مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای برای پایش شته برگ ذرت *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) در مزارع سورگوم جارویی منطقه میانه

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱۰-۱
(پاییز ۱۳۹۷)

حبیب اله خدابنده[۱]؛ شهرام شاهرخی خانقاه[۲]✉

۱ گروه گیاه‌پزشکی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

۲ مؤسسهٔ تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران ✉ shahrokhi1349@gmail.com
(مسؤول مکاتبات)

چکیده این پژوهش به منظور تعیین نوع توزیع فضایی و ارایه مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای برای تخمین دقیق تراکم جمعیت شته برگ ذرت *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) در مزارع سورگوم جارویی منطقه میانه انجام شد. برای نمونه‌برداری از جمعیت شته، هر سه روز یک‌بار تعداد ۵۰ ساقه سورگوم جارویی مورد بازدید قرار گرفت و میانگین و واریانس جمعیت در هر تاریخ نمونه‌برداری برای تخمین پارامترهای توزیع فضایی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه با توجه به مناسب بودن قانون نمایی تیلور، از پارامترهای این روش برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای به روش گرین (۱۹۷۰) در دو سطح دقت ۱۰ و ۲۵٪ استفاده شد. شته برگ ذرت فراوانی قابل توجهی در مزارع سورگوم جارویی منطقه میانه داشت و توزیع فضایی آن در مزرعه به صورت تجمعی بود. میانگین جمعیت شته در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری از ۵ تا ۱۰۹ عدد در هر ساقه متغیر بود. مقایسه مدل‌های نمونه‌برداری تهیه شده نشان داد که با کاهش سطح دقت از ۲۵ به ۱۰٪، اندازه نمونه مورد نیاز برای تخمین جمعیت شته در مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. بنابراین، مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای در سطح دقت ۱۰٪ بسیار وقت‌گیر بوده و برای تخمین تراکم جمعیت شته مناسب نبود. با این وجود، مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای در سطح دقت ۲۵٪ در مقایسه با اندازه نمونه ثابت، باعث کاهش اندازه نمونه لازم برای پایش جمعیت شته شد. در مجموع، استفاده از مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای در سطح دقت ۲۵٪ می‌تواند زمان نمونه‌برداری را نسبت به روش اندازه نمونه ثابت کاهش داده و برای تخمین جمعیت این آفت در برنامه مدیریت تلفیقی آن در مزارع سورگوم جارویی میانه قابل توصیه می‌باشد.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۶

واژه‌های کلیدی

- **تخمین جمعیت**
- **توزیع‌فضایی**
- **ردیابی**
- **شته برگ ذرت**
- **مدیریت تلفیقی آفات**

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.544292

مقدمه سورگوم جارویی یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی منطقه میانه بوده و از جایگاه ویژه‌ای در امرار معاش کشاورزان منطقه برخوردار است. شته‌ها به‌دلیل انتقال بیماری‌های ویروسی، تغذیه از شیره گیاهی و ایجاد اختلال در فیزیولوژی گیاه، ترشح عسلک و رشد قارچ‌های ساپروفیت، کاهش فتوسنتز و سمیت بزاق می‌توانند باعث کاهش محصول در سورگوم جارویی شوند. از گونه‌های مهم شته‌های زیان‌آور مزارع سورگوم جارویی منطقه میانه می‌توان به شته برگ ذرت[1] اشاره کرد. این شته از طریق مکیدن شیره گیاه از بافت‌های آوندی خسارت قابل توجهی را به سورگوم جارویی وارد می‌کند.[۳۰]

مهار موفقیت‌آمیز شته‌ها مستلزم استفاده از روش مناسب نمونه‌برداری برای تخمین دقیق جمعیت و تعیین زمان دقیق کنترل آن‌ها می‌باشد. از جمله این روش‌ها، می‌توان به روش نمونه‌برداری دنباله‌ای اشاره کرد. مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای از روش‌های مورد اطمینان برای نمونه‌برداری از جمعیت حشرات است که با اطلاع از توزیع فضایی حشره یا نحوه استقرار افراد یک جمعیت در محیط تهیه می‌شود، بنابراین تعیین نوع توزیع فضایی در طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد.[۱۶]

نمونه‌برداری دنباله‌ای اولین بار توسط *والد (۱۹۴۳)* ارایه شد.[۳۶] یکی از دلایل بارز توجه روز افزون به نمونه‌برداری دنباله‌ای آن است که تعداد نمونه مشخص و ثابت نیست، بلکه بستگی به تراکم جمعیت حشره دارد. به بیان دیگر در تراکم جمعیت پایین و همچنین در تراکم بالای جمعیت، اندازه نمونه کمتر است و باعث صرفه‌جویی در زمان نمونه‌برداری می‌شود. با استفاده از روش نمونه‌برداری دنباله‌ای به طور متوسط ۵۰٪ صرفه‌جویی در هزینه و زمان نمونه‌برداری را می‌توان انتظار داشت.[۲۸]

