تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۵/ شماره ۸۹/بهار ۱۴۰۳/ص ۱۰۲-۸۵
سایت مجله: https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی پارامترهای مؤثر در مبارزهٔ شیمیایی با آفات یونجه (مطالعهٔ موردی: کنترل سرخرطومی برگ یونجه در استان آذربایجان‌شرقی)

منصوره مظفری گنبری*

استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱/۱۸

چکیده

یکی از مهم‌ترین آفات یونجه، سرخرطومی برگ یونجه است که اگر با آن مبارزه نشود خسارت زیادی به کشاورزان در چین اول وارد می‌کند و چین دوم را با تأخیر رشد روبه رو خواهد کرد. آشنا نبودن کشاورزان با روش‌های درست سمپاشی موجب می‌شود آنها مزارع خود را با سم‌های رایج و با غلظت بالا سمپاشی کنند. استفاده از ادوات نامناسب و سمپاشی‌های بی‌رویه اثرهای مخربی بر محیطزیست و به خصوص حشرات مفید فعال در مزارع یونجه دارند. در این مقاله، پارامترهای مؤثر در مبارزهٔ شیمیایی با آفات یونجه مطالعه و تأثیر کاربرد سمپاش‌های مختلف، زمان و دفعات سمپاشی بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه بررسی شده است. متغیرهای مورد اندازه‌گیری شامل مشخصات قطره‌ای، یکنواختی پاشش، جمعیت آفت، عملکرد محصول و میزان خسارت آفت در واحد سطح است. نتایج بررسی‌ها نشان‌دهندهٔ تأثیر معنی‌دار نوع سمپاش بر مشخصات قطره‌ای و یکنواختی پاشش و تأثیر معنی‌دار نوع سمپاش، زمان و دفعات سمپاشی بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه است. خسارت محصول در حالت مبارزه نشدن با سرخرطومی برگ یونجه تا ۵۰ درصد برآورد شده است.

واژه‌های کلیدی

انواع سمپاش، زمان سمپاشی، سرخرطومی یونجه، مشخصات قطره‌ای، یکنواختی پاشش

مقدمه

یونجه یکی از مهم‌ترین محصولات علوفه‌ای است که مطابق آخرین آمار موجود در سطحی معادل ۴۶۸ هزار هکتار با تولید چهار میلیون و هفتصد و هفتاد و شش هزار تن یونجه خشک در کشور کشت می‌شود (Anon, 2023). سرخرطومی برگ یونجه، مهم‌ترین آفت یونجه‌کاری‌ها در بیشتر نقاط ایران و جهان است. استان آذربایجان‌شرقی از نظر سطح زیرکشت یونجه مقام اول را در کشور دارد و طغیان این آفت سالانه خسارت‌های زیادی به کشاورزان این منطقه وارد می‌کند. هم لاروها و هم حشرات کامل به ساقه‌ها و جوانه‌های انتهایی خسارت می‌زنند و باعث تضعیف گیاه و تأخیر رشد آن می‌شوند (Blodgett & Lenssen, 2004). با این حال، خسارت عمده در مرحلهٔ لاروی از جمله در سنین ۳ و ۴ است (Reddy *et al.*, 2016) و در آلودگی‌های شدید باعث بی‌برگ شدن و از بین رفتن چین اول یونجه می‌شود (Blodgett & Lenssen, 2004). تغذیهٔ این

*نگارنده مسئول: Email: m.mozaffary@areeo.ac.ir
https://doi.org/10.22092/amsr.2025.368609.1512

آفت علاوه بر چین اول، موجب کاهش کیفیت و مقدار محصول در چین‌های بعدی نیز می‌شود (Karar *et al.*, 2017). مطالعات موجود نشان می‌دهد که در ایران به طور متوسط حدود یک میلیون و دویست هزار تن علوفه خشک در چین اول تنها بر اثر این آفت از بین می‌رود (Khanjani & Pourmirza, 2004) که معادل ۲۵ درصد محصول یونجه کشور بوده و ضرر اقتصادی هدررفت این محصول معادل ۲۰۰ هزار میلیارد ریال در سال است.

روش‌های مختلفی برای مدیریت جمعیت این آفت در مزارع پیشنهاد شده است، سوزاندن زمستانی (Talebi Jahromi *et al.*, 2002)، کف‌بر کردن و استفاده از شعله‌افکن (Khanjani & Pourmirza, 2004)، چرانیدن مزارع (Kamangar & Habibi, 2006) و برداشت زودهنگام محصول (Blodgett *et al.*, 2000) از روش‌های مکانیکی مورد استفاده در کنترل سرخرطومی برگ یونجه است، ولی هیچ‌یک از این روش‌ها کنترل مناسب و مطلوبی روی سرخرطومی یونجه نداشته است (Moradi-Vajargah *et al.*, 2013). استفاده از ارقام مقاوم (Kakaei *et al.*, 2016)، دشمنان طبیعی از جمله شکارگرها (Saeidi, 2007)، قارچ‌های بیمارگر (Yucel *et al.*, 2018)، زنبورهای پارازیتوئید (Flanders *et al.*, 1995) و باکتری باسیلوس[1] (Shrestha *et al.*, 2018) از دیگر روش‌های کنترل سرخرطومی برگ یونجه است که با وجود مؤثر بودن، به تنهایی چندان کاربردی و قاطع نیستند. کنترل شیمیایی از روش‌های معمول در کنترل سرخرطومی برگ یونجه است که تا امروز برای مدیریت این آفت در مزارع یونجه اعمال می‌شود؛ با این‌حال، افزایش دفعات سمپاشی و سمپاشی‌های بی‌رویه برای حشرات گرده‌افشان و دیگر حشرات مفید مانند زنبورهای پارازیتوئید زیان‌آور است. آلودگی‌های زیست‌محیطی و مخاطرات ناشی از کاربرد وسیع آفت‌کش‌های شیمیایی روی زنبورهای عسل و دیگر حشرات مفید مانند پارازیتوییدها و مقاومت به حشره‌کش‌ها نیز از مشکلات کاربرد طولانی‌مدت آن‌ها علیه سرخرطومی برگ یونجه است (Rahimi-Arnaei & Safavi., 2020). لاروهای سرخرطومی عمدتا در قسمتی از گیاه ساکن هستندکه برگ‌ها به‌هم چسبیده‌اند و کنترل موفق این آفت وابسته به پوشش مناسب سم در قسمت‌هایی از گیاه خواهد بود که آفت در آنجا ساکن است. در مبارزهٔ شیمیایی با سرخرطومی برگ یونجه، چندین عامل دخالت دارند که باید به آنها توجه شود و این عوامل مدیریت شوند. از جمله این عوامل می‌توان به دستگاه‌های مورد استفاده برای سمپاشی و زمان سمپاشی اشاره کرد. این آفت نسبت به زمان مبارزه بسیار حساس است و اگر سمپاشی علیه این آفت در مناسب‌ترین زمان ممکن باشد، از افزایش جمعیت آفت و تکرار عملیات سمپاشی به بهترین نحو جلوگیری خواهد شد. از طرف دیگر، کنترل بهینه این آفت نیاز به معرفی ادوات مناسب با کیفیت بالا و آموزش روش به کارگیری آن‌ها به کشاورزان دارد زیرا سمپاش‌های مختلف به دلیل داشتن اصول کاری مختلف، نحوهٔ پاشش، توزیع اندازه قطره‌ها و مصرف متفاوت محلول سمی در واحد سطح می‌توانند تأثیر متفاوتی روی کنترل آفت داشته باشند. در کشور ما برای سمپاشی مزارع یونجه اغلب از سمپاش‌های لانس‌دار استفاده می‌شود. این سمپاش‌ها مصرف محلول سمی بالایی

1- *Bacillus thuringiensis*

دارند و با فشار ۳۰-۲۰ بار کار می‌کنند که فشار بسیار بالایی است. سمپاشی با این دستگاه به صورت زیگزاگ و غیریکنواخت است.

