آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۹۱، شماره ۱، شهریور ۱۴۰۲
Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 91, No. 1, Sep. 2023
DOI: 10.22092/JAEP.2023.362399.1480

مقاله پژوهشی

مقایسه سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار در کنترل شته مومی کلزا

نیکروز باقری✉[۱]، عزیز شیخی‌گرجان[۲]، محمود صفری[۳]

۱- دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنّی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. کرج. ایران؛
۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛
۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات فنّی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۲)

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی کارایی دو روش رایج سمپاشی برای کنترل شتهٔ مومی کلزا در مرحلهٔ ساقه‌دهی و معرفی روش مناسب‌تر با توجه به پارامترهای فنّیِ مؤثر بر عملکرد و کارایی سمپاشی اجراشد. آزمون در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تیمار و سه تکرار اجرا شد. براساس نتایج به‌دست آمده، برای سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار حجم محلول مصرفی به‌ترتیب برابر با ۱۷۹و ۲۷۹ لیتر در هکتار، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر به‌ترتیب برابر با ۵/۰ و ۰/٦ هکتار در ساعت، بازدهٔ مزرعه‌ای به‌ترتیب برابر با ٥٦/٨ و ٤١/٦ درصد، سطح لهیدگی محصول ۳/۸۵ و٤/٤٥ درصد، ضریب کیفیت پاشش به‌ترتیب برابر با ۱/۹٦ و ۳/۳۱، و میانگین بادبردگی ۲۱/۰ و ۳۵/۷ درصد به‌دست آمد. از نظر کارایی، بین دو سمپاش در ۳ و ۷ روز بعد از سمپاشی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما در ١٤ روز پس از سمپاشی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت و درصد کارایی سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب به ۸۳ و ٤١ درصد رسید. با توجه به‌نتایج بهتر سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری و کارایی سمپاشی بیشتر آن نسبت به سمپاش لانس‌دار پشت‌تراکتوری، این روش برای کنترل شتهٔ کلزا در مرحلهٔ ساقه‌دهی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سمپاش بوم‌دار، سمپاش لانس‌دار، شته مومی کلزا، کارایی سمپاشی

Comparison of boom and lance sprayers to control *Brevicoryne brassicae* (L.) in canola

N. BAGHERI[1]✉, A. SHEIKHI GARJAN[2], M. SAFARI [3]

1. Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Karaj, Iran; 2. Associate Professor, Iranian Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Tehran, Iran; 3. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Karaj, Iran

Abstract

Tthis research was conducted with the aim of evaluating of two common spraying methods for *Brevicoryne brassicae* control during stemming stage and to introduce a more suitable method according to the technical parameters affecting the performance and efficiacy of spraying. The test was conducted in the form of a completely randomized design in three treatments and three replications based on the obtained results, for the tractor-mounted boom sprayer and tractor-mounted lance sprayer, the amount of consumed volume was 179 and 279 L/ha, respectively, the effective field capacity was 5.0 and 0.8 ha/hr, respectively, the field efficiency was 56.8% and 55.5%, respectively, the crop damage area obtained 3.85% and 4.45%, respectively, the spray quality coefficient was 1.96% and 3.31%, respectively, and the average drift was 21.0% and 35.7%. Also, there was no significant difference between the two sprayers in 3 and 7 days after spraying. However, 14 days after spraying, there was a significant difference between the treatments, and the spraying efficacy of the boom sprayer reached 83% and 41% for the lance sprayer. Considering the better results of the tractor-mounted boom sprayer and its greater spraying efficiency than the tractor-mounted lance sprayer, this method is recommended to control pests during the canola stemming stage.

Keywords: Boom sprayer, *Brevicoryne brassicae (L.)* control, lance sprayer, spraying efficacy

✉ n.bagheri@areeo.ac.ir

©2023, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

مقدمه

طبق آمار سازمان خواروبار جهانی، آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز سالانه حدود ۳۰درصد به محصول‌های کشاورزی در جهان خسارت وارد می‌کنند (Lan *et al.*, 2017; Guo *et al.*, 2019). کاربرد آفت‌کش‌ها، گسترده‌ترین و قدیمی‌ترین روش کنترل آفات در سراسر جهان است (Megahed *et al.*, 2021). آفت‌کش‌ها موادی سمّی بوده و برای محیط‌زیست، جانوران و حشره‌های مفید و انسان خطرناک هستند (Elwakeel *et al.*, 2022). آمارهای سالانه مرگ و میر ۳۰۰ هزار نفر را در اثر سموم شیمیایی در جهان نشان می‌دهد (Goel & Aggarwal, 2007).

