مدل نمونه‌برداری بینومیال برای تسهیل پایش جمعیت شته *Schizaphis graminum* (Rondani) در مزارع سورگوم جارویی منطقه میانه

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۵، شماره ۴، صفحات ۱۰-۱
(زمستان ۱۳۹۸)

حبیب‌اله 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 ارایه مدل نمونه‌برداری بینومیال (وجود – عدم وجود) برای صرفه‌جویی در زمان تعیین تراکم جمعیت شته *Schizaphis graminum* (Rondani) در مزارع سورگوم جارویی منطقه میانه انجام شد. برای این منظور هر سه روز یک‌بار با بازدید تعداد ۵۰ ساقه سورگوم جارویی از جمعیت شته نمونه‌برداری شد و میانگین و واریانس جمعیت در هر تاریخ نمونه‌برداری برای تخمین پارامترهای پراکنش فضایی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه، از پارامترهای قانون نمایی تیلور برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری بینومیال در دو سطح دقت ۱۰ و ۲۵٪ استفاده شد. توزیع فضایی شته *S. graminum* در مزرعه به صورت تجمعی بوده و میانگین جمعیت آن در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری از ۰/۱۴ تا ۲۵/۴۵ 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 بینومیال به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. بنابراین، مدل نمونه‌برداری بینومیال در سطح دقت ۱۰٪ بسیار وقت‌گیر بوده و برای تخمین تراکم جمعیت شته مناسب نبود. با این وجود، مدل نمونه‌برداری 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 بینومیال در سطح دقت ۲۵٪ (سطح دقت قابل قبول در برنامه‌های مدیریت آفات) 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 توصیه می‌شود.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۷

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.

10.22034/aej.2020.679877

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 گندروی[1]، 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 معمولی گندم[2] اشاره کرد. این شته از طریق مکیدن شیره گیاه از بافت‌های آوندی خسارت قابل توجهی را به سورگوم جارویی وارد می‌کند.[۱۷]

نمونه‌برداری بینومیال یکی از سریع‌ترین روش‌های نمونه‌برداری می‌باشد. نمونه برداری بینومیال روشی است که در آن وجود یا عدم وجود شته روی محصول برای تخمین تراکم جمعیت آن‌ها استفاده می‌شود به دلیل این که شته‌ها اندازه کوچکی دارند و تعداد آن‌ها روی محصول در مزرعه ممکن است زیاد باشد، شمارش و آماربرداری از آن‌ها زمان‌بر بوده و پژوهشگر ممکن است در انجام کار دچار خطا شود. بنابراین برای تخمین دقیق جمعیت در شرایط مزرعه لازم است از روش مناسبی استفاده شود.. این روش با کاهش زمان نمونه‌برداری و در نتیجه با کاهش هزینه، از اجرای عملیات کنترل غیرضروری آفت جلوگیری می‌کند و روش مناسبی برای شمارش حشرات کوچکی مانند شته‌ها است. این روش همچنین برای محصولات ارزان که سود کمی را نصیب کشاورز می‌کنند مناسب می‌باشد زیرا هزینه نمونه‌برداری را کاهش می‌دهد. از مزایای دیگر این طرح تعیین سطح دقت و در نظر گرفتن سطح زیان اقتصادی در نمونه برداری می‌باشد زیرا دیگر لازم نیست همه شته‌های روی محصول شمارش شود. نمونه‌برداری بینومیال معمولاً بهره‌وری بیشتری نسبت به روش‌های نمونه‌برداری شمارشی دارد. مدل بینومیال می‌تواند زمان لازم برای تخمین جمعیت شته‌ها را نسبت به سایر روش‌ها کاهش دهد.[۲]

