

استفاده از ابزارهای آماری مختلف برای مدل‌سازی پراکنش فضایی سن سبز *Adelphocoris lineolatus* در

مزارع یونجه

مهسا قهرمانی، رقیه کریم‌زاده[✉]، شهزاد ایرانی‌پورگروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. [✉] r_karimzadeh@tabrizu.ac.ir

پذیرش: ۹۹/۱۰/۷

بازنگری: ۹۹/۹/۲۱

دریافت: ۹۹/۹/۵

چکیده

این مطالعه با هدف مدل‌سازی پراکنش فضایی سن سبز *Adelphocoris lineolatus* طی دو سال زراعی و در شش مزرعه یونجه انجام شد. نمونه‌برداری‌ها با سبز شدن گیاهان یونجه، به صورت هفتگی شروع و تا برداشت چین آخر ادامه یافتند. نمونه برداری سن سبز با استفاده از تور حشره‌گیری با ۶-۸ چرخش ۱۸۰ درجه‌ای در هر ۴۰۰ مترمربع انجام شد و سن‌های افتاده در تور شمارش و ثبت شدند. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از روش‌های رگرسیونی، شاخص‌های پراکنش و زمین‌آمار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مطابق نتایج حاصل، نسبت واریانس به میانگین، شاخص پراکنش (ID)، شاخص دیوید و مور (IDM)، شاخص میانگین ازدحام لوید (x^*) و شاخص گرین (C_x) بزرگتر از یک بودند که نشان دهنده تجمع بودن پراکنش فضایی این حشره بود. آماره‌های رگرسیونی نیز نشان دادند که پراکنش آفت در تمام مزارع مورد مطالعه در سال اول از نوع تجمعی و در سال دوم از نوع تصادفی بود. با توجه به مقدار بالاتر ضریب تبیین و پایین بودن مقدار خطای استاندارد ضرایب رگرسیونی، مدل تیلور کارایی بیشتری نسبت به مدل آیواتو داشت. نتایج حاصل از تجزیه زمین آماری نیز نتایج روش‌های مذکور را تأیید کردند، طوری که شاخص k در ۱۸ مورد از ۲۰ سری داده بررسی شده کمتر از ۰/۸ بود که نشان دهنده توزیع تجمعی می‌باشد. نتایج این مطالعه می‌توانند در طراحی و اجرای برنامه‌های نمونه‌برداری و مدیریت سن سبز یونجه مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: رگرسیون، زمین‌آمار، سن سبز یونجه، شاخص‌های پراکنش

Using different statistical tools to model spatial distribution of *Adelphocoris lineolatus* in alfalfa fieldsMahsa Ghahramani, Roghaiyeh Karimzadeh[✉], Shahzad IranipourDepartment of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. [✉] r_karimzadeh@tabrizu.ac.ir

Received: 25 Nov 2020

Revised: 11 Dec 2020

Accepted: 27 Dec 2020

Abstract

This study aimed to model spatial distribution of alfalfa plant bug *Adelphocoris lineolatus* in six alfalfa fields during two growing seasons. Weekly sampling was started early in the spring and continued until cutting the hay. The plant bugs were sampled using six to eight 180° sweeps per 400 m² grid and bugs captured by sweep net were counted. The data were analyzed using regression methods, dispersion indices and geostatistical analysis. According to the results, the variance to means ratio, dispersion indices (I_D), David-Moore index (I_{DM}), Lloyd's index (x^*) and Green's Index (C_x) were greater than one, indicating the aggregated distribution. Regression statistics also showed that in all studied fields in the first and second year, distribution of the pest was aggregated and random, respectively. Due to the high coefficients of determination and the low standard error values of the regression coefficients, Taylor's model was more efficient than Iowa's model. The results of geostatistics confirmed the results of regression methods and distribution coefficients; and K index was less than 0.8 for 18 out of 20 datasets, which indicates the aggregated distribution. These results can be used in sampling and pest management programs of alfalfa plant bug.

Keywords: *Adelphocoris lineolatus*, Dispersion indices, Geostatistics, Regression

How to cite:

Ghahramani M, Karimzadeh R, Iranipour S, 2021. Using different statistical tools to model spatial distribution of *Adelphocoris lineolatus* in alfalfa fields. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10 (2): 1-9. www.SID.ir

مقدمه

رگرسیونی تیلور و آیوانو بررسی کردند. نتایج نشان داد توزیع سنک قوزه پنبه و لاروهای بالتوری سبز از نوع تجمعی و توزیع سنک نابیس از نوع تصادفی می‌باشد. همچنین (Seiter et al. 2013) پراکنش مکانی مراحل تخم، پوره و حشره کامل *Megacocta cribraria* (Hemiptera: Plataspidae) را در مزارع آلوده سویا طی دو سال با استفاده از قانون تیلور، رگرسیون آیوانو و تجزیه مکانی با شاخص‌های مکانی مطالعه کردند. نتایج به دست آمده نشان دادند که هر سه مرحله زیستی این آفت از الگوی پراکنش تجمعی تبعیت می‌کنند. در مطالعه پراکنش فضایی جمعیت سنک گندم توسط (Bakhshizadeh et al. 2010)، مدل آیوانو نسبت به تیلور برازش بهتری نشان داد و پراکنش از نوع تجمعی بود.