سمپاشی مرسوم‌ترین روش کنترل آفات است (Lan & Chen, 2018). سمپاشی باید با بیشترین کارایی و ایمنی انجام شود. کاربرد دز کم سم باعث کاهش کنترل عارضه و عملکرد محصول می‌شود. کاربرد دز زیاد سموم شیمیایی باعث مسمومیت و آلودگی آب و خاک شده و بر سلامتی مصرف‌کنندگان تأثیر منفی دارد (Kim *et al.*, 2017). بازدهٔ مزرعه‌ای به کاهش تلفات ناشی از سمپاشی (تلفات سم و محصول) و پوشش مناسب سم وابسته است (Lamare *et al.*, 2022). نتایج مطالعه‌ها نشان می‌دهد که مقدار آفت‌کش‌ها بسته به استفاده درست از سمپاش می‌تواند تا ٦٠ درصد کاهش یابد (Elwakeel *et al.*, 2022). با این حال برآورد شده‌است که حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد از آفت‌کش‌ها به دلیل سمپاشی نامناسب هدر می‌رود (Megahed *et al.*, 2021). بنابراین، انتخاب روش مناسب سمپاشی یکی از عوامل مؤثر در کاهش مصرف سم و هزینه‌های تولید، آلودگی‌های زیست‌محیطی و افزایش کارایی سمپاشی و عملکرد محصول است (Safari & Gerami, 2020; Elwakeel *et al.*, 2022). یکی از راه‌های افزایش کارایی سمپاشی انتخاب سمپاش متناسب با نوع و مرحلهٔ رشد محصول، نوع آفت، مقدار طغیان و شرایط محیطی است (Srinivasarao *et al.*, 2021). پژوهش‌های متعددی در زمینهٔ ارزیابی سمپاش‌های گوناگون برای سمپاشی محصولات زراعی و باغی مختلف انجام شده است. پژوهشگران از سمپاش مجهز به افشانک میکرونر و سمپاش لانس‌دار رایج برای کنترل شیمیایی پورهٔ سن گندم استفاده کردند (Sheikhi Garjan, *et al.*, 2009). براساس نتایج، کارایی سمپاشی هر دو سمپاش از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. اما سمپاش میکرونر آلودگی و مقدار محلول مصرفی کمتر (حدود ۳۰ لیتر) نسبت به سمپاش لانس‌دار (حدود ۲۷۰ لیتر) داشت. در این پژوهش، استفاده از سمپاش‌های میکرونر به دلیل سبک‌بودن، پاشش دقیق‌تر و یکنواخت‌تر نسبت به سمپاش لانس‌دار توصیه شده‌است. در پژوهش دیگر، سمپاش‌های الکترواستاتیکی، میکرونر و پشت تراکتوری لانس‌دار برای کنترل آفت کرم سیب ارزیابی و مقایسه شده‌اند. مقایسهٔ میانگین محلول مصرفی تیمارها نشان داد که سمپاش‌های الکترواستاتیکی و میکرونر به‌ترتیب با ۱۵۷ و ۱۳٤ لیتر در هکتار در محدودهٔ سمپاشی با حجم کم و در یک گروه قرار داشتند؛ درحالی‌که سمپاش لانس‌دار پشت‌تراکتوری با ۱٦۲۹ لیتر در هکتار در دامنهٔ سمپاشی با حجم زیاد قرار گرفت. از نظر درصد کنترل آفت کرم سیب، نتایج نشان داد که سمپاش لانس‌دار در مقایسه با دو روش دیگر دارای کمترین اثربخشی در کنترل آفت بود (Safari & Amirshaghaghi, 2016). در پژوهش دیگر، سمپاش‌های پشت‌تراکتوری بوم‌دار، لانس‌دار، توربولاینر، میکرونر پشتی و اتومایزر در استان‌های البرز، آذربایجان‌غربی، خوزستان و خراسان‌رضوی بر اساس معیارهای مصرف محلول سم، بادبردگی، ظرفیت مزرعه‌ای، یکنواختی پاشش، سطح لهیدگی محصول، توان اسمی سمپاش‌ها، کارایی و هزینه برای سمپاشی مزارع گندم مقایسه شدند. مناسب‌ترین و ناکارآمدترین سمپاش برای مزرعه‌های گندم، به‌ترتیب سمپاش‌های میکرونر و لانس‌دار بودند (Safari & Grami, 2020). پارامترهای عملیاتی سمپاش تراکتوری بوم‌دار کوچک برای کشاورزی محلی و سمپاشی محصول گوار ارزیابی شد. ضمن تعیین حد مطلوب پارامترهای عملیاتی قابل دست‌یابی با این روش سمپاشی، استفاده از این سمپاش برای محصول مورد مطالعه توصیه شد (Aman *et al.*, 2020). در ارزیابی عملکرد سمپاش توربینی و

سمپاش لانس‌دار برای سمپاشی نخل‌های خرما نتایج نشان داد که ضریب کیفیت پاشش سمپاش‌های توربینی ۱/۸۱، لانس‌دار تراکتوری ۳/۳ و لانس‌دار فرغونی ۳/۸ است. نشست سم در سمپاش توربینی نسبت به سمپاش لانس‌دار ۷۵ درصد کمتر، مقدار محلول مصرفی آن ۵۰ درصد کمتر و بادبردگی آن بیشتر بود (Taheri Khorasani & Rostami, 2021). در پژوهشی، سمپاش بوم‌دار برای کنترل علف‌های هرز ذرت ارزیابی شد. براساس گزارش اعلام شده، کارایی این سمپاش ۸۸/۱ درصد بود (Kumar *et al.*, 2021). در پژوهش دیگری سمپاش لانس‌دار و دستی برای کنترل آفت‌های فلفل گلخانه‌ای ارزیابی شد. نتایج نشان داد که سمپاش لانس‌دار از سمپاش دستی پاشش یکنواخت‌تر و تلفات کمتری دارد (Sanchez-Hermosilla *et al.* ,2021). همچنین، یک سمپاش لانس‌دار چرخان پشت‌تراکتوری برای سمپاشی مزارع کشاورزی ارزیابی شد. ارتفاع پاشش مناسب ۱/۲ متر و سرعت حرکت یک متر در ثانیه و حجم محلول مصرفی ٦٠٤ لیتر در هکتار به‌دست آمد. ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر در سرعت‌های ۰/۷۵ تا ۱/۲۵ متر در ثانیه برابر با ٤/٤–۲/۷ هکتار در ساعت و بازدهٔ مزرعه‌ای ۷۷–٦۲ درصد متغیر بود (Srinivasarao *et al.*, 2021). یک سمپاش کوله پشتی برای افزایش عملکرد سمپاشی در مزرعه‌های کوچک بهینه‌سازی شد. میانگین بازده مزرعه‌ای در فشار ۲/۵ بار مقدار محلول مصرفی ۱/۸٦ لیتر در دقیقه، ۷۸/۸ درصد به‌دست آمد (Megahed *et al.*, 2021).

