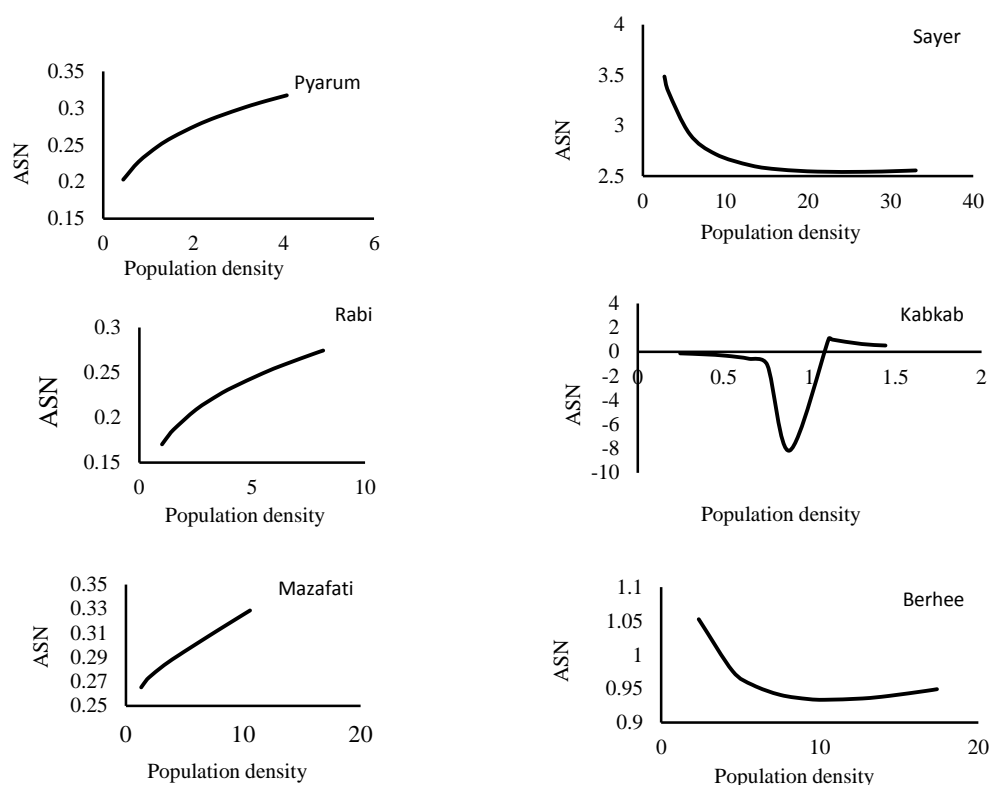
شکل ۱- برآورد خطوط تصمیم‌گیری در مدیریت کرم میوه‌خوار خرما براساس روش نمونه برداری پیاپی روی شش رقم خرما مورد مطالعه.

Fig. 1. Estimation of decision lines for use in the management of *Batrachedra amydraula* based on sequential sampling method on six date cultivars studied.



شکل ۲- منحنی تابع احتمال درستی نمونه برداری کرم میوه‌خوار خرما در ارقام مختلف خرماي مورد مطالعه.

Fig. 2. Probability function curve of accuracy of sampling for *Batrachedra amydracula* on six date cultivars studied.



شکل ۳- منحنی تصمیم‌گیری تعداد نمونه‌برداری لازم برای کنترل کرم میوه‌خوار خرما روی ارقام مختلف خرماي مورد مطالعه.

Fig. 3. The decision curve of the number of samplings needed for managing *Batrachedra amydracula* on six date cultivars studied.