با توجه به افزایش هزینه‌های سمپاشی، لزوم تولید محصول سالم و حفاظت از محیط زیست، بهبود بازده نشست قطره‌های سم، کاهش بادبردگی و بهبود عملکرد سمپاش‌ها ضروری است. نتایج پژوهش‌های موجود نشان می‌دهد که با به کارگیری سمپاش مناسب می‌توان ۷۰-۲۰ درصد در مصرف آفت‌کش‌ها صرفه‌جویی کرد (Namvar & Heidari, 2014). تلاش‌هایی شده است برای بهبود فناوری سمپاش‌ها و استفاده از قطره‌های کنترل‌شده که از بین آن‌ها می‌توان به فناوری سمپاش‌های الکترواستاتیک، میکرونر و سمپاش‌های اتومایزر با حامل هوا اشاره کرد. مطالعات نشان می‌دهد، عمده‌ترین محدودیت‌هایی که موجب شده است از سمپاش‌های دیسک دوار و الکترواستاتیک استفاده نشود، فقدان دانش کاربردی کشاورزان و استفاده نکردن درست از سمپاش است که تلفات سمی بسیار بالایی را به بار می‌آورد (Dante, 1997).

پروین و افشاری (Parvin & Afshari, 1995) برای مبارزه با عسلک پنبه، کارایی دو نوع سمپاش الکترواستاتیک و اتومایزر پشتی را در دو منطقهٔ داراب مقایسه کردند و نشان دادند که کارآیی سمپاش الکترواستاتیک در کاهش جمعیت آفت به‌مراتب بهتر و بیشتر از کارآیی روش متداول یعنی اتومایزر است. مهران‌زاده و شهیدزاده (Mehranzadeh & Shahidzadeh, 2006)، مناسب ترین روش‌های سمپاشی را به منظور کاهش و بهینه‌سازی مصرف سم در محصول چغندرقند تعیین کردند. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از سمپاش ابرپاش کشت‌پوش ۶۰۰۰ با عرض ۶ متر و ۴ میکرونر، سمپاش موتوری پشتی اتومایزر، سمپاش پشت تراکتوری بوم دار، و تیمار شاهد (بدون سمپاشی). میانگین عملکرد غده در این تیمارها به ترتیب ۱۷۷۳۴/۴ و ۵۵۰۷/۸ و ۵۹۳۷/۵ و ۵۹۷۶/۶ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات مختلف نشان داد که سمپاش مجهز به میکرونر با بالاترین عملکرد غده در رتبه اول و بقیه تیمارها در یک گروه مشترک قرار دارند. صفری و کفاشان (Safari & Kafashan, 2004) طی تحقیقی یک نوع سمپاش تراکتوری بوم‌دار مجهز به صفحات چرخان را نمونه‌سازی و کارایی آن را در مبارزه با علف‌های هرز چغندرقند با سمپاش تراکتوری بوم‌دار مقایسه کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد در کنترل علف‌های هرز (۲۰ و ۲۵ روز بعد از سمپاشی) از نظر مؤثر بودن بین روش‌های مختلف سمپاشی و تیمار شاهد در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد ولی بین استفاده از سمپاش‌های میکرونر و بوم‌دار تراکتوری رایج اختلاف معنی‌دار نیست. از نظر میزان محلول سم مصرفی در هکتار بین تیمار سمپاش ساخته شده و بوم‌دار تراکتوری در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت ولی با تیمار شاهد این اختلاف معنی‌دار نبود. نوروزیه و فائز (Nowrouzieh & Faez, 2013) از سمپاش‌های کم‌مصرف برای مبارزه با آفات مکندهٔ پنبه استفاده کردند و کارایی آن‌ها را مقایسه و با قرار دادن کارت‌های حساس به آب در نقاط مختلف بوته، قابلیت انواع مختلف سمپاش را از این لحاظ بررسی کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که سمپاش اتومایزر مجهز به ابرپاش، نسبت به سمپاش‌های دیگر در پاشش روی سطح زیرین برگ‌ها و برگ‌های پایینی بوته‌های پنبه، قابلیت بیشتری دارد. حیدری و همکاران (Heydari *et al.*, 2013) کارایی

سمپاش‌های الکترواستاتیک و میکرونر را در کنترل بلاست برنج مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که سمپاش الکترواستاتیک کارایی بیشتری دارد. مدرس نجف‌آبادی و حیدری (Modarres Najafabadi & Heidari, 2015) در پژوهشی کارایی سمپاش‌های الکترواستاتیک و صفحه چرخان و سمپاش‌های متداول را در مبارزه با کنهٔ تارتن دولکه‌ای لوبیا مقایسه کردند و نتیجه گرفتند بیشترین درصد مرگ و میرکنه‌ها مربوط به تیمار سمپاش الکترواستاتیک و کمترین آن مربوط به تیمار سمپاش میکرونر بوم‌دار پشتی است. مقایسهٔ میزان مصرف محلول سمی حاکی از کاهش حجم مصرفی سم در سمپاش الکترواستاتیک و میکرونر بود. این محققان سمپاش الکترواستاتیک را مؤثرترین سمپاش با حداقل مصرف کنه‌کش، برای کاربرد در مزارع لوبیا توصیه کردند.

اکثر مطالعات در خصوص مبارزهٔ شیمیایی با سرخرطومی برگ یونجه مربوط به بررسی تأثیر انواع سموم کشاورزی روی این آفت است. در مبارزهٔ شیمیایی بهاره، با سم‌های مختلف پژوهش‌های گسترده‌ای شده است اما علاوه بر نوع سم مصرفی، زمان و نحوهٔ سمپاشی در کاهش جمعیت آفت و داشتن عملکرد بالا نقش اساسی دارد (Pourhaji, 2002). بربرت و همکاران (Berbert *et al.*, 1980) در پژوهشی روی سرخرطومی یونجه به این نتیجه رسیدند که در صورت وجود ۲-۱/۵ لارو در هر ساقه، سمپاشی علیه این آفت ضروری است. این محققان می‌گویند وجود یک لارو در هر ساقه ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار از عملکرد محصول در چین اول می‌کاهد. بررسی‌های پژوهشگران دانشگاه اوکلاهوما نشان می‌دهد زمانی که تعداد لارو در هر ساقه به ۱۲ می‌رسد عملکرد محصول به میزان ۲۲۴۲ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد (Mulder, 2017).

در مجموع می‌توان چنین نتیجه گرفت که مدیریت مناسب درکاربرد آفت‌کش‌ها برای جلوگیری ازاین پیامدها ضروری است: تلفات محصول، هدر رفت سم، کاهش سرمایه کشاورز، آلودگی محیط زیست و مسمومیت دام‌ها و انسان. ضمن آنکه باید در میزان مصرف سم، انتخاب سمپاش مناسب و نحوه و زمان کاربرد آن دقت بیشتری شود. پیش از این گفته شد اکثر مطالعات در مبارزهٔ شیمیایی با سرخرطومی برگ یونجه مرتبط با بررسی انواع سموم در کنترل این آفت بوده است و در خصوص عملکرد سمپاش‌های مختلف و تأثیر زمان مبارزه اطلاعات دقیقی در دسترس نیست که این امر نوآوری و ضرورت پرداختن به پژوهش و تولید دانش در این زمینه را روشن می‌سازد. هدف از این پژوهش، ارزیابی تأثیر سمپاش‌ها با تکنیک‌های مختلف و تأثیر سمپاشی در زمان‌ها و دفعات مختلف بر کنترل این آفت در استان آذربایجان‌شرقی است. در این پژوهش، به منظور دستیابی به هدف‌های گفته شده، سمپاش‌های موتوری پشتی میکرونر، الکترواستاتیک و اتومایزر (که مطابق بررسی‌های فوق از نظر فنی قابلیت افزایش میزان پوشش‌دهی سم را روی گیاه دارند) به همراه سمپاش لانس‌دار (که میان کشاورزان منطقه به طور رایج استفاده می‌شود) در دو زمان مختلف و در نوبت‌های مختلف سمپاشی به منظور کنترل سرخرطومی برگ یونجه در منطقهٔ خسروشهر از توابع استان آذربایجان‌شرقی ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش عملکرد چهار نوع سمپاش موتوری پشتی در زمان‌ها و دفعات مختلف سمپاشی در مبارزهٔ شیمیایی با آفت سرخرطومی برگ یونجه بررسی شد. این ادوات سمپاش‌های اتومایزر، الکترواستاتیک، میکرونر و لانس‌دار بودند که با توجه به تفاوت‌های تکنیکی موجود بین آنها در این پژوهش انتخاب شدند. در سمپاش‌های اتومایزر محلول سمی پس از خروج از نازل به شدت با هوا برخورد می‌کند و به قطره‌های ریز تبدیل می‌شود، این امر پوشش‌دهی سم را روی محصول افزایش می‌دهد. سمپاش‌های الکترواستاتیک با استفاده از هوای تحت‌فشار و سیستم باردارکننده ذرات سم، قطره‌های باردارشده را به قسمت‌های داخلی پوشش گیاهی می‌رسانند که در نتیجه نشست سم روی گیاهان به میزان دو برابر افزایش می‌یابد (Moges *et al.*, 2021). در سمپاش‌های میکرونر، محلول سمی به صفحات چرخان برخورد می‌کند و به قطره‌های ریز تبدیل می‌شود که در این روش بر خلاف محلول تحت فشار، قطر ذرات سم مشابه و یکنواخت است و اندازهٔ قطره‌ها با تغییر دور صفحه‌های چرخان قابل تنظیم است (Fallahjeddi, 2001). در سمپاش‌های لانس‌دار، که رایج در منطقه هستند، محلول تحت فشار به واسطهٔ افشانک به قطره‌های کوچک‌تر تبدیل می‌شود.

به منظور اجرای آزمون، قطعه زمینی به مساحت ۶۶۰۰ مترمربع در منطقهٔ خسروشهر در دشت تبریز انتخاب شد. این منطقه از سطح دریا ۱۳۴۹/۳ متر ارتفاع دارد و در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه واقع شده است. در این دشت، حداکثر مطلق دما به ۴۲/۵ درجهٔ سلسیوس در تابستان و حداقل مطلق به ۲۵/۴- درجهٔ سلسیوس در زمستان می‌رسد. میانگین بارندگی سالیانه حدود ۲۷۰ میلی‌متر، رطوبت نسبی حداکثر ۷۹ و حداقل ۳۷ درصد در سال است. اندازهٔ کرت‌های آزمایشی ۱۰× ۵ مترمربع و به فاصلهٔ ۵ متر از همدیگر به منظور جلوگیری از تداخل و همپوشانی تیمارهای مختلف کرت‌بندی شد. رقم یونجه برای کاشت، "قره‌یونجه" انتخاب گردید. یک کرت شاهد (بدون سمپاشی) به صورت تصادفی در داخل هریک از تکرارهای آزمایشی برای مقایسهٔ تیمارهای مختلف از نظر عملکرد با شاهد و محاسبهٔ درصد تأثیر تیمار بر کنترل آفت، در نظر گرفته شد.

طرح آماری مورد استفاده دراین پژوهش، آزمون فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاکتور و سه تکرار به شرح جدول ۱ بود.

سمپاش موتوری پشتی بادی، در این پژوهش مارک SOLO PORT 423، طی آزمایش‌ها به سه کلاهک اتومایزر، الکترواستاتیک و میکرونر مجهز و ارزیابی شد. کلاهک اتومایز استفاده شده نیز ساخت همان شرکت و مجهز به چهار درجه‌بندی برای تنظیم میزان محلول سمی خروجی بود.

سمپاش لانس‌دار مورد استفاده، مارک ECHO مدل SHR-200E، مجهز به یک افشانک مخروطی با بده قابل تنظیم و فشار تقریبی یک مگاپاسگال بود. این سمپاش دارای یک شیر تنظیم جریان برای تنظیم بده خروجی است.

جدول ۱- فاکتورهای مورد بررسی و سطوح آنها

Table 1–Factors examined and their levels

فاکتور مورد بررسی Factor examined	علامت Label	سطوح فاکتور Factor Level
فاکتور A: نوع سمپاش Factor A: type of sprayer	A_1	سمپاش موتوری پشتی اتومایزر Knapsack atomizer sprayer
	A_2	سمپاش موتوری پشتی لانس دار مجهز به افشانک مخروطی Knapsack lance sprayer with cone nozzle
	A_3	سمپاش موتوری پشتی مجهز به کلاهک الکترواستاتیک Knapsack sprayer equipped with electrostatic head
	A_4	سمپاش موتوری پشتی مجهز به کلاهک میکرونر Knapsack sprayer equipped with a micronair head
فاکتور B: زمان سمپاشی Factor B: Time of spraying	B_1	زمانی‌که ارتفاع گیاه ۹-۶ سانتی‌متر و میانگین تعداد لاروها روی هر ساقه یک عدد باشد. When the plant height is 6-9 cm and the average number of larvae on each stem is one.
	B_2	زمانی‌که ارتفاع گیاه ۱۵ -۱۲ سانتی‌متر و حداقل تعداد لاروها روی هر ساقه ۲-۱/۵ عدد باشد. When the plant height is 12-15 cm and the average number of larvae on each stem is 1.5-2.
فاکتورC: دفعات سمپاشی Factor C: Spraying repetition	C_1	یک مرتبه once
	C_2	دو مرتبه (نوبت دوم به‌فاصلهٔ ۱۵ روز پس از سمپاشی نوبت اول) Twice (renew 15 days after the first spraying)

کلاهک الکترواستاتیک مورد استفاده در این پژوهش ساخت شرکت احسان تحقیق تبریز با سیستم اسپری توربودیسکی و سیستم بارداری میدانی با منبع تغذیه سرشمع بود که بر پایه سمپاش اتومایزر متداول کار می‌کند (Chitsaz *et al.*, 2004). این کلاهک مجهز به قطعه الکترونیکی در انتهای لانس خروجی بود که با اتصال به سرشمع موتور، جریان الکتریکی در آن برقرار می‌شود و امکان تولید قطره‌های باردار در آن فراهم می‌گردد. این کلاهک مجهز به چهار درجه‌بندی برای تنظیم میزان محلول سمی خروجی است.

کلاهک میکرونر مورد استفاده، مدل N11 ساخت شرکت کشت‌پوش، روی سمپاش موتوری پشتی بادی سوار می‌شود و از فناوری صفحات چرخان در تولید قطره‌ها استفاده می‌کند. این کلاهک مجهز به چهار افشانک به رنگ‌های زرد، قرمز، سبز و مشکی است که می‌توانند خروجی‌های مختلفی از محلول سمی را ارائه دهند.

زمان سمپاشی بر اساس بررسی منابع موجود در زمینهٔ مناسب‌ترین زمان مبارزه (متناسب با تعداد لارو موجود در هر ساقه و سن لارو) و نیز آزمایش-های اولیه و بررسی‌های میدانی در مزارع یونجه منطقه انتخاب گردید. هنگامی‌که ارتفاع گیاه ۹-۶ سانتی‌متر بود، میانگین تعداد لارو روی هر ساقه تقریبا یک عدد بود و مطابق نظر کارشناس آفات، اکثر لاروهای موجود سن اول را سپری کرده و عمدتاً لاروهای سن ۲ و برخی نیز دارای سن ۳ بودند. هنگامی‌که ارتفاع گیاه به ۱۵-۱۲ سانتی‌متر رسید، حداقل تعداد لاروها روی هر ساقه ۲-۱/۵ عدد بود و لاروها، عمدتاً در سنین ۳ و برخی نیز در سن ۴ بودند. این دو محدوده به عنوان سطوح فاکتور مورد بررسی در این پژوهش انتخاب گردید.

آزمایش‌ها در سال دوم و چین اول یونجه اجرا شد و از سموم زولن، امولسیون ۳۵ درصد به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار و سومین، پودر وتابل ۸۵ درصد به میزان ۳ کیلوگرم در هکتار (توصیه شده توسط کارشناس آفات) در آزمایش‌ها استفاده شد. ابتدا سمپاش‌ها تنظیم و کالیبره شدند (جدول ۲). در هر دور سمپاشی، با توجه به غلظت سم مورد نیاز در هکتار برای مبارزه با سرخرطومی برگ یونجه، حجم مخزن، عرض کار مؤثر و بده هر سمپاش در دقیقه و بر این اساس که میزان سم پاشیده شده در هرکرت با هم مساوی باشند، میزان سم ریخته شده در مخزن هر سمپاش محاسبه شد. پارامترهای مورد اندازه‌گیری در این بررسی شامل مشخصات قطره‌ای و یکنواختی پاشش، درصد تأثیر تیمارهای مختلف در کنترل آفت، تعیین جمعیت لاروهای سرخرطومی برگ یونجه، پیش و پس از سمپاشی و تعیین عملکرد محصول در واحد سطح و میزان خسارت بود.

