مجله‌ی حشره شناسی گیاهان زراعی سال دوم، شماره ی اول، صفحه‌های ۶۵-۷۴
شاپا : ۲۲۵۱-۷۴۴۸

مدل نمونه‌برداری بینومیال برای تخمین جمعیت شته‌ی یولاف-گندم *Sitobion avenae* (F.) (Hem.: Aphididae) در مزارع گندم آبی شهرستان میانه

سیمین رجبی[۱]، شهرام شاهرخی*[۲] و شهزاد ایرانی‌پور[۳]

۱- فرهیخته‌ی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران
۲-* مسئول مکاتبات: گروه گیاه‌پزشکی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه
(email:shahrokhi1349@gmail.com)
۳- گروه گیاه‌پزشکی کشاورزی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۲۱

چکیده

این تحقیق به‌منظور تعیین نوع توزیع فضایی و ارائه‌ی مدل نمونه‌برداری بینومیال برای تخمین تراکم جمعیت شته‌ی *Sitobion avenae* در مزارع گندم آبی منطقه‌ی میانه در سطوح دقت ۱۰٪ و ۲۵٪ انجام شد. برای نمونه‌برداری از جمعیت این شته در طول فصل زراعی ۱۳۹۱، هر سه روز یک‌بار تعداد ۱۰۰ ساقه‌ی گندم مورد بازدید قرار گرفت و تعداد شته‌ها شمارش شد. میانگین و واریانس جمعیت در هر تاریخ نمونه‌برداری برای تخمین پارامترهای توزیع فضایی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه با توجه به مناسب‌تر بودن قانون نمایی تایلور، پارامترهای این روش برای تهیه‌ی مدل نمونه‌برداری بینومیال در دو سطح دقت ۱۰ و ۲۵ درصد استفاده شد. نتایج نشان داد که توزیع فضایی شته‌ی یولاف-گندم در مزرعه به‌صورت تجمعی بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مدل نمونه‌برداری بینومیال اندازه‌ی نمونه‌ی لازم برای تخمین جمعیت شته‌ی یولاف-گندم را نسبت به مدل شمارشی کاهش داد. بنابراین، مدل نمونه‌برداری بینومیال ارائه شده در سطح دقت ۲۵ درصد برای تخمین جمعیت شته‌ی یولاف-گندم در مزارع گندم آبی منطقه‌ی میانه مناسب و قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌گان کلیدی: توزیع فضایی، نمونه‌برداری بینومیال، شته، *Sitobion avenae*، پایش جمعیت

مقدمه

شته‌ها از آفات مزارع گندم مناطق مختلف کشور ازجمله مزارع گندم شهرستان میانه می‌باشند که از طریق مکیدن شیره‌ی گیاه از بافت‌های آوندی خسارت قابل توجهی را به غلات و ازجمله گندم وارد می‌کنند (Rezwani 2001). این حشرات همچنین به‌دلیل انتقال بیماری‌های ویروسی، ایجاد اختلال در فیزیولژی گیاه، ترشح عسلک و رشد قارچ‌های ساپروفیت، پیچش برگ‌ها، تغذیه از شیره‌ی گیاه، کاهش فتوسنتز و سمیت بزاق دارای اهمیت می‌باشند. از گونه‌های مهم شته‌های زیان آور مزارع گندم کشور می‌توان به شته‌ی یولاف- گندم[۱] اشاره کرد. به گزارش Wratten (1975) این شته از قاعده‌ی گلوم‌ها تغذیه می‌کند و از این رو مستقیماً موجب کاهش جذب در دانه‌های در حال رشد و کاهش عمل‌کرد تا ۱۴ درصد می‌گردد. گزارش شده که تغذیه‌ی این شته از دانه‌های گندم، باعث کاهش معنی‌دار کیفیت نان حاصل از گندم می‌شود (Lee *et al.* 1981).

