کارآیی روش‌های مختلف محلول‌پاشی آفت‌کش بیولوژیک، *Bacillus thuringiensis*، در کنترل بید کلم

رسول مرزبان*[۱]، احمد حیدری[۲]، عزیز شیخی گرجان[۳]، مریم کلانتری[۱] و حسین پارسا[۲]

۱. بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، تهران، ایران. ۲. بخش تحقیقات آفت‌کش‌ها، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، تهران، ایران. ۳. بخش تحقیقات حشره‌شناسی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۸

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی کارآیی تکنیک‌های مختلف محلول‌پاشی فرآورده‌های بیولوژیک بر پایه *Bacillus thuringiensis* در کنترل بید کلم انجام شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که شیوه پاشش آفت‌کش‌های میکروبی تفاوت اساسی با مواد شیمیایی آفت‌کش دارد و باید محلول‌پاش‌هایی انتخاب و به‌کار گرفت که با ماهیت این مواد هم‌خوانی داشته باشد. در این تحقیق محلول پاش‌های مورد ارزیابی شامل چهار نوع محلول‌پاش پشتی هیدرولیک معمولی، محلول‌پاش اتومایزر پشتی معمولی، محلول‌پاش اتومایزر با هد الکترواستاتیک و محلول‌پاش اتومایزر با هد میکرونر (صفحات چرخان) بود. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه کلم آلوده به مرحله لاروی بید کلم انجام شد. برای تعیین میزان پوشش قطرات و اندازهٔ قطرات از کارت‌های حساس به آب استفاده شد. با بررسی کارت‌های حساس به آب، میزان پوشش قطرات و اندازهٔ قطرات مشخص گردید. برای انجام این تحقیق هر یک از محلول پاش‌های مورد آزمایش، از نظر ویژگی‌های فیزیکی مانند نحوه پاشش و میزان محلول مصرفی در هکتار و راندمان روزانه ارزیابی شدند. تجزیه‌ی واریانس نتایج حاصل از کارآئی محلول‌پاش‌ها در فواصل زمانی ۳ و ۷ روز بعد از محلول‌پاشی اول و دوم نشان داد، بین تیمارهای آزمایش و بلوک‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد و محلول‌پاش‌ها کارآیی یکسانی در کاربرد Bt داشتند. نتایج نشان داد محلول‌پاش اتومایزر با هد میکرونر به‌دلیل میزان محلول مصرفی پایین (یک سوم سمپاش هیدرولیک معادل ۴۰/۸ لیتر در هکتار) و راندمان روزانه (۶-۵ هکتار) می‌تواند به‌عنوان یکی از محلول‌پاش‌های مناسب برای کاربرد آفت‌کش بیولوژیک Bt در مزارع مورد استفاده قرار گیرد. شایان ذکر است این محلول‌پاش به‌دلیل دارابودن مکانیزم میکرونیزه‌کردن قطرات، یکنواختی خوبی به لحاظ پاشش ایجاد می‌کند و می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسب برای محلول‌پاش هیدرولیک منظور گردد.

واژه‌های کلیدی: *Bacillus thuringiensis*، محلول‌پاش، تکنیک پاشش، بید کلم.

* **مسئول مکاتبات:** رسول مرزبان، r.marzban@areeo.ac.ir

مقدمه:

در خصوص کنترل بیولوژیک عوامل خسارت‌زا ابزارهای مورد استفاده می‌بایست مناسب با ویژگی‌های این عوامل طراحی و یا تنظیم گردد. از جمله ابزارهای مورد استفاده در کاربرد عوامل میکروبی در مهار عوامل خسارت زا، محلول‌پاش‌هایی است که به‌طور مرسوم از آنها در مصرف سموم شیمیایی استفاده می‌شود و برای مصرف عوامل میکروبی باید ویژگی‌های این عوامل مورد توجه قرار گیرد. برای تأثیر آفت‌کش‌های بیولوژیک روی حشره ضروری است که این مواد نه تنها بر موانع فیزیکی غلبه کنند، بلکه دز مناسب به محل تأثیر برسد، آن‌ها همچنین باید بر واکنش‌های طبیعی آفات در برابر آلودگی نیز غلبه کنند. بعضی حلال‌ها، سورفاکتانت‌ها و مواد فرمولاسیونی که همراه آفت‌کش‌های شیمیایی برای افزایش کارآیی و نشست محلول سم در سطح برگ استفاده می شود با آفت‌کش‌های بیولوژیک ناسازگار هستند و در بعضی موارد برای عامل میکروبی کشنده هستند (Hunter and Fujita,1998).

