Journal of Entomological Society of Iran
https://jesi.areeo.ac.ir
Entomological Society of Iran
2023, 42 (4), 291-302
Research Article
https://doi.org/10.52547/jesi.42.4.4
pISSN: 0259-9996
eISSN: 2783-3968
OPEN ACCESS

بررسی مقایسه‌ای روش‌های نمونه‌برداری از شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* (Hem., Aphididae) بر روی گیاه کلزا، *Brassica napus* در منطقه اهواز

افروز فارسی [1] و **ابراهیم سلیمان‌نژادیان** [2]

۱-بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
https://orcid.org/0000-0002-6181-074X
✉ afrooz.farsi@yahoo.com
۲- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
✉ esoleymannejadian@yahoo.com

چکیده: شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L.)، یکی از آفات کلیدی و اقتصادی گیاهان خانواده چلیپائیان در جهان می‌باشد که اثرات مخربی بر روی کلزا (*Brassica napus* L.)، به همراه داشته است. در این تحقیق، به منظور تخمین دقیق از جمعیت شته مومی کلم، سه روش نمونه‌برداری (عکس‌برداری، اندازه‌گیری میانگین طول ساقه آلوده و میانگین وزنی شته) به عنوان تیمارهای اصلی با روش شمارش مستقیم به عنوان تیمار شاهد در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا به طور جداگانه، مورد مقایسه قرار گرفتند. برای هر مرحله رشدی، ۲۲ بوته کلزا و از هر بوته، سرشاخه انتهایی که دور آن توسط کلنی شته‌ها به طور کامل پوشانده شده بود، به عنوان واحد نمونه‌برداری انتخاب گردید. نتایج نشان داد که روش‌های اندازه‌گیری میانگین طول ساقه آلوده و میانگین وزنی شته در هر سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی با روش شمارش مستقیم، اختلاف معنی‌داری داشتند. ولی هیچگونه اختلاف معنی‌داری بین روش عکس‌برداری با روش شمارش مستقیم در طول مرحله غنچه‌دهی، مشاهده نشد. بر این اساس، روش عکس‌برداری با داشتن بالاترین میانگین ضریب تصحیح (۰/۷۹۰)، ضریب تبیین (۰/۹۳۱۵) و دقت خالص نسبی (RNP) ۵۱/۵۶، به عنوان بهترین و دقیق‌ترین روش جهت تخمین دقیق جمعیت شته مومی کلم در مرحله غنچه‌دهی، معرفی شد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، انتخاب یک روش صحیح نمونه‌برداری در زمان مناسب، می‌تواند برنامه‌های مدیریت تلفیقی شته مومی کلم را ارتقاء بخشد.

واژه‌های کلیدی: شته مومی کلم، کلزا، تخمین جمعیت، روش عکس‌برداری، دقت خالص نسبی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۴
پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۸
دبیر تخصصی: مسعود امیرمعافی

Citation: Farsi, A. & Soleymannejadian, E. (2023) Comparative study of sampling methods of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Hem., Aphididae) on rapeseed plant, *Brassica napus* in Ahvaz. *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (4), 291–302.

مقدمه

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. (Brassicaceae)، گیاهی است با دانه‌های سرشار از روغن که در سطح وسیعی از جهان کشت می‌شود (Weese *et al.*, 2015؛ Buntin *et al.*, 2000). این محصول با داشتن ویژگی‌های زراعی مناسب به ویژه امکان کشت پائیزه و کیفیت مطلوب روغن، در برنامه‌های خودکفایی کشور مورد اهمیت قرار گرفته و در سال‌های اخیر سطح زیر کشت آن افزایش چشمگیری داشته است (Weese *et al.*, 2015؛ Khayat Moghadam *et al.*, 2021). یکی از عوامل محدودکننده زراعت کلزا در اکثر نقاط کشور، شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae)، می‌باشد که قادر است جمعیت خود را بر روی گیاهان خانواده کلمیان به سرعت افزایش دهد (Khan & Rabbani, 1992؛ Kelm *et al.*, 1997؛ Pontoppidan *et al.*, 2003). این آفت دارای قدرت تکثیر بالایی است و ضمن تشکیل کلنی‌های پر جمعیت، می‌تواند منجر به خسارت مستقیم از طریق مکیدن شیره گیاهی و از سوی دیگر با انتقال بیش از ۲۰ نوع بیماری ویروسی، منجر به خسارت غیر مستقیم شود. شته مومی کلم، برگ‌ها، ساقه‌ها، جوانه‌ها و گل‌های کلزا را مورد حمله قرار می‌دهد و روی بوته‌ها، لایه‌ای از پوشش مومی سفید رنگ ایجاد می‌کند. در گیاهان مبتلا، رشد گیاه کاهش یافته و برگ‌ها پیچیده، زرد و پژمرده می‌شوند. عملکرد محصول گیاهان آلوده می‌تواند بین ۹ تا ۷۷ درصد و میزان روغن آن در حدود ۱۱ درصد کاهش یابد (Kelm *et al.*, 1997؛ Pontoppidan *et al.*, 2003؛ Farsi *et al.*, 2009؛ Khan & Hughes, 1963؛ Rabbani, 1992).

کلزا به دلیل تولید مقادیر زیادی شهد و گرده، زنبورهای عسل را به خود جذب می‌کند. ولی متأسفانه، مصرف آفت‌کش‌ها به ویژه همزمانی آنها با حداکثر فعالیت زنبورهای عسل با مؤثرترین زمان پاشش سم، مشکلات و ناهنجاری‌هایی را به بار می‌آورد (Weese *et al.*, 2015). با توجه به اهمیت امنیت غذایی و سلامت انسان و حفظ محیط زیست، کاهش مصرف سموم شیمیایی در برنامه مهار آفت امری ضروری است. بنابراین، در کنار حفظ و حمایت دشمنان طبیعی شته‌ها، لازم است که از مجموعه‌ای از روش‌های مدیریتی در غالب IPM در جهت کاهش جمعیت آفات مهم کلزا، استفاده شود (Farsi *et al.*, 2009؛ Leather &

Corresponding author: Afrooz Farsi (E-mail: afrooz.farsi@yahoo.com)
© 2023 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran
This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

Khajehzadeh, 2004؛ Watt, 2007). اولین موضوع در مدیریت تلفیقی آفات، حرکت از سیستم حفاظت محصول بر اساس کاربرد وسیع آفت‌کش‌ها به سمت حفاظت محیط زیست بر اساس کاربرد به موقع آفت‌کش‌ها روی حشرات هدف، مقاومت گیاه میزبان، عملیات زراعی و کنترل زیستی می‌باشد. در همین راستا، یکی از عناصر اصلی تشکیل دهنده یک سیستم صحیح مدیریت آفات، نمونه برداری از جمعیت آفات است (Leather & ؛ Valantin-Morison *et al.*, 2007 Binns & Nyrop, 1992؛ Watt, 2007). با این روش می‌توان زمان دقیق مبارزه را تعیین نمود و ضمن جلوگیری از خسارت، مصرف مواد شیمیایی را کاهش داد. در حقیقت، نمونه‌برداری و تصمیم‌گیری درباره آفت، اساس سیستم مدیریت تلفیقی آفات را تشکیل می‌دهد و مطالعه در مورد جمعیت های طبیعی آفت بدون ا- ستفاده از یکی از انواع روش‌های نمونه‌برداری، مشکل می‌باشد (Leather & Watt, 2007). بنابراین، لازم است در برنامه‌های مراقبت از گیاهان در مقابل آفات، عوامل مهمی چون دقت، هزینه و سهولت در همه روش‌های نمونه‌گیری، مورد توجه قرار گیرند (Pedigo, 2004؛ Leather & Watt, 2007).

از آن‌جایی که شمردن جمعیت‌های بزرگ آفات مشکل است، به همین سبب جمعیت‌های بزرگ را معمولاً می‌توان با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری فرعی به طور ساده‌تری برآورد کرد و با به‌کارگیری روش‌های آماری، داده‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد (Binns ؛ Pedigo, 2004؛ Leather & Watt, 2007 & Nyrop, 1992). در همین راستا، (1954) Strickland، به منظور تخمین جمعیت شته مومی کلم از دو روش حجمی و شمارش شبکه‌ای استفاده نمود. (1958) Lowe and dromgoole، نیز یک شمارش‌گر الکترونیکی جهت شمارش دقیق کلنی‌های شته مومی کلم در آزمایشگاه، طراحی نمودند. (1963) Forsythe and Gyrisco، در بررسی الگوهای توزیع فضایی شته *Acyrthosiphon pisum* Harris در مزارع یونجه، به منظور تخمین جمعیت شته‌ها از روش میانگین طول ساقه آلوده، استفاده نمودند. در بررسی‌هایی که (1972) Van Emden، بر روی روش‌های نمونه‌برداری از شته‌ها انجام داده، از روش میانگین وزنی به عنوان یکی از روش‌های مناسب جهت شمارش و تخمین جمعیت شته‌ها، یاد کرده است. (1976) Maelzer، با استفاده از روش عکس‌برداری، جمعیت شته رز *Macrosiphum rosae* L. را بر روی سرشاخه‌های رز تخمین زد و نتایج خود را با آنالیز رگرسیون خطی (بر اساس ارتباط بین طول سرشاخه آلوده و جمعیت شته) مقایسه نمود. (1983) Wilson *et al.*، با استفاده از روش نمونه‌برداری دنباله‌ای، جمعیت شته مومی کلم و شته سبز هلو را بر روی کلم بروکلی برآورد کردند. (2002) Verghese and Jayanthi، نیز به منظور تخمین سریع جمعیت شته‌های انار *Aphis punicae* Passerini، روش میانگین طول ساقه آلوده را به کار بردند. آن‌ها با دسته‌بندی جوانه انتهایی انار در سه حالت آلودگی شدید، متوسط و کم، بین طول کلنی و جمعیت شته‌ها، ارتباط رگرسیونی برقرار نمودند. بر اساس نتایج تحقیقات آن‌ها، مدل خطی بهترین تخمین را از جمعیت شته‌ها داشته است. همچنین، Khajehzadeh (2004)؛ Zandi Sohani *et al.* (2004)؛ Mousavi Anzabi *et al.* (2009)، درصد بوته‌های آلوده و شاخص آلودگی به شته مومی کلم در مزارع کلزا را با استفاده از روش میانگین طول ساقه آلوده تخمین زدند. Xuesong *et al.* (2017)، با استفاده از گوشی‌های هوشمند و تصاویر گرفته شده از شته‌ها، جمعیت آن‌ها را تخمین زد. Zhong *et al.* (2018)، نیز با به‌کارگیری یک سیستم شناسایی و شمارش سریع و هوشمند و بر اساس عکس‌برداری از حشرات بال‌دار در طبیعت، جمعیت آن‌ها را به سهولت و با دقت بالا، برآورد کردند.

از آن‌جایی که شته‌های مومی کلم در مزارع کلزای اهواز، در جمعیت بالا خسارت‌زا بوده و تخمین جمعیت آن‌ها مشکل می باشد، لذا انتخاب یک روش صحیح نمونه برداری که سریع، دقیق، آسان و کم هزینه باشد، الزامی است (Khajehzadeh, 2004؛ Farsi *et al.*, 2009). هدف از اجرای این تحقیق، مقایسه چند روش نمونه‌برداری و انتخاب بهترین روش جهت تخمین صحیح از جمعیت شته مومی کلم بر روی گیاه کلزا در شهرستان اهواز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آماده سازی زمین (بستر بذر) و کاشت. برای این منظور، مزرعه‌ای به ابعاد ۲۴×۲۰ متر در مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، شهرستان اهواز احداث گردید. جهت کشت، بذر کلزا رقم هایولا ۴۰۱ از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. کشت به صورت ردیفی در ۱۰ کرت در اواخر آبان ماه انجام گرفت. برای هر کرت، ۵ ردیف کشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متری از یکدیگر در نظر گرفته شد که فاصله دو بوته بر روی یک ردیف، حدود ۱۰ سانتی‌متر بود. در طول مراحل داشت، مراقبت‌های لازم شامل آبیاری، وجین و تنک علف‌های هرز صورت گرفت و از هیچ نوع آفت‌کشی استفاده نشد.

مقایسه روش‌های نمونه‌برداری. به منظور مقایسه روش‌های نمونه‌برداری، نمونه‌برداری‌ها همزمان با افزایش جمعیت شته مومی کلم، در مرحله غنچه- دهی کلزا شروع شده و تا مرحله گلدهی و غلاف‌دهی ادامه داشت. برای هر مرحله رشدی، ۲۲ بوته کلزا و از هر بوته، سرشاخه انتهایی که دور آن توسط کلنی شته‌ها به طور کامل پوشانده شده بود، به عنوان واحد نمونه‌برداری انتخاب گردید. جهت تخمین جمعیت شته‌ها بر روی سرشاخه هر بوته، سه روش نمونه‌برداری (عکس‌برداری، اندازه‌گیری میانگین طول ساقه آلوده و میانگین وزنی شته) به عنوان تیمارهای اصلی با روش شمارش مستقیم به عنوان تیمار شاهد در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی، مورد مقایسه قرار گرفتند:

روش عکس‌برداری. روش عکس‌برداری اولین روشی بود که بر روی بوته‌های انتخاب شده در مزرعه، اعمال گردید. برای این روش از دوربین دیجیتال Canon S5IS با رزولوشن ۸ مگاپیکسل، استفاده شد. این روش در دو مرحله صورت گرفت:

ابتدا با یک نمونه‌برداری مقدماتی، ۱۲ بوته آلوده به شته مومی کلم در مزرعه، انتخاب و از سرشاخه هر بوته در چهار جهت و از فاصله ۸/۵ سانتی‌متری، عکس گرفته شد. سپس در آزمایشگاه، عکس‌ها به کامپیوتر منتقل گردیدند و جمعیت کل شته‌ها از مجموع شمارش آن‌ها در چهار جهت، به دست آمد. در این روش برای جلوگیری از خطای شمارش، از فاکتور تصحیح (*Cf*) ، استفاده شد. این فاکتور در ارتباط با شمارش مستقیم هر بوته بوده و مقدار آن از فرمول زیر محاسبه گردید (Maelzer, 1976):

$$Cf = \frac{D}{P}$$

که در آن D جمعیت شته‌ها از طریق شمارش مستقیم و P جمعیت برآورد شده از روی عکس‌ها در روش عکس‌برداری می‌باشد.

در مرحله بعد، از فاکتور تصحیح ۱۲ بوته، میانگین گرفته شد تا مقدار ثابت CF به دست آید. در نهایت با نمونه‌برداری مجدد از ۱۰ سرشاخه آلوده، جمعیت کل شته‌ها در هر بوته (N)، با استفاده از فرمول زیر تخمین زده و با روش مستقیم، مقایسه شد (Maelzer, 1976):

$$N = CF \times P$$

اندازه‌گیری میانگین طول ساقه آلوده. از آن‌جایی که شته مومی کلم، کلنی‌های خود را بیشتر در قسمت انتهایی ساقه تشکیل می‌دهد و در نقاط پایین‌تر، کلنی تنک‌تر شده و شته کمتری وجود دارد (Zandi Sohani *et al*., 2004)، بنابراین منظور از طول ساقه آلوده، طول قسمتی از ساقه است که کلنی شته دور آن را به طور کامل پوشانیده است. این روش در دو مرحله صورت گرفت:

ابتدا ۱۲ ساقه آلوده در مزرعه انتخاب و طول هر ساقه آلوده (l_i) با خط‌کش اندازه‌گیری شد. سپس در آزمایشگاه، تعداد شته‌ها در هر ساقه به طور مستقیم، شمارش گردیدند (D_i) و جمعیت کل شته‌ها در هر سانتی‌متر (n')، از فرمول زیر به‌دست آمد (Maelzer, 1976؛ Verghese & Jayanthi, 2002):

$$n' = \frac{\sum D_i}{\sum l_i}$$

در نهایت با نمونه‌برداری مجدد از ۱۰ ساقه آلوده، جمعیت کل شته بر روی هر بوته (N) از فرمول زیر تخمین زده و با روش مستقیم، مقایسه شد (Maelzer, 1976؛ Verghese & Jayanthi, 2002):

$$N = L \times n'$$

که در آن L طول ساقه آلوده و n' جمعیت کل شته‌ها در هر سانتی‌متر است.