اشتباه برای کنترل جمعیت (نشان داده شده توسط خط بالا): لزوم کنترل) و خط پایین (عدم کنترل) چقدر است. بنابراین، احتمال یک درصد یا کمتر وجود دارد که تصمیم‌گیری ما اشتباه باشد. به عبارت دیگر احتمال ارتکاب خطا نوع ۱ (H_0)، یعنی پذیرش H_1 زمانی که فرضیه H_0 (توصیه به عدم کنترل) صحیح بوده، یک درصد یا کمتر است. به هر حال، با استفاده از این طرح، امکان تصمیم‌گیری برای مدیریت تلفیقی کرم میوه‌خوار خرما و امکان کاهش مصرف سموم (عدم سم‌پاشی در زمانی که جمعیت این آفت در حد خسارت اقتصادی نیست) فراهم می‌گردد. به علاوه، امکان کانون‌کوبی آفت در ابتدای فصل به دلیل رفتار توزیع توده‌ای آن‌ها تسهیل می‌شود، زیرا روش کنترلی که در مدیریت تلفیقی برای کنترل آفت استفاده می‌شود، بیشترین تأثیر را در کاهش جمعیت آفت و پایین نگه‌داشتن جمعیت آن در ابتدای فصل دارد. علاوه بر این، این طرح به نخلداران و کارشناسان کمک می‌کند تا به‌طور مداوم بر گونه‌های مختلف کرم میوه‌خوار خرما نظارت داشته و از حمله آن‌ها به نخلستان‌ها و در مراحل بعدی به انبار جلوگیری به‌عمل آورند. نشان داده شده است که هجوم آفت به میوه خرما در نخلستان در مراحل خاصی از فنولوژی میوه به حداکثر مقدار می‌رسد. ویژگی‌های فنولوژیکی میوه خرما در طول چرخه رویشی آن تغییر می‌کند. در کل، ۶ مرحله فنولوژیک در طول چرخه سالانه میوه خرما وجود دارد که خسارت آفت در مرحله جبابوک تا خارک وجود دارد (Latifian, 2020). نتایج این پژوهش همچنین کمک می‌کند تا هزینه نظارت بر جمعیت این آفت در نخلستان‌های کوچک، کم‌تر شود به دلیل این‌که که فعالیت نظارت مستمر در شرایطی که جمعیت کرم میوه‌خوار خرما به‌طور تصادفی توزیع می‌شود، سخت‌تر است و می‌تواند تعداد نمونه‌های لازم برای ارزیابی میزان جمعیت و خسارت را تا سه برابر در هر واحد سطح نخلستان (شکل ۳) افزایش دهد. در همین راستا، مطالعه مشابهی روی شب پره خرنوب *Apomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) به عنوان یکی از مهم‌ترین

بحث

همان‌طور که در نتایج این پژوهش نشان داده شد، این مدل متناسب با الگوی توزیع فضایی آفت است. نمونه‌برداری براساس خطوط تصمیم‌گیری بالا (لزوم کنترل) و خطوط تصمیم‌گیری پایین (عدم نیاز به کنترل)، مراحل نمونه‌برداری از نخلستان را به منظور ردیابی کرم‌های میوه‌خوار خرما تسهیل و بهینه‌سازی می‌کند. برای بهره‌مندی بهینه از این مدل توصیه می‌شود که از میوه‌های درختان مطابق توضیحات ارائه شده در قسمت مواد و روش‌ها، نمونه‌برداری انجام و شمارش تعداد میوه‌های سالم، آلوده و همچنین تعداد لاروهای فعال در آن‌ها انجام گیرد. این عمل می‌بایست تا زمانی که مقادیر به‌دست آمده برابر یا بیشتر از مقادیر موجود در خطوط بالا یا پایین تصمیم‌گیری است، تکرار شود. اگر تعداد کل میوه آلوده شمارش شده برابر یا بیش از سطح عمل کنترل (حد بالا) باشد، توصیه می‌شود که جمعیت کرم میوه‌خوار خرما کنترل شود، در غیر این صورت و هنگامی که مقادیر در محدوده دو خط تصمیم‌گیری قرار گیرند، نمونه‌برداری از میوه‌های خرما باید ادامه یابد. نمونه‌برداری با فاصله زمانی ذکر شده در طول مدتی که در شبکه مراقبت نخیلات کشور مرسوم بوده و تا حدود اواخر مرداد تا اوایل شهریور ادامه خواهد یافت. هنگامی که مقدار آلودگی با این روش نمونه‌گیری زیر خط پایین است، نمونه‌گیری می‌تواند بدون نیاز به اقدام برای کنترل جمعیت آفت متوقف شود. با این وجود، توصیه می‌شود حداقل یک نمونه‌برداری دیگر برای نظارت روی نخلستان انجام شود.

