

ارزیابی عوامل فنی سم‌پاش توربینی زراعی بر کیفیت پاشش و قطر قطرات با پردازش تصویر

فائزه بهزادی پور^۱ - محمود قاسمی نژاد رایینی^{۲*} - محمدامین آسودار^۳ - افشین مرزبان^۴ - سامان آبدانان مهدی زاده^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۲۲

چکیده

امروزه، اهمیت کیفیت سم‌پاشی در سم‌پاش‌ها و بهره‌مندی بیشتر از دستگاه سم‌پاش و سم مصرفی مهمترین مسئله پیش‌روی کاربران و سازندگان سم‌پاش‌ها است. بنابراین آزمایشی با سم‌پاش توربینی زراعی (توربولاینر) مدل توربینا اس.ای. ۸۰۰ به صورت آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل فشار سم‌پاشی با سه سطح ۱۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۵۰۰ کیلوپاسکال، دور پروانه با دو سطح ۱۹۹۸ و ۲۴۳۰ دور در دقیقه و سرعت پیشروی با دو سطح ۹ و ۱۳/۵ کیلومتر بر ساعت بودند. آنالیز تصاویر با نرم‌افزارهای ImageJ و MATLAB R2015a انجام گردید. نتایج نشان داد که با افزایش فشار، قطر حجمی ۵۰ درصد، قطر میانه عددی و شاخص کیفیت پاشش دارای روندی کاهشی بودند و افزایش دور پروانه و سرعت پیشروی موجب کاهش قطر حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی شد. در ترکیب تیمارها، افزایش فشار و دور پروانه، باعث کاهش ۷۲، ۶۹ و ۴۶ درصد به ترتیب در قطر حجمی ۵۰ درصد، قطر میانه عددی و شاخص کیفیت پاشش شد. با توجه به اهمیت شاخص کیفیت پاشش در این آزمایش، بیشترین میزان این شاخص (۲/۹۱) در حالتی رخ داد که دستگاه با فشار ۱۰۰۰ کیلوپاسکال، دور پروانه ۲۴۳۰ دور در دقیقه و سرعت پیشروی ۹ کیلومتر بر ساعت تنظیم شده بود.

واژه‌های کلیدی: بادبردگی، پردازش تصویر، سم‌پاش توربولاینر، قطر حجمی، یکنواختی پاشش

مقدمه

پژوهش‌ها و اقداماتی با توجه به عوامل مؤثر بر آن صورت گرفته است. مقدار مایع سم پاشیده شده با تغییر سرعت پیشروی هنگام سم‌پاشی تغییر می‌کند. بر این اساس پژوهش‌ها نشان دادند که سرعت پیشروی بر یکنواختی پاشش (قطر میانه حجمی / قطر میانه عددی) در سم‌پاش توربولاینر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و مناسب‌ترین میزان یکنواختی پاشش (۹/۳۹۴) مربوط به بیشترین سرعت پیشروی یعنی ۸/۱۲ کیلومتر در ساعت و کمترین میزان (۱۶/۳۴) مربوط به سرعت پیشروی ۵/۲ کیلومتر در ساعت بود (Naseri et al. 2007).

نتایج به دست آمده از پژوهش‌ها حاکی از آن است که فشار سم‌پاشی در سم‌پاش توربولاینر^۶ از نظر آماری بر میزان یکنواختی پاشش اثر معنی‌داری نداشته است، هرچند که باز هم کمترین فشار (۱۵ بار)، بیشترین یکنواختی پاشش (و بیشترین قطر حجمی ۵۰ و ۹۰ درصد) را به میزان ۱۰/۷۴ به همراه داشته است (Naseri et al. 2007) اما در پژوهشی دیگر با بررسی یکنواختی پاشش در سه سطح فشار ۳، ۴ و ۵ بار، به مقادیری برای یکنواختی پاشش با میانگین به ترتیب ۰/۹۶، ۰/۸۳۸ و ۰/۸۴۷ دست یافتند که نشان دادند با افزایش فشار، ذرات سم پاشیده شده (قطر قطرات) یکنواخت‌تر

امروزه توجه به مسائل ایمنی و زیست محیطی در تمام بخش‌های کشاورزی، صنعتی و خدماتی کشورهای مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. در بخش کشاورزی با وجود تلاش‌های فراوان برای یافتن روش‌های جایگزین، سالانه میلیون‌ها لیتر ماده سمی برای کنترل آفات و علف‌های هرز مزارع مصرف می‌شود. پدیده بادبردگی، یکی از چالش برانگیزترین مساله فراروی کاربران در سم‌پاشی و سازندگان سم‌پاش‌ها می‌باشد که برای کاهش و کنترل این پدیده،

- ۱- دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی مکانیزاسیون دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
- ۲- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
(*) نویسنده مسئول: (Email: ghasemi.n.m@ramin.ac.ir)
- ۳- استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
- ۴- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
- ۵- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

به‌منظور بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت پاشش ذرات سم، تحقیقی در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، در شمال شرقی اهواز در سال زراعی ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با سه فاکتور و سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی بود. عامل اول فشار سم‌پاشی با سه سطح (۱۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۵۰۰ کیلوپاسکال)، عامل دوم سرعت پروانه با دو سطح (۱۹۹۸ و ۲۴۳۰ دور در دقیقه) و عامل سوم سرعت پیشروی با دو سطح (۹ و ۱۳/۵ کیلومتر بر ساعت) اعمال شدند. جهت اجرای طرح از سم‌پاش توربینی زراعی (توربولاینر) ساخت ایتالیا که به تراکتور جان‌دیر ۳۱۴۰ متصل شد، استفاده گردید. این طرح مطابق با تقویم زراعی سم‌پاشی محصول کلزا، در شرایط مزرعه و در هوای آرام با ثبت سرعت باد، رطوبت نسبی و دمای هوا اجرا شد. سرعت باد بین ۲/۵-۰ کیلومتر بر ساعت و دمای هوا بین ۱۸/۸ تا ۲۰/۷ درجه سانتی‌گراد با بادسنج و دماسنج ترموانیومومتر^۳ TAM 618 ساخت ژاپن و رطوبت نسبی هوا بین ۲۹/۷ تا ۳۲/۵ درصد با دستگاه رطوبت‌سنج ای‌پرسیژن^۴ مدل هار. هیگرومتر^۵ ثبت گردید.

پس از کالیبره کردن و تعیین میزان دبی خروجی سم‌پاش بر حسب لیتر بر هکتار در چندین مرحله و با دقت زیاد، با انجام آزمایش، شاخص کیفیت پاشش و قطر میانه حجمی ۵۰ درصد قطرات با استفاده از پردازش‌های تصویری، محاسبه و اندازه‌گیری شدند.

کارت‌های حساس به آب

از کارت‌های حساس به آب که آغشته به محلول برموفنل^۶ آبی بوده و به محض برخورد قطرات حاوی آب با سطح کاغذ، لکه‌هایی آبی رنگ در نتیجه یونیزه شدن رنگ اصلی به سطح کاغذ پدیدار می‌شود، استفاده شد (Naseri et al., 2007; Daneshjoo et al., 2009). کارت‌ها در هر تکرار تا شعاع پاشش دستگاه یعنی ۲۰ متر به تعداد ۱۱ عدد با فواصل ۲ متر قرار گرفتند. پس از اتمام هر بار سم‌پاشی، از این کارت‌ها توسط دوربین (مدل SX-170 Canon)، عکس‌برداری شد.

مطابق با استانداردها، تراکتور در فاصله ۲/۵ متری از اولین جعبه حاوی کارت که علامت‌گذاری شده بود، به صورت عمود بر ردیف جعبه‌ها و پاشش در جهت باد، حرکت کرد (Gil et al., 2013).

اندازه قطرات و شاخص کیفیت پاشش

برای ثبت و اندازه‌گیری تعداد و اندازه قطرات پاشیده شده، از

می‌شوند (Peyman et al. 2011). در تحقیقی، با بررسی تأثیر فشار بر مقادیر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد برای نازل‌های هوا القایی (EZ11003) در فشار ۲۵۰، ۳۵۰ و ۴۵۰ کیلوپاسکال به ترتیب مقادیر ۵۲۸، ۴۸۳ و ۴۲۴/۵ درصد به دست آمد، بدین معنی که مقادیر قطر میانه حجمی با افزایش فشار، کاهش می‌یابد (Czaczyk et al. 2012).

با افزایش فشار سم‌پاشی از ۱۵۰ تا ۴۵۰ کیلوپاسکال، کاهش اندازه قطرات را در نازل‌های بادبزی یکنواخت (XR11002) تقریباً از ۲۴۲ به ۱۷ میکرومتر و در نازل‌های توربو (TT11002) تقریباً از ۴۰۰ به ۲۳۰ میکرومتر به دست آوردند، که این میزان کاهش برای نازل‌های ونتوری^۱ (AI11005) با کاهش فشار از ۲۸۰ به ۸۰۰ کیلوپاسکال کاهش در اندازه قطرات را تقریباً از ۶۶۶ به ۳۸۳ میکرومتر نتیجه گرفتند (Dorr et al. 2013). مطابق نتایج پژوهشی با افزایش فشار از ۳ به ۴ بار، اندازه قطرات و قطر میانه حجمی به طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی با افزایش فشار از ۲ به ۳ بار، اندازه قطرات و قطر میانه حجمی افزایش یافت بدین صورت که قطر میانه حجمی DV0.1، DV0.5 و DV0.9 برای فشار ۲ بار به ترتیب برابر ۱۳۱/۲، ۲۶۵/۴ و ۳۹۹/۳ میکرومتر، برای فشار ۳ بار برابر ۱۴۴/۱، ۲۷۳/۶ و ۴۲۱/۹ میکرومتر و برای فشار ۴ بار برابر ۱۱۷/۵، ۲۴۶/۵ و ۴۲۶ میکرومتر بود (Nuyttens et al., 2009).

محققان با بررسی اثر سرعت پروانه بر میزان پوشش سم روی گیاهان و اندازه قطرات، نتیجه گرفتند که با کاهش سرعت فن از ۲۰۷۶ دور در دقیقه به ۱۵۵۷ دور در دقیقه، قطر میانه حجمی قطرات از ۳۶۰ میکرومتر به ۴۶۰ میکرومتر افزایش می‌یابد، و نیز میزان پوشش سم در دورترین نقطه بادبردگی که در فاصله ۲۴/۴ متری بود، از ۱۰/۱ درصد به ۰/۰۴ درصد کاهش یافت (Landers and Farooq 2004).

تعداد سم‌پاش‌های توربینی زراعی در کشور به ۲۳۰۳ می‌رسد و با توجه به اینکه کاربرد این سم‌پاش‌ها در مزارع در حال افزایش است، لذا این پژوهش در رابطه با بررسی شاخص کیفیتی و قطر قطرات جهت بهبود کیفیت کار در این نوع سم‌پاش‌ها انجام شد. به‌منظور تعیین شاخص کیفیت پاشش، تعداد و اندازه قطرات در زمان سم‌پاشی، از رنگ تارترازین^۲ زرد رنگ با کد ای ۱۰۲ که در مخزن سم‌پاش به صورت محلول با آب ریخته شد استفاده گردید. این رنگ، نوعی رنگ خوراکی است که به میزان ۵-۶ گرم بر لیتر در آب حل گردید (Balsari et al., 2007; Balsari et al., 2014; Gil et al., 2012; Gil et al., 2013 and Gil et al., 2015).

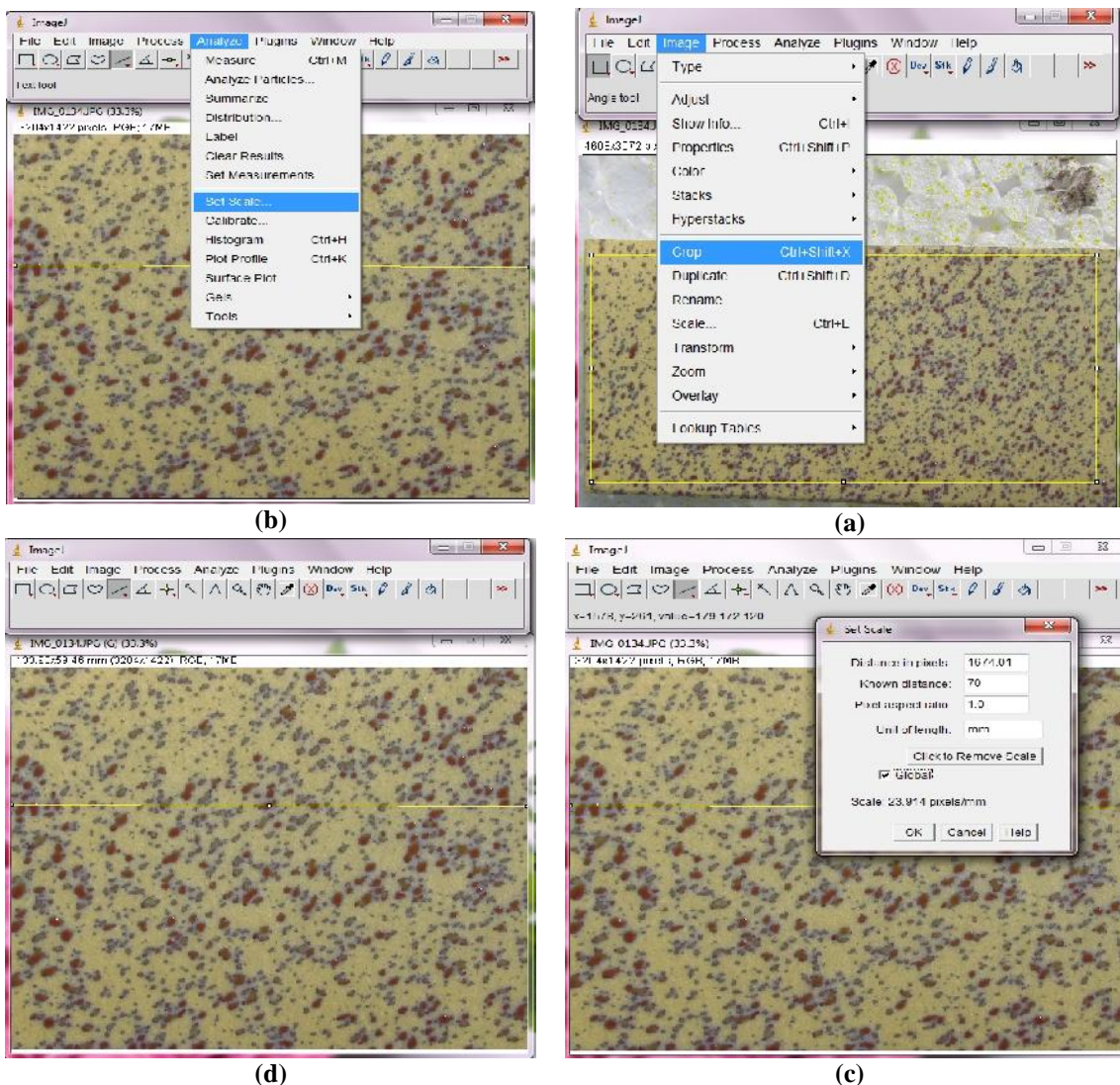
مواد و روش‌ها

- 3- Thermo anemometer
- 4- A precision
- 5- Haar hygrometer
- 6- Bromophenol

- 1- Venturi
- 2- Tartrazine

گرفت و قسمت مورد نظر از کارت، برش داده شد. در مرحله دوم (c) و (b) جهت مقیاس‌بندی تصویر برش زده شده و محاسبه طول تصویر بر حسب میلی‌متر، از قسمت آنالیز و تنظیمات مقیاس، طول کارت و واحد مقیاس‌بندی ثبت گردید، سپس در تصویر (شکل d) طول قسمت برش داده شده بر حسب میلی‌متر نشان داده شد.

کارت‌های حساس به آب استفاده شد (Douzals *et al.*, 2010; Gil *et al.*, 2013; Wolf *et al.*, 1993). پس از اجرای هر تکرار سریعاً از هر کارت عکس‌برداری شد، سپس قسمتی از کارت‌ها با نرم افزار ImageJ (Purhajy and Mazaheri tehrani, 2013) برش زده شد. مراحل برش تصاویر در این نرم افزار در شکل ۱ به ترتیب نشان داده شده است. مطابق با شکل ۱، ابتدا تصویر کارت در نرم افزار قرار

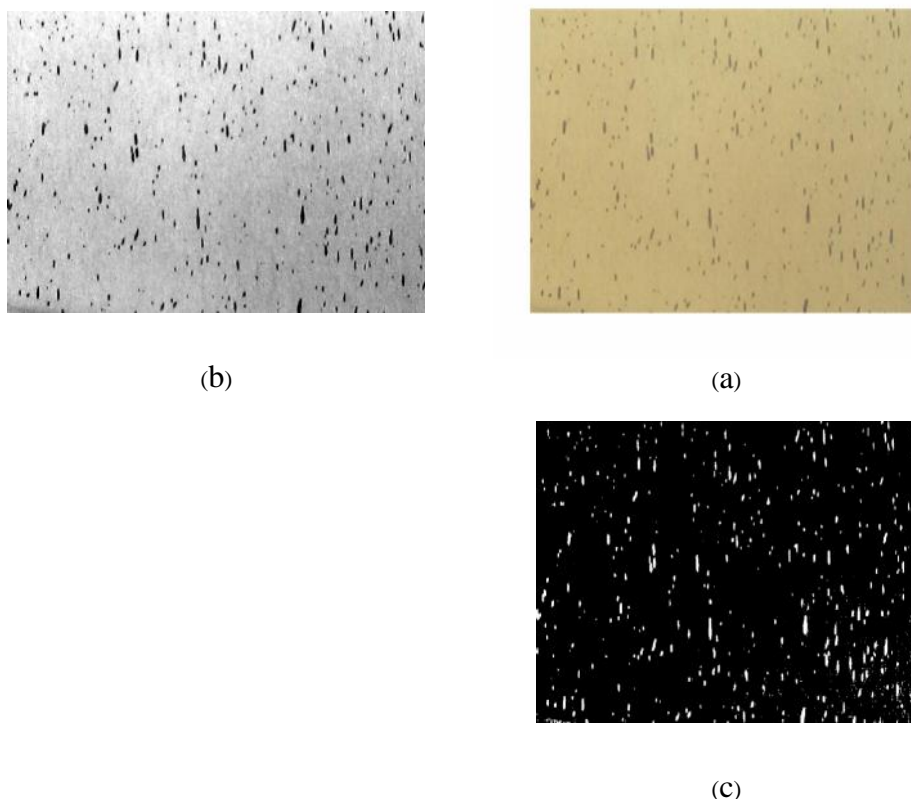


شکل ۱- مراحل کار با نرم افزار ImageJ (a) برش تصویر کارت حساس به آب (b) انتخاب طول تصویر جهت مقیاس‌بندی (c) تعیین مقیاس و واحد بر حسب میلی‌متر (d) نمایش طول تصویر بر حسب میلی‌متر متناسب با مقیاس ثبت شده

Fig.1. Process in Image J software (a) Cutting the water sensitive paper (b) Selecting the image for scaling (c) Determining the scale in mm (d) Displaying the picture (in mm) according to the scale

رنگی به خاکستری تبدیل یافتند و هیستوگرام تصاویر گسترش یافت (شکل b2). در مرحله بعد، تصاویر با روش Otsu (Otsu, 1979) به تصاویر باینری تبدیل (شکل c2) و ذرات درون هر تصویر برچسب زده و پارامترهای مورد نظر از درون آن‌ها استخراج گردیدند.

تصاویر برش داده شده با نرم افزار MATLAB (2015a) در دو مرحله جهت تعیین پارامترهای مورد نیاز، بررسی گردید (شکل ۲). ابتدا تصویر برش داده شده در نرم افزار MATLAB (2015a) قرار گرفت (شکل a)، سپس به منظور تعیین ابعاد قطرات، تصاویر از حالت



شکل ۲- مراحل کار با نرم افزار MATLAB 2015a (a) تصویر کارت حساس به آب برش داده شده (b) تبدیل تصویر رنگی به خاکستری و گسترش هیستوگرام (c) تصویر باینری شده با روش Otsu

Fig.2. Process in MATLAB software (a) cutted water sensitive paper (b) Converting the color image to gray and histogram expansion (c) Binary image using Otsu

نتایج تجزیه واریانس مربوط به بررسی فاکتورهای فشار سم‌پاشی، سرعت پیشروی و دور پروانه بر قطر میانه حجمی، قطر میانه عددی و شاخص کیفیت پاشش در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثر فشار سم‌پاشی بر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد، قطر میانه عددی و شاخص کیفیت پاشش در شکل ۳ نشان داده شده است.

با کاهش فشار سم‌پاشی از ۳۵۰۰ به ۱۰۰۰ کیلوپاسکال، قطر میانه حجمی ۵۰٪ از ۰/۲۴ به ۰/۵۵ میلی‌متر و قطر میانه عددی از ۰/۱۱ به ۰/۲۷ میلی‌متر افزایش یافت. کاهش فشار سم‌پاشی باعث افزایش قطر و نیز افزایش حجم قطرات گردید که متناسب با افزایش حجم، افزایش قطر حجمی و قطر میانه عددی نتیجه شد. اگرچه افزایش فشار سم‌پاشی منجر به کاهش هر دو شاخص قطر میانه حجمی و عددی قطرات گردید، اما طبق رابطه شاخص کیفیت پاشش با این دو فاکتور، در مجموع اثر کاهش قطر میانه حجمی نیز بیشتر بوده که کاهش شاخص کیفیت پاشش را نتیجه داد. بنابراین با

نتایج به دست آمده از برنامه MATLAB (2015a) با نرم افزار آماری SAS 9.2 آنالیز و نتایج در اکسل^۱ ثبت و فرمول‌بندی شدند. هرچه شاخص کیفیت پاشش به عدد یک نزدیکتر باشد، کیفیت پاشش بهتر است، به عبارت دیگر در بهترین شرایط، قطر میانه حجمی و قطر میانه عددی برابر است که البته رسیدن به آن در عمل غیر ممکن خواهد بود. پس از پردازش تصویرها توسط نرم‌افزار MATLAB، شاخص کیفیت پاشش با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Safari et al., 2009):

$$(۱) \quad \text{شاخص کیفیت پاشش} = \text{VMD/NMD}$$

VMD: قطر میانه حجمی (میلی‌متر)
NMD: قطر میانه عددی (میلی‌متر)

نتایج و بحث

آوردند (افزایش فشار باعث کاهش قطر میانه حجمی قطرات می‌شود)، هم‌خوانی دارد.

نتایج مقایسه میانگین اثر دور پروانه بر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی قطرات در شکل ۴ نشان داده است.

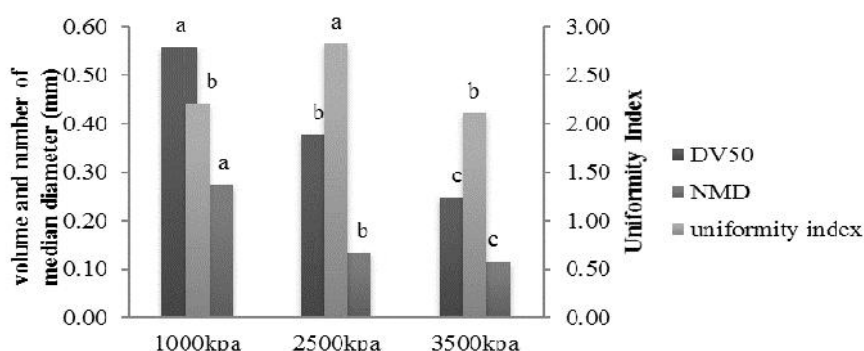
افزایش فشار سم‌پاشی، قطر قطرات و در نتیجه شاخص کیفیتی پاشش کاهش یافت. شکل ۳ نشان داد که با افزایش فشار از ۲۵۰۰ به ۳۵۰۰ کیلوپاسکال، شاخص کیفیت پاشش ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. نتایج به‌دست آمده با نتایج حاصل از پژوهش‌های Czaczyk *et al.* (2012); Peyman *et al.* (2011); Nuyttens *et al.* (2009) که رابطه معکوسی بین فشار سم‌پاشی و قطر قطرات به‌دست

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سرعت پیشروی، فشار سم‌پاشی و دور پروانه بر شاخص کیفیت پاشش، قطر میانه حجمی و عددی

Table 1- Analysis of variance of the effect of forward speed, spray pressure and fan speed on spray quality index, volume median diameter (VMD) and number median diameter (NMD)

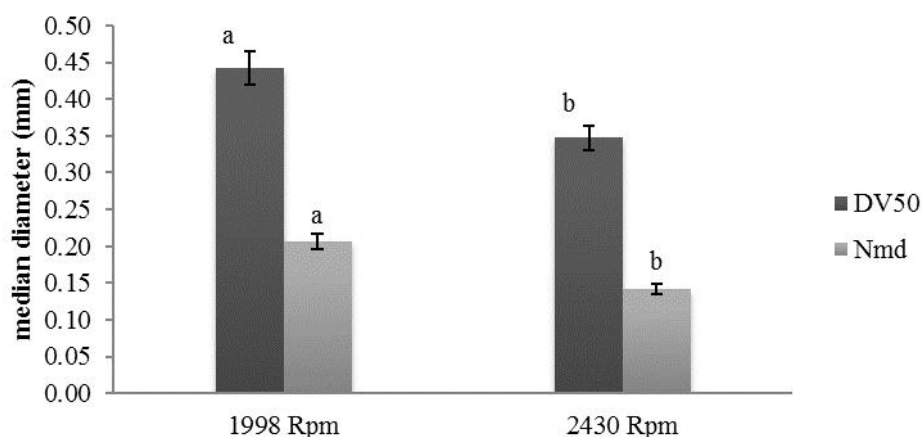
منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی (df)	شاخص کیفیت پاشش Spray quality spray	میانگین مربعات	
			قطر میانه حجمی ۵۰٪ (DV50) Volume median diameter (mm)	قطر میانه عددی (NMD) Number median diameter (mm)
فشار (P) Pressure	2	1.87**	0.292**	0.091**
سرعت پروانه (F) Fan speed	1	0.021 ^{n.s}	0.081**	0.037**
سرعت پیشروی (V) Forward speed	1	0.033 ^{n.s}	0.027**	0.006**
اثر متقابل (P×F) Interaction	2	3.44**	0.012*	0.027**
اثر متقابل (P×V) Interaction	2	0.45*	0.003 ^{n.s}	0.003**
اثر متقابل (F×V) Interaction	1	0.16 ^{n.s}	0.004 ^{n.s}	0.00005 ^{n.s}
اثر متقابل (P×F×V) Interaction	2	0.35 ^{n.s}	0.002 ^{n.s}	0.001*
خطا error	24	0.12	0.003	0.00004
ضریب تغییرات % CV%	-	15	14.6	3.9

*, **, n.s به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪، ۱٪ و غیر معنی‌دار
*, **, and n.s means significant at 5%, 1% and not significant



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر فشار سم‌پاشی بر قطر میانه حجمی ۵۰٪، قطر میانه عددی و شاخص کیفیت پاشش

Fig. 3. Mean comparison of the effect of the pressure on the volume median diameter (50%), number median diameter and spray quality index



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر دور پروانه بر قطر میانه حجمی ۵۰٪ و قطر میانه عددی

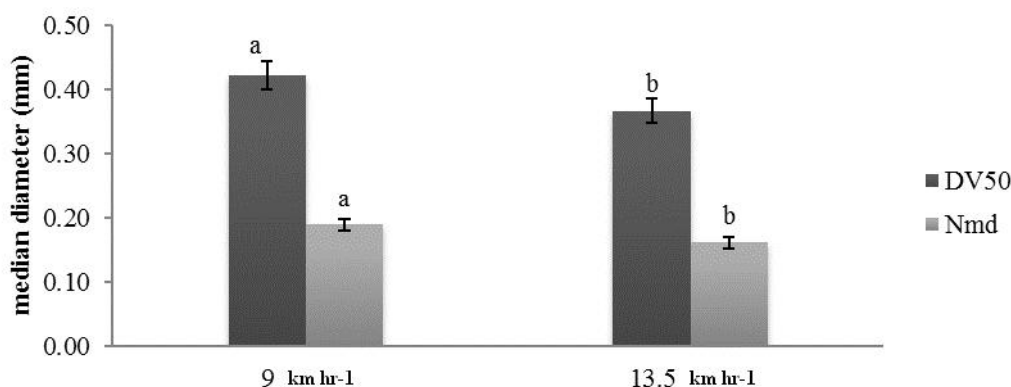
Fig. 4. Mean comparison of the effect of fan speed on the volume median diameter (50%) and number median diameter

مطابق با نتایج ارائه شده در این پژوهش با کاهش دور پروانه از ۲۰۷۶ دور در دقیقه به ۱۵۵۷ دور در دقیقه، قطر میانه حجمی قطرات از ۳۶۰ میکرومتر به ۴۶۰ میکرومتر افزایش می‌یابد، که با تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

نتایج مقایسه میانگین اثر سرعت پیشروی بر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی قطرات در شکل ۵ نشان داده شده است.

مطابق با شکل ۴، با افزایش دور پروانه از ۱۹۹۸ به ۲۴۳۰ دور در دقیقه، قطر حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی به ترتیب ۲۲ و ۳۰ درصد کاهش یافتند. با افزایش دور پروانه، هوای خروجی برای پودرسازی قطرات محلول افزایش یافت؛ بنابراین قطرات با قطر و نهایتاً حجم کوچکتر تولید شده که باعث کاهش قطر حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی گردید.

در پژوهشی (Landers and Farooq 2004) به بررسی اثر دور پروانه بر میزان پوشش سم روی گیاهان و اندازه قطرات پرداختند.



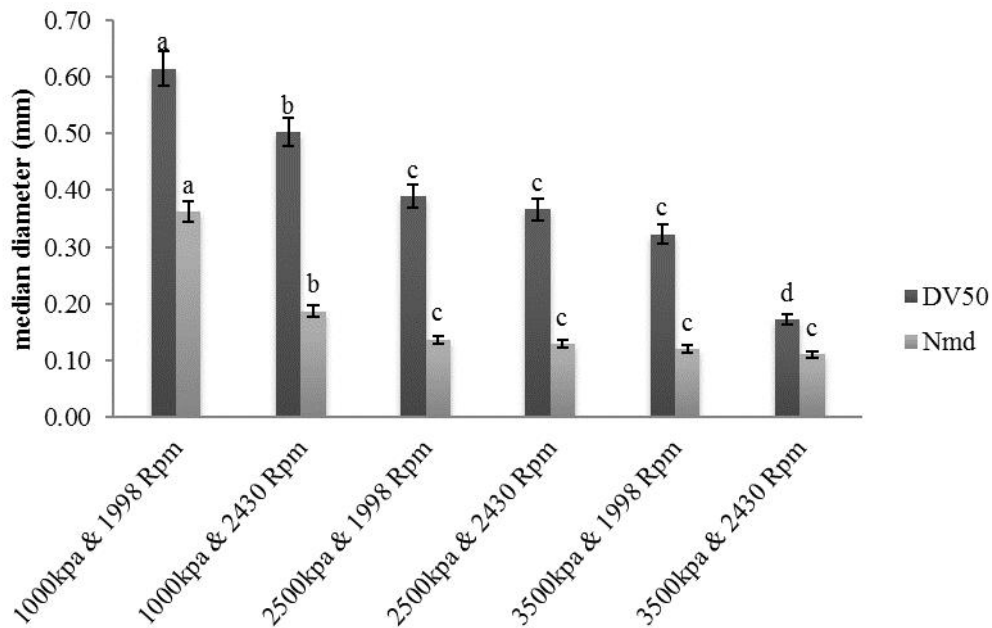
شکل ۵- مقایسه میانگین اثر سرعت پیشروی بر قطر میانه حجمی ۵۰٪ و قطر میانه عددی

Fig. 5. Mean comparison of the effect of forward speed on the volume median diameter (50%) and number median diameter

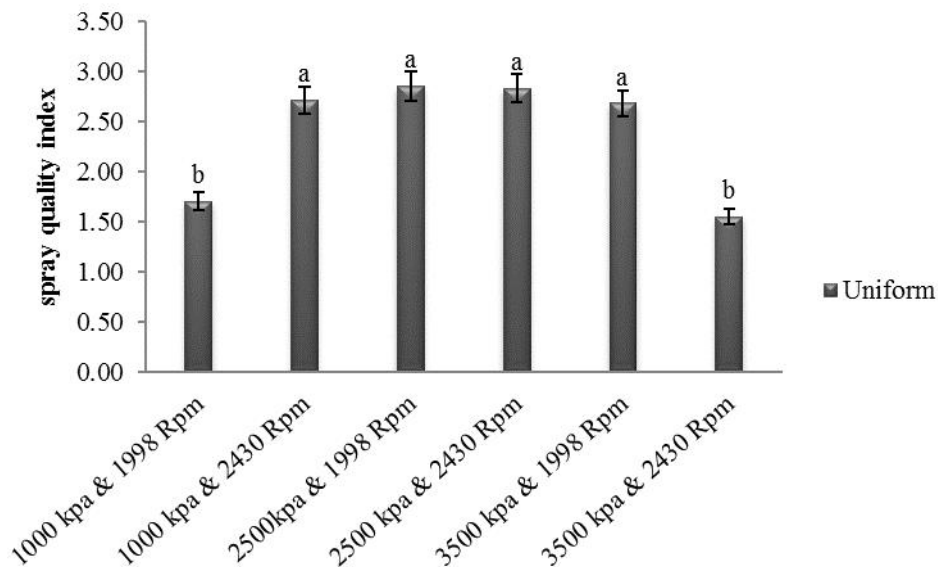
(2007) اثر افزایش سرعت پیشروی را در سم‌پاش توربولاینر بررسی کردند. مطابق با پژوهش صورت گرفته با افزایش سرعت در ۳ سطح ۲/۴۳، ۵/۲۰ و ۸/۱۲ کیلومتر بر ساعت، قطر میانه حجمی ۵۰ درصد قطرات به ترتیب ۴/۰۵، ۱/۷۵ و ۰/۹۸ میلی‌متر و قطر میانه عددی قطرات به ترتیب ۱/۲۶، ۰/۲۲ و ۰/۱ میلی‌متر نیز کاهش می‌یابد، که با

مطابق با شکل ۵، با افزایش سرعت پیشروی از ۹ به ۱۳/۵ کیلومتر بر ساعت، قطر حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی قطرات به ترتیب ۱۴ و ۱۱ درصد کاهش یافت. متناسب با افزایش سرعت پیشروی، فشار هوا بر روی نازل‌ها بیشتر شد که باعث ریزتر شدن اندازه، قطر و حجم قطرات گردید. در پژوهشی Naseri et al.

نتایج حاضر هم‌خوانی دارد. بررسی نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل فشار سم‌پاشی و دور پروانه بر قطر میانه حجمی ۵۰٪ و قطر میانه عددی قطرات در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل فشار و دور پروانه بر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی
Fig. 6. Mean comparison of the interaction of the pressure and fan speed on the volume median diameter (50%) and number median diameter



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل فشار و دور پروانه بر شاخص یکنواختی پاشش
Fig. 7. Mean comparison of the interaction of pressure and fan speed on the spray uniformity index

یافت. با افزایش فشار و دور پروانه، قطرات تحت تأثیر فشار و هوای بیشتری قرار گرفتند و قطرشان کوچکتر شد که با کاهش قطر، روند

نتایج نشان داد (شکل ۶) که با افزایش فشار سم‌پاشی و افزایش دور پروانه، قطر حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی قطرات کاهش

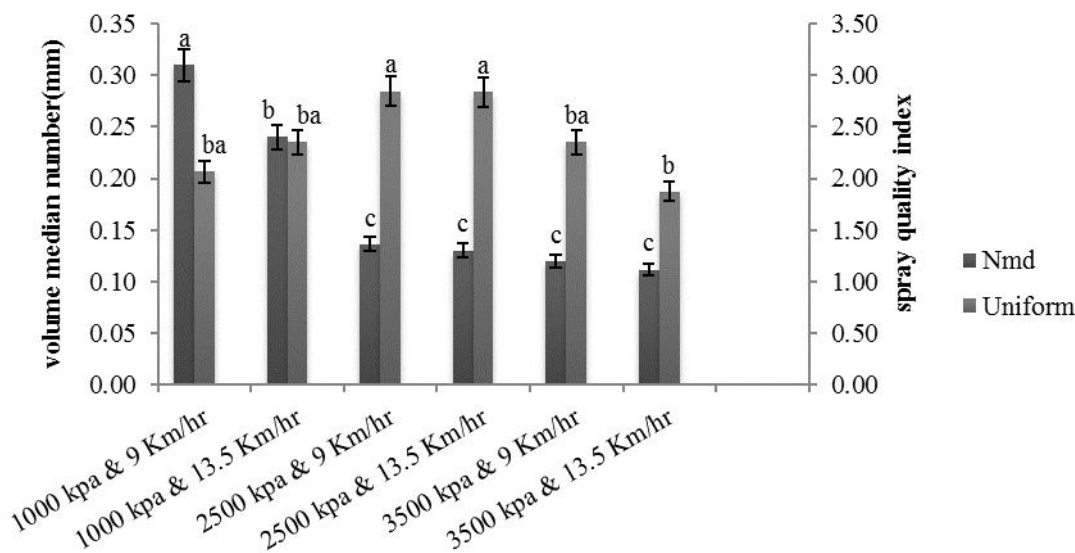
در فشار ۲۵۰، ۳۵۰ و ۴۵۰ کیلوپاسکال به ترتیب مقادیر ۵۲۸، ۴۸۳ و ۴۲۴/۵ درصد به دست آوردند بدین معنی که مقادیر قطر میانه حجمی با افزایش فشار، کاهش می‌یابد. Peyman *et al.* (2011) بیشترین قطر میانه حجمی در فشار ۳ بار به مقدار ۵۴۶/۲۶۷ میکرون و کمترین آن در فشار ۵ بار به میزان ۳۹۲/۵۲۰ میکرون ثبت کردند که مشخص است در فشارهای بالاتر، اندازه قطرات ریزتر و در فشارهای پایین‌تر، ذراتی با اندازه بزرگ‌تر تولید می‌شوند. در پژوهشی دیگر از Nuytens *et al.* (2009)، گزارش گردید با افزایش فشار از ۳ به ۴ بار، اندازه قطرات و قطر میانه حجمی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، بدین صورت که قطر میانه حجمی $D_{V0.1}$ و $D_{V0.5}$ و $D_{V0.9}$ برای فشار ۳ بار برابر با ۱۴۴/۱، ۲۷۳/۶ و ۴۲۱/۹ میکرومتر و برای فشار ۴ بار برابر ۱۱۷/۵، ۲۴۶/۵ و ۴۲۶ میکرومتر بود. نتایج Landers and Farooq (2004)، در بررسی اثر دور پروانه بر میزان پوشش سم روی گیاهان و سