



## مقاله پژوهشی

مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت شته گندم-یولاف، *Sitobion avenae* در مزارع گندم منطقه ماهیدشت کرمانشاهشهلا باقری متین<sup>۱</sup>، حسنعلی واحدی<sup>۲</sup>، شهرام شاهروخی خانقاه<sup>۳</sup>، ناصر معینی نقده<sup>۴</sup>، فرزاد جلیلیان<sup>۵</sup>

۱، ۲، ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛

۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛ ۵- استادیار، مرکز تحقیقات

و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

(تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۱)

## چکیده

پراکنش پهنه‌ای شته گندم-یولاف، *Sitobion avenae* (F.) در مزارع گندم منطقه ماهیدشت کرمانشاه بررسی و مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای پایش آن تهیه و نمونه‌برداری طی پنج سال انجام شد. در هر تاریخ نمونه‌برداری ۱۰۰ ساقه به صورت تصادفی بازدید شد. دامنه میانگین تراکم جمعیت در مزرعه گندم ۰/۳۹-۳۴/۰۱ عدد شته در هر ساقه بود. پراسنجه‌های قانون نمایی تیلور برای تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای به روش Green (1970) استفاده شدند. پراکنش پهنه‌ای شته از نوع تجمعی تعیین شد. در مدل‌های نمونه‌برداری، اندازه نمونه با افزایش میانگین تراکم جمعیت شته کاهش یافت. در مدل با سطح دقت تحقیقاتی (۰/۱) اندازه نمونه لازم برای پایش جمعیت شته گندم-یولاف در بیشترین میانگین تراکم جمعیت مشاهده شده در مزرعه (۳۴/۰۱ عدد در هر ساقه) ۱۳۶ عدد بود که در مدل با سطح دقت مدیریتی تلفیقی آفات (۰/۲۵) به ۲۲ عدد ساقه کاهش یافت. با توجه به بزرگ بودن اندازه نمونه در سطح دقت ۰/۱، مدل با سطح دقت مدیریتی تلفیقی آفات برای پایش شته گندم - یولاف توصیه می‌شود که اندازه نمونه را نسبت به مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای در سطح دقت ۰/۱، بیش از شش برابر کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: پایش، شته گندم-یولاف، نمونه‌برداری دنباله‌ای، نوسانات جمعیت

### Sequential sampling model with fixed precision level of the English grain aphid, *Sitobion avenae* in wheat fields of the Mahidasht region, Kermanshah

SH. BAGHERI MATIN<sup>1</sup>, H.A. VAHEDI<sup>2</sup>, SH. SHAHROKHI KHANEGHAH<sup>3</sup>, N. MOEENY NAGHADEH<sup>4</sup>, F. JALILIAN<sup>5</sup>

1, 2, 4. PhD student, Associate Professor, Associate Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

3. Associate Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran,

Iran; 4. Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Kermanshah, AREEO, Kermanshah, Iran

## Abstract

Spatial distribution of the English grain aphid, *Sitobion avenae* (F.), was studied in wheat fields of Mahidasht, Kermanshah province and Sequential sampling models with fixed precision level were prepared for its monitoring. Sampling was conducted during five years. At each sampling date, 100 tillers were randomly visited. The mean range of population density in wheat field was 0.39-34.01 aphids/ tiller. Taylor's Power Law parameters were used to preparing sampling models according to Green (1970). Spatial distribution was determined as cumulative. Sample size decreased with increasing aphid population density in sampling models. In research precision level of (0.1), the sample size required at the highest average population density observed in the field (34.01/ tiller) was 136, which in precision level proposed for integrated pest management (0.25) reduced to 22 tillers. Overall, due to the large sample size at the precision level of 0.1, the model prepared at the precision level of integrated pest management (0.25) was recommended for monitoring *S. avenae*. The recommended model can reduce sample size more than six times at different densities in comparison to the sequential sampling model at the precision level of 0.1.

Keywords: Monitoring, population fluctuation, sequential sampling, the English grain aphid

## مقدمه

گندم *Triticum aestivum* L. یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک کشور است که در سطح وسیعی از زمین‌های زراعی کشور کشت می‌شود. هر عاملی که سبب کاهش کمیت و کیفیت این محصول مهم شود، در صورت عدم کنترل می‌تواند امنیت غذایی را تهدید نماید. آفات مختلفی از جمله شته‌ها به مزارع گندم خسارت می‌زنند. در ایران شته‌ها پس از سن گندم از آفات مهم مزارع گندم و جو می‌باشند (Behdad, 2002).

شته‌ها در شرایط مناسب با افزایش سریع جمعیت، خسارت وارد می‌کنند (Alawi, 2020; Parry, 2013). براساس تحقیقات انجام شده فعالیت شته‌ها عملکرد محصول گندم را به‌طور متوسط ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌دهد که ۷۲ درصد از این کاهش به‌علت تغذیه شته و خسارت مستقیم و ۲۸ درصد ناشی از خسارت غیر مستقیم است (Rabbinge et al., 1981). در سال‌های اخیر جمعیت شته‌ها در مزارع گندم با توجه به تغییرات اقلیمی و پدیده گرمایش زمین رو به افزایش است، زیرا زودتر در مزارع شروع به فعالیت کرده و می‌تواند تعداد نسل بیشتری تولید کند. مطالعات انجام شده در سایر کشورها از جمله هندوستان نیز نشان می‌دهد که خسارت شته‌های (F.) *Sitobion avenae* و *Rhopalosiphum padi* L. در سال‌های اخیر افزایش یافته است (Alawi et al., 2020). *S. avenae* و *Schizaphis graminum* از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین شته‌های مزارع گندم آمریکا محسوب می‌شوند (Elliott & Kieckhefer, 1986). در اکثر مناطق گندم خیز ایران نیز گونه‌های *S. avenae* و *R. padi* فعالیت دارند که از شته‌های خطرناک جهان به‌شمار می‌روند (Afshari & Dastranj, 2010).

