تحقیقات آفات گیاهی
۱۴۰۲ -۱۳(۲): ۳۱ -۴۰

Open access
doi: 10.22124/iprj.2023.25051.1527
pISSN:2322-2409
eISSN: 2538-6123

علمی پژوهشی

تراکم، پراکنش فضایی و نمونه‌برداری دنباله‌ای شته سیاه باقلا، *Aphis fabae*، در مزرعه چغندر قند

علی رجب پور[۱*] و نعمت دیناروند[۲]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

شناسه ارکید: ۱- 0000-0001-9064-3082، ۲- 0009-0002-4143-537X

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۳۱)

چکیده

شته سیاه باقلا (Hemiptera: Aphididae) *Aphis fabae* Scopoli از آفات مهم مزارع چغندر در استان خوزستان می‌باشد. اطلاع از روش‌های نمونه‌برداری دقیق و مقرون به صرفه، در توسعه برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت می‌تواند اهمیت اساسی داشته باشد. در این مطالعه، پراکنش فضایی این آفت در مزرعه‌ای تحقیقاتی به مساحت یک هکتار در شهرستان شوش مورد بررسی قرار گرفت و یک برنامه نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای تخمین جمعیت آن طراحی شد. نمونه‌برداری‌ها هر سه روز یکبار انجام شد و پراکنش فضایی جمعیت این شته روی بوته‌های چغندر قند با استفاده از دو مدل تیلور و آیواوو مورد ارزیابی قرار گرفت. نوع پراکنش فضایی این آفت روی بوته‌های چغندرقند تجمعی بود و شاخص تیلور با داده‌های جمعیت این شته روی بوته‌های چغندر قند برازش بهتری داشت. از این رو، مدل گرین برای توسعه برنامه نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت این شته استفاده شد. تعداد بهینه نمونه مورد نیاز بسته به تراکم آفت، از ۹۹ تا ۱۳۰ بوته در سطح دقت ۰/۱ و ۱۶ تا ۲۱ بوته در سطح دقت ۰/۲۵ متفاوت بود. ترسیم خطوط توقف نمونه‌برداری نشان داد که در سطوح دقت ۰/۲۵ و ۰/۱، نمونه‌برداری از جمعیت آفت باید به ترتیب تا زمان رسیدن تعداد تجمعی شته‌ها به ۱۰ و ۲۵ شته در بوته ادامه یابد.

واژه‌های کلیدی: پراکنش فضایی، تعداد نمونه، شاخص تیلور، شاخص آیواو، مدیریت تلفیقی

*نویسنده مسئول: a_rajabpour2000@yahoo.com, rajabpour@asnrukh.ac.ir

مقدمه

یکی از محصولات مهم با دامنه مصرف گسترده برای انسان، دام و صنعت، گیاه چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) است. این محصول در نقاط مختلف دنیا کشت شده و در کل به سرما یا گرمای هوا و شوری یا خشکی خاک مقاومت نسبی مطلوبی دارد (Ebrahimian *et al.*, 2009). در استان خوزستان به ویژه مناطق شمالی آن، چغندرقند از محصولات مهمی است که همه ساله مورد توجه کشاورزان می‌باشد. اگرچه چغندرقند در استان‌های دیگر به‌طور معمول به‌صورت بهاره کشت می‌شود، ولی در استان خوزستان کشت پاییزه این محصول رواج دارد (Momeni Choleki *et al.*, 2021).

شته‌ها از آفات مهم چغندر در ایران هستند که به دلیل انتقال بیماری‌های ویروسی، مکیدن شیره گیاهی و ایجاد اختلال در فیزیولوژی گیاه میزبان، ترشح عسلک (و به دنبال آن، رشد قارچ‌های ساپروفیت و کاهش توانایی فتوسنتز گیاه) و تزریق بزاق سمی ممکن است کاهش جدی محصول و نابودی بوته‌ها را موجب شوند (Behdad, 2002). از میان شته‌ها، شته سیاه باقلا *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین آفات باقلا و چغندرقند است. این شته پس از استقرار در پشت برگ‌ها و افزایش جمعیت، موجب پیچیده شدن برگ‌ها، کاهش میزان شیره گیاهی و در نهایت، کاهش عملکرد می‌شود. علاوه بر آن، این شته در هنگام تغذیه، سموم موجود در بزاق خود را به درون برگ گیاهان میزبان تزریق کرده و موجب پیچیدگی شدید برگ‌ها، کوتاه شدن بوته و پژمرده شدن و خشک شدن شدید برگ‌ها می‌شود (Emden and Harrington, 2017).