در هر سطح ارزیابی شامل لزوم کنترل و یا عدم کنترل، به دست آوردن تعداد نمونه لازم برای دستیابی به اطلاعات کافی با استفاده از منحنی‌های شکل ۲ امکان‌پذیر خواهد بود. در این پژوهش، صحت نمونه‌برداری توسط منحنی درستنمایی نمونه‌برداری (شکل ۳) آزمایش شد. این منحنی نشان می‌دهد که هنگام به دست آوردن میانگین آلودگی به کرم میوه‌خوار در هر نمونه، احتمال یک درصد تصمیم‌گیری

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) یکی از ابزارهایی است که برای ارزیابی عملکرد برنامه‌های منطقه‌ای و گسترده مدیریت کنترل تلفیقی آفات (IPM^{۱۰}) نخل خرما استفاده می‌شود (Faleiro et al., 2012). با استفاده از این تکنیک، توزیع مکانی-زمانی سرخرطومی حنایی خرما *Rhynchophorus ferrugineus* برای تعیین چگونگی توزیع تله‌های فرمونی در نخلستان‌های منطقه احساء در عربستان سعودی طی سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ مشخص شد (Massoud et al., 2012). استفاده از این تکنیک و روش نمونه‌برداری پیاپی^{۱۱} در سال ۲۰۱۱ در برنامه IPM سرخرطومی حنایی خرما در منطقه واحه در عربستان سعودی، باعث کاهش خسارت به زیر یک درصد شد (Fleiro et al., 2010). در پژوهشی دیگر رابطه بین تعداد میوه دارای تار قابل مشاهده که توسط لارو در ناحیه کاسه گل ایجاد می‌شود و تعداد کل میوه دارای لارو پروانه شب پره خرنوب بررسی شد. برای این منظور ۱۰۰ عدد میوه خرما از ۱۸ خوشه جمع‌آوری و شاخص‌های فوق در هر میوه تعیین شد. سپس رابطه رگرسیونی بین دو شاخص برآزش تعیین و از آن برای تعیین شدت آلودگی میوه با برآورد تعداد میوه آلوده قابل مشاهده (بدون انجام برش برای افزایش سرعت تشخیص) استفاده شد (Perring et al., 2005). همسو با یافته‌های محققین بالا مبنی بر مفید بودن نمونه برداری پی در پی در کاهش هزینه‌ها و عملکرد بهتر مدیریت آفت، نتایج این پژوهش در کنار سایر اطلاعات موجود در زمینه پیش‌آگاهی و ردیابی کرم میوه‌خوار خرما می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی و کاهش خسارت کرم میوه‌خوار خرما در نخلستان‌های کشور داشته باشد (Latifian and Solymannejadian, 2002; Latifian and Zare, 2003).

خرما یکی از محصولاتی است که بسته به نوع رقم عواید مختلفی در واحد سطح نصیب نخلداران می‌کند. بنابراین در مدیریت تلفیقی کرم میوه‌خوار لازم است تا از روش‌های ساده

آفات خرما توسط (Park and Perring, 2010) انجام شده است. نتایج پژوهش نامبردگان، بازرسی ۱۵۰ عدد میوه قهوه‌ای رنگ خرما در مرحله خلال از ۱۵ نفر درخت نخل خرما در ماه خرداد را پیشنهاد داد. در این مطالعه از رابطه بین میزان آلودگی میوه به مراحل نابالغ آفت و تعداد میوه آلوده در پایان فصل رشد استفاده شد و از این طریق یک آستانه اقتصادی برای آفت به دست آمد (Park and Perring, 2010).

معمولاً در تراکم کمتر آفت نمونه‌های بیشتری لازم است. دلیل اصلی رابطه همبستگی مثبت بین معنی تراکم آفت و واریانس است که با استفاده از شیب رگرسیون خطوط حد بالا و پایین بیان می‌شود. نتایج ما را نمی‌توان با مطالعات دیگر مقایسه کرد زیرا هیچ مطالعه قبلی برای مدل نمونه‌برداری کرم میوه‌خوار خرما وجود ندارد. با این حال، طرح نمونه‌برداری پیاپی برای برخی دیگر از آفات میوه‌خوار تهیه شده است. به عنوان مثال، یک طرح نمونه برداری متوالی برای تخمین تراکم جمعیت *Diaphania nitidalis* Stoll روی کدو (Brewer and Story, 1987)، برای تخمین لارو *Lonchocarpus sericeus* Poir روی *Maruca vitrata* Fabricius (Atachi et al., 2002) تهیه شده است. اندازه‌های مختلف نمونه و خطوط توقف ممکن است مربوط به پارامترهای مختلف توزیع جمعیت گونه‌های مختلف آفت بر روی گیاهان میزبان و سایر شاخص‌های مربوط به دینامیسم جمعیت آنها باشد که معمولاً تفاوت قابل توجهی نشان می‌دهند (Green, 1970).