در مدیریت تلفیقی آفات، استفاده از یک روش نمونه‌برداری قابل اعتماد برای تعیین زمان کنترل در موفقیت برنامه نقش مهمی دارد (Hutchison et al. 1988). کاربرد روش نمونه‌برداری دنباله‌ای در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات باعث صرفه‌جویی در زمان و کاهش هزینه نمونه‌برداری شده و نقش مهمی در کنترل موفقیت‌آمیز و اقتصادی آفت دارد. مدل‌های نمونه‌برداری

دنباله‌ای با سطح دقت ثابت به‌همراه هزینه کمتر و تصمیم‌گیری سریع‌تر، دارای جایگاه ویژه‌ای در بررسی‌ها و مطالعات جمعیتی حشرات هستند. در روش نمونه‌برداری دنباله‌ای به‌منظور تصمیم‌گیری برای کنترل و مدیریت آفت، کار نمونه‌برداری از آفت تا زمان تصمیم‌گیری برای کنترل یا عدم کنترل آن ادامه پیدا می‌کند (Binns, 1994; Bakhshizadeh et al., 2010).

بیشترین مطالعات انجام شده در کشور در رابطه با مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای مربوط به سن معمولی گندم *Eurygaster integriceps* Puton است که برای مزارع گندم مناطق مختلف کشور ارایه شده است (Amir-Maafi, 1997; Amir-Maafi et al., 2007). همچنین مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت به‌ترتیب در استفاده از کادر و تور حشره‌گیری برای تخمین جمعیت سن مادر در مزارع گندم دیم بروجرد تهیه شده است (Mohiseni et al., 2009a, 2009b). از سایر پژوهش‌های انجام شده در زمینه نمونه‌برداری دنباله‌ای در کشور می‌توان به تبیین مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای برای پایش جمعیت شته‌های خوشه گندم در منطقه گرگان اشاره کرد (Afshari and Dastranj, 2010). همچنین مدل نمونه‌برداری برای شته گندم-گل سرخ در مزارع گندم ورامین تهیه شده است (Shahrokhi and Amir-Maafi, 2011). از سایر پژوهش‌های انجام شده می‌توان به مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای شته‌های مزارع گندم منطقه باجگاه استان فارس (Soltani Ghasemloo et al. 2014) و شته‌های مزارع گندم اهواز (Ramezani et al. 2016) و شته برگ ذرت در مزارع جو کرمانشاه اشاره نمود (Shahrokhi et al. 2019).

برای کنترل شته‌ها در ایران از روش کنترل شیمیایی استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت استفاده از روش نمونه‌برداری سریع، اقتصادی و قابل اعتماد در تعیین زمان کنترل در مدیریت تلفیقی آفات، تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای پایش دقیق و سریع تراکم جمعیت شته یولاف گندم در مزرعه ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به این که پراسنجه‌های پراکنش پهنه‌ای و به تبع آن مدل‌های نمونه‌برداری حاصل از آن‌ها برای هر گونه از حشرات در مناطق مختلف جغرافیایی

ابتدا میانگین و واریانس جمعیت شته در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری محاسبه شد و سپس الگوی پراکنش پهنه‌ای جمعیت شته *Sitobion avenae* با استفاده از قانون نمایی تیلور (Taylor, 1961) و روش رگرسیون ایوانو (Iwao (1977) تعیین گردید. این دو روش، روش‌های رگرسیونی پرکاربرد در تعیین نوع و پراسنجه‌های پراکنش پهنه‌ای می‌باشند. به منظور تعیین نوع و پراسنجه‌های پراکنش پهنه‌ای از دو روش یاد شده به شرح زیر استفاده شد.

#### الف- قانون نمایی تیلور

قانون نمایی تیلور ارتباط بین میانگین و واریانس جمعیت را به شکل یک رابطه توانی (رابطه ۱) نشان می‌دهد. برای حل این معادله می‌توان با تبدیل لگاریتمی آن را به رابطه خطی (رابطه ۲) تبدیل و پراسنجه‌های آن را با استفاده از رگرسیون خطی محاسبه نمود (Taylor, 1961).

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

$$\ln(s^2) = \ln a + b \ln(\bar{x}) \quad (2)$$

پراسنجه  $a$  (عرض از مبدا) به‌عنوان یک عامل مقیاس‌بندی وابسته به اندازه نمونه، توصیف شده‌است پراسنجه  $b$  (شیب خط رگرسیون) را به‌عنوان ثابت وابسته به رفتار گونه یا محیط پیشنهاد نمود. از شیب خط یا  $b$  می‌توان برای طبقه‌بندی نوع پراکنش استفاده کرد، یعنی اگر  $b=1$  باشد پراکنش تصادفی، اگر  $b > 1$  باشد پراکنش تجمعی و اگر  $b < 1$  باشد پراکنش یکنواخت است (Taylor, 1961).

از آزمون  $\chi^2$  به صورت  $t = (b-1)/sb$  برای رد تصادفی بودن پراکنش استفاده شد. در این آزمون  $s^2$  خطای استاندارد شیب خط رگرسیون است.  $\chi^2$  محاسبه شده با  $\chi^2$  جدول با درجه آزادی  $n-2$  مقایسه گردید (Buntin, 1994).

برای اطلاع از امکان تجمیع داده‌های مربوط به نمونه‌برداری در سال‌های مختلف، از آنالیز کواریانس برای مقایسه آماری خطوط رگرسیون لگاریتم طبیعی میانگین جمعیت شته با لگاریتم واریانس استفاده شد (McDonald, 2014).

متفاوت است و تاکنون پژوهش‌های انجام شده در زمینه شته‌های مزارع گندم در استان کرمانشاه به‌عنوان چهارمین استان تولیدکننده گندم به بررسی‌های فونستیک و تغییرات جمعیتی محدود شده است، لذا در این پژوهش مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای به‌منظور پایش جمعیت شته گندم - یولاف به‌عنوان فراوان‌ترین گونه شته‌های مزارع گندم در منطقه ماهیدشت کرمانشاه برای استفاده در مدیریت تلفیقی تهیه و ارائه شده است.