در چند دهه اخیر استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک به‌عنوان روش جایگزین آفت‌کش‌های شیمیایی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.(Wu *et al.*, 2008) حشره‌کش‌های بیولوژیک شامل باکولو ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و نماتدهای بیمارگر بندپایان هستند. در بین این عوامل، باکتری *B. thuringiensis* (Bt) مصرف گسترده‌تری دارد. اندازه عوامل آفت‌کش‌های بیولوژیک متغییر و کوچک‌ترین را ویروس‌ها و بزرگترین را نماتدها تشکیل می‌دهند. مقدار کاربرد آفت‌کش بیولوژیک با ترکیبات شیمیایی در واحد سطح متفاوت بوده، زیرا تاثیر عوامل بیولوژیک تابعی از میزان زنده‌بودن آن‌هاست که در سطح گیاه می‌نشیند و در تماس با آفت قرار می‌گیرد (Raymond *et al.*, 2005). در صورتی‌که بعضی آفت‌کش‌های شیمیایی که سیستمیک هستند، می‌توانند مجدداً در گیاه پخش شوند. بعضی از آفت‌کش‌های بیولوژیک مانند Bt باید به‌وسیله حشرات خورنده شوند، بنابراین این آفت‌کش‌ها باید در تمام سطوح گیاه یا خاک که حشره مورد نظر فعالیت دارد، پخش شوند مگر اینکه از مواد جلب‌کننده کمکی استفاده شود. در توزیع فضایی نشست عوامل بیولوژیک در محل‌های استفاده ضروری است غلظت آن در مخلوط پاشش مورد توجه قرار گیرد (FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Specifications, 2010).

برای کاربرد آفت‌کش‌های بیولوژیک، بیشتر از محلول‌پاش‌های هیدرولیک استفاده می‌شود (Chapple *et al.*, 1997). قدرت بقاء قارچ بیمارگر *Verticillium lecanii* (Zimm.) و نماتد بیمارگر *Steinernema feltiae* Filipjev به‌خاطر افزایش مدت زمان پمپ‌کردن و بالابودن فشار در محلول پاش‌های هیدرولیک کاهش می‌یابد (Nillson and Gripwall, 1999). محلول پاش های هیدرولیک در جاهایی مانند کاربرد نماتدها در خاک که حجم زیاد و فشار کم مورد نیاز است، مناسب و مفید می‌باشند. گزارش شده است که کاربرد دو نازل هیدرولیک به صورت ترکیبی می تواند قطرات کوچک عوامل بیولوژیک را در قطرات درشت آب جا دهد (Hall *et al.*, 1917). استفاده از چنین نازل‌های جفتی در محلول‌پاشی، نیاز به حجم زیادی از آب دارد و نمی‌تواند اندازه قطرات را کاهش دهد اما نوع دیگری از سیستم محلول‌پاش مانند اتومایزر چرخان یا میکرونر وجود دارد، که اغلب برای آفت‌کش‌های شیمیایی بکار می‌روند که برخی از نمونه‌های آن برای پاشش عوامل بیولوژیک مناسب هستند (Chapple *et al.*, 1997).

انواع مختلفی از محلول‌پاش‌های زمینی در ارتباط با آفت‌کش‌های بیولوژیک مورد بررسی قرار گرفته است. گسترده‌بودن دامنه اندازه قطرات در نازل‌های هیدرولیک استاندارد، یک مشکل کلیدی می‌باشد، زیرا قطرات کوچک تولیدشده با تعداد زیاد قادر به انتقال دز مناسبی

از آفت‌کش بیولوژیک نیستند (Bateman and Alves, 2000). گزارش شده که ۷۲-۳۶ درصد از قطرات محلول‌پاش هیدرولیک حاوی اسپر قارچ‌کش بیولوژیک *Ampelomyces quisqualis* Ces. نیست (Chapple and Bateman, 1997). گزارش‌های دیگری نشان دادند که اگرچه از طریق محلول‌پاش هیدرولیک بالاترین درصد آلودگی برای نماتد حشره‌خوار، *Steinernema carpocapsae* در سطح برگ حاصل شد ولی بیش از ۸۹ درصد از قطرات فاقد لارو نماتد بیمارگر حشرات بودند و به دلیل طبیعت خاص آفت‌کش‌های بیولوژیک، سوراخ نازل‌های هیدرولیک توسط آنها به آسانی بسته می‌شوند بنابراین بایستی که حجم بیشتری از آب در مقایسه با آفت‌کش‌های شیمیایی استفاده شود و این وضعیت باعث کاهش غلظت آفت‌کش بیولوژیک در مخزن محلول‌پاش می‌شود (Lello *et al*., 1996). استفاده از حجم زیاد آب برای پاشش فرآورده‌های بیولوژیک تنها در سطح خاک می‌تواند رضایت بخش باشد بنابراین در ارتباط با فرمولاسیون آفت‌کش‌های بیولوژیک که در سطح گیاه استفاده می‌شوند باید توجه بیشتری صورت گیرد تا ضمن افزایش قدرت خیس‌کنندگی سطح تیمارشده از اثرات سوء روی قدرت بقای آفت‌کش‌های بیولوژیک جلوگیری گردد. با توجه به مشکلات موجود می‌توان گفت مهمترین مسئله مربوط به اندازه مناسب قطره محلول آفت‌کش‌های بیولوژیک بوده زیرا اندازه قطره نه‌تنها کارآیی نشست در سطوح هدف را توسعه می‌دهد بلکه مقدار مناسبی از آفت‌کش بیولوژیک را از لحاظ تعداد قطرات، در سطح مورد نظر (گیاه یا حشره) پخش می‌کند. به‌طور کلی می‌توان گفت قطرات بسیار ریز به وسیله باد به بیرون منتقل می‌شوند و قطرات بسیار درشت به جای سطح گیاه روی خاک می‌افتند. امروزه استفاده از اندازه مناسب قطرات در محلول‌پاشی جنگل‌ها، برای کاهش اثر سوء آفت‌کش‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در هر مورد هدف افزایش نشست محلول سم در سطح کانوپی مورد نظر و جلوگیری از به وجود آمدن قطرات بزرگ می‌باشد زیرا که این قطرات ممکن است به سطح زمین بیافتند. برای کاربرد Bt علیه جوانه‌خوار بلوط (*Choristoneura fumiferana*) از اتومایزر چرخان استفاده و میزان نشست را در سطح شاخ و برگ ارزیابی کرده‌اند (Sandaram *et al*., 1997) و در گزارش‌های بعدی اثر نور خورشید بر ناپایداری Bt روی شاخ و برگ را موثر دانسته و به استفاده از اندازه بهینه قطره تاکید داشتند. یک مثال مهم از کابرد ترکیبات بیولوژیک، استفاده از Bt علیه کرم *Lymantria monacha* به عنوان یک آفت مهم در بخش‌هایی از اروپا می‌باشد که با استفاده از فرمولاسیون *Bacillus thuringiensis* kurstaki ULV کنترل شد که از اتومایزر چرخان (میکرونر) که روی بالگرد و هواپیما نصب شده بود استفاده گردید (Butt *et al*., 1999). نوع دیگری از اتومایزر چرخان به نام دیسک‌های چرخشی چندگانه (Multiple Spinning Disks) که به هواپیما وصل شده برای پاشش باکولوویروس *Panolis flammea* روی درخت کاج استفاده شد. مطالعات دیگری نشان داد ضروری است در ۳۰ درصد از تاج بالایی درخت، حداقل ۵ قطره در طول یک سانتی‌متر برگ وجود داشته باشد (Cory and Entwistle, 1990; Evans, 1999). برای کاهش دز NPV از چشم الکترونیکی می‌توان استفاده کرد (Cunningham *et al*., 1997). از محلول‌پاش اتومایزر چرخان برای کاربرد حشره‌کش با دز پایین به‌همراه ویروس استفاده شد است (Silvie *et al*., 1993). برای موفقیت کاربرد یک آفت‌کش بیولوژیک در سطح مزرعه، ضروری است به یک سری فاکتورهای پاشش، توجه بیشتری گردد. علاوه بر این نوع آفت‌کش بیولوژیک و نوع فرمولاسیون نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. اما کلید اصلی داشتن یک ماده بیولوژیک موثر می‌باشد. به عبارت دیگر ممکن است به یک زیرگونه یا نژادی از آفت‌کش بیولوژیک برای موفقیت در امر کنترل نیاز باشد. در این تحقیق چهار نوع

محلول‌پاش، شامل میکرونر، هیدرولیک، اتومایزر و الکترواستاتیک برای کاربرد Bt روی بید کلم در مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت تا بتوان بهترین محلول‌پاش را برای کاربرد Bt روی بید کلم معرفی کرد. در واقع این تحقیق تلاشی برای بهبود تکنیک پاشش آفت‌کش‌های میکروبی بر پایه Bt توسط محلول‌پاشهای متعارف در کنترل بید کلم است.