استفاده از میانگین وزنی شته. این روش در سه مرحله انجام شد:

در مرحله اول، ابتدا ۱۲ سرشاخه‌های آلوده به کلنی شته‌ها در مزرعه، انتخاب و به طور جداگانه در داخل کیسه پلاستیک قرار داده شدند. سپس در آزمایشگاه با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی دقیق، وزن کل سرشاخه آلوده به شته به همراه کیسه پلاستیک، وزن سرشاخه تنها و عاری از شته‌ها پس از تکاندن و پاک کردن و وزن کیسه پلاستیک به طور جداگانه، تعیین شد و از تفاضل آن‌ها، وزن کل شته‌ها بر روی همان سرشاخه (P)، به دست آمد.

در مرحله دوم، برای این‌که وزن هر شته مشخص شود و با توجه به این که هر کلنی شته، مجموعه‌ای از سنین مختلف رشدی است، لذا وزن هر مرحله رشدی، به‌طور دقیق از روش ذیل محاسبه و در کلیه مراحل بعدی در این روش، دخالت داده شد:

برای این منظور، وزن ۲۰ عدد شته از سنین مختلف که شامل پوره‌های سنین ۱ تا ۴ فرم بی‌بال، پوره‌های سنین ۳ و ۴ فرم بال‌دار، ماده‌های بکرزای بی‌بال و بال‌دار و همچنین شته‌های مومیایی بودند، با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، به‌طور جداگانه، تعیین گردید. سپس میانگین کلی وزن شته مورد نظر از فرمول زیر به‌دست آمد (Van Emden, 1972):

$$M = \frac{\sum m_i}{n}$$

که در آن M میانگین وزنی کل شته‌های مورد نظر، m_i وزن ۲۰ عدد شته در سن i و n تعداد کل شته‌های وزن شده است.

در نهایت در مرحله آخر، با صرف نظر کردن از سن شته، جمعیت کل شته‌ها بر روی یک شاخه بر اساس وزن کل کلنی (P) و با استفاده از فرمول زیر تخمین زده و با روش مستقیم، مقایسه شد (Van Emden, 1972):

$$N = \frac{P}{M}$$

که در آن N تعداد کل شته‌ها، P وزن کل کلنی شته‌ها بر روی سرشاخه و M میانگین وزنی کل شته‌های مورد نظر بر حسب میکروگرم است.

شمارش مستقیم. بدین ترتیب که برای هر مرحله رشدی گیاه به طور منظم، ۲۲ سر شاخه آلوده انتخاب و به طور جداگانه در داخل کیسه پلاستیک مخصوص به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه نیز با استفاده از بینوکولر، سنین مختلف شته‌ها، شمارش شدند. شمارش مستقیم به عنوان دقیق‌ترین روش نمونه‌برداری در نظر گرفته شد و روش‌های دیگر با این روش همزمان، مورد مقایسه قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری. داده‌های به دست آمده از هر روش نمونه‌برداری به کمک نرم افزار اکسل مرتب گردیدند. در نهایت، دقت نمونه‌برداری‌ها از طریق محاسبه RV (Relative Variation) و RNP (Relative Net Precision) و با استفاده از فرمول‌های زیر مقایسه شدند (Southwood, 1978؛ Ruesink, 1980):

$$RV = \frac{S_x}{\overline{X}}$$

که در آن RV تغییرات نسبی، S_x خطای معیار و $\overline{X}$ میانگین است.

$$RNP = \frac{100}{(RV) \times (C_S)}$$

که در آن RNP دقت خالص نسبی و Cs زمان صرف شده برای برداشتن، شمارش و شناسایی یک نمونه می‌باشد که در این تحقیق، زمان شروع تا پایان اجرای هر روش در هر دو شرایط مزرعه‌ای و آزمایشگاهی، بر حسب دقیقه، ثبت گردید.

همچنین در این بررسی به منظور ارزیابی دقت هر یک از روش‌ها، ارتباط رگرسیونی بین روش مستقیم به عنوان متغیر مستقل (x) و هر یک از روش‌ها به عنوان متغیر وابسته (y) به طور جداگانه، برقرار و ضریب تبیین (R^2)، تخمین زده شد. در نهایت با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ver. 22، معنی‌دار بودن خط رگرسیون بررسی و همچنین با استفاده از آزمون کای اسکور (Chi-square test) (X^2) هر یک از روش‌ها به طور جداگانه با روش مستقیم در سطح احتمال ۱ درصد، مقایسه شدند.

نتایج

مقایسه روش‌های نمونه‌برداری. در طول نمونه‌برداری‌های انجام شده از مزرعه کلزا به منظور تخمین و برآورد جمعیت شته مومی کلم، چهار روش نمونه‌برداری با یکدیگر مقایسه شدند:

روش عکس‌برداری. جدول ۱، تخمین جمعیت شته مومی کلم را با استفاده از روش عکس‌برداری در مقایسه با روش مستقیم به ترتیب در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا، نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بین جمعیت‌های تخمین‌زده در روش عکس‌برداری و جمعیت‌های مشاهده شده در روش مستقیم، اختلاف وجود دارد (جدول ۱). این اختلاف در ارتباط با خطایی است که هنگام شمارش شته‌ها به‌دلیل همپوشانی از روی عکس‌ها به وجود آمده است. در نتیجه در این روش جهت پیشگیری از خطای پیش آمده، ضریب تصحیح (Cf) برای هر بوته و در مجموع برای هر مرحله رشدی محاسبه شد (جدول ۱). بر این اساس، نتایج نشان داد که میانگین ضریب تصحیح (CF) در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی به ترتیب برابر با ۰/۷۹۰، ۰/۶۹۶ و ۰/۶۲۸ می‌باشد که این موضوع نشان‌دهنده آن است که خطای شمارش در مرحله غنچه‌دهی کمتر صورت گرفته است (جدول ۱). به منظور ارزیابی نتایج این روش، مجدداً ۱۰ بوته آلوده در مزرعه در هر سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی به طور جداگانه انتخاب گردید و جمعیت شته‌ها با استفاده از روش عکس‌برداری و میانگین ضریب تصحیح (CF)، تخمین زده و با روش مستقیم، مقایسه شدند (جدول ۲). در نهایت بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۲، ارتباط رگرسیونی بین جمعیت تخمینی با میانگین ضریب تصحیح حاصل از عکس‌برداری (N) به عنوان متغیر وابسته و جمعیت شمارش شده در روش مستقیم (D) به عنوان متغیر مستقل، برقرار گردید (شکل ۱). بر این اساس، میزان ضریب تبیین (R^2) برای هر سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی به ترتیب برابر با ۰/۹۳۱۵، ۰/۵۶۵۸ و ۰/۸۰۷۵ به‌دست آمد. مقایسه آماری نیز، نشان داد که خط رگرسیون در طول مرحله غنچه‌دهی (P< ۰/۰۰۰۱؛ df= ۹؛ F= ۱۰۸/۷۰۹) و غلاف‌دهی (P<۰/۰۰۰۱ ؛ df= ۹؛ F= ۳۳/۵۶۶)، بین دو روش مستقیم و تخمین جمعیت با میانگین ضریب تصحیح در روش عکس‌برداری، در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است، ولی ارتباط معنی‌داری بین این دو روش در مرحله گل‌دهی مشاهده نشده است (P=۰/۰۱۲؛ df= ۹؛ F= ۱۰/۴۲۶) (شکل ۱). همچنین، مقایسه آماری داده‌ها با استفاده از آزمون کای اسکور (X^2)، نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین این دو روش در طول مرحله غنچه‌دهی (P= ۰/۰۱۱۶؛ df= ۹؛ X^2= ۲۱/۲۲۴) در سطح ۰/۰۱ وجود ندارد. این در حالی است که اختلاف بین هر دو روش در دو مرحله گل‌دهی (P<۰/۰۰۰۱؛ df= ۹؛ X^2= ۲۳۶/۵۵) و غلاف‌دهی (P<۰/۰۰۰۱؛ df= ۹؛ X^2=۱۰۶/۶۳)، معنی‌دار بود. این نتایج، نشان‌دهنده آن است که می‌توان از روش عکس‌برداری در مرحله غنچه‌دهی برای برآورد دقیق تراکم شته‌ها، استفاده نمود.

جدول ۱- تخمین جمعیت شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae*) با استفاده از روش عکس‌برداری در مقایسه با شمارش مستقیم در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا

Table 1. Population estimation of *Brevicoryne brassicae* using photography method compared to the direct count during budding, flowering and sheathing stages of rapeseed.

