تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۲/ شماره ۷۷/بهار ۱۴۰۰/ص ۳۴-۱۹
https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله پژوهشی

# بهینه‌سازی و ارزیابی سم‌پاش توربینی باغی به منظور سم‌پاشی درختان خرما و مقایسهٔ عملکرد آن با عملکرد دو نوع سمپاش لانس‌دار

محمدعلی رستمی[1*] و ناصر طاهری خراسانی[2]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
۲- کارشناس ارشد، مدیریت حفظ نباتات، سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان، کرمان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۹

## چکیده

**سم‌پاش‌های زراعی و باغی موجود در بازار برای سم‌پاشی درختان خرما با ارتفاع زیاد مناسب نیستند. در این تحقیق، یک سم‌پاش توربینی به منظور سم‌پاشی درختان مرتفع خرما در منطقهٔ بم، بهینه‌سازی و عملکرد آن ارزیابی و با عملکرد دو نوع سم‌پاش کششی و فرغونی لانس‌دار رایج در منطقه مقایسه شد. برای ارزیابی قابلیت‌های سم‌پاش‌ها، هشت پارامتر مهم بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد، کیفیت پاشش سم‌پاش توربینی بهینه‌سازی شده بهتر از کیفیت پاشش هر دو نوع سم‌پاش لانس‌دار مورد مطالعه است؛ ضریب کیفیت سم‌پاشی برای سم‌پاش توربینی ۱/۸۱ و برای سم‌پاش‌های لانس‌دار تراکتوری و فرغونی به ترتیب ۳/۳ و ۳/۸۴ به دست آمد. در سم‌پاش توربینی، نسبت به دو نوع سم‌پاش لانس‌دار، نشست سم روی زمین به میزان ۷۵ درصد کمتر ولی باد بردگی سم بیشتر بود. میزان مصرف محلول در سم‌پاش توربینی نسبت به انواع لانس‌دار حدود ۵۰ درصد کاهش یافت. ظرفیت سم‌پاشی سم‌پاش توربینی، بدون نیاز به کارگر، ۵۴ درخت در ساعت و برای سم‌پاش‌های کششی و فرغونی لانس‌دار به ترتیب ۳۰ و ۲۷ درخت در ساعت، با یک کارگر، به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد بهتر است از سم‌پاش توربینی بهینه‌سازی شده برای سمپاشی درختان خرما با ارتفاع مختلف استفاده شود.**

## واژه‌های کلیدی

**بادبردگی سم، ظرفیت سم‌پاشی، کیفیت سمپاشی، نخلستان**

## مقدمه

هر ساله آفت زنجرک خرما باعث از بین رفتن مقدار زیادی از محصول خرمای تولیدی می‌شود. طی سال‌های ۸۵ تا ۹۷، در بیش از ۱۸ هزار هکتار از باغ‌های خرما در کرمان و بوشهر مبارزهٔ شیمیایی با زنجرک خرما اجرا شده است (Heidari & Assari, 2016).

برای کنترل آفت، مبارزهٔ تلفیقی با آفت با بهینه‌سازی شرایط باغ و عملیات سم‌پاشی ضروری است. بهینه‌سازی باغ‌های نخل شامل هرس درخت، حذف پاجوش و تنه‌جوش، حذف درختان اضافه و ایجاد فضای مناسب در نخلستان است. استفاده از تله و نوارهای زرد رنگ و مبارزهٔ شیمیایی نیز راهکارهایی هستند برای کنترل آفات (Amin, 2014)

*نگارنده مسئول: Email: marostami1351@gmail.com
http://doi: 10.22092/erams.2019.126165.1308

تراکم درختان خرما در بسیاری از باغ‌ها به حدی است که امکان تردد ماشین‌های کشاورزی از جمله سم‌پاش وجود ندارد یا این کار به سادگی میسر نیست. پس از زلزلهٔ بم در سال ۱۳۸۲ و رها شدن بسیاری از باغ‌های خرما، به مدت ۱۰ سال نخلستان‌های منطقهٔ بم با اعتبارات دولتی و به صورت هوایی سم‌پاشی شدندکه به مرگ و میر پرندگان انجامید و اثرهای زیست‌محیطی ناگواری ایجاد کرد و سرانجام این کار متوقف شد (Rostami & Taheri Khorasani, 2018).

در کشورهای مختلف، درختان مرتفع مانند درختان خرما را به روش‌های مختلف و از جمله استفاده از هواپیماهای سم‌پاش، پهپاد، سم‌پاش‌های توربینی و لانس‌دار سم‌پاشی می‌کنند. سم‌پاشی هوایی در منطقهٔ بم با مخالفت سازمان حفاظت محیط زیست روبه‌رو شد، پهپاد سم‌پاش در این منطقه در دسترس نیست و در سطح تجاری نیز یافت نمی‌شود. باغ‌های خرما در مناطق مختلف کشور از جمله در منطقهٔ بم با سم‌پاش‌های لانس‌دار سم‌پاشی می‌شوند که نمی‌توانند درختان مرتفع را با مصرف محلول سم به میزان مناسب سم‌پاشی کنند. از این‌رو گزینهٔ مناسب برای جایگزینی آنها سم‌پاش توربینی است که برای سم‌پاشی درختان خرما باید تغییراتی در آنها ایجاد شود (Rostami & Taheri Khorasani, 2018).

نتایج آزمایش‌ها روی سم‌پاش توربینی نشان می‌دهد که با افزایش فشار سم‌پاشی، سه پارامتر قطر میانهٔ حجمی، قطر میانهٔ عددی و شاخص کیفیت پاشش کاهش می‌یابد اما افزایش سرعت دورانی پروانه و سرعت پیشروی فقط موجب کاهش دو پارامتر قطر حجمی و قطر میانه عددی می‌شود (Behzadipour *et al.*, 2017).

پژوهشگران دیگر از دو نوع سم‌پاش توربینی باغی و لانس‌دار برای پاشش محلول در دو گروه سنی درختان جوان (۵ ساله) و بالغ (۲۲ ساله) مرکبات و هلو استفاده کردند و نشان دادند مدت‌زمان پاشش سم‌پاش توربینی در درختان جوان و بالغ به ترتیب ۳۳۸/۸ و ۳۸۰/۶ درصد کوتاه‌تر از سم‌پاش لانس‌دار است. میزان پاشش محلول با سم‌پاش توربینی نیز به همین نسبت در درختان جوان و بالغ به ترتیب ۴۶/۲ و ۵۵/۵ درصد کاهش نشان داده است (Mokhtarpoor *et al.*, 2015).

در پژوهشی دیگر، برای سم‌پاش‌های باغی یک بوم تلسکوپی طراحی و ساخته شد و پس از ارزیابی معلوم گردید ضریب کیفیت سم‌پاشی به دلیل خیس‌شدگی کامل کارت‌های حساس قابل محاسبه نیست اما توزیع قطره‌ها روی هر کارت و بین کارت‌ها در نوع تلسکوپی یکنواخت‌تر است و برخلاف نوع فرغونی با لانس معمولی، شُرگی وجود ندارد. تفاوت چشمگیری در مقدار بادبردگی سم‌پاش تلسکوپی (۰/۱۰۸) و فرغونی (۵/۶۹۸) مشاهده شد و از نظر میزان محلول مصرفی نیز برای سم‌پاش تلسکوپی ۱۱/۱۸۳ لیتر و برای سم‌پاش فرغونی ۱۵/۶۸۳ لیتر در هر درخت به ثبت رسید (Jafari Malekabadi *et al.*, 2014, 2016).