مطالعات بسیاری درمورد کنترل شته‌ها صورت گرفته است. مدیریت موفقیت آمیز شته‌ها مستلزم استفاده از روش مناسب نمونه‌برداری برای تخمین دقیق جمعیت و تعیین زمان دقیق کنترل می‌باشد. از جمله‌ی این روش‌ها، می‌توان به نمونه‌برداری بینومیال اشاره کرد. مدل نمونه‌برداری بینومیال از روش‌های مورد اطمینان برای

1.*Sitobion avenae* (F.)

نمونه‌برداری از جمعیت می‌باشد که با اطلاع از توزیع فضایی حشره (نحوه‌ی استقرار افراد یک جمعیت در محیط) تهیه می‌شود، بنابراین، تعیین نوع توزیع فضایی در طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. روش بینومیال یکی از سریع‌ترین روش‌های نمونه‌برداری می‌باشد. نمونه‌برداری بینومیال (وجود - عدم وجود) براساس تشخیص وجود و عدم وجود آفت در واحد نمونه‌برداری می‌باشد. به‌دلیل این‌که شته‌ها اندازه‌ی کوچکی دارند و تعداد آن‌ها روی محصول در مزرعه ممکن است زیاد باشد، شمارش و آماربرداری از آن‌ها زمان‌بر می‌باشد و محقق ممکن است در انجام کار دچار خطا شود. در الگوی نمونه‌برداری بینومیال به‌دلیل این‌که فقط به وجود و عدم وجود شته روی گیاه توجه می‌شود و نیازی به شمارش ندارد، بنابراین در هزینه و زمان نمونه‌برداری صرفه جویی می‌شود. روش نمونه‌برداری بینومیال با کاهش زمان نمونه‌برداری و درنتیجه با کاهش هزینه، از اجرای عملیات کنترل غیرضروری آفت جلوگیری می‌کند و روش مناسبی برای شمارش حشرات کوچکی مانند شته‌ها که آستانه‌ی اقتصادی بالایی دارند، می‌باشد. این روش همچنین برای محصولات ارزان که سود کمی را نصیب کشاورز می‌کنند مناسب می‌باشد، زیرا هزینه‌ی نمونه‌برداری را کاهش می‌دهد (Elliott *et al*. 1990). از مزایای دیگر این طرح، تعیین سطح دقت و در نظر گرفتن سطح زیان اقتصادی در نمونه‌برداری می‌باشد، زیرا دیگر لازم نیست همه‌ی شته‌های روی گیاه شمارش شود (Elliott *et al*. 1990). نمونه‌برداری بینومیال معمولاً بهره‌وری بیشتری نسبت به روش‌های نمونه‌برداری شمارشی دارد. مدل بینومیال می‌تواند زمان لازم برای تخمین جمعیت شته‌های مزارع گندم را نسبت به سایر روش‌ها کاهش دهد (Shahrokhi and Amir-Maafi 2011).

Schaalje *et al*. (1991) روش نمونه‌برداری بینومیال را برای تخمین تراکم جمعیت شته‌ی روسی گندم مناسب ارزیابی کرده‌اند. همچنین به گزارش Schaalje and Butts (1992)، روش نمونه‌برداری بینومیال باعث کاهش زمان و هزینه‌ی نمونه‌برداری از جمعیت شته‌ی روسی گندم شده است. Hodgson *et al*. (2004) مدل نمونه‌برداری بینومیال را برای پایش جمعیت شته‌ی *Aphis glycines* Matsumura در مزارع سویا ارائه کردند. همچنین Wright *et al*. (1990) این مدل را برای تعیین تراکم جمعیت شته‌ی *Phorodon humuli* (Schrank) روی برگ‌های رازک ارائه کرده‌اند.

Hull and Grimm (1983) مدل نمونه‌برداری بینومیال را برای تخمین جمعیت شته‌ی روسی گندم در مزارع غلات دانه‌ریز مناسب تشخیص داده‌اند. همچنین Hutchison *et al*. (1988) مدل‌های نمونه‌برداری شمارشی و بینومیال را برای تخمین جمعیت شته‌ی *Acyrtisiphum pisum* (Harris) در مزارع یونجه‌ی آمریکا مورد مقایسه قرار دادند.