جدول ۲- مشخصات و تنظیمات سمپاش‌های مورد استفاده

Table 2 - Specifications of sprayers

نوع سمپاش یا کلاهک Type of sprayer or head	تنظیمات Specifications	دبی سمپاش (سانتی‌مترمکعب بر دقیقه) Sprayer rate (cm3/min)
اتومایزر SOLO PORT 423 Atomizer sprayer SOLO PORT 423	تنظیم روی درجه ۲ Setting to level 2	947
لانس‌دار ECHO SHR-200E Lance sprayer ECHO SHR-200E	شیر تنظیم جریان کاملاً باز Flow control valve fully open	591
الکترواستاتیک ساخت احسان تحقیق Electrostatics made by Ehsan Tahghigh company	تنظیم روی درجه ۲ Setting to level 2	336
میکرونر N11 Micronair N11	تجهیز به افشانک قرمز Equipped with red nozzle	214

روش‌های اندازه‌گیری و محاسبه فاکتورهای مورد بررسی

مشخصات قطره‌ای و کیفیت پاشش

مشخصات قطره‌ای و کیفیت (یکنواختی) پاشش از مهم‌ترین پارامترهای مورد بررسی در عملکرد سمپاش‌هاست که نقش مهمی در دستیابی به سمپاشی موفق دارند. این پارامترها در نخستین مرحلهٔ سمپاشی و به صورت مزرعه‌ای بررسی شدند. مشخصات قطره‌ای شامل اندازه قطره‌ها و تراکم آنها با استفاده از کاغذهای حساس به آب اندازه‌گیری شد. روش کار بدین‌صورت بود که پیش از سمپاشی نوبت اول، کاغذهای حساس به ابعاد ۷×۳ سانتی‌متر به فاصله‌های ۵۰ سانتی‌متر عرضی و یک متر طولی در مسیر حرکت سمپاش‌ها قرار داده شد. این کاغذها شبیه کاغذ تورنسل هستند و با برخورد قطره‌های سم تغییر رنگ می‌دهند. برای هر سمپاش ۳۰ کارت به طور تصادفی انتخاب و با وضوح ۷۰۰dpi اسکن شد و با استفاده از نرم‌افزار سیبا[1] (نرم‌افزار سنجش تراکم و اندازهٔ قطره) تجزیه و تحلیل گردید. این نرم‌افزار از طریق پردازش تصویر قادر است قطر قطره‌ها و تراکم آنها (تعداد در واحد سانتی‌متر مربع) را تعیین کند. پس از تعیین اندازه و تراکم قطره‌های موجود در روی هر کارت، داده ها به نرم‌افزار Excel منتقل و مقادیر قطر میانه عددی (NMD) و قطر میانه حجمی (VMD) آنها تعیین شد. کیفیت پاشش بر اساس نسبت VMD به NMD

1- Siba

قطره‌ها محاسبه شد که نشان‌دهندهٔ محدودهٔ اندازهٔ قطره‌ها در یک پاشش است (Safari *et al.*, 2023). هرچه این نسبت به عدد یک نزدیک‌تر باشد، یکنواختی بیشتری در پاشش وجود دارد و سمپاشی کیفیت بالاتری دارد (Saeidirad *et al.*, 2023). داده‌های حاصل از آنالیز برای چهار سمپاش مورد بررسی در ۳۰ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه و تحلیل آماری شدند.

درصد تأثیر بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه

به منظور تعیین کارایی تیمارهای مورد آزمایش در کاهش جمعیت آفت، یک روز پیش از سمپاشی و ۵ روز پس از سمپاشی با ۱۰ بار تور زدن در دو قطر هر کرت از تراکم لاروهای آفت نمونه‌برداری شد و بدین ترتیب جمعیت لاروهای موجود پیش و پس از سمپاشی در هر کرت تعیین و از فرمول هندرسون – تیلتون (رابطه ۱) برای محاسبهٔ درصد تأثیر سمپاش‌های مورد مقایسه بر کنترل آفت استفاده شد (Henderson & Tilton, 1995; Mozaffari *et al.*, 2018)

$$E = \left[1 - \frac{T_a}{C_a} * \frac{C_b}{T_b}\right] * 100 \qquad (۱)$$

که در آن،

E= درصد تأثیر تیمار بر کنترل آفت؛ T_a= تعداد لارو در نمونهٔ تیمار بعد از سمپاشی؛ T_b= تعداد لارو در نمونهٔ تیمار پیش از سمپاشی؛ C_a= تعداد لارو در نمونهٔ شاهد بعد از سمپاشی؛ و C_b= تعداد لارو در نمونهٔ شاهد پیش از سمپاشی.

داده‌های حاصل بر اساس طرح فاکتوریل با سه فاکتور و سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه و تحلیل آماری شدند.

عملکرد محصول در واحد سطح و میزان خسارت آفت

این پارامتر در چین اول یونجه اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که کادری به ابعاد یک مترمربع، ۳ بار در هر یک از کرت‌های آزمایشی به طور تصادفی پرتاب گردید و محصول داخل کادر برداشت و با ترازوی پرتابل AND EJ-4100 با دقت ۰/۱ گرم وزن شد. میزان عملکرد برای هر کرت با واحدگرم در مترمربع یادداشت شد. به منظور مقایسهٔ میزان خسارت ناشی از این آفت، نمونه‌گیری‌ها و اندازه‌گیری‌های مورد نیاز در یک کرت شاهد (بدون سمپاشی) نیز که در کنار هر یک از تکرارهای آزمایشی به صورت تصادفی اعمال شد ادامه یافت و نتایج حاصل از کرت شاهد و ۱۶ تیمار موجود در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۷ تیمار و سه تکرار مقایسه گردید.

نتایج و بحث

مشخصات قطره‌ای و کیفیت پاشش

در جدول ۳ نتایج آنالیز واریانس داده‌های مرتبط با مشخصات قطره‌ای و کیفیت پاشش سمپاش‌های مورد بررسی آمده است. این جدول نشان می‌دهد که اثر بلوک بر مقدار قطر میانه عددی و کیفیت پاشش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. دلیل این امر را می‌توان به نحوهٔ قرارگیری مختلف کارت‌های حساس در عرض‌کار سمپاشی طی آزمون و توزیع ناهمسان محلول سمی و اندازه قطره‌های سمپاشی شده در عرض‌کار مؤثر سمپاش‌ها نسبت داد. برابر این جدول، اختلاف بین سمپاش‌ها بر اساس قطر میانهٔ حجمی، کیفیت پاشش و تراکم قطره‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. جدول ۴ نتایج مقایسهٔ میانگین سمپاش‌ها را بر اساس پارامترهای قطر میانهٔ عددی، قطر میانهٔ حجمی، کیفیت پاشش و تراکم قطره‌های سمپاشی شده با

استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد نشان می‌دهد.

جدول ۳-آنالیز واریانس داده‌های مربوط به مشخصات قطره‌ای و کیفیت پاشش

Table 3 - Analysis of variance of data related to droplet characteristics and spray quality

منابع تغییر (S.O.V)		درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS) Mean square (MS)			
			NMD (µ)	VMD (µ)	تراکم قطره‌ها Droplet density (N/cm^2)	VMD/NMD
بلوک	Block	29	151.42*	55216.65ns	4702.21ns	15.53*
نوع سمپاش	Type of sprayer	3	303.40ns	2151527.00**	73605.28**	344.57**
اشتباه (E)	Error	87	228.072	43655.36	3467.84	8.74

*, ** به‌ترتیب وجود احتمال تفاوت معنی‌دار درسطح ۵ درصد و ۱ درصد و ns : نبود احتمال تفاوت معنی‌دار

*,** Significant difference at 5% and 1% level respectively and ns: No significant difference

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین داده‌های مربوط به مشخصات قطره‌ای و کیفیت پاشش با آزمون دانکن

Table 4- Comparing the mean data related to droplet characteristics and spray quality with Duncan's test

نوع سمپاش Type of sprayer		NMD (µ)	VMD (µ)	تراکم قطرات Droplet density (N/cm2)	VMD/NMD
اتومایزر	Atomizer	90 a	857.73 c	89.72 c	10.18 c
لانس دار	Lancer	77.97 a	785.80 c	150.45 b	10.47 c
الکترواستاتیک	Electrostatics	77.83 a	454.00 b	165.26 b	6.01 b
میکرونر	Micronair	80.5 a	295.20 a	209.58 a	3.46 a

در هر ستون، میانگین هایی که با حروف لاتین مشترک مشخص شده اند، در یک گروه هستند و اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters are in a statistical group and there is no significant difference.

ترتیب حروف نشان دهنده مناسبترین تیمار از نظر پارامتر مورد بررسی است.

The order of letters indicates the most appropriate treatment in terms of the parameter under study.

برابر جدول ۴ تمامی سمپاش‌ها از نظر قطر متوسط عددی در یک کلاس آماری قرار دارند. این موضوع را مظفری و همکاران (Mozaffari *et al.*, 2018) در آزمون‌های آزمایشگاهی این سمپاش‌ها، زمانی‌که برای مبارزه با تریپس پیاز تنظیم شده بودند، تأیید کرده بودند.

از نظر قطر میانهٔ حجمی، سمپاش‌های اتومایزر و لانس‌دار در یک گروه آماری قرار دارند و سمپاش‌های میکرونر و الکترواستاتیک با آنها و نیز با همدیگر دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد هستند. قطر میانه حجمی سمپاش میکرونر از سه سمپاش دیگر کمتر و قطر میانهٔ حجمی سمپاش اتومایزر از بقیه بیشتر است. سمپاش الکترواستاتیک از نظر ایجاد قطره‌های ریز در ردیف دوم بعد از سمپاش میکرونر قرار دارد. دلیل این امر را می‌توان به فناوری‌های استفاده شده در ساخت سمپاش میکرونر و الکترواستاتیک ارتباط داد؛ سمپاش میکرونر با استفاده از فناوری صفحه‌های چرخان و سمپاش الکترواستاتیک با استفاده از کلاهک توربودیسکی خویش در هنگام سمپاشی می‌توانند قطره‌های ریزتر و یکنواخت‌تری ایجاد کنند.

با توجه به اختلاف قطر میانهٔ حجمی بین سمپاش‌های مختلف و نبود اختلاف معنی‌دار بین آنها از

نظر قطر میانهٔ عددی و با در نظر گرفتن میانگین این پارامترها و اختلاف بین این دو پارامتر برای هر سمپاش، نتیجه می‌شود که در سمپاش‌های اتومایزر و لانس‌دار اختلاف بین قطر قطره‌های تولید شده زیاد است و قطره‌های سمپاشی شده ترکیبی از قطره‌های بسیار ریز و درشت هستند. در سمپاش‌های الکترواستاتیک این وضعیت تا حدودی بهبود یافته است و در سمپاش میکرونر مناسب‌ترین وضعیت وجود دارد و اختلاف قطر میانهٔ حجمی و عددی در این سمپاش از دیگر سمپاش‌ها کمتر است. امیرشقاقی و صفری (Amirshaghaghi & Safari, 2016) نیز در مقایسه و ارزیابی فنی سمپاش‌های الکترواستاتیکی، میکرونر و پشت تراکتوری لانس‌دار در کنترل آفت کرم سیب به نتایج مشابهی دست یافتند و نشان دادند که سمپاش میکرونر و الکترواستاتیک دارای ضریب کیفیت پاشش خوبی هستند اما پاشش در سمپاش لانس‌دار پشت‌تراکتوری غیر یکنواخت است.

از نظر تراکم قطره‌های سمپاشی شده، سمپاش میکرونر دارای بالاترین تراکم قطره در سانتی‌متر مربع و سمپاش اتومایزر دارای کمترین تراکم قطره است. سمپاش الکترواستاتیک از این نظر در رتبه دوم قرار دارد. با وجودی‌که تراکم قطره‌های سمپاشی شده در سمپاش الکترواستاتیک نسبت به سمپاش لانس‌دار بیشتر است، اختلاف بین آنها از نظر آماری معنی‌دار نیست ولی با دو سمپاش دیگر دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد هستند.

بررسی نتایج حاصل مطابق جدول ۴ نشان می‌دهد سمپاش میکرونر با میانگین ۳/۴۶ کمترین مقدار نسبت قطر میانه حجمی به قطر میانه عددی را دارد و به عبارت دیگر در مقایسه با سه سمپاش دیگر یکنواختی و کیفیت پاشش بیشتری دارد. سمپاش الکترواستاتیک با میانگین ۶/۰۱ از این نظر در ردهٔ دوم است و سمپاش‌های لانس‌دار و اتومایزر با میانگین نسبت قطر میانهٔ حجمی به قطر میانهٔ عددی برابر ۱۰ در گروه آماری سوم قرار دارند.

درصد تأثیر تیمار بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه

جدول ۵ نتایج آنالیز واریانس داده‌های مربوط به درصد تأثیر فاکتورهای مورد بررسی را بر کنترل سرخرطومی یونجه و عملکرد محصول نشان می‌دهد. برابر نتایج به دست آمده، هر سه فاکتور سمپاش، زمان و دفعات سمپاشی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر این پارامتر دارند.

جدول ۵- آنالیز واریانس داده‌های حاصل از درصد تأثیر فاکتورهای مورد بررسی بر کنترل سرخرطومی یونجه و عملکرد محصول

Table 5- Analysis of variance of data related to percentage of effect on alfalfa weevil control and crop yield

منابع تغییر (S.O.V)	درجهٔ آزادی (df)	میانگین مربعات (MS) Mean Square	
		درصد تأثیر بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه Percentage of effect on alfalfa weevil control	عملکرد محصول crop yield
بلوک Block	2	2.27 ns	19142.77^{ns}
A	3	79.85**	31140.39^{ns}
B	1	155.16**	65712.00*
AB	3	234.32**	9687.39^{ns}
C	1	266.82**	924630.08**
AC	3	56.97**	18301.25^{ns}
BC	1	1208.82**	210940.08**
ABC	3	266.52**	25563.81^{ns}
اشتباه Error	30	11.42	14858.95

* و **به‌ترتیب وجود احتمال تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و ns: نبود احتمال تفاوت معنی‌دار

*,** Significant difference at 5% and 1% level respectively and ns: No significant difference

بررسی اثر نوع سمپاش، بر پارامتر درصد تأثیر تیمار بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه مطابق جدول ۶، نشان می‌دهد سمپاش الکترواستاتیک، در مقایسه با دیگر سمپاش‌ها از لحاظ مبارزه با سرخرطومی برگ یونجه، دارای عملکرد مناسب‌تری است. مکانیزم تولید قطره‌ها در این سمپاش موجب می‌شود قطره‌های سم باردار تولید شده همراه با فشار هوای دستگاه سمپاش بتواند به داخل پوشش گیاهی نفوذ کنند و در عین حال به وسیلهٔ بار الکتریکی موجود بتوانند در پشت برگ‌ها و قسمت‌های دیگر گیاه نیز نشست کنند و از این طریق باعث افزایش پوشش گیاه به وسیلهٔ محلول سمی و در نتیجه افزایش درصد تأثیر و کارآیی سموم در کنترل آفت گردند. بنابراین، توانایی سمپاش الکترواستاتیک در اخذ بالاترین درصد تأثیر بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه به باردار بودن ذرات سمپاشی شده و در نهایت امکان تماس بیشتر قطره‌های سمی با هدف ارتباط داده شد. هرچند سمپاش الکترواستاتیک از نظر درصد تأثیر بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه تفاوت معنی‌دار آماری با سمپاش اتومایزر ندارد ولی به دلیل کیفیت پاشش بالاتر و میزان مصرف محلول سمی کمتر و باردار بودن ذرات سمپاشی شده در این سمپاش، استفاده از آن برتری دارد. تحقیقات دیگر در زمینهٔ مقایسهٔ سمپاش‌های الکترواستاتیک با دیگر سمپاش‌ها نیز نشان می‌دهد که در بسیاری از موارد این نوع سمپاشی کارایی بیشتری نسبت به دیگر روش‌ها دارد.