با توجه به اهمیت کلزا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تولید روغن گیاهی و خسارت‌های فراوان ناشی از آفت شتهٔ مومی به آن (Hira *et al.*, 2022) و ضرورت کنترل شیمیایی این آفت، هدف از این پژوهش ارزیابی کارایی سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار برای کنترل شتهٔ مومی کلزا و معرفی روش سمپاشی مناسب‌تر است.

روش بررسی

در این پژوهش عملکرد سمپاش‌های بوم‌دار پشت‌تراکتوری و لانس‌دار پشت‌تراکتوری به‌عنوان دو روش رایج سمپاشی برای کنترل آفت شتهٔ کلزا در مرحلهٔ ساقه‌دهی ارزیابی و نتایج آن‌ها با هم مقایسه شد. همچنین، کارایی این دو روش سمپاشی با یکدیگر و با تیمار شاهد مقایسه شد. آزمون‌ها در زمان آلودگی بیش از ۲۰ درصد بوته‌ها در مزرعهٔ کلزای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در محمدشهر کرج اجرا شد. آزمون در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تیمار شامل سمپاشی با سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری، سمپاش لانس‌دار پشت‌تراکتوری، و شاهد در سه تکرار با اندازهٔ کرت‌های آزمایشی۱۰ ×۱۰۰ متر اجرا شد. سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری Comet ساخت کشور ایتالیا و سمپاش لانس‌دار پشت‌تراکتوری ساخت کشور ایران بود. همچنین، تراکتور استفاده شده از نوع MF 399 با قدرت ۱۱۰ اسب‌بخار بود. مشخصات فنّی سمپاش‌ها در جدول ۱، ارائه شده است.

جدول۱– مشخصات فنّی سمپاش‌های آزمون‌شده.

Table 1. Technical specifications of experimental sprayers.

Sprayer type	Filled tank capasity (L)	Effective spray width (m)	Nozzle type	Spray height from ground level (m)	Total flow (L min^{-1})	Average speed (Km h^{-1})
Tractor mounted boom sprayer	200	11	Conical	0.8	26.2	8
Tractor mounted lance sprayer	250	8	Conical	0.9	6.7	1.8

حشره‌کش ایمیداکلوپراید SC350 به مقدار یک لیتر در هکتار به نسبت ۱ به ۱۰ با آب مخلوط و در مخزن سمپاش‌ها ریخته شد (Nourbakhsh, 2022). برای افزایش خاصیت آفت‌کش، از افزودنی مکمل کاورینو (مویان) با غلظت ۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر استفاده شد. در زمان سمپاشی متوسط دما و رطوبت‌نسبی هوا و سرعت باد با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری شد. متوسط دمای هوا ۱۵درجه سلسیوس، رطوبت نسبی هوا ۳۰درصد و سرعت باد ۲/۵ متر در ثانیه اندازه‌گیری شد. در شکل ۱، سمپاش‌ها هنگام سمپاشی مزرعه نشان داده شده است.

برای ارزیابی و مقایسهٔ سمپاش‌ها، دبی افشانک‌ها و مقدار محلول مصرفی، ظرفیت مزرعه‌ای نظری و مؤثر، بازدهٔ مزرعه‌ای، سطح لهیدگی محصول، یکنواختی پاشش، مقدار بادبردگی و کارایی سمپاشی به روش زیر اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری دبی افشانک‌ها و مقدار محلول سم مصرفی

برای اندازه‌گیری دبی افشانک‌ها (nozzles flow)، مخزن سمپاش‌ها از آب پر شد. زیر هر افشانک یک استوانه مدرّج قرار داده شد. با خروج محلول از مخزن، دبی افشانک‌ها در مدت زمان یک دقیقه اندازه‌گیری شد. برای افزایش دقت آزمون سه بار اجرا شد (Safari & Bagheri, 2021). پس از اندازه‌گیری دبی تک‌تک افشانک‌ها و جمع‌کردن دبی افشانک‌ها با هم، مقدار محلول مصرفی (spraying volume) در هر هکتار از رابطهٔ (۱) به‌دست آمد (Chen *et al*., 2020):

$$Q = \frac{600q}{V.W} \qquad (۱)$$

V: سرعت پیشروی ($Km\ hr^{-1}$)، q: دبی افشانک‌ها ($L\ min^{-1}$)، W: عرض کار مؤثر (m)، Q: مقدار محلول مصرفی در هکتار ($L\ ha^{-1}$).

اندازه‌گیری بازدهٔ مزرعه‌ای

بازدهٔ مزرعه‌ای (field efficiency) پارامتری است که عملکرد عملیات را نشان می‌دهد و از نسبت ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر به ظرفیت مزرعه‌ای تئوری طبق رابطهٔ (۲) به‌دست آمد:

$$E = \left(\frac{C_o}{C_t}\right) * 100 \qquad (۲)$$

E: بازدهٔ مزرعه‌ای (٪)، C_o: ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ($ha\ hr^{-1}$)، و C_t: ظرفیت مزرعه‌ای تئوری ($ha\ hr^{-1}$).

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (C_o) در واقع کاری است که ماشین در مدت یک ساعت انجام می‌دهد. ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر به‌صورت عملی در مزرعه اندازه‌گیری شد. ظرفیت مزرعه‌ای تئوری نیز از رابطهٔ (۳) به‌دست آمد:

$$C_t = \frac{V.W}{10} \qquad (۳)$$

C_{ot}: ظرفیت مزرعه‌ای تئوری ($ha\ hr^{-1}$)،V : سرعت پیشروی ($Km\ hr^{-1}$) و W: عرض کار (m).

سطح لهیدگی محصول

درصد سطح لهیدگی (the percent of crop damage surface) برای سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری از نسبت مساحت طی‌شده به‌وسیلهٔ عبور چرخ‌های تراکتور به تمام مساحت سمپاشی‌شده مزرعه به‌دست آمد (Safari & Gerami, 2020). برای اندازه‌گیری درصد سطح لهیدگی ناشی از سمپاش لانس‌دار پشت‌تراکتوری علاوه‌بر روش به‌کار رفته برای اندازه‌گیری درصد سطح لهیدگی سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری، درصد لهیدگی ناشی از تردد کشاورز در مزرعه نیز (نسبت مساحت کف کفش‌های کاربر نسبت به کل مساحت تردد) اندازه‌گیری شد.

یکنواختی پاشش (ضریب کیفیت پاشش)

یکنواختی پاشش (ضریب کیفیت پاشش Spraying Quality Factor) از تقسیم قطر میانهٔ حجمی (Volume Median Diameter (VMD) بر قطر میانهٔ عددی (Number Median Diameter (NMD) ذرات به‌دست می‌آید. برای اندازه‌گیری قطر میانهٔ حجمی و قطر میانهٔ عددی ابتدا کارت‌های حساس به آب در مسیر پاشش قرار داده شدند (Zhua *et al*., 2011). یک نمونه از کارت‌های حساس به آب خیس‌شده توسط دو نوع سمپاش در شکل ۲، نشان داده شده است. در سمپاشی با سمپاش لانس‌دار پشت‌تراکتوری، برخی از کارت‌ها به طور کامل خیس شده بودند و امکان تحلیل آن‌ها وجود نداشت. پس از سمپاشی، کارت‌ها جمع‌آوری و با قدرت تفکیک (resolution) ۳۰۰dpi اسکن شدند. تعداد و قطر قطره‌ها با استفاده از نرم‌افزار Image J اندازه‌گیری شدند. در این نرم‌افزار ابتدا تصویر کارت‌های حساس به‌صورت باینری درآمده و

مقیاس‌دهی شدند. سپس با تعیین حد آستانهٔ مناسب برای هر تصویر، قطره‌ها از تصویر زمینه جدا شده، تعداد آن‌ها شمارش و قطر آن‌ها اندازه‌گیری شد. قطرهای میانهٔ عددی و حجمی از رابطهٔ زیر به دست آمد (Behrouzi Lar, 1999):

$$D_{pq}^{p-q} = \left(\sum_{i=1}^{n} NiD_i^p \,\middle|\, \sum_{i=1}^{n} Ni\, D_i^q\right)^{\frac{1}{(p-q)}} \qquad (٤)$$

p و q: اعداد صحیح، p>q. (برای محاسبهٔ قطر میانهٔ عددی p=۱، q=۰؛ برای محاسبه قطر میانهٔ حجمی p=۳ و q=۰)، D_i: قطر قطره برای گروه اندازه i (µm)، Ni: تعداد قطره در گروه اندازه i، i: تعداد اندازهٔ گروه، n: تعداد گروه اندازه‌ها.

اندازه‌گیری مقدار بادبردگی محلول سم

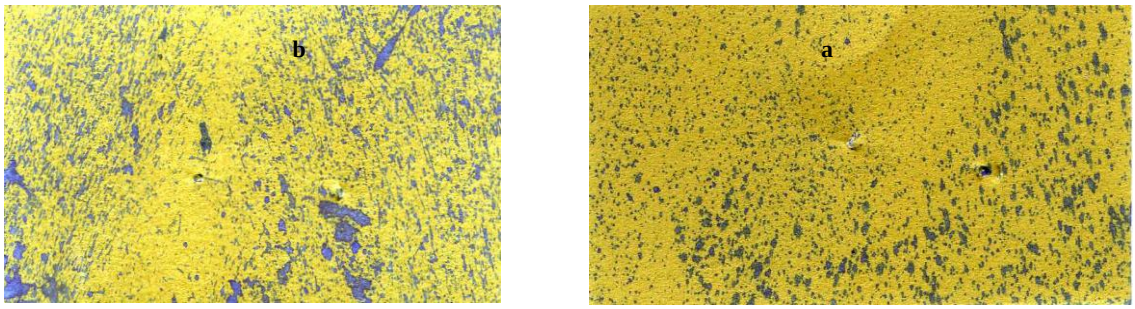
برای اندازه‌گیری بادبردگی (drift)، ۱۵ عدد کارت حساس به آب با اندازهٔ ۷*۳ سانتی‌متری در مزرعه و در خارج از محدودهٔ عرض کار سمپاشی به فاصلهٔ یک‌متری از هم نصب شد. پس از سمپاشی، کارت‌ها جمع‌آوری و کارت‌های خیس‌شده در اثر سمپاشی، شمارش شدند. درصد بادبردگی از تقسیم تعداد کارت‌های خیس‌شده به تعداد همهٔ کارت‌های نصب‌شده به‌دست آمد (Kharim *et al*., 2019).