تفاوت مشاهده شده در نتایج روی ارقام مختلف خرما مورد مطالعه ممکن است مربوط به تفاوت‌های خصوصیات میوه ارقام مختلف باشد. در مطالعات مشابه نشان داده شده که بسیاری فاکتورهایی از جمله تفاوت ریخت‌شناسی در ارقام (Shahbi and Rajabpour, 2017)، وضعیت علف‌های هرز (Dinarvand et al. 2019) و رفتار حشرات، به‌عنوان مثال، الگوهای تخم‌گذاری (Damos, 2018) ممکن است بر توزیع فضایی و کارایی نمونه برداری تأثیر بگذارد.

10 Integrated Pest Management

۱۱ sequential sampling

ردیابی جمعیت کرم میوه‌خوار خرما در ارقام مختلف توصیه می‌شود زیرا اندازه نمونه را نسبت به مدل نمونه‌برداری طبقه‌ای بین ۳ تا ۱۶ برابر برابر کاهش می‌دهد. در پایان توصیه می‌شود مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای بر اساس فراسنجه‌های پراکنش پهنه‌ای برای ردیابی جمعیت کرم‌های میوه‌خوار در سایر استان‌های خرماخیز کشور و برای ارقام مختلف دیگر مورد استفاده قرارگیرد.

و کم هزینه استفاده شود تا انجام آن برای نخلکاران مقرون به صرفه باشد. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای یک مدل کاملاً قابل اعتماد برای ردیابی و مدیریت تلفیقی کرم میوه‌خوار در نخلستان بوده و از روش نمونه برداری طبقه‌ای مناسب‌تر است. همچنین با توجه به این که پراکنش پهنه‌ای حشرات به موقعیت جغرافیایی مناطق انتشار آن‌ها بستگی دارد (Elliott *et al.*, 2003)، این روش برای

References

- ATACHI, P., DANNON, E. A. ARODOKOUN, Y. D. and TAMO, M. 2002. Distribution and sampling of *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lep. Pyralidae) larvae on *Lonchocarpus sericeus* (Poir) HB and K. Journal of Applied Entomology, 126: 188–193
- BINNS, M.R. NYROP, J. P. and VAN DERWERF, W. 2000. Sampling and monitoring in crop protection: The theoretical basis for developing practical decision guides. CABI Publishing, New York, NY.
- BUNTIN, G. D. 1994. Developing a primary sampling program. pp. 99-115 in Pedigo, L. P. Buntin, G. D. (Eds) Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- BREWER, M.J., and STORY, R.N., 1987. Larval spatial patterns and sequential sampling plan for pickleworm, *Diaphania nitidalis* (Stoll) (Lepidoptera: Pyralidae), on summer squash. Environmental Entomology. 16: 539–544.
- DAMOUS, P. 2018. Density-invariant dispersion indices and fixed precision sequential sampling plans for the peach twig borer *Anarsia lineatella* (Lepidoptera: Gelechiidae). European Journal of Entomology, 115: 642–649.
- DAVIS, P. M. 1994. Statistics for describing populations, 33-54 p. In: Pedigo LP, Buntin GD (Eds.). Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- DENT, D. 1991. Insect Pest Management. CAB International, Wallingford, UK.
- DEPALMA, E., JESKE, D. R., LARA, J. R., HODDLE, M. 2012. Sequential hypothesis testing with spatially correlated presence-absence data. Journal Economic Entomology. 105: 1077–1087.
- DINARVAND, N., RAJABPOUR, A. ZANDI SOHANI N. and FARKHARI, M. . 2019. Effect of weedy culture on population densities, spatial distributions and sampling procedures of *Spodoptera exigua* and *Sesamia cretica* (Lep. Noctuidae) in corn fields. Bulletin of Entomological Research, 109.
- ELLIOTT, N. C., GILES, K. L., ROYER, T. A., KINDLER, S. D., TAO, F. L., JONES, D. B. CUPERUS, G. W. 2003. Fixed precision sequential sampling plans for the greenbug and bird cherry-oat aphid (Hemiptera: Aphididae) in winter wheat. Journal of Economic Entomology 96, 1585-1593.
- FALERIO, J. R., BEN ABDALLAH, A., EL BELLAJ, M., AL-AJLAN, A. M., OIHABI, A. 2012. Threat of redpalm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) to date plantations of the Maghreb region in North Africa. Arab Journal of Plant Protection, 30, 274–280.
- FOWLER, G.W., LYNCH, .A.M. 1987. Sampling plans in insect pest management based on Wald's sequential probability ratio test. Environmental Entomology. 16:345–354.