در تحقیقی، مطالعهٔ متغیرهای مؤثر بر اندازهٔ قطر میانهٔ حجمی قطره‌های نشسته در نواحی غیر هدف نشان داد که افزایش فاکتورهای فشار، سرعت باد و ارتفاع باعث افزایش بادبردگی قطره‌های بزرگ‌تر شده ولی با افزایش قطر روزنهٔ نازل، بادبردگی قطره‌های بزرگ‌تر کاهش یافته است. با توجه به ضریب‌های مدل رگرسیونی، اثر سرعت باد قابل توجه بوده است (Fattahi *et al.*, 2014).

مطالعات روی سه نوع سم‌پاش توربینی شامل

یک سم‌پاش توربینی مقدار متغیر، یک سم‌پاش توربینی با فن‌های محوری و یک سم‌پاش توربینی با فن‌های عمودی در باغ‌های مرکبات روی درختان کوتاه، متوسط و بلند، از ۰/۵ تا ۴ متر، اجرا و از کارت‌های حساس برای بررسی درصد پوشش و میزان سم نشست کرده روی درخت استفاده شد. کارت‌ها روی سطح تاج و ۶۰ سانتی‌متر داخل عمق تاج درخت قرار داده شدند. هر سم‌پاش به میزان ۲۸۰۵ لیتر محلول سم در هکتار سم‌پاشی کرده است، به جز سم‌پاش مقدار متغیر که سم‌پاشی با آن متناسب بود با اندازه و حجم تاج درخت. نتایج تحقیق نشان داد درصد پوشش و میزان سم نشست کرده روی درخت در سطح تاج درخت بیشتر بود تا در عمق ۶۰ سانتی‌متری تاج. سم‌پاش مقدار متغیر در درختان متوسط و کوتاه به ترتیب ۳۰ و ۷۰ درصد محلول کمتر مصرف کرد. سم‌پاش با فن‌های عمودی، میزان نشست سم و پوشش کمتری داشت تا دو سم‌پاش دیگر و اختلاف این دو معنی‌دار بود. سم‌پاش مقدار متغیر برای همهٔ انواع درختان مورد آزمایش مناسب تشخیص داده شد، زیرا میزان محلول مصرفی را متناسب با اندازهٔ تاج درخت تنظیم می‌کرد (Khot *et al.*, 2014).

سم‌پاش‌های باغی توربینی مخلوطی از آفت‌کش و حجم زیادی از هوا را با سرعت زیاد به طرف درخت پرتاب می‌کنند. به دلیل اینکه هوا نقش انتقال‌دهنده را دارد، قطره‌های محلول سم باید کوچک باشند، به همین دلیل سم‌پاش‌های توربینی به نازل‌های مخروطی مجهز می‌شوند. اگر سرعت هوا در لحظهٔ خروج قطره از نازل، بیش از سرعت قطره‌های محلول سم باشد، اتمیزه شدن قطره‌های محلول سم اتفاق می‌افتد. قطره‌های ریز برای انتقال به میان شاخ و برگ‌ها مناسب‌اند و برای کنترل حشرات پوششی مناسب روی درخت ایجاد می‌کنند اما باید به‌اندازهٔ کافی بزرگ باشند تا روی شاخ و برگ درخت بنشینند. این تعادل بین اندازهٔ قطره‌ها و نشست روی شاخ و برگ باعث می‌شود به یک حداقل حجم هوا در واحد سطح نیاز باشد. اگر فاصلهٔ نازل‌های سم‌پاش تا درخت زیاد باشد سرعت هوا برای نفوذ قطره‌ها بین شاخ و برگ درخت کافی نیست (Babashani *et al.*, 2013).

نتایج دو پژوهش در زمینهٔ بررسی عوامل مؤثر در یکنواختی اندازهٔ قطره‌های سم، با استفاده از معیار C.V.، و ارزیابی عوامل مؤثر در اندازهٔ قطره‌های سم نشان داد که در سم‌پاشی، قطره‌های دارای قطر بسیار بزرگ مناسب نیستند زیرا به گیاه نمی‌چسبند و سم به مقدار زیاد مصرف می‌شود. از طرف دیگر، قطره‌های بسیار ریز نیز مناسب نیستند زیرا در معرض بادبردگی قرار می‌گیرند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که فشار، خصوصیات نازل، و سرعت جریان سم در اندازهٔ قطر قطره‌ها مؤثر هستند. قطر نازل نسبت به فشار سم‌پاشی، اثر بیشتری در یکنواختی پاشش دارد و اثر فشار معکوس است و با زیاد شدن فشار، عدد C.V. کاهش می‌یابد (Peyman *et al.*, 2011; 2012).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد رایج‌ترین سم‌پاش مورد استفاده در ایران سم‌پاش فرغونی لانس‌دار است که در حال حاضر در ۷۰ درصد از مزارع کشور از آن استفاده می‌شود. به کارگیری سم‌پاش فرغونی لانس‌دار موجب می شود ۵۰ درصد از سم روی زمین ریخته شود و علاوه بر ایجاد آلودگی محیط زیست، تلفات زیاد سم را در پی دارد. این نوع سم‌پاش برای باغ‌ها طراحی شده‌اند و استفاده از آن در مزارع توصیه نمی‌شود (Safari *et al.*, 2011).

ارزیابی سم‌پاش باغی با فن کمکی در باغ گلابی

و مقایسه آن با سم‌پاش باغی معمولی نشان داده است میزان سم پاشیده شده روی قسمت بالای درختان و پشت آنها، در دو روش شبیه‌سازی و مزرعه‌ای، به ترتیب ۵۷/۲ و ۶۹/۶ درصد بیشتر است (Endalew *et al*., 2010).

نتایج پژوهش‌ها در خصوص وجود هوا در ساختار سم‌پاشی نشان می‌دهد هوا علاوه بر افزایش نشست سم در قسمت‌های پایین گیاه، باعث یکنواخت‌تر شدن توزیع قطره‌های سم نیز خواهدشد. زاویه‌های صفر و ۳۰ درجهٔ نازل بهترین نشست قطره‌های سم را روی برگ‌ها ایجاد می‌کند (Scudeler & Raetano, 2006).

نتایج پژوهش‌ها در خصوص سم‌پاشی باغ‌ها نشان می‌دهد که استفاده از سم‌پاش‌های توربینی برای سم‌پاشی درختان باعث می‌شود که محلول سم در درون شاخ و برگ‌های گیاه نفوذ کند و سم‌پاشی یکنواخت‌تر، مصرف محلول سم کمتر، و مدت زمان سم‌پاشی در مقایسه با سم‌پاش‌های لانس‌دار کوتاه‌تر شود.

پس از ممنوع شدن سم‌پاشی هوایی در بم و با شروع سم‌پاشی زمینی در نخلستان‌های این شهر، اولین مشکل پیشِ رو تأمین سم‌پاش مناسب برای درختان مرتفع بود. سم‌پاش‌های لانس‌دار موجود نمی‌توانند درختان با ارتفاع بیش از ۱۰ متر را به صورت مؤثر سم‌پاشی کنند، میزان مصرف محلول سم و نشست سم روی زمین و ریزش سم روی بدن کارگران زیاد است و عوارض زیادی برای کاربران در پی دارد ضمن اینکه ظرفیت سم‌پاشی آنها نیز پایین است. بررسی‌ها نشان می‌دهد سم‌پاش مناسب به جای سم‌پاش‌های لانس‌دار در باغ‌های خرما، سم‌پاش توربینی است هرچند تا کنون سم‌پاش مخصوص درختان مرتفع خرما در ایران طراحی و ساخته نشده و سم‌پاش‌های توربینی موجود در بازار نیز به علت کوتاه بودن کانال انتقال سم، برای سم‌پاشی درختان خرما مناسب نیستند. بنابراین ضرورت داشت که یک سم‌پاش توربینی برای سم‌پاشی درختان مرتفع خرما بهینه‌سازی شود. در این تحقیق پس از بهینه‌سازی سم‌پاش توربینی عملکرد آن ارزیابی و با عملکرد دو نوع سم‌پاش کششی و فرغونی لانس‌دار مقایسه شد. برای ارزیابی قابلیت سم‌پاش‌ها، این هشت پارامتر مهم بررسی شد: قطر میانهٔ حجمی و قطر میانهٔ عددی قطره‌های سم، ضریب کیفیت سم‌پاشی، میزان بادبردگی سم، میزان نشست سم روی زمین، ظرفیت مزرعه‌ای سم‌پاش، میزان مصرف محلول سم برای سم‌پاشی هر درخت و ارتفاع پاشش مؤثر سم‌پاش.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سه مرحله اجرا شد. در مرحلهٔ اول یک سم‌پاش توربینی کششی با مخزن ۲۰۰۰ لیتر در باغ‌های بم بررسی و آزمایش‌های اولیه روی آن اجرا شد. بررسی‌ها نشان داد که کانال انتقال سم این سم‌پاش برای سم‌پاشی درختان کوتاه مناسب است اما هنگام سم‌پاشی درختان مرتفع، محلول سم در بین راه دچار بادبردگی می‌شود و مقدار زیادی از محلول سم به جای نشستن روی هدف روی زمین می‌ریزد. آزمایش‌های اولیه نشان داد که اگر طول کانال انتقال سم به میزان ۱/۵ متر افزایش یابد عملکرد آن از نظر نشستن سم روی هدف و کاهش بادبردگی بهبود خواهد یافت. افزایش طول کانال بیش از این مقدار، در اکثر باغ‌ها امکان‌پذیر نبود و کانال سم‌پاش با برگ درختان خرما برخورد می‌کرد. از این‌رو اولین تغییر در سم‌پاش توربینی، افزایش

طول کانال بود. اگرچه سم‌پاش‌های توربینی با مخزن سوارشونده در بازار موجودند ولی فرم این مخزن باید به گونه‌ای باشد که در حین حرکت در باغ، شاخ و برگ به آن گیر نکند. بر این اساس، مخزن ۲۰۰۰ لیتری سم‌پاش توربینی مورد آزمون برداشته شد و مخزنی سوارشونده با فرم طراحی منحنی به جای آن نصب گردید که بتواند به سهولت در باغ تردد کند. ظرفیت هوادهی فن نیز که برای سم‌پاشی درختان کوتاه طراحی شده بود، برای درختان مرتفع مناسب نبود.

در مرحلهٔ دوم، تغییرات لازم به منظور بهینه‌سازی سم‌پاش به این شرح دنبال شد: سوار کردن مخزن سم‌پاش مخصوص نخلستان روی اتصال سه نقطه تراکتور، افزایش طول کانال انتقال سم[1] به میزان ۱/۵ متر، افزایش ظرفیت هوادهی فن و تغییر تعداد و آرایش نازل‌ها (شکل ۱)؛ شرکت سازنده سم‌پاش پس از دریافت پیشنهادهای تغییر، آنها را روی سم‌پاش اعمال کرد. تعداد ۸ نازل روی یک دایره و در مسیر هوای خروجی از کانال هوا تعبیه شد و به کمک یک جک هیدرولیکی امکان چرخش کانال در صفحهٔ افقی به میزان ۲۷۰ درجه و در صفحهٔ عمودی به میزان ۹۰ درجه به وجود آمد.

در مرحلهٔ سوم، با روش‌هایی که استاندارد ملی ایران ارائه داده است، عملکرد سم‌پاش بهینه‌سازی شده ارزیابی و با عملکرد دو نوع سم‌پاش کششی و فرغونی لانس‌دار مقایسه شد.

**شکل ۱- سم‌پاش بهینه‌سازی شده برای درختان خرما**

**Fig. 1- Optimized Sprayer for palm trees**

بهبود وضعیت سم‌پاشی در باغ‌ها، مستلزم شناخت کافی از مشخصات درخت هدف است. به همین دلیل برخی پارامترهای مهم در خصوص درخت خرما در منطقهٔ بم شناسایی شد. قطر تاج درختان خرما در ۱۰ باغ و از هر باغ ۱۰ درخت به صورت میدانی و همین تعداد با تصاویر گوگل ارث اندازه‌گیری شد که بین ۷ تا ۱۰ متر بود. ارتفاع درختان با مقیاس‌گذاری روی درختان و تهیه تصویر، ۱۰ تا ۱۵ متر برآورد گردید. تراکم درختان خرما در هکتار که بین ۱۰۰ تا ۱۲۵ درخت با فاصلهٔ توصیه شدهٔ ۸ تا ۱۰ متر (Pejman *et al.*, 2006) در بسیاری از باغ‌ها رعایت نشده است.

1- Gun

## آزمون و ارزیابی سم‌پاش

سم‌پاش توربینی، پس از بهینه‌سازی و رفع عیب‌های آن، با دو سم‌پاش کششی و فرغونی لانس‌دار رایج در منطقه برای سم‌پاشی نخیلات (شکل ۲)، در سه تکرار ارزیابی شد. در هر آزمایش دو درخت و در مجموع شش درخت سم‌پاشی شد. نتایج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه و تحلیل آماری شد.

مشخصات سه سم‌پاش ارزیابی شده در جدول ۱ و مشخصات باغ محل اجرای آزمایش‌ها و داده‌های هواشناسی در جدول ۲ آمده است.

**شکل ۲- سم‌پاش لانس‌دار کششی و سم‌پاش فرغونی مورد استفاده در این پژوهش**

**Fig. 2- Trailed lance sprayer and wheelbarrow sprayer using in this research**

**جدول ۱- مشخصات سم‌پاش‌ها**

**Table 1- Sprayers specifications**

| نوع سم‌پاش<br>Sprayer Type | شرکت سازنده<br>Manufacturer | مدل<br>Model | نوع نازل<br>Nozzle type | ظرفیت مخزن (لیتر)<br>Tank capacity (l) | دبی پمپ (لیتر بر دقیقه)<br>Pump flow rate (l/min) |
|---|---|---|---|---|---|
| سم‌پاش توربینی<br>Air blast sprayer | بادله | توربینی | مخروطی 1.5 | 800 | 110 |
| سم‌پاش کششی<br>Trailed sprayer | کرمان سم‌پاش | ---- | مخروطی 1.5 | 2000 | 50 |
| سمپاش فرغونی<br>Wheelbarrow Sprayer | ویسمن | SF1245 | مخروطی 1.5 | 100 | 40 |

**جدول ۲- مشخصات اقلیمی و باغ محل انجام آزمایش‌ها**

**Table 2- Climatic conditions and garden specifications, place of experiments**

| دمای محیط<br>Ambient temperature (°C) | سرعت باد (متر در ثانیه)<br>Wind velocity (m/sec) | فاصله درختان (متر)<br>Trees distance (m) | ارتفاع درختان (متر)<br>Trees height (m) | زمان آزمایش<br>Experiments date |
|---|---|---|---|---|
| 24-27 | 1.4-2.5 | 8 | 12-15 | 29 April-5 May 2017 |

## روش آزمون و ارزیابی سم‌پاش‌ها و پارامترهای اندازه‌گیری شده

در بررسی و ارزیابی کیفیت سم‌پاشی و عملکرد سم‌پاش‌ها، این پارامترها برای سه سم‌پاش اندازه‌گیری شد: اندازه قطره‌های سم (قطر متوسط حجمی و عددی)، یکنواختی پاشش با تعیین ضریب

کیفیت سم‌پاشی، میزان بادبردگی سم، میزان نشست سم روی زمین، ظرفیت مزرعه‌ای سم‌پاش، میزان مصرف محلول سم برای سم‌پاشی هر درخت و ارتفاع پاشش سم. آزمون تعیین ارتفاع پاشش روی درختانی با ارتفاع ۱۵ متر و سایر آزمون‌ها روی درختانی با ارتفاع کمتر از ۱۰ متر نیز اجرا شد.

پس از سم‌پاشی، کاغذهای حساس جمع‌آوری و به منظور تعیین قطر و تعداد قطره‌های سم نشسته روی کاغذهای حساس ، یک سانتی‌متر مربع از سطح کاغذ به صورت تصادفی انتخاب و پس از شمارش تعداد و اندازه‌گیری قطر قطره‌ها، نشست ذرات بر حسب مقدار پاشش در واحد سطح گزارش شد و به منظور تجزیه و تحلیل، اندازهٔ قطره‌ها گروه‌بندی و سرانجام میانه آنها در نظر گرفته شد. با تشکیل جدول فراوانی و تعیین قطر قطره‌هایی که در ۵۰ درصد فراوانی قرار دارند، قطر میانه حجمی و قطر میانه عددی و ضریب کیفیت سم‌پاشی با استفاده از رابطهٔ ۱ تعیین شد.

$$Qc = VMD/NMD \qquad (۱)$$

که در آن،

*VMD*= قطر میانه حجمی؛ و *NMD*= قطر میانه عددی.

قطر میانهٔ حجمی قطر ذره‌ای است که در مرز نصف حجمی قرار می‌گیرد، یعنی اگر ذرات حاصل از یک لیتر محلول سمی را به ترتیب از بزرگ به کوچک قرار دهیم و از یک طرف آنها را در یک ظرف بریزیم، به قطر ذره‌ای که در مرز نیم لیتری ظرف قرار می‌گیرد، قطر میانه حجمی گویند. قطر میانه عددی، قطر ذره‌ای است که جمع تعداد قطره‌های بزرگ‌تر از آن معادل جمع کل تعداد قطره‌های کوچک‌تر از آن باشد. یعنی اگر ذرات چیده شده را از یک طرف شروع به شمارش کنیم، به ذره‌ای که از نظر تعداد کل ذرات در وسط قرار می‌گیرد قطر میانه عددی گویند.

**آزمون یکنواختی پاشش و کیفیت سم‌پاشی**

در این تحقیق، کیفیت سم‌پاشی بر اساس استاندارد شماره ۱۰۳۴۷ (Anon, 2008) سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ارزیابی شد که برای اندازه‌گیری مزرعه‌ای توزیع پاشش سم روی درختان و محصولات بوته‌ای تدوین شده است. بر اساس این استاندارد، آزمون در باغی دنبال شد که درختان آن از نظر سن، ارتفاع و رقم شاخص منطقه بود. برای جلوگیری از تأثیرهای متقابل تیمارها یا تأثیرهای حاشیه‌ای، حداقل دو ردیف اضافی از درخت در هر سمت قطعه موجود بود. نشست قطره‌ها با سه تکرار درون قطعه آزمون اندازه‌گیری شد. در هر تکرار دو درخت برای اندازه‌گیری نشست قطره‌ها روی برگ‌های درخت انتخاب شدند. برای اجتناب از تأثیر "شروع" و "پایان" کار، تعدادی درخت از هر دو سمت ردیف‌ها چشم‌پوشی شد.

در استاندارد ۱۰۳۴۷ پیشنهاد شده است که اگر عرض چتر محصول (در اینجا مجموعه برگ و دم برگ درختان خرما) کمتر از ۵۰ سانتی‌متر باشد، برای جمع‌آوری نمونه‌هایی که اطراف درخت و مجاور خیابان باغ واقع می‌شوند باید از دو پروفیل محیطی تبعیت کرد، اما اگر عرض چتر (پوشش گیاهی) بزرگ‌تر یا مساوی ۵۰ سانتی‌متر باشد، حداقل یک پروفایل بیشتر باید در قسمت میانی (مرکز) در اطراف تنه درخت اضافه گردد. بر این اساس در تحقیق حاضر، به علت اینکه عرض پوشش درخت خرما بیش از نیم متر است، سه پروفیل عمودی روی درخت (برگ‌های بالایی، میانی و پایینی) انتخاب شد و کاغذهای حساس با الگوی عمودی و افقی، مانند

شکل ۳، روی این پروفیل‌ها قرار داده شدند (یک کاغذ در وسط و دو کاغذ در طرفین). اعداد ۱ تا ۳ مشخص‌کنندهٔ تعداد پروفایل‌های اجرایی آزمون هستند، یعنی روی هر درخت سه پروفیل عمودی برای نصب کارت‌های حساس در نظر گرفته شد. حروف A تا E مشخص‌کنندهٔ محل نصب کارت‌های حساس در هر پروفایل هستند. فاصلهٔ پروفیل‌های عمودی از یکدیگر و فاصلهٔ کارت‌های حساس از یکدیگر متناسب با ارتفاع تاج درخت، حدود ۳-۲/۵ متر در نظر گرفته شد. با چنین آرایشی در هر پروفیل ۵ کارت و در مجموع ۱۵ کارت حساس استفاده شد.

**شکل ۳- آرایش کاغذهای حساس روی درخت**

**Fig. 3- Arrangement of sensitive paper on the tree**

پس از سم‌پاشی، کاغذهای حساس جمع‌آوری شدند و به منظور تعیین قطر و تعداد قطره‌های سم، که روی کاغذهای حساس نشسته‌اند، یک سانتی‌متر مربع از سطح کاغذ به صورت تصادفی انتخاب شد. پس از شمارش تعداد و اندازه‌گیری قطر قطره‌ها، نشست قطره‌ها برحسب مقدار پاشش در واحد سطح گزارش شد. به منظور تجزیه و تحلیل وضعیت قطر و تعداد قطره‌های سم، گروه‌بندی قطره‌ها بر اساس اندازه آن‌ها انجام شده و سپس میانه آن‌ها در نظر گرفته شد. با تشکیل جدول فراوانی و تعیین قطر قطره‌هایی که در ۵۰ درصد فراوانی قرار دارند، مقادیر قطر میانهٔ حجمی و قطر میانهٔ عددی و ضریب کیفیت سم‌پاشی با تقسیم قطر میانهٔ حجمی بر قطر میانهٔ عددی محاسبه شد (Jafari Malekabadi *et al*., 2014; 2016; Anon, 2008).

**آزمون میزان بادبردگی و میزان نشست سم روی زمین**

بادبردگی ذرات محلول سم در سم‌پاش‌های مورد مطالعه بر اساس استاندارد ۱۰۴۹۳ (Anon, 2007) سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی اندازه‌گیری شد. بر اساس پیشنهاد این استاندارد، محل آزمون باید در سطحی با حداقل موانع، به جز خود محصول، انتخاب شود که می‌توانند جریان باد را در منطقهٔ اندازه‌گیری تغییر دهند. ناحیهٔ پاشش مستقیم، در مسیر باد و منطقهٔ پایین‌دست، باید دارای پوشش گیاهی خیلی کوتاه (حداکثر ۷/۵ سانتی‌متر) باشد و طول مسیر سم‌پاشی باید حداقل ۵۰ متر و عرض این ناحیه حداقل ۲۰ متر در نظر گرفته شود که در همه توصیه‌ها رعایت شد. برای اجرای آزمایش‌ها، روی یک درخت مجاور با ردیف درختانی که قرار بود سم‌پاشی شوند (در دو طرف) و به فاصلهٔ ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر کارت‌های حساس

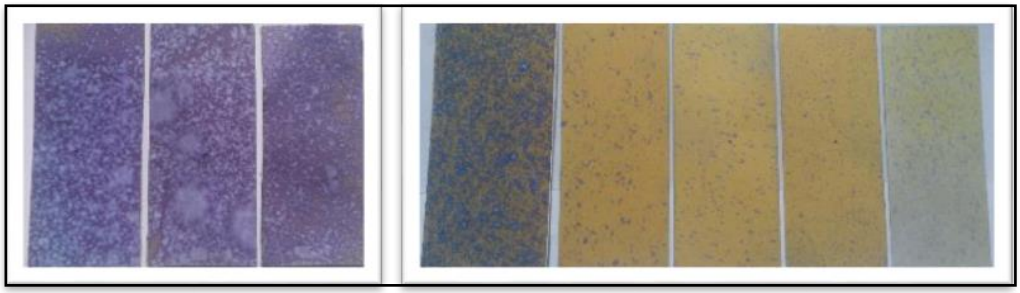
قرار داده شدند. پس از سم‌پاشی، کارت‌ها جمع‌آوری و روی هر کارت یک سانتی‌متر مربع از سطح آن به صورت تصادفی انتخاب شد. پس از آن، کارت حساس اسکن و با بزرگ کردن تصویر و اندازه‌گیری تعداد و قطر قطره‌ها در یک سانتی‌متر مربع، مساحت قطره‌های نشسته روی کارت‌های حساس و میانگین آن محاسبه شد. با مقایسهٔ این عدد برای سه نوع سم‌پاش مورد مطالعه، سم‌پاشی که از نظر بادبردگی وضعیت بهتری داشت معرفی شد (Jafari Malekabadi *et al.*, 2014; 2016; Safari *et al.*, 2011). برای اندازه‌گیری میزان نشست سم روی زمین، بنا بر پیشنهاد استاندارد ملی ۱۰۳۴۷ (Anon, 2008)، کارت‌های حساس در زیر درختان قرار داده شد. پس از سم‌پاشی، این کارت‌ها جمع‌آوری و مانند آزمون قبل تعداد قطره‌ها و قطر آنها در یک سانتی‌متر مربع از سطح کاغذ حساس شمارش شد. سرانجام، میزان ریزش سم بر سطح زمین گزارش و عملکرد سه سم‌پاش مقایسه شد.

## آزمون ظرفیت مزرعه‌ای سم‌پاش، محلول مصرفی و ارتفاع پاشش

ظرفیت سم‌پاش‌ها یعنی ظرفیت ماشین با در نظر گرفتن وقت‌های تلف شده و راندمان کارگر (Manor *et al.*, 1989)، به صورت میدانی و بر حسب تعداد درخت در ساعت اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان محلول مصرفی برای هر درخت، عملیات سم‌پاشی ۱۰ درخت انجام شده و سپس متوسط مصرف محلول برای یک درخت محاسبه شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع پاشش سم‌پاش‌ها، فاصله دهانهٔ خروجی نازل تا ارتفاعی که کیفیت مناسب سم‌پاشی را به دنبال داشته باشد به عنوان ارتفاع پاشش ثبت شد. برای این کار، کارت حساس در ارتفاع‌های مختلف یک درخت مرتفع به فاصله یک متر قرار داده شده و مرتفع‌ترین کارت حساس که با یکنواختی مناسب، یعنی کیفیت سم‌پاشی کمتر از عدد دو، مورد سم‌پاشی قرارگرفته شده به عنوان ارتفاع سم‌پاشی در نظر گرفته شد.

## نتایج و بحث

میانگین قطر حجمی و عددی قطره‌های سم در سه نوع سم‌پاش مورد مطالعه بررسی و کیفیت سم‌پاشی آنها محاسبه شد. به علت خیس شدن کامل کاغذهای حساس، در هنگام اجرای آزمایش‌ها در پروفیل‌های ۱ و ۲ از تاج درخت خرما، بررسی اندازهٔ قطره‌ها در این نواحی ممکن نشد ولی کارت‌های حساس در پروفیل ۳، که میزان سم کمتری دریافت کرده و به طور کاملا خیس نشده بودند جمع‌آوری و اندازهٔ قطره‌های آنها تعیین شد. نتایج اندازه‌گیری‌ها در جدول ۳ آمده است (شکل ۴).



**شکل ٤- برخی از کارت‌های حساس نصب شده در پروفیل‌های ۱ و ۲ (سمت راست) و پروفیل ۳ (سمت چپ)**

**Fig. 4- Some sensitive cards are installed in profiles 1 and 2 (Right) and profile 3 (Left)**

**جدول ۳- وضعیت قطر قطره‌های سم‌پاش‌ها**

**Table 3- Particle size of sprayers**

| دامنه قطر قطره‌ها (میکرون) Particle diameter range (Micron) | درصد قطره‌ها در سم‌پاش فرغونی Percentage of particles in Wheelbarrow sprayer | درصد قطره‌ها در سم‌پاش کششی لانس‌دار Percentage of particles in trailed lance sprayer | درصد قطره‌ها در سم‌پاش توربینی Percentage of particles in air blast sprayer |
|---|---|---|---|
| 0-150 | 23.7 | 28.6 | 43.8 |
| 150-300 | 14.8 | 17.3 | 34.2 |
| 300-450 | 31.9 | 33.1 | 15.1 |
| ≥450 | 29.6 | 21 | 6.9 |
| Total | 100 | 100 | 100 |

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که در سم‌پاش توربینی، قطر ۷۸ درصد قطره‌ها کمتر از ۳۰۰ میکرون است که در مقایسه با قطره‌های درشت به معنای استقرار بهتر قطره سم روی برگ و احتمال بیشتر برخورد قطره‌های سم به آفت و پوشش بهتر و یکنواخت‌تر برگ درخت است. گزارش پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد قطره‌های کوچک‌تر از ۵۰ میکرون در معرض بادبردگی و تبخیر هستند و احتمال نشستن آنها روی هدف، به ویژه در هوای گرم و در مناطق بادخیز مانند منطقهٔ بم، بسیار کم است. قطره‌های سم اگر بزرگ‌تر از حد مطلوب باشند، از روی سطح برگ گیاهان سُر می‌خورند و روی زمین می‌افتند. قطره‌ها اگر درشت‌اندازه باشند احتمال برخوردشان با آفت کاهش می‌یابد، و به ناچار میزان پاشش را باید افزایش داد اما قطره‌های ریزتر سطح بیشتری در بر می‌گیرند و احتمال برخورد با هدف را افزایش می‌دهند (Peyman *et al.*, 2012). در سم‌پاش کششی، ۴۵/۹ و در سم‌پاش فرغونی ۳۸/۵ درصد قطره‌ها قطری کمتر از ۳۰۰ میکرون داشته‌اند که از نظر مناسب بودن اندازه قطره‌ها برای سم‌پاشی درختان خرما علیه آفات و بیماری‌های گیاهی در مراتب بعدی قرار دارند.

خلاصهٔ نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس تغییرات پارامترهای مورد مطالعه در سه نوع سم‌پاش در جدول ۴ و مقایسهٔ میانگین این پارامترها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد در جدول ۵ آمده است.

نتایج جدول‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهد قطر متوسط حجمی و کیفیت سم‌پاشی به صورت معنی‌دار (در سطح ۱ درصد) تحت تأثیر نوع سم‌پاش قرار دارند. صفری و همکاران (Safari *et al.*, 2007) همین نتیجه را برای سم‌پاش‌های توربینی زراعی گزارش کرده بودند. بنابراین، سم‌پاش‌های توربینی از لحاظ کیفیت سم‌پاشی در امور باغی و زراعی بهتر از سم‌پاش‌های لانس‌دار هستند. کیفیت سم‌پاشی نوع توربینی بهسازی شده، با ضریب ۱/۸۱ ، بهتر از دو نوع سم‌پاش دیگر است. ضریب کیفیت سم‌پاشی هر قدر به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، کیفیت سم‌پاشی بهتر است (Naseri, *et al.*, 2008). در سم‌پاش توربینی به علت وجود فن با ظرفیت هوادهی ۱۸۵۰۰ مترمکعب در ساعت، قطره‌های سم کوچک‌تری تولید می‌شود و بنابراین نسبت به دو نوع سم‌پاش دیگر کیفیت سم‌پاشی مناسب‌تری دارد زیرا آنها فن ندارند و از مزیت جریان هوا برای خرد کردن قطره‌های سم و انتقال آنها به فاصلهٔ دورتر برخوردار نیستند.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد پارامترهای نشست سم روی زمین و بادبردگی، یعنی دو پارامتر

مهم ارزیابی توانایی سم‌پاش برای سم‌پاشی ایده‌آل، تحت تأثیر نوع سم‌پاش اختلاف معنی‌دار دارند. این موضوع نشان می‌دهد با انتخاب سم‌پاش مناسب می‌توان از هدردادن سم جلوگیری کرد که باعث افزایش هزینهٔ سم‌پاشی، آلودگی محیط‌زیست، آلودگی منابع آب و خاک و ایجاد بیماری در انسان می‌شود. نشست سم روی زمین در سم‌پاش توربینی بسیار کمتر است تا در دو نوع سم‌پاش دیگر. علت این موضوع را می‌توان پرتاب سم از فاصلهٔ نزدیک‌تر به تاج درخت و ریزتر شدن قطره‌های سم (به علت حجم هوای زیاد دمیده شده در قطره‌های سم) دانست. سم‌پاش‌های لانس‌دار تنها با کمک فشار پمپ، محلول سم را از طریق نازل به بیرون پرتاب می‌کنند اما در سم‌پاش‌های توربینی علاوه بر فشار پمپ، عامل هوای دمیده شده توسط فن نیز باعث افزایش مسافت حرکت قطره‌های سم و ریزتر شدن قطره‌ها می‌شود که این موضوع به بهبود کیفیت سم‌پاشی و کاهش تلفات سم می‌انجامد. بنابراین، افزایش طول کانال و جریان هوا در سم‌پاش توربینی مورد استفاده در این پژوهش باعث شده است قطره‌های سم بهتر روی هدف بنشینند اما به علت بادخیز بودن منطقه و نیز جریان شدید هوای دمیده شده از فن سم‌پاش، تولید قطره‌های ریز در سم‌پاش توربینی و خشک بودن هوا در منطقه بم میزان قطره‌هایی که به‌طرف تاج درختان مجاور پرتاب می‌شوند افزایش یافته و بادبردگی این سم‌پاش بیش از مقداری شده است که در انواع لانس‌دار دیده می‌شود. بر اساس نتایج جدول ۵، بادبردگی در سم‌پاش‌های توربینی بیشتر است تا در دو نوع دیگر ولی در بسیاری از باغ‌ها به علت تراکم تاج درختان و درهم فرو رفتن برگ‌های نخل خرما، محلول باد برده عملاً روی تاج درختان هم‌جوار می‌نشیند و نه در نواحی غیر هدف (مگر در حاشیهٔ باغ‌ها)، بنابراین آنچه در سم‌پاشی درختان خرما موجب نگرانی است نشست سم روی زمین است که به علت تولید قطره‌های درشت در سم‌پاش‌های لانس‌دار اتفاق می‌افتد، بدین معنا که قطره‌های درشت روی برگ استقرار نمی‌یابند، به برگ نمی‌چسبند و روی زمین می‌افتند، یا به هدف نرسیده روی زمین می‌ریزند (Peyman *et al.*, 2012).

جدول‌های ۴ و ۵ همچنین نشان می‌دهند که ارتفاع سم‌پاشی نیز تحت تأثیر نوع سم‌پاش اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد دارد. بالاتر بودن ارتفاع سم‌پاشی در نوع توربینی (۱۴/۷ متر)، این ماشین را برای سم‌پاشی درختان مرتفع خرما مناسب کرده است. ارتفاع نهایی سم‌پاشی با هر سه نوع سم‌پاش مورد مطالعه بیش از ارقامی است که در جدول ۵ آمده است، اما آنچه اهمیت دارد این است که ارقام یادشده در جدول ۵، ارتفاع سم‌پاشی مؤثر برای این سم‌پاش‌هاست.