	Budding			Flowering			Sheathing		
Plant	***D*** [1]	***P*** [2]	***Cf*** [3]	***D***	***P***	***Cf***	***D***	***P***	***Cf***
1	516	564	0.915	472	585	0.807	471	751	0.627
2	414	478	0.866	499	635	0.786	1079	1474	0.732
3	552	737	0.749	512	615	0.833	712	1047	0.680
4	690	772	0.894	352	547	0.644	887	1067	0.831
5	1026	1436	0.714	258	296	0.872	169	370	0.457
6	360	578	0.623	439	745	0.589	195	349	0.559
7	451	653	0.691	651	921	0.707	121	250	0.484
8	753	985	0.764	612	901	0.679	738	857	0.861
9	766	800	0.958	269	399	0.674	231	331	0.689
10	668	854	0.782	71	126	0.563	245	469	0.522
11	164	195	0.841	259	415	0.624	352	566	0.622
12	83	121	0.686	236	414	0.570	117	251	0.466
Average			***CF*= 0.790**			***CF*= 0.696**			***CF*= 0.628**

[1] Direct count

[2] The total number of aphids by counting the four sides of plant' photos (photography).

[3] $Cf = \frac{D}{P}$ (Correction factor)

جدول ۲- تخمین جمعیت شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae*) با استفاده از روش عکس‌برداری و میانگین ضریب تصحیح در مقایسه با شمارش مستقیم در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا

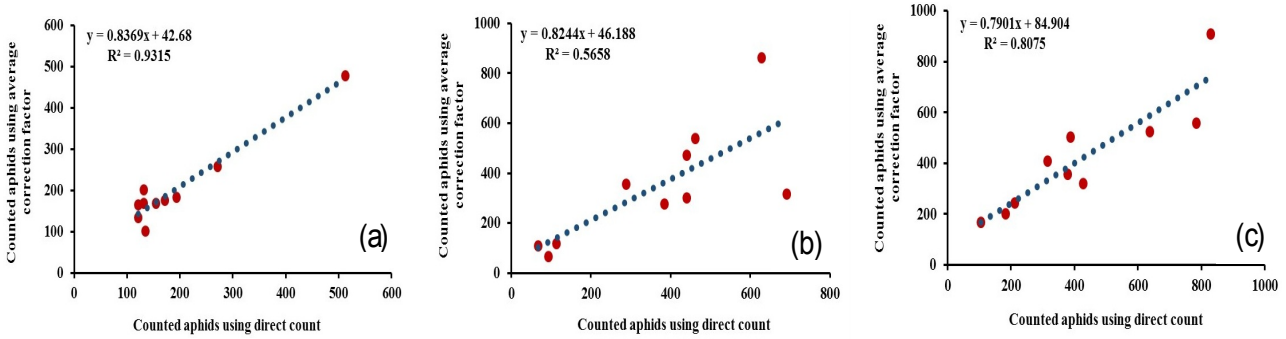
Table 2. Population estimation of *Brevicoryne brassicae* using photography method and the average correction factor compared to the direct count during budding, flowering and sheathing stages of rapeseed.

	Budding			Flowering			Sheathing		
Plant	***D*** [1]	***P*** [2]	***N*** [3]	***D***	***P***	***N***	***D***	***P***	***N***
1	154	216	170.6	691	458	318.7	636	896	562.6
2	512	607	479.5	92	97	67.5	387	803	504.2
3	193	235	185.6	440	679	472.5	182	322	202.2
4	271	329	259.9	288	515	358.4	828	1448	909.3
5	131	215	169.8	67	159	110.6	426	511	320.9
6	121	171	135	113	170	118.3	315	651	408.8
7	171	224	176.9	627	1216	864.3	105	268	168.3
8	230	257	203	461	776	540	211	393	246.8
9	121	211	166.6	440	436	303.4	377	573	359.8
10	134	130	102.7	383	399	277.7	784	893	560.8
Average	**203.8**	**259.5**	**205.01**	**360.2**	**490.5**	**341.38**	**425.1**	**675.8**	**424.4**

[1] Direct count

[2] The total number of aphids by counting the four sides of plant' photos (photography).

[3] Estimated population with average correction factor of each stage ($N = CF \times P$).



شکل ۱- ارتباط رگرسیونی بین جمعیت شمارش شده شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae*) با استفاده از روش میانگین ضریب تصحیح و شمارش مستقیم در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا

Fig 1. Regression relationship between counted population of *Brevicoryne brassicae* using the average correction factor method and the direct count during (a) budding, (b) flowering and (c) sheathing stages of rapeseed.

اندازه‌گیری میانگین طول ساقه آلوده. در این روش ابتدا، جمعیت شته‌ها در یک سانتی‌متر از طول ساقه اصلی (n') در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا، تخمین زده شد (جدول۳). بر اساس نتایج به دست آمده از این روش، جمعیتی که در یک سانتی‌متر از ساقه اصلی (n') قرار گرفته است، در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا به ترتیب برابر با ۱۴۳، ۱۰۰ و ۶۹ عدد شته می‌باشد (جدول ۳). به منظور ارزیابی نتایج این روش، مجدداً ۱۰ بوته آلوده در مزرعه در هر سه رشدی، به طور جداگانه انتخاب و جمعیت شته‌ها بر روی آن‌ها با استفاده از روش اندازه‌گیری میانگین طول ساقه آلوده تخمین زده شد

(جدول ۴). در نهایت، بر اساس نتایج به دست آمده از این جداول، ارتباط رگرسیونی بین جمعیت تخمینی از روی طول ساقه آلوده (N) به عنوان متغیر وابسته و جمعیت شمارش شده در روش مستقیم به عنوان متغیر مستقل برقرار گردید (شکل ۲). بدین ترتیب، میزان ضریب تبیین (R^2) در هر سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی به ترتیب برابر با ۰/۲۳۰۳، ۰/۷۳۷۱ و ۰/۴۱۱۱، به‌دست آمد. در این بررسی، ارتباط معنی‌داری در طول مرحله گل‌دهی (F= ۲۲/۴۳۳ ؛ df= ۹ ؛ P=۰/۰۰۱) بین دو روش مستقیم و میانگین طول ساقه آلوده، در سطح ۰/۰۱ مشاهده شد. ولی خط رگرسیون در مرحله غنچه‌دهی (F= ۲/۳۹۴ ؛ df= ۹ ؛ P=۰/۱۶۰) و غلاف‌دهی (F= ۵/۵۸۵ ؛ df= ۹ ؛ P=۰/۰۴۶)، معنی‌دار نبود (شکل ۲). همچنین بر اساس مقایسه آماری داده‌ها با استفاده از آزمون کای اسکور (X^2)، اختلاف معنی‌داری بین هر دو روش در طول هر سه مرحله غنچه‌دهی (X^2= ۱۸۴/۵۲ ؛ df= ۹ ؛ P<۰/۰۰۰۱)، گل‌دهی (X^2= ۲۳۷/۳۵ ؛ df= ۹ ؛ P<۰/۰۰۰۱) و غلاف‌دهی (X^2= ۴۱۲/۷۳ ؛ df= ۹ ؛ P<۰/۰۰۰۱) در سطح ۰/۰۱، مشاهده شد. بر این اساس، تخمین جمعیت شته مومی کلم از طریق میانگین طول ساقه آلوده روش دقیقی نیست و نمی‌تواند جایگزین مناسبی برای روش مستقیم در طول هر سه مرحله رشدی کلزا باشد.

جدول ۳- جمعیت شمارش شده شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae*) با استفاده از روش شمارش مستقیم و طول ساقه آلوده در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا

Table 3. Counted population of *Brevicoryne brassicae* using direct count method and length of infested stem during budding, flowering and sheathing stages of rapeseed.