استفاده از مدل‌های نمونه‌برداری به کشاورزان این امکان را می‌دهد تا بتوانند زمان کنترل آفات را با توجه به سطح زیان اقتصادی تعیین کنند که باعث کاهش هزینه تولید محصول، حفظ دشمنان طبیعی و محیط زیست، کاهش باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی، تضمین سلامت مصرف‌کنندگان، تأخیر در مقاوم شدن آفات نسبت به آفت‌کش‌ها و کاهش دفعات سمپاشی می‌شود.[۳۸]

در این روش تعداد نمونه‌ها متغیر و تا قبل از آغاز برنامه نمونه‌برداری مشخص نیست. پس از شمارش تعداد حشرات در هر بار نمونه‌برداری، نمونه‌برداری تا زمانی که تعداد تجمعی حشرات جمع‌آوری شده منحنی نمونه‌برداری دنباله‌ای را قطع نکند، ادامه می‌یابد. زمانی که مجموع تعداد حشرات جمع‌آوری شده منحنی را قطع کند، میانگین جمعیت محاسبه می‌شود که در این صورت تخمین میانگین جمعیت آفت در سطح دقت مورد نظر به درستی انجام می‌شود.[۲۸]

از پژوهش‌هایی که در مورد نمونه‌برداری دنباله‌ای در ایران صورت گرفته می‌توان به بررسی توزیع فضایی و نمونه‌برداری دنباله‌ای شته‌های خوشه گندم در منطقه گرگان توسط *افشاری و دسترنج (۲۰۱۰)* و *امیرمعافی و همکاران (۲۰۰۷)* برای تعیین تراکم جمعیت حشرات کامل سن گندم در مزارع گندم مناطق مختلف کشور اشاره کرد.[۱،۲] *شاهرخی و امیرمعافی (۲۰۱۱)* این روش را برای تخمین جمعیت شته گندم-گل سرخ[2] در مزارع گندم آبی ورامین به کار بردند.[۳۱] *محیسنی و همکاران (۲۰۰۹)* نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت با استفاده از تور حشره‌گیری را برای تخمین جمعیت سن گندم در مزارع گندم دیم بروجرد مورد استفاده قرار دادند.[۲۵] روش

[1] *Rhopalosiphum maidis* (Fitch)

[2] *Metopolophium dirhodum*

نمونه‌برداری دنباله‌ای برای تخمین جمعیت سوسک برگ‌خوار غلات[1] در مزارع گندم پاییزه منطقه گرگان توسط *آساده و همکاران (۱۳۸۷)* به کار برده شد.[۳] *بخشی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱)* مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت را برای تخمین جمعیت سن مادر در مزارع گندم دیم در اردبیل ارایه کردند.[۴]

کونو (۱۹۶۹) و *گرین (۱۹۷۰)* الگوهایی برای نمونه‌برداری دنباله‌ای ارایه کردند که توسط پژوهشگران مختلف مورد استفاده قرار گرفت.[۱۲،۲۱] *شپارد (۱۹۷۶)* این روش را برای کنترل آفات سویا به کار برد[۳۳] و *فوستر و همکاران (۱۹۸۲)* همین روش را برای تعیین توزیع فضایی و تهیه مدل نمونه‌برداری از جمعیت کرم ریشه ذرت استفاده کردند که سبب کاهش زمان نمونه‌برداری شد.[۱۱] *ماکای و لمب (۱۹۹۶)* توزیع فضایی پنج گونه شته را در مزارع جو تعیین کردند.[۲۳] *مک و اسمایلویتز (۱۹۸۰)* مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تعیین تراکم جمعیت دشمنان طبیعی شته سبز هلو[2] ارایه کردند که در این پژوهش بیشتر لارو کفشدوزک هفت نقطه‌ای به عنوان دشمن طبیعی این آفت مشاهده شد.[۲۲] *هال و گریم (۱۹۸۳)* مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تخمین تراکم جمعیت شته سیب روی درختان سیب به کار بردند.[۱۵] *فنگ و نویرسکی (۱۹۹۲)* مدل نمونه برداری دنباله‌ای را برای چهار گونه شته غلات شامل شته روسی گندم، شته سبز گندم، شته معمولی گندم و شته گندم-گل‌سرخ روی گندم بهاره ارایه داده‌اند.[۹] در بررسی دیگری *مایتکی و لمب (۱۹۸۷)* روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تعیین تراکم جمعیت شته ***Acyrthosiphon pisum*** در مزارع نخود به کار بردند که باعث کاهش زمان و هزینه نمونه‌برداری شد.[۲۴] *هاچیسون و همکاران (۱۹۸۸)* الگوی نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تخمین جمعیت شته ***A. pisum*** در مزارع یونجه آمریکا مورد مقایسه قرار دادند.[۱۶] همچنین *هولینگورس و گتسنیس (۱۹۹۰)* روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تخمین جمعیت شته سبز هلو در مزارع سیب زمینی استفاده کردند.[۱۴] *الیوت و همکاران (۲۰۰۳)* الگوی نمونه برداری دنباله‌ای به روش *گرین (۱۹۷۰)* را برای برآورد تراکم جمعیت شته معمولی گندم[3] و شته برگ برنج[4] در مزارع گندم پاییزه ایالت‌های آیداهو و داکوتای آمریکا انجام دادند که باعث صرفه‌جویی در زمان نمونه‌برداری شد.[۷،۱۲]