مواد و روش‌ها:

در این تحقیق چهار نوع سیستم محلول‌پاشی شامل میکرونر (صفحات چرخان)، هیدرولیک، اتومایزر و الکترواستاتیک با دو غلظت نیم و یک در هزار فرآورده تجاری بلتیرول (Belthirul WP) و یک تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی در سه تکرار در شرایط مزرعه گل‌کلم مورد ارزیابی قرار گرفتند. محلول‌پاش‌های مورد استفاده شامل نوع پشتی هیدرولیک معمولی، اتومایزر پشتی معمولی، اتومایزر پشتی با هد الکترواستاتیک و اتومایزر پشتی با هد میکرونر (صفحات چرخان) بود. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه کلم انجام شد. اندازه کرت‌های آزمایشی ۲۰×۱۰ متر مربع انتخاب و فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌های آزمایشی به‌ترتیب دو متر در نظر گرفته شد. پس از آماربرداری روز هفتم (محلول-پاشی اول) مجدد کرت‌های آزمایشی تیمار شدند (محلول‌پاشی دوم). نمونه‌برداری‌ها ۱ روز قبل و ۳ و ۷ روز بعد از هر محلول‌پاشی انجام شد. برای این منظور ۱۰ بوته آلوده از هرکرت انتخاب و در نمونه‌برداری‌ها تعداد لاروهای زنده و شفیره در هر بوته شمارش شد. برای ارزیابی محلول‌پاش‌های مورد استفاده دو فاکتور ذیل شامل میزان پوشش هدف توسط قطرات سم (تعداد قطرات در سانتیمتر مربع و اندازهٔ قطرات سم) و میزان سوسپانسیون مصرفی در هکتار بررسی شد.

برای تعیین میزان پوشش قطرات و اندازهٔ قطرات از کارت‌های حساس به آب (Afshari and Bayat Assadi, 1990) استفاده گردید. با بررسی کارت‌های حساس به آب، میزان پوشش قطرات و اندازهٔ قطرات خروجی از نازل ها مشخص گردید. به منظور بررسی دقیق‌تر کارت‌ها از آنها کپی تهیه و به مقیاس چهار برابر بزرگتر و با ذره بین تعداد قطرات در یک سانتی‌متر مربع شمارش و برای تخمین اندازه قطرات نمونه‌های مورد نظر با کارت‌های استاندارد مقایسه گردید. در ادامه نیز هر یک از محلول پاش‌های مورد آزمایش، از نظر ویژگی‌های فیزیکی مانند میزان پاشش و میزان محلول مصرفی در هکتار و راندمان روزانه نیز ارزیابی شدند.

برای تعیین میزان محلول و میزان سم مصرفی در هکتار از روش کالیبراسیون سمپاش‌ها در مزرعه استفاده شد. برای این منظور میزان دبی نازل یا میزان خروجی محلول سم از نازل در دقیقه (لیتر بر دقیقه)، مقدار مسافت طی‌شده توسط سمپاش با سرعت ثابت در دقیقه (متر بر دقیقه) و عرض کار سمپاش (متر) محاسبه گردید و سپس مقدار محلول سم که در هر هکتار توسط هر یک از سمپاش‌ها پاشیده شد، طبق فرمول زیر تعیین شد:

سرعت حرکت (متر در دقیقه) × عرض کار (متر)/ خروجی نازل (لیتر در دقیقه) = مقدار محلول سم مصرفی در متر مربع

مقدار محاسبه‌شده در فرمول فوق اگر در ۱۰۰۰۰ ضرب شود مقدار سم مصرفی در هکتار بدست می‌آید.

میزان دبی نازل عبارت است از مقدار محلول سم که در مدت یک دقیقه از نازل خارج می‌شود و با ریختن آن در ظرف مدرج مقدار آن را بدست آمد.

سرعت حرکت عبارت است از سرعت معمول حرکت شخصی که سمپاش را در دست دارد و سمپاشی می‌کند.

عرض کار سمپاش عبارت است از وسعتی از زمین که توسط نازل سمپاش، سمپاشی می‌شود.

در پایان برای تجزیه آماری داده ها از نرم افزار SPSS استفاده شد و مقایسه‌ی میانگین‌ها به‌روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. درصد کارآیی هر تیمار (سمپاش) با استفاده از فرمول هندرسون- تیلتون تعیین گردید.

$$\text{درصد کارآیی} = \left(1 - \frac{Ta \times Cb}{T \times C}\right) \times 100$$

T_a = میانگین تعداد آفت بعد از محلول‌پاشی، T_b = میانگین تعداد آفت قبل از محلول‌پاشی، C_a = میانگین تعداد آفت در قطعات شاهد بعد از محلول‌پاشی و C_b = میانگین تعداد آفت در قطعات شاهد قبل از محلول‌پاشی.

لازم به ذکر است نرمال‌بودن داده‌ها قبل از تجزیه واریانس با استفاده از آزمون Anderson-darling در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد.

نتایج:

بر اساس تجزیه واریانس نتایج ثبت‌شده مشخص شد، یک روز قبل از محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری بین بلوک‌ها و تیمارهای آزمایشی از نظر تعداد لارو زنده بید کلم وجود نداشت. بر این اساس می‌توان به یکنواختی کرت‌های آزمایشی در بلوک‌ها و تیمارهای آزمایشی اطمینان حاصل کرد (جدول ۱).

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس تعداد لاروهای زنده بید کلم یک روز قبل از محلول‌پاشی.

Table 1. Analysis of variance table Number of live Diamondback moth larvae one day before spraying.

Source of Variances	Degree of freedom	Sum of squares	Mean of squares	F	P
Treatment	7	79.33	11.33	2.63	0.06ns
Block	2	1.58	0.79	0.18	0.83ns
Error	14	60.42	4.31		
Total	24	1054			

ns نشانگر غیر معنی‌دار بودن اثر متغیر مورد بررسی می‌باشد.

تجزیه واریانس تعداد لاروهای زنده بید کلم در تیمارهای مورد آزمون یک روز قبل از محلول‌پاشی نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها و بلوک‌های آزمایشی بود (جدول ۱). در تجزیه‌ی واریانس نتایج ثبت شده در فواصل زمانی ۳ و ۷ روز بعد از محلول‌پاشی اول مشخص شد، بین تیمارهای آزمایش و بلوک‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد و محلول‌پاش‌ها عملکرد یکسانی در کارآیی Bt داشته‌اند و همچنین بین دوزهای بکاررفته تفاوتی مشاهده نشده است (جدول ۲).

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس تعداد لاروهای زنده بید کلم در سه و هفت روز بعد از محلول‌پاشی اول در مزرعه کلم.

Table 2. Analysis of variance table of number of live Diamondback moth larvae in three and seven days after first foliar application in cabbage field.

	Seven days after spraying					Three days after spraying			
Source of variances	Degree of freedom	Sum of square	Mean of squares	F	P	Sum of squares	Mean of squares	F	P
treatment	7	36.62	5.23	1.44	0.27ns	24	3.43	1.27	0.33ns
block	2	12.33	6.17	1.69	0.22ns	11.58	5.79	2.15	0.15ns
error	14	51	3.64			37.75	2.7		
total	24	387				596			

ns نشانگر غیر معنی‌دار بودن اثر متغیر مورد بررسی می‌باشد.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس کارآیی محلول‌پاش‌ها در سه و هفت روز بعد از محلول‌پاشی دوم در مزرعه کلم.

Table 3. Analysis of variance analysis table of sprayer efficacy for sprayers at three and seven days after the second spraying in the cabbage field.

		Seven days after spraying				Three days after spraying			
Source of variances	**Degree of freedom**	**Sum of squares**	**Mean of squares**	**F**	**P**	**Sum of squares**	**Mean of squares**	**F**	**P**
treatment	7	657.83	93.98	0.86	0.56^{ns}	876.29	125.18	1.53	0.24^{ns}
block	2	207.25	103.62	0.95	0.41^{ns}	105.25	75.12	0.92	0.42^{ns}
error	14	1527.42	109.1			1145.08	81.79		
total	24	180930				153381			

ns نشانگر غیر معنی‌دار بودن اثر متغیر مورد بررسی می‌باشد.

تجزیه‌ی واریانس نتایج ثبت شده در فوا صل زمانی ۳ و ۷ روز بعد از محلول‌پا شی دوم م‌شخص شد، بین تیمارهای آزمایشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، و همچنین بین بلوک ها هیچگو نه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

ارزیابی فیزیکی دستگاه‌های محلول‌پاش

مقایسه میزان محلول مصرفی در سمپاش‌های مورد آزمایش نشان داد که در سمپاش پشتی هیدرولیک معمولی، سمپاش اتومایزر معمولی، سمپاش اتومایزر با هد الکترواستاتیک و سمپاش اتو مایزر با هد میکرونر (چرخان) میزان محلول م صرفی به‌ترتیب معادل ۳۰۵، ۹۸، ۲۸/۵ و ۴۰/۸ لیتر در هکتار و سطحی که می‌توان در یک ساعت سمپاشی نمود (بدون در نظر گرفتن زمان بارگیری و آماده‌سازی سمپاش) به‌ترتیب معادل ۰/۷۲، ۰/۹۵، ۰/۷۵ و ۰/۹۵، هکتار می‌باشد.