#### مواد و روش‌ها

##### نمونه‌برداری از شته

یک مزرعه گندم به مساحت تقریبی دو هکتار در منطقه ماهیدشت کرمانشاه انتخاب شد و به مدت پنج فصل زراعی (۱۴۰۰، ۱۳۹۹، ۱۳۹۸، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۶) مورد آماربرداری قرار گرفت. واحد نمونه‌برداری، یک ساقه گندم بود. نمونه‌برداری‌ها از ابتدای فصل بهار تا زمان برداشت محصول به فاصله هر ۴-۵ روز یک بار انجام شد. در هر نوبت نمونه‌برداری تعداد ۱۰۰ ساقه گندم در ۱۰ ردیف موازی به فواصل حدود ۱۰ متر از هم به‌طور تصادفی بازدید شد. هر سال ۲۰ بار نمونه‌برداری انجام شد و در مجموع طی پنج سال، نمونه‌برداری در ۱۰۰ زمان مختلف انجام شد. در هر نوبت نمونه‌برداری، ساقه‌های گندم بررسی و قسمت‌های آلوده به شته (برگ، ساقه و خوشه) با قیچی بریده شده و به‌طور جداگانه در درون لوله‌های آزمایش به آزمایشگاه منتقل شدند. حشرات کامل و مراحل پورگی شته‌ها با استفاده از استریومیکروسکوپ شمارش و بر اساس کلیدهای تشخیصی (Rezvani(2002 و Olsen et al.(1993 شناسایی شدند.

##### تعیین الگو و آماره‌های پراکنش فضایی جمعیت شته

در این پژوهش در مجموع ۱۰۰۰۰ ساقه گندم طی نمونه‌برداری در زمان‌های مختلف (۱۰۰ سری داده) مورد بازدید و بررسی آزمایشگاهی قرار گرفت. نمونه‌برداری‌ها با شروع فصل زراعی و استقرار شته‌ها در مزرعه آغاز و تا زمان برداشت محصول ادامه داشت. با استفاده از نتایج نمونه‌برداری،

## ب- روش رگرسیونی Iwao

در این روش، رگرسیون خطی برای بررسی رابطه بین میانگین انبوهی لوید (Lloyd's mean crowding) ( $\bar{x}$ ) و میانگین تراکم ( $\bar{x}$ ) استفاده می‌شود (رابطه ۳) (Iwao, 1977). میانگین انبوهی لوید از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$\chi^* = \bar{x} + \frac{s^2}{\bar{x}} - 1 \quad (3)$$

$$\chi^* = \alpha + \beta \bar{x} \quad (4)$$

در این روش چنانچه  $\alpha > 0$  و  $\beta = 0$  باشد، پراکنش از نوع تصادفی و در صورتی که  $\alpha = 0$  و  $\beta > 1$  پراکنش تجمعی و اگر  $\alpha > 0$ ،  $\beta > 1$  باشد، پراکنش از نوع یکنواخت است (Lloyd, 1967).

## تهیه مدل نمونه برداری دنباله‌ای

با توجه به برازش بهتر قانون نمایی تیلور با داده‌ها در مقایسه با مدل رگرسیونی ایوانو، از نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون پراکنش پهنه‌ای به روش قانون نمایی تیلور (پراسنجه-های قانون نمایی تیلور)، برای تهیه مدل‌های نمونه برداری دنباله‌ای استفاده شد. خط توقف نمونه برداری براساس قانون نمایی تیلور و با استفاده از روش Green (1970) از رابطه (۵) محاسبه و رسم شد.

$$T_n \geq \left( \frac{an^{1-b}}{D_0^2} \right)^{\frac{1}{(2-b)}} \quad (5)$$

در این معادله  $a$ ، عرض از مبدا و  $b$  شیب خط قانون نمایی تیلور است،  $D_0$  دقت معین و ثابت که در این پژوهش سطح دقت پیشنهاد شده برای مدیریت تلفیقی آفات (۰/۲۵) و سطح دقت تحقیقاتی (۰/۱) در نظر گرفته شد.  $n$  تعداد نمونه و  $T_n$  فراوانی تجمعی مرحله رشدی مورد شمارش می‌باشد.

اندازه نمونه مورد انتظار بر اساس روش گرین با استفاده از فرمول زیر (۶) محاسبه شد (Naranjo & Hutchison, 1997).

$$n_a = \frac{ae^{(b-2)\ln m}}{D^2} \quad (6)$$

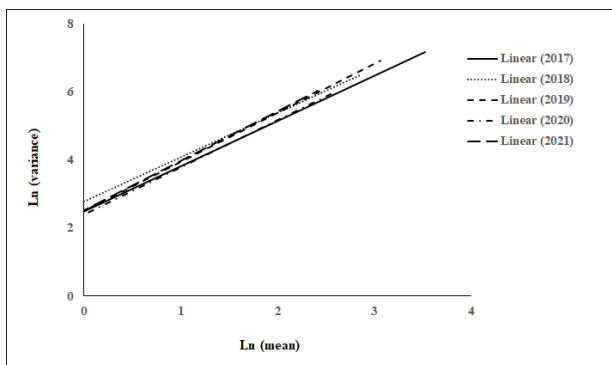
محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS 9.12 انجام و شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

## نتایج

## پراکنش پهنه‌ای

در این پژوهش بیشترین جمعیت شته گندم-یولاف در سال ۱۳۹۶ و کمترین جمعیت مربوط به سال ۱۴۰۰ بود. دامنه میانگین تراکم جمعیت شته گندم-یولاف در مزرعه گندم آزمایشی طی سال‌های مورد بررسی ۰/۳۹-۳۴/۰۱-شته در هر ساقه بود.