[1] *Oulema melanopus*
[2] *Myzus persicae*
[3] *Schizaphis graminum*
[4] *Rhopalosiphum padi*

فرناندز و همکاران (۲۰۱۱) مدل نمونه برداری دنباله‌ای را برای تخمین جمعیت شته جالیز[5] ارایه دادند.[۱۰] همچنین *ویلسون و روم (۱۹۸۳)* روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تخمین جمعیت شته کلم[6] و شته سبز هلو روی کلم بروکلی بررسی کردند.[۳۷] *شوتزکو و اکیفی (۱۹۸۹)* روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای مقایسه تخمین جمعیت شته نخود بر روی عدس استفاده کردند.[۳۲] *کرینگ و گیلزترپ (۱۹۸۳)* روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای پارازیتوئیدهای شته سبز گندم در گندم پاییزه تگزاس به کار بردند.[۲۰] علاوه بر آن *نویرسکی و گوتیرز (۱۹۸۶)* روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تخمین جمعیت شته گردو[7] به کار بردند. این محققین بهترین اندازه نمونه را در نمونه برداری دنباله‌ای برای تمام مراحل زیستی شته مذکور به‌دست آوردند.[۲۶] *اکبوم (۱۹۸۵)* روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تخمین جمعیت شته برگ برنج روی گندم‌های بهاره سوئد استفاده کرد.[۵] همچنین *تاماکی و ویس (۱۹۷۹)* مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای را در ارزیابی تراکم جمعیت شته سبز هلو روی چغندرقند به کار بردند.[۳۴]

[5] *Aphis gossypii*
[6] *Brevicoryne brassicae*
[7] *Chromaphis juglandicola*

با توجه به این که برای مهار جمعیت شته‌ها، روش آماری قابل اطمینانی برای تخمین تراکم جمعیت آن‌ها مورد نیاز است، بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تبیین الگوی نمونه‌برداری دنباله‌ای برای تخمین دقیق جمعیت شته‌های مزارع سورگوم جارویی در منطقه میانه به منظور کاهش زمان نمونه‌برداری و صرفه‌جویی در هزینه نمونه‌برداری انجام شد.

مواد و روش‌ها مزرعه سورگوم جارویی واقع در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه انتخاب و طی فصل زراعی سال ۱۳۹۱ هر سه روز یک‌بار، با الگوی حرکت زیگزاک تعداد ۵۰ ساقه به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد شته‌ها روی هر ساقه با استفاده از استریومیکروسکوپ در آزمایشگاه شمارش و ثبت شد.

تعیین توزیع فضایی جمعیت شته برگ ذرت

برای تعیین الگوی توزیع فضایی جمعیت شته برگ ذرت در مزرعه سورگوم جارویی از روش قانون نمایی *تیلور (۱۹۶۱)* (رابطه۱) و روش رگرسیونی *ایوائو (۱۹۷۷)* (رابطه ۳) استفاده شد.[۱۷،۳۵] برای تخمین پارامترها در هر دو روش مذکور، در هر تاریخ نمونه‌برداری، تعداد شته‌ها در ۵۰ ساقه سورگوم جارویی (واحد نمونه‌برداری) شمارش شد و میانگین و واریانس جمعیت در هر تاریخ نمونه‌برداری به دست آمد.

$$S^2 = a\,\bar{x}^b \qquad \text{رابطه ۱}$$

براساس قانون *تیلور* بین میانگین و واریانس جمعیت در یک محیط رابطه ۱ برقرار است. در این رابطه $\bar{x}$ میانگین، b شیب خط رگرسیون و نشان دهنده شاخص تجمع و a عرض از مبدأ می‌باشد که تابعی از محیط و واحدهای انتخاب شده نمونه‌برداری است. همچنین S^2 واریانس می‌باشد. برای تبدیل رابطه به معادله رگرسیون خطی و محاسبه a و b، رابطه به صورت لگاریتمی نوشته شد (رابطه ۲) و تجزیه رگرسیون انجام شد.