بررسی کارت‌های حساس به آب در سمپاش پشتی لانس‌دار نشان داد که به دلیل حرکت زیگزاگ لانس در زمان سمپاشی ۵۰ درصد کارت‌ها کاملاً با قطرات آب خیس شده و ۲۰ درصد آنها هیچ قطره‌ای را دریافت نکرده اند. اندازه قطرات دارای دامنه‌ای بین ۵۰ تا ۱۰۰۰ میکرون بودند که نشان‌دهنده عدم یکنواختی اندازه قطرات می باشد. شایان ذکر است بدلیل آنکه برای اندازه‌گیری قطر قطرات از کارت‌های شاخص استفاده گردیده که معمولا برای اندازه قطرات دامنه ارائه می‌نمایند لذا در این آزمایش نیز مطابق معمول برای بیان اندازه قطرات به دامنه اندازه قطرات اشاره شده است. بررسی نشان داد عرض کار در سمپاش پشتی هیدرولیک معمولی، سمپاش اتومایزر معمولی، سمپاش اتومایزر با هد الکترواستاتیک و سمپاشی اتومایزر با هد میکرونر (چرخان) به ترتیب ۳، ۳/۵، ۴ و۳ متر بود.

در سمپاش اتومایزر معمولی یکنواختی اندازه قطرات بیشتر از سمپاش پشتی موتوری لانس‌دار و درصد بالایی از قطرات سم (۶۰ درصد) از قطری بین ۲۵۰-۵۰ میکرون برخوردار بودند. وضعیت کلی پوشش نشان از یکنواختی بیشتر در این نوع سمپاش نسبت به موتوری پشتی لانس‌دار بوده و تقریبا تمامی کارت‌های حساس به آب قطرات سوسپانسیون دریافت نموده هر چند تفاوت‌هائی به لحاظ تعداد قطرات دریافت شده در بین آنها مشاهده می‌شود.

بررسی کارت‌های حساس در سمپاش پشتی موتوری اتومایزر با هد میکرونر نشان داد تمام کارت‌ها قطرات سم را با نسبت های مختلف در یا فت کرده بود ند. ا ندازه قطرات در سمپاش اتو مایزر با هد میکرونر ۲۵۰-۱۰۰ میکرون بود. مقایسه دامنه ا ندازه قطرات با سمپاش اتومایزر با هد معمولی نشان داد که دامنه اندازه قطرات در سمپاش با هد میکرونر محدوتر و یکنواخت‌تر می‌باشد. عرض کار موثر این دو نوع سمپاش ۳/۵ متر محاسبه گردید.

بحث:

با توجه به کارآیی یکسان محلول‌پاش‌ها برای کنترل بید کلم می‌توان سایر فاکتورها را برای ترجیح یا عدم ترجیح محلول‌پاش‌ها لحاظ نمود. همانطور که مشخص است برخلاف محلول‌پاش موتوری پشتی لانس دار که میزان محلول مصرفی در آن معادل ۳۰۵ لیتر در هکتار و راندمان روزانه محلول‌پاش آن معادل ۰/۷۲ هکتار می‌باشد سایر محلول‌پاش‌ها ضمن کاهش میزان سوسپانسیون مصرفی راندمان کاری روزانه بهتری نیز دارند. بررسی‌ها نشان داد با توجه به غلظت مصرفی بلتیرول و میزان سو سپانسیون مصرفی می‌توان با تغییر نوع محلول‌پاش به عنوان مثال از محلول‌پاش موتوری پشتی لانس‌دار (میزان محلول مصرفی ۳۰۵ لیتر در هکتار) به موتوری پشتی اتومایزر با هد معمولی (میزان سوسپانسیون مصرفی ۹۸ لیتر در هکتار) میزان استفاده Bt در هکتار را ۷۰ درصد کاهش داد.

وضعیت مذکور نشان داد محلول‌پاش اتومایزر با هد میکرونر بدلیل کارآیی مناسب، میزان محلول مصرفی پایین و راندمان روزانه می‌تواند به عنوان یکی از محلول‌پاش‌های مناسب برای کاربرد آفت‌کش بیولوژیک Bt در مزارع مورد استفاده قرار گیرد. شایان ذکر است این محلول‌پاش بدلیل دارابودن بودن مکانیزم میکرونر در تولید قطرات، یکنواختی خوبی به لحاظ پاشش ایجاد می کند و میتواند جایگزین مناسب برای محلول‌پاش هیدرولیک منظور گردد. در کشور های پیشرفته از صفحات چرخان به روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که بهره‌گیری از اکثر آن‌ها در ایران به‌دلیل شرایط خاص نظام کشت چندان عملی نمی‌باشد (Heidari and Parsa, 2010).

بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که با وجود حجم بالای مصرف محلول سوسپانسیون در محلول‌پاش‌های هیدرولیک (گاهی تا ۷۰۰ لیتر در هکتار) کارآیی این نوع محلول‌پاش‌ها معادل بعضی از محلول‌پاش‌ها دیگر مانند اتومایزر پشتی با هد الکترواستاتیک و یا محلول‌پاش میکرونر در کنترل بعضی از آفات و بیماری‌های گیاهی است. شایان ذکر است حجم محلول مصرفی در محلوپاش‌های الکترواستاتیک و میکرونر عموما کمتر از ۱۰۰ لیتر در هکتار است (Matthews, 1988 and Afshari, 1990).

به لحاظ بهداشتی و سلامت انسان نیز کاربرد محلول‌پاش اتومایزر با هد الکترواستایک و محلول‌پاش پشتی میکرونر نسبت به محلول‌پاش هیدرولیک ارجحیت دارد زیرا در محلول پاش اتو مایزر (معمولی، با هد میکرونر، با هد الکترواستاتیک) برای محلول‌پاشی اصولی، کاربر بایستی عمود بر مسیر باد حرکت نموده و خرطوم خروجی محلول پاش را در مسیر جریان باد قرار داده و اقدام به محلول‌پاشی نماید این عمل ضمن افزایش عرض کار محلول‌پاش از تماس سم به بدن کاربر نیز به مقدار زیادی می کاهد در حالی که در محلول پاش پشتی موتوری لانس‌دار کاربر مجبور به عبور از مناطقی می‌شود که بوسیله خودش محلول‌پاشی شده است و به وضوح خیس شدن شلوار و پای کاربر در زمان محلول‌پاشی قابل رویت است (Heidari and Parsa, 2010). در ارتباط با دوز مصرفی نیم و یک در هزار فرآورده تجاری بلتیرول که دوز توصیه شده شرکت نیم درهزار است تفاوتی بین تیمارها حتی با دستگاه یکسان (محلول‌پاش) مشاهده نشد. که با توجه به کوچک‌بودن بوته‌ها تک به تک بوته‌ها مورد تیمار قرار گرفتند و تمام سطح بوته‌ها با آفت‌کش پوشانده شده. فلذا پوشش‌دادن تمام سطح بوته‌ها با سوسپانسیون Bt می‌تواند اثر دوز را اصلاح و جبران نماید. مهم‌ترین اصل در پاشش آفت‌کش‌های میکروبی در مورد باکتری‌ها و ویرس‌های بیمارگر حشرات، رساندن آفت‌کش به سطح مورد تغذیه حشره آفت و یا در مورد قارچ‌ها و نماتدهای بیمارگر حشرات رساندن ماده مؤثره به سطح بدن حشره است.

References:

Afshari, M. R. and Bayat Assadi, H. 1990. Water sensitive paper and their use in sprayer calibration in Iran. Appl. Entomol. Phytopath. (57): 71-75.

FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Specifications, 2010. Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides. Second revision. http://www.fao.org/3/a-y4353e.pdf. [Accessed on 21-08-2019]

Afshari, M. R., Parvin, A., Abai, M. GH., Amin, GH. and Javanmoghadam, H. 1998. Comparison of efficiency of electrostatic & conventional spraying methods for control of cotton whitefly Bemisia tabaci. 13th Iranian Plant Protection Congress.

Bateman, R. P. and Alves, R. T. 2000. Delivery systems for mycoinsecticides using oilbased formulations. Aspects of Applied Biology. (57): 163-170.

Butt, T. M., Harris, J. G. and Powell, K. A. 1999. Microbial pesticides. In: Biopesticides: Use and Delivery (eds F.R. Hall and J.J. Menn), pp. 23-44. Humana Press, Totowa.

Chapple, A. C. and Bateman, R. P. 1997. Application systems for microbial pesticides: necessity not novelty. British Crop Protection Council Monograph. (89): 181-190.

Chapple, A. C., Wolf, T. M., Downer, R. A., Taylor, R. A. J. and Hall, F. R. 1997. Use of nozzle-induced air-entrainment to reduce active ingredient requirements for pest control. Crop Protection. (16): 323-330.

Cory, J. S. and Entwistle, P. F. 1990. The effect of time of spray application on infectionof the pine beauty moth, Panolis ji'ammea (Den. & Schiff.) (Lep., Noctuida), withnuclear polyhedrosis virus. Journal of Applied Entomology. (110): 235-241.