شکل ۱ خطوط رگرسیون لگاریتم طبیعی میانگین جمعیت شته گندم-یولاف با لگاریتم طبیعی واریانس را در سال‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. به طوری که ملاحظه می‌شود خطوط رگرسیون در سال‌های ۱۳۹۶-۱۴۰۰ بسیار به هم نزدیک بود. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری نیز، تفاوت معنی داری بین شیب ( $b$ ) و عرض از مبدا ( $a$ ) خطوط رگرسیون لگاریتم طبیعی میانگین جمعیت شته گندم-یولاف با لگاریتم طبیعی واریانس در روش قانون نمایی تیلور در سال‌های مختلف مشاهده نشد (جدول ۱). به همین دلیل ۱۰۰ سری داده مربوط به پنج سال مورد بررسی (۱۳۹۶-۱۴۰۰) تجمیع و برای محاسبه آماره‌های پراکنش پهنه‌ای استفاده شدند.



شکل ۱- خطوط رگرسیون لگاریتم طبیعی میانگین جمعیت شته

گندم-یولاف با لگاریتم طبیعی واریانس در سال‌های ۱۳۹۶-۱۴۰۰.

Fig. 1. Regression lines of *Sitobion avenae* mean population natural logarithm with variance natural logarithm in 2017-2021.

جدول ۲ آماره‌های پراکنش پهنه‌ای شته گندم-یولاف در مزرعه گندم منطقه ماهیدشت کرمانشاه را نشان می‌دهد. برآوردها نشان داد که مقدار پراسنجه  $b$  قانون نمایی تیلور به طور

مقایسه بین ضرایب تبیین در دو روش تیلور و ایوانو نشان داد که داده‌ها با قانون نمایی تیلور برازش بهتری داشتند (جدول ۲). به همین دلیل، در پژوهش حاضر برای تهیه مدل‌های نمونه برداری دنباله‌ای شته گندم-یولاف از پراسنجه‌های قانون نمایی تیلور استفاده شد.

در پژوهش حاضر با توجه به این که مقدار عددی ضریب تبیین قانون نمایی تیلور نسبت به روش ایوانو (۰/۹۶) در مقایسه با ۰/۷۴) بیشتر بود، لذا در مجموع قانون نمایی تیلور برای تعیین نوع پراکنش پهنه‌ای شته گندم-یولاف در مزرعه گندم منطقه ماهیدشت کرمانشاه مناسب‌تر از روش ایوانو بود که با نتایج (Elliot & Kieckhefer 1986) و Feng et al. (1993) مطابقت داشت. همچنین نتایج پژوهش‌های متعدد دیگر بیانگر این موضوع است که برای بررسی رابطه بین میانگین و واریانس جمعیت شته‌های گندم و جو و تعیین پراکنش فضایی آن‌ها، مدل رگرسیونی تیلور از برازش بالاتری برخوردار بوده است. نتایج حاصل از بررسی‌های پراکنش پهنه‌ای چهار گونه از شته‌های غلات شامل شته

معنی‌دار بزرگ‌تر از عدد یک (۱/۳۵۳) و نشان دهنده پراکنش تجمعی این شته در مزارع گندم بود. در روش ایوانو نیز مقدار پراسنجه  $\beta$  به‌طور معنی‌دار بزرگتر از عدد یک (۱/۲۸) برآورد شد و پراکنش تجمعی شته را ثابت کرد (جدول ۲) که با نتایج پراکنش پهنه‌ای شته گندم-یولاف در مزارع گندم هندوستان که توسط Alawi et al. (2020) تجمعی گزارش شده است، مطابقت دارد. بسیاری از پژوهش‌های انجام شده توسط پژوهشگران، حاکی از تجمعی بودن پراکنش جمعیت شته‌های مزارع غلات بوده است. برای مثال پراکنش شته برگ ذرت در مزارع سورگوم جارویی (Shahrokhi & Amir-Maafi, 2011)، مزارع گندم (Soltani & Ghasemloo et al., 2014) و مزارع جو (Shahrokhi et al., 2019) تجمعی گزارش شده است. از نظر Southwood (1978)، پراکنش فضایی حشرات یک واکنش رفتاری محسوب می‌شود و یک عواملی مانند رفتارهای تولیدمثلی، تمایل به تجمع و ناهمگن بودن محیط زندگی ناشی از تأثیر عوامل میکروکلیمایی، ترجیح قسمتی از گیاه میزبان و همچنین فعالیت دشمنان طبیعی از دلایل پراکنش تجمعی حشرات به‌شمار می‌رود.

جدول ۱- مقایسه آماری شیب خطوط رگرسیون لگاریتم طبیعی میانگین جمعیت شته گندم-یولاف با لگاریتم طبیعی واریانس در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۶.

**Table 1.** Statistical comparison of the line slopes of *Sitobion avenae* mean population natural logarithm with variance natural logarithm regressions in 2017-2021.

Source	D. F.	Sum of squares	Mean square	F	p
Ln(m)	1	193.76	193.76	3973.75	<.0001
a	4	0.40	0.10	2.06	0.0921
b	4	0.35	0.09	1.82	0.1322
Error	90	4.38	0.05		
R-Square = 0.98		C.V. = 4.31			

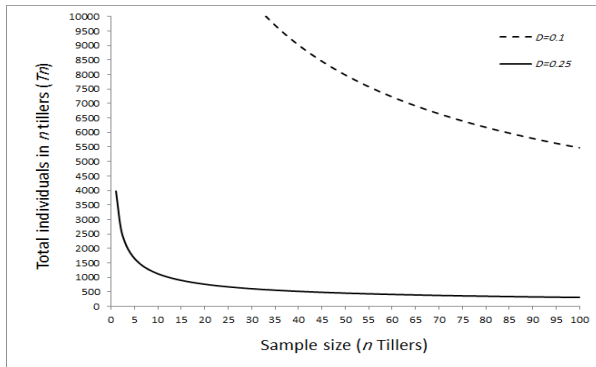
جدول ۲- پراسنجه‌های پراکنش پهنه‌ای شته گندم-یولاف، *Sitobion avenae* در مزرعه گندم منطقه ماهیدشت کرمانشاه بر اساس قانون نمایی تیلور و روش رگرسیونی ایوانو.