اندازه‌گیری کارایی حشره‌کش علیه شتهٔ مومی کلزا

برای تعیین مقدار کارایی حشره‌کش علیه شتهٔ مومی، نمونه‌برداری از جمعیت شته مومی، چهار بار در زمان‌های یک روز پیش از سمپاشی، ۳، ۷ و ۱۴ روز پس از سمپاشی در هر سه تیمار صورت گرفت. برای شمارش شته‌های هر بوته علامت‌گذاری شده، ۳۰ ساقه از هر کرت انتخاب و شته‌های زندهٔ ۱۰ سانتی‌متر انتهایی ساقه شمارش شدند (Keyhanian *et al*., 2008). برای شمارش شته‌ها از مقیاس صفر تا چهار به صورت صفر: بدون آلودگی، یک: ۱–۵ شته، ۲: ۶–۲۰ شته، ۳: ۲۱–۱۰۰شته، و چهار: بیش از ۱۰۰ شته استفاده شد. برای شمارش دقیق‌تر تعداد زیاد شته (بیش از ۱۰۰ عدد شته در ساقه) از روش شمارش تعداد شته در طول یک سانتی‌متر و محاسبهٔ آن در طول ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. برای تعیین درصد آلودگی

شکل ۱– سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری (a) و سمپاش لانس‌دار پشت‌تراکتوری (b)

Fig 1. Tractor-mounted boom sprayr (a) and tractor-mounted lance sprayr (b)



شکل ۲– یک نمونه از کارت‌های حساس به آب خیس‌شده توسط دو نوع سمپاش (a: سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری، b: سمپاش لانس‌دار پشت‌تراکتوری)

Fig 2. An example of water-sensitive cards soaked by two types of sprayers (a: tractor-mounted boom sprayer, b: tractor-mounted lance sprayer)

۱۰ بوته‌ها از هر کرت تعداد بوته به صورت تصادفی انتخاب و تعداد بوته‌های سالم و آلوده شمارش شدند. این عمل در هر کرت ۱۰ بار تکرار شد و درصد آلودگی هر کرت به‌دست آمد. برای محاسبهٔ کارایی تیمارها از فرمول هندرسون-تیلتون براساس تعداد شته‌های زنده طبق رابطهٔ (۵) استفاده شد (Keyhanian *et al.*, 2008):

$$E = \left(1 - \frac{(T_a * C_b)}{(T_b * C_a)}\right) * 100 \qquad (۵)$$

E: کارایی حشره کش (درصد)، T_a: تعداد شته‌های زنده در کرت تیمار پس از سمپاشی، T_b: تعداد شته‌های زنده در کرت تیمار پیش از سمپاشی، C_a: تعداد شته‌های زنده در کرت شاهد پس از سمپاشی، و C_b: تعداد شته‌های زنده در کرت شاهد پیش از سمپاشی.

برای مقایسهٔ تعداد شته‌ها در تیمارهای سمپاشی‌شده و شاهد از روش مدل خطی عمومی (GLM) (General Linear Model) و برای مقایسهٔ کارایی دو تیمار سمپاش بوم‌دار و سمپاش لانس‌دار آزمون t با استفاده از نرم‌افزار SAS9.2 انجام شد.

نتیجه و بحث

محلول مصرفی

براساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۲، حجم محلول مصرفی سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب برابر با ۱۷۹ و ۲۷۹ لیتر در هکتار به‌دست آمد. به‌عبارت دیگر، حجم محلول مصرفی سمپاش لانس‌دار ٥٦درصد بیشتر از سمپاش بوم‌دار بود. حجم مصرفی سمپاش بوم‌دار برای سمپاشی محصول هویج ۱۵۸ لیتر در هکتار (Lamare *et al.*, 2022)، و حجم محلول مصرفی سمپاش لانس‌دار با افشانک مخروطی در کنترل شیمیایی علیه سن گندم حدود ۲۷۰ لیتر در هکتار گزارش شده‌است (Sheikhi Garjan *et al.*, 2009). همچنین، گزارش شده که سمپاش لانس‌دار به‌دلیل مصرف بیش از ۲۰۰ لیتر در هکتار، جزء سمپاش‌های پرمصرف قرار دارد (Safari & Amirshaghaghi, 2016).

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر و بازدهٔ مزرعه‌ای

در جدول۲، بازدهٔ مزرعه‌ای سمپاش‌ها ارائه شده‌است. براساس نتایج، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب برابر با ۵/۰ و ۰/٦ هکتار در ساعت و بازدهٔ مزرعه‌ای سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب برابر با ٥٦/۸ و ٤۱/٦ درصد به‌دست آمد. بیشتر بودن بازدهٔ مزرعه‌ای سمپاش بوم‌دار نسبت به سمپاش لانس‌دار به علت ظرفیت مزرعه‌ای بیشتر آن است. ظرفیت مزرعه‌ای وابسته به عرض پاشش مؤثر و سرعت پیشروی است و با توجه به بیشتر بودن عرض مؤثر پاشش و سرعت پیشروی سمپاش بوم‌دار، ظرفیت مزرعه‌ای و به‌تبع بازدهٔ مزرعه‌ای آن بیشتر از سمپاش لانس‌دار است.

درصد سطح لهیدگی محصول

درصد سطح لهیدگی محصول برای سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار پشت‌تراکتوری به‌ترتیب برابر با ۳/۸۵ و ٤/٤٥ درصد به‌دست آمد. در پژوهشی مشابه، مقدار لهیدگی سمپاش پشت‌تراکتوری بوم‌دار برای کنترل علف‌های هرز چغندرقند ۲/۳ درصد گزارش شده‌است (Safari & Kafashan, 2014).

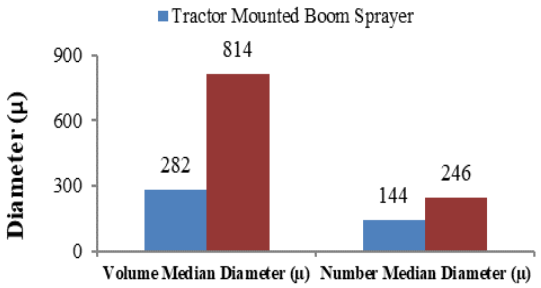
جدول۲- بازدهٔ مزرعه‌ای سمپاش بوم‌دار و لانس‌دار

Table 2. Field efficiency of boom and lance sprayers

Sprayer type	Effective spray width (m)	Average speed (Km hr^{-1})	Theorical field capacity (ha hr^{-1})	Effective fField capacity (ha hr^{-1})	Field efficiency (%)	Spray volume (L ha^{-1})
Tractor mounted boom sprayer	11	8	8.8	5.0	56.8	179
Tractor Mounted Lance sprayer	8	1.8	1.4	0.6	41.6	280

ضریب کیفیت پاشش

نتایج میانگین قطر میانهٔ عددی و قطر میانهٔ حجمی دو نوع سمپاش در شکل ۳، نشان داده شده‌است. براساس شکل، قطر میانهٔ عددی و حجمی سمپاش بوم‌دار کمتر از قطر میانهٔ عددی و حجمی سمپاش لانس‌دار بود. همچنین، ضریب کیفیت پاشش سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۳/۳۱ به‌دست آمد. کیفیت پاشش بهتر سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری به‌علت فاصلهٔ کمتر افشانک از محصول و پاشش یکنواخت‌تر بود. درحالی‌که در سمپاش لانس‌دار، حرکت لانس توسط کارور و پاشش دستی، باعث نایکنواختی در پاشش محلول شده‌است. در پژوهش‌های مشابهی ضریب کیفیت پاشش سمپاش لانس‌دار ۳/۳ (Rostami & Taheri Khorasani, 2021) و ضریب کیفیت پاشش سمپاش بوم‌دار ۱/۸ به دست آمد (Badie et al., 2014).



شکل ۳- میانگین قطر میانهٔ حجمی و عددی سمپاش‌ها (میکرون)

Fig 3. The average of number median diameter and volume median diameter

بادبردگی

براساس نتایج، میانگین مقدار بادبردگی سمپاش بوم‌دار ۲۱/۰ درصد و سمپاش لانس‌دار ۳۵/۷ درصد به‌دست آمد. بیشتر بودن ارتفاع پاشش سمپاش لانس‌دار و غیریکنواخت بودن ارتفاع پاشش در حرکت لانس، موجب افزایش بادبردگی شده‌است. بادبردگی سمپاش لانس‌دار برای کنترل زنجرک خرما، ٤٦/٥ درصد به دست آمده است (Safari & Sheikhi Garjan, 2018).

کارایی حشره‌کش

میانگین تعداد شته‌ها در ده سانتی‌متری انتهای ساقه قبل و بعد از سمپاشی در جدول ۳، ارائه شده‌است. بررسی کرت‌های آزمایشی پیش از سمپاشی نشان داد که تعداد شته در تمامی کرت‌ها یکسان بوده و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. همچنین بررسی آلودگی بوته‌های کلزا به شته نشان داد که در زمان سمپاشی ٤٠درصد بوته‌ها آلوده به شته بودند. کاهش شدید جمعیت شته در هفت روز بعد از سمپاشی به دلیل بارندگی و کاهش شدید دما رخ داد. مقایسهٔ میانگین تراکم شته در تیمارهای مختلف نشان داد که سمپاشی با سمپاش بوم‌دار بیشتر از سمپاش لانس‌دار در کاهش جمعیت شته مؤثر بوده است.

بررسی درصد کارایی حشره‌کش با سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار در جدول ٤، ارائه‌شده است. بین دو سمپاش در سه و هفت روز پس از سمپاشی اختلاف معنی‌داری نداشته و درصد کارایی آن‌ها بین ٥٢ تا ٦٢ درصد متغیر بود. اما در ١٤

جدول ۳. میانگین تعداد شتهٔ کلزا قبل و بعد از سمپاشی

Table 3. The average number of pests before and after spraying

Treatments	1 day before	3 days later	7 days later	14 days later
Tractor mounted boom sprayer	132.8	284.2	37.7	166.7
Tractor mounted lance sprayer	158.7	323.6	48.5	587.3
Control (no spraying)	104.4	636.2	103.9	1036.4
df	2, 30	2, 30	2, 30	2, 30
F	1.3	17.1	17.5	101.1
Pr	0.27	0.001	0.0001	0.0001
CV	59.2	37.2	44.4	24.0

روز بعد از سمپاشی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت و کارایی سمپاش بوم‌دار به ۸۳ درصد رسید. درحالی‌که، درصد کارایی سمپاش لانس‌دار کاهش یافته و به ٤١ درصد رسید. کارایی سمپاشی با سمپاش بوم‌دار برای کنترل علف هزر ذرت ۸۸/۱ درصد گزارش شده‌است (Kumar *et al.*, 2021). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کارایی سمپاشی سمپاش لانس‌دار موقت بوده و با گذشت زمان کاهش می‌یابد. همچنین، سمپاش بوم‌دار روش مناسبی برای سمپاشی شتهٔ کلزا در مرحلهٔ ساقه‌دهی است. در پژوهشی سمپاش لانس‌دار برای سمپاشی آفت سن مزارع گندم از نظر عملکرد و کارایی نامناسب شناخته شده (Safari & Gerami, 2020) اما عملکرد سمپاش بوم‌دار تأیید شده‌است (Aman et al., 2020).