شاهرخی و امیرمعافی (۱۳۹۰) مدل بینومیال را برای تخمین جمعیت شته گندم-گل سرخ[3]، در مزارع گندم آبی ورامین به‌کار بردند.[۱۶] روش نمونه‌برداری بینومیال برای تخمین تراکم جمعیت شته روسی گندم استفاده شده است.[۱۵] *هودگسون و همکاران (۲۰۰۴)* نمونه‌برداری بینومیال را برای تخمین جمعیت شته سویا[4] روی گیاه سویا استفاده کردند.[۶] همچنین مدل نمونه برداری بینومیال برای تعیین تراکم جمعیت شته رازک[5] روی برگ‌های رازک ارایه و استفاده شده است.[۲۱] *لگ و همکاران (۱۹۹۴)* مدل نمونه‌برداری بینومیال را برای تخمین جمعیت شته روسی گندم در غلات دانه ریز ارایه کرده‌اند.[۱۲] همچنین الگوی نمونه‌برداری بینومیال با سایر روش‌ها برای تخمین جمعیت شته نخودفرنگی در مزارع یونجه آمریکا مورد مقایسه قرار گرفته است.[۷] *نویرسکی و گوتیرز (۱۹۸۶)* روش نمونه‌برداری بینومیال را برای تخمین جمعیت شته گردو[6] به‌کار بردند. این پژوهشگران اندازه نمونه بینومیال مناسب برای تعیین تراکم مراحل مختلف زیستی شته مذکور را به‌دست آوردند.[۱۳] استفاده از روش نمونه‌برداری حضور یا عدم حضور برای ارزیابی تراکم جمعیت شته سبز هلو روی سیب‌زمینی نیز نشان داد که برای تعیین جمعیت این شته نمونه‌برداری از ۱۰۰-۵۰ برگ کافی است.[۹]

این پژوهش با هدف طراحی و ارایه مدل نمونه‌برداری بینومیال برای تخمین سریع و دقیق تراکم جمعیت شته معمولی گندم در

[1] saprophyte
[2] *Schizaphis graminum* (Rondin)
[3] *Metopolophium dirhodum*
[4] *Aphis glycines*
[5] *Phorodon humuli*
[6] *Chromaphis juglandicola*

مزارع سورگوم جارویی در منطقه میانه انجام شده است.

مواد و روش‌ها نمونه‌برداری در مزرعه سورگوم جارویی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه طی فصل زراعی سال ۱۳۹۱ انجام شد و برای این منظور 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 پراکنش فضایی برای تعیین الگوی پراکنش فضایی شته معمولی گندم در مزرعه سورگوم جارویی از روش قانون نمایی *تیلور (۱۹۶۱)* (رابطه۱) و روش رگرسیونی *ایوائو (۱۹۷۷)* (رابطه ۳) استفاده شد.[۱۸،۸] 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.

$$S^2 = a\,\bar{x}^b$$ 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 نشان‌دهنده 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.

$$\log S^2 = \log a + b \log \bar{x}$$ رابطه ۲

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

$$x^* = a + \beta\bar{x}$$ رابطه ۳

در این رابطه $\bar{x}$ میانگین جمعیت، x^* میانگین انبوهی (لوید) و β شاخص تجمع یا ضریب Iwao 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 بینومیال استفاده شد. برای آزمودن اختلاف معنی‌دار ضریب b با یک، مقدار t از رابطه زیر به‌دست می‌آید(رابطه ۴).

$$t = (b-1)/S_b$$ رابطه ۴

در این معادله S_b خطای معیار شیب 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.

طراحی مدل نمونه‌برداری بینومیال برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری بینومیال و تعیین رابطه بین نسبت واحدهای نمونه‌برداری دارای شته P(I) با میانگین جمعیت $(\bar{x})$، از *معادله ویلسون و روم (۱۹۸۳)* استفاده شد که در آن پارامترهای a عرض از مبدأ و b شیب خط رگرسیون قانون نمایی Taylor (1961) می‌باشند (رابطه ۵).[۲۰]

رابطه ۵ $$P_{(I)} = 1 - e^{-\bar{x}\ln(a\times\bar{x}^{b-1})(a\times\bar{x}^{b-1}-1)^{-1}}$$

در آن عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیون نباید به ترتیب با صفر و یک تفاوت معنی‌دار داشته و مقدار ضریب تبیین باید بالا باشد. در نمونه‌برداری بینومیال فقط وجود و یا عدم وجود شته روی گیاه ثبت می‌شود و نیازی به شمارش ندارد، بنابراین در هزینه و زمان نمونه‌برداری صرفه جویی می‌شود.