**Table 2.** Spatial distribution statistics ( $\pm$  SE) of English grain aphid, *Sitobion avenae*, in wheat field in Mahidasht, Kermanshah based on Taylor's Power law and Iwao's patchiness regression method.

Taylor's Power law					Iwao's patchiness regression			
n	Ln (a)	b	MSE	r <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$	MSE	r <sup>2</sup>
100	2.591 $\pm$ 0.05	1.353 $\pm$ 0.02	0.062	0.969	19.211 $\pm$ 1.28	1.831 $\pm$ 0.01	62.184	0.749

n: number of data series

است ساقه های گندم در مزرعه به‌طور تصادفی مورد بازدید قرار گرفته و فراوانی تجمعی شته در برابر اندازه نمونه رسم و نمونه‌برداری تا زمان قطع خط توقف ادامه یابد.



شکل ۲- خطوط توقف برای نمونه‌برداری از شته گندم- یولاف *Sitobion avenae* در مزرعه گندم در دو سطح دقت ۰/۱ و ۰/۲۵ در مزرعه گندم منطقه ماهیدشت کرمانشاه.

**Fig. 2.** Stop lines for sampling English grain aphid, *Sitobion avenae*, in wheat field at precision levels of 0.25 and 0.1 in wheat field in Mahidasht, Kermanshah.

نتایج نشان داد که در مدل‌های نمونه‌برداری تهیه شده، اندازه نمونه لازم برای پایش جمعیت شته یولاف - گندم در مزرعه گندم به تراکم جمعیت شته و سطح دقت مورد نظر بستگی داشت. بر اساس محاسبه اندازه نمونه مورد انتظار، با افزایش سطح دقت از ۰/۲۵ (سطح دقت مدیریتی تلفیقی آفات) به ۰/۱ (سطح دقت تحقیقاتی) اندازه نمونه برای پایش شته به‌طور قابل ملاحظه افزایش یافت (شکل ۳). بنابراین نمونه‌برداری در سطح دقت تحقیقاتی (۰/۱) وقت گیر و پرهزینه خواهد بود، زیرا برای مثال در میانگین تراکم جمعیت ۱۰ عدد شته در هر ساقه، برای تخمین جمعیت در سطح دقت ۰/۲۵ نمونه‌برداری از ۴۸ ساقه کافی بود، در حالی که با افزایش سطح دقت به ۰/۱ اندازه نمونه به ۳۰۰ (بیش از شش برابر) افزایش یافت (شکل ۳). Ekbom (1985) از بررسی‌های خود در نمونه‌برداری از شته *R. padi* نتیجه گرفت که اندازه نمونه در مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با سطح دقت ۰/۱ بسیار بزرگ بوده و نمونه‌برداری با این دقت در مزرعه اقتصادی نیست.

یولاف-گندم، شته معمولی گندم، شته برگ ذرت و شته *R. padi* نشان داد که قانون نمایی تیلور بهتر معادله ایوانو رابطه بین میانگین و واریانس جمعیت را نشان می‌دهد (Elliot & Kieckhefer, 1986 a, b). همچنین ارزیابی پژوهش‌های صورت گرفته توسط Tomanovic et al. (2008)، Afshari & dastranj (2010)، Shahrokhi & Amir- maafi (2011)، Soltani Ghasemloo et al. (2014)، Ramezani et al. (2016)، Khodabandeh & Shahrokhi (2018)، Shahrokhi et al. (2019) و Alawi et al. (2020) نشان داد که مدل تیلور برای ارزیابی پراکنش فضایی شته‌های غلات و طراحی مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت مناسب‌تر از روش ایوانو است.

نتایج پژوهش‌های Kring & Gilstrap (1983)، Ekbom (1985)، Boevi & Weiss (1998)، Feng & Nowiereski (1992)، Elliot et al. (2003) و Aleosfoor et al. (2018) در بررسی و برآورد پراسنجه‌های پراکنش پهنه‌های گونه‌های مختلف شته‌های غلات در مناطق مختلف نشان داد که ارتباط بین واریانس و میانگین جمعیت به‌خوبی با مدل تیلور قابل توصیف است. از طرفی نتایج پژوهش دیگری در سوئد نشان داد که در مزارع غلات هر دو روش تیلور و ایوانو برای بررسی پراکنش پهنه‌ای شته *R. padi* در مزارع مناسب بود، اما به دلیل تغییرات زیاد پراسنجه در روش ایوانو در سال‌های مختلف، قانون نمایی تیلور برای طراحی مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای انتخاب و پیشنهاد شد (Ekbom, 1985). نتایج بررسی‌های Feng et al. (1993) نیز نشان داد که روش تیلور برای تعیین الگوی توزیع فضایی شته یولاف- گندم مناسب‌تر از روش ایوانو بود.

#### مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت

شکل ۲ خطوط توقف نمونه‌برداری را در مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت در دو سطح دقت تحقیقاتی (۰/۱) و مدیریتی تلفیقی آفات (۰/۲۵) برای تعیین تراکم جمعیت شته گندم-یولاف در مزرعه گندم نشان می‌دهد. با استفاده از خطوط توقف نمونه‌برداری در این مدل‌ها می‌توان میانگین تراکم جمعیت را با حداقل اندازه نمونه در سطح دقت مورد نظر تعیین کرد. برای استفاده عملی از این مدل‌ها، لازم

مقایسه مدل‌های نمونه‌برداری تهیه شده برای ردیابی شته برگ ذرت *R. maidis* در مزارع سورگوم جارویی منطقه میانه نیز نشان داد که با کاهش سطح دقت از ۰/۲۵ به ۰/۱ اندازه نمونه مورد نیاز برای تخمین جمعیت شته به‌طور قابل توجه افزایش می‌یابد و به همین دلیل مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای در سطح دقت ۰/۲۵ برای استفاده در برنامه مدیریت تلفیقی این شته در مزارع سورگوم جارویی توصیه شده است (Khodabandeh & Shahroki, 2018).