Cunningham, J. C., Brown, K. W., Payne, N. J., Mickle, R. E., Grant, G. G., Fleming, R. A., Robinson, A., Curry, R. D., Langevon, D. and Bums, T. 1997. Aerial spray trials in 1992 and 1993 against gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera:Lymantriidae), using nuclear polyhedrosis virus with and without an optical brightener compared to *Bacillus thuringiensis*. Crop Protection. (16):15-23.

Evans, H. F. 1999. Principles of dose acquisition for bioinsecticides. In: Biopesticides: Use and Delivery (eds. F.R. Hall and J.J. Menn). pp. 553-574. Humana Press. Totowa.

Hall, F. R., Downer, R. A., Cooper, J. A., Ebert, T. A. and Ferree, D. C. 1997. Changes in spray retention by apple leaves during a growing season. HortScience. (32): 858-860.

Heidari, A. and Parsa, H. 2010. An Analysis of the Techniques of Application of Pesticides (Sprayers) in Iran. Half-Century National Conference on Pesticide Consumption in the Country. Tehran. Iran.

Lello, E. R., Patel, M. N., Mathews, G.A. and Wright, D. J. 1996. Application technology for entomopathogenic nematodes against foliar pests. Crop Protection. (15): 567–574.

Matthews, G. A. 1988. Pesticide application methods. Longman Scientific and technical. 350p.

Menn, J. J. and Hall, F. R. 1999. Biopesticides - present stautus and future prospects. In: Methods in Biotechnology 5, Biopesticides: Use and Delivery, (eds F.R. Hall and J.J. Menn), pp. 1-10. Humana Press, Totowa.

Nillson, U. and Gripwall, E. 1999. Influence of application technique on the viabilityof the biological control agents *Verticillium lecanii* and *Steinernema feltiae*. CropProtection. (18): 53-59.

Raymond, B., Hartley, S. E., Cory, J. and Hails, R. S. 2005. The role of food plant and pathogen-induced behaviour in the persistence of a nucleo-polyhedrovirus. J Invert Pathol. (88):49–57.

Silvie, P., Le Gall, P. and Sognigbe, B. 1993. Evaluation of a virus-insecticide combination for cotton pest control in Togo. Crop Protection. (12): 591-596.

Sundaram, A., Sundaram, K. M. S. and Sloane, L. 1997. Spray deposition and persistence of a *Bacillus thuringiensis* formulation (Foray@ 76B) on spruce foliage, following aerial application over a Northern Ontario forest. Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes. (31): 763-813.

Wu, K. M., Lu, Y. H, Feng, H. Q, Jiang, Y. Y. and Zhao, J. Z. 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. Science. (321): 1676–1678.

Efficiency of Different Spraying Techniques for Microbial Pesticide, *Bacillus thuringiensis* in Controlling Diamondback Moth

Marzban, R. *[1], Heidari, A.[2], , Sheikhi Gorjan, A.[3] Kalantari, M. [1] and Parsa, H.[2]

1. Department of Biological Control Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. 2. Department of pesticides Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. 3. Department of Entomology Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received: Feb, 29, 2020 Accepted: Jul, 8, 2020

Abstract

This project was aimed to investigate the efficiency of different spraying techniques for spraying the suspension of microbial biocontrol agent (*Bacillus thuringiensis*) for the control of diamondback moth. However different studies have shown that spraying methods of microbial pesticides have fundamental differences with chemical pesticides and sprayers suitable for such products have to be employed. Four types of sprayers including conventional hydraulic sprayer, conventional atomizer sprayer, electrostatic sprayer and atomizer micronaire (rotating) were used. The experiment was designed in the randomized complete block design with four treatments in three replications in a field infested with the larvae of diamondback moth. Water-sensitive cards were used to determine the coverage and droplet size of the pesticide. For this experiment sprayers were evaluated in terms of their physical characteristics such as the way it sprays and the amount of solution required per hectare. The results show that there were no significant differences among the treatments considering their pest control efficiency. Moreover, atomizer micronaire sprayer due to the good performance, low consumption and daily efficiency can be used for spraying Bt to control diamondback moth in cabbage fields. It is noteworthy that the atomizer micronaire due to its ability to micronize the droplets produce a uniform dispersion and could be considered as a good alternative for hydraulic sprayers.

Keywords: *Bacillus thuringiensis*, sprayer, spraying techniques, Diamondback moth.

***Corresponding author:** Rasoul Marzban, Email: r.marzban@areeo.ac.ir