- GREEN, R. H. 1970. On fixed precision level sequential sampling. *Research Population Ecology*, 12, 249–251
- IWAO S, KUNO, E. 1968. Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variance. *Research Population Ecology*. 10:210-214.
- KERBS, C. J. 1999. *Ecological methodology*. 2nd ed. Addison Wesley Longman Inc, New York.
- KUNO, E. 1991. Sampling and analysis of insect populations. *Annual Review of Entomology*. 36:285–304.
- LAMP, W. O. SMITH, L. M. 1989. Sampling objectives and problems. *Miscellaneous publications of Entomological Society of America*. 72:3-9.
- LATIFIAN, M. SOLYMANNEJADIAN, E.. 2002. Study of the lesser moth *Batrachedra amydracula* (Lep: Batrachedridae) distribution based on geostatistical models in Khuzestan province. *Journal of entomological research*. 1(1): 43-55.
- LATIFIAN, M. ZARE, M. 2003. The forecasting model of The Date Lesser moth (*Batrachedra amydracula*) based on climatic factors. *Journal of Agriculture Science*. 2(26): 27-36.
- LATIFIAN, M. 2012. The effects of cultural management on the lesser date moth (*Batrachedra amydracula* Myer) infestation. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24 , 224–229.
- LATIFIAN, M. 2020. Effects of climatic stress on the severity of date palm fruits pests and diseases damages. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 51(1), 39-53.
- LI, J. X., JESLE, D. R. LARA, J. HODDLE, R. M. 2012. Sequential hypothesis testing with spatially correlated count data. *Integration: Mathematical. Theory Applied*. 2: 269–284.
- LLOYD, M. 1967. Mean crowding. *Journal Animal Ecology*. 36:1-30.
- MORISITA, M. 1962. $I\delta$ -index a measure of dispersion of individuals. *Research Population Ecology*. 4:1-7
- NARANJO, S. E., HUTCHINSON, W. D. 1997. Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: Software and analysis. *Annual Entomology*. 43:48-57
- NYROP J.P., BINNS, M.R. 1992. *Quantitative Methods for Designing and Analyzing Sampling Programs for Use in Pest Management*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- PARK, J. J., PERRING, T. M. 2010. Development of a binomial sampling plan for the carob moth (Lepidoptera: Pyralidae), a pest of California dates. *Journal of Economic Entomology*, 103– 1474-1482.
- PEDIGO, L. P. G. D. 1994. *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC Press Florida.
- PERRING, T. M., FARRAR, C. A., NAY, J. E. 2005. Carob moth and raisin moth control on dates .Western Region IR4 efficacy program final report (4 pp). Riverside: Department of Entomology ,University of California
- RADCLIFFE, E. B., HUTCHISON W. D., and CANCELADO R. E. (ed.) 2008. *Radcliffe's IPM World Textbook* [Online]. University of Minnesota, St. Paul, MN. Available at: <http://ipmworld.umn.edu/> (verified 17 March 2010).
- SHAHBI, M., and RAJABPOUR, A.. 2017. A fixed-precision sequential sampling plan for the potato tuber worm moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), on potato cultivars. *Neotropical Entomology*, 46: 388–395.
- SOUTHWOOD, T. R. E., HENDERSON. P. A. 2000. *Ecological methods*. Third edition. Blackwell Sciences, Oxford.
- TAYLOR, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189: 732–735.
- WALD, A. 1947. *Sequential analysis*. John Wiley and Sons, New York, NY.
- YOUNG, L. J., YOUNG, J. H. 1998. *Statistical ecology: a population perspective*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA.