

## پراکنش فضایی و نمونه برداری دنباله‌ای شته (*Sitobion avenae* (Hem. : Aphididae) در مزارع گندم منطقه سرپل ذهاب استان کرمانشاه

رسول زارعی سرچقا<sup>۱</sup>، نوشین زندی سوهانی<sup>۲\*</sup>، لیلا رضانی<sup>۳</sup>

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران  
۲- \*نویسنده مسوول: دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران (nzandisohani@yahoo.com)  
(zandi@ramin.ac.ir)  
۳- دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۳۰

### چکیده

به منظور بررسی پراکنش فضایی و طراحی یک برنامه نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای شته سبز گندم، *Sitobion avenae* در مزارع گندم آبی منطقه سرپل ذهاب استان کرمانشاه طی دو سال زراعی ۹۴-۹۵ و ۹۳-۹۴ نمونه برداری‌های منظمی به عمل آمد. با استفاده از شاخص‌های تیلور و آیوانو پراکنش فضایی جمعیت مراحل مختلف رشدی شته‌ها برآورد شد و از مدل گرین، برای تخمین تعداد نمونه لازم و رسم معادلات خطوط تصمیمگیری برای برآورد میانگین جمعیت آنها استفاده گردید. نتایج نشان داد که مدل رگرسیونی تیلور برای برآورد پراکنش فضایی شته *S. avenae* مناسب‌تر از مدل آیوانو می‌باشد. بنابراین از پارامترهای مدل تیلور برای طراحی نمونه برداری دنباله‌ای در دو سطح دقت تحقیقاتی (۰/۱) و مدیریت تلفیقی آفات (۰/۲۵) استفاده شد. تعداد نمونه لازم برای تخمین میانگین جمعیت با افزایش سطح دقت از ۰/۲۵ به ۰/۱ افزایش و با افزایش میانگین جمعیت کاهش یافت. در دقت ۰/۱، تعداد نمونه (خوشه) لازم برای برآورد میانگین جمعیت کل شته‌ها از ۱۵۰ عدد در تراکم ۱۵ شته در خوشه تا ۲۰۰ عدد در تراکم ۰/۱ شته در خوشه متغیر بود. همچنین در دقت ۰/۲۵، تعداد نمونه لازم برای برآورد میانگین جمعیت کل شته‌ها از ۲۵ عدد در تراکم ۱۵ شته در خوشه به ۳۰ عدد در تراکم ۰/۱ شته در خوشه افزایش یافت. بنابراین نمونه برداری در سطح دقت ۰/۲۵ با توجه به کم هزینه‌تر بودن و صرف زمان کمتر، قابل توصیه است. این نتایج می‌تواند در بهینه‌سازی برنامه‌های نمونه برداری از جمعیت شته‌ها در مزارع گندم منطقه سرپل ذهاب مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: پایش جمعیت، قانون نمایی تیلور، مدیریت تلفیقی آفات

### مقدمه

ایران با سطح زیر کشت ۷/۰۵ میلیون هکتار و تولید ۱۴ میلیون تن، یک محصول راهبردی محسوب می‌شود. استان کرمانشاه با دارا بودن بیش از ۹۷ هزار هکتار گندم آبی و ۲۹۳ هزار هکتار گندم دیم، از مناطق مهم کشت این

گندم، *Triticum aestivum* L. از نظر سطح زیر کشت و تولید محصول یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی دنیا است (Koocheki and Nasiri, 2004) و در

محصول در ایران می‌باشد. میزان تولید گندم در استان کرمانشاه حدود ۶۳۰ هزار تن می‌باشد که ۵/۵ درصد از کل محصول گندم ایران را تامین می‌کند (Ahmadi et al., 2016).

شته‌ها از مهم‌ترین آفات گیاهی در تمام نقاط دنیا محسوب می‌شوند و هر ساله با تغذیه از شیره گیاهان، انتقال و بیوس‌های گیاهی، پوشاندن سطح گیاه توسط عسلک، کاهش فتوسنتز و تغییر فیزیولوژی گیاه خسارت زیادی وارد می‌آورند (Blackman and Eastop, 2006). شته‌ها اگرچه از آفات درجه‌ی دوم مزارع غلات به شمار می‌آیند ولی در بعضی سال‌ها جمعیت و خسارت آنها افزایش یافته و موجب بروز خسارت زیادی در مزارع گندم و جو می‌شوند.

شته سبز گندم، (*Sitobin avenae* (F.)) از آفات مهم مزارع گندم در ایالات متحده آمریکا، کشورهای اروپایی و آسیا می‌باشد (Afshari and Dastranj, 2009). در ایران این شته از روی گندم، جو، یولاف و سایر گندمیان وحشی و در استانهای مختلف از جمله استان کرمانشاه گزارش شده است (Khanjani, 2005).

یکی از مهم‌ترین اجزای مدیریت آفات تعیین حضور یا عدم حضور آفت در مزرعه و تعیین تراکم آن است. مدیریت آفات بدون تخمین دقیق تراکم جمعیت آفت و دشمنان طبیعی و همچنین میزان خسارت وارده به گیاه و اثر آن بر عملکرد عملی نمی‌باشد (Ruesink and Kogan, 1982). نمونه برداری دنباله‌ای، روشی است که رتبه‌بندی مناسبی از جمعیت آفت را بر پایه میانگین تراکم ارائه می‌دهد. در این سیستم تصمیم‌گیری، انتخاب واحد نمونه برداری مناسب و همچنین تصادفی بودن نمونه برداری ضروری است (Binns, 1994). همچنین، این روش با کاهش تعداد نمونه و زمان لازم برای نمونه برداری و افزایش میزان دقت، می‌تواند تخمین سریع و در عین حال مطمئن را از جمعیت آفات ارائه دهد (Brukness and Hutchison et al., 2016).

الگوی پراکنش فضایی جمعیت از ویژگی‌های اکولوژیکی مهم یک جمعیت می‌باشد که در طراحی برنامه‌های نمونه برداری دنباله‌ای، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Elliott and Kieckhefer, 1986). نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت به دلیل آن که از نظر هزینه (تعداد نمونه) از روش‌های معمول تخمین تراکم جمعیت آفات اقتصادی‌تری می‌باشد و برآورد سریع‌تر و دقیق‌تری را از جمعیت آفت ارائه می‌دهد، در پیش‌آگاهی جمعیت آفات کاربرد بسیار گسترده‌ای دارد (Binns, 1994).

مدلهای نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت را ارائه نمودند. در این مدل‌ها برای برآورد میانگین جمعیت با یک دقت معین ( $D$ )، یک خط توقف نمونه برداری ( $T_n$ ) مشخص گردید که نشان دهنده تعداد نمونه لازم برای تخمین جمعیت حشره می‌باشد. پژوهش‌گران مختلفی از نمونه برداری دنباله‌ای برای تخمین دقیق و سریع جمعیت شته‌ها در مزارع گندم استفاده کرده‌اند. از نمونه برداری دنباله‌ای به روش گرین برای تخمین جمعیت شته‌ی معمولی گندم، (*Schizaphis graminum* (Rondani)) در مزارع آمریکا استفاده شده است (Elliott and Kieckhefer, 1986). همچنین با نمونه برداری از جمعیت‌های چهار گونه از شته‌های مهم گندم در ایالت آیداهو آمریکا، پراکنش فضایی آنها بررسی شد و مدل‌های نمونه برداری دنباله‌ای طراحی گردید (Feng and Nowierski, 1992). برنامه‌های نمونه برداری دنباله‌ای برای شته‌های (*Duraphis* (Feng et al., 1993), *S. graminum noxia* Mord.

(Ramezani et al., 2016). با وجود مطالعات انجام شده در مورد پراکنش فضایی و نمونه برداری شته های گندم در مناطق مختلف ایران، تاکنون هیچ گونه مطالعه‌ای در زمینه پراکنش فضایی و نمونه برداری دنباله‌ای شته های گندم در استان کرمانشاه انجام نشده است. لذا این پژوهش با هدف بررسی پراکنش فضایی جمعیت شته *S. avenae* و طراحی یک برنامه نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای کمک به نمونه برداری کم هزینه تر و سریع تر این شته در مزارع گندم استان کرمانشاه انجام شد.

## مواد و روشها

### نمونه برداری

نمونه برداری‌ها در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در دو مزرعه گندم آبی (هر کدام به مساحت تقریبی یک هکتار) در شهرستان سرپل ذهاب، که از مناطق مهم کشت غلات در استان کرمانشاه است، انجام شد. درانتخاب مزارع عواملی مانند عدم سم‌پاشی، سهولت دسترسی و تنوع اقلیمی (واقع شدن در کوهپایه یا دشت) در نظر گرفته شد. طی دو سال اجرای این پژوهش، نمونه برداری از مزارع به منظور بررسی نحوه پراکنش فضایی و تهیه مدل‌های نمونه برداری دنباله‌ای شته *S. avenae* که از حدود اوایل اسفند آغاز و به صورت هفتگی تا زمان برداشت گندم (اوایل خرداد)، ادامه داشت. در هر نوبت نمونه برداری و در هر کدام از مزارع انتخابی ضمن حرکت بر مسیر دو قطر مزرعه، در هر قطر تعداد ۱۵ عدد بوته (جمعاً ۳۰ بوته) به طور تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌ها پس از قطع شدن به همراه برچسب حاوی تاریخ و سایر مشخصات داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفته و برای شمارش شته‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه، خوشه‌ها در زیر استریومیکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند و جمعیت شته های روی آن به تفکیک پوره ها، حشرات کامل بالدار و حشرات کامل بدون بال

(Afshari and Dastranj, 2009; Soltani Ghasemloo et al., 2014), *S. avenae* (Afshari and Dastranj, 2009; Ramezani et al., 2016), *Rhopalosiphum padi* L. (Boeve and Weiss, 1997; Rajabi et al. 2017) نیز مطالعه و گزارش شده است.

در ایران نیز پژوهشگران متعددی پراکنش فضایی و طرح‌های نمونه برداری دنباله‌ای شته‌های گندم را در استانهای مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. در استان لرستان، یک مدل نمونه برداری دنباله‌ای برای آفات گندم از جمله شته‌های گندم طراحی گردید (Latifian, 2005). همچنین تراکم و پراکنش فضایی جمعیت دو گونه شته‌ی *S. avenae* و *S. graminum* روی خوشه‌های گندم در مزارع گندم اطراف گرگان بررسی شد و یک برنامه نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای تخمین میانگین جمعیت آن‌ها طراحی گردید. همچنین، تعداد نمونه لازم و معادلات خطوط تصمیم‌گیری برای برآورد میانگین جمعیت آنها محاسبه گردید (Afshari and Dastranj, 2009). الگوی نمونه برداری دنباله‌ای شته گندم گل‌سرخ، (*Metopolophim dirhodum* (Walker) در مزارع گندم آبی منطقه جلیل آباد ورامین بررسی گردید (Shahrokhi and Amir-Maafi, 2011). در بررسی دیگری، طی نمونه برداری‌های انجام شده از جمعیت شته‌های *S. graminum* و *Rhopalosiphum maidis* F. در مزارع گندم منطقه باجگاه در استان فارس، پراکنش فضایی و مدل‌های نمونه برداری دنباله‌ای با سطوح دقت ۰/۱۵، ۰/۲۵ و ۰/۳ با کمک روش گرین مورد بررسی قرار گرفت (Soltani Ghasemloo et al., 2015) همچنین به کمک مدل گرین یک برنامه نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای شته‌های فعال در مزارع گندم شهرستان اهواز طراحی شد و تعداد نمونه لازم و معادلات خطوط تصمیم‌گیری برای برآورد میانگین جمعیت محاسبه گردید

جمعیت می‌باشد. شاخص میانگین ازدحام لوید با استفاده از رابطه ۴ تخمین زده شد.

$$m^* = m + S^2 / (m - 1) \quad (4)$$

در این رابطه،  $m$  و  $S^2$  به ترتیب میانگین و واریانس جمعیت در نمونه‌های مورد بررسی می‌باشند. مقادیر بزرگ‌تر، مساوی و کوچک‌تر از  $\beta$  برای ترتیب نشان دهنده پراکنش تجمعی، تصادفی و یکنواخت می‌باشد (Iwao, 1977).

برای بررسی معنی داری اختلاف ضرایب  $b$  تیلور و  $\beta$  آیواتو با صفر، از مقادیر  $P$  و  $F$  به دست آمده از مطالعات رگرسیونی استفاده شد. همچنین برای آزمون اختلاف این ضرائب با عدد یک، از آماره  $t$  در معادله ۵ با درجه آزادی  $n-1$  استفاده شد (Soltani Ghasemloo et al., 2014).

$$t = (slope - 1) / SE_{slope} \quad (5)$$

#### نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت

در این بررسی از مدل گرین<sup>۳</sup> به منظور تهیه یک مدل نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای جمعیت شته  $S. avenae$  روی خوشه‌های گندم استفاده شد. در این مدل برای تعیین تعداد نمونه لازم برای برآورد میانگین جمعیت و خطوط تصمیم‌گیری (خطوط توقف نمونه برداری) به ترتیب از رابطه‌های ۶ و ۷ زیر استفاده گردید:

$$n = \frac{\alpha \bar{x}^{(b-2)}}{D^2} \quad (6)$$

$$T_n = \left( \frac{\alpha n^{1-b}}{D^2} \right)^{1/(2-b)} \quad (7)$$

در روابط فوق،  $n$ : تعداد نمونه (خوشه) لازم برای برآورد میانگین جمعیت شته،  $\bar{x}$ : میانگین جمعیت شته در خوشه،  $D$ : دقت نمونه برداری که در این پژوهش از دو

شمارش شد. به منظور شناسایی گونه‌های شته موجود در مزارع، از تعدادی از نمونه‌های جمع‌آوری شده اسلاید میکروسکوپی تهیه گردید و پس از شناسایی با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر (Rezvani, 2001)، برای تایید، گونه به موسسه تحقیقات گیاهپزشکی ایران ارسال شد.

#### تعیین شاخص‌های پراکنش فضایی

به منظور برآورد نحوه‌ی پراکنش فضایی مراحل مختلف رشدی شته سبز گندم در مزرعه از شاخص‌های تیلور<sup>۱</sup> و آیواتو<sup>۲</sup> استفاده شد (Taylor, 1961; Iwao, 1977).

در رابطه‌ی تیلور ابتدا بین واریانس و میانگین جمعیت یک رابطه توانی برقرار شد (رابطه ۱) که پس از گرفتن لگاریتم از دو طرف معادله، یک رابطه خطی به دست آمد (رابطه ۲).

$$S^2 = a \bar{x}^b \quad (1)$$

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

در این رابطه‌ها،  $a$  و  $b$  مقادیر ثابتی هستند که  $a$  به اندازه نمونه بستگی دارد و  $b$  شاخصی برای نمایش میزان تجمع و نوع پراکنش فضایی می‌باشد. مقادیر بزرگ‌تر، مساوی و کوچک‌تر از  $\beta$  برای ترتیب نشان دهنده پراکنش تجمعی، تصادفی و یکنواخت می‌باشد (Taylor, 1961). در رابطه‌ی آیواتو بین شاخص میانگین ازدحام لوید ( $m^*$ ) و میانگین جمعیت ( $m$ ) یک رابطه رگرسیونی برقرار شد (رابطه ۳).

$$m^* = \alpha + \beta m \quad (3)$$

در رابطه فوق،  $\alpha$  که عرض از مبدأ رابطه‌ی رگرسیونی است نشان‌دهنده‌ی شدت تمایل افراد به تجمع می‌باشد و از خواص ذاتی گونه به شمار می‌رود.  $\beta$ : یا شیب خط رگرسیون شاخصی برای نشان دادن نوع پراکنش فضایی

<sup>1</sup>Taylor's power law

<sup>2</sup>Iwao's patchiness regression method

<sup>3</sup>Green

سرپل ذهاب نشان می‌دهند. با توجه به مقادیر ضرایب تبیین ( $R^2$ ) به دست آمده در هر دو سال نمونه برداری، شاخص تی‌لور نسبت به مدل آیوائو برازش بهتری با داده‌های جمعیت مراحل مختلف نشوونمایی شته نشان داد. مقادیر شیب خط رگرسیون ( $b$ ) در مدل تی‌لور برای جمعیت پوره‌ها، حشرات کامل (بالدار و بدون بال) و مجموع مراحل مختلف نشوونمایی در سال اول به ترتیب، ۱/۹۱، ۱/۶ و ۱/۷۴ و در سال دوم به ترتیب، ۲/۰۶، ۱/۰۸ و ۱/۴۶ محاسبه شد. مقادیر این ضریب در هر دو سال به طور معنی داری از یک بزرگ‌تر و پراکنش فضایی جمعیت مراحل مختلف نشو و نمایی شته از نوع تجمعی بود. نتایج بررسی بسیاری از پژوهش‌گران در سال‌های اخیر نیز بر برازش بهتر قانون نمایی تی‌لور نسبت به روش آیوائو در مطالعه پراکنش فضایی جمعیت شته‌ها دلالت دارد. در مطالعه تراکم و پراکنش فضایی شته‌های گندم در منطقه گرگان، مدل تی‌لور برای برآورد پراکنش فضایی شته‌های *S. Graminum* و *S. avenae* از آیوائو مناسب‌تر بود. همچنین مقدار ضریب  $b$  از ۱/۰۳۴ برای ماده‌های بال‌دار تا ۱/۵۴۵ برای ماده‌های بی‌بال نوسان داشت (Afshari and Dastranj, 2009) که با محدوده محاسبه شده در پژوهش حاضر انطباق نسبی دارد. پراکنش فضایی جمعیت شته *Metopolophium dirhodum* (Walker) در مزارع گندم از نوع تجمعی و دقت روش تی‌لور از روش آیوائو بیش‌تر گزارش شده است (Shahrokhi and Amir-Maafi, 2011). الگوی پراکنش فضایی شته‌های *R. maidis* و *S. graminum* در مزارع گندم منطقه باجگاه فارس نیز تجمعی گزارش شده است و ضرایب تبیین مدل تی‌لور را مناسب‌تر از مدل آیوائو نشان داد (Soltani Ghasemloo et al., 2014). در بررسی پراکنش فضایی شته‌های *S. avenae* در مزارع گندم اهواز نیز مدل تی‌لور ضریب تبیین بالاتری نسبت به مدل آیوائو داشت و مقدار شاخص پراکنش تی‌لور برای مجموع مراحل نشوونمایی حشره ۱/۹۳ محاسبه

سطح دقت ۰/۲۵ و ۰/۱ استفاده شد.  $a$  و  $b$ : ضرایب معادله رگرسیونی تی‌لور و  $T_{70}$ : فراوانی تجمعی شته در  $n$  تعداد خوشه می‌باشند. منحنی‌های تعیین‌کننده تعداد نمونه لازم در نمونه‌برداری و خط توقف در نمونه‌برداری دنباله‌ای با استفاده از داده‌های به دست آمده در این تجزیه و تحلیل توسط نرم افزار اکسل<sup>۱</sup> رسم گردید.

همچنین با توجه به اینکه ضرایب تی‌لور و آیوائو براساس مجموع داده‌های دو سال زراعی ۹۴-۹۵ و ۹۳-۹۴ در مزارع شهرستان سرپل ذهاب برآورد شدند، با کمک آماره  $t$  در رابطه‌ی ۸ وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین ضرایب پراکنش در دو سال مختلف بررسی گردید. با توجه به این که  $t$  محاسبه شده از  $t$  جدول با درجه آزادی موردنظر کم‌تر بود (اختلاف بین ضرایب پراکنش در دو سال نمونه‌برداری معنی‌دار نبود) در نتیجه از مجموع داده‌های دو سال برای طراحی مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای استفاده شد (Green, 1970).

$$t = (b_1 - b_2) / \sqrt{SE_1^2 + SE_2^2} \quad (8)$$

در این رابطه  $b_1$  و  $b_2$  به ترتیب ضرایب پراکنش تی‌لور در سال‌های اول و دوم نمونه برداری و  $SE_1$  و  $SE_2$  به ترتیب خطای استاندارد این ضرایب در این دو سال می‌باشد. محاسبه ضرایب تی‌لور و خطای استاندارد آن‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS 20 و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel 2010 انجام شد.

## نتایج و بحث

### الگوی پراکنش فضایی

جدول‌های ۱ و ۲ مقادیر پارامترهای رگرسیون‌های برقرار شده در مدل‌های تی‌لور و آیوائو را برای مراحل مختلف نشوونمایی جمعیت شته *S. avenae* در مزارع گندم منطقه

<sup>۱</sup> Excel

شد (Ramezani et al., 2016). در مطالعه پراکنش فضایی شته *S. elegans* در مزارع گندم آبی شهرستان میانه نیز قانون نمایی تیلور توصیف بهتری از پراکنش فضایی شته در مزرعه نسبت به مدل آیواتو ارائه داد (Rajabi et al., 2017).

جدول ۱: مقادیر پارامترهای مدل تیلور در برآورد پراکنش فضایی جمعیت شته *S. avenae* در مزارع گندم سرپل ذهاب

Table 1: Parameters of Taylor's power law regression for estimating spatial dispersion of *S. avenae* population in wheat fields of SarPole Zahab

| Year      | Developmental stage | F value | R <sup>2</sup> | b±SE      | a±SE       | Df | T      |
|-----------|---------------------|---------|----------------|-----------|------------|----|--------|
| 2014-2015 | Nymphs              | 36.64*  | 0.93           | 1.91±0.15 | -0.45±0.17 | 22 | 6.05*  |
|           | Adults              | 78.09*  | 0.88           | 1.60±0.18 | -0.09±0.15 | 22 | 8.83*  |
|           | Total               | 24.72** | 0.93           | 1.74±0.23 | -0.51±0.30 | 22 | 4.97*  |
| 2015-2016 | Nymphs              | 92.45** | 0.90           | 2.06±0.08 | -2.06±0.14 | 22 | 11.39* |
|           | Adults              | 46.02*  | 0.82           | 1.08±0.16 | -0.02±0.22 | 22 | 6.78*  |
|           | Total               | 29.96*  | 0.74           | 1.46±0.04 | -1.07±0.09 | 22 | 20.12* |
| 2014-2016 | Nymphs              | 63.47   | 0.75           | 1.66±0.21 | -0.47±0.27 | 44 | 7.97*  |
|           | Adults              | 63.51   | 0.75           | 1.15±0.14 | 0.27±0.13  | 44 | 7.97*  |
|           | Total               | 81.026  | 0.78           | 1.56±0.17 | -0.38±0.25 | 44 | 9.00*  |

\*, \*\* and ns mean significant difference at 1% , 5% and no significant difference, respectively.

جدول ۲: مقادیر پارامترهای مدل آیواتو در برآورد پراکنش فضایی جمعیت شته *S. avenae* در مزارع گندم شهرستان سرپل ذهاب

Table 2: Parameters of Iwao's patchiness regression for estimating spatial dispersion of *S. avenae* population in wheat fields of SarPole Zahab

| Year      | Developmental stage | F value | R <sup>2</sup> | β±SE       | α±SE       | Df | T                  |
|-----------|---------------------|---------|----------------|------------|------------|----|--------------------|
| 2014-2015 | Nymphs              | 6.52*   | 0.395          | 1.46±0.204 | 1.73±7.5   | 22 | 2.25*              |
|           | Adults              | 25.96** | 0.72           | 1.23±0.242 | 1.9±1.87   | 22 | 0.95 <sup>ns</sup> |
|           | Total               | 5.025*  | 0.33           | 1.35±0.148 | 0.95±0.74  | 22 | 2.5*               |
| 2015-2016 | Nymphs              | 10.42** | 0.51           | 2.12±0.52  | 0.03±0.08  | 22 | 2.24*              |
|           | Adults              | 4.99*   | 0.33           | 0.8±0.36   | 9.51±10.48 | 22 | 0.55 <sup>ns</sup> |
|           | Total               | 17.5*   | 0.64           | 2.54±0.48  | 22.07±22.2 | 22 | 2.16*              |

\*, \*\* and ns mean significant difference at 1% , 5% and no significant difference, respectively.

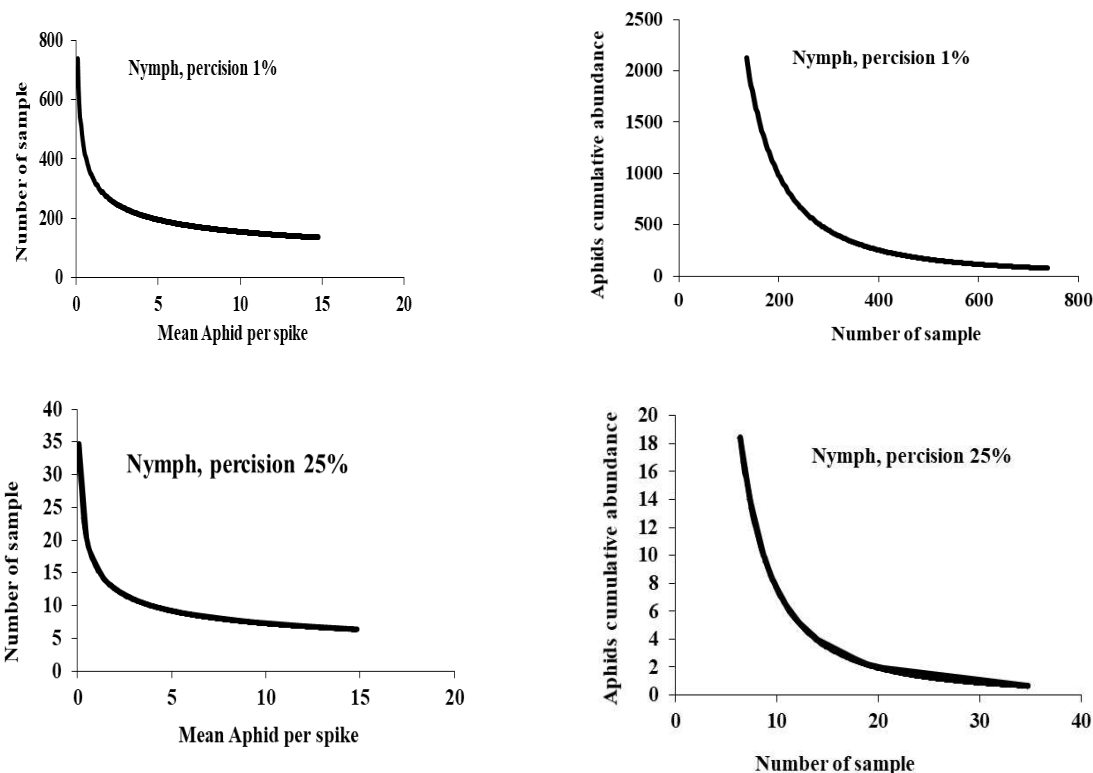
### نمونه برداری دنباله‌ای

داده شده است. در دقت ۰/۱، تعداد نمونه (خوشه) لازم برای برآورد میانگین جمعیت از ۱۰۰ عدد در تراکم ۱۶ تا ۷۰۰ عدد در تراکم ۰/۱ پوره در خوشه متغیر بود. در دقت ۰/۲۵، تعداد نمونه لازم برای برآورد میانگین جمعیت از ۸

منحنی‌های تعداد نمونه لازم برای تصمیم‌گیری و نیز خطوط تصمیم‌گیری در برنامه‌های نمونه برداری دنباله‌ای با دقت‌های ۰/۱ و ۰/۲۵ برای مرحله پورگی در شکل ۱ نشان

مرحله پورگی از ۱۲۰ عدد خوشه در دقت ۰/۱ تا کمتر از ۱۰ عدد خوشه در دقت ۰/۲۵ متغیر بود.

عدد در تراکم ۱۶ پوره در خوشه، تا ۳۵ عدد در تراکم ۰/۲۵ پوره در خوشه متغیر بود. حداقل تعداد نمونه لازم برای تصمیم‌گیری در مورد میانگین جمعیت شته‌ها در

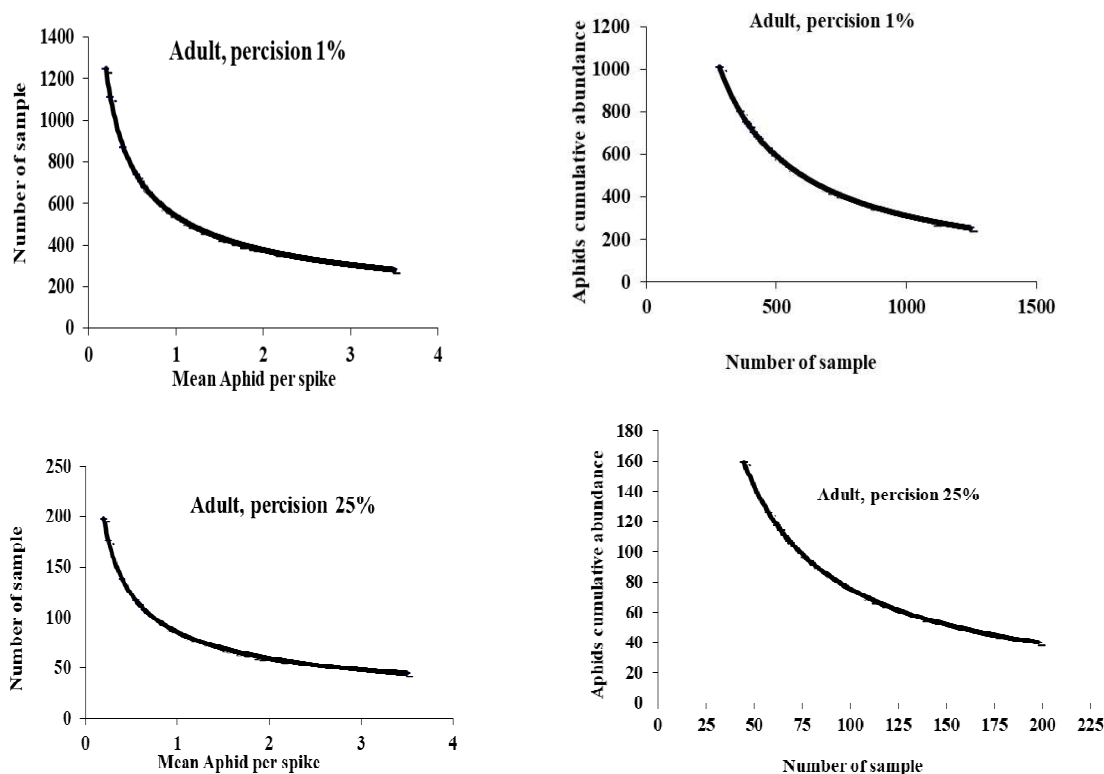


شکل ۱: منحنی‌های تعداد نمونه لازم (چپ) و خطوط تصمیم‌گیری (راست) در برنامه‌های نمونه‌برداری با دقت ثابت (۰/۱ و ۰/۲۵) برای مرحله پورگی شته *S. avenae* در مزارع گندم سرپل ذهاب

Figure 1: Number of required samples (left) and decision lines (right) in fixed precision sequential sampling for nymphs of *S. avenae* in wheat fields of SarPol-e Zahab region

همچنین در دقت ۰/۲۵، تعداد نمونه لازم برای برآورد میانگین جمعیت حشرات کامل از ۵۰ عدد در تراکم ۴ شته در خوشه تا ۲۰۰ عدد در تراکم کمتر از ۱ شته در خوشه متغیر بود. حداقل تعداد نمونه لازم برای تصمیم‌گیری در مورد میانگین جمعیت حشرات کامل از ۲۰۰ عدد خوشه در دقت ۰/۱ تا کمتر از ۵۰ عدد خوشه در دقت ۰/۲۵ متغیر بود.

منحنی‌های تعداد نمونه لازم برای تصمیم‌گیری و نیز خطوط تصمیم‌گیری در برنامه‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت‌های ۰/۱ و ۰/۲۵ برای جمعیت حشرات کامل (بالدار+ بدون بال) در شکل ۲ نشان داده شده است. در دقت ۰/۱، تعداد نمونه (خوشه) لازم برای برآورد میانگین جمعیت حشرات کامل از ۱۲۰۰ عدد در تراکم ۰/۱ شته در خوشه تا ۲۰۰ عدد در تراکم ۴ شته در خوشه متغیر بود.



شکل ۲: منحنی‌های تعداد نمونه لازم (چپ) و خطوط تصمیم‌گیری (راست) در برنامه‌های نمونه برداری با دقت ثابت (۰/۲۵ و ۰/۱) برای مرحله بالغ شته *S. avenae* در مزارع گندم سرپل ذهاب

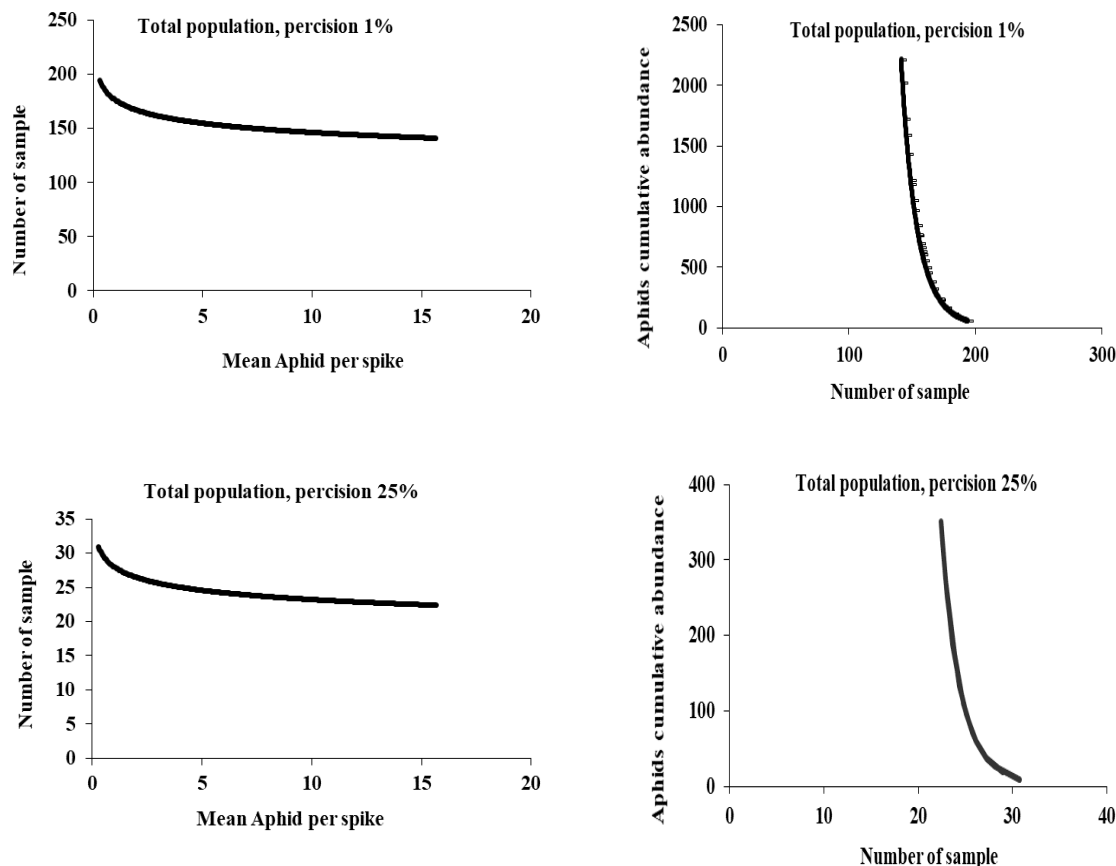
Figure 2: Number of required samples (left) and decision lines (right) in fixed precision sequential sampling programs for adults of *S. avenae* in wheat fields of SarPol-e Zahab region

همچنین در دقت ۰/۲۵ تعداد نمونه لازم برای برآورد میانگین جمعیت کل شته‌ها از ۲۵ خوشه در تراکم ۱۵ شته در خوشه تا ۳۰ خوشه در تراکم ۰/۱ شته در خوشه متغیر بود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در طراحی برنامه‌ی نمونه برداری دنباله‌ای برای برآورد میانگین جمعیت شته *S. avenae*، تعداد نمونه (خوشه) لازم برای تخمین میانگین جمعیت، به عواملی مانند سطح دقت، تراکم جمعیت و مرحله نشوونمایی شته بستگی دارد. به طوری که با کاهش سطح دقت از ۰/۱ به ۰/۲۵، تعداد نمونه لازم برای

منحنی‌های تعداد نمونه لازم برای تصمیم‌گیری و نیز خطوط تصمیم‌گیری در برنامه‌های نمونه برداری دنباله‌ای با دقت‌های ۰/۲۵ و ۰/۱ برای کل جمعیت شته *S. avenae* در شکل ۳ ارائه شده است. در دقت ۰/۱، تعداد نمونه (خوشه) لازم برای برآورد میانگین جمعیت کل شته‌ها از ۱۵۰ عدد خوشه در تراکم ۱۵ شته در خوشه تا ۲۰۰ خوشه در تراکم ۰/۱ شته در خوشه متغیر بود. حداقل تعداد نمونه لازم برای تصمیم‌گیری در مورد میانگین جمعیت کل شته‌ها از ۱۵۰ عدد خوشه در دقت ۰/۱ تا کمتر از ۲۵ عدد خوشه در دقت ۰/۲۵ متغیر بود.





شکل ۳: منحنی‌های تعداد نمونه لازم (چپ) و خطوط تصمیم‌گیری (راست) در برنامه‌های نمونه‌برداری با دقت ثابت (۰/۱ و ۰/۲۵) برای کل جمعیت شته *Sitobion avenae* مزارع گندم سرپل ذهاب

Figure 3: Number of required samples (left) and decision lines (right) in fixed precision sequential sampling programs for total population of *S. avenae* in wheat fields of SarPol-e Zahab region

نمونه (خوشه) لازم برای برآورد میانگین جمعیت کل شته‌ها از ۱۵۰ عدد خوشه در تراکم ۱۵ شته در خوشه تا ۲۰۰ خوشه در تراکم ۰/۱ شته در خوشه متغیر بود. نتایج مشابهی از نظر کاهش تعداد نمونه لازم برای نمونه‌برداری در بررسی‌های سایر پژوهشگران گزارش شده است. استفاده از مدل نمونه برداری دنباله‌ای در مزارع گندم ایالت‌های آیداهو و داکوتای آمریکا برای تخمین تراکم شته‌های *S. graminum* و *R. padi* باعث کاهش تعداد

تخمین جمعیت کل شته‌ها به یک ششم کاهش یافت و از ۱۵۰ خوشه به ۲۵ خوشه رسید. بنابراین نمونه‌برداری با دقت ۰/۲۵ که در مدیریت تلفیقی آفات توصیه شده است (Southwood, 1978) کم هزینه تر و سریعتر خواهد بود. در مراحل رشدی پوره و حشرات کامل حداقل تعداد نمونه لازم برای تصمیم‌گیری در دقت ۰/۲۵ به ترتیب کمتر از ۱۰ و ۵۰ عدد خوشه محاسبه گردید. همچنین بررسی تاثیر تراکم جمعیت شته‌ها نشان داد که در دقت ۰/۱، تعداد

لازم برای تخمین میانگین جمعیت افزایش یافت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نمونه برداری دنباله‌ای می‌تواند تعداد نمونه لازم برای تخمین میانگین جمعیت شته‌ها را بین ۴۴ تا ۸۳ درصد کاهش دهد (Ramezani et al., 2016). همچنین در بررسی مدل‌های نمونه برداری دنباله‌ای شته *S. elegans* در مزارع گندم آبی شهرستان میانه، با کاهش سطح دقت، تعداد نمونه لازم برای برآورد میانگین جمعیت به طور قابل ملاحظه کاهش یافت و از ۷۰۱ ساقه در دقت ۰/۱ به ۱۱۲ عدد ساقه در دقت ۰/۲۵ رسید (Rajabi et al., 2017).

در تحقیق حاضر، برای اولین بار یک مدل نمونه برداری دنباله‌ای برای تخمین میانگین جمعیت شته‌ی *S. avenae* مزارع گندم منطقه سرپل ذهاب استان کرمانشاه طراحی گردید. با توجه به مزایای نمونه برداری دنباله‌ای در مدیریت تلفیقی آفات از جمله کاهش تعداد نمونه لازم و در نتیجه، طول مدت زمان نمونه برداری، از مدل‌های ارایه شده در این پژوهش می‌توان برای پایش جمعیت شته *S. avenae* در مزارع گندم این منطقه استفاده کرد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از مدیریت پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به خاطر فراهم نمودن امکانات مالی برای انجام این پژوهش قدردانی می‌گردد.

نمونه و مدت زمان لازم برای نمونه برداری شده است (Elliott et al., 2003). در طراحی نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ۰/۲۵ برای جمعیت شته‌های *S. avenae* و *S. graminum* روی خوشه‌های گندم در منطقه گرگان تعداد نمونه (خوشه) لازم برای برآورد تراکم جمعیت از ۲۵ عدد در میانگین ۱۶ عدد شته در خوشه تا ۲۶۸ عدد در میانگین ۰/۱۶۸ عدد شته در خوشه متغیر بود. همچنین حداقل تعداد نمونه لازم برای تصمیم‌گیری در مورد میانگین جمعیت شته به طور تقریبی کمتر از ۲۰ عدد خوشه برآورد شد (Afshari and Dastranj, 2009) که با نتایج تحقیق حاضر (کمتر از ۲۵ عدد خوشه در دقت ۰/۲۵) انطباق نسبی دارد. همچنین، نتایج نمونه برداری‌های دنباله‌ای از جمعیت شته *M. dirhodum* در منطقه ورامین نشان داد که با افزایش سطح دقت از ۰/۳ به ۰/۲، تعداد نمونه لازم برای تخمین جمعیت از ۶۰ به ۱۴۲ ساقه گندم (بیش از دو برابر) افزایش یافت (Shahrokhi and Amir-Maafi, 2011). استفاده از نمونه برداری دنباله‌ای در برآورد میانگین جمعیت دو شته *S. graminum* و *R. maidis* در مقایسه با روش متداول نمونه برداری در سطوح دقت ۰/۱۵، ۰/۲۵ و ۰/۳، تعداد نمونه لازم را به ترتیب ۷۷/۸، ۷۸/۳ و ۸۱/۴ درصد کاهش داد (Soltani Ghasemloo et al., 2014). نتایج حاصل از نمونه برداری دنباله‌ای از شته‌های مزارع گندم در اهواز نشان داد که با افزایش دقت نمونه برداری، تعداد نمونه

### REFERENCES

- Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Fazli Estabragh, M., HoseinPour, R., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2016. Statistics of Agricultural crops (field crops). Ministry of Agricultur-Jahad.Tehran. (In Farsi)
- Afshari, A., and Dastranj, M. 2009. Density, spatial sistribution and sequential sampling plans for cereal cphids infesting wheat spike in Gorgan, northern Iran. Journal of Plant Protection, 32(2): 89-102. (In Farsi with English abstract)

Binns, M.R. 1994. Sequential sampling for classifying pest status. In: Pedigo, L.P. and Buntin, G. D. (Eds.) Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture. CRC Press, pp. 137-174.

Blackman, R. L., and Eastop, V. F. 2006. Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs. The Natural History Museum / John Wiley & Sons, Chichester. Great Britain. 1439 pp.

Boeve, P.J., and Weiss, M.J. 1997. Binomial sequential sampling plans for cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in spring wheat. Journal of Economic Entomology, 90(4): 967-975.

Brukness, E.C. and Hutchison, W.D. 1998. Development and validation of a fixed-precision sampling plans for greenbug and bird cherry-oat aphid (Homoptera: Aphididae) in winter wheat. Journal of Economic Entomology, 96(5): 1585-1593.

Elliott, N.C., and Kieckhefer, R.W. 1986. Spatial distributions of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in winter wheat and spring oat in south Dakota. Environmental Entomology, 16(4):896-901.

Elliott, N.C., Giles, K.L. Royer, T.A., Kindler, S.D., Tao, F.L., Jones, D.B., and Cuperus, G.W. 2003. Fixed precision sequential sampling plans for the greenbug and bird cherry-oat aphid (Homoptera: Aphididae) in winter wheat. Journal of Economic Entomology, 96(5): 1583-1593.

Feng, M.G. and Nowierski, R.M. 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.

Feng, M.G., Nowierski, R.M., Zeng, Z., and Scharen, A.L. 1993. Estimation of population density of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) from the proportion of grain tillers with different tally threshold of aphids. Journal of Economic Entomology, 86 (2): 427-435.

Green, R. H. 1970. On fixed level precision sequential sampling. Researches on Population Ecology, 12: 249-251.

Hutchison, W.D., Hogg, D.B., Ashraf Poswal, M., Berberet, R.C., and Cuperus, G.C. 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: 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, biomass and productivity in terrestrial animals. University of Tokyo press, Japan. Pp. 21-46.

- Khanjani, 2005. Field crop pests in Iran (Insects and Mites). Bu-Ali Sina University. 719pp. (In Farsi)
- Koocheki, A., and Nassiri, M. 2004. Diversity of cropping systems in Iran. Pajouhesh-va-Sazandegi, 63: 70-83. (In Farsi with English abstract)
- Kuno, E. 1969. A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. Researches on Population Ecology, 11:127-136.
- Latifian, M. 2005. Decision making system based on sequential sampling method in IPM of wheat in Lorestan province. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 12(5): 136-145. (In Farsi with English abstract)
- Rajabi, 2004. Insect ecology, applied and considering the conditions of Iran. Agricultural Research and Education Organization. Tehran, 602 pp. (In Farsi).
- Rajabi, S., Shahrokhi, Sh., and Iranipour, Sh. 2017. Sequential and bionomial sampling models of *Sipha elegans* (Hemiptera: Aphididae) in irrigated wheat fields in Miyaneh region, Iran. Journal of Applied Entomology and Phytopathology, 84(2): 345-354. (In Farsi with English abstract)
- Ramezani, L., Rajab Pour, A., Zandi-Sohani, N., and Yarahmadi, F. 2016. Fixed precision sequential sampling of aphids on wheat fields in Ahvaz. Journal of Plant Protection, 29(4): 582-588.
- Rezvani, A. 2001. Key to identifying Iranian aphids. Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Tehran. 304 pp.
- Ruesink, W. G., and Kogan, M. 1982. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. 315–352. In Metcalf, R. L. and Luckmann, W. (eds.) Introduction to Insect Pest Management, 2nd Ed. John Wiley, New York.
- Shahrokhi, Sh., and Amir-Maafi, M. 2011. Sequential sampling plan of *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae) in wheat fields. Journal of Entomological Society of Iran. 31(1): 69-82. (In Farsi with English abstract)
- Soltani Ghasemloo, V., Aleosfoor, M., and Mohiseni, A.A. 2014. Sequential sampling of *Rhopalosiphum maidis* and *Schizaphis graminum* (Hem.: Aphididae) in wheat fields of Bajgah, Fars province, Iran. Journal of Entomological Society of Iran, 34(4): 15-28. (In Farsi with English abstract)
- Southwood, T. R. E. 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. 2<sup>nd</sup> ed. Chapman & Hall. 524 pp.
- Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature, 189: 732-735.

## Spatial dispersion and sequential sampling of *Sitobion avenae* (Fabricius) in wheat fields of SarPol-e Zahab, Kermanshah province

Rasoul Zarei Sarchogha<sup>1</sup>, Nooshin Zandi-Sohani<sup>2\*</sup> and Leila Ramezani<sup>3</sup>

1. M.Sc. graduate, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
2. **\*Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Plant Protection, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran (nzandisohani@yahoo.com, zandi@ramin.ac.ir)
3. Associate Professor, Department of Plant Protection, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

Received: 20 June 2017

Accepted: 7 May 2018

### Abstract

#### Background and Objectives

Wheat is one of the most important field crops in Kermanshah province. Although aphids are not among the key pests of wheat, their population and damage can increase in suitable conditions. Sequential sampling methods for estimating the population of aphids in wheat fields can be useful in pest management as they promote effective use of time to estimate population density. In this study, spatial dispersion and a fixed precision sequential sampling program were investigated for *Sitobion avenae* (Hom.: Aphididae) population in wheat fields of SarPol-e Zahab, Kermanshah province.

#### Materials and Methods

A systematic weekly sampling was conducted in two selected wheat fields in SarPol-e Zahab region during years 2015 and 2016. Samples were collected by X-shaped movement in the field and totally 30 plants were selected randomly in each occasion. Taylor power law and Iwao's patchiness indices were used to assess the spatial dispersion of the aphid population. A sequential sampling plan was also developed using the fixed-precision method of Green for estimating the density of adults, nymphs, and total population.

#### Results

The results showed that Taylor power law fitted better to data than Iwao's patchiness regression. The sample size increased with increasing precision level from 0.25 to 0.1 and it also increased when the population density decreased. At precision level of 0.1, average sample number for estimating the total population of aphids was different from 150 spikes in a density of 15 aphids/spike to 200 spikes in a density of 0.1 aphids/spike. At precision level of 0.25, the required sample for population estimation ranged from 25 spikes for a density of 15 aphids/spike to 30 spikes in a density of 0.1 aphid/spike.

#### Discussion

According to the results, sequential model at the precision level of 0.25 is recommended to sample *S. avenae* population, because of reducing the cost and sampling time. The results obtained from this study can be useful to population management of aphids in wheat fields of SarPol-e Zahab region.

**Keywords:** Population monitoring, Taylor's power law, IPM