جدول ٤. مقایسهٔ درصد کارایی سمپاشی در کنترل شتهٔ کلزا

Table 4. Comparison of the of insecticide efficiency for conotrling canola aphid

Treatments	Days after spraying		
	3	7	14
Tractor mounted boom Sprayer	55.1±3.7	62.9±2.45	83.3±3.0
Tractor mounted Lance sprayer	52.3±5.7	55.3±11.2	41.3±4.2
df	20	20	20
t Value	0.42	1.82	8.17
Pr	0.67	0.08	0.0001

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر عملکرد دو سمپاش مرسوم برای کنترل شتهٔ مومی کلزا ارزیابی و نتایج آن‌ها با هم مقایسه شد. برای ارزیابی و مقایسهٔ سمپاش‌ها، دبی افشانک‌ها و مقدار محلول مصرفی، ظرفیت مزرعه‌ای نظری و مؤثر، بازدهٔ مزرعه‌ای، درصد سطح لهیدگی، قطر میانهٔ عددی و حجمی، ضریب کیفیت پاشش (یکنواختی پاشش)، مقدار بادبردگی و کارایی سمپاشی اندازه‌گیری شدند. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش حجم محلول مصرفی سمپاش لانس‌دار ٥٦درصد بیشتر از حجم محلول مصرفی سمپاش بوم‌دار به‌دست آمد. ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر سمپاش‌های بوم‌دار بیش از هشت برابر ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر سمپاش لانس‌دار بود. بازدهٔ مزرعه‌ای سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب برابر با ٥٦/٨ و ٤١/٦ درصد به‌دست آمد. درصد سطح لهیدگی محصول در اثر سمپاشی با سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب ۳/۸۵ و ٤/٤٥درصد به دست آمد. میانگین قطر میانهٔ عددی سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب برابر با ١٤٤ و ٢٤٦ میکرون، میانگین قطر میانهٔ حجمی سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب ۲۸۲ و ۸۱٤ میکرون و ضریب کیفیت پاشش سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به ترتیب ۱/۹٦ و ۳/۳۱ به‌دست آمد. همچنین، میانگین مقدار بادبردگی سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب ۲۱/۰ و ۳۵/۷ درصد به‌دست آمد. بررسی درصد کارایی سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری و لانس‌دار پشت‌تراکتوری نشان داد که کنترل شیمیایی شتهٔ مومی با هر دو سمپاش کارایی قابل قبولی داشت. بین کارایی سمپاشی دو سمپاش لانس‌دار و بوم‌دار در سه و هفت روز پس از سمپاشی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما در ١٤ روز بعد از سمپاشی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت و درصد کارایی سمپاش‌های بوم‌دار و لانس‌دار به‌ترتیب به ۸۳ و ٤١درصد رسید. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که سمپاش بوم‌دار پشت‌تراکتوری از نظر معیارهای فنّی و کارایی سمپاشی نسبت به سمپاش لانس‌دار برتری دارد. همچنین، با توجه به مصرف زیاد محلول سم و کارایی کم سمپاش لانس‌دار برای کنترل شتهٔ کلزا به هیچ‌وجه توصیه نمی‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به‌ویژه آقای دکتر امینی رئیس محترم بخش خدمات فنّی و تحقیقاتی و آقای مهندس نظاملو مسئول محترم واحد ماشین‌های کشاورزی به‌دلیل همکاری در اجرای پروژه قدردانی می‌شود.

References

AMIRSHAGHAGHI, F. and M, SAFARI, 2016. Comparison and technical evaluation of electrostatic, micronair and tractormounted lance sprayers in order to control (*Carpocasa pomonella* L.) in apple orchards. Journal of Agricultural Machinery, No. 6(2): 376-383. (in Persian with English summary)

AMAN, R. K. V. BANSAL, and A, KUMAR, 2020. Performance evaluation of tractor operated boom: Type sprayer. International Journal of Chemical Studies, No. 8(3): 929-935. https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3l.9318

BADEI, F. L, ALIMORADI. S, JAHEDI POUR and K, HAJ MOHAMADNIA GHALIBAF, 2014. Evaluation of common sprayers and different doses of herbicides on wheat yield. 1st International and 13th Iranian Crop Science Congress. 26-28 August 2014. Karaj. Iran. (in Persian with English summary)

BEHROUZI LAR, M. 1999. Engineering Principles of Agricultural Machines (Translated). Azad Islamic University Press. 1st Edition, 355-357.

CHEN, P. Y. LAN, X. HUANG, H, Qi, G. WANG, WANG, J. WANG, and H. Xiao, 2020. Droplet Deposition and Control of Planthoppers of Different Nozzles in Two-Stage Rice with a Quadrotor Unmanned Aerial Vehicle. Agronomy, No. 10 (303): 1-14. https://doi.org/10.3390/agronomy10020303

ELWAKEEL, A. E, S. A. AHMED, A. M, ZEIN ELDIN, and L, NASRAT, 2022. Design and evaluation of a self-propelled field sprayer to be operated and controlled remotely. Al-Azhar Journal of Agricultural Engineering, No. 2: 40-52.

GOEL, A. and P. Aggarwal, 2007. Pesticide poisoning, Natl. Med. J. India, No. 20: 182–191. PMID: 18085124.