رابطه ۲

$$\log S^2 = \log a + b \log \bar{x}$$

در روش رگرسیونی ایوائو (رابطه ۳) برای تعیین پارامترهای توزیع فضایی مورد استفاده قرار گرفت.

$$x^* = a + \beta\bar{x} \qquad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه $\bar{x}$ میانگین جمعیت، x^* میانگین انبوهی *(لوید)* و β شاخص تجمع یا ضریب *ایوائو* می‌باشند. β رفتاری مشابه ضریب b در رابطه *تیلور* دارد. مقادیر کوچک‌تر، مساوی و بزرگ‌تر از یک، b و β به ترتیب نشان دهنده پراکنش‌های یکنواخت، تصادفی و تجمعی می‌باشند. ارتباط ضرایب a و b با توزیع‌های فضایی مختلف به این صورت است که مقادیر مساوی یک a و b پراکنش تصادفی، مقادیر کوچک‌تر از یک a و بزرگ‌تر از یک b دارای پراکنش تجمعی و مقادیر بزرگ‌تر از یک a و کوچک‌تر از یک b دارای پراکنش یکنواخت می‌باشند.

با توجه به ضریب تبیین دو مدل تیلور و ایوائو، ضریب تبیین در تمام موارد در روش تیلور بیشتر از روش *ایوائو* بود و به همین دلیل از پارامترهای روش *تیلور* برای طراحی مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای به روش *گرین (۱۹۷۰)* استفاده شد.[۱۲] برای آزمودن اختلاف معنی‌دار ضریب b با یک، مقدار t از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$t = (b-1)/S_b$$

در این معادله S_b خطای معیارشیب خط رگرسیون و b ضریب تیلور می‌باشد. در

صورتی که مقدار t به‌دست آمده بزرگ‌تر یا مساوی از مقدار آن در جدول توزیع t با درجه آزادی $n-2$ باشد، در آن صورت شاخص تجمع b نسبت به عدد یک اختلاف معنی‌داری داشته و توزیع فضایی حشره به صورت تجمعی می‌باشد.

تبیین مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای

از نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون الگوی توزیع فضایی به روش قانون نمایی تیلور برای ارایه الگوی نمونه‌برداری دنباله‌ای و تعیین خط توقف نمونه‌برداری استفاده شد. برای این منظور پارامترهای رگرسیونی تیلور برای تهیه مدل نمونه‌برداری به روش *گرین (۱۹۷۰)* در سطوح دقت قابل قبول D= 0. 10 (سطح دقت تحقیقاتی با ۹۰٪ دقت) و D= 0.25 (سطح دقت مدیریت تلفیقی آفات با ۷۵٪ دقت) بر مبنای خطای استاندارد میانگین مورد استفاده قرار گرفت.[۱۲،۱۶] تجزیه رگرسیونی با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و برازش مدل‌ها با نرم افزار Microsoft Excel 2007 انجام شد.[۲۹]

در معادله *گرین (۱۹۷۰)* ، $\ln(T_n)=\frac{\ln(D^2/a)}{b-2}+\left[\frac{b-1}{b-2}.\ln(n)\right]$ ، پارامتر a عرض از مبدا و b شیب خط رگرسیون مدل قانون نمایی تیلور، D_0 سطح دقت معین و ثابت مورد نظر، n تعداد نمونه و T_n فراوانی تجمعی مرحله رشدی مورد شمارش می‌باشند.

محاسبه اندازه نمونه شمارشی

برای تعیین اندازه نمونه شمارشی و مقایسه آن با روش نمونه‌برداری دنباله‌ای از معادله *کاراندینوس (۱۹۷۶)* استفاده به عمل آمد که در آن از پارامترهای قانون نمایی *تیلور (۱۹۶۱)* استفاده می‌شود.[۱۹،۳۵]

$$n=\frac{1}{d^2}(Z_a/2)^2\, a\bar{x}^{b-2}$$

در رابطه فوق a عرض از مبدأ، b شیب خط رگرسیون و $\bar{x}$ میانگین جمعیت شته در هر واحد نمونه‌برداری می‌باشد.

روش تجزیه و تحلیل آماری

برای انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری و رسم شکل‌ها از معادلات فوق و نرم‌افزار آماری SAS (ver. 9. 1) و برنامه صفحه گسترده Microsoft Excel 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

توزیع فضایی جمعیت شته برگ ذرت در مزرعه سورگوم جارویی

جدول ۱ پارامترهای قانون نمایی *تیلور* و روش رگرسیونی *ایوائو* را برای شته برگ ذرت در مزرعه سورگوم جارویی مورد بررسی در منطقه میانه نشان می‌دهد. با توجه به مقدار بالاتر ضریب تبیین در روش *تیلور* نسبت به روش *ایوائو*، رابطه میانگین و واریانس جمعیت در مدل *تیلور* بیشتر به واقعیت نزدیک‌تر بود (جدول ۱)، به عبارت دیگر قانون نمایی *تیلور* توصیف بهتری از توزیع فضایی گونه‌ها را نسبت به روش *ایوائو* ارایه داد زیرا، مقدار عددی ضریب تبیین (r^2) در قانون نمایی *تیلور* بیشتر از مقدار آن در روش *ایوائو* بود (جدول ۱)، که با نتایج *الیوت و کیکهفر (۱۹۸۶)* مطابقت داشت.[۶] بسیاری از پژوهشگران دیگر نیز از قانون نمایی *تیلور* برای توصیف توزیع فضایی شته‌های غلات از جمله شته‌های *Metopolophium dirhodum*، *Sitobion avenae*، *Rhopalosiphum padi*، *Schizaphis graminum*، *Diuraphis noxia*، *R. maidis* و *Sipha elegans* روی غلات در مناطق مختلف دنیا استفاده کرده‌اند.[۷،۹،۲۰] *کابالوک و همکاران (۲۰۰۶)* ثابت کردند که قانون نمایی *تیلور* نسبت به روش *ایوائو* رابطه بین میانگین و واریانس را بهتر نشان

می‌دهد که با توجه به مقایسه ضریب تبیین دو روش *تیلور* و *ایوائو*، با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.[۱۸] بنابراین، در این تحقیق برای تعیین ارتباط بین میانگین و واریانس، تعیین اندازه نمونه و رسم خطوط توقف نمونه‌برداری با دقت‌های ثابت D = 0.10 و D = 0.25 از پارامترهای قانون نمایی تیلور استفاده شد.

در این پژوهش میانگین تراکم جمعیت شته برگ ذرت بین ۵/۲۲ تا ۱۰۹/۹۰ عدد شته در هر ساقه سورگوم جارویی برآورد شد. با توجه به مقدار پارامتر b (شیب خط)، شته برگ ذرت در مزرعه سورگوم جارویی پراکنش تجمعی داشت. توضیح این که در صورتی که مقدار b بزرگ‌تر از یک باشد نشان‌دهنده تجمعی بودن توزیع فضایی می‌باشد و b هر چه از عدد یک بزرگ‌تر باشد به همان اندازه میزان توزیع فضایی تجمعی بیشتر است. در استفاده از روش *ایوائو* نیز مقدار β تجمعی بودن توزیع فضایی شته سورگوم جارویی را نشان داد (جدول ۱).

الیوت و همکاران (۲۰۰۳) مقدار پارامتر b را برای شته معمولی گندم ۱/۵۶ گزارش کرده‌اند که بیشتر از مقدار آن در این پژوهش می‌باشد.[۷] تفاوت در پارامترهای توزیع فضایی شته‌ها در مناطق مختلف می‌تواند مربوط به شرایط جغرافیایی و تفاوت در جمعیت‌های مورد بررسی باشد.

مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای شته برگ ذرت

در نمونه‌برداری از شته برگ ذرت با افزایش سطح دقت اندازه نمونه بطور قابل ملاحظه افزایش یافت. برای مثال میانگین در تراکم جمعیت ۱۰ شته در هر ساقه، برای تخمین جمعیت در سطح دقت ۰/۱۰، شمارش شته‌ها روی ۶۷۷۶ ساقه مورد نیاز بود، در حالی که با افزایش سطح دقت به ۰/۲۵، فقط با نمونه‌برداری از ۱۴۰ عدد ساقه می‌توان میانگین جمعیت را به درستی تعیین کرد (شکل ۱)

همچنین با افزایش تراکم جمعیت، اندازه نمونه به‌طور قابل ملاحظه کاهش یافت، به‌طوری که با افزایش میانگین جمعیت شته از ۱۰ عدد به ۲۰ عدد شته در هر ساقه، اندازه نمونه لازم در سطح دقت ۰/۲۵ و ۰/۱۰ به ترتیب از ۱۴۰ و ۶۷۷۶ به ۶۵ و ۳۱۳۰ ساقه رسید. البته در زمان اوج جمعیت این شته (۱۰۹ شته در هر ساقه) اندازه نمونه لازم برای تخمین جمعیت با توجه به (شکل ۱) در سطح دقت ۰/۲۵ حدود ۹ ساقه بود که نشان می‌دهد استفاده از مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای در سطح دقت ۰/۲۵ برای نمونه‌برداری از جمعیت این شته قابل استفاده می‌باشد، ولی اندازه نمونه حتی در این تراکم جمعیت در سطح دقت ۰/۱۰، ۴۷۳ ساقه بود و غیر قابل استفاده بودن مدل در سطح دقت فوق را نشان داد.