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 (رابطه ۶).[۱۰،۱۸]

رابطه ۶ $$n = \frac{1}{d^2}(Z_a/2)^2\, a\bar{x}^{b-2}$$

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 به‌ترتیب از نرم افزار آماری SAS (ver. 9. 1) و برنامه صفحه گسترده Microsoft Excel 2007 استفاده شد.[۱۴]

نتایج و بحث

پراکنش فضایی شته معمولی گندم در مزرعه سورگوم جارویی در این پژوهش میانگین تراکم جمعیت شته دامنه‌ای بین ۰/۱۴ تا ۲۵/۴۶ عدد شته در هر ساقه بود. جدول ۱ پارامترهای قانون نمایی *تیلور* و روش رگرسیونی *ایوائو* را در پراکنش فضایی شته معمولی گندم در مزرعه سورگوم جارویی نشان می‌دهد. نوع پراکنش فضایی مطابق هر دو روش تجمعی به‌دست آمد. توضیح این که در صورتی که مقدار شیب خط رگرسیون (b در روش *تیلور* و β در روش *ایوائو*) بزرگ‌تر از یک باشد نشان‌دهنده تجمعی بودن پراکنش فضایی است. *الیوت و همکاران (۲۰۰۳)* مقدار پارامتر b را برای شته معمولی گندم ۱/۵۶ گزارش کرده است که بیشتر از مقدار آن در این پژوهش می‌باشد.[۱] تفاوت در پارامترهای توزیع فضایی شته‌ها در مناطق مختلف می‌تواند مربوط به شرایط جغرافیایی و تفاوت در جمعیت‌های مورد بررسی باشد.

با توجه به مقدار بالاتر ضریب تبیین در روش تیلور نسبت به روش *ایوائو*، قانون نمایی *تیلور* توصیف بهتری از توزیع فضایی شته را ارائه داد زیرا، مقدار عددی ضریب تبیین (r^2) در قانون نمایی *تیلور*، بیشتر از مقدار آن در روش *ایوائو* بود (جدول ۱).

بسیاری از پژوهشگران دیگر نیز از قانون نمایی تیلور برای توصیف پراکنش فضایی شته‌های غلات از جمله شته‌های گندم- گل سرخ، شته معمولی گندم، شته روسی گندم، شته برگ ذرت، شته یولاف- گندم، *Rhopalosiphum padi* و *Sipha elegans* روی غلات در مناطق مختلف دنیا استفاده کرده‌اند.[۱،۳،۱۱]

مدل‌های نمونه برداری بینومیال شکل ۱ رابطه بین میانگین جمعیت شته معمولی گندم را با نسبت ساقه‌های سورگوم جارویی آلوده به شته در دو سطح دقت ۰/۱ و ۰/۲۵ نشان می‌دهد. با استفاده از مدل‌های بینومیال ارائه شده، با تعیین نسبت ساقه‌های آلوده به شته در مزرعه و بدون نیاز به شمارش شته‌ها می‌توان تراکم جمعیت شته‌ها را در مزرعه تخمین زد. نسبت ساقه‌های آلوده به شته تا میانگین جمعیت ۵ عدد شته در هر ساقه، به سرعت افزایش یافت. در بالاترین تراکم شته مشاهده شده در مزرعه (۲۵/۴۲ عدد شته در هر ساقه) ۹۵/۵ درصد ساقه‌ها آلوده بودند. مدل بینومیال ارائه شده برای این شته در این بررسی برای تمام میانگین‌های مشاهده شده

در این بررسی (۲۵/۴۲-۰/۱۴ عدد در هر ساقه) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین روش نمونه‌برداری بینومیال برای تخمین تراکم جمعیت این شته در مزرعه در سطح دقت ۲۵٪ قابل استفاده است. با استفاده از روش بینومیال بدون شمارش شته‌ها و فقط با بازدید ساقه‌های آلوده و با به‌دست آوردن نسبت ساقه‌های آلوده می‌توان میانگین تراکم شته را در مزرعه تخمین زد. با تعیین نسبت ساقه‌های آلوده آلوده به شته در مدل نمونه‌برداری بینومیال می‌توان با استفاده از رابطه ۷ میانگین جمعیت شته را تخمین زد.