**جدول ٤- آنالیز واریانس پارامترها**

**Table. 4. The variance analysis of parameters**

| منابع تغییرات Source of Variation | میانگین مربعات Mean Square | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | قطر متوسط حجمی VMD | قطر متوسط عددی NMD | کیفیت سم‌پاشی Spraying Quality | نشست سم روی زمین Poison deposition on the ground | باد بردگی Drift | ارتفاع سم‌پاشی Height of spraying | محلول مصرفی Solution consumption | ظرفیت واقعی Actual capacity |
| نوع سم‌پاش Sprayer type | 90538.5** | 73.9 ns | 6.531** | 4867.4** | 278.4** | 68.8** | 49.5** | 1314** |
| خطا Error | 97.9 | 1200 | 0.18 | 22.9 | 15.1 | 17.3 | 1.29 | 25.3 |

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار (Not significant)  ** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ (Significant at 1%)

**جدول ٥- مقایسه میانگین پارامترها**

**Table. 5. Mean comparisons of parameters**

| نوع سم‌پاش Sprayer type | قطر متوسط حجمی VMD (micron) | کیفیت سم‌پاشی Spraying Quality | نشست سم روی زمین (میلی‌متر مربع) Poison deposition on the ground ($mm^2$) | باد بردگی (میلی‌متر مربع) Drift ($mm^2$) | ارتفاع سم‌پاشی (متر) Height of spraying (m) | محلول مصرفی (لیتر بر درخت) Solution consumption (l/tree) | ظرفیت سمپاش (درخت بر ساعت) Sprayer capacity (Tree/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سمپاش توربینی Air blast sprayer | a 214.3 | 1.81 a | 17.2 a | 22.3 a | 14.7 a | 5.9 a | 54 a |
| سمپاش کششی لانس‌دار trailed lance sprayer | 318.7 b | b 3.3 | 64.8 b | 9.11 b | 9.8 b | 11.3 b | 30 b |
| سمپاش فرغونی Wheelbarrow sprayer | 459.1 c | 3.84 c | 68.1 b | 12.75 c | 8.2 c | 6.9 a | 27 b |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون آماری فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

In each column, the means with common letters do not have a statistically significant difference at the level of 5%.

جدول ۴ نشان می‌دهد که پارامترهای محلول مصرفی برای سم‌پاشی درختان خرما تحت تأثیر نوع سم‌پاش اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد دارد. بین سم‌پاش توربینی و فرغونی از نظر میزان محلول سم، برای سم‌پاشی هر درخت اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما هنگام سم‌پاشی با سم‌پاش کششی محلول بیشتری، با اختلاف معنی‌دار نسبت به دو نوع سم‌پاش دیگر، مصرف شده است. در بین باغداران رایج است آنقدر محلول سم روی برگ درختان بپاشند تا برگ کاملاً شسته شود؛ سم‌پاش توربینی به علت تولید قطره‌های ریزتر و داشتن ۸ نازل، با مصرف محلول کمتر (حدود ۵۰ درصد کمتر نسبت به سم‌پاش کششی)، گستره‌ای وسیع‌تر از سطح برگ را با مقدار معینی محلول شستشو می‌کند و باغدار از شسته شدن برگ‌ها زودتر مطمئن می‌شود. اما سم‌پاش کششی به علت تولید قطره‌های درشت‌تر، با صرف محلول بیشتر باغداران را به این درجه از اطمینان می‌رساند. سم‌پاش فرغونی نیز از نظر میزان

مصرف محلول، عملکرد بهتری نسبت به سم‌پاش کششی از خود نشان داده است. کاهش میزان محلول مصرفی به این دلیل اهمیت دارد که در مناطق خرماخیز کشور که عمدتاً مناطق گرم و خشک هستند، آب به اندازه کافی وجود ندارد و آب در دسترس هم دارای هدایت الکتریکی[1] بالا و غیر قابل استفاده در سم‌پاش‌هاست. درختان خرما هم اکنون حداقل سه بار در سال سم‌پاشی می‌شوند و در برخی نقاط کیفت آب کشاورزی از نظر هدایت الکتریکی و اسیدیته برای تهیهٔ محلول سم مناسب نیست (چون آب نامتعارف سم را تجزیه می‌کند) و لازم است از آب شیرین برای سم‌پاشی استفاده شود که مستلزم صرف وقت و هزینه برای باغداران است.

نتایج جدول ۵ همچنین نشان می‌دهد ظرفیت سم‌پاش‌ها (یعنی تعداد درخت سم‌پاشی شده در یک ساعت) برای سم‌پاش توربینی ۵۴ و برای سم‌پاش‌های کششی و فرغونی به ترتیب ۳۰ و ۲۷ است؛ به سخنی دیگر، ظرفیت واقعی سم‌پاشی نوع توربینی حدود ۴۵ درصد بیش از ظرفیت واقعی دو نوع سم‌پاش دیگر است.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش، یک سم‌پاش توربینی برای سم‌پاشی درختان مرتفع خرما با ارتفاع بیش از ۱۰ متر بهینه‌سازی شد. تغییرات ایجاد شده روی نمونهٔ اولیهٔ سم‌پاش شامل سوار کردن مخزن سم‌پاش مخصوص نخلستان روی اتصال سه نقطه تراکتور، افزایش طول کانال انتقال سم به میزان ۱/۵ متر، افزایش ظرفیت هوادهی فن و تغییر تعداد و آرایش نازل‌ها بود. پس‌از آن، عملکرد سم‌پاش بهینه‌سازی شده و دو سم‌پاش لانس‌دار تراکتوری و فرغونی، به عنوان سم‌پاش‌های رایج در منطقه، آزمایش و ارزیابی و ۸ پارامتر برای بررسی توانایی این سم‌پاش‌ها در پیشبرد سم‌پاشی درختان مرتفع خرما اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد درختان خرما در منطقهٔ بم با ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ متر (یا حتی بیش از این) و قطر تاج ۷ تا ۱۰ متر، به ماشین سم‌پاش مخصوصی نیاز دارند که بتواند محلول سم را به صورت یکنواخت با اندازهٔ قطره‌های توصیه شده، تا ارتفاع ۱۵ متر پرتاب کند. با استفاده از سم‌پاش توربینی بهینه‌سازی شده برای سم‌پاشی درختان خرما، می‌توان کیفیت سم‌پاشی را نسبت به سم‌پاش لانس‌دار افزایش داد (ضریب کیفیت سم‌پاشی ۱/۸۱ برای سم‌پاش توربینی در مقابل ۳/۳ و ۳/۸۴ برای سم‌پاش‌های کششی و فرغونی). این سم‌پاش با تولید قطره‌های سم که حدود ۷۸ درصد از آن‌ها کمتر از ۳۰۰ میکرون هستند می‌تواند محلول سم را تا ارتفاع حدود ۱۵ متر با کیفیت و اندازه قطره‌های ۳۰۰-۱۰۰ میکرون پرتاب کند، در حالی‌که سم‌پاش‌های لانس‌دار می‌توانند محلول را تا ارتفاع کمتر از ۱۰ متر پرتاب کنند. نشست سم روی زمین، در سم‌پاش توربینی بهینه‌سازی شده، حدود ۷۵ درصد کمتر است تا در دو نوع سم‌پاش لانس‌دار دیگر، ولی بادبردگی در سم‌پاش‌های توربینی بیشتر از بادبردگی در دو نوع سم‌پاش دیگر است. میزان مصرف محلول سم در سم‌پاش توربینی حدود ۵۰ درصد کمتر و ظرفیت سم‌پاشی آن (۵۴ درخت در ساعت) نسبت به ظرفیت سم‌پاشی‌در نوع کششی و فرغونی (به ترتیب ۳۰ و ۲۷ درخت در ساعت) بیشتر است.