Plant	Budding		Flowering		Sheathing	
	Direct count (D_i)	Length of infected stem (l_i)	Direct count (D_i)	Length of infected stem (l_i)	Direct count (D_i)	Length of infected stem (l_i)
1	516	3	472	5	471	5.5
2	414	2.5	499	3	1079	9.5
3	552	3.6	512	3.7	712	10
4	690	3.1	352	4.4	887	6.5
5	1026	5.3	258	2.2	169	6.7
6	360	3.3	439	4.4	195	6.1
7	451	5.6	651	3.6	121	5.1
8	753	4.3	612	6.3	738	10
9	766	3.7	269	4.2	231	4
10	668	5.7	71	1.3	245	4.4
11	164	3.4	259	5	352	5.4
12	83	1.6	236	3	117	3.7
		n'=143*		n'=100		n'=69

* $n' = \frac{\sum D_i}{\sum l_i}$

جدول ٤- تخمین جمعیت شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae*) با استفاده از روش میانگین طول ساقه آلوده در مقایسه با شمارش مستقیم در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا

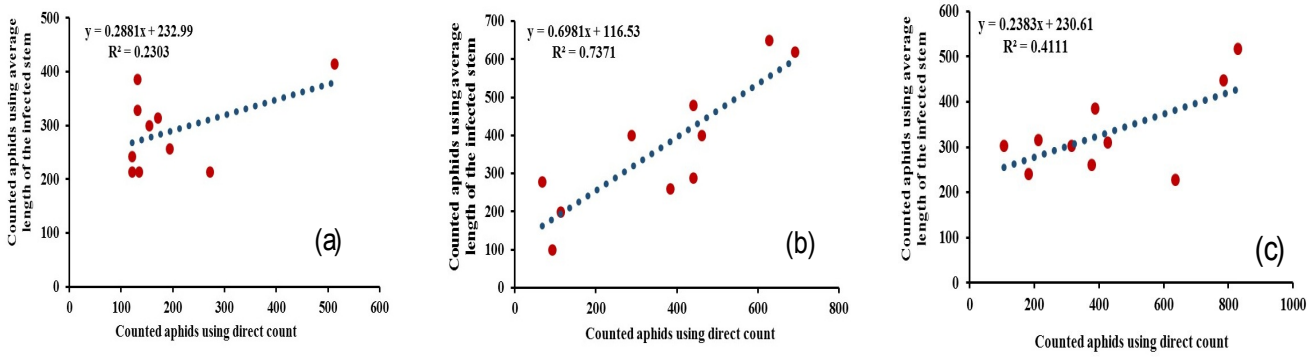
Table 4. Population estimation of *Brevicoryne brassicae* using measuring the average length of the infected stem method compared to the direct count during budding, flowering and sheathing stages of rapeseed.

Plant	Budding			Flowering			Sheathing		
	D_i [1]	L [2]	N [3]	D_i	L	N	D_i	L	N
1	154	2.1	300.3	691	6.2	620	636	3.3	227.7
2	512	2.9	414.7	92	1	100	387	5.6	386.4
3	193	1.8	257.4	440	4.8	480	182	3.5	241.5
4	271	1.5	214.5	288	4	400	828	7.5	517.5
5	131	2.3	328.9	67	2.8	280	426	4.5	310.5
6	121	1.5	214.5	113	2	200	315	4.4	303.6
7	171	2.2	314.6	627	6.5	650	105	4.4	303.6
8	230	2.7	386.1	461	4	400	211	4.6	317.4
9	121	1.7	243.1	440	2.9	290	377	3.8	262.2
10	134	1.5	214.5	383	2.6	260	784	6.5	448.5
Average	**203.8**		**288.86**	**360.2**		**368**	**425.1**		**331.89**

[1] Direct count

[2] Length of infected stem (cm)

[3] Estimated population with average length of the infected stem of each stage ($N = L \times n'$).

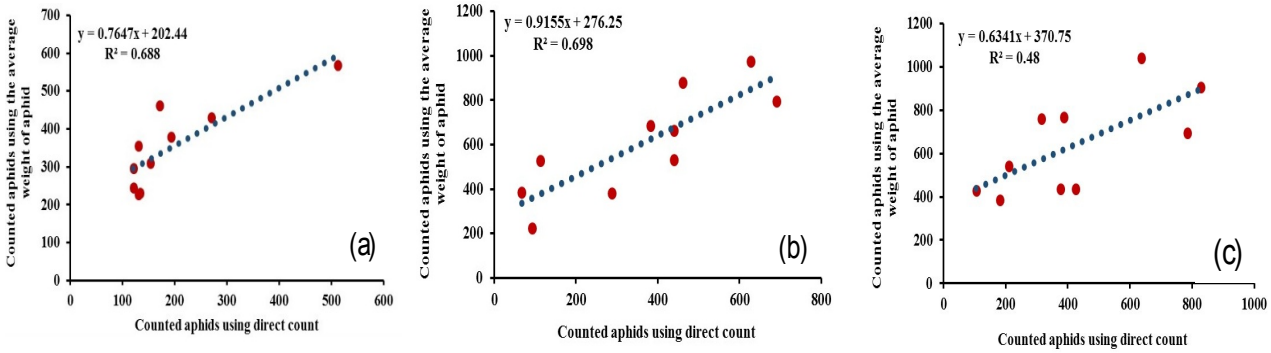


شکل ۲– ارتباط رگرسیونی بین جمعیت شمارش شده شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae*) با استفاده از روش میانگین طول ساقه آلوده و شمارش مستقیم در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا

Fig 2. Regression relationship between counted population of *Brevicoryne brassicae* using the average length of the infected stem method and the direct count during (a) budding, (b) flowering and (c) sheathing stages of rapeseed.

روش میانگین وزنی شته. در این روش ابتدا، برای این که میانگین وزن هر شته در هر کلنی (M) مشخص شود، از هر مرحله رشدی، ۲۰ عدد شته، وزن گردید (جدول ۵)، تا در نهایت با صرف نظر نمودن از سن شته، تعداد کل آن‌ها (N) بر اساس وزن کلنی (P)، در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا تخمین زده شود (جدول ۶). در نهایت، بر اساس نتایج به‌دست آمده از این جداول، ارتباط رگرسیونی بین جمعیت تخمینی از روش میانگین وزنی شته، به عنوان متغیر وابسته و جمعیت شمارش شده در روش مستقیم، به عنوان متغیر مستقل، برقرار گردید (شکل ۳). بر این اساس، ضریب تبیین (R^2)، در مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی به ترتیب برابر با ۰/۶۸۸، ۰/۶۹۸ و ۰/۴۸ به‌دست آمد. در این بررسی، ارتباط معنی‌داری بین دو روش مستقیم و جمعیت تخمینی از روش میانگین وزنی شته‌ها، در طول مراحل غنچه‌دهی (F= ۱۷/۶۴۳ ؛ df= ۹ ؛ P=۰/۰۰۳) و گل‌دهی (F= ۱۸/۴۹؛ df= ۹ ؛P=۰/۰۰۳) در سطح ۰/۰۱، مشاهده شد ولی خط رگرسیون در مرحله غلاف‌دهی (F= ۷/۳۸۴؛ df= ۹ ؛P=۰/۰۲۶)، معنی‌دار نبود (شکل ۳). همچنین مقایسه آماری داده‌ها با استفاده از آزمون کای اسکور (X^2) نشان داد که در طول هر سه مرحله غنچه‌دهی (X^2= ۹۹/۱۸۵؛ df= ۹ ؛P<۰/۰۰۰۱)، گل‌دهی (X^2= ۳۱۳/۸۹؛ df= ۹ ؛P<۰/۰۰۰۱) و غلاف‌دهی (X^2= ۴۱۸/۶۴ ؛ df= ۹ ؛ P<۰/۰۰۰۱)، اختلاف بین هر دو روش، در سطح ۰/۰۱، معنی‌دار است و نشان‌دهنده آن است که این روش نیز نمی‌تواند جایگزین مناسبی برای شمارش جمعیت شته‌ها باشد.

روش شمارش مستقیم. این روش به عنوان روش شاهد با دقت بالا با سایر روش‌ها مقایسه شده است.



شکل ۳– ارتباط رگرسیونی بین جمعیت شمارش شده شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae*) با استفاده از روش میانگین وزنی شته و شمارش مستقیم در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا

Fig 3. Regression relationship between counted population of *Brevicoryne brassicae* using the average weight of aphid method and the direct count during (a) budding, (b) flowering and (c) sheathing stages of rapeseed.

جدول ۵- وزن سنین مختلف شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae*)

Table 5. Weight of different ages of *Brevicoryne brassicae*

Aphid	Number (n)	Weight of aphid (m_i)
1st instar nymph	20	0.001
2nd instar nymph	20	0.002
3rd instar nymph	20	0.004
4th instar nymph	20	0.008
3rd winged nymph	20	0.007
4th winged nymph	20	0.009
Wingless adult	20	0.027
Winged adult	20	0.011
Mummies	20	0.014
Average		**M= 0.000461**

جدول ٦- تخمین جمعیت شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae*) با استفاده از روش میانگین وزنی شته در مقایسه با شمارش مستقیم در سه مرحله غنچه-دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا

Table 6. Population estimation of *Brevicoryne brassicae* using the average weight of aphid method compared to the direct count during budding, flowering and sheathing stages of rapeseed.

	Budding			Flowering			Sheathing		
Plant	***D*** [1]	***P*** [2]	***N*** [3]	***D***	***P***	***N***	***D***	***P***	***N***
1	154	0.143	310.1	691	0.367	796	636	0.48	1041.2
2	512	0.262	568.3	92	0.103	223.4	387	0.355	770
3	193	0.175	379.6	440	0.245	531.4	182	0.177	383.9
4	271	0.198	429.5	288	0.177	383.9	828	0.418	906.7
5	131	0.105	227.7	67	0.178	386.1	426	0.202	438.1
6	121	0.137	297.1	113	0.244	529.2	315	0.35	759.2
7	171	0.213	462	627	0.45	976.1	105	0.198	429.5
8	230	0.164	355.7	461	0.406	880.6	211	0.25	542.2
9	121	0.113	245.1	440	0.307	665.9	377	0.201	436
10	134	0.107	232.1	383	0.317	687.6	784	0.321	696.3
Average	**203.8**		**350.76**	**360.2**		**606.07**	**425.1**		**640.34**

[1] Direct count

[2] Weight of aphids on the infected stem

[3] Estimated population with average weight of the aphids ($N = \frac{P}{M}$)

انتخاب بهترین روش نمونه‌برداری. در این قسمت مجدداً به منظور ارزیابی روش‌های نمونه‌برداری بر اساس زمان نمونه‌برداری، دو شاخص تغییرات نسبی (*RV*) و دقت خالص نسبی (*RNP*) برای هر یک از روش‌ها در هر سه مرحله رشدی، محاسبه گردید (جدول‌های ۷، ۸ و ۹). بر این اساس، در مرحله غنچه‌دهی میزان *RV*، در چهار روش شمارش مستقیم، عکس‌برداری، میانگین طول ساقه آلوده و میانگین وزنی به ترتیب ۰/۱۸۵، ۰/۱۶۲، ۰/۰۷۹ و ۰/۱ و میزان *RNP*، به ترتیب ۱۸/۰۳، ۵۱/۵۶، ۲۵۱/۸۵ و ۴۹/۷۹، به دست آمد. بالاتر بودن میزان *RNP* و پایین بودن میزان *RV* در روش میانگین طول ساقه آلوده برای هر سه مرحله رشدی کلزا، نشان‌دهنده برتری این روش نسبت به سایر روش‌ها، بر اساس مدت زمان اجرای آن می‌باشد و به دنبال آن، روش‌های عکس‌برداری و میانگین وزنی در هر سه مرحله رشدی به ترتیب در مقام دوم و سوم قرار گرفتند.

جدول ۷- مقادیر شاخص تغییرات نسبی (*RV*) و دقت خالص نسبی (*RNP*) روش‌های مختلف نمونه‌برداری، در مرحله غنچه‌دهی کلزا

Table 7. Relative Variation (*RV*) and Relative Net Precision (*RNP*) values of different sampling methods during budding stage of rapeseed

Sampling methods	Average ($\overline{X}$)	Standard error (S_x)	Time (min) (C_s)	Relative Variation (RV)	Relative Net Precision (RNP)
Direct count	203.8	37.67	30	0.185	18.03
Photography	205.01	33.13	12	0.162	51.56
average length of the infected stem	288.86	22.94	5	0.079	251.85
average weight of the aphids	350.76	35.22	20	0.100	49.79

جدول ۸- مقادیر شاخص تغییرات نسبی (*RV*) و دقت خالص نسبی (*RNP*) روش‌های مختلف نمونه‌برداری، در مرحله گل‌دهی کلزا

Table 8. Relative Variation (*RV*) and Relative Net Precision (*RNP*) values of different sampling methods during flowering stage of rapeseed

Sampling methods	Average ($\overline{X}$)	Standard error (S_x)	Time (min) (C_s)	Relative Variation (RV)	Relative Net Precision (RNP)
Direct count	360.2	68.98	30	0.191	17.40
Photography	341.38	74.23	13	0.217	35.37
average length of the infected stem	368	56.09	5	0.152	131.21
average weight of the aphids	606.07	75.59	25	0.124	32.06

جدول ۹- مقادیر شاخص تغییرات نسبی (*RV*) و دقت خالص نسبی (*RNP*) روش‌های مختلف نمونه‌برداری، در مرحله غلاف‌دهی کلزا

Table 9. Relative Variation (*RV*) and Relative Net Precision (*RNP*) values of different sampling methods during sheathing stage of rapeseed

Sampling methods	Average ($\overline{X}$)	Standard error (*Sx*)	Time (min) (*Cs*)	Relative Variation (*RV*)	Relative Net Precision (*RNP*)
Direct count	425.1	78.8	30	0.185	17.98
Photography	424.4	69.99	12	0.164	50.53
average length of the infected stem	331.89	29.28	5	0.088	226.68
average weight of the aphids	640.34	72.12	20	0.112	44.39

بحث و نتیجه گیری

در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات، به منظور درک دینامیسم جمعیت یک گونه آفت و همچنین به عنوان مبنایی برای اتخاذ تصمیمات مدیریتی مربوط به مراقبت و پیش‌آگاهی از آفات، نیاز به تخمین‌های اساسی جمعیت می‌باشد (Leather & Watt, 2007). به عبارتی دیگر، نمونه‌برداری و تخمین تعداد افراد جمعیت، هسته مرکزی اکولوژی جمعیت را تشکیل می‌دهد. لذا، به راحتی می‌توان با انتخاب یک روش نمونه برداری صحیح و دقیق، توزیع جمعیت آفت در اکوسیستم کشاورزی را تعیین و درک بهتری از نحوه مبارزه با آفات به‌دست آورد (Trumble, 1982). بر این اساس، در این تحقیق به منظور تخمین جمعیت شته مومی کلم، سه روش عکس‌برداری، اندازه‌گیری میانگین طول ساقه آلوده و میانگین وزنی شته با روش شمارش مستقیم در سه مرحله غنچه‌دهی، گل‌دهی و غلاف‌دهی کلزا، مورد مقایسه قرار گرفتند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از روش عکس‌برداری، بیشترین میانگین ضریب تصحیح (۰/۷۹۰) و میزان ضریب تبیین (۰/۹۳۱۵) در مرحله غنچه‌دهی مشاهده شد. هر قدر که ضریب تصحیح به عدد یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده آن است که خطای حاصل از شمارش جمعیت در عکس‌ها نسبت به جمعیت شمارش شده در روش مستقیم، کمتر می‌باشد (Maelzer, 1976). به نظر می‌رسد،کاهش ضریب تصحیح در دو مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی، در نتیجه رشد اندام‌ها در این مراحل باشد. بدین ترتیب که همزمان با افزایش جمعیت شته و تشکیل گل‌آذین، گلبرگ‌ها و غلاف‌ها، جمعیت‌هایی از شته بر روی این اندام‌ها قرار گرفته و مخفی می‌شوند، به همین دلیل عدم شمارش این جمعیت‌ها در عکس‌ها، درصد خطای شمارش را افزایش داده است. در بررسی‌هایی که Maelzer (1976)، بر روی روش عکس‌برداری جهت تخمین جمعیت شته رز *M. rosae* L.، در استرالیا انجام داد، نتایج حاکی از آن بود که درصد خطای شمارش در زمان گل‌دهی گیاه به بیش از ۱۳-۱۴ درصد می‌رسد، به طوری که میزان ضریب تصحیح از ۰/۸۵۶در مرحله غنچه‌دهی به ۰/۸۳۹ در مرحله گل‌دهی، کاهش یافت. وی دلیل این امر را مربوط به افزایش جمعیت شته به ویژه سنین ۱ و ۲ پورگی در این مرحله می‌داند، زیرا شته‌ها در این سنین بسیار ریز هستند و در جمعیت‌های متراکم شته در عکس‌ها مشاهده و شمارش نمی‌شوند. در بررسی حاضر نیز، میزان ضریب تصحیح در طول مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی نسبت به غنچه‌دهی از روند کاهشی برخوردار بود که با نتایج Maelzer (1976)، مطابقت داشت. همچنین ضریب تصحیح در مطالعات Maelzer (1976)، بیشتر از ضریب تصحیح محاسبه شده در این تحقیق بود. دلیل این امر را می‌توان به اندازه کوچکتر و پوشش گرد آلود و سفید رنگ شته مومی کلم نسبت داد که ممکن است خطای دید را در زمان شمارش عکس‌ها افزایش داده است. در حالی که شته رز فاقد این پوشش بوده و از شته مومی کلم، بزرگتر است. Xuesong (2017) *et al.* نیز به راحتی توانستند با انتقال داده‌های حاصل از عکس‌برداری و طراحی نرم‌افزاری خاص برای گوشی‌های هوشمند و با تغییر نورهای پس زمینه در عکس‌ها، جمعیت شته‌ها را به طور دقیق تخمین بزنند. در همین راستا، Zhong *et al.* (2018)، نیز در زمینه کشاورزی، یک سیستم هوشمند طراحی نمودند که با فرآیند عکس‌برداری از حشرات بال‌داری نظیر زنبورها، پشه‌ها، مگس‌های میوه و پروانه‌ها، به راحتی می‌توان، شناسایی و شمارش دقیقی از آن‌ها با دقت ۹۲/۵ درصد، انجام داد. بر اساس نتایج به دست آمده از روش میانگین طول ساقه آلوده، جمعیتی که در یک سانتی‌متر از ساقه اصلی (n') قرار گرفت، در طول مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی نسبت به غنچه‌دهی از روند کاهشی برخوردار بود (جدول ۳). این موضوع نشان‌دهنده آن است که همزمان با افزایش رشد گیاه، از جمعیت شته‌ها بر روی ساقه اصلی تا حدودی کاسته شده و به جمعیت شته‌ها بر روی شاخه‌های فرعی، اندام‌های زایشی و غلاف‌ها، اضافه شده است. Khajehzadeh (2004)، جهت تخمین جمعیت شته خردل بر روی کلزا از روش میانگین طول ساقه آلوده استفاده نمود و جمعیت شته‌ها را در یک سانتی‌متری از ساقه اصلی در مرحله غنچه‌دهی(n')، ۳۴۰ عدد شته، به‌دست آورد که بیشتر از (n') محاسبه شده (۱۴۳ عدد شته) در این تحقیق بود. بررسی روش میانگین طول ساقه آلوده به شته رز *M. rosae* L.، در استرالیا نشان داد که بین طول کلنی شته‌ها و جمعیت کل شمارش شده بر روی گل رز، ارتباط مستقیمی وجود دارد، به طوری که ضریب همبستگی در این بررسی، حدود ۰/۹۱، بود (Maelzer, 1976). همچنین، Verghese and Jayanthi (2002)، به منظور تخمین جمعیت شته انار *A. punicae* Passerini، جوانه انتهایی انار را در سه حالت آلودگی شدید، متوسط و کم دسته‌بندی نمودند و در این بررسی ملاک اصلی شمارش را، طول ساقه آلوده در نظر گرفتند. بر اساس نتایج آن‌ها، رابطه رگرسیونی بین طول کلنی شته و جمعیت کل آن‌ها، به عنوان یک روش سریع و دقیق جهت تخمین جمعیت، معرفی گردید و مدل خطی بهترین برآورد را نشان داد. نتایج این بررسی با نتایج Khajehzadeh (2004)؛ Verghese and Jayanthi (2002)؛ Maelzer (1976)، مغایرت داشت. ممکن است دلیل آن، مربوط به نحوه فعالیت و رفتار متفاوت شته مومی کلم نسبت به سایر گونه‌ها باشد. زیرا این گونه در طول فعالیت و تغذیه خود، علاوه بر محور اصلی ساقه، بر روی شاخه‌های فرعی و اندام‌های زایشی نیز مستقر می‌شود. لذا، اندازه‌گیری طول ساقه آلوده، به تنهایی نمی‌تواند شاخص دقیقی برای تخمین جمعیت کل شته مومی کلم باشد و خطای شمارش در این روش افزایش می‌یابد. لذا به نظر می‌رسد که روش میانگین طول ساقه آلوده برای گونه‌های دیگر شته‌ها و بر روی گیاهان مختلف، کاربرد بیشتری داشته باشد. نتایج روش میانگین وزنی شته نیز، نشان داد که این روش، نمی‌تواند جایگزین مناسبی برای شمارش جمعیت شته‌ها در هر سه مرحله رشدی باشد. بدین صورت که ممکن است، در فاصله بین وزن کردن ساقه‌های آلوده تا زمان شمارش مستقیم شته‌ها، پوره‌زایی صورت گیرد و یا این‌که به همراه کلنی شته مومی کلم، شته‌های دیگر کلزا (شته‌های خردل *Lipaphis erysimi* Kalt. و سبز هلو *Myzus persicae*

Sulzer) با جمعیت بسیار کم، نمونه‌برداری شوند و چون این عوامل بر روی وزن کلنی و جمعیت نهایی شته مومی کلم، تأثیرگذارند. لذا، خطا در این روش افزایش یافته و از دقت آن کاسته شده است. یکی دیگر از عوامل محدودکننده این روش نیز، مدت زمان طولانی اجرای آن، بود. Pielou (1961)، با استفاده از دو روش وزنی و حجمی، جمعیت شته *A. pomi* De Geer را تخمین زد. در این بررسی از ۱۰ سانتی متری شاخه سیب نمونه‌برداری صورت گرفت تا ۲۵ گرم نمونه حاصل شود. بررسی‌های این محقق همچنین نشان داد که روش وزنی نمی‌تواند روش دقیقی جهت تخمین جمعیت شته‌ها باشد. بر اساس نظرات وی، چون در این روش، همیشه قسمتی از گیاه چیده می‌شود، لذا، روش‌های دیگر نمونه‌برداری که در شرایط طبیعی مزرعه بر روی خود گیاه، اعمال می‌گردند، ارجحیت بیشتری دارند. نتایج این بررسی با نتایج Pielou (1961)، مطابقت داشت. بر اساس نتایج انتخاب بهترین روش نمونه‌برداری، روش میانگین طول ساقه آلوده نسبت به سایر روش‌ها، دارای بالاترین میزان *RNP* و پایین‌ترین میزان *RV*، بود. حتی از روش مستقیم به عنوان دقیق‌ترین روش نیز از این لحاظ، برتری داشت. ممکن است دلیل آن، مربوط به زمان صرف شده (*Cs*) در این روش باشد که در این تحقیق از میزان بسیار کمتری نسبت به روش‌های دیگر، برخوردار بود. بنابراین، بر اساس نتایج بالا، اگرچه روش میانگین طول ساقه آلوده، به عنوان یک روش سریع، انتخاب شده است ولی از آن جایی که مقایسه آماری داده‌ها بر اساس آزمون کای اسکور، در طول هر سه مرحله رشدی اختلاف معنی‌داری را بین دو روش مستقیم و اندازه‌گیری میانگین طول ساقه در سطح ۰/۰۱ نشان داد و میزان ضریب تبیین در هر سه مرحله برای این روش از میزان کمی برخوردار بود، در نتیجه دقت این روش پایین است و نمی‌تواند جایگزین مناسبی برای روش مستقیم باشد. نتایج مشابهی برای روش عکس‌برداری در دو مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی و همچنین در روش میانگین وزنی شته برای هر سه مرحله رشدی، به‌دست آمد. این در حالی است که فقط در طول مرحله غنچه‌دهی، اختلاف معنی‌داری بین دو روش مستقیم و عکس‌برداری، در سطح ۰/۰۱، مشاهده نشد. لذا بر اساس نتایج این تحقیق و با توجه به دقت بالای روش عکس‌برداری نسبت به دو روش دیگر، این روش در مرحله غنچه‌دهی با داشتن بالاترین میانگین ضریب تصحیح (۰/۷۹۰) و ضریب تبیین (۰/۹۳۱۵)، می‌تواند به عنوان بهترین و دقیق‌ترین روش جهت نمونه‌برداری از جمعیت شته مومی کلم، جایگزین روش مستقیم شود. لازم به ذکر است که مدت زمان صرف شده برای اجرای روش عکس‌برداری در مرحله غنچه‌دهی، تنها، ۷ دقیقه، بیشتر از روش میانگین طول ساقه آلوده بود که برای رفع این محدودیت و کاهش زمان اجرا، می‌توان از گوشی‌های هوشمند، جهت عکس‌برداری استفاده نمود تا بدین وسیله به امور نمونه‌برداری، سرعت بیشتری بخشید.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان که زمین، آب و سایر امکانات لازم برای اجرای این پژوهش را فراهم نمود، سپاسگزاری می‌نماید.

حمایت مادی و معنوی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تأمین هزینه‌های اجرای طرح، قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

Binns, M. R. & Nyrop, J. P. (1992) Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. *Annual Review of Entomology* 37, 427-453.

Buntin, D., Grey, T., Harris, G. H., Phillips, D., Prostko, E., Raymer, P., Smith, N., Sumner, P. & Woodruff, J. (2000) Canola production in Georgia. Available from: *https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1331*

Farsi, A., Kocheili, F., Soleymannejadian, E. & Khajehzadeh, Y. (2009) Population dynamics of canola aphids and their dominant natural enemies in Ahvaz. *Scientific Journal of Agriculture* 32(2), 55-66.

Forsythe, H. Y. & Gyrisco, G. G. (1963) The spatial pattern of the pea aphid in alfalfa fields. *Journal of Economic Entomology* 56(1), 105-107. https://doi.org/10.1093/jee/56.1.104

Hughes, R. D. (1963) Population dynamics of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*. *Journal of Animal Ecology* 32(3), 393-424.

Leather, S. & Watt, A. D. (2007) Sampling theory and practice. pp. 1-15 in Leather, S. (Ed.) *Insect Sampling in Forest Ecosystems*. 303 pp. Blackwell Science Ltd. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470750513.ch1

Kelm, M., Gadomski, H., Gabrys, B. & Grzadkowska, A. (1997) *Brassica* vegetables as host plants for the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* L. *Biuletyn Warzywniczy* 47, 99-104.

Khajehzadeh, Y. (2004) *Study of canola insect fauna in different climatic regions of Iran*. Final report of Research project. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 12 pp.

Khan, S. M. & Rabbani, M. G. (1992) Seasonal abundance of aphid, *Brevicoryne brassicae* L. *Sarhad Journal of Agriculture* 8(1), 95-99.

Khayat Moghadam, M. S., Gholami, A., Shirani Rad, A. H., Baradaran Firoozabadi, M. & Abbasdokht, H. (2021) The effect of potassium silicate and late-season drought stress on the physiological characters of Canola. *Journal of Crops Improvement* 23(4), 761-776. https://doi.org/10.22059/jci.2021.306872.2424

Lowe, A. D. & Dromgoole, W. V. (1958) The development of an electronic aphid counter. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 1, 903-912. https://doi.org/10.1080/00288233.1958.10422393

Maelzer, D. A. (1976) A photographic method and ranking procedure for estimating number of the rose aphid, *Macrosiphum rosae* (L.), on rose buds. *Australian Journal of Ecology* 1. 89-96. https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1976.tb01096.x.

Mousavi Anzabi, S. H., Nouri Ganbalani, G., Eivazi, A., Shojaee, M. & Ranji, H. (2009) Evaluation of resistance of canola genotypes to cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 11(1), 55-66.

Pedigo, L. P. (2004) *Entomology and pest management.* 4th ed. Prentice-Hall of India private limited. 742 pp.

Pielou, D. P. (1961) Note on a volumetric method for the estimation of the numbers of apple aphid, *Aphis pomi* DeG. on apple foliage. *Canadian Journal of Plant Science* 41(2). 442-443.

Pontoppidan, B., Hopkins, R., Rask, L. & Meijer, J. (2003) Infestation by cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) on oilseed rape (*Brassica napus*) causes a long lasting induction of the myrosinase system. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 109(1). 55-62. https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2003.00088.x

Ruesink, W. G. (1980) Introduction to sampling theory. *In*: Kogan. M. & Herzog, D.C. (Eds). *Sampling methods in soybean entomology.* pp. 61-78. Springer-Verlag, New York, USA.

Southwood, T. R. E. (1978) *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations.* Chapman & Hall pub, London. 524 pp.

Strickland, A. H. (1954) An aphid counting grid. *Plant Pathology* 3(3), 73-76. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1954.tb00698.x

Trumble, J. T. (1982) Temporal occurrence, sampling and within-field distribution of aphids on broccoli in coastal California. *Journal of Economic Entomology* 75(2). 378-382. https://doi.org/10.1093/jee/75.2.378

Valantin-Morison, M., Meynard, J. M. & Dore, T. (2007) Effects of crop management and surrounding field environment on insect incidence in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Crop Protection* 26(8), 1108-1120. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.005

Van Emden, H. F. (1972) *Aphid technology.* Academic Press. 344 pp.

Verghese, A. & Jayanthi, P. D. (2002) A technique for quick estimation of numbers in field. *Current Science* 82(9), 1165-1168.

Weese, A., Pallmann, P., Papenbrock, J. & Riemenschneider, A. (2015) *Brassica napus* L. cultivars show a broad variability in their morphology, physiology and metabolite levels in response to sulfur limitations and to pathogen attack. *Frontiers in Plant Science* 6, 1-18. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00009

Wilson, L. T., Pickel, C., Mount, R. C. & Zalom, F. G. (1983) Presence-Absence sequential sampling for cabbage aphid and green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on Brussels sprouts. *Journal of Economic Entomology* 76(3), 476-479. https://doi.org/10.1093/jee/76.3.476.

Xuesong S., Zi, L., Lei, S., Jiao, W. & Yang, Z. (2017) Aphid identification and counting based on smartphone and machine vision. *Journal of Sensors* 1-7. https://doi.org/10.1155/2017/3964376

Zandi Sohani, N., Soleymannejadian, E. & Mohseni, A. A. (2004) Investigation on resistance in five varieties of rapeseed (*Brassica napus* L.) to cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). *The Scientific Journal of Agriculture* 27(1), 119-127. https://doi.org/10.22055/ppr.2017.12764

Zhong, Y., Gao, J., Lei, Q. & Zhou, Y. (2018) A vision-based counting and recognition system for flying insects in intelligent agriculture. *Sensors* 18(1489), 1-19. https://doi.org/10.3390%2Fs18051489

Comparative study of sampling methods of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Hem., Aphididae) on rapeseed plant, *Brassica napus* in Ahvaz region

Afrooz Farsi[1] & Ebrahim Soleymannejadian[2]

1.Plant Protection Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

✉ afrooz.farsi@yahoo.com https://orcid.org/0000-0002-6181-074X

2.Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

✉ esoleymannejadian@yahoo.com

Article History

Received: 15 November 2022 | *Accepted:* 8 January 2023 | Subject Editor: Masood Amir-Maafi

Abstract

The cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L., is one of the major and economic pests of cruciferous plants in the world, which has destructive effects on the rapeseed, *Brassica napus* L. In this research, for accurate estimating of the cabbage aphid population, three sampling methods (photography, measuring the average length of the infected stem and average weight of the aphid) as the main treatments were separately compared to direct count method, as the control treatment during budding, flowering and sheathing stages of rapeseed. For each stage, twenty-two canola plants were chosen and from each chosen plant, top stem covering completely by the aphids was selected as the sampling unit. The results showed that measuring the average length of the infected stem and average weight of aphid methods were significant difference with direct count method during budding, flowering and sheathing stages. However, there was no significant difference between photography and direct count methods during budding stage. Based on this, the photography method with maximum average of correction factor (0.790), coefficient of determination (0.9315) and relative net precision (*RNP*) (51.56) is the best and most accurate technique for precise estimation of cabbage aphid population during budding period. According to the obtained results of this study, choosing the correct sampling method at the right time can promote the integrated management programs of cabbage aphid.

Keywords: *Brevicoryne brassicae*, *Brassica napus*, Population estimation, Photography method, Relative net precision

Corresponding Author: Afrooz Farsi (E-mail: afrooz.farsi@yahoo.com)

Citation: Farsi, A. & Soleymannejadian, E. (2023) Comparative study of sampling methods of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Hem.: Aphididae) on rapeseed plant, *Brassica napus* in Ahvaz. *J. Entomol. Soc. Iran*, 42 (4), 291–302. DOI: https://doi.org/10.52547/jesi.42.4.4