رابطه ۷ $$p_{(I)} = 1 - e^{-x \ln(4.792 \times \bar{x}^{0.319})(4.792 \times \bar{x}^{0.319} - 1)^{-1}}$$

برای مثال با بازدید ۱۰۰ ساقه در مزرعه زمانی ۲۵ عدد ساقه آلوده در مزرعه وجود داشته باشد نسبت ساقه‌های آلوده ۰/۲۵ بدست خواهد آمد که می‌توان با قرار دادن رقم مورد نظر در معادله فوق میانگین جمعیت این شته را در مزرعه برآورد کرد.

اندازه نمونه بینومیال در نمونه برداری از جمعیت شته شکل ۲ اندازه نمونه بینومیال برای تخمین میانگین جمعیت شته را در سطوح دقت ۰/۱ و ۰/۲۵ نشان می‌دهد. این منحنی نشان می‌دهد که برای تعیین میانگین جمعیت از روی نسبت ساقه‌های آلوده در مزرعه با استفاده از شکل ۲، در هر تاریخ نمونه‌برداری به چه تعداد نمونه نیاز است. با توجه به نمودار زیر، با افزایش سطح دقت از ۰/۱ به ۰/۲۵، اندازه نمونه برای تخمین تراکم جمعیت شته افزایش یافت. برای این منظور در میانگین جمعیت سه عدد شته در هر ساقه، اندازه نمونه مورد نیاز از ۶۹۵ عدد ساقه در سطح دقت ۰,۱ به ۱۱۱ عدد ساقه در سطح دقت ۰/۲۵ کاهش یافت. برای تخمین تراکم جمعیت شته در مزرعه در سطح دقت ۰/۱ به تعداد نمونه بسیار بیشتری لازم بود.

مقایسه اندازه نمونه بینومیال و شمارشی در تخمین تراکم جمعیت شته

شکل۳ اندازه نمونه بینومیال و شمارشی شته معمولی گندم را در مزرعه سورگوم جارویی در سطح دقت ۰/۲۵ نشان می‌دهد. به‌طوری که ملاحظه می‌شود در تراکم جمعیت پایین شته، اندازه نمونه لازم برای تخمین تراکم در هر دو مدل بینومیال و شمارشی بالا بود ولی با افزایش تراکم جمعیت شته، اندازه نمونه لازم در روش بینومیال تقریباً به نصف کاهش یافت به طوری که در تراکم جمعیت سه عدد شته در هر ساقه اندازه نمونه لازم برای تخمین میانگین جمعیت این شته در روش بینومیال از ۱۱۱ شته در هر ساقه و در روش شمارشی ۲۰۹ عدد ساقه بود. با توجه به شکل ۳، اندازه نمونه لازم برای تخمین میانگین جمعیت شته در روش بینومیال در تراکم‌های بالاتر از ۱/۵ عدد شته در هر ساقه نسبت به روش شمارشی کمتر بود.

در این پژوهش با افزایش سطح دقت، اندازه نمونه مورد نیاز برای تخمین دقیق جمعیت شته‌های سورگوم جارویی در نمونه‌برداری بینومیال به طور قابل توجهی افزایش یافت. نتایج نمونه‌برداری بینومیال از جمعیت شته روسی روی گندم نیز نشان داده که در سطح دقت ۰/۱، اندازه نمونه مورد نیاز در تراکم جمعیت هشت عدد شته در هر ساقه به بیش از ۲۰۰ عدد ساقه افزایش یافت.[۱۵] همچنین نتایج *هودگسون و همکاران (۲۰۰۴)* نشان داد که در نمونه‌برداری بینومیال شته سویا[1] اندازه نمونه لازم برای تعیین تراکم جمعیت سه عدد شته در هر ساقه در سطح دقت ۰/۲۵، ۱۰۵ عدد ساقه بود که در سطح دقت ۰/۱ به ۸۷۰ عدد ساقه افزایش یافت.[۶]