در دهه‌های اخیر و به منظور کاهش اثرات نامطلوب آفت‌کش‌ها، فلسفه و برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات[1] توسط پژوهشگران مبارزه با آفات تکوین یافته است (Pedigo, 2002). طراحی و اجرای یک برنامه مناسب نمونه‌برداری سنگ‌بنای تصمیم‌گیری درست در زمینه اجرای راهکارها و راهبردهای مختلف IPM می‌باشد و موفقیت این برنامه‌ها، به میزان زیادی نیازمند درستی و اعتبار برنامه نمونه-برداری برای تخمین جمعیت آفت در مزرعه یا باغ می‌باشد. دقت و صرفه‌جویی در زمان و هزینه، دو عامل اساسی در تکوین یک برنامه نمونه‌برداری موفق هستند (Pedigo, 2002). نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت یک روش نمونه‌برداری بسیار کارآمد است که در آن، تعداد نمونه‌های مورد نیاز برای رسیدن به یک دقت مطلوب به حداقل می‌رسد. در واقع، برنامه‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای به منظور افزایش راندمان عمل نمونه‌برداری، اهمیتی اساسی دارد. تخمین زده می‌شود که در برنامه نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت در مقایسه با برنامه نمونه‌برداری با اندازه نمونه ثابت، ۳۵ تا ۵۰ درصد در هزینه صرفه‌جویی شده و راندمان نمونه-برداری (با حفظ دقت مطلوب) افزایش چشمگیر می‌یابد (Binns, 1994). در زمینه پراکنش فضایی شته *A. fabae* روی گیاهانی نظیر شیمشیر (*Euonymus europaeus* L.)، کرفس (Godfrey and Chaney, 1995)، باقلا (Cammell *et al.*, 1989; Rajabpour and Yarahmadi, 2013)، چغندرقند (Cammell *et al.*, 1989) و مرکبات (Kafeshani *et al.*, 2018) پژوهش-هایی صورت گرفته است. برنامه نمونه‌برداری با دقت ثابت براساس شاخص‌های پراکنش فضایی شته سیاه باقلا روی بوته‌های باقلا (Rajabpour and Yarahmadi, 2013) نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

اگرچه در برخی از پژوهش‌های قبلی، برنامه نمونه‌برداری با دقت ثابت برخی آفات چغندر قند نظیر کرم برگ‌خوار چغندر *Spodoptera exigua* Hubner و کرم طوقه‌بر *Agriotis segetum* Denis & Schiffermüller (Lepidoptera: Noctuidae) توسعه یافته است (Rajabpour, 2020)، ولی هیچ مطالعه‌ای در زمینه تکوین برنامه نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت از شته سیاه باقلا در مزراع چغندر قند در دنیا منتشر نشده است. با توجه به اهمیت

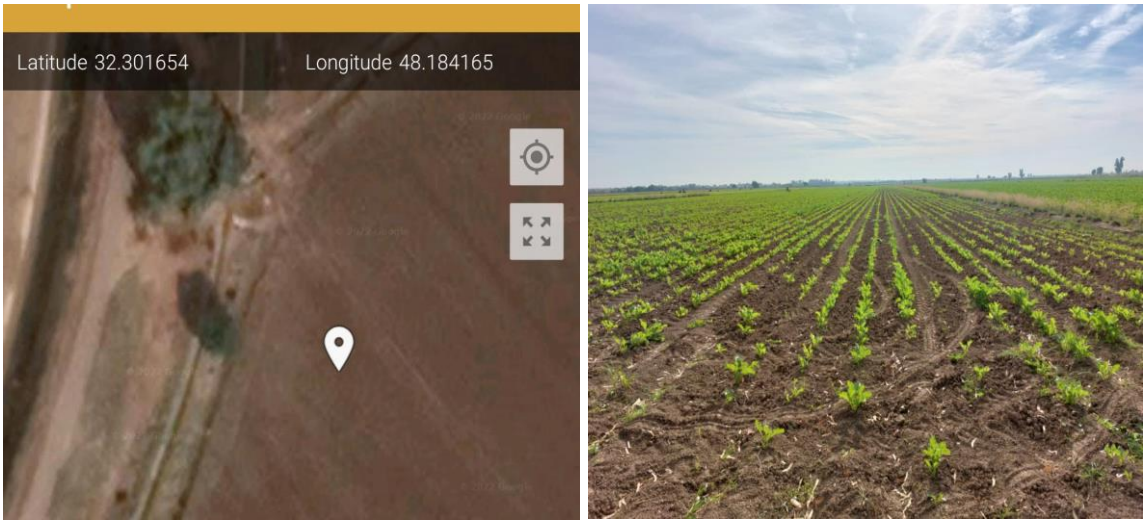
[1]. Integrated pest management (=IPM)

این اطلاعات، هدف از این مطالعه توسعه برنامه نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای پایش جمعیت شته سیاه باقلا روی بوته‌های چغندر قند بود.

مواد و روش‌ها

محل مطالعه و آماده سازی زمین

این آزمایش در یک قطعه زمین به مساحت یک هکتار در منطقه عمله سیف واقع در شمال استان خوزستان (حدفاصل شهرستان اندیمشک و شوش) در طول سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ انجام شد (شکل ۱). بذرهای چغندر قند (رقم آنتیک) به صورت جوی و پشته‌ای کاشته شدند؛ به طوری که فاصله بین دو پشته ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو بوته ۲۰ سانتی‌متر بود. مبارزه با علف‌های هرز با استفاده از وجین و توسط نیروی کارگری صورت گرفت و در طول مطالعه، هیچ نوع آفت‌کشی (حشره‌کش یا علف‌کش) در زمین مورد نظر استفاده نشد. عملیات آبیاری و خاک‌ورزی نیز بر اساس توصیه‌های اداره کشاورزی شهرستان مورد تحقیق انجام پذیرفت.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی زمین آزمایشی و مزرعه آزمایشی مورد استفاده در تحقیق

Figure 1. The geographical coordination and the experimental field of the study

نمونه‌برداری

از تله زرد چسبنده برای پایش جمعیت شته‌های بالدار مهاجر و تعیین زمان ورود و خروج آنها به مزرعه استفاده شد. نمونه برداری‌ها در فاصله زمانی بین ۷ تا ۱۱ صبح و هر سه روز یک‌بار انجام شد. در هر تاریخ نمونه‌برداری، در دو قطر مزرعه و بر اساس یک الگوی X شکل حرکت نموده و در هر ۱۰ قدم، یک بوته به صورت کاملاً تصادفی انتخاب و تعداد شته‌های موجود (بالغ و پوره) در قسمت‌های پایینی، میانی و بالایی آن با استفاده از یک لوپ دستی (با بزرگنمایی ۳۰ برابر) به تفکیک شمارش و ثبت شد.

تعیین پراکنش فضایی

از دو شاخص تیلور و آیواو (به ترتیب، معادله‌های ۱ تا ۴) برای تعیین نوع پراکنش فضایی شته سیاه باقلا روی بوته‌های چغندر استفاده شد (Henderson and Southwood, 2016).

$$S^2 = a\bar{X}^b$$ معادله ۱

که درآن S^2 واریانس، $\bar{X}$ میانگین جمعیت و پارامترهای a و b مقادیر ثابت می‌باشند. برای محاسبه مقادیر a و b، بین لگاریتم واریانس ($\log S^2$) به عنوان متغیر وابسته و لگاریتم میانگین ($\log(\bar{X})$ به عنوان متغیر مستقل رابطه رگرسیونی برقرار شد (معادله ۲). در این رابطه، مقادیر بزرگ‌تر، مساوی

و کوچک‌تر از یک شیب خط رگرسیون (b) به ترتیب نشان‌دهنده پراکنش فضایی تجمعی، تصادفی و یکنواخت بود (Henderson and Southwood, 2016).

معادله۲ $$Log(S^2) = log(a) + b\ log\bar{X})$$

به منظور برآورد شاخص پراکنش آیواو، بین شاخص ازدحام (X^*) و میانگین جمعیت شته ($\bar{X}$) یک رابطه رگرسیون خطی (معادله ۳) برقرار شد (Henderson and Southwood, 2016):

معادله۳ $$X^* = \alpha + \beta\,\bar{X}$$

در این رابطه، α نشان‌دهنده خواص ذاتی گونه و β بیانگر نوع پراکنش فضایی جمعیت حشره در زیستگاه می‌باشد. مقدار شاخص ازدحام (X^*) از معادله ۴ محاسبه شد:

معادله ۴ $$X^* = \bar{X} + \left(\frac{S^2}{\bar{X}} - 1\right)$$

در این معادله، X^*، $\bar{X}$ و S^2 به‌ترتیب میانگین ازدحام، میانگین و واریانس جمعیت شته است.

به منظور آزمودن معناداری اختلاف مقادیر b در شاخص تیلور و β در شاخص آیواو با عدد یک، از آماره t (معادله‌ی ۵) استفاده شد (Afshari and Dastranj, 2010):

معادله۵ $$t = (slope - 1)/SE_{slope}$$

در این معادله، slope شیب خط رگرسیون خطی تیلور و SE_{slope} خطای معیار محاسبه‌شده برای این شیب خط رگرسیونی است.

طراحی نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت

با توجه به اینکه شاخص تیلور از برازش بهتری برای نمایش داده‌های پراکنش فضایی برخوردار بود، از روش گرین[1] (Buntin, 1994; Naranjo and Hutchison, 1997) برای طراحی نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت‌های ۲۵ و ۱۰ درصد استفاده شد. در این مدل، کمترین تعداد نمونه لازم برای رسیدن به دقت مورد نظر، با استفاده از معادله ۶ تعیین شد:

معادله۶ $$n = \frac{aX^{b-2}}{D^2}$$

در این رابطه n کمترین تعداد نمونه مورد نیاز برای برآورد تراکم جمعیت در سطح دقت D، $\bar{X}$ میانگین جمعیت و a و b به ترتیب عرض از مبدأ و شیب رابطه رگرسیونی تیلور می‌باشند. خطوط توقف نمونه‌برداری (خطوط تصمیم‌گیری) که بیانگر زمان توقف نمونه‌برداری می‌باشند، با استفاده از معادله ۷ ترسیم شدند:

معادله ۷ $$T_n \geq \left(\frac{an^{1-b}}{D^2}\right)^{1/2\text{-}b}$$

در این رابطه T_n فراوانی تجمعی آفت در یک نمونه n تایی و بقیه پارامترها به شرح معادله‌های پیشین می‌باشند (Buntin, 1994; Naranjo and Hutchison, 1997).

نتایج و بحث

نتایج معادله‌های رگرسیونی برقرار شده و پراکنش فضایی جمعیت شته سیاه باقلا نشان داد که شاخص تیلور نسبت به ضریب آیواو دارای ضریب تبیین (R^2) بیشتری بود و با داده‌های توزیع فضایی این آفت روی بوته‌های چغندرقند برازش بیشتری از خود نشان داد (شکل‌های ۲ و ۳). بر اساس مقادیر t (لازم است مقادیر t به دست آمده از معادله ۵ در اینجا قید شوند)، شیب خط رگرسیونی هر دو مدل به طور معنی‌داری از عدد ۱ بزرگ‌تر و نوع پراکنش فضایی این شته روی بوته‌های چغندر قند از نوع تجمعی بود.

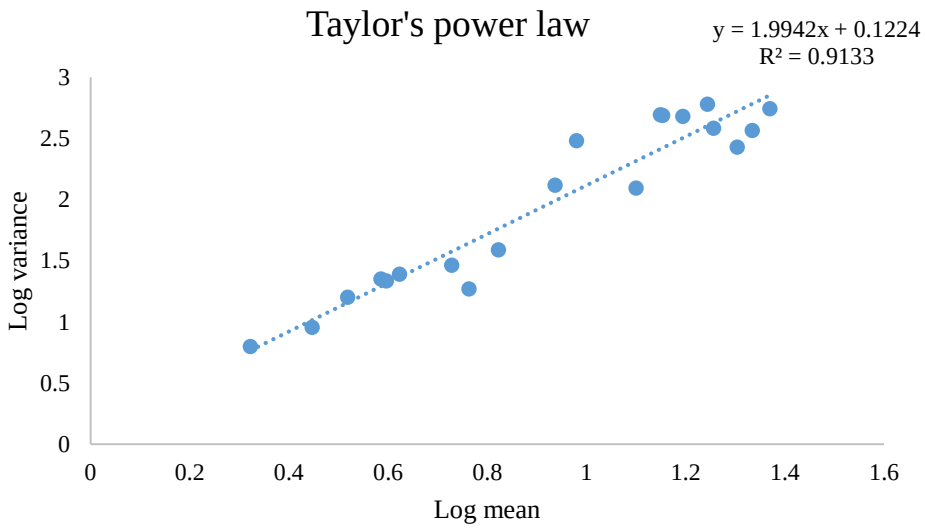
پراکنش فضایی شته سیاه باقلا روی برخی میزبان‌های گیاهی مانند چغندرقند، شمشیر (Cammell *et al.*, 1989)، کرفس (Godfrey and Chaney, 1995)، درختان مرکبات (Kafeshani *et al.*, 2018) و باقلا (Rajabpour and Yarahmadi, 2013) مورد مطالعه قرار گرفته است. در تمام این بررسی‌ها اگرچه پراکنش فضایی جمعیت این شته از نوع تجمعی گزارش شده است، ولی مقادیر عددی پارامترهای معادله‌های تیلور و آیواو در آن‌ها با مقادیر به دست آمده در پژوهش حاضر متفاوت بودند. نوع پراکنش فضایی هرگونه از مشخصات رفتاری آن گونه است (Taylor, 1984). یکی از عواملی که روی رفتار و در نتیجه، نوع پراکنش فضایی یک آفت اثر می‌گذارد، نوع میزبان گیاهی آن است (Taylor, 1984). بنابراین، تفاوت در مقادیر شیب خط یا عرض از مبدا محاسبه شده در معادله‌های

[1]. Green

رگرسیونی مطالعه حاضر با سایر پژوهش‌ها، می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع میزبان گیاهی این شته و تاثیرات رفتاری ناشی از آن باشد. مشابه مطالعه حاضر، در پژوهش‌های قبلی یاد شده نیز مدل تیلور برازش بهتری را برای داده‌های به دست آمده توزیع فضایی شته سیاه باقلا روی میزبان‌های گیاهی دیگر فراهم نمود.

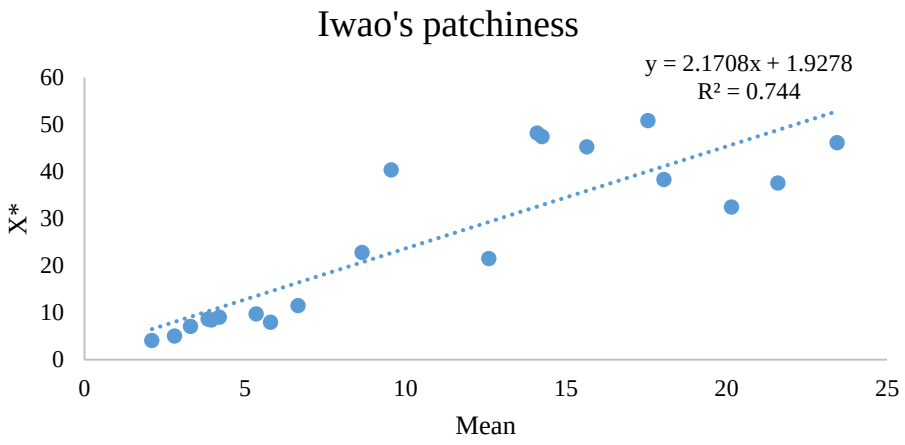
نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت شته سیاه باقلا در مزارع چغندر قند

تعداد بهینه نمونه مورد نیاز برای تخمین جمعیت شته سیاه باقلا در مزارع چغندرقند با دقت‌های ۰/۲۵ (توصیه شده در مدیریت تلفیقی آفات) و ۰/۱ (توصیه شده در بررسی‌های تحقیقاتی) در شکل ۴ نمایش داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از مدل گرین، تعداد نمونه بهینه مورد نیاز بسته به تراکم آفت، از ۱۳۰ تا ۹۹ عدد بوته در سطح دقت ۰/۱ و یا ۲۱ تا ۱۶ عدد بوته در سطح دقت ۰/۲۵ متفاوت بود. بنابراین، تعداد نمونه مورد نیاز همواره در سطح دقت ۰/۱ بیشتر از سطح دقت ۰/۲۵ بود و با افزایش تراکم آفت، تعداد نمونه مورد نیاز به شدت کاهش می‌یافت. تعداد نمونه بهینه مورد نیاز برحسب دقت مطلوب فرد نمونه‌بردار و میانگین تراکم شته موجود در مزرعه متغیر گزارش شده است. علت نیاز به تعداد نمونه بیشتر در تراکم‌های کم‌تر، وجود رابطه بین میانگین و واریانس تراکم آفت است که توسط شیب رگرسیون تیلور بیان شده است (Kapatos *et al.*, 1997). در مطالعه قبلی صورت‌گرفته برای توسعه برنامه نمونه‌برداری شته سیاه باقلا در مزارع باقلا در منطقه ویس (خوزستان) با استفاده از مدل گرین، تعداد نمونه مورد نیاز برای برآورد انبوهی جمعیت این شته بر حسب دقت مورد نظر و مطلوب متفاوت بود و برحسب میانگین جمعیت شته از ۲ تا ۲۵ عدد بوته در سطح دقت ۰/۲۵ تا ۱۰ تا ۷۳ عدد بوته در سطح دقت ۰/۱ متغیر بود (Rajabpour and Yarahmadi, 2013).



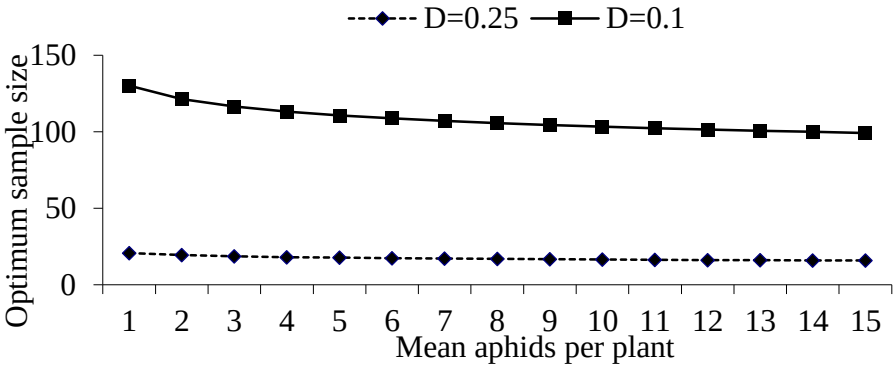
شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین لگاریتم میانگین و لگاریتم واریانس جمعیت شته سیاه باقلا روی بوته‌های چغندر بر اساس مدل تیلور

Figure 2. Regression between the logarithm of mean and logarithm of variance of the *Aphis fabae* population on sugar beet according to Taylor's power law



شکل ۳- رابطه رگرسیونی بین میانگین و شاخص انبوهی جمعیت شته سیاه باقلا روی بوته‌های چغندر براساس مدل آیواوو

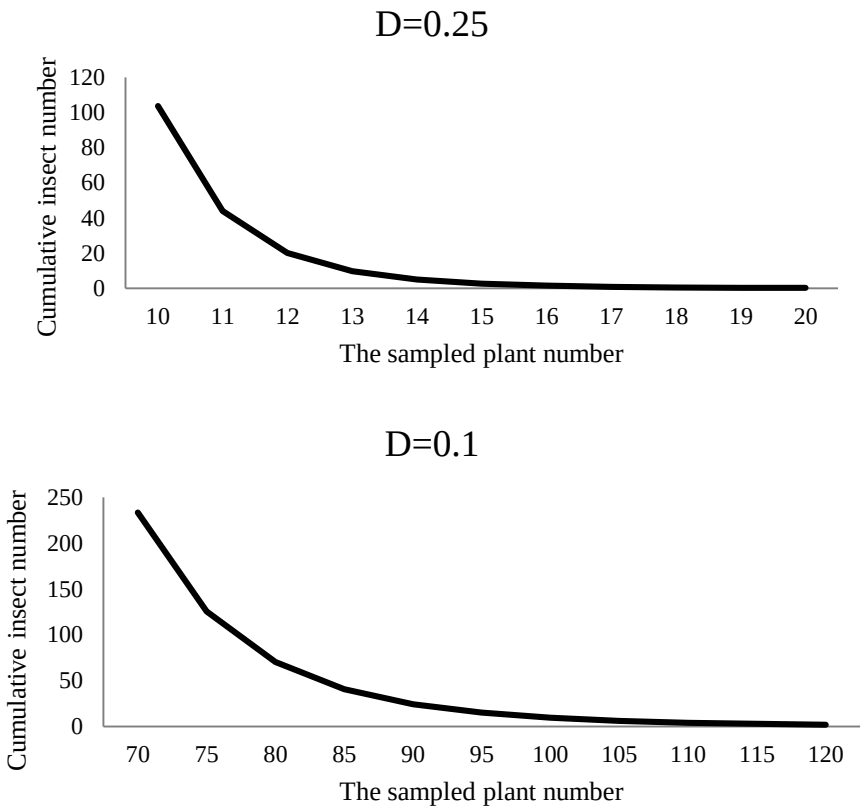
Figure 3. Regression between the mean and crowding mean of the *Aphis fabae* population on sugar beet according to Iwao's patchiness



شکل ۴-تعداد بهینه نمونه مورد نیاز براساس مدل گرین برای تخمین دقیق جمعیت شته سیاه باقلا در مزارع چغندرقند با سطوح دقت ۰/۲۵ یا ۰/۱

Figure 4. The required optimum sample size based on Green's model of *Aphis fabae* population on sugar beet fields at precision levels of 0.25 and 0.1

خطوط توقف نمونه‌برداری ترسیم شده بر اساس مدل گرین در دقت‌های ۰/۲۵ و ۰/۱ در شکل ۵ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که در سطح دقت ۰/۲۵، نمونه‌برداری باید تا زمان رسیدن تعداد تجمعی شته‌ها به ۱۰ شته در بوته ادامه یابد. در حالی که تعداد تجمعی برای توقف نمونه-برداری در سطح دقت ۰/۱، ۲۵ شته در بوته برآورد شد. نتایج به دست آمده در این تحقیق، با الگوی کلی مدل گرین (Green, 1970) که اظهار داشته بود خط توقف نمونه-برداری برای توزیع تجمعی، با افزایش تعداد نمونه‌ها رو به کاهش خواهد بود، انطباق داشت.



شکل ۵- نتیجه مدل گرین برای تعیین خطوط توقف نمونه‌برداری برای تخمین جمعیت شته سیاه باقلا روی چغندر قند در صورت مطلوبیت سطح دقت ۰/۲۵ (بالا) و ۰/۱ (پایین)

Figure 5. Fixed precision sequential sampling stop lines for *Aphis fabae* on sugar beet fields at desired precision levels 0.25 (up) and 0.1(down)

از آنجا که در زمینه توسعه برنامه نمونه‌برداری دنباله‌ای برای جمعیت شته سیاه باقلا روی چغندقند در دنیا گزارش دیگری منتشر نشده است، بنابراین، نمی‌توان نتایج نمونه-برداری دنباله‌ای مطالعه حاضر را با دیگر پژوهش‌های صورت‌گرفته برای شته سیاه باقلا روی میزبان‌های گیاهی دیگر و یا سایر گونه‌های شته، مقایسه نمود. زیرا تمام مدل-های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت (مدل گرین یا مدل کونو[1]) به پارامترهای پراکنش فضایی گونه‌ی آفت بستگی دارد. توزیع فضایی یکی از ویژگی‌های اکولوژیکی گونه‌ها است (Taylor, 1984)، بنابراین، پارامترهای آن با توجه به گونه آفت متفاوت هستند و بدیهی است که برنامه نمونه-برداری توسعه‌یافته در این حالت منحصر به فرد بوده و قابل تعمیم به سایر گونه‌های آفت نیست. علاوه بر این، بسیاری از عوامل مرتبط با گیاه میزبان، شرایط محیطی، رقابت‌های گوناگون و غیره می‌توانند بر پارامترهای توزیع فضایی و به تبع آن، روی مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای ارایه شده تاثیر بگذارند (Taylor, 1984). برای مثال، شهابی و رجب‌پور (Shahbi and Rajabpour, 2017) نشان دادند که حتی تغییر رقم گیاه میزبان، به دلیل وجود شرایط مورفولوژیکی و عوامل مقاومت متفاوت، روی ویژگی‌های جمعیت (Azadi *et al.*, 2018) از جمله نوع پراکنش فضایی و به تبع آن، تعداد نمونه مورد نیاز و نیز خطوط توقف نمونه‌برداری دنباله-ای (مدل گرین) تاثیر بالایی دارد. در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که پارامترهای توزیع فضایی و به تبع آن، برنامه نمونه‌برداری از هر گونه از شته‌های مرکبات (*Aphis spiraecola* Patch، *Aphis gossypii* Glover و

[1]. Kuno's model

Toxoptera aurantii Boyer) روی گونه‌های مختلف مرکبات (پرتقال تامسون و نارنگی انشو) تفاوت‌های زیادی را از خود نشان می‌دهند (Kafeshani *et al*., 2018). حتی شرایط مزرعه مانند وضعیت علف‌های هرز نیز روی پراکنش فضایی و تعداد بهینه نمونه و نیز خطوط توقف نمونه‌برداری اثرگذار گزارش شده است (Dinarvand *et al*., 2020). به صورت مشابه، پارامترهای توزیع فضایی و نمونه‌برداری دنباله‌ای (تعداد بهینه نمونه مورد نیاز و یا خطوط توقف نمونه-برداری) دو گونه آفت کرم برگ‌خوار چغندر و کرم طوقه بر (هر دو از خانواده Noctuidae) روی یک میزبان گیاهی (بوته‌های چغندر قند رقم آنتیک) تفاوت‌های زیادی را از خود نشان دادند (Rajabpour, 2020). در تلاش صورت گرفته برای توسعه برنامه نمونه‌برداری دنباله‌ای شته سیاه باقلا روی بوته‌های باقلا، تعداد نمونه مورد نیاز برای برآورد انبوهی جمعیت شته در دقت ۰/۱ همواره از ۰/۲۵ بیشتر بود و برحسب میانگین جمعیت از ۱۰ تا ۳۸ عدد بوته در دقت ۰/۲۵ و ۱۱۴ تا ۲۳۹ عدد بوته در دقت ۰/۱ متغیر بود (Rajabour and Yarahmadi, 2013). تفاوت مشاهده شده در تعداد نمونه بهینه مورد نیاز و یا خطوط توقف نمونه‌برداری در این مطالعه با مطالعه حاضر می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع گیاه میزبان و شرایط زراعی مورد نیاز برای کشت این دو گیاه باشد.

به طور کلی، پراکنش فضایی جمعیت این شته روی بوته‌های چغندرقند از نوع تجمعی بود و مدل تیلور برای نمایش داده‌های پراکنش فضایی آن روی بوته‌های گیاه میزبان، برازش بهتری داشت. تعداد نمونه بهینه مورد نیاز برای تخمین میانگین جمعیت، بسته به تراکم شته، از ۹۹ تا ۱۳۰ بوته در سطح دقت ۰/۱ و ۱۶ تا ۲۱ بوته در سطح دقت ۰/۲۵ متفاوت بود. ترسیم خطوط توقف نمونه‌برداری نشان داد که در سطوح دقت ۰/۲۵ و ۰/۱ نمونه‌برداری از آفت باید تا زمان رسیدن تعداد تجمعی شته‌ها به‌ترتیب به ۱۰ و ۲۵ عدد در بوته چغندرقند ادامه یابد. نتایج این مطالعه برای توسعه برنامه‌های موثر مدیریت تلفیقی این آفت در مزراع چغندر قند اهمیتی کلیدی می‌تواند داشته باشد.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان برای تامین هزینه مالی این تحقیق، سپاسگزاری به عمل می‌آید.

References

Afshari, A., & Dastranj, M. (2010). Density, spatial distribution and sequential sampling plans for cereal aphids infesting wheat spike in Gorgan, northern Iran. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 32*(2), 89-102.

Azadi, F., Rajabpour, A., Lotfi Jalal Abadi, A., & Mahjoub, M. (2018). Resistance of tomato cultivars to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) under field condition. *Journal of Crop Protection, 7*(1), 87-92.

Behdad, E. (2002). Introductory entomology and important plant pests in Iran. Yadbod, Esfahan.

Binns, M. R. (1994). Sequential sampling for classifying pest status. In Pedigo, L. P., and Buntin, G. D. (Eds.). Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 137–174.

Buntin, G. D. (1994). Developing a primary sampling program. In Pedigo, L. P., and Buntin, G. D. (Eds.). Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 99–115.

Cammell, M. E., Tatchell, G. M., & Woiwod, I. P. (1989). Spatial pattern of abundance of the black bean aphid, *Aphis fabae*, in Britain. *Journal of Applied Ecology, 26*, 463-472.

Dinarvand, N., Rajabpour, A., Sohani, N. Z., & Farkhari, M. (2020). Effect of weedy culture on population densities, spatial distributions and sampling procedures of *Spodoptera exigua* and *Sesamia cretica* (Lep., Noctuidae) in corn fields. *Bulletin of Entomological Research, 110*(1), 84-95. **DOI: https://doi.org/10.1017/S0007485319000312**

Ebrahimian, H. R., Sadegheian, S. Y., Jahadakbar, M. R., & Abbasi, Z. A. H. R. A. (2009). Study of adaptability and stability of sugar beet monogerm cultivars in different locations of Iran. *Journal of sugar beet*, *24*(2), 13-1. **DOI: 10.22092/JSB.2009.1042**

Emden, H. V., & Harrington, R. (Eds.). (2017). Aphids as crop pests. CABI.

