نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰، ص. ۲۸۵-۲۷۶

Journal of Plant Protection
Vol. 25, No. 3, Fall 2011, P. 276-285

تغییرات تراکم، پراکنش فضایی و نمونه‌برداری دنباله‌ای جمعیت شکارگرهای مهم شته‌خوار در مزارع گندم منطقه‌ی گرگان

علی افشاری[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۶/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۲۹

چکیده

به منظور مطالعه‌ی تغییرات تراکم و پراکنش فضایی و نیز طراحی یک برنامه‌ی نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای جمعیت شکارگرهای مهم شته‌خوار، طی دو فصل زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ با استفاده از تور حشره‌گیری از مزارع گندم پنج ناحیه‌ی مختلف در اطراف گرگان به صورت هفتگی نمونه‌برداری به عمل آمد. با استفاده از شاخص‌ها و مدل‌های مختلف، پراکنش فضایی جمعیت شکارگرها برآورد شد و به کمک نمونه‌برداری دنباله‌ایِ مدل گرین، تعداد نمونه‌ی لازم و معادلات خطوط تصمیم‌گیری به منظور برآورد میانگین جمعیت آن‌ها محاسبه گردید. جمعیت کفشدوزک‌های هفت‌نقطه‌ای (*Coccinella septempunctata* L.) و شطرنجی (*Propylea quatuordecimpunctata* L.) و مگس‌های سیرفید *Eupeodes corollae* (Fabricius) و *Episyrphus balteatus* (De Geer) به ترتیب ۱۸/۷۵، ۱۴/۲۵، ۴۱/۵۴ و ۶/۰۲ درصد از جامعه‌ی شکارگرها را به خود اختصاص دادند. به استثنای مگس *E. corollae*، ضرایب تیلور سه شکارگر دیگر با عدد یک اختلاف معنی‌داری نداشتند و پراکنش جمعیت آن‌ها از نوع تصادفی بود. برازش پراکنش جمعیت شکارگرها با مدل پواسون نیز نشان داد که توزیع فضایی جمعیت آن‌ها در بیش‌تر تاریخ‌های نمونه‌برداری از نوع تصادفی بود. بر اساس نتایج نمونه‌برداری دنباله‌ای، تعداد نمونه‌ی لازم جهت قطع خطوط تصمیم‌گیری به دو عامل تراکم جمعیت و دقت مورد انتظار بستگی داشت، به طوری که در دقت ۰/۲۵، تعداد نمونه‌ی لازم جهت برآورد میانگین جمعیت کفشدوزک *C. Septempunctata* از ۴۰۰ عدد در تراکم ۰/۰۳۳ به ۴۱ عدد در تراکم ۰/۶ و تعداد نمونه‌ی لازم برای برآورد میانگین جمعیت کفشدوزک *P. quatuordecimpunctata* از ۷۷۵ عدد در تراکم ۰/۰۲ به ۱۰ عدد در تراکم ۱/۸ کاهش یافت. تعداد نمونه‌ی لازم جهت برآورد میانگین جمعیت مگس‌های *E. corollae* و *E. balteatus* نیز بر حسب تراکم جمعیت آن‌ها به ترتیب بین ۴ تا ۴۰۰ و ۵۷ تا ۱۷۵ عدد نوسان داشت. به طور کلی، استفاده از تور حشره‌گیری در تراکم‌های بالای جمعیت، روش مقرون به صرفه‌ای می‌باشد، اما در تراکم‌های پایین جمعیت، رسیدن به دقت ۰/۲۵ مستلزم برداشتن تعداد زیادی نمونه است. توصیه می‌گردد که دقت و سودمندی روش تور حشره‌گیری با سایر روش‌های نمونه‌برداری مقایسه گردد تا بهترین روش جهت نمونه‌برداری از جمعیت شکارگرهای شته‌خوار در مزارع گندم مشخص شود.

واژه‌های کلیدی: تغییرات جمعیت، پراکنش فضایی، نمونه‌برداری دنباله‌ای، شته‌های گندم، شکارگرها و گرگان

مقدمه

شته‌ها از جمله آفات مهم مزارع گندم در نقاط مختلف دنیا به شمار می‌روند و حفاظت از دشمنان طبیعی شته‌خوار از راهکارهای اصلی مدیریت جمعیت آن‌ها گزارش شده است (۶). در دنیا، پژوهش‌گران مختلفی به موضوع شناسایی و حفاظت از دشمنان طبیعی شته‌ها در مزارع گندم پرداخته‌اند (۷، ۹ و ۱۱) و گروه‌های مختلفی از شکارگرها مانند کفشدوزک‌ها (۱۰، ۱۳ و ۲۲) و مگس‌های سیرفید (۲۸) را از عوامل زیستی مهم کاهش دهنده‌ی جمعیت آن‌ها گزارش نموده‌اند. اِشمیت و همکاران (۲۵) با بررسی کارایی دشمنان طبیعی شته‌های گندم نشان دادند که کفشدوزک‌ها و مگس‌های سیرفید به همراه عنکبوت‌ها، جمعیت شته‌ها را تا ۷۰ درصد کاهش دادند. ویندِر و همکاران (۳۱) با مقایسه‌ی نرخ شکارگریِ شکارگرهای مختلف، نشان دادند که مگس‌های خانواده‌ی سیرفیده در مقایسه با شکارگرهای دیگر در کنترل شته‌های گندم از کارایی بیش‌تری برخوردار بودند.

در ایران، فعالیت گونه‌های متعددی از شکارگرها در مزارع گندم

۱- استادیار گروه گیاه‌پزشکی و پژوهشکده‌ی مدیریت منابع محیطی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(Email: Afshari@gau.ac.ir)

آلوده به شته گزارش شده است. شکاریان و رضوانی (۴) کفشدوزک‌های هفت‌نقطه‌ای (*Coccinella septempunctata* L.) و *Hippodamia variegata* (Goez) را به عنوان شکارگرهای شته‌های *Sitobion avenae* Fabricius و *Schizaphis graminum* Rondani در مزارع گندم لرستان معرفی نمودند. امیرنظری و همکاران (۲) و فرحی و صادقی نامقی (۵) نیز این دو کفشدوزک شته‌خوار را به ترتیب از مزارع گندم کرج و مشهد گزارش کرده‌اند. در مزارع گندم گرگان تغذیه‌ی کفشدوزک‌های هفت‌نقطه‌ای و شطرنجی (*Propylea quatuordecimpunctata* L.) و مگس‌های سیرفید *Episyrphus balteatus* De Geer و *Syrphus ribesii* L. از شته‌های *S. avenae* و *Sc. graminum* گزارش شده است (۳).

پراکنش فضایی، نتیجه‌ی یک واکنش رفتاری است که نوع چیدمان افراد یک گونه را در زیستگاه نشان می‌دهد و می‌تواند به یکی از سه شکل یکنواخت، تصادفی و تجمعی باشد (۲۶ و ۳۲). تعیین نوع پراکنش فضایی جمعیت یک بندپا به انجام یک نمونه‌برداری دقیق‌تر و مقرون به صرفه‌تر از جمعیت آن به ویژه در مبحث نمونه‌برداری دنباله‌ای کمک می‌نماید. پژوهش‌گران متعددی در سال‌های مختلف، پراکنش فضایی جمعیت شته‌های گندم را مورد بررسی قرار داده‌اند (۱۲، ۱۶ و ۲۹)، اما پراکنش فضایی جمعیت شکارگرهای شته‌خوار کم‌تر مطالعه شده است. آیپرتی و همکاران (۱۹) با مطالعه‌ی پراکنش فضایی حشرات کامل کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای در مزارع گندم فرانسه، جهت نمونه‌برداری دنباله‌ای از آن برنامه‌ای را ارایه نمودند. الیوت و همکاران (۱۴) با محاسبه‌ی ضرایب تیلور چهار گونه کفشدوزک در مزارع گندم آمریکا، میانگین جمعیت حشرات کامل آن‌ها را به کمک نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برآورد کردند. در بوم‌سامانه‌های دیگر از جمله تاکستان‌های آمریکا (۱۷) و مزارع پنبه‌ی ایران (۱) نیز پراکنش فضایی جمعیت شکارگرهای شته‌خواری مانند کفشدوزک‌های *Harmonia axyridis* (Pallas)، هفت‌نقطه‌ای و شطرنجی و نیز مگس‌های سیرفید تعیین شده و جهت انجام نمونه‌برداری دنباله‌ای از آن‌ها، مدل‌هایی ارایه گردیده‌اند.

در این پژوهش، با توجه به اهمیت شکارگرها در کاهش جمعیت شته‌های گندم و انجام نشدن هیچ مطالعه‌ای در زمینه‌ی پراکنش فضایی و نمونه‌برداری دنباله‌ای از جمعیت آن‌ها در منطقه‌ی گرگان، تلاش گردید تا تغییرات جمعیت و پراکنش فضایی چهار شکارگر مهم شته‌خوار در مزارع گندم این منطقه بررسی شود و به منظور تخمین میانگین جمعیت آن‌ها یک مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت ارایه گردد. به کمک مدل‌های ارایه شده می‌توان جمعیت شکارگرهای شته‌خوار را با دقتی بیشتر و هزینه‌ای کم‌تر در مزارع گندم برآورد نمود و به مدیریت بهتر جمعیت شته‌های گندم کمک کرد.

مواد و روش‌ها

اطلاعات کلی نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از جمعیت شکارگرها به صورت هفتگی در طول دو فصل زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ و در پنج مزرعه‌ی مختلف واقع در پنج منطقه‌ی مختلف در اطراف گرگان انجام گرفت (جدول ۱). در انتخاب مزارع عواملی مانند عدم سم‌پاشی، سهولت دسترسی و تنوع اقلیمی (واقع شدن در کوهپایه یا دشت) مدنظر بودند. نمونه‌برداری با استفاده از تور حشره‌گیری (قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر، بلندی دسته ۱۱۰ سانتی‌متر و بلندی مخروط تور ۴۵ سانتی‌متر) و در محدوده‌ی زمانی بیستم اسفند تا پنجم خرداد (شروع پنجه‌زنی تا خمیری شدن دانه‌ها) انجام گرفت. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، نمونه‌برداری از عمق ۲ تا ۳ متری مزارع آغاز می‌شد و به سمت بخش‌های مرکزی ادامه می‌یافت. هر واحد نمونه‌برداری شامل ۱۰ بار حرکت پاندولی تور در یک مسیر مستقیم بود و تعداد واحدهای نمونه‌برداری بر حسب وسعت مزرعه، از ۱۰ تا ۲۰ عدد متغیر بود. پس از برداشتن هر واحد نمونه‌برداری، محتویات درون تور در کف یک سینی سفیدرنگِ پلاستیکی خالی می‌شد و تعداد شکارگرهای به دام افتاده به تفکیک گروه‌های مختلف تاکسونومیکی و نیز مراحل مختلف نشو و نمایی شمارش و ثبت می‌گردید.

به دلیل دشواری تفکیک و شناسایی گونه‌های کفشدوزک‌ها بر اساس ویژگی‌های لاروی، محاسبات مربوط به پراکنش فضایی و نمونه‌برداری دنباله‌ای آن‌ها فقط برای حشرات کامل انجام گردید، اما پراکنش فضایی مگس‌های سیرفید به تفکیک گونه و برای جمعیت مرحله‌ی لاروی محاسبه شد. به این منظور، لاروهای جمع‌آوری شده‌ی مگس‌های سیرفید بر اساس رنگ و شکل ظاهری‌شان تفکیک می‌شدند و پس از پرورش جداگانه در شرایط آزمایشگاهی و خروج حشرات کامل، گونه‌ی آن‌ها مورد تشخیص قرار می‌گرفتند. هویت تمام مگس‌های سیرفید شناسایی شده توسط دکتر ابوفاضل دوستی عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم، متخصص تاکسونومی مگس‌های سیرفیده، مورد تایید قرار گرفت. تمام محاسبات و نیز رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2003 انجام گرفت.

پراکنش فضایی

شاخص‌های تیلور (۲۶ و ۲۷)، موریسیتا (۲۳ و ۲۴)، واریانس/میانگین (۲۳) و k (۲۳ و ۲۶) جهت برآورد پراکنش فضایی جمعیت شکارگرها مورد استفاده قرار گرفتند. به منظور آزمودن معنی‌داری اختلاف ضریب تیلور با صفر، مقادیر F و P به دست آمده از رابطه‌ی رگرسیونی و برای آزمودن اختلاف آن با یک، آزمون t (رابطه‌ی ۱) با درجه‌ی آزادی n -۱ مورد استفاده قرار گرفتند (۳۰).

جدول ۱ - مشخصات مزارع گندم نمونه‌برداری شده در طی دو سال زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

نام منطقه	وسعت مزرعه (هکتار)	رقم گندم	موقعیت و فاصله نسبت به گرگان
عراقی محله	۲	تجن	شمالی، ۶ کیلومتر
جنگل قرق	۵	تجن	شرقی، ۲۵ کیلومتر
اسلام‌آباد	۴	کوهدشت	غربی، ۱۵ کیلومتر
کردکوی	۷	کوهدشت	جنوب غربی، ۵ کیلومتر
نودیجه	۴	کوهدشت	غربی، ۶ کیلومتر

$$t = (Slope - 1) / SE_{slope} \quad (۱)$$

در این رابطه: $Slope$ و SE_{slope} به ترتیب ضریب تیلور و خطای استاندارد آن در معادلات رگرسیونی می‌باشند. وجود یا عدم وجود اختلاف بین ضرایب سال‌ها و مناطق مختلف نمونه‌برداری از طریق آزمون دوم t (رابطه‌ی ۲) و با درجه‌ی آزادی ۲-(n_1+n_2) بررسی گردید (۱۵) و در صورت معنی‌دار نبودن اختلاف بین ضرایب سال‌ها در هر یک از مناطق نمونه‌برداری، داده‌های سال‌ها یا مناطق مختلف تلفیق شدند.

$$t = (b_1 - b_2) / \sqrt{SE_1^{\,2} + SE_2^{\,2}} \quad (۲)$$

در این رابطه: b_1 وb_2 ضرایب تیلور در سال‌ها یا مناطق مختلف و SE_1و SE_2 خطای استاندارد آن‌ها می‌باشند.

ارتباط بین شاخص‌های پراکنش k و موریسیتا و میانگین انبوهی جمعیت با استفاده از رگرسیون ساده‌ی خطی بررسی شد و امکان تلفیق k مناطق و سال‌های مختلف نمونه‌برداری و ارایه‌ی یک k عمومی (k_c)، با استفاده از روش بِلیس و آون (۲۶) ارزیابی گردید.

همچنین، در پایان، به منظور تعیین توزیع ریاضی پراکنش فضایی، داده‌های مربوط به جمعیت شکارگرها با توزیع پواسون[1] به عنوان نماینده‌ی پراکنش تصادفی (۲۶)، برازش داده شدند.

طراحی نمونه‌برداری دنباله‌ای

به منظور طراحی یک برنامه‌ی نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت‌های ثابت ۰/۱۰ و ۰/۲۵، از مدل گرین (۱۸) استفاده شد. تعداد نمونه‌ی لازم برای برآورد میانگین انبوهی جمعیت از معادله‌ی ۳ و خطوط تصمیم‌گیری (تغییرات تعداد تجمعی بر حسب تعداد نمونه) از رابطه‌ی ۴ برآورد گردیدند (۸ و ۱۸).

$$n = \frac{a\bar{x}^{(b-2)}}{D^2} \quad (۳)$$

$$T_n = \left(\frac{an^{1-b}}{D^2}\right)^{1/(2-b)} \quad (۴)$$

در این دو معادله: n: تعداد نمونه‌ی لازم جهت برآورد میانگین انبوهی جمعیت شکارگر، $\bar{x}$: میانگین انبوهی جمعیت شکارگر در واحد نمونه‌برداری، D: دقت نمونه‌برداری، a و b: ضرایب معادله‌ی رگرسیونی تیلور و T_n: تعداد تجمعی شکارگرها در n عدد نمونه می‌باشند.

نتایج و بحث

گونه‌های جمع‌آوری شده و تغییرات انبوهی جمعیت

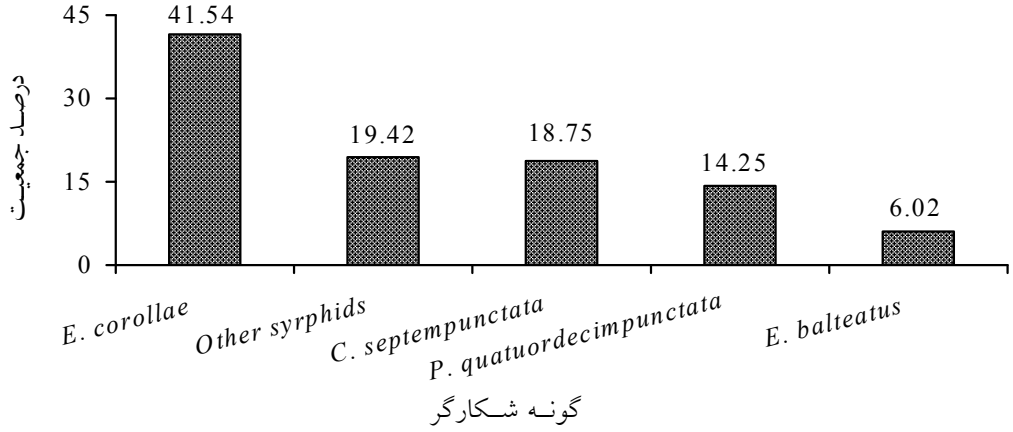
در این بررسی، روی هم رفته دو گونه کفشدوزک و هفت گونه مگس سیرفید از مزارع گندم جمع‌آوری و شناسایی شدند. جمعیت‌های کفشدوزک‌های هفت‌نقطه‌ای (*Coccinella septempunctata* L.) و شطرنجی (*Propylea quatuordecimpunctata* L.) به ترتیب ۱۸/۷۵ و ۱۴/۲۵ درصد از جامعه‌ی شکارگرها (شکل ۱) و ۵۶/۸ و ۴۳/۲ درصدِ از گیلد کفشدوزک‌ها (شکل ۲ الف) را به خود اختصاص دادند. در میان مگس‌های سیرفید، گونه‌های *Eupeodes corollae* (Fabricius)و *Episyrphus balteatus* (De Geer) به ترتیب ۴۱/۵۴ و ۶/۰۲ درصد از جامعه‌ی شکارگرها (شکل ۱) و ۶۲ و ۹ درصد از گیلد مگس‌های سیرفید (شکل ۲ ب) را تشکیل می‌دادند. گونه‌های *Sphaerophoria scripta* (L.)، *Ischiodon scutellaris* (Fabricius)، *Scaeva latimaculata* (Brunetti)، *Sc. albomaculata* (Mcquart) و *Sc. pyrastri* (L.) نیز روی هم رفته، ۱۹/۴۲ درصد از جامعه‌ی شکارگرها و ۲۹ درصد از گیلد مگس‌های سیرفید را شامل شدند (شکل‌های ۱ و ۲ ب). به دلیل شباهت زیاد لاروهای پنج گونه‌ی اخیر، امکان تفکیک آن‌ها در سطح مزرعه وجود نداشت و تنها با پرورش در شرایط آزمایشگاهی، گونه‌های آنها شناسایی شدند.

همزمان با پیدایش شته‌ها به ویژه دو گونه‌ی *S. avenae* و *Sc. graminum* در مزارع گندم، شکارگرهای شته‌خوار نیز فعالیت خود را آغاز نمودند. تغییرات فصلی جمعیت چهار شکارگری که امکان تفکیک آن‌ها بر حسب گونه وجود داشت، در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. در مجموعِ دو سال زراعی و مناطق مختلف نمونه‌برداری، میانگین انبوهی جمعیت کفشدوزک‌های هفت‌نقطه‌ای و شطرنجی به ترتیب در محدوده‌ی ۰/۰۲۱±۰/۰۶۷ تا ۰/۲۹±۰/۶ و ۰/۱۷±۰/۵۷ تا ۰/۳۸±۱/۸ عدد در هر واحد نمونه‌برداری، متغیر بود. در همین شرایط، میانگین انبوهی جمعیت مگس‌های *E. corollae* و

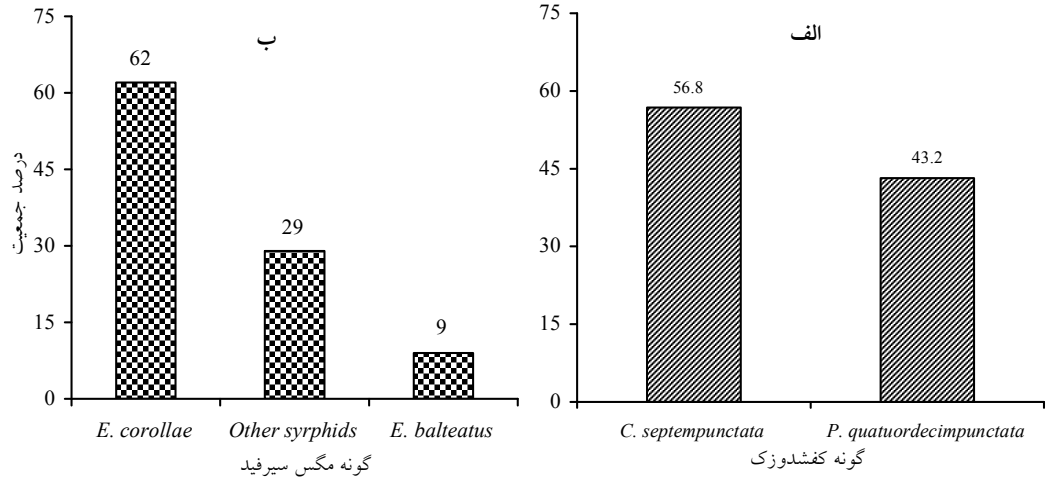
1- Poisson

E. balteatus به ترتیب از ۰/۰۲۶۵±۰/۰۶۲۵ تا ۱/۴۸±۱۲/۵۷ و ۰/۰۲۱±۰/۰۶۲۵ تا ۱/۴۱±۲/۲۸۵ عدد در هر واحد نمونه‌برداری نوسان داشت.

تنوع گونه‌ای جامعه‌ی شکارگرهای شته‌های گندم در مناطق مختلف جغرافیایی، متفاوت گزارش شده است. تن‌هامبرگ و پولینگ (۲۸) نشان دادند که جمعیت گونه‌ی *E. balteatus* نزدیک به ۹۵ درصد از جامعه‌ی مگس‌های سیرفید را در مزارع گندم آلمان تشکیل می‌دهد در حالی که در این پژوهش، گونه‌ی مذکور در میان مگس‌های سیرفید از کم‌ترین تراکم برخوردار بود و فقط نه درصد از جامعه‌ی مگس‌های سیرفید را شامل می‌شد (شکل ۲ ب). کفشدوزک‌های شناسایی شده در این پژوهش به دو گونه‌ی هفت‌نقطه‌ای و شطرنجی تعلق داشتند. در مزارع یولافِ آلوده به شته در لهستان نیز این دو گونه به ترتیب ۶۳ و ۳۶/۹ درصد از جامعه‌ی کفشدوزک‌ها را تشکیل می‌دادند (۲۲)، در حالی که در مزارع گندم ایالت داکوتای جنوبی، تراکم این دو کفشدوزک نزدیک به صفر (۱۳) و در مزارع گندم واشنگتن، جمعیت آن‌ها کم‌تر از پنج درصد جامعه شکارگرها را شامل می‌شد (۱۰). در دو منطقه‌ی اخیر، بیش از ۹۰ درصد از تعداد کفشدوزک‌های جمع‌آوری شده به جنس *Hippodamia* تعلق داشت. اِشمیت و همکاران (۲۵) نیز با اذعان به اهمیت شکارگرهای عمومی‌خوار مانند عنکبوت‌ها، سوسک‌های کارابیده[1] و استافیلینیده[2] در کنترل شته‌های گندم در آلمان، اظهار نمودند که دشمنان طبیعی ویژه‌خوار نظیر پارازیتوییدها، کفشدوزک‌ها و بالتوری‌ها روی هم رفته موجب کاهش ۷۰ درصدی جمعیت شته‌های گندم به ویژه *S. avenae* می‌گردند.

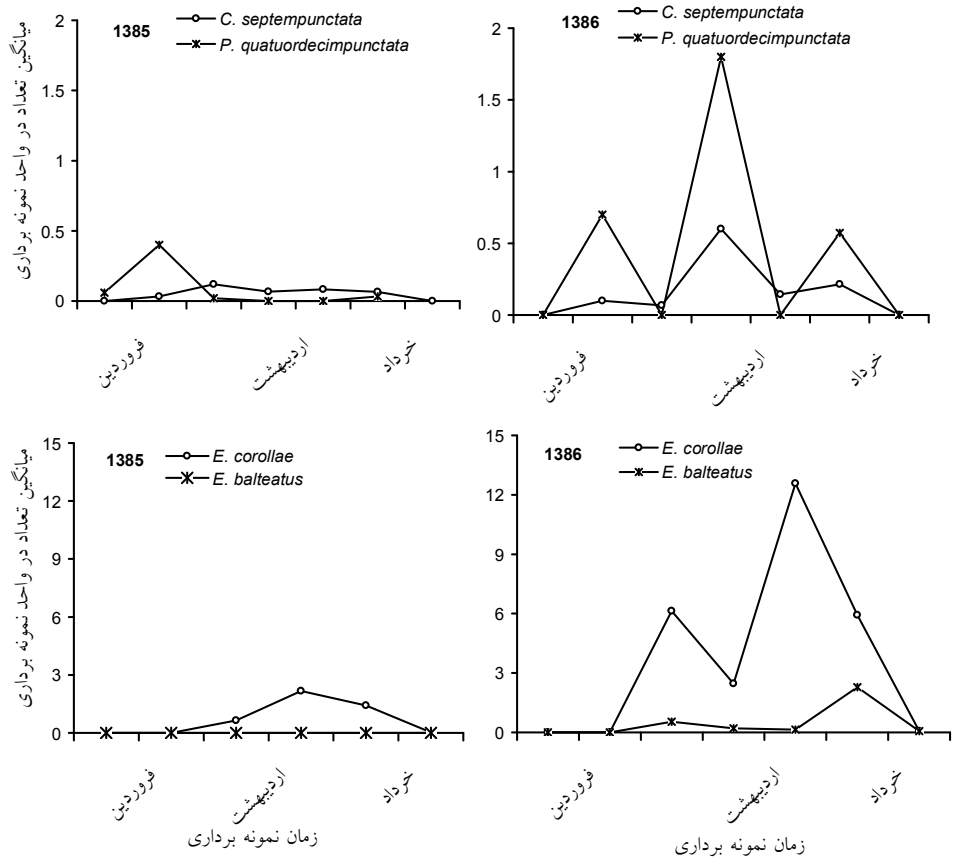


شکل ۱- میانگین درصد جمعیت چهار گونه شکارگر مهم شته‌خوار در جامعه‌ی شکارگران فعال در مزارع گندم منطقه‌ی گرگان



شکل ۲- میانگین درصد جمعیت گونه‌های مختلف کفشدوزک (الف) و مگس‌های سیرفید (ب) در گیلد مگس‌های سیرفید و کفشدوزک‌های مزارع گندم منطقه‌ی گرگان

1- Carabidae
2- Staphylinidae



شکل ۳ - تغییرات جمعیت چهار گونه شکارگر مهم شته‌خوار در مزارع گندم منطقه‌ی گرگان، فصل‌های زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

پراکنش فضایی و نمونه‌برداری دنباله‌ای

آماره‌های معنی‌داریِ روابط رگرسیونی بین لگاریتم واریانس و لگاریتم میانگین جمعیتِ (قانون تیلور) چهار شکارگر مهم شته‌های گندم در جدول ۲ ارایه شده‌اند. چنانچه ملاحظه می‌شود، مقدار F برای تمام شکارگرها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و ضرایب تبیین (R^2) معادله‌های رگرسیونی در حد بالایی قرار داشتند. بنابراین، ضریب تیلور می‌تواند برای برآورد پراکنش فضایی این شکارگرها شاخص مناسبی باشد. از سوی دیگر، با توجه به مقادیر t، تنها ضریب تیلور جمعیت مگس سیرفید *E. balteatus* به طور معنی‌داری از یک بزرگ‌تر بود (پراکنش تجمعی) و پراکنش جمعیت سایر گونه‌ها به دلیل معنی‌دار نبودن اختلاف ضرایب تیلور آن‌ها با عدد یک، از نوع تصادفی برآورد شد.

دامنه‌ی تغییرات شاخص‌های موریسیتا، k و واریانس/ میانگین در طول فصل زراعی و نیز درصد مطابقت جمعیت شکارگرهای شته‌خوار با پراکنش‌های تجمعی و تصادفی در جدول ۳ ارایه شده‌اند. اگر چه بر اساس شاخص تیلور، پراکنش جمعیت سه شکارگر از چهار شکارگر مورد بررسی، تصادفی بود، اما محاسبه‌ی سه شاخص دیگر نشان داد که در برخی از تاریخ‌های نمونه‌برداری، پراکنش جمعیت شکارگرها از نوع تجمعی می‌باشد. به عنوان مثال، بر اساس شاخص‌های موریسیتا، k و واریانس/ میانگین، پراکنش جمعیت حشرات کامل کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای به ترتیب در ۵۰، ۲۰ و ۱۰ درصد از تاریخ‌های نمونه‌برداری از نوع تجمعی برآورد شد (جدول ۳).

آماره‌های معنی‌داری روابط رگرسیونی بین شاخص‌های موریسیتا و k و میانگین جمعیت و نیز مقادیر کای عمومی (k_c) در جدول ۴ ارایه شده‌اند. به استثنای گونه‌ی *E. balteatus* که به دلیل کم بودن تعداد مشاهدات، برقراری ارتباط رگرسیونی بین میانگین‌های انبوهی جمعیت و شاخص‌های پراکنش آن امکان‌پذیر نبود، در سایر شکارگرها ارتباط بین میانگین‌های انبوهی جمعیت و مقادیر این دو شاخص در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری نبود و بنابراین، ارایه‌ی یک کای عمومی (k_c) برای جمعیت آن‌ها امکان‌پذیر بود. مقادیر کای عمومی از جمله پارامترهای مهمِ مورد نیاز در طراحی مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای می‌باشند.

به طور کلی، اطلاعات موجود در زمینه‌ی پراکنش فضاییِ دشمنان طبیعی در مقایسه با آفات، کم‌تر می‌باشد. آیپرتی و همکاران

(۱۹) ضریب تیلورِ حشرات کامل کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای را در دو روش نمونه‌برداریِ شمارش دقیق (شمارش تمام افرادِ موجود در یک کرت) و شمارش سریع (شمارش در مدت زمان دو دقیقه) به ترتیب ۱/۳۳ و ۱/۱۵ گزارش نمودند. الیوت و همکاران (۱۴) نیز با استفاده از روش شمارش در یک مدت زمان معین، ضریب تیلورِ حشرات کامل کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای را در مزارع گندم، ۱/۱۶±۰/۰۷ گزارش نمودند که با مقدار برآورد شده در این پژوهش (۱/۲۱۶±۰/۰۸۳۴)، تفاوت معنی‌داری نداشت ($p<0/05$ و$df=29$ ، $t=0/514$) و در هر دو مورد، تصادفی بود. مقدار این ضریب تحت تأثیر گونه‌ی شکارگر یا جمعیت‌های مختلف یک گونه تغییر می‌نماید. گالوان و همکاران (۱۷) پراکنش فضاییِ کفشدوزک *H. axyridis* را در تاکستان‌های آمریکا تجمعی دانستند و ضریب تیلور آن را در محدوده‌ی ۱/۰۶±۰/۰۳ تا ۱/۲۹±۰/۰۷ برآورد نمودند و افشاری و همکاران (۱) نیز پراکنش حشرات کامل کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای را در مزارع پنبه‌ی گرگان تجمعی دانستند و ضریب تیلور آن را ۱/۱۳±۰/۰۵۸ برآورد کردند. متاسفانه، در مورد پراکنش فضایی مگس‌های سیرفید در مزارع گندم و سایر محصولات اطلاعات زیادی در دسترس نمی‌باشد، اما به نظر می‌رسد تحرک کم‌تر لاروهای آن‌ها در مقایسه با حشرات کامل کفشدوزک‌ها، به تجمعی‌تر شدن پراکنش جمعیت آن‌ها منجر شده است.

منحنی‌های مربوط به تعداد نمونه‌ی لازم برای تصمیم‌گیری و نیز خطوط تصمیم‌گیری در برنامه‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. تعداد نمونه‌ی لازم برای برآورد میانگین جمعیت شکارگرها به دو عامل دقت مورد انتظار و تراکم جمعیت شکارگرها بستگی داشت در دقت ۰/۲۵ که برای اهداف مدیریتی مناسب می‌باشد، تعداد نمونه‌ی لازم (هر ۱۰ بار حرکت زیگزاگ تور معادل یک واحد نمونه‌برداری) جهت برآورد میانگین جمعیت کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای از ۴۱ عدد در میانگین ۰/۶ تا ۴۰۰ عدد در میانگین ۰/۰۳۳ و کفشدوزک شطرنجی از ۱۰ عدد در میانگین ۱/۸ تا ۷۷۵ عدد در میانگین ۰/۰۲ متغیر بود. تعداد نمونه‌ی لازم برای برآورد میانگین جمعیت مگس *E. corollae* از ۴ عدد در میانگین ۱۲/۵۷ تا ۴۴۰ عدد در میانگین ۰/۰۳۲ و تعداد نمونه‌ی لازم برای برآورد میانگین مگس *E. balteatus* از ۵۷ عدد در میانگین ۲/۲۸ تا ۱۷۵ عدد در میانگین ۰/۰۶۲۵ نوسان داشت.

در دقت ۰/۱ که برای اهداف تحقیقاتی مناسب می‌باشد، تعداد نمونه‌ی لازم برای برآورد میانگین جمعیت افزایش قابل توجهی یافت و در کفشدوزک‌های هفت‌نقطه‌ای و شطرنجی بر حسب میانگین جمعیت آن‌ها، به ترتیب در محدوده‌ی ۲۵۹ تا ۲۴۹۸ و ۶۰ تا ۴۸۴۲ عدد قرار گرفت. در مگس‌های *E. corollae* و *E. balteatus* نیز با افزایش دقت نمونه‌برداری، تعداد نمونه‌ی لازم برای برآورد میانگین فراوانی جمعیت افزایش یافت و به ترتیب در محدوده‌های ۲۲ تا ۲۷۴۸ و ۳۵۵ تا ۱۰۹۴ عدد قرار گرفت.

نمونه‌برداری دنباله‌ایِ مدل گرین به عنوان روشی آسان و سریع جهت برآورد میانگین جمعیت، بیشتر در مورد گونه‌های آفت مورد استفاده قرار گرفته است و موارد استفاده‌ی آن برای جمعیت دشمنان طبیعی بسیار کم می‌باشند. به علاوه، به دلیل متفاوت بودن دقت و هزینه‌ی روش‌های مختلف نمونه‌برداری، انتخاب مناسب‌ترین روش برای استفاده در مدل از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در این پژوهش، از تور حشره‌گیری به عنوان ابزار نمونه‌برداری استفاده شد. میشلز و همکاران (۲۰) و اِلیوت و کیک‌هیفر (۱۳) نیز از این روش به منظور برآورد میانگین جمعیت شکارگرها در مزارع گندم استفاده نموده‌اند. میشلز و همکاران (۲۰) دقت تور حشره‌گیری را در برآورد میانگین جمعیت حشرات کامل کفشدوزک‌های شکارگر در مزارع گندم از روش‌های کادراندازی و شمارش در یک مدت زمان معین بیش‌تر گزارش نمودند و هر ۲۵ بار حرکت پاندولی تور حشره‌گیری را به عنوان یک واحد نمونه‌برداری در نظر گرفتند. استفاده از سایر روش‌های نمونه‌برداری مانند شمارش تمام افرادِ روی بوته در یک سطح معین (۱۹و ۲۸)، استفاده از دستگاه‌های مکش (۳۱) و شمارش در یک مدت زمان معین (۱۴و ۱۹) نیز به منظور برآورد میانگین جمعیت دشمنان طبیعی در مزارع گندم گزارش شده است.

جدول ۲- آماره‌های رگرسیونی تیلور برای جمعیت چهار شکارگر مهم شته‌خوار در مزارع گندم منطقه‌ی گرگان، فصل‌های زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

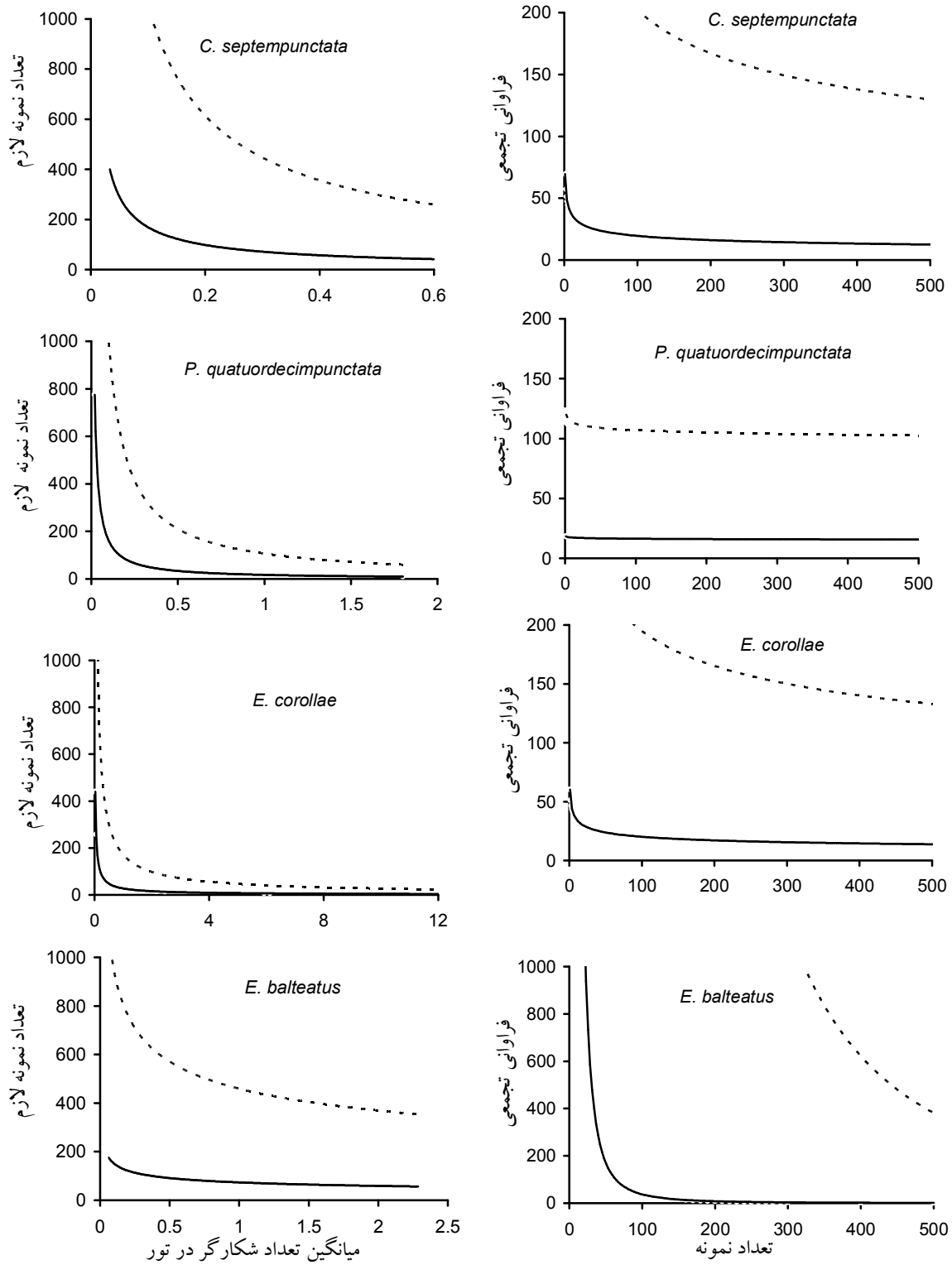
شکارگر	شیب± خطای استاندارد	ضریب تبیین	F	t	درجه‌ی آزادی
حشره‌ی کامل کفشدوزک *Coccinella septempunctata*	۱/۲۱۶±۰/۰۸۳۴	۰/۹۶۴	۲۱۲/۶۲*	۱/۵۹۳	۹
حشره‌ی کامل کفشدوزک *Propylea quatuordecimpunctata*	۱/۰۲۵±۰/۰۴۴۰	۰/۹۸۹	۵۴۳/۸۹*	۰/۵۸۰	۶
لارو سیرفید *Eupeodes corollae*	۱/۱۹۲±۰/۱۱۱۹	۰/۹۳۳	۱۱۳/۴۳۰*	۱/۷۲۰	۸
لارو سیرفید *Episyrphus balteatus*	۱/۶۸۷±۰/۱۸۳	۰/۹۵۵	۸۵/۳۰۲*	۳/۷۶۳**	۴

* معنی‌دار بودن اختلاف ضرایب با صفر در سطح احتمال ۵ ٪

**معنی‌دار بودن اختلاف ضرایب با یک در سطح احتمال ۵ ٪

جدول ۳- درصدهای مطابقت پراکنش جمعیت چهار شکارگر مهم شته‌خوار با توزیع‌های تجمعی و تصادفی بر اساس سه شاخص مختلف پراکنش و دامنه‌ی نوسان شاخص‌های مذکور در مزارع گندم منطقه‌ی گرگان، فصل‌های زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

شکارگر	نوع شاخص یا مدل توزیع فضایی									
	موریسیتا			k			واریانس/ میانگین			توزیع پواسون
	تجمعی	تصادفی	دامنه‌ی نوسان	تجمعی	تصادفی	دامنه‌ی نوسان	تجمعی	تصادفی	دامنه‌ی نوسان	درصد برازش	دامنه‌ی نوسان χ^2
حشره‌ی کامل کفشدوزک *Coccinella septempunctata*	۵۰	۵۰	۰-۳/۳۳	۲۰	۸۰	۰/۴۴-۵۷۰/۷۳	۱۰	۹۰	۰/۸۴۶-۲/۱	۹۰	۰/۰۰۱-۲۲/۱
حشره‌ی کامل کفشدوزک *Propylea quatuordecimpunctata*	۰	۵۷/۱۴	۰-۱/۳۶	۲۸/۶	۷۱/۴	۲/۶۸-۱۴۸۳/۹	۰	۱۰۰	۰/۷۳-۱/۲۲	۱۰۰	۰/۰۰۱-۱/۷۶
لارو سیرفید *Eupeodes corollae*	۳۷/۵	۳۷/۵	۱/۰۱-۲/۲۵	۵۵/۵	۴۴/۵	۰/۷۰۸۵-۲۴۴/۵	۴۴/۴	۵۵/۶	۱-۸/۹۶	۶۶/۷	۰/۰۰۱-۷۳۸/۱
لارو سیرفید *Episyrphus balteatus*	۲۵	۵۰	۲/۱۴-۵/۷۳	۶۰	۴۰	۰/۲۰۷-۴۰۹/۸۵	۲۰	۸۰	۱-۱۲/۲۷	۸۰	۰/۰۰۴-۳۵/۸



شکل ۴- منحنی‌های تعداد نمونه‌ی لازم و خطوط تصمیم‌گیری در برنامه‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت‌های ثابت ۰/۲۵ (خطوط ممتد) و ۰/۱۰ (خطوط نقطه‌چین) به منظور برآورد میانگین انبوهی جمعیت چهار شکارگر مهم شته‌خوار در مزارع گندم گرگان

جدول ۴- آماره‌های رگرسیونی بین میانگین‌های انبوهی جمعیت و شاخص‌های موریسیتا و k به همراه مقادیر کای عمومی (k_c) در چهار شکارگر مختلف، مزارع گندم منطقه‌ی گرگان

شکارگر	k			شاخص موریسیتا			k_c
	p	df	F	p	df	F	
حشره‌ی کامل *Coccinella septempunctata*	۰/۲۶۴	۹	۱/۴۴	۰/۳۵۷	۵	۱/۱۷۵	۰/۴۱۸
حشره‌ی کامل *Propylea quatuordecimpunctata*	۰/۸۱۳	۶	۰/۰۶۱۷	۰/۴۳۰	۵	۰/۸۲۵	۷/۹۶
لارو سیرفید *Eupeodes corollae*	۰/۴۱۲	۸	۰/۷۶۱	۰/۸۲۹	۶	۰/۰۵۱	۳۱/۹۳
لارو سیرفید *Episyrphus balteatus*	۰/۵۶۴	۴	۰/۴۱۷	–	–	–	۰/۱۲۳

همچنین، موسر و همکاران (۲۱) با مقایسه دقت روش‌های مختلف نمونه‌برداری در برآورد میانگین جمعیت کفشدوزک‌های *Coleomegilla maculate* (De Geer) و *Harmonia axyridis* (Pallas) در مزارع ذرت شیرین، دقت روش شمارش روی بوته را از روش کارت‌های زرد چسبنده بیش‌تر گزارش نمودند.

نتایج به دست آمده از نمونه‌برداری دنباله‌ای نشان دادند که در تراکم‌های پایینِ جمعیت، تعداد نمونه‌های لازم برای برآورد میانگین جمعیت شکارگرها بسیار زیاد و شمارش آنها عملی وقت‌گیر می‌باشد. با توجه به این که از سایر روش‌های نمونه‌برداری مانند شمارش در یک مدت زمان معین نیز برای طراحی نمونه‌برداری دنباله‌ای شکارگرها در مزارع گندم استفاده شده است (۱۴و ۱۹)، لذا توصیه می‌گردد کارایی و دقت سایر روش‌های نمونه‌برداری در برآورد میانگین جمعیت شکارگرها به ویژه در تراکم‌های پایین آن‌ها، بررسی و مقایسه شود. منحنی‌های تصمیم‌گیری که بر اساس تعداد تجمعی شکارگر و تعداد نمونه رسم شده‌اند (شکل ۴)، به عنوان یک مدل ساده می‌توانند در برآورد میانگین جمعیت با یک دقت مشخص مورد استفاده قرار گیرند. این روش بین هزینه (تعداد نمونه) و دقت نمونه‌برداری تعادلی را برقرار می‌نماید و به فرد نمونه‌بردار اجازه می‌دهد تا پس از هر بار نمونه‌برداری در مورد امکان برآورد میانگین جمعیت با دقت مورد نظر تصمیم‌گیری نماید و با رسیدن به دقت مورد نظر، نمونه‌برداری را قطع کند و از برداشتن نمونه‌های اضافی که باعث افزایش هزینه‌ی نمونه‌برداری می‌شود، خودداری نماید.

سپاسگزاری

از پژوهشکده‌ی مدیریت منابع محیطی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به خاطر تامین هزینه‌ی این پژوهش و از جناب آقای دکتر ابوفاضل دوستی، عضو محترم هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم به خاطر شناسایی گونه‌های مگس‌های سیرفید قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

۱- افشاری ع.، سلیمان‌نژادیان ا. و شیشه‌بر پ. ۱۳۸۶. پراکنش فضایی جمعیت دشمنان طبیعی شته سبز پنبه و مقایسه روش های مختلف برآورد آن در مزارع پنبه منطقه گرگان. نامه‌ی انجمن حشره‌شناسی ایران، جلد ۲۷، شماره‌ی ۲، صفحات ۶۱ تا ۷۸.

۲- امیرنظری م.، مظفریان ف. و ماروسیک ی. ۱۳۸۱. شناسایی دشمنان طبیعی شته‌های گندم در منطقه‌ی کرج. خلاصه مقالات پانزدهمین کنگره‌ی گیاهپزشکی ایران (جلد اول: آفات)، ۱۶ تا ۲۰ شهریور، دانشگاه رازی، کرمانشاه، صفحه‌ی ۲۱.

۳- درویش‌مجنی ت. و بیات‌اسدی ه. ۱۳۷۴. شناسایی و معرفی دشمنان طبیعی شته‌ی سبز گندم، *Sitobion avenae* (F.)، در منطقه‌ی گرگان و دشت. خلاصه مقالات دوازدهمین کنگره‌ی گیاهپزشکی ایران، ۱۱-۱۶ شهریور، آموزشکده‌ی کشاورزی کرج، صفحه‌ی ۲۱.

۴- شکاریان ب. و رضوانی ع. ۱۳۸۱. شته‌های غلات، درصد جمعیت و دشمنان طبیعی آنها در مزارع گندم و جوی استان لرستان. خلاصه مقالات پانزدهمین کنگره‌ی گیاهپزشکی ایران (جلد اول: آفات)، ۱۶ تا ۲۰ شهریور، دانشگاه رازی، کرمانشاه، صفحه‌ی ۲۳.

۵- فرحی س. و صادقی نامقی ح. ۱۳۸۸. تنوع گونه‌ای شته‌ها و کفشدوزک‌های مزارع گندم شهرستان مشهد (استان خراسان رضوی)،نشریه‌ی حفاظت از گیاهان، جلد ۲۳، شماره‌ی ۲، صفحات ۸۹ تا ۹۵.

6- Bosque-Perez N.A., Johnson J.B., Schotzko D.J., and Unger L. 2002. Species diversity, abundance, and phenology of aphid natural enemies on spring wheats resistant and susceptible to Russian wheat aphid. Biocontrol, 47:667-684.

7- Brewer M.J., and Elliot N.C. 2004. Biological control of cereal aphids in North America and mediating effect of host plant and habitat manipulatios. Annual Review of Entomology, 42:219-242.

8- Buntin G.D. 1994. Developing a primary sampling program. pp. 99-115, In: Pedigo, L. P., and Buntin,

G. D. (eds.) Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida.
9- Chambers R.J., Sunderland K.D., Stacey D.L., and Wyatt I.J. 1986. Control of cereal aphids in winter wheat by natural enemies: aphid-specific predators, parasitoids and pathogenic fungi. Annals of Applied Biology, 108:219-23.
10- Clement S.L., Elberson L.R., Youssef N., Young F.L., and Evans M.A. 2004. Cereal aphid and natural enemy populations in cereal production systems in eastern Washington, Journal of the Kansas Entomological Society, 77:165-173.
11- Collins K.L., Boatman N.D., Wilcox A., Holland J.M., and Chaney K. 2002. Influence of beetle banks on cereal aphid predation in winter wheat. Agriculture, Ecosystems and Environment, 93:337-350.
12- Elliott N.C., and Kieckhefer R.W. 1987. Spatial distributions of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in winter wheat and spring oats in South Dakota. Environmental Entomology, 16:896-901.
13- Elliot N.C., and Kieckhefer R.W. 1990. Dynamics of aphidophagous coccinellid assemblages in small grain fields in eastern South Dakota. Environmental Entomology, 19: 1320-1329.
14- Eliot N.C., Michels Jr G.J., Kieckhefer R.W. and French B.W. 1997. Sequential sampling for adult coccinellids in wheat. Entomologia Experimentalis et Applicata, 84:267-273.
15- 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, 85:830-837.
16- 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, 86:427-435.
17- Galvan T.L., Burkness E.C., and Hutchison W.D. 2007. Enumerative and binomial sequential sampling plans for the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in wine grapes. Journal of Economic Entomology, 100:1000-1010.
18- Green R.H. 1970. On fixed precision level sequential sampling. Research Population Ecology, 12:249-251.
19- Iperti G., Lapchin L., Ferran A., Rabasse J.M., and Lyon J.P. 1988. Sequential sampling of adult Coccinella septempunctata L. in wheat fields. Canadian Entomologist, 120:773-778.
20- Michels G.J., Elliott N.C., Romero R.L., and French W.B. 1997. Estimating populations of aphidophagous coccinellidae (Coleoptera) in winter wheat. Environmental Entomology, 26:4-11.
21- Musser F.R., Nyrop J.P., and Shelton A.M. 2004. Survey of predators and sampling method comparison in sweet corn. Journal of Economic Entomology, 97:136-144.
22- Pankanin-Franczyk M., and Ceryngier P. 1995. Cereal aphids, their parasitoids and coccinellids on oats in central Poland. Journal of Applied Entomology, 119:107-111.
23- Pool R.W. 1974. An Introduction to Quantitative Ecology. Mc Graw-Hill Press, 531 p.
24- Reich R.M., and Davis R. 2000. Quantitative Spatial Analysis (Course Notes for NR/ST 523). Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 80523, 540p.
25- Schmidt M.H., Lauer A., Purtauf T., Thies C., Schafer M., and Tscharantke T. 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. Proceeding of the Royal Society of Biological Science, 270:1905-1909.
26- Southwood T.R.E. 1995. Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Populations. Chapman and Hall Press, London. 524 p.
27- Taylor L.R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. Annual Review of Entomology, 29:321-357.
28- Tenhumberg B., and Poehling H.M. 1995. Syrphids as natural enemies of cereal aphids in Germany: aspects of their biology and efficacy in different years and regions. Agriculture, Ecosystems and Environment, 52:39-43.
29- Tomanovic Z., Kavallieratos N.G., and Athanassious C.G. 2008. Spatial distribution of cereal aphids (Hemiptera: Aphidoidea) in Serbia. Acta Entomologica Serbia, 13:9-14.
30- Tsai J.H., Wang J.J., and Liu Y.H. 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange Jessamine in southern Florida. Florida Entomologists, 83:446-459.
31- Winder L., Hirst D.J., Carter N., Wratten S.D., and Sopp P.I. 1994. Estimating predation of the grain aphid *Sitobion avenae* by polyphagous predators. Journal of Applied Ecology, 31:1-12.
32- Young L.J., and Young L.H. 1998. Statistical Ecology. Kluwer Academic Press, Boston, 565 p.