## مراجع


Anon. (2007). Methods for field measurement of spray drift. ISIRI. No. 10493. (in Persian)

Anon. (2008). Field measurement of spray distribution in tree and bush crops. ISIRI. No. 10347. (in Persian)

Anon. (2014). Date dubas bug (Ommatissus lybicus) notes and ways to control it in the form of IPM. Plant Protection Organization, Office of Advent. Ministry of Jahad-e-Agriculture. (in Persian)

Babashani, B., Jilyep, Y. D., Mohammed U.S., & Ndirika, V. I. O (2013). Spray mass flux application variables of tree sprayers. *Science Agriculture, 2*(1), 16-21.

Behzadipour, F., Ghasemi Nejad Raeeni, M., Asoodar, A., Marzban, A., & Abdanan Mehdizadeh, S. (2017). The regression analysis of technical factors on the drift and droplets size at the spraying by using from Laboratory and software. *Iranian Journal of Biosystems Engineering, 48*(1), 109-101. (in Persian)

Endalew, A. M., Debaer, C., Rutten, N., Vercammen, J., Delele, M. A., Ramon, H., Nicolaï B.M., & Verboven P. (2010). Modelling pesticide flow and deposition from air-assisted orchard spraying in orchards: A new integrated CFD approach. *Agricultural and Forest Meteorology, 150*(10), 1383-1392.

Fattahi, S. H., Abdollahpoor, Sh., Esmaeilzadeh, E., & Moghaddamvahed, M. (2014). Evaluation of an experimental model for flat-fan nozzles drift in wind tunnel by image processing. *Journal of Agricultural Machinery, 4*(2), 266-274. (in Persian)

Heidari, A., & Assari, M. J. (2016). To investigate the effectiveness of aerial spraying on the control of Dubas bug Ommatissus lybicus. 27th Iranian Plant Protection Congress Proceedings. Aug. 30. University of Tehran, Karaj, Iran. (in Persian)

Jafari Malekabadi, A., Sadeghi, M., & Zaki Dizaji, H. (2014). Design and fabrication of telescopics boom for spraying orchards and comparison with a conventional sprayer. *Journal of Mechanical Sciences in Agricultural Machines, 2*(2), 28-43. (in Persian)

Jafari Malekabadi, A., Sadeghi, M., & Zaki Dizaji, H. (2016). Comparing quality of a telescopic boom sprayer with conventional orchard sprayers in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology, 18*, 585-599.

Khot, L. R., Ehsani, R., Maja, J. M. J., Campoy, J. M., Wellington, C., & Al-Jumaili, A. (2014). Evaluation of deposition and coverage by an air-assisted sprayer and two air-blast sprayers in a citrus orchard. *Transactions of the ASABE, 57*(4), 1007-1013.

Manor, G., Hofner, A., Phishler, G., Epstein, Y., Nakash T., & Jacobi, M. (1989). Air stream facilitated application of cotton foliage treatments. *Transaction of the ASAE, 32*, 37-40.

Mokhtarpoor, B., Tabatabaeikloor, R., & Ebtali, Y. (2015). *Assessment of the quality and manner of spraying of toxins in gardens by turbine spray gun and Lance sprayer. The first Scientific Congress on the Development and Promotion of Agricultural Sciences and Natural Resources in Iran.* Sep. 19-20. Association for the Promotion of Basic Sciences and Technology, Tehran, Iran. (in Persian)

Naseri, M., Abbaspoorfard, M. H., Chaji, H., & Heidarzadeh, E. (2008). *Investigating the effect of nozzle aperture diameter, pump pressure and tractor speed, on uniformity of spraying in air blast sprayer. 5th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization*. Aug. 27. Mashhad, Iran. (in Persian)

Peyman, L., Abdollahpoor Sh., Ranabonab, B., & Moghaddam, M. (2011). *Evaluation of the factors affecting the size of the toxin particles in order to stabilize the Volume mean diameter (VMD). Second National Conference on Mechanization ., & Modern Technologies in Agriculture*. March 9-11, Institute of Simaye Danesh, Ahvaz, Iran. (in Persian)

Peyman, L., Abdollahpoor, Sh., Ranabonab, B., & Mahmoodi, A. (2012). *Investigating the factors affecting the uniformity of the particle size of the poison using the c.v. First National Congress on Science and Technology in Agriculture*. Sep. 10-12. Zanjan University, Zanjan, Iran. (in Persian)

Pejman, H., Torahi, A., & Nikbakht, P. (2006). Instructions for planting, keeping and harvesting dates. Ministry of Jahad-e-Agriculture, AREEO, Dates and Tropical Fruits Research Institute. (in Persian)

Rostami, M. A., & Taheri Khorasani, N. (2018). Optimization and evaluation of a garden turbine sprayer for spraying the palm trees. *Research Report*. Ministry of Jahad-e-Agriculture. AREEO, Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

Safari, M., Sharifnasab, H., & Serajeh, H. (2011). Development and evaluation of boom automizer sprayer to control sunn pests in wheat production. *Research Report*. Ministry of Jahad-e-Agriculture. AREEO, Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

Safari, M., Chaji, H., Lovaimi N., & Amirshaghaghi, F. (2007). The technical evaluation of sprayers used in wheat fields and the identification of suitable methods and machines. *Research Report*. Ministry of Jahad-e-Agriculture. AREEO, Agricultural Engineering Research Institute. No. 861324. (in Persian)

Scudeler, F., & Raetano, C.G. (2006). Spray deposition and losses in potato as a function of air-assistance and sprayer boom angle. *Scientia Agricola, 63*(6), 515-521.

*Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.22/No.77/Spring2021/P:19-34*

**Research Paper**

# Optimization and Evaluation of a Turbine Sprayer for Spraying the Date Palm Trees and Comparison of Its Performance with Two Types of Lance Sprayer

**M. A. Rostami* and N. Taheri-Khorasani**

*Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Resource Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran. Email: marostami1351@gmail.com
Received: 6 May 2019, Accepted: 31 August 2019

**Abstract**

Available crop and garden sprayers are not able to spray palm trees at relatively high height. In this study, an air blast sprayer was developed for high palm trees, and its performance was evaluated and compared with that of trailed and wheelbarrow lance sprayers. In order to evaluate the sprayers in the region, eight important traits were considered. The results of this study showed that the optimum air blast sprayer quality was better than that of the trailed and wheelbarrow lance sprayers; the spray quality coefficient was 1.81 versus 3.3 and 3.84 for trailed and wheelbarrow lance sprayers, respectively. When using turbine sprayers, the presence of chemicals on the ground was seventy-five percent less, although more drifts, comparing to consequenses gained from trailed and wheelbarrow lance sprayers. The amount of solvents used in turbine sprayer was about 50% lower than that in two lance sprayers. Spraying capacity was 54 trees per hour with no labourer, for turbine sprayer, comparing to 30 and 27 trees per hour with one labourer for trailed and wheelbarrow sprayers respectively. Results indicated that it would be better to use an optimized turbine sprayer for spraying palm trees with different heights.

**Keywords:** Drift, Palm Grove, Spraying Capacity, Spraying Quality

© 2021 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)