Godfrey, L. D., & Chaney, W. E. (1995). Temporal and spatial distribution patterns of aphids (Homoptera: Aphididae) on celery. *Journal of Economic Entomology*, *88*(2), 294-301. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/88.2.294**

Green, R. H. (1970). On fixed precision level sequential sampling. *Population Ecology*, *12*(2), 249-251. **DOI: https://doi.org/10.1007/BF02511568**

Henderson, P. A., & Southwood, T. R. E. (2016). Ecological Methods. John Wiley & Sons.

Kafeshani, F. A., Rajabpour, A., Aghajanzadeh, S., Gholamian, E., & Farkhari, M. (2018). Spatial distribution and sampling plans with fixed level of precision for citrus aphids (Hom., Aphididae) on two orange species. *Journal of Economic Entomology*, *111*(2), 931-941. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/tox380**

Kapatos, E. T., Stratopoulou, E. T., & Sahinoglou, A. (1997). Spatial pattern of *Saissetia oleae* (Homoptera: Coccidae) in Greece. *Environmental Entomology*, *26*(6), 1202-1207. **DOI: https://doi.org/10.1093/ee/26.6.1202**

Momeni Choleki, D., Moghaddasi, R., Zeraatkish, Y., & Mohamadinezhad, A. (2021). Farmers Preferences to Plant Crops for Bio-Energy production (Case Study: Sugar Beet in north of Khuzestan Province). *International Journal of Agricultural Science, Research and Technology in Extension and Education Systems*, *11*(1), 1-11.

Naranjo, S. E., & Hutchison, W. D. (1997). Validation of arthropod Sampling plans using a resampling approach: Software and analysis. *American Entomologist*, *43*(1), 48-57. DOI: https://doi.org/10.1093/ae/43.1.48

Panella, L. (2010). Sugar beet as an energy crop. *Sugar Tech*, *12*, 288-293. **DOI: https://doi.org/10.1007/s12355-010-0041-5**

Pedigo, L. P. (2002). Entomology and pest management. Iowa University press. USA.

Rajabpour, A. (2020). Investigation on seasonal population dynamics and developing fixed-precision sequential sampling of lepidopteran pests in sugar beet fields in north of Khuzestan province. Applied Research Project in Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.

Rajabpour, & A. Yarahmadi, F. (2013). Spatial dispersion and sequential sampling plan for black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli, on faba bean fields in Veis region, Ahvaz. *Plant Protection*, *36*(3), 69-79.

Shahbi, M., & Rajabpour, A. (2017). A fixed-precision sequential sampling plan for the potato tuberworm moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechidae), on potato cultivars. *Neotropical Entomology*, *46*, 388-395. **DOI: https://doi.org/10.1007/s13744-017-0487-1**

Taylor, L. R. (1984). Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annual Review of Entomology*, *29*, 321–357. **DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.en.29.010184.001541**

Plant Pest Research
2023- 13 (2): 31-40

Open access
doi: 10.22124/iprj.2023.25051.1527
pISSN: 2322-2409
eISSN: 2538-6123

Research paper

Spatial dispersion and fixed-precision sequential sampling of black bean aphid, *Aphis fabae* (Hem.: Aphididae) in a sugar beet field

A. Rajabpour[1] and N. Dinarvand[2]
Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
ORCID iD: 1. 0000-0001-9064-3082, 2. 0009-0002-4143-537X

(Received: July 22, 2023- Accepted: August 22, 2023)

Abstract

The black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) is an important pest of sugar beet fields in Khuzestan province. Knowledge about economic and precise sampling program can play critical role for developing integrated pest management (IPM) program of this pest. In this study, the spatial distribution of the pest was investigated in a research sugar, 1 ha, beet field of Shush district, and a fixed-precision sequential sampling program for estimating the aphid density was developed. Samplings were performed every 3 days and spatial distribution of this pest on sugar beet plants was evaluated using two models, Taylor's power law and Iwao's patchiness. The pest distribution on sugar beet plant was aggregated and Taylor's power law provided better fitness to the spatial distribution data of this aphid on sugar beet plants. Therefore, The Green's model was used for developing fixed-precision sequential sampling of the aphid. Based on the pest density, the optimum sample size ranged from 99-130 plants or 16-21 plants at desired precision level 0.1 or 0.25, respectively. Calculated stop lines implicated that the sampling has to be continued till the aphid cumulative number per sugar beet plant reach to 10 at precision level 0.25. The stop line was 25 aphids at precision 0.1.

Key words: Iwao's patchiness, IPM; Sample size, Spatial dispersion, Taylor's power law

* Corresponding author: a_rajabpour2000@yahoo.com, rajabpour@asnrukh.ac.ir