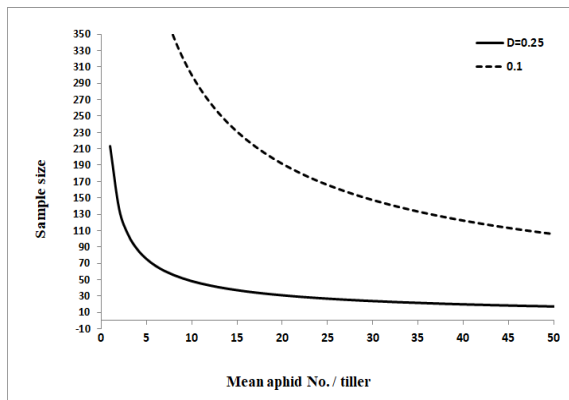
در مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای، اندازه نمونه به تراکم جمعیت نیز بستگی دارد (Buntin, 1994). در مطالعه حاضر با افزایش تراکم جمعیت شته گندم-یولاف در مزرعه گندم، اندازه نمونه کاهش یافت. اندازه نمونه در مدل‌های نمونه‌برداری در اردیبهشت ماه به دلیل افزایش جمعیت شته، کمتر از فروردین و خرداد ماه بود. در سطح دقت ۰/۲۵، با افزایش تراکم شته از ۱۰ به ۵۰ عدد، اندازه نمونه از ۴۸ به ۱۷ عدد ساقه کاهش یافت (شکل ۳). به همین دلیل نمونه‌برداری از شته در جمعیت‌های نزدیک به سطح زیان اقتصادی به دلیل کوچک بودن اندازه نمونه، زمان‌بر نیست. این نتایج با یافته‌های سایر محققان مانند Elliott et al. (2003) در نمونه‌برداری دنباله‌ای از جمعیت شته *R. padi* در مزارع گندم مطابقت دارد، به طوری که اندازه نمونه در سطح دقت مدیریت تلفیقی آفات در تراکم جمعیت یک عدد شته در هر ساقه، ۱۳۵ عدد برآورد شد، در حالی که با افزایش تراکم شته به ۵۰ عدد در هر ساقه، اندازه نمونه به ۱۹ عدد کاهش یافت.

مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای پیش‌بینی آفات مناسب هستند، زیرا اندازه نمونه لازم و در نتیجه زمان نمونه‌برداری را در سطح دقت مورد نظر به حداقل می‌رسانند (Bechinski et al., 1983; Maiteki & Lamb, 1987). برای مثال استفاده از مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای به روش Green (1970) برای تخمین تراکم جمعیت شته معمولی گندم و *R. padi* در مزارع گندم ایالت‌های آیداهو و داکوتای آمریکا باعث صرفه‌جویی در زمان نمونه‌برداری شده است (Elliot et al., 2003). بر اساس نتایج پژوهش‌های Afshari (2005) مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای رایج

در مدیریت تلفیقی آفات، بهترین نمونه‌برداری‌ها، نمونه‌برداری‌هایی هستند که با کمترین تعداد نمونه در زمان کمتری انجام گیرند (Pedigo & Buntin, 1993). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در سطح دقت ۰/۱ که برای اهداف تحقیقاتی مناسب می‌باشد، اندازه نمونه لازم برای برآورد جمعیت شته‌ها افزایش قابل توجه نشان داد. اندازه نمونه لازم برای پیش‌شته گندم-یولاف در مدل‌های با سطح دقت ۰/۱ و ۰/۲۵ در بیشترین میانگین جمعیت مشاهده شده در مزرعه گندم (۳۴/۰۱) عدد شته در هر ساقه) به ترتیب ۱۳۶ و ۲۲ عدد ساقه گندم بود (شکل ۳). به عبارت دیگر استفاده از مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با سطح دقت مدیریت تلفیقی آفات در تراکم‌های بالای شته مانند آنچه در مزرعه گندم مشاهده شده است (۳۴ عدد در هر ساقه)، اندازه نمونه را بیش از شش برابر کاهش داده و بازدید تصادفی از تعداد کمی از ساقه‌ها (۲۲ عدد) برای محاسبه میانگین تراکم جمعیت شته گندم-یولاف در این سطح دقت کافی خواهد بود. بنابراین، برای پیش‌شته گندم-یولاف در مزارع گندم، مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با سطح دقت ۰/۲۵ توصیه می‌شود. به گزارش Wiktelius (1982) به نقل از Ekbohm (1985)، در نمونه‌برداری دنباله‌ای شته‌های غلات در صورتی که تعداد تجمعی شته‌ها پس از بازدید تصادفی ۴۰-۲۰ ساقه خط توقف را قطع نکند، بهتر است نمونه‌برداری قطع شود، زیرا جمعیت شته‌ها آنقدر پایین است که به سطح زیان اقتصادی نمی‌رسد. به نظر این محقق نمونه‌برداری با استفاده از مدل‌ها در نزدیکی سطح زیان اقتصادی به دلیل پایین بودن اندازه نمونه، آسان است، زیرا برای ردیابی شته‌های غلات ۳۰-۲۵ ساقه لازم است بازدید شود.

استفاده عملی از مدل رایج شده در سطح دقت ۰/۱ با توجه به بزرگ بودن اندازه نمونه مقدور نبود. نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از پژوهش بسیاری از محققان که نشان داده‌اند در سطح دقت ۰/۱ اندازه نمونه بزرگ است و لذا سطوح دقت پایین‌تری را برای ردیابی جمعیت در مدیریت آفات پیشنهاد داده‌اند، مطابقت دارد (Elliott et al., 2003; Vargas, 2007).