علاوه بر آن، Nowierski and Gutierrez (1986) روش نمونه‌برداری بینومیال را برای تخمین جمعیت شته‌ی گردو *Chromaphis juglandicola* (Kalt.) به‌کار بردند. این محققین، به‌ترین اندازه‌ی نمونه را در نمونه‌برداری بینومیال برای تمام مراحل زیستی شته‌ی مذکور به‌دست آوردند. همچنین Kabaluk *et al*. (2006) روش نمونه‌برداری بینومیال را برای ارزیابی تراکم جمعیت شته‌ی سبز هلو روی سیب‌زمینی به‌کار بردند که در این بررسی، اندازه‌ی نمونه‌ی لازم برای تعیین خسارت شته‌ی سبز هلو روی هر برگ، ۱۰۰-۵۰ واحد نمونه‌برداری به‌دست آمد. Hummel *et al*. (2004) استفاده از روش نمونه‌برداری بینومیال را برای توزیع فضایی و تخمین جمعیت شته‌ی *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) روی گوجه‌فرنگی در کالیفرنیا توصیه کرده‌اند. Fidgen *et al*. (2006) نیز نشان دادند که روش نمونه‌برداری بینومیال می‌تواند باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ی تخمین جمعیت شته‌ی مومی شوکران گردد.

با توجه به این‌که برای تخمین تراکم جمعیت شته‌ی یولاف-گندم در برنامه‌های مدیریت آفت، روش آماری مطمئنی مورد نیاز است، بنابراین در این تحقیق، مدل نمونه‌برداری بینومیال در سطوح دقت ۱۰ و ۲۵ درصد ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه‌ای به مساحت یک هکتار در ۱۰ کیلومتری شمال شهرستان میانه انجام شد. رقم گندم کشت شده زرین بود و عملیات زراعی از قبیل آماده سازی زمین، آبیاری و کوددهی، مطابق عرف منطقه انجام شد. نمونه‌برداری از جمعیت شته از زمان شروع فعالیت آن در مزرعه شروع شد و تا زمان برداشت محصول ادامه یافت. آماربرداری هر سه روز یک‌بار انجام شد و در هر تاریخ نمونه‌برداری، ۱۰۰ ساقه‌ی گندم مورد بازدید قرار گرفت. شته‌های هر ساقه‌ی گندم به‌تفکیک در شیشه‌های کوچک حاوی الکل به آزمایشگاه منتقل شدند و با استفاده از استرئومیکروسکوپ، براساس کلید تشخیص Olsen *et al.* (1993) شناسایی و شمارش شدند. در مزرعه برای برداشتن شته‌ها از روی گیاه از قلم‌مو استفاده شد.

برای تعیین الگوی توزیع فضایی جمعیت شته، میانگین و واریانس جمعیت در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری (در مجموع ۲۲ تاریخ نمونه‌برداری) محاسبه شد و سپس پارامترهای توزیع فضایی شته با استفاده از قانون نمایی (Taylor 1961) (رابطه‌ی ۱) و روش رگرسیونی (Iwao 1977) (رابطه‌ی ۳) محاسبه شدند.

$$S^2 = a\bar{x}^b \quad (۱)$$

برای تبدیل رابطه به رگرسیون خطی و محاسبه‌ی a و b، رابطه به‌صورت لگاریتمی نوشته شد (رابطه‌ی ۲) و تجزیه‌ی رگرسیون انجام شد.

$$\log S^2 = \log a + b\log\bar{x} \quad (۲)$$

که در آن $\bar{x}$ میانگین، S^2 واریانس، a عرض از مبدا و b شیب خط رگرسیون قانون نمایی تایلور (Taylor 1961) می‌باشند.

$$x^* = \alpha + \beta\bar{x} \quad (۳)$$

در روش رگرسیونی (Iwao 1977) (رابطه‌ی ۳)، $\bar{x}$ میانگین جمعیت، x^* میانگین انبوهی لوید و β شاخص تجمع می‌باشند. برای تبیین مدل نمونه‌برداری بینومیال و تعیین رابطه بین نسبت واحدهای نمونه‌برداری دارای شته $P_{(I)}$ با میانگین جمعیت $(\bar{x})$، از معادله‌ی Wilson and Room (1983)(رابطه‌ی ۴) استفاده شد:

$$P_{(I)} = 1 - e^{-\bar{x}\ln(a\times\bar{x}^{b-1})(a\times\bar{x}^{b-1}-1)^{-1}} \quad (۴)$$

که در آن a عرض از مبدا و b شیب خط رگرسیون قانون نمایی (Taylor 1961) می‌باشند.

برای تعیین اندازه‌ی نمونه‌ی شمارشی (n) و مقایسه‌ی آن با روش بینومیال، از معادله‌ی Karandinous (1976) استفاده شد (رابطه‌ی ۵) که در آن از پارامترهای قانون نمایی Taylor استفاده می‌شود.

$$n = \frac{1}{d^2}(Z_{\alpha}/2)^2\, a\bar{x}^{b-2} \quad (۵)$$

در رابطه‌ی فوق، a عرض از مبدا و b شیب خط رگرسیون قانون نمایی تایلور، $\bar{x}$ میانگین جمعیت شته و d سطح دقت مورد نظر می‌باشد.

برای انجام تجزیه‌ی آماری و رسم شکل‌ها از نرم‌افزار آماری SAS (ver. 6. 12) و برنامه‌ی صفحه گسترده‌ی Microsoft Excel 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

توزیع فضایی شته

جدول ۱، پارامترهای قانون نمایی (Taylor 1961) و روش رگرسیونی Iwao را در توزیع فضایی شته‌ی *S. avenae* در مزرعه‌ی گندم مورد بررسی در منطقه‌ی میانه نشان می‌دهد. مقدار پارامتر b (شیب خط) برای شته‌ی فوق ۱/۴۸۱ ± ۰/۰۴۹ به‌دست آمد که با توجه به آزمون نکویی برازش، به‌طور معنی‌داری بزرگ‌تر از یک بود که تجمعی بودن توزیع فضایی شته‌ی یولاف-گندم را نشان داد. در استفاده از روش Iwao نیز β برای این شته ۰/۴۶۰ ± ۳/۳۴۷ به‌دست آمد که تجمعی بودن توزیع فضایی شته‌ی یولاف-گندم را نشان می‌دهد.

تجزیه‌ی آماری داده‌ها نشان داد که با توجه به مقدار بالاتر ضریب تبیین در روش Taylor (1961) (جدول ۱)، این روش توصیف بهتری از توزیع فضایی شته را نسبت به روش Iwao (1977) ارائه داد که با نتایج Elliott and Kieckhefer (1986) مطابقت دارد.

Kabaluk *et al.* (2006) نیز در نمونه‌برداری از جمعیت شته‌ی سبز هلو *M. persicae* در مزارع سیب‌زمینی به نتیجه‌ی مشابهی دست یافتند. Taylor

(1984) ثابت کرد که قانون نمایی، رابطه‌ی بین میانگین و واریانس را بهتر از روش Iwao (1977) نشان می‌دهد که با توجه به مقایسه‌ی ضریب تبیین دو روش Taylor با Iwao، با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. بنابراین در این تحقیق، برای تعیین رابطه‌ی بین میانگین و واریانس، اندازه‌ی نمونه و تهیه‌ی مدل نمونه‌برداری بینومیال از پارامترهای قانون نمایی تایلور استفاده شد.

جدول ۱- آماره‌های رگرسیونی قانون نمایی Taylor (1961) و روش Iwao (1977) در مزارع گندم آبی میانه.

Table 1. Taylor's power law and Iwao's patchiness regression statistics (±SE) for *S. avenae* in irrigated wheat fields of Miyaneh.

Iwao's patchiness regression					Taylor's power law			
n	α	β	MSE	r^2	a	b	MSE	r^2
22	3.290±1.231	3.347± 0.460	15.685	0.725	1.949± 0.080	1.481± 0/049*	0.140	0.978

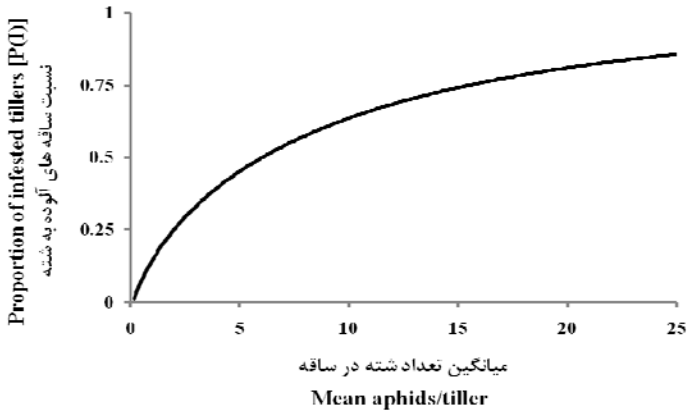
*: Significantly different from 1 ($p< 0.05$)
n: number of data sets

رابطه‌ی میانگین جمعیت با نسبت ساقه‌های آلوده به شته

شکل (۱) رابطه‌ی میانگین جمعیت شته‌ی یولاف-گندم را با نسبت ساقه‌های دارای شته نشان می‌دهد. با استفاده از این مدل می‌توان میانگین تراکم جمعیت را از روی ساقه‌های آلوده به شته تخمین زد. از مدل به‌دست آمده، برای تخمین تمام میانگین‌های مشاهده شده ی شته در این تحقیق (۶/۹۶-۰/۰۱ شته در هر ساقه) می‌توان استفاده کرد. معادله‌ی رابطه‌ی فوق، به‌شکل زیر می‌باشد:

$$p_{(1)} = 1 - e^{-x\ln(1.949\times x^{-0.481})(1.949\times x^{-0.481}-1)^{-1}}$$

با تعیین نسبت ساقه‌های آلوده به شته و قرار دادن آن در معادله‌ی فوق، می‌توان میانگین جمعیت شته‌ی موردنظر را در مزرعه تخمین زد. برای مثال با بازدید ۱۰۰ عدد ساقه در مزرعه‌ی گندم، اگر ۴۲ ساقه آلوده به شته باشد، نسبت ساقه‌های آلوده به شته ۰/۴۲ خواهد بود که با قرار دادن این رقم در معادله‌ی بالا، میانگین جمعیت شته در مزرعه به‌دست خواهد آمد.

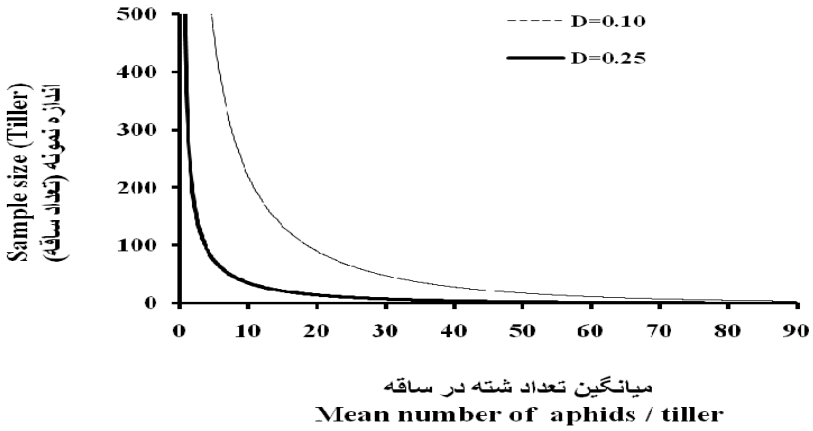


شکل ۱- رابطه‌ی بین نسبت ساقه‌های گندم آلوده به شته‌ی یولاف-گندم با میانگین تعداد شته در هر ساقه در مزرعه‌ی گندم آبی میانه.