جدول ٦- مقایسهٔ میانگین داده‌های حاصل از درصد تأثیر فاکتورهای مختلف برکنترل سرخرطومی برگ یونجه بر اساس آزمون دانکن

Table 6- Comparison of mean data obtained from the percentage of effect of different factors on alfalfa weevil control based on Duncan's test

درصد تأثیر بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه Percentage of effect on alfalfa weevil control		نشانه‌های اختصاری تیمارها Label of treatments	
37.84	a	A_1	
35.38	ab	A_2	فاکتور A: نوع سمپاش
39.19	a	A_3	Factor A: type of sprayer
33.38	b	A_4	
38.25	a	B_1	فاکتور B: زمان سمپاشی
34.65	b	B_2	Factor B: Time of spraying
43.90	b	C_1	فاکتور C: دفعات سمپاشی
29+43.90	a	C_2	Factor C: Spraying repetition

میانگین‌هایی که با حروف لاتین مشترک مشخص شده‌اند، در یک گروه آماری قرار دارند و اختلاف معنی‌دار ندارد.

Means with similar letters are in a statistical group and have no significant difference.

ترتیب حروف نشان‌دهندهٔ مناسب‌ترین تیمار از نظر پارامتر مورد بررسی است.

The order of letters indicates the most appropriate treatment in terms of the parameter under study.

مدرس نجف‌آبادی و حیدری (Modarres Najafabadi & Heidari, 2015) ضمن مقایسهٔ سمپاش‌های الکترواستاتیک و میکرونر با سمپاش‌های متداول در مبارزه با کنهٔ تارتن دولکه‌ای

لوبیا به این نتیجه رسیدند که سمپاش الکترواستاتیک بیشترین درصد مرگ و میر کنه را به دست می‌دهد و مؤثرترین سمپاش است. پژوهش‌های اسحاق‌بیگی و همکاران (Esehaghbeygi *et al.*, 2010) در مقایسهٔ افشانک-های الکترواستاتیک و میکرونر در کنترل علف‌های هرز گندم نشان داده است که محلول‌پاشی به صورت الکترواستاتیک نتایج بهتری دارد. پژوهش‌های سامنر و همکاران (Sumner *et al.*, 2000) نشان می‌دهد نسبت سطح پوشش قطره‌های محلول سم در سمپاش الکترواستاتیک ۴/۳ برابر نسبت سطح پوشش قطره‌های محلول سم در سمپاش‌های معمولی است.

هانگ و همکاران (Hong *et al.*, 2012) می‌گویند با روش‌های رایج (سنتی)، ۷۰-۶۰ درصد آفت‌کش‌ها به هدر می‌رود و باعث آلودگی خاک و محیط زیست می‌شوند، در صورتی‌که استفاده از سمپاش الکترواستاتیک موجب تولید قطره‌های یکنواخت می‌شود و از مصرف آفت‌کش‌ها به مقدار زیادی می‌کاهد.

حیدری و همکاران (Heydari *et al.*, 2013) در ارزیابی سمپاش‌های مختلف در مبارزه با بیماری بلاست برنج به این نتیجه رسیدند که با توجه به کاهش میزان محلول مصرفی و به دست آوردن بالاترین کارایی در سمپاش‌های الکترواستاتیک و میکرونر پشتی می‌توان از آنها در کنترل بیماری بلاست برنج استفاده کرد.

امیرشقاقی و صفری (Amirshaghaghi & Safari, 2016) در ارزیابی فنی سمپاش‌های الکترواستاتیکی، میکرونر و پشت تراکتوری لانس‌دار در کنترل آفت کرم سیب به این نتیجه رسیدند که از نظر میزان کنترل آفت بین سمپاش الکترواستاتیک با روش میکرونر به ترتیب با ۷۵ و ۶۸/۷ درصد کنترل آفت، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی در مقایسه با سمپاش پشت‌تراکتوری لانس‌دار کارایی بهتری داشتند.

در مورد زمان سمپاشی، نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد وقتی ارتفاع محصول ۹-۶ سانتی‌متر و میانگین تعداد لارو در هر ساقه یک عدد است، سمپاشی درصد تأثیر بیشتری بر کنترل آفت دارد (جدول ۶). پیش از این زمان، آفت به صورت تخم یا لارو سن اول در مزرعه موجود است و خسارت چندانی به محصول وارد نمی‌کند و مبارزه با آن علاوه بر صرف وقت و هزینه و آلودگی محیط زیست تأثیر چندانی بر کنترل آفت ندارد زیرا تخم‌های آفت در مقابل سمپاشی مقاوم هستند. بنابراین، انتخاب زمان سمپاشی اهمیت خاصی دارد و سمپاشی زود هنگام دلیلی برای موفق بودن سمپاشی نیست.

نتایج بررسی اثر دفعات سمپاشی نشان می‌دهد هرچند دو بار سمپاشی تأثیر بیشتری در کنترل آفت دارد اما اثر سمپاشی بر کنترل آفت در نوبت اول بیشتر است تا در نوبت دوم، به سخنی دیگر در نوبت دوم درصد تأثیر سمپاشی بر کنترل آفت به مقدار زیادی کاهش پیدا کرده است.

عملکرد محصول

برابر نتایج به دست آمده، اثر زمان سمپاشی بر عملکرد محصول در سطح احتمال ۵ درصد و اثر دفعات سمپاشی و اثر متقابل زمان و دفعات سمپاشی بر این پارامتر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۵)، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است.

بررسی اثر زمان سمپاشی بر عملکرد محصول برابر جدول ۷ حاکی از آن است که سمپاشی در زمانی‌که یونجه ۹-۶ سانتی‌متر و میانگین تعداد لارو در هر ساقه یک عدد بود،

موجب حصول عملکرد بیشتری نسبت به زمان دوم شد. نتایج پژوهش‌ها روی سرخرطومی برگ یونجه در اوکلاهاما نیز نشان داده است که در صورت وجود ۲-۱/۵ لارو در هر ساقه، سمپاشی علیه این آفت ضروری است، به طوری‌که وجود یک لارو در هر ساقه، ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار میزان محصول در چین اول کاهش پیدا کرده است (Berbert *et al*., 1980).

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین داده های مربوط به اثر فاکتورهای مورد بررسی برعملکرد یونجه بر اساس آزمون دانکن

Table 7- Results of comparison of mean data related to the effect of the studied factors on alfalfa yield based on Duncan's test

عملکرد یونجه (گرم در مترمربع) Alfalfa yield (g/m²)	نشانه‌های اختصاری تیمارها Label treatments	
1539.36 a	B_1	فاکتور B: زمان سمپاشی
1482.44 b	B_2	Factor B: Time of spraying
14.3.85 b	C_1	فاکتور C: دفعات سمپاشی
1617.66 a	C_2	Factor C: Spraying repetition
1483.59 b	B_1C_1	
1595.13 a	B_1C_2	BC: اثر متقابل زمان و دفعات سمپاشی
1324.68 c	B_2C_1	BC: Interaction of time and repetition of spraying
1640.19 a	B_2C_2	

میانگین‌هایی که با حروف لاتین مشترک مشخص شده‌اند، در یک گروه آماری هستند و اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters are in a statistical group and there is no significant difference.

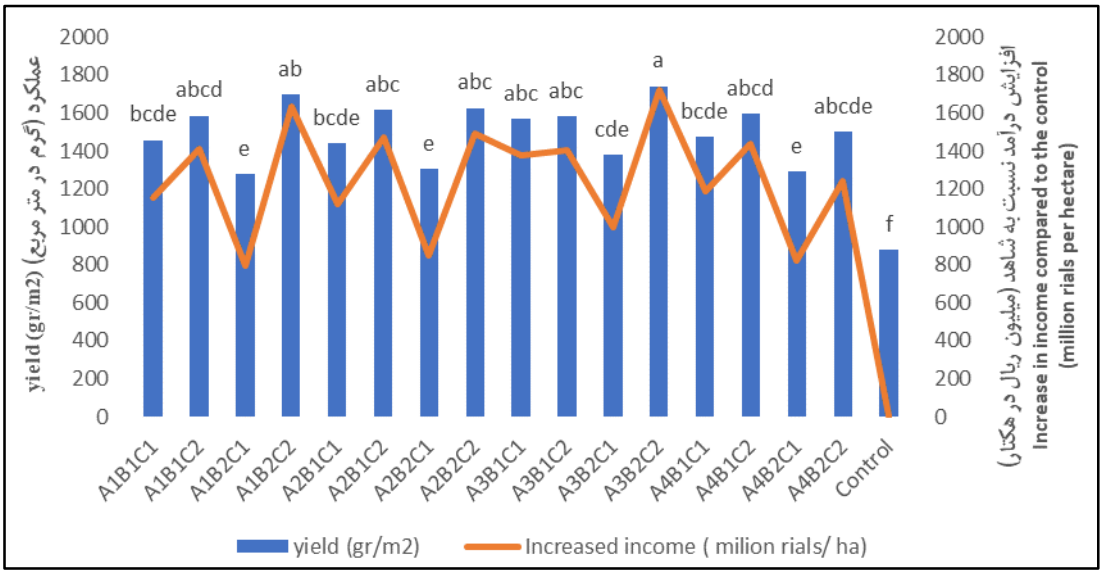
ترتیب حروف نشان‌دهندهٔ مناسب‌ترین تیمار از نظر پارامتر مورد بررسی است.

The order of letters indicates the most appropriate treatment in terms of the parameter under study

نتایج بررسی اثر دفعات سمپاشی نشان می‌دهد نوبت دوم سمپاشی موجب بهبود عملکرد شده است. بررسی اثر متقابل زمان و دفعات سمپاشی بر عملکرد محصول در چین اول نشان می‌دهد در حالتی‌که سمپاشی در دو نوبت اجرا شده است، اختلاف معنی‌دار آماری بین سمپاشی در زمان‌های مورد بررسی در این پژوهش وجود نداشت، اما در حالتی‌که فقط یک نوبت سمپاشی شده باشد، سمپاشی در زمان ۹-۶ سانتی‌متری (با میانگین یک لارو در هرساقه) یونجه توانسته است عملکرد بالاتری را نسبت به سمپاشی در زمان ۱۵-۱۲ متری یونجه (با حداقل ۲-۱/۵ لارو در هر ساقه) حاصل کند، به طوری‌که ترکیب تیماری "زمان اول و دو نوبت سمپاشی" و "زمان دوم و دو نوبت سمپاشی" در گروه آماری اول، تیمار سمپاشی در "زمان اول و یک نوبت سمپاشی" در گروه دوم و تیمار سمپاشی در "زمان دوم و یک نوبت سمپاشی" در گروه سوم قرار دارند.

مقایسهٔ اثر تیمارهای مختلف سمپاشی با شاهد و تعیین میزان خسارت آفت

مقادیر میانگین داده‌های حاصل از عملکرد محصول در تیمارهای مختلف آزمایشی و افزایش درآمد حاصل از کاربرد هر تیمار نسبت به شاهد با احتساب قیمت دویست هزار ریال برای هر کیلوگرم یونجهٔ خشک در سال ۱۴۰۳ در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- عملکرد یونجه و افزایش درآمد ناشی از کاربرد تیمارها نسبت به شاهد

Fig. 1- Alfalfa yield and income increase due to the use of treatments compared to the control

برابر شکل ۱، اختلاف بین تیمار با بالاترین عملکرد (تیمار $A_3B_2C_2$) و تیمار شاهد (بدون سمپاشی) در حدود ۵۰ درصد و بیانگر آن است که این تیمار خواهد توانست جلو زیان اقتصادی ۱۷۳۰ میلیون ریال در هکتار را بگیرد. حتی اختلاف بین عملکرد تیماری که کمترین مقدار محصول را در بین تیمارهای سمپاشی به‌دست داده است (تیمار $A_1B_2C_1$) با تیمار شاهد در حدود ۳۱ درصد محاسبه می‌شود. این امر نشان‌دهندهٔ ضرورت سمپاشی علیه سرخرطومی برگ یونجه است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تأثیر کاربرد سمپاش‌های مختلف، زمان و دفعات سمپاشی بر کنترل سرخرطومی برگ یونجه بررسی شد. سمپاش‌های موتوری پشتی اتومایزر، لانس‌دار، الکترواستاتیک و میکرونر ارزیابی شدند. پارامترهای مورد بررسی شامل مشخصات قطره‌ای، یکنواختی پاشش، درصد تأثیر بر کنترل آفت، عملکرد محصول و میزان خسارت آفت در واحد سطح بودند. قطر میانه حجمی سمپاش میکرونر از سه سمپاش دیگر کمتر و دارای کیفیت پاشش بیشتری است. سمپاش الکترواستاتیک از نظر ایجاد قطره‌های ریز، تراکم قطره‌ها و کیفیت پاشش در ردهٔ دوم بعد از سمپاش میکرونر قرار دارد. آنالیز اثرهای ساده و متقابل همهٔ فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که سمپاش الکترواستاتیک در کنترل آفت سرخرطومی برگ یونجه موفق‌تر از دیگر سمپاش‌هاست. سمپاشی در زمانی‌که ارتفاع یونجه ۶-۹ سانتی‌متر و میانگین تعداد لارو در هر ساقه یک عدد است، نتایج مطلوب‌تری به دست داده است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که اگر سمپاشی در زمانی رخ دهد که ارتفاع ساقهٔ یونجه ۱۵-۱۲ سانتی‌متر و تعداد لارو در روی هر ساقه ۲-۱/۵ عدد باشد، لازم خواهد بود سمپاشی برای بار دوم با فاصلهٔ ۱۵ روز بعد از سمپاشی اول تکرار شود. پیشنهاد می‌شود کارایی سمپاش‌های مورد استفاده بر کنترل دیگر آفات یونجه بررسی شود.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص مقالهٔ ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، سرقت ادبی و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافع تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Amirshaghaghi, F., & Safari, M. (2016). Comparison and technical evaluation of electrostatic, micronair and tractor- mounted lance sprayers in order to control (*Carpocasa pomonella* L.) in apple. *Journal of Agricultural Machinery*, *6*(2), 376-383. https://doi.org/10.22067/jam.v6i2.36084. (in Persian)

Anon. (2023). *Agricultural statistics, 2021-2022, Crop products*. Statistics Center, Information and Communication Technology, Ministry of Agricultural Jihad, Tehran, Iran. (in Persian)

Berbert, R. C., Senst, K. M., Nuss, K. E., & Gibson, W. P. (1980). *Alfalfa weevil in Oklohama: The first 10 years.* Oklohama Agricultural Experiment Station Bulletin, Oklohama state university.

Blodgett, S. L., & Lenssen, A. W. (2004). Distribution of alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) larvae among post cutting locations. *Journal of Economic Entomology, 97*, 1319–1322. https://doi.org/10.1093/jee/97.4.1319.

Blodgett, S. L., Lensson, A. W., & Cash, S. D. (2000). Harvest with raking for control of alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Entomology Science*, *35*, 129-135. https://doi.org/10.18474/0749-8004-35.2.129.

Chitsaz, M., Baghchevan, M. R., Hasanpour, D., & Narmani, S. (2004). *Design and manufacture of motorized backpak electrostatic sprayer. Proceedings of the 3rd National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering.* Sep. 1-3. Kerman, Iran. (in Persian)

Dante, E. T. (1997). *Some constraints in the adaption of an electrostatic spinning disk sprayer for small farmers in developing countries. Proceeding of the International Workshop on Safe and Efficient Application of Agro-Chemicals and Bio-Products in South and South East Asia.* May. 28-30. Bankok, Thailand.

Esehaghbeygi, A., Tadayyon, A., & Besharati, Sh. (2010). Comparison of electrostatic and spinning discs spray nozzles on wheat weeds control. *Journal of American Science*, *6*(12), 529-533.

Fallahjeddi, R. (2001). *Construction and use of common sprayers in Iran*. Office of Educational Services and Technology of the Ministry of Agriculture, Iran. (in Persian)

Flanders, K. L., Radcliffe, E. B., & Krueger, C. A. (1995). Natural enemies of alfalfa weevil, Hypera postica (Coleoptera: Curculionidae) in Minnesota. *The Great Lakes Entomologist, 27*(1), 7-18. https://doi.org/10.22543/0090-0222.1836.

Henderson, C. F., & Tilton, E. W. (1955). Tests with Acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology, 48*, 157-161. https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157.

Heydari, A., Nazerian, A., Parsa, H., & Garami, K. (2013). Investigation of the efficiency of two kinds of sprayers based on electrostatic charge and spinning disc in comparison with hydraulic motorized sprayer carried on trolley in the control of rice blast. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, *44*(1), 163-171. https://doi.org/10.22059/ijpps.2013.35636. (in Persian)

Hong, S., Minzan, L., & Zhang, Q. (2012). Detection system of smart sprayers: Status, challenges, and perspectives. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *5*(3). https://doi.org/ 10.3965/j.ijabe.20120503.00.