مقایسه اندازه نمونه در مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با اندازه نمونه ثابت

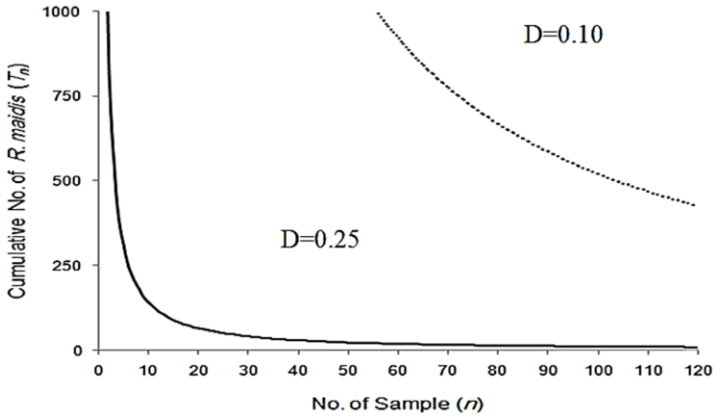
اندازه نمونه لازم برای تخمین میانگین جمعیت شته در روش شمارشی (اندازه نمونه ثابت) ۳۰۶ عدد ساقه سورگوم جارویی به‌دست آمد که بسیار زمان‌بر است، در حالی که مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای در سطح دقت مدیریت تلفیقی آفات، با افزایش جمعیت شته اندازه نمونه را به‌طور قابل ملاحظه کاهش داد. برای مثال اندازه نمونه در این مدل در میانگین تراکم جمعیت ۲۰ عدد شته، ۶۵ عدد ساقه سورگوم جارویی (۷۸٪ کاهش اندازه نمونه) و در زمان اوج جمعیت این شته در مزرعه (۱۰۹ شته در هر ساقه) فقط ۹ عدد ساقه سورگوم جارویی بود (۹۷٪ کاهش اندازه نمونه). بنابراین استفاده از مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای در سطح دقت ۲۵٪ می‌تواند اندازه نمونه لازم برای تخمین دقیق تراکم جمعیت شته را نسبت به روش شمارشی به‌طور قابل ملاحظـه‌ای کاهش دهد.

استفاده از روش نمونه‌برداری دنباله‌ای در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات باعث

جدول ۱) پارامترهای قانون نمایی تیلور و روش رگرسیونی ایوائو برای شته برگ ذرت، *Rhopalosiphum maidis* در مزارع سورگوم جارویی در منطقه میانه

Table 1) Parameters (± SE) estimated by Taylor's power law and Iwao's regression method for corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* in the broomcorn fields of Miyaneh region

Method	intercept	slope	MSE	r^2
Taylor's power law	a = 8.73± 0.57	b= 1.52±0.18	0.41	0.79
Iwao	α= 28.57±14.01	β=1.97±0.36	1696.30	0.63



شکل ۱) مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای شته برگ ذرت، *Rhopalosiphum maidis* در سطوح دقت ۰/۱۰ و ۰/۲۵ در مزارع سورگوم جارویی منطقه میانه

Figure 1) Sequential sampling models for corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* at precision levels of D = 0.10 and D = 0.25 in the broomcorn fields of Miyaneh region

صرفه‌جویی در هزینه و زمان نمونه‌برداری می‌شود

. بنابراین استفاده از این روش نقش بسیار مهمی در موفقیت و کنترل اقتصادی آفت دارد. مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای به روش گرین که براساس پارامترهای قانون نمایی تیلور تهیه می‌شود، برای نمونه‌برداری از جمعیت سایر حشرات نیز به کار رفته و باعث کاهش زمان نمونه‌برداری شده است. به عقیده *الیوت و کیکهفر (۱۹۸۶)* در صورت استفاده از مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای به روش گرین، در تراکم‌های بالا و پایین جمعیت حشرات به تعداد نمونه کمتری برای تخمین دقیق جمعیت نیاز بوده و در زمان و هزینه صرفه‌جویی می‌شود.[۶] *هاچیسون و همکاران (۱۹۸۸)* با استفاده از مدل نمونه برداری دنباله‌ای برای تخمین جمعیت شته *Acyrthosiphum pisum* در مزارع یونجه آمریکا به نتایج مشابهی دست یافتند.[۱۶] همچنین *هوفمن و همکاران (۱۹۹۱)* روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تخمین تراکم جمعیت تخم‌های *Helicoverpa zea* روی گوجه فرنگی به کار بردند و به نتایج

مشابهی دست یافتند.[۱۳] *اروورکه و هاچیسون (۲۰۰۳)* نیز روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تخمین جمعیت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت و کرم ساقه‌خوار ذرت استفاده کردند.[۲۷] همچنین *فالیرو و همکاران (۲۰۱۰)* از مدل‌های نمونه-برداری دنباله‌ای برای مدیریت *Rhynchophorus ferrugineus* در عربستان استفاده کردند.[۸] *آساده و همکاران (۲۰۰۱)* روش نمونه‌برداری دنباله‌ای را برای تخمین جمعیت سوسک برگ‌خوار در مزارع گندم پاییزه به کار بردند[۳] که نتایجی مشابه نتایج بررسی حاضر داشت.