Figure 1. Relationship between the proportion of infested wheat tillers [$P_{(1)}$] to at least one *S. avenae* and the mean number of aphids per tiller in irrigated wheat fields of Miyaneh.

شکل ۲ اندازه‌ی نمونه را برای تخمین میانگین جمعیت *S. avenae* در سطوح دقت ۰/۱۰ و ۰/۲۵ نشان می‌دهد. منحنی ارائه شده نشان می‌دهد که برای تعیین میانگین جمعیت از روی نسبت ساقه‌های آلوده در مزرعه با استفاده از شکل ۱، در هر تاریخ نمونه‌برداری به چه تعداد نمونه نیاز است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، با افزایش سطح دقت، اندازه‌ی نمونه برای تخمین دقیق جمعیت شته‌ی موردنظر نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که در زمان اوج جمعیت شته (با میانگین جمعیت ۶/۹۶ شته در هر ساقه) اندازه‌ی نمونه از ۳۳۲ عدد در سطح دقت ۰/۱۰ به ۵۳ عدد در سطح دقت ۰/۲۵ کاهش یافت. به عبارت دیگر، در سطح دقت ۰/۱۰، برای تخمین دقیق جمعیت این شته در مزرعه‌ی گندم، تعداد نمونه‌های بسیار زیادی لازم بود که با نتایج Elliott *et al.* (1990) مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که مدل بینومیال ارائه شده در سطح دقت ۰/۲۵ در ردیابی جمعیت شته‌ی یولاف-گندم قابل استفاده بود، زیرا اندازه‌ی نمونه در میانگین جمعیت بالاتر از دو شته در هر ساقه کاهش یافت. برای مثال، در میانگین جمعیت ۲/۳ شته در هر ساقه، برای تخمین تراکم جمعیت شته، ۱۶۰ عدد ساقه مورد نیاز بود.

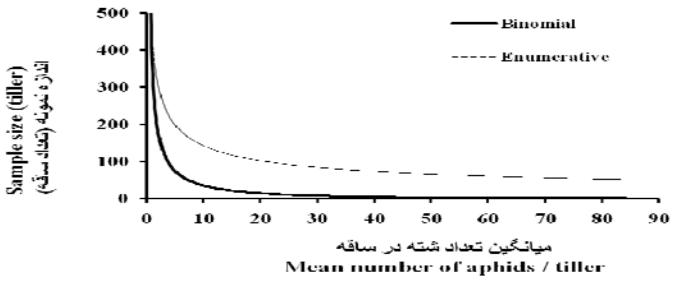


شکل ۲- اندازه‌ی نمونه‌ی بینومیال شته‌ی یولاف-گندم در سطوح دقت ۰/۱۰ و ۰/۲۵ در مزرعه‌ی گندم میانه.

Figure 2. Binomial sample size curves of *S. avenae* at precision levels of D = 0.10 and D = 0.25 in irrigated wheat fields of Miyaneh.

شکل ۳ اندازه‌ی نمونه‌ی بینومیال و شمارشی شته‌ی یولاف-گندم را در مزرعه‌ی گندم در سطح دقت ۰/۲۵ نشان می‌دهد. در زمان اوج جمعیت شته در مزرعه (میانگین ۶/۹۶ شته در هر ساقه)، تعداد نمونه‌ی لازم برای تخمین میانگین جمعیت این شته در روش بینومیال از ۵۳ شته در هر ساقه به ۱۷۰ شته در هر ساقه در روش شمارشی رسید.

به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، در تراکم‌های جمعیت دو و سه شته در هر ساقه که سطح زیان اقتصادی شته *S. avenae* می‌باشد (Elliot and Kieckhefer 1986)، اندازه‌ی نمونه‌ی لازم برای تخمین جمعیت در سطح دقت مورد نظر در مدل شمارشی به‌ترتیب ۳۰۹ و ۲۵۴ ساقه و در مدل بینومیال به‌ترتیب ۱۸۳ و ۱۲۳ ساقه بود. درنتیجه، استفاده از مدل بینومیال در تراکم جمعیت سه شته در هر ساقه، اندازه‌ی نمونه‌ی لازم برای تخمین دقیق تراکم جمعیت را ۵۱/۵۸ درصد نسبت به روش شمارشی کاهش داد. البته مدل بینومیال به‌دلیل عدم نیاز به شمارش شته‌ها در مزرعه نیز زمان و هزینه‌ی نمونه‌برداری را کاهش می‌دهد.



شکل ۳- مقایسه‌ی اندازه‌ی نمونه‌ی بینومیال و شمارشی جمعیت شته‌ی یولاف- گندم در سطح دقت مورد نیاز در مدیریت تلفیقی آفات (D=۰/۲۵).

Figure 3. Comparison of binomial and enumerative sample size of *S. avenae* at acceptable precision level in integrated pest management (D=0.25).

روش بینومیال حتی درصورت نیاز به تعداد نمونه‌های بیشتر در مقایسه با روش شمارشی، می‌تواند باعث کاهش زمان و هزینه‌ی نمونه‌برداری شود. Wilson *et al.* (1983) نشان دادند که تشخیص آلوده و غیر آلوده بودن هر برگ به کنه فقط یک دقیقه و شمارش کنه‌ی دولکه‌ای روی هر برگ پنبه، بیش از دو ساعت زمان لازم دارد. نتایج Wright *et al.* (1990) در رابطه با مقایسه‌ی مدل نمونه‌برداری بینومیال و شمارشی شته‌ی رازک نشان داد که مدل نمونه‌برداری بینومیال نسبت به روش نمونه‌برداری شمارشی به تعداد نمونه‌ی کم‌تری نیاز دارد، و با همین تعداد کم نمونه می‌توان جمعیت شته‌های رازک را در مزرعه تخمین زد. همچنین به گزارش Nowierski and Gutierrez (1986) با وجود این‌که مدل نمونه‌برداری بینومیال نسبت به مدل نمونه‌برداری شمارشی به اندازه‌ی نمونه‌ی بیشتری نیاز دارد، اما زمان، هزینه و نیروی انسانی را کاهش می‌دهد، زیرا در روش بینومیال تشخیص آلوده و غیرآلوده بودن گیاه کافی است، درصورتی‌که در روش شمارشی به شمارش کامل تعداد حشرات پرداخته می‌شود. نتایج Feng *et al.* (1994) نیز نشان داد که روش نمونه‌برداری بینومیال در مدیریت شته‌ی روسی گندم به‌دلیل صرف زمان و هزینه‌ی کمتر، بهتر از روش نمونه‌برداری شمارشی می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این بررسی، روش نمونه‌برداری بینومیال در سطح دقت ۰/۲۵، قابل توصیه می‌باشد و می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی شته‌ی یولاف در مزارع گندم آبی منطقه‌ی میانه مورد استفاده قرار گیرد.

References

Elliott NC, Kieckhefer RW. 1986. Cereal aphid populations in winter wheat: spatial distributions and sampling with fixed levels of precision. *Environmental Entomol*ogy 15: 954-958.

Elliott NC, Kieckhefer RW, Walgenbach DD. 1990. Binomial sequential sampling methods for cereal aphids in small grains. *Journal of Economic Entomol*ogy 83(4): 1381-1387.

Feng MG, Nowierski RM, Zeng Z. 1994. Binomial sequential classification sampling plans for Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) management: robustness varying with tally thresholds of aphids in sample units. *Journal of Economic Entomol*ogy 87(5): 1237-1250.

Fidgen JG, Legg DE, Salom SM. 2006. Binomial sequential sampling plan for Hemlok woolly Adelgid (Hemiptera: Adelgidae) infesting individual eastern Hemlock trees. *Journal of Economic Entomology* 99(4): 1500-1508.

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 Entomol*ogy 97(6): 2127-2136.

Hull LA, Grimm JW. 1983. Sampling schemes for estimating populations of the apple aphid, *Aphis pomi* (Homoptera: Aphididae), on apple. *Environmental Entomol*ogy 12: 1581-1586.

Hummel NA, Zalom FG, Miyao GM, Underwood NC, Villalobos A. 2004. Potato aphid, *Macrosiphum euphorbiaw* (Thomas), in tomatoes: plant canopy distribution and binomial sampling on processing tomatoes in California. *Journal of Economic Entomol*ogy 97(2): 490-495.

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.

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, pp. 21-46.

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 Entomol*ogy 99(3): 987-992.

Karandinous MG. 1976. Optimum sample size and comments on some published formulae. *Bulletin of Entomological Society of America* 22: 417-421.

Lee G, Stevens D, Stokes S, Wratten S. 1981. Duration of cereal aphid populations and the effects on wheat yield and bread making quality. *Annals of Applied Biology* 98: 169-178.

Nowierski RM, Gutierrez AP. 1986. Numerical and binomial sampling plans for the walnut aphid, *Chromaphis juglandicola* (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomol*ogy 79: 868-872.

Olsen CE, Pike KS, Boydston L, Allson D. 1993. Keys for identification of apterous viviparae and immature of six small grain aphids (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomol*ogy 86(1): 137-148.

Rezwani A. 2001. *Key to the Aphids (Homoptera: Aphidinea) in Iran*. Ministry of Jihad- e Agriculture, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

SAS Institute. 1997. *SAS /STAT®, User's Guide*, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC.

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 Entomol*ogy 85(4): 1167-1175.

Schaalje GB, Butts RA, Lysyk TJ. 1991. Simulation studies of binomial sampling: a new variance estimator and density predictor, with special reference to the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 84(1): 140-147.

Shahrokhi S, Amir-Maafi M. 2011. Binomial sampling plan of *Metopolophium dirhodum* in irrigated wheat fields. *Applied Entomology and Phytopathology* 79(1): 117-134.

Taylor LR. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189: 732-735.

Taylor LR. 1984. Assessing and interpreting spatial distribution of insect populations. *Annual Review of Entomology* 29: 321-357.

Wilson LT, Room PM. 1983. Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. *Environmental Entomology* 12: 50-54.

Wilson LT, Pickel C, Mount RC, 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.

Wratten SD. 1975. The nature of the effects of the aphids *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum* on the growth of wheat. *Annals of Applied Biology* 79(1): 27–34.

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.

مجله‌ی حشره شناسی گیاهان زراعی، سال دوم، شماره‌ی اول، صفحه‌های ۶۵-۷۴

Binomial sampling plan to estimate *Sitobion avenae* (F.) (Hem.: Aphididae) population in irrigated wheat fields of Miyaneh, Iran

Simin Rajabi[1], Shahram Shahrokhi[2]* and Shahzad Iranipour[3]

1- Graduated student of Plant Protection,Faculty of Agricultural, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2- Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural, Islamic Azad University, Miyaneh, Branch, Miyaneh, Iran.
(*corresponding author email:shahrokhi1349@gmail.com)
3- Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural, University of Tabriz.Tabriz, Iran.

Abstract

In order to estimate *Sitobion avenae* population density in Miyaneh region, northwest of Iran, spatial distribution of the aphid was studied and binomial sampling plans were developed at precision levels of 10 and 25%. Sampling was carried out every three days by examining 100 wheat stems and counting the aphids. The mean and variance of aphid population in each sampling were used to estimate spatial distribution parameters. According to the Taylor's power law and regarding to better description of the obtained data, the technique was used to develop binomial sampling plans at 10 and 25% precision levels. Based on the results, *S. avenae* showed clumped spatial distribution. Binomial sampling plan was better than enumerative one, because of reduction in sample size required for sampling aphid populations. In conclusion, the binomial sampling plans at 25% precision level was recommended for monitoring *S. avenae* population in irrigated wheat fields in Miyaneh region.

Keywords: Spatial distribution, Binomial sampling, *Sitobion avenae*, Monitoring.