Kakaei, M., Mazahery-Lagab, H., & Khanjani, M. (2016). Variability of resistance to alfalfa weevil (Hypera postica Gyll.) attack in different alfalfa genotypes in Hamedan condition. *Plant Production Technology, 16*(1), 57-67. (in Persian)

Kamangar, S., & Habibi, J. (2006). Evaluation of some methods in control of alfalfa weevil, Hypera postica (Col.: Curculionidae). *Journal of Entomological Society of Iran, 26*(1), 1-12, (in Persian)

Karar, H., Khaliq, A., Hussain, A., Husnain, A., Razzaq, A., Abdullah, A., & Akhtar, S. (2017). Relative efficacy of various insecticides against alfalfa weevil, Hypera postica G. (Coleoptera: Curculionidae) on Lucerne (*Medicago sativa* L.) crop and elaboration of hazardous effects on predators. *Journal of Entomology and Zoology Studies, 5*(3), 1582-1587.

Khanjani, M., & Pourmirza, A. A. (2004). A comparison of various control methods of alfalfa weevil, Hypera postica (Col.: Curculionidae) in Hamedan. *Journal of Entomological Society of Iran, 24*(1), 67-81. (in Persian)

Mehranzadeh, M., & Shahidzadeh, M. (2006). Investigating and determining the most appropriate spraying method in order to reduce and optimize the consumption of poisons in the sugar beet crop in Dezful. *Journal of Agricultural Engineering Research, 7*(26), 27-42. (in Persian)

Modarres Najafabadi, S., & Heidari, A. (2015). Investigation on the efficiency of electrostatic charge and spinning-disc sprayers in comparison with common sprayers using two concentrations of hexythiazox (EC 10%) against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch., on Common Bean. *Journal of Pesticide in Plant Protection Sciences, 2*(1), PP. 60 -72. (in Persian)

Moges, G., McDnnell, K., & Delele, M. (2021). Backpack magnetic sprayer: off-target drift and on-target deposition uniformity in a sugarcane plantation. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 14*(6): 27-36. https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20211406.6282.

Moradi-Vajargah, M., Rafiee-Dastjerdi, H., Golizadeh, A., Hassanpour, M., & Naseri, B. (2013). Laboratory toxicity and field efficacy of lufenuron, dinotefuran and thiamethoxam against Hypera postica (Gyllenhal, 1813) (Coleoptera: Curculionidae). *Munis Entomology and Zoology Journal*, *8*(1), 448-457.

Mozaffari, M., Yousefzade Taheri, M., & Soleymani, J., (2018). investigation of technical performance and efficiency of different backpack sprayers on onion thrips control. *Journal of Agricultural Mechanization, 4*(2), PP. 121-132. (in Persian)

Mulder, Ph. (2017). *Alfalfa weevil and its management in Oklahoma*. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Oklahoma State University. EPP-2097.

Namvar, P., & Heidari, A. (2014). Efficiency study of different spraying techniques in the control of potato yellow broad mite (Polyphagotarsonemus latus Banks). *Pesticides in Plan Protection Sciences, 1*(2), PP. 137-147. (in Persian)

Nowrouzieh, Sh., & Faez, R. (2013). Study and determination on suitable sprayers boom for increasing pesticide efficiency in cotton sucking insects. *Iranian Journal of Cotton Researches*, *1*(1), 13-27. (in Persian)

Parvin, A., & Afshari, M. R. (1995). Investigating the efficacy of two spraying method based on plant density in the control of cotton leaf aphid. *Research Report*. Pest and Plant Diseases Research Institute, Iran. (in Persian)

Pourhaji, A. (2002). Investigating the effect of autumn control in the management of alfalfa leaf weevil (Hypera postica). *Research Report*. West Azerbaijan Agricultural Research Center, Iran. (in Persian)

Rahimi-Arnaei, V., & Safavi, S. A. (2020). Efficacy of some insecticides on larvae and adults of alfalfa weevil, Hypera postica in field conditions. *Plant Pest Research*, *10*(3), 77-88. https://doi.org/ 10.22124/iprj.2020.4430. (in Persian)

Reddy, G. V. P., Antwi, F. B., Shrestha, G., & Kuriwada, T. (2016). Evaluation of toxicity of biorational insecticides against larvae of the alfalfa weevil. *Toxicology Reports, 3*, 473-480. https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.05.003.

Saeidi, K. (2007). Preliminary study on the natural enemies of alfalfa weevil, Hypera postica in Yasuj. *Journal of Research in Agricultural Science, 3*(1), 1-13. (in Persian)

Saeidirad, M. H., Zarifneshat, S., & Forouhar, M. (2023). Evaluation of UAV spraying performance in fertilizing saffron compared to conventional liquid fertilization spraying methods. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, *24*(88), 1-16. https://doi.org/10.22092/amsr.2024.366525.1493 . (in Persian)

Safari, M., & Kafashan, J. (2004). Development and evaluation of a mounted spinning disk sprayer in and a conventional tractor mounted boom sprayer. *Journal of Agricultural Engineering Research*, *6*(24). 15-32. https://doi.org/20.1001.1.26454531.1384.6.3.2.0 (in Persian)

Safari, M., Bagheri, N., & Sheikhi Garjan, A. (2023). Technical and economical evaluation of UAV sprayer in comparison with conventional methods to control tomato Helicoverpa Amigera. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, *24*(85), 91-110. https://doi.org/10.22092/amsr.2024.364474.1474. (in Persian)

Shrestha, G., Reddy, G. V. P., & Jaronski, S. T. (2018). Field efficacy of Bacillus thuringiensis galleriae strain SDS-502 for the management of alfalfa weevil and its impact on Bathyplectes spp. parasitization rate. *Journal of Invertebrate Pathology*, *153*, 6-11. https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.02.006.

Sumner, H. R., Herzog, G. A., & Sumner, P. E. (2000). Chemical application equipment for improved deposition in cotton. *Journal of Cotton Science*, *4*(1), 19-27.

Talebi Jahromi, Kh., Omidi, M., & Sabahi, Gh. (2002). A study of the three methods for alfalfa weevil control with special reference to flaming of the plant stubble and debris. *Iranian Journal of Agriculture Science, 33*(2), 325-332. (in Persian)

Yucel, B., Gozuacik, C., Gencer, D., Demir, I., & Demirbag, Z. (2018). Determination of fungal pathogens of Hypera postica (Gyllenhall) (Coleoptera: Curculionidae): isolation, characterization, and susceptibility. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *28*, 39. https://doi.org/10.1186/s41938-018-0043-2.

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.25/No.89/Spring 2024/P:85-102
Journal Home Page: https://amsr.areeo.ac.ir

Research Paper

Investigating effective parameters in chemical control of alfalfa pests (Case study: alfalfa weevil control in East Azarbaijan)

M. Mozaffari Gonbari

*Corresponding Author: Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. Email: m.mozaffary@areeo.ac.ir, 4mozaffari@gmail.com.
Received: 11 February 2025, Accepted: 7 April 2025
https://doi.org/10.22092/amsr.2025.368609.1512

Abstract

Alfalfa weevil is a serious pest of this crop and the lack of its control, leads destroying the first harvest and retardation of second harvest. Farmers' lack of familiarity with proper spraying methods causes them to spray their fields with common, high concentration pesticides. The use of unsuitable equipment and excessive spraying have destructive effects on the environment, especially on beneficial insects active in alfalfa fields. In this paper, the effective parameters in chemical control of alfalfa pests have been studied and effects of sprayer types and times and repetition of spraying on alfalfa weevil control has been evaluated. The studied parameters included: droplet characteristics, uniformity of spray distribution, pest population, crop yield and yield's lost caused by this pest. The results showed significant effect of the type of sprayer on droplet characteristics and spray uniformity, and significant effect of all three factors on alfalfa weevil control. The crop's lost in the absence of control of this pest is estimated to be up to fifty percent.

Keywords: Alfalfa Weevil, Droplet Characteristics, Sprayer Types, Spray Uniformity, Time of Spraying.

© 2024 Agricultural Mehanization and Systems Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)