نتیجه‌گیری کلی استفاده از مدل نمونه برداری دنباله‌ای در سطح دقت ۲۵٪ به عنوان سطح دقت قابل قبول در برنامه‌های مدیریت آفات برای تخمین جمعیت شته برگ ذرت در مزارع سورگوم جارویی میانه قابل توصیه بوده و می‌تواند در برنامه‌های پایش جمعیت این شته به کار رود، زیرا می‌تواند باعث کاهش زمان لازم برای نمونه‌برداری و در نتیجه باعث کاهش هزینه نمونه‌برداری در مدیریت تلفیقی شته شود.

References

1. Afshari A, Dastranj M (2010) Density, spatial distribution and sequential sampling plans for cereal aphids infesting wheat spike in Gorghan, northern Iran. Plant Protection 32(2): 89-102. [In Persian with English Abstrac]
2. Amir-Maafi M, Parker BL, El-Bohssini M (2007) Binomial and sequential sampling of adult sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton. In: Parker BL, Skinner M, El Bouhssini M, Kumari SG (eds). Sunn Pest Management, a decade of progress from 1994 to 2004. Arab Society for Plant Protection: Lebanon 115-121.
3. Asadeh G, Mosaddegh MS, Soleiman Nejadian A, Seraj EA (2001) Population fluctuation, spatial distribution and biology of *Oulema melanopus* L. in winter wheat fields of Gorghan region. Plant Research Journal 16 (1): 165-180. [In Persian with English Abstrac]
4. Bakhshizadeh N, Mohiseni AA, Fathi A (2011) Spatial distribution patterns and fixed-precision sequential sampling plans for estimating population overwintered adult sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. in rainfed wheat fields in Ardabil province, Iran. Shahid Chamran University, Journal of Plant Protection 33 (2): 63-75. [In Persian with English Abstract]
5. Ekbom BS (1985) Spatial distribution of *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) in spring cereals in Sweden and its importance for sampling. Environmental Entomology 14: 312-316.
6. Elliot NC, Kieckhefer RW (1986) Cereal aphid populations in winter wheat: spatial distributions and sampling with fixed levels of precision. Environmental Entomology 15: 954-958.
7. Elliott NC, Giles KL, Royer TA, Kindler SD, Tao FL, Jones DB, Cuperus GW (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.
8. Falerio JR, Abdallah AB, Kumar JA, Shagagh A, Abdan SA (2010) Sequential sampling plan for area-wide management of *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) in date palm plantations of Saudi Arabia. International Journal of Tropical Insect Science 30(3): 145-153.
9. Feng MG, Nowierski RM (1992) Spatial distribution and sampling plans for four species of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat in southwestern Idaho. Journal of Economic Entomology 85(3): 830-837.
10. Fernandes MG, Spessoto RR, Degrandeand PE, Rodrigues, TR (2011) Sequential sampling of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) on cotton crop. Neotropical Entomology 40(2): 519 - 566.
11. Foster RE, Tollefson JJ, Steffey KL (1982) Sequential sampling plans for adult corn root worms (Col.: Chrysomellidae). Journal of Economic Entomology 75: 791-793.
12. Green RH (1970) On fixed level precision sequential sampling. Research in Population Ecology 12: 249-251.
13. Hoffmann MP, Wilson LT, Zalom FG, Hilton RJ (1991) Dynamic sequential sampling plan for *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in processing tomatoes: parasitism and temporal patterns. Environmental Entomology 20(4): 1005-1012.
14. Hollingsworth CS, Gatsonis CA (1990) Sequential sampling plans for green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on potato. Journal of Economic Entomology 83(4): 1365-1369.