پهنه‌ای حشرات به موقعیت جغرافیایی مناطق انتشار آن‌ها بستگی دارد. لذا با در نظر گرفتن مزایای مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای در مدیریت تلفیقی آفات شامل دقت ثابت و معین، تصمیم‌گیری سریع و کاهش هزینه‌های مدیریتی، تهیه مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای بر اساس پراسنجه‌های پراکنش پهنه‌ای برای پایش جمعیت شته‌های مزارع گندم در سایر استان‌های کشور توصیه می‌شود.



شکل ۳- اندازه نمونه در تراکم‌های مختلف جمعیت شته گندم- یولاف، *S. avenae* در مزرعه گندم منطقه ماهیدشت کرمانشاه در سطوح دقت ۰/۱ و ۰/۲۵.

**Fig. 3.** Sample size for different densities of English grain aphid, *Sitobion avenae*, in wheat field in Mahidasht, Kermanshah at precision levels of 0.1 and 0.25.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه و دانشگاه رازی کرمانشاه بابت فراهم نمودن امکانات اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

شده توسط (Ba-Angood & Stewart 1980) برای مدیریت تلفیقی شته برگ ذرت در مزارع جو کانادا نیز باعث صرفه‌جویی قابل ملاحظه در زمان نمونه‌برداری شد. به گزارش Soltani (2014) Ghasemloo *et al.* مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای در سطوح ۰/۱۵، ۰/۲۵ و ۰/۳ در مزارع گندم منطقه باجگاه استان فارس، تعداد نمونه مورد نیاز برای پایش شته برگ ذرت را به ترتیب ۷۷/۸، ۷۸/۳ و ۸۱/۴ درصد نسبت به روش نمونه‌برداری متداول کاهش دادند. همچنین، Aleosfoor *et al.* (2018) مدل‌هایی برای ردیابی شته *R. padi* در مزارع گندم استان فارس ارائه کرده‌اند که در آن‌ها اندازه نمونه ۷۸-۸۰ درصد نسبت به اندازه نمونه ثابت کاهش یافته است.

اهمیت گندم به‌عنوان مهمترین محصول استراتژیک در تامین امنیت غذایی کشور و لزوم کنترل هر عامل تهدید کننده و خسارت‌زا در زمان مناسب و همچنین با در نظر گرفتن پدیده گرمایش جهانی و تاثیر آن در شروع فعالیت زودتر شته‌ها در مزارع گندم، ضرورت استفاده از روش‌های نمونه‌برداری سریعتر و کم هزینه تر با دقت ثابت مورد نظر را بیش از پیش نمایان می‌سازد. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای تهیه شده در سطح دقت ۰/۲۵ توصیه شده برای مدیریت تلفیقی آفات، در پایش شته گندم- یولاف در مزارع گندم منطقه ماهیدشت کرمانشاه قابل استفاده است. الیوت و همکاران (Elliott *et al.*, 2003) معتقدند که طراحی مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای در شته‌های غلات به گونه شته، نوع محصول و رقم و همچنین منطقه جغرافیایی بستگی دارد و لذا ضرورت دارد که این مدل‌ها در محصولات و مناطق مختلف جغرافیایی بررسی شوند. همچنین وی معتقد است که پراکنش



## References

- AFSHARI, A., M. DASTRANJ, 2010. Density, spatial distribution and sequential sampling plans for cereal aphids infesting wheat spike in Gorgan, northern Iran. *Plant Protection*, No. 32(2):89-102. [In Persian with English summary].
- AFSHARI, A., 2005. Population dynamics of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover and damage assessment in cotton fields of Iran. Ph. D. Thesis. Shahid Chamran University, Iran. 381 pp.
- ALAWI, S. H., S.S., SUROSHE, M., SUBHASH CHANDER, 2020. Spatial distribution and sequential sampling of aphid and their natural enemies on wheat Nebapure and Namita Poddar Division of Entomology, ICAR-Indian Agricultural Research Institute.
- ALEOSFOOR M., V., SOLTANI GHASEMLOO, A., MHSENI, 2018. Fixed precision sequential sampling of *Rhopalosiphum padi* (L.) in wheat fields of Badjgah (Fars province) in Iran. *Entomofauna*, No. 39: 285-300. [In Persian with English summary].
- AMIR-MAAFI, M., 1997. Sequential sampling of adult Sunnpest, *Eurygaster integriceps* Puton, in wheat fields of different areas of Iran. Research Report of Sunn Pest Comprehensive Project, Iranian Research Institute of Plant Protection, 126 pp. (In Persian with English summary).
- AMIR-MAAFI, M., B.L., PARKER, M., EL-BOHSSINI, 2007. Binomial and sequential sampling of adult Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton. pp. 115-121. In: Parker, B. L., Skinner, M., El Bouhssini, M. and Kumari, S. G. (eds.). Sunn Pest Management: A decade of progress 1994-2004. Published by Arab Society for Plant Protection, Beirut, Lebanon
- BA-ANGOOD, S.A., R.K., STEWART, 1980. Sequential sampling for cereal aphids on barley in southwestern Québec. *Journal of Economic Entomology*, No. 73:679-681.
- BAKSHSHIZADEH, N., A., MOHISENI, A., FATHI, 2010. Dispersion pattern and sequential sampling model with fixed precision for estimating population of *Eurygaster integriceps* Put. (Het.: Scutelleridae) in rainfed wheat fields of Ardabil. *Scientific Journal of Agriculture*, No. 33(2): 63-75.
- BECHINSKI, E.J., G.D., BUNTIN, L.P., PEDIGO, H.G., THORVILSON, 1983. Sequential count and decision plans for sampling green cloverworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in soybean. *Journal of Economic Entomology*, No. 76: 806-812.
- BEHDAD, E. 2002. *Plant pests of Iran*. 800 pp. Yadbood.
- BOEVE, P.J., M., WEISS, 1998. Spatial Distribution and Sampling Plans with Fixed Levels of Precision for Cereal Aphids (Homoptera: Aphididae) Infesting Spring Wheat. *Can. Entomol*, No. 130(1): 67-77.
- BUNTIN, G.D., 1994. Developing a primary sampling program. In: PEDIGO, L. P. , BUNTIN, G. D. (eds.). *Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 99-115.
- EKBOM, B.S., 1985. Spatial distribution of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hemiptera: Aphidi-dae) in spring cereals in Sweden and its importance for sampling. *Environmental Entomology*, No. 14: 312-316.
- ELLIOTT, N.C., KIECKHEFER, R.W., 1986a. Cereal aphid populations in winter wheat: Spatial distributions and sampling with fixed levels of precision. *Environmental Entomology*, No.15: 945-958.
- ELLIOTT, N.C., R.W., KIECKHEFER, 1986b. Spatial distributions of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in winter wheat and spring oats in South Dakota. *Environmental Entomology*, No.16: 896-901.
- ELLIOTT, N.C., K.L., GILES, T.A., ROYER, S.D., KINDLER, F.L., TAO, D.B., JONES, G.W., CUPERUS, 2003. Fixed precision sequential sampling plans for the greenbug and bird cherry-