تعیین پراکنش مکانی حشرات می‌تواند اطلاعات مهمی را در زمینه‌های مختلف به‌ویژه بوم‌شناسی جمعیت حشرات و شناخت روابط بین آنها فراهم کند. همچنین نقشه‌های پراکنش حاصل می‌توانند در مدیریت مکان ویژه‌ی آفت مورد استفاده قرار گیرند. در این روش مدیریتی چون روش‌های کنترل به‌صورت مکانمند فقط در محل‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که جمعیت آفت در آنها بالای آستانه اقتصادی می‌باشد ضمن کاهش هزینه‌های کنترل، کارایی اقدام کنترلی نیز افزایش می‌یابد (Trematerra et al. 2011b; Karimzadeh et al. 2004). مطالعه‌ی حاضر با هدف مدل‌سازی پراکنش فضایی سنک سبز یونجه با استفاده از روش‌های آماری مختلف و مقایسه نتایج حاصل از این روش‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزارع یونجه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. در سال اول پژوهش، سه مزرعه یونجه (A, B, C) به مساحت‌های حدود ۱/۴، ۱/۸ و ۲ هکتار و در سال دوم سه مزرعه دیگر (D, E, F) به مساحت‌های ۱/۲، ۱/۴ و ۰/۷ هکتار در همان منطقه برای ادامه پژوهش انتخاب و به شبکه‌های ۲۰ × ۲۰ متری تقسیم شدند. مختصات جغرافیایی مرکز این شبکه‌ها در گیرنده جی پی اس (مدل GPS-map 76CSx ساخت شرکت گارمین) ذخیره شدند. نمونه برداری از سن سبز، با رسیدن ارتفاع گیاهان یونجه به حدود ۱۰ سانتی‌متر شروع و به صورت هفتگی تا زمان برداشت هر چین ادامه داشت. جهت کاهش خطا و ایجاد یکنواختی، تمامی نمونه برداری‌ها قبل از ظهر ساعت ۸ تا ۱۲ انجام گرفت. برای نمونه برداری از تور حشره‌گیری با طول دسته ۸۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۳۷ سانتی‌متر استفاده شد. در هر

سن‌های گیاهی خانواده Miridae آفات مهمی هستند که انتشار جهانی دارند و روی اغلب گیاهان زراعی مانند یونجه، شبدر و پنبه گونه‌هایی از آنها یافت می‌شوند. سن سبز یونجه *Adelphocoris lineolatus* (Goeze) یکی از سن‌های مهم چند نسلی این خانواده می‌باشد که با تغذیه از اندام‌های زایشی یونجه سبب کاهش قوه نامیه بذر، ریزش غنچه‌ها، گل‌ها و اختلال در عمل گرده افشانی می‌شود. اغلب بعد از برداشت یونجه با مهاجرت به مزارع اطراف مثل پنبه و ذرت، در این محصولات نیز خسارت ایجاد می‌کند (Khanjani 2005; Mirab-balou & Radjabi 2013). پوره‌ها و حشرات کامل سن سبز یونجه از گل و غلاف‌های سبز یونجه تغذیه کرده و سبب زردی براکنه‌های باز شده و ریزش آنها به‌ویژه در شرایط تنش آبی می‌شود (Anonymous 2017).

تعیین الگوی پراکنش مکانی موجودات زنده، یک فرآیند بنیادی بوده و تعیین موقعیت افراد نسبت به یکدیگر در طبیعت برای مطالعات بوم‌شناختی ضروری می‌باشد (Perry 1995 a, b). روش‌های آماری مورد استفاده برای تعیین پراکنش مکانی موجودات زنده دو گروه می‌باشند. گروه اول روش‌هایی هستند که روی مقادیر نمونه‌ها و واریانس بین آنها تمرکز می‌کنند و موقعیت مکانی نمونه را در نظر نمی‌گیرند و گروه دوم روش‌هایی هستند که علاوه بر مقادیر نمونه‌ها و واریانس بین آنها، موقعیت مکانی نمونه‌ها را هم در تجزیه‌ها لحاظ می‌کنند (Nestel et al. 2004). گروه اول شامل شاخص‌های تجمع مانند شاخص پراکنش (I_D)، شاخص دیوید و مور (I_{DM})، شاخص میانگین ازدحام لوید (x^*) و شاخص گرین (C_x) و روش‌های رگرسیونی می‌باشد که رابطه بین میانگین و واریانس را نشان می‌دهند. از گروه دوم می‌توان به روش‌های تجزیه زمین آماری و تجزیه مکانی با شاخص‌های فاصله اشاره کرد (Ghahramani et al. 2019). پراکنش مکانی یک پدیده چند بعدی است و استفاده از هر دو گروه ابزار آماری برای تعیین آن توصیه می‌شود (Perry & Dixon 2002). مطالعات متعددی با استفاده از روش‌های مختلف تجزیه مکانی، برای تعیین پراکنش مکانی حشرات مختلف صورت گرفته است (Karimzadeh et al. 2011a; Tillman & Cottrell 2015; Garcia et al. 2017; Reay-Jones 2017).

(Jafari et al. 2005) الگوی توزیع مکانی سنک قوزه پنبه *Creontiades pallidus* Rambler و دو شکارگر بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* (Stephens) و سنک *Nabis capsiformis* Germar را با استفاده از نسبت واریانس به میانگین و روش‌های

$$C_x = \frac{(S^2/\bar{x}) - 1}{n-1}$$

روش‌های رگرسیون: در روش رگرسیونی، داده‌های مربوط به هر تاریخ به صورت جداگانه تجزیه شدند و واریانس و میانگین هر تاریخ محاسبه شد. فرمول مورد استفاده در روش رگرسیونی تیلور به صورت زیر می‌باشد (Taylor 1961):

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

در رابطه‌ی بالا، S^2 واریانس نمونه‌ها، \bar{x} میانگین نمونه‌ها در هر تاریخ نمونه برداری، a محل تلاقی خط رگرسیون با محور y ها و b شیب خط رگرسیون می‌باشد. مقدار شیب خط رگرسیون بزرگتر، مساوی و کوچکتر از یک به ترتیب نشان دهنده الگوی پراکنش تجمع‌ی، تصادفی و یکنواخت می‌باشد. معادله رگرسیونی آیوائو برای تعیین الگوی پراکنش نیز به صورت زیر است (Iwao 1968):

$$x^* = \alpha + \beta \bar{x}$$

$$x^* = \bar{x} + [(S^2/\bar{x}) - 1]$$

مقدار شیب معادله رگرسیونی آیوائو (β) نشان دهنده نوع توزیع فضایی حشره مورد نظر است. همانند روش تیلور، شیب بزرگتر از یک، برابر با یک و کوچکتر از یک به ترتیب نشان دهنده تجمع‌ی، تصادفی و یکنواخت بودن الگوی پراکنش حشره است. همچنین برای آزمودن انحراف ضرایب رگرسیونی آیوائو و تیلور (به ترتیب β و b) از عدد یک از فرمول زیر استفاده شد:

$$t = \frac{\text{slope} - 1}{SE_{\text{slope}}}$$

اگر قدر مطلق آماره‌ی t محاسبه شده از رابطه‌ی فوق، با $n-2$ درجه‌ی آزادی از t جدول استودنت کوچکتر باشد، فرض صفر ($\alpha = 1$) یا β پذیرفته می‌شود و الگوی توزیع فضایی از نوع تصادفی خواهد بود. در غیر این صورت، چنانچه $b > 1$ باشد توزیع از نوع تجمع‌ی و اگر $b < 1$ از نوع یکنواخت خواهد بود.

تجزیه‌های زمین‌آماری: برای تجزیه مکانی داده‌ها، تعداد حشرات شمارش شده در هر شبکه به مرکز شبکه که مختصاتش در GPS ذخیره شده بود نسبت داده شد. تجزیه‌های زمین‌آماری با نرم-افزار GS+ 5.1.1 (Gamma Design Software, Plainwell, MI) انجام شدند. جهت تعیین درجه وابستگی مکانی بین نمونه‌ها و نوع توزیع مکانی حشرات مورد مطالعه از تغییرنماها استفاده شد. نیم پراش (Semivariance) با فرمول زیر محاسبه شد:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2$$

شبکه بسته به تراکم پوشش گیاهی، ۸-۶ چرخش ۱۸۰ درجه‌ای تور به عنوان واحد نمونه در نظر گرفته شد و سن‌های افتاده در تور شمارش و ثبت شدند.

تعیین الگوی پراکنش فضایی

شاخص‌های تجمع: برای تعیین الگوی پراکنش سن سبز چهار شاخص تجمع شامل شاخص پراکنش (I_D)، شاخص دیوید و مور (I_{DM})، شاخص میانگین ازدحام لوید (x^*) و شاخص گرین (C_x) مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه شاخص پراکنش (I_D) براساس نسبت بین S^2/\bar{x} از فرمول زیر استفاده شد:

$$I_D = (n-1) S^2/\bar{x}$$

که S^2 واریانس، \bar{x} میانگین و n تعداد نمونه می‌باشد. مقادیر I_D بزرگتر از یک نشان دهنده توزیع تجمع‌ی، مقادیر مساوی یک نشان دهنده توزیع تصادفی و مقادیر کوچکتر از یک حاکی از توزیع یکنواخت می‌باشند. پس از محاسبه I_D ، مقدار عددی Z از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$Z = \sqrt{2I_D} - \sqrt{2(v-1)}$$

در این رابطه، v درجه آزادی ($v = n - 1$) و n تعداد نمونه‌ها می‌باشد، اگر $Z \geq 1/96$ باشد، پراکنش از نوع تجمع‌ی، $Z > 1/96$ یکنواخت خواهد بود (Patil et al. 1974). برای محاسبه شاخص دیوید و مور (I_{DM}) از فرمول زیر استفاده شد (Southwood 1995):

$$I_{DM} = (S^2/\bar{x}) - 1$$

که بر اساس کسر عدد یک از نسبت واریانس بر میانگین، شاخصی بر مبنای صفر به دست می‌آید که مقادیر مثبت نشان دهنده پراکنش تجمع‌ی و مقادیر منفی نشان دهنده پراکنش یکنواخت می‌باشد.

شاخص میانگین ازدحام لوید (x^*) و شاخص ازدحام لکه‌ای (I_P) نیز با استفاده از رابطه‌های زیر به دست آمد (Lloyd 1967):

$$x^* = \bar{x} + (S^2/\bar{x}) - 1$$

$$I_P = x^*/\bar{x}$$

در رابطه‌های فوق نیز S^2 واریانس، \bar{x} میانگین و n تعداد نمونه می‌باشد. مقادیر $I_P > 1$ ، $I_P = 1$ و $I_P < 1$ به ترتیب نشان دهنده الگوی توزیع تجمع‌ی، تصادفی و یکنواخت می‌باشند.

شاخص گرین (C_x) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد، که مقادیر مثبت، صفر و منفی این شاخص به ترتیب نشان دهنده توزیع تجمع‌ی، تصادفی و یکنواخت می‌باشند (Green 1966).

بنابراین بر اساس محاسبات، تجمعی بودن پراکنش سن سبز یونجه در اغلب نمونه برداری‌ها تایید شد.

در تمام مزارع مورد مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۵ و همچنین بر پایه داده‌های تجمیع شده، شیب خط رگرسیون در هر دو مدل تیلولر و آیواتو بزرگ تر از یک ($b > 1$) بود (جدول ۲) و در هر دو روش رگرسیون، t محاسبه شده از t جدول بزرگتر بود که نشان دهنده اختلاف معنی دار شیب خط رگرسیون از یک و توزیع فضایی تجمعی می‌باشد. اما داده‌های مربوط به سال زراعی ۱۳۹۶ نشان داد که در اغلب مزارع در هر دو روش رگرسیون، t محاسبه شده از t جدول کوچکتر بود که نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار شیب خط رگرسیون از یک می‌باشد و این حاکی از تصادفی بودن پراکنش آفت می‌باشد. در ضمن، عرض از مبدا خطوط رگرسیون، در اغلب موارد منفی است که می‌توان چنین توجیه کرد که در انبوهی‌های پایین توزیع فضایی حشره میل به تصادفی بودن یا حتی یکنواختی دارد. همچنین با توجه به مقدار بالاتر ضریب تبیین و پایین بودن مقدار خطای استاندارد ضرایب رگرسیونی، می‌توان گفت که مدل تیلولر کارآیی بیشتری نسبت به مدل آیواتو دارد.

برای تعیین همبستگی مکانی، بر اساس مقادیر مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها (RSS) و r^2 بهترین مدل‌ها انتخاب شدند. در مواردی که مقدار r^2 خیلی پایین بود، مدلی برازش نشد. برای ۱۶ مورد از ۳۶ سری داده به دلیل r^2 پایین و RSS بالا مدلی برازش نشد که اغلب موارد مربوط به تاریخ‌های نمونه برداری مزرعه‌ی A و بخشی از مزارع E و D بودند که از جدول حذف شدند.

نتایج حاصل از زمین‌آمار نشان دادند که مقدار K سن سبز در ۱۸ مورد از ۲۰ سری داده بررسی شده کمتر از ۰/۸ بود. این نتایج نشان دادند که سن سبز دارای توزیع تجمعی است. مدل‌های کروی، نمایی و خطی به ترتیب برای ۱۳، ۵ و ۲ تاریخ نمونه‌برداری بهترین برازش را نشان دادند. مقدار اثر قطعه‌ای در اغلب تاریخ‌ها بیشتر از صفر بود (جدول ۳).

در نقشه‌های پراکنشی که به صورت نمونه آورده شده‌اند (شکل‌های ۱ و ۲) مناطق با رنگ تیره نشان دهنده جمعیت با تراکم بالا و مناطق با رنگ روشن نشان دهنده جمعیت با تراکم پایین می‌باشند. براساس این نقشه‌ها، ورود جمعیت به مزارع از حاشیه‌های مزارع بوده و در تاریخ‌های نمونه‌برداری بعدی، جمعیت به تدریج در مزرعه پخش شده است. بررسی نقشه‌های پراکنش مکانی نشان داد آفت مورد مطالعه در طول چین‌های مختلف در داخل و حاشیه مزارع یونجه پراکنش یکسانی ندارد.

که در آن $\gamma(h)$ مقدار نیم پراش تخمین زده شده برای فاصله h ، $N(h)$ تعداد نقطه‌های جدا شده به وسیله h و h تعداد گام‌ها و N تعداد کل نمونه‌ها است. $Z(x_i)$ تراکم جمعیت در موقعیت x_i و $Z(x_{i+h})$ تراکم در نقطه x_{i+h} با فاصله h می‌باشد. h یک مولفه برداری است که دارای مقدار و جهت می‌باشد (Hassani Pak 2007). برای تجزیه نیم پراش، حدود ۸۰-۷۰٪ حداکثر فاصله بین نقاط نمونه‌برداری به عنوان گام مؤثر انتخاب شد. به دلیل نمونه‌برداری به صورت شبکه‌بندی منظم فاصله گام‌ها یکنواخت انتخاب شدند. پس از تشکیل تغییرنمای تجربی مدل‌های نظری برازش شدند. برای این منظور، مدل‌های کروی (Spherical)، خطی (Linear) و نمایی (Exponential) مورد آزمون قرار گرفتند و از مقادیر مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها (Residual Sum of Squares) و ضریب تبیین r^2 برای انتخاب بهترین مدل استفاده شد. مدلی که دارای کمترین مقدار RSS و بیشترین r^2 بود به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. بعد از انتخاب مدل، از اجزای آن یعنی سقف (sill)، سقف جزئی و اثر قطعه‌ای (nugget) برای محاسبه شاخص K و تعیین درجه وابستگی مکانی استفاده شد:

$$K = \left(\frac{Co}{Co + C} \right)$$

که در این فرمول، Co اثر قطعه‌ای و $(Co + C)$ سقف تغییر نما می‌باشد. اگر مقدار این شاخص کمتر از ۰/۸ باشد الگوی پراکنش از نوع تجمعی و اگر بیشتر از ۰/۸ باشد از نوع تصادفی است. مقادیر کوچکتر K نشان دهنده وابستگی مکانی قوی‌تر و تجمع بیشتر می‌باشند (Sciarretta & Trematerra 2014).

بعد از تعیین میزان وابستگی مکانی به وسیله تغییرنما، نتایج حاصل برای تخمین مقادیر متغیر در محل‌های نمونه برداری نشده به روش درون‌یابی زمین‌آماري مورد استفاده قرار گرفت و نقشه‌های پراکنش به وسیله نرم افزار Surfer 12 تهیه شدند.

نتایج

شاخص نسبت واریانس به میانگین برای سن سبز یونجه، در همه تاریخ‌های نمونه برداری بزرگتر از یک به دست آمد. همچنین شاخص پراکنش (I_D) نیز در همه موارد بزرگتر از یک و شاخص دیوید و مور (I_{DM}) و شاخص گرین (C_x) مثبت بودند (جدول ۱).

جدول ۱. شاخص‌های پراکنش سن سبب *Adelphocoris lineolatus* در مزارع یونجه در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶.

Table 1. Aggregation indices of *Adelphocoris lineolatus* in alfalfa fields in 2016 and 2017.

Date	Field	<i>Adelphocoris lineolatus</i>								
		Max*	S^2/\bar{x}	$I_D^\#$	Z	$I_{DM}^\#$	Cx	x^*	$I_P^\#$	df
04-Jul-2016	A	7	1.908	66.791	3.312	0.908	0.026	2.769	1.488	35
10-Jul-2016	A	5	1.246	43.6	1.092	0.246	0.007	1.635	1.177	35
17-Jul-2016	A	5	1.584	55.432	2.283	0.584	0.017	1.612	1.568	35
13-Aug-2016	A	8	2.184	76.448	4.119	1.184	0.034	3.601	1.49	35
20-Aug-2016	A	11	1.725	60.37	2.742	0.725	0.021	4.253	1.205	35
27-Aug-2016	A	33	9.443	330.503	17.464	8.443	0.241	16.832	2.006	35
05-Jul-2016	B	6	1.708	49.538	2.47	0.708	0.024	2.442	1.409	29
12-Jul-2016	B	8	2.015	58.429	3.327	1.015	0.035	3.115	1.483	29
18-Jul-2016	B	6	1.433	41.545	1.632	0.433	0.015	2.266	1.236	29
14-Aug-2016	B	6	1.426	41.353	1.611	0.426	0.015	2.126	1.251	29
21-Aug-2016	B	13	2.511	72.821	4.585	1.511	0.052	5.244	1.405	29
28-Aug-2016	B	16	2.717	78.78	5.069	1.717	0.059	5.65	1.436	29
07-Jul-2016	C	5	1.532	70.478	2.386	0.532	0.012	1.511	1.544	46
14-Jul-2016	C	5	1.238	55.708	1.068	0.238	0.005	1.408	1.203	46
19-Jul-2016	C	3	2.857	128.571	6.549	1.857	0.04	3.347	2.247	46
15-Aug-2016	C	5	1.929	86.797	3.689	0.929	0.02	3.333	1.386	46
22-Aug-2016	C	16	2.919	131.365	6.722	1.919	0.042	6.558	1.414	46
29-Aug-2016	C	15	5.778	260.013	13.317	4.778	0.104	10.672	1.811	46
24-Jun-2017	D	10	3.422	119.786	7.232	2.422	0.069	4.364	2.248	35
01-Jul-2017	D	70	4.863	170.209	10.204	3.863	0.11	9.981	1.631	35
06-Aug-2017	D	26	5.706	199.722	11.74	4.706	0.134	12.412	1.611	35
12-Aug-2017	D	21	1.546	54.104	2.156	0.546	0.016	5.605	1.108	35
16-Sep-2017	D	21	2.124	74.349	3.948	1.124	0.032	6.36	1.215	35
23-Sep-2017	D	20	10.197	356.897	18.471	9.197	0.263	11.55	4.909	35
25-Jun-2017	E	12	3.567	114.133	7.625	2.567	0.08	4.667	2.222	32
02-Jul-2017	E	11	1.421	45.486	2.055	0.421	0.013	2.171	1.241	32
07-Aug-2017	E	12	1.9	60.8	3.544	0.9	0.028	5.4	1.2	32
13-Aug-2017	E	34	10.087	322.795	17.925	9.087	0.284	16.987	2.15	32
17-Sep-2017	E	9	1.397	44.703	1.972	0.397	0.012	3.697	1.12	32
24-Sep-2017	E	14	3.411	109.156	7.292	2.411	0.075	6.911	1.536	32
26-Jun-2017	F	17	3.266	65.321	1.943	2.266	0.119	7.566	1.428	19
03-Jul-2017	F	19	2.898	57.963	1.28	1.898	0.1	12.798	1.174	19
08-Aug-2017	F	19	4.049	80.983	3.24	3.049	0.16	8.949	1.517	19
14-Aug-2017	F	12	3.468	69.36	2.291	2.468	0.13	8.018	1.445	19
18-Sep-2017	F	20	4.304	86.081	3.634	3.304	0.174	11.354	1.41	19
25-Sep-2017	F	16	4.248	84.957	3.548	3.248	0.171	7.848	1.706	19

*Min in all fields = 0, # P < 0.0001 in all analyses.

جدول ۲. پارامترهای رگرسیونی مدل‌های تیلور و آیوانو در بررسی پراکنش فضایی سن سبز یونجه در مزارع یونجه در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶.

Table 2. Parameter of regression models of both Taylor's power law (TPL) and Iwao's patchiness index (IPI) delineating spatial distribution of *Adelphocoris lineolatus* in alfalfa fields in 2016 and 2017.

Field*		a ±SE	b±SE	R ²	t*	P _{value}	F [#]	P _{value}
A	TPL	0.035 ± 0.116	1.843 ± 0.240	0.936	3.505	0.025	58.826	0.002
	IPI	-1.419 ± 0.673	2.107 ± 0.169	0.974	6.546	0.002	155.27	<0.001
B	TPL	0.033 ± 0.05	1.668 ± 0.125	0.978	5.352	0.006	178.517	<0.001
	IPI	-0.290 ± 0.218	1.502 ± 0.081	0.988	6.160	0.004	340.882	<0.001
C	TPL	0.162 ± 0.093	1.622 ± 0.206	0.940	3.018	0.039	61.930	<0.001
	IPI	-0.223 ± 0.681	1.700 ± 0.205	0.945	3.418	0.027	70.024	<0.001
D	TPL	0.768 ± 0.401	0.706 ± 0.604	0.254	-0.485	0.652	1.366	0.307
	IPI	5.304 ± 3.54	0.650 ± 0.687	0.182	-0.510	0.636	0.892	0.398
E	TPL	-0.05 ± 0.3	1.901 ± 0.508	0.777	1.773	0.150	13.992	0.02
	IPI	-2.343 ± 1.82	2.241 ± 0.405	0.884	3.064	0.037	30.625	0.005
F	TPL	0.748 ± 0.184	0.773 ± 0.225	0.746	-1.01	0.369	11.797	0.026
	IPI	3.456 ± 0.770	0.888 ± 0.109	0.943	-1.024	0.363	66.228	<0.001
total*	TPL	3.456 ± 0.070	1.55 ± 0.119	0.832	4.675	<0.001	169.665	<0.001
	IPI	0.287 ± 0.650	1.501 ± 0.140	0.773	3.598	<0.001	116.099	<0.001

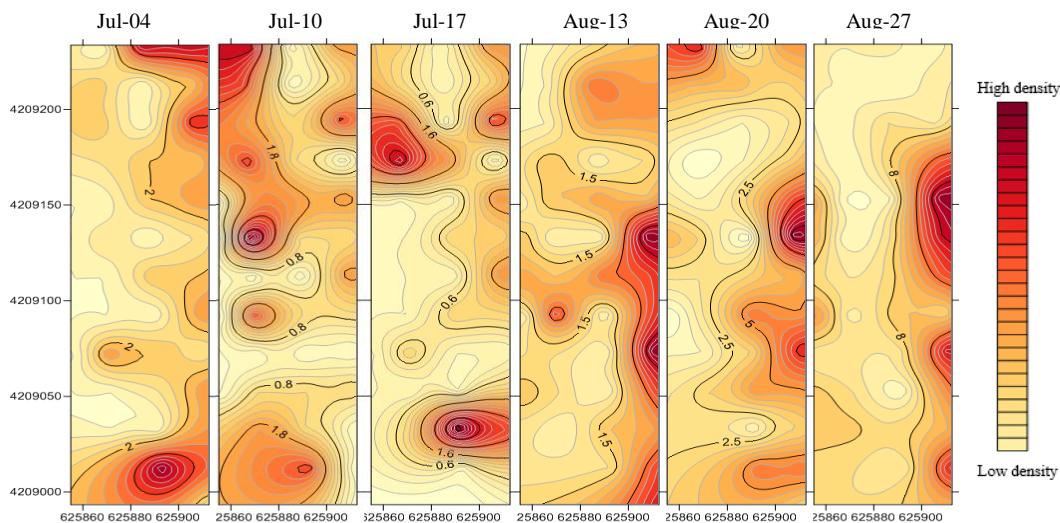
*: t_t : 2.77, df=4 in all analyses. *: t_t : 2.032, df=34 in total analyses.

جدول ۳. مشخصات زمین‌آماری سن سبز *Adelphocoris lineolatus* در مزارع یونجه در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶.

Table 3. Geostatistical description of *Adelphocoris lineolatus* in alfalfa fields in 2016 and 2017.

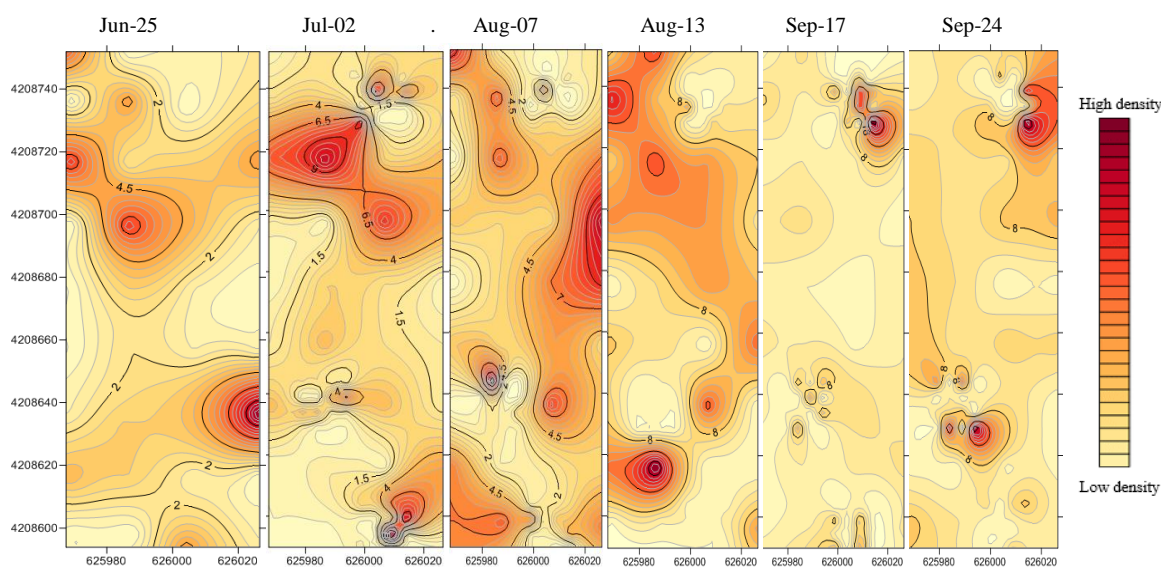
Date of sampling	Field	Model	Nugget	Sill	Range	r ²	K	RSS
20-Aug-2016	A	Ex	0.001	0.377	17.30	0.763	0.002	0.0147
05-Jul-2016	B	Ex	0.001	0.379	15.80	0.619	0.002	0.022
12-Jul-2016	B	Sp	3.020	6.887	310.90	0.468	0.438	1.53
18-Jul-2016	B	Sp	0.610	5.229	222.60	0.902	0.116	0.356
28-Aug-2016	B	Sp	6.050	17.620	282	0.864	0.343	1.65
14-Jul-2016	C	Li	1.626	1.626	128.55	0.243	1	6.55
19-Jul-2016	C	Sp	0.010	4.964	58.100	0.816	0.002	3.55
15-Aug-2016	C	Sp	0.350	4.731	62.10	0.773	0.0740	3.41
22-Aug-2016	C	Ex	0.01	14.92	14.60	0.613	0	36.1
29-Aug-2016	C	Sp	6.100	36.210	57.90	0.912	0.168	46.4
24-Jun-2017	D	Sp	1	912	95.200	0.808	0.001	164351
01-Jul-2017	D	Sp	35.300	222	310.90	0.641	0.160	4022
23-Sep-2017	D	Sp	369	738.10	310.90	0.216	0.500	95151
25-Jun-2017	E	Ex	6.680	13.370	310.90	0.198	0.500	9.09
02-Jul-2017	E	Li	10.726	10.726	114.2	0.352	1	17.8
03-Jul-2017	F	Ex	10.850	37.77	10.80	0.723	0.287	101
08-Aug-2017	F	Sp	0.010	21.21	31.90	0.846	0	54.7
14-Aug-2017	F	Sp	1.200	13.53	32.50	0.773	0.088	28.1
18-Sep-2017	F	Sp	5.210	31.41	21.80	0.246	0.165	796
25-Sep-2017	F	Sp	8.950	37.67	310.90	0.669	0.237	69.8

K: Degree of dependence, RSS: Residual sum of squares, Sp: Spherical model, Li: Linear model and Ex: Exponential model.



شکل ۱. نمونه‌هایی از نقشه‌های پراکنش سن سبز یونجه در تاریخ‌های نمونه برداری سال زراعی ۱۳۹۵.

Figure 1. Exemplary distribution maps of *Adelphocoris lineolatus* in 2016.



شکل ۲. نمونه‌هایی از نقشه‌های پراکنش سن سبز یونجه در تاریخ‌های نمونه برداری سال زراعی ۱۳۹۶.

Figure 2. Exemplary distribution maps of *Adelphocoris lineolatus* in 2017.

تجمعی بودن الگوی پراکنش این حشره بود. با توجه به بررسی‌های سایر پژوهشگران، پراکنش تجمعی الگوی غالب پراکنش حشرات در طبیعت می‌باشد. پراکنش تجمعی برای بیشتر حشرات از جمله *Adelphocoris suturalis* Jackson تخم ابریشم‌باف ناچور (*Lymantria dispar* (L.) و سرخرطومی یونجه *Hypera postica* (Gyllenhal) نیز گزارش شده است (Liebhold et al. 1991; Hao 2006; Moradi-Vajargah et al. 2011; Iranipour et al. 2017).

بحث

در این مطالعه از هر دو گروه روش‌های آماری یعنی روش‌هایی که موقعیت مکانی نمونه‌ها را در تجزیه‌ها لحاظ نمی‌کنند و زمین-آمار که در آن موقعیت مکانی نمونه هم در تجزیه‌ها در نظر گرفته می‌شود، برای مدل‌سازی پراکنش فضایی سن سبز در مزارع یونجه استفاده شد. نتایج روش‌های مختلف تقریباً مشابه و حاکی از

ضمن تکمیل نتایج روش‌های مذکور و رفع نواقص ذکر شده، برای تخمین جمعیت حشرات در محل‌های نمونه برداری نشده نیز استفاده شود (Duarte et al. 2015; Liebhold et al. 1991).

نتایج تجزیه زمین‌آماري نشان داد که در بیشتر موارد مقدار اثر قطعه‌ای بالاتر از صفر بود. به صورت نظری مقدار نیم پراش با افزایش فاصله بین نمونه‌ها به آرامی افزایش می‌یابد و ناگت همواره به صفر میل می‌کند، ولی در عمل در اکثر موارد مقدار نیم پراش در مبدأ صفر نبود و در فواصل کوتاه تغییرات ناگهانی و سریع از خود بروز داد. مقادیر غیر صفر ناگت در مطالعات مربوط به پراکنش حشرات رایج است و می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی مانند وابستگی مکانی متغیر مورد بررسی در فواصل کمتر از کوتاه‌ترین فاصله‌ی نمونه برداری، خطای نمونه برداری و تغییرات غیر قابل پیش‌بینی باشد (Hassani Pak 2007).

استفاده از روش‌های آماری مختلف می‌تواند اطلاعات کامل‌تری در مورد الگوهای پراکنش حشرات فراهم کند که در طراحی برنامه‌های نمونه برداری و مدیریت آفات قابل استفاده می‌باشند. بدون اطلاع از الگوهای توزیع حشرات برنامه‌های نمونه برداری کارآیی و دقت لازم را نخواهند داشت. همچنین مدیریت دقیق آفات مستلزم تعیین الگوهای پراکنش و تهیه نقشه‌های مربوطه و استفاده از این نقشه‌ها در کاربرد مکانمند روش‌های کنترل می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز به خاطر تأمین بودجه لازم برای انجام این پژوهش ابراز می‌نمایند.

References

- Anonymous, 2017. *Adelphocoris lineolatus*. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Adelphocoris_lineolatus. [Aquired, December 3, 2017].
- Bakhshizadeh N, Mohiseni AA, Fathi SAA, 2010. Spatial distribution patterns and fixed-precision sequential sampling plans for estimating population overwintered adult sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. in rain fed wheat fields in Ardabil province. *Plant protection (scientific journal of agriculture)* 33: 63–75.
- Duarte F, Calvo MV, Borges A, Scatoni IB, 2015. Geostatistics applied to the study of the spatial distribution of insects and its use in integrated pest

Pilkay et al. (2015) پویایی مکانی - زمانی سن-های *Chinavia hilaris* (Say), *Nezara viridula* (L.) و *Euschistus servus* (Say) را طی سه سال روی محصولات زراعی مختلف از جمله پنبه، ذرت، گندم، بادام زمینی و سویا مورد مطالعه قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان دادند هر سه گونه مورد مطالعه دارای الگوی پراکنش تجمع می‌باشند. همچنین نتایج مطالعات انجام گرفته روی سایر سن‌های این خانواده مثل سن گلخوار یونجه (Schotzko & O'keeffe 1989) نیز با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت داشت.

مقادیر منفی عرض از مبدا خطوط رگرسیون در سال دوم مطالعه، نشان داد در انبوهی‌های پایین توزیع فضایی سن سبز میل به تصادفی بودن یا حتی یکنواختی دارد. مقایسه تراکم سن سبز یونجه در دو سال متوالی، نشان داد تراکم جمعیت در سال اول زراعی بیشتر از سال دوم بود. کاهش جمعیت سن و تغییر الگوی پراکنش در سال زراعی دوم را می‌توان به وجود مزارع قدیمی در اطراف مزارع مورد مطالعه دانست. در مزارع قدیمی تراکم علف‌های هرز بالا بود به همین دلیل به موقع برداشت نشدند و مدت زمان بیشتری در مرحله‌ی گلدهی سپری کردند (مشاهدات شخصی). همین امر باعث شد سن‌ها بیشتر به این مزارع مهاجرت کنند. بررسی بصری مزارع مجاور و یک نمونه برداری آزمایشی با تور این موضوع را تایید کرد.

شاخص‌های پراکنش و رگرسیون آیواتو و قانون توان تیلور که در آنها موقعیت مکانی نمونه‌ها در تجزیه‌ها دخالت داده نمی‌شود و فقط از مقدار نمونه‌ها استفاده می‌شود توانایی محدودی برای توصیف الگوی مکانی دارند و الگوی پراکنش را فقط در سطوح مکانی ناشناخته‌ای که داده‌ها جمع‌آوری شده‌اند نشان می‌دهند. در این روش‌ها امکان تعیین الگوی پراکنش جداگانه برای تاریخ‌های مختلف نمونه برداری نیز وجود ندارد. زمین‌آمار می‌تواند

management. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 35: 9–20.

Garcia AG, Arauj MR, Uramoto K, Walder JMM, Zucchi RA, 2017. Geostatistics and geographic information system to analyze the spatial distribution of the diversity of *Anastrepha Species* (Diptera: Tephritidae): the effect of forest fragments in an urban area. *Environmental Entomology* 46: 1189–1194.

Ghahramani M, Karimzadeh R, Iranipour S, Sciarretta A, 2019. Does harvesting affect the spatio-temporal signature of pests and natural enemies in alfalfa fields? *Agronomy* 9: 532.

- Green RH, 1966. Measurement of nonrandomness in spatial distribution. *Researches on Population Ecology* 8: 1-7
- Hao Y, 2006. Geostatistical analysis of spatial pattern of *Adelphocoris suturalis* Jackson. *Journal of Anhui Agricultural Sciences* 34: 6410.
- Hassani Pak M, 2007. Geostatistics; Tehran University Press. Tehran, Iran. 328 pp.
- Iranipour S, Aalipour M, Kazemi M, Nouri GG, 2017. Spatial distribution of Italian locust, *Calliptamus italicus* (Orthoptera: Acrididae) in Khodafarin region, Northwest of Iran. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 48: 29-42.
- Iwao SI, 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Population Ecology* 10: 1-20.
- Jafari A, Fathipour Y, Hosseini SM, 2005. Sampling programme and spatial distribution of *Creontiades pallidus* (Het., Miridae) and its predators *Chrysoperla carnea* (Neu., Chrysopidae) and *Nabis capsiformis* (Het., Nabidae). *Iranian Journal of Agriculture Science* 36: 1-10.
- Karimzadeh R, Hejazi MJ, Helali H, Iranipour S, Mohammadi SA, 2011a. Analysis of the spatio-temporal distribution of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) by using spatial analysis by distance indices and geostatistics. *Environmental Entomology* 40: 1253-1265.
- Karimzadeh R, Hejazi MJ, Helali H, Iranipour S, Mohammadi SA, 2011b. Assessing the impact of site-specific spraying on control of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) damage and natural enemies. *Precision Agriculture* 12: 576-593.
- Khanjani M, 2005. Field Crop Pests in Iran, 2nd edition; Bu-Ali Sina University Press: Tehran, Iran, 738 pp.
- Liebholt AM, Zhang X, Hohn ME, Elkinton JS, Ticehurst M, et al., 1991. Geostatistical analysis of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass populations. *Environmental Entomology* 20: 1407-1417.
- Lloyd M, 1967. Mean crowding. *Journal of Animal Ecology* 36: 1-30.
- Mirab-balou M, Radjabi R, 2013. *Lygus rugulipennis* Poppius (Hemiptera: Miridae): A key pest on alfalfa (*Medicago sativa* L.) in west of Iran, and checklist of the insect pests. *Persian Gulf Crop Protection* 2: 57-66.
- Moradi-Vajargah M, Golizadeh A, Rafiee-Dastjerdi H, Zalucki MP, Hassanpour M, et al., 2011. Population density and spatial distribution pattern of *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) in Ardabil, Iran. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 39: 42-48.
- Nestel D, Carvalho J, Nemny-Lavy E, 2004. The spatial dimension in the ecology of insect pests and its relevance to pest management. In: Horowitz AR, Ishaaya I (eds). *Insect Pest Management*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Pp 45-63.
- Patil GP, Stiteler WM, 1974. Concepts of aggregation and their quantification: a critical review with some new results and applications. *Researches on Population Ecology* 15: 238-254.
- Perry JN & Dixon PM, 2002. A new method to measure spatial association for ecological count data. *Ecological science* 9: 133-141.
- Perry JN, 1995a. Spatial aspects of animal and plant distribution in patchy farmland habitats. In: Glen DM, Greaves MA & Anderson HM (eds). *Ecology and Integrated Farming Systems*. Pp 221-242.
- Perry JN, 1995b. Spatial analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology* 64: 303-314.
- Pilkay GL, Reay-Jones FP, Toews MD, Greene JK, Bridges WC, 2015. Spatial and temporal dynamics of stink bugs in southeastern farmscapes. *Journal of Insect Science* 15: 23.
- Reay-Jones FP, 2017. Geostatistical characterization of cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) distributions in wheat. *Environmental Entomology* 46: 931-938.
- Schotzko DJ & O'keeffe LE, 1989. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. *Journal of Economic Entomology* 82(5): 1277-1288.
- Sciarretta A & Trematerra P, 2014. Geostatistical tools for the study of insect spatial distribution: practical implications in the integrated management of orchard and vineyard pests. *Plant Protection Science* 50: 97-110.
- Seiter NJ, Reay-Jones FP, Greene JK, 2013. Within-field spatial distribution of *Megacopta cribraria* (Hemiptera: Plataspidae) in soybean (Fabales: Fabaceae). *Environmental Entomology* 42: 1363-1374.
- Southwood TRE, 1995. *Ecological Methods with particular references to the study of insect population*. Chapman & Hall, London
- Taylor LR, 1961. Aggregation, variance, and the mean. *Nature* 189: 732-735.
- Tillman PG & Cottrell TE, 2015. Spatiotemporal distribution of *Chinavia hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae) in peanut-cotton farmscapes. *Journal of Insect Science* 15: 101
- Trematerra P, Gentile P, Sciarretta A, 2004. Spatial analysis of pheromone trap catches of codling moth (*Cydia pomonella*) in two heterogeneous agro-ecosystems, using geostatistical techniques. *Phytoparasitica* 32: 325-41.



© 2021 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)