15. Hull LA, Grimm JW (1983) Sampling schemes for estimating populations of the apple aphid, *Aphis pomi* (Homoptera: Aphididae), on apple. Environmental Entomology 12: 1581-1586.
16. Hutchison WD, Hogg DB, Poswal MA, Berberet RC, Cuperus GW (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.
17. Iwao S (1977) The *m***-m* statistics as a comprehensive method for analyzing spatial patterns of biological populations and its application to sampling problems. In: Morisita M. (ed). Studies on methods of estimating population density. Tokyo press: Tokyo 21-46.
18. Kabaluk JT, Binns MR, Vernon RS (2006) Operating characteristics of full count and binomial sampling plans for green peach aphid (Hemiptera: Aphididae) in potato. Journal of Economic Entomology 99(3): 987-992.
19. Karandinous MG (1976) Optimum sample size and comments on some published formulae. Bulletin of Entomological Society of America 22: 417-421.
20. Kring TJ, Gilstrap FE (1983) Within-field distribution of green bug (Homoptera: Aphididae) and its parasitoids in texas winter wheat. Journal of Economic Entomology 76: 57-62.
21. Kuno E (1969) A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. Research in Population Ecology 6: 127-136.
22. Mack TP, Smilowitz Z (1980) The development of a green peach aphid natural enemy sampling procedure. Environmental Entomology 9: 440-445.
23. Mackay PA, Lamb RJ (1996) Dispersal of five aphids (Homoptera: Aphididae) in relation to their impact on *Hordeum vulgare*. Environmental Entomology 25(5): 1032-1044.
24. Maiteki GA, Lamb RJ (1987) Sequential decision plan for control of pea aphid. *Acyrthosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae) on field peas in Manitoba. Journal of Economic Entomology 80 (3): 605-607.
25. Mohiseni A, Soleiman Nejadian E, Mosaddegh MS, Rajabi G (2009) Fixed precision sequential sampling plans to estimate overwintered sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put., population in rainfed wheat fields in Borujerd. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture) 32: 33-48. [In Persian with English Abstract]
26. Nowierski RM, Gutierrez AP (1986) Numerical and binomial sampling plans for the walnut Aphid, *Chromaphis juglandicola* (Homoptera: Aphididae). Journal of Economic Entomology 79: 868-872.
27. O'Rourke PK, Hutchison WD (2003) Sequential sampling plans for estimating European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval density in sweet corn ears. Crop Protection 22: 903-909.
28. Rajabi GR (2003) Insect Ecology, applied and considering the conditions of Iran. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Publication: Tehran. [In Persian]
29. SAS Institute (2005) SAS/STAT User's Guide for Personal Computer. Release 9.12. SAS Institute, Inc., Cary, NC.: USA.
30. Shahrokhi S, Khodabandeh H, Siami K (2005) Population fluctuation of broomcorn aphids in Miyaneh region. Final project report, Miyaneh Branch, Islamic Azad University: Miyaneh, Iran. [in Persian]
31. Shahrokhi S, Amir-Maafi M (2011) Sequential sampling plan of *Metopolophium dirhodum* (Walker) (Hemiptera: Aphididae) in wheat fields. Applied Entomology and Phytopathology 81: 43-50. [in Persian with English Abstract]
32. Schotzko DJ, Okeeffe LE (1989) Comparison of sweep net, D-Vac, and absolute sampling, and diel variation of sweep net sampling estimates in lentils for pea aphid (Homoptera: Aphididae), Nabids (Hemiptera: Nabidae), lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae), and lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). Journal of Economic Entomology 82(2): 491-506.
33. Shepard M (1976) Distribution of insects in soybean fields. Canadian Entomologist 108: 761-771.
34. Tamaki G, Weiss M (1979) The development of a sampling plan on the spatial distribution of the green peach aphid on sugar beet. Environmental Entomology 8: 598-605.
35. Taylor LR (1961) Aggregation, variance and the mean. Nature 189: 732-735.
36. Wald A (1947) Sequential analysis. John Wiley and Sons: New York.
37. Wilson LT, Room PM (1983) Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. Environmental Entomology 12: 50-54.
38. Wright LC, Cone WW, Menzies GW, Wild Maw AE (1990) Numerical and binomial sequential sampling plans for the Hop aphid (Homoptera: Aphididae) on Hop leaves. Journal of Economic Entomology 83(4): 1388-1394.

Sequential sampling model for monitoring *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Hemiptera: Aphididae) in broomcorn fields of Miyaneh region, Iran

Agroecology Journal
Vol. 14, No. 3 (1-10)
(autumn 2018)

Habibollah Khodabandeh[1]; Shahram Shahrokhi Khaneghah[2]✉

1 Plant Protection Department, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran
2 Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. ✉ shahrokhi1349@gmail.com (**corresponding author**)

Received: 03 June 2018 **Accepted:** 28 October 2018

Abstract This research was carried out to determine the type of spatial distribution and to develop the sequential sampling models for precise estimating of leaf corn aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) population in broomcorn, *sorghum vulgare* var. *technicum*, in broomcorn fields of Miyaneh region, Iran. To investigate spatial distribution pattern, aphid population was sampled every three days from 50 broomcorn plant to calculate variance and mean number of aphids at each sampling date. Taylor's power law, parameters were utilized to develop sequential sampling models using Green (1970) method at two precision levels of D = 0.1 and D = 0.25. *R. maidis* was significantly frequent in broomcorn farms of Miyaneh and its spatial distribution in field was in aggregated dispersion pattern. Mean population of aphid varied at different sampling dates from 5 to 109aphids per broomcorn stem. Comparing the prepared sampling models showed that the required sample size for estimating aphid population sequential sampling models increased significantly by decreasing precision level from 0.25 to 0.10. Sequential sampling model was very time consuming at precision levels of D = 0.10 and therefore it was not suitable for estimating aphid population density. However, sequential sampling model resulted in a decrease in needed sample size for monitoring aphid population at precision levels of D = 0.25. In sum, sequential sampling model at precision level of 0.25 can reduce sampling time in comparison to the fixed sample size method, so it is recommended for estimating the population of this pest in IPM programs of the pest in broomcorn fields of Miyaneh region, Iran.

Keywords

- spatial distribution
- population estimation
- monitoring
- corn leaf aphid
- integrated pest management

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.544292