- oat aphid (Homoptera: Aphididae) in winter wheat. *Journal of Economic Entomology*, No. 96: 1585-1593.
- FENG, M. G., R.M., NOWIERSKI, 1992. Spatial distribution and sampling plans for four species of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat in southwestern Idaho. *Journal of Economic Entomology*, No. 85: 830-837.
- GREEN, R.H., 1970. On fixed precision level sequential sampling. *Research Population Ecology*, No. 12: 249-251.
- HUTCHISON, W.D., D.B., HOGG, M.A., POSWAL, R.C., BERBERET, G.W., CUPERUS, 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*, No. 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, pp. 21-46 in Morisita, M. (Ed.) *Studies on methods of estimating population density*. Tokyo Press, Japan.
- KHODABANDEH, H., S., SHAHROKHI KHANGAH, 2018. Sequence sampling model for monitoring corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) in broom corn fields of Miyaneh region, Iran. *Agroecology Journal*, No.14: 1-10. [In Persian with English summary].
- KRING, T.J., F.E., GILSTRAP, 1983. Within-field distribution of greenbug (Homoptera: Aphididae) and its parasitoids in winter wheat. *Journal of Economic Entomology*, No. 76: 57-62.
- LLOYD, M., 1967. Mean crowding. *Journal of Animal Ecology* 36, 1-30.
- MAITEKI, G.A., R.J., LAMB, 1987. Sequential decision plan for control of pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae) on field peas in Manitoba. *Journal of Economic Entomology*, No. 80: 605-607.
- McDonald, J.H. 2014. *Handbook of Biological Statistics*. Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland.
- MOHISENI, A., E., SOLEIMANNEJADIAN, M.S., MOSSADEGH, G., RAJABI, 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.
- NARANJO, S.E., E.D., HUTCHISON, 1997. Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: software and analysis. *American Entomologist*, 43(1): 48-57.
- OLSEN, C.E., K.S., PIKE, L., BOYDSTON, D., ALLISON, 1993. Keys for identification of apterous viviparae and immatures of six Small grain aphids (Hom., Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, No. 86: 137-148.
- PARRY, H.R., 2013. Cereal aphid movement: general principles and simulation modelling. *Movement Ecology*, No 1: 14
- PEDIGO, L.P., G.B., BUNTIN, 1993. *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. 705 pp. CRC Press.
- RABBINGE, R., E., DREES, M., VAN DER GRAAF, F., VERBERNE, A., WESSELO, (1981). Damage effects of cereal aphids in wheat. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, No. 87: 217-232
- RAMEZANI, L., A., RAJABPOR, N., ZANDI SOOHANI, F., YARAHMADI, 2016. Fixed precision sequential sampling of aphids on wheat fields in Ahvaz. 2016. *Journal of Plant Protection*. No. 29, 4: 582-588
- REZVANI, A., 2002. *Key to the identification of aphids in Iran*. 305 pp. Agricultural Research, Education and Extension Publication. [In Persian with English summary].
- SAS INSTITUTE, 2005. *SAS/STAT User's Guide for Personal Computer*. Release 9.12 SAS Institute, Inc., Cary, NC., USA.
- SHAHROKHI, S., M., AMIR-MAAFI, 2011. Sequence sampling of rose-grain aphid, *Metopolophium*

- dirhudum* (Hemiptera: Aphididae) in wheat fields. Journal of Entomological Society of Iran, NO. 31: 82-69. [In Persian with English summary].
- SHAHROKHI, S., S., BAGHERI MATIN, M., AMIR-MAAFI, 2019. Spatial distribution and fixed precision sequential sampling model of corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae) in barley fields. Journal of Entomological Society of Iran , No.39 (3): 311-323
- SOLTANI GHASEMLOO, V., M., ALEOSFOOR, A.A., MOHISENI, 2014. sequential sampling of *Rhopalosiphum maidis* and *Schizaphis graminum* (Hem.: aphididae) in wheat fields of Badjgah, Fars province, Iran. Journal of Entomological Society of Iran, NO. 34: 15-20. [In Persian with English summary].
- SOUTHWOOD, T.R.E., 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*, 2nd ed. 524 pp. Chapman & Hall.
- TOMANOVIC Z., N.G., KAVALLIERATOS, C.G., ATHANASSIOU, 2008.. Spatial ditribution of cereal aphids (Hemiptera: Aphididae) in Serbia. Acta Entomologica Serbica, No. 13(1/2):9-14.
- TAYLOR, L.R., 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature, No. 189:732-735.
- VARGAS, L.E., 2007. Damage assessment and sampling of the rice stink bug, *Oebalus pugnax* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae), in rice, *Oryza sativa* L., in Texas. Ph.D. Thesis. Texas A & M University.
- WIKTELIUS, S., 1982. Flight phenology of cereal aphids and possibilities of using suction trap catches as an aid in forecasting outbreaks. Sweden Journal of Agricultural Research, No. 12: 9-16.