روش بینومیال حتی در صورت نیاز به تعداد نمونه‌های بیشتر در مقایسه با روش

[1] *Aphis glycines*

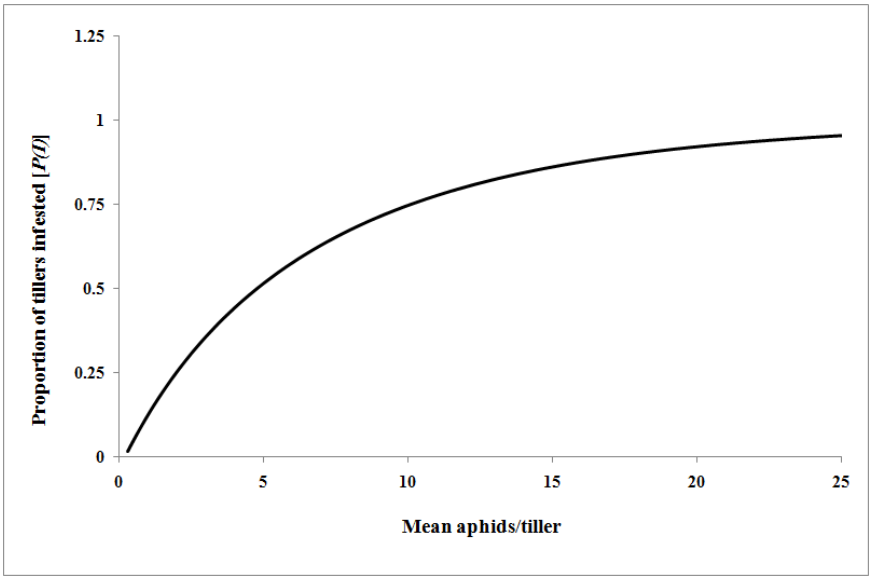
شمارشی، می‌تواند باعث کاهش زمان و هزینه نمونه‌برداری شود. *ویلسون و روم (۱۹۸۳)* نشان دادند که تشخیص آلوده و غیرآلوده بودن هر برگ به کنه فقط یک دقیقه و شمارش کنه دو لکه‌ای روی هر برگ پنبه بیش از دو ساعت زمان لازم دارد.[۲۰] نتایج *رایت و همکاران (۱۹۹۰)* در رابطه با مقایسه مدل نمونه‌برداری بینومیال و شمارشی شته رازک روی برگ‌های گیاه رازک نیز نشان داد که مدل نمونه‌برداری بینومیال نسبت به روش نمونه‌برداری شمارشی به تعداد نمونه کمتری نیاز دارد و با همین تعداد کم نمونه می‌توان جمعیت شته‌های رازک را در مزرعه تخمین زد.[۲۱] همچنین نتایج بررسی *نویرسکی و گوتیرز (۱۹۸۶)* نشان داد که مدل نمونه‌برداری بینومیال نسبت به مدل نمونه‌برداری شمارشی زمان و هزینه و نیروی انسانی را کاهش می‌دهد، به دلیل این که در روش بینومیال تشخیص آلوده و غیرآلوده بودن گیاه کافی است در صورتی که در روش شمارشی لازم است تعداد حشرات به‌طور کامل شمارش شود.[۱۳] نتایج پژوهش *فنگ و همکاران (۱۹۹۴)* نیز نشان داد که استفاده از روش نمونه‌برداری بینومیال در مدیریت شته روسی گندم به دلیل صرف زمان و هزینه کمتر، بهتر از روش نمونه‌برداری شمارشی است.[۴]

نتیجه‌گیری کلی استفاده از مدل نمونه برداری دنباله‌ای در سطح دقت ۰/۲۵ به عنوان سطح دقت قابل قبول در برنامه‌های مدیریت آفات برای تخمین جمعیت شته معمولی گندم 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.

جدول ۱) پارامترهای قانون نمایی تیلور و روش رگرسیونی ایوائو برای شته معمولی گندم، *Schizaphis graminum* در مزارع سورگوم جارویی در منطقه میانه

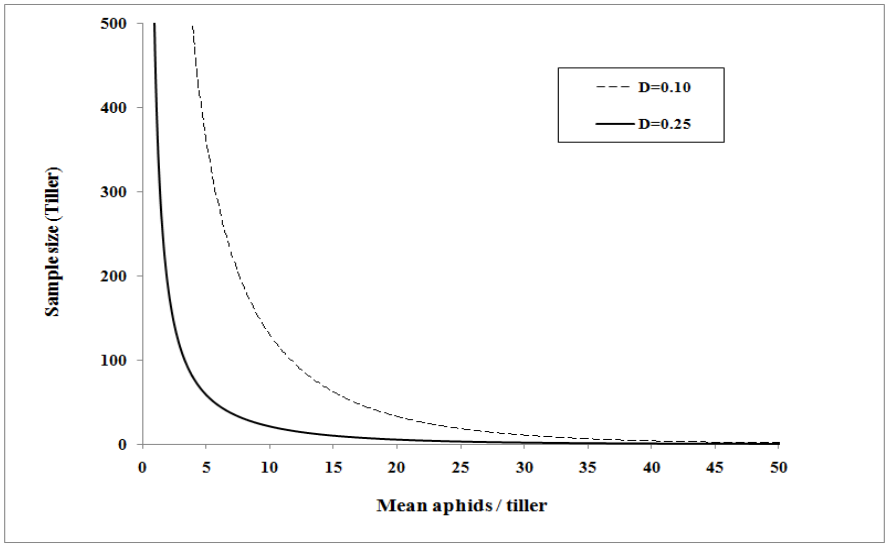
Table 1) Parameters (± SE) estimated by Taylor's power law and Iwao's regression method for greenbug *Schizaphisgraminum* in the broomcorn fields of Miyaneh region

Method	intercept	slope	MSE	r^2
Taylor's power law	a = 4.79± 0.10	b= 1.31±0.05	0.11	0.96
Iwao	α= 4.69±1.04	β=1.37±0.11	10.05	0.90



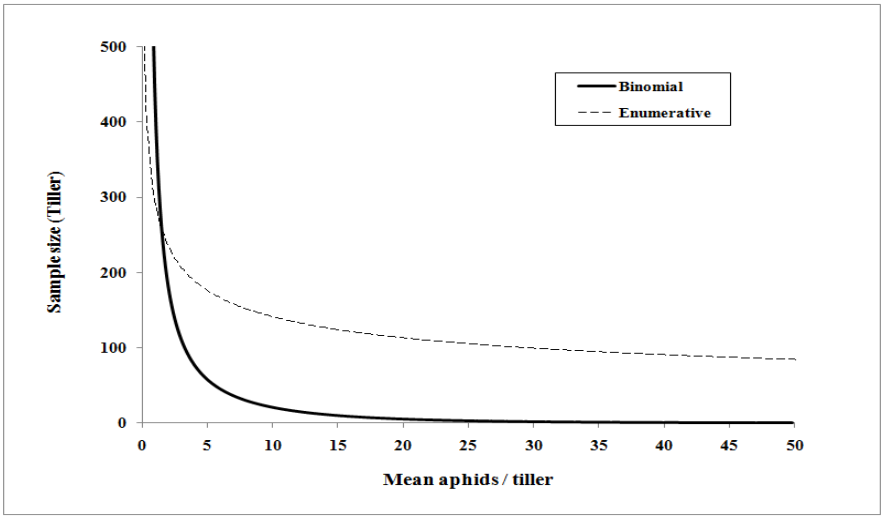
شکل ۱) رابطه بین نسبت ساقه‌های آلوده به شته معمولی گندم (*Schizaphis graminum*) با میانگین تعداد شته در هر ساقه در مزرعه سورگوم جارویی در منطقه میانه

Figure 1) Relationship between proportion of infested tillers to greenbug, *Schizaphis graminum*, and the average number of aphids per tiller in broomcorn field in Miyaneh region, Iran



شکل ۲) اندازه نمونه بینومیال شته معمولی گندم (*Schizaphis graminum*) در سطوح دقت ۰/۱ و ۰/۲۵ در مزرعه سورگوم جارویی در منطقه میانه

Figure 2) Binomial sample size for greenbug, *Schizaphis graminum*, at precision levels of 0.1 and 0.25 in broom corn field in Miyaneh region



شکل ۳) مقایسه اندازه نمونه لازم برای تخمین جمعیت شته معمولی گندم (*Schizaphis graminum*) در سطح دقت ۰/۲۵ در روش-های شمارشی و بینومیال در مزرعه سورگوم جارویی

Figure 3) Comparison of sample size required for estimation greenbug, *Schizaphis graminum*, population at precision level of 0.25 according to enumerative and binomial methods in broom corn field

References

1. 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.
2. Elliott, NC, Kieckhefer, RW, Walgenbach DD (1990) Binomial sequential sampling methods for cereal aphids in small grains. Journal of Economic Entomology 83(4): 1381-1387.
3. 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.
4. Feng MG, Nowierski RM, Zeng Z (1994) Binomial sequential classification sampling plans for Russian wheat aphid management: robustness varying with tally thresholds of aphids in sample units. Journal of Economic Entomology 87(5): 1237-1250.
5. Green RH (1970) On fixed level precision sequential sampling. Research in Population Ecology 12: 249-251.
6. Hodgson EW, Burkness EC, Hutchison WD, Ragsdale DW (2004) Enumerative and binomial sequential sampling plans for soybean aphid (Homoptera: Aphididae) in soybean. Journal of Economic Entomology 97(6):2127 - 2136.
7. 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.

8. 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: Japan 21-46.
9. 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.
10. Karandinous MG (1976) Optimum sample size and comments on some published formulae. Bulletin of Entomological Society of America 22: 417-421.
11. 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.
12. Legg DE, Nowierski RM, Feng MG, Peairs FB, Hein GL, Elberson LR, Johnson JB (1994) Binomial sequential sampling plans and decision support algorithms for managing the Russian wheat aphid in small grains. Journal of Economic Entomology 87(6): 1513-1533.
13. 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.
14. SAS Institute (2005) SAS/STAT User's Guide for Personal Computer. Release 9.12. SAS Institute, Inc., Cary, NC.: USA.
15. Schaalje GB, Butts RA (1992) Binomial sampling for predicting density of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) on winter wheat in the fall using a Measurement Error Model. Journal of Economic Entomology 85(4): 1167-1175.
16. Shahrokhi S, Amir-Maafi M (2011) Binomial sequential sampling of *Metropolophium dirhodum* (Hem.: Aphididae) in wheat fields. Applied Entomology and Phytopathology 79(1): 134-117.
17. 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]
18. Taylor LR (1961) Aggregation, variance and the mean. Nature 189:732-735.
19. Wilson LT, Pickel CR, Mount C, Zalom FG (1983) Presence-absence sequential sampling for cabbage aphid and green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on brussels sprouts. Journal of Economic Entomology 76: 476-479.
20. Wilson LT, Room PM (1983) Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. Environmental Entomology 12: 50-54.
21. 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.

Binomial sequential sampling model to facilitate monitoring of greenbug, *Schizaphisgraminum* (Rondani) populations in broom corn farms

Agroecology Journal

Vol. 15 No. 4 (1-10)
(winter 2019)

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: 24 April 2019 **Accepted:** 9 October 2019

Abstract This study was conducted to develop a binomial (presence-non presence) sequential sampling model for saving time in determining population density of greenbug, *Schizaphisgraminum* (Rondani) in broom corn fields. For this purpose, 50 broom corn stems were sampled every three days for counting the aphid number. The mean and variance of population at each sampling date were used to estimate spatial dispersion parameters. Then, Taylor's Power Law parameters were used to prepare binomial sequential sampling models at two precision levels of 0.10 and 0.25. The spatial distribution of *S. graminum* in the field was clumped and its mean population at different sampling dates ranged from 0.14 to 25.45 aphids per stem. Comparison of models showed that sample size required for estimating aphid population increased significantly by reducing the precision level from 0.25 to 010. Therefore, the binomial sequential sampling model at the precision level of 0.10 was very time consuming and was not suitable for estimating aphid population density. However, the model at 0.25 precision level reduced the required sample size compared to the fixed sample size method. Overall, using binomial sequential sampling model at 25% precision level, the proposed precision level for pest management programs can reduce sampling time in comparison to the fixed sample size method and is recommended for estimating the pest population in integrated pest management programs in broomcorn farms.

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.

10.22034/AEJ.2020.679877