GUO, S, J. LI, W. YAO, Y, ZHAN, Y, LI and Y, SHI, 2019. Distribution characteristics on droplet deposition of wind field vortex formed by multi-rotor uav. PloS One, No.14 (7), e0220024. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220024

HIRA, H. ALI, H. IHSAN, A. AKHTAR, Z. ., AMEER, S. YASIN, M. ALI, A. and S, NAWAZ, 2022: Comparative Efficacy of Insecticides against Cabbage Aphid Brevicoryne Brassicae, A Pest of Oilseed Rape, Brassica napus (L.) under Controlled Conditions, Journal of Bioresource Management, 9 (2).

KEYHANIAN, A. R, A, SHEIKHI GARJAN, A, AMINI and M. A. KHALAF, 2008. Investigating the effectiveness of several insecticides in controlling cabbage aphid in canola fields. Agricultural Applied Research, No.163-167.

KIM, K-D, H-S, LEE, S-J, HWANG, S-J, J-S, NAM, and B-S SHIN, 2017. Analysis of Spray Characteristics of Tractor-mounted Boom Sprayer for Precise Spraying. Journal of Biosystems Engineering, No. 42(4): 258-264. https://doi.org/10.5307/JBE.2017.42.4.258

KHARIM, M. N. A, A, WAYAYOK, A. SHARIFF, A. R. M SHARIF, A. F. ABDULLAH and E. M, HUSIN, 2019. Droplet deposition density of organic liquid fertilizer at low altitude UAV aerial spraying in rice cultivation. Computers and Electronics in Agriculture, No. 167. 105045. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105045

KUMAR, S. P, A. K. ROUL, B. M. NANDEDE, B, JYOTI, and C. R. CHEThan, 2021. Development of small tractor operated boom sprayer for effective control of weeds in maize. Indian Journal of Weed Science, No. 53(2): 173–178. https://doi.org/10.5958/0974-8164. 2021.00032.0

LAMARE, A. I, ZWERTVAEGHER, D. NUYTTENS, P. BALSARI, P. MARUCCO, GRELLA, M. A. CAFFINI, N. MYLONAS, S, FOUNTAS, and J-P DOUZALS, 2022. Performance of a prototype boom sprayer for bed-grown carrots based on canopy deposition optimization, ground losses and spray drift potential mitigation in semi-field conditions. Applied Sciences, No. 12, 4462. https://doi.org/10.3390/ app12094462

LAN, Y. and S. CHEN, 2018. Current status and trends of plant protection uav and its spraying technology in china. International Journal of Precision Agricultural Aviation, No.1(1): 1–9. https://doi.org/10.33440 /j.ijpaa.20180101.0002

LAN, Y. B, S. D. CHEN, and B. K. Fritz, 2017. Current status and future trends of precision agricultural aviation technologies. International Journal of Agricultural & Biological Engineering, No. 10(3): 1–17. https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20171003.3088

MEGAHED, H. A, H. A, FOUAD. A. M. RASMY, and A. M. MOUSA, 2021. Improvement of spray distribution pattern for a knapsack sprayer using boom spray nozzles. Al-Azhar Journal of Agricultural Engineering 1, No. 9-18. https://doi.org/ 10.21608/azeng.2021.209944

NOURBAKHSH, S, 2022. List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, poisons and recommended methods for their control. The country's plant protection organization publication, 209 pages (In Persian).

ROSTAMI, M.A. and N, TAHERI-KHORASANI, 2021. Optimization and Evaluation of a Turbine Sprayer for Spraying the Date Palm Trees and Comparison of Its Performance with Two Types of Lance Sprayer. Agricultural Mechanization and Systems Research, No. 22(77): 19-34. (in Persian with English summary)

SAFARI, M. and K. GERAMI, 2020. Prioritization of Methods and Criteria of Spraying for Wheat Fields by Analytical Hierarchy Process (AHP). Iranian biosystem engineering, No. 51(1): 139-148. (in Persian with English summary). https://doi.org/10.22059/IJBSE.2019.287967.665217

SAFARI, M. and J, KAFASHAN, 2014. Development and evaluation of a mounted spinning disk sprayer and a conventional tractor mounted boom sprayer. Agricultural Engineering Research Journal, No. 6(24): 15-32. (in Persian with English summary)

SAFARI. M, and A, SHEIKHI GARJAN, 2018. Comparison between unmanned aerial vehicle and tractor lance sprayer against Dubas bug *Ommatissus lybicus* (Hemiptera: Tropiduchidae). Iranian Journal of Plant Protection Science, No. 51(1): 13-26. (in Persian with English summary)

SAFARI. M, and N, BAGHERI, 2021. Technical parameters for the evaluation of UAV sprayers. Agricultural Engineering Research Institute. Technical Issue.

SANCHEZ-HERMOSILLA, J. V. J. RINCON, F. C, PAEZ, J, PEREZ-ALONSO, A-J., CALLEJON-FERRE, 2021. Evaluation of the effect of different hand-held sprayer types on a greenhouse pepper crop. Agriculture, No. 11, 532. https://doi.org/10.3390/ agriculture11060532.

SHEIKHI GARJAN, A.A.A. KEYHANIAN, and S. MOEIN. 2009. Efficiency of sprayer equipped by micronair nozzles (CDA) in chemical control of Sunn pest nymphs. Applied Entomology and Phytopathology, No. 77(87): 19-32. (in Persian with English summary)

SRINIVASARAO, A. T. K, KHURA. A. K, PARRAY. H, KUSHWAHA. I, MANI. And S. K. SARKAR, 2021. Development evaluation of tractor operated swinging lance sprayer for field crops. The Pharma Innovation Journal, No. 10(6): 18-23.

ZHUA, H.M, SALYANIB, and R, FOX, 2011. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. Computers and Electronics in Agriculture, No. 76: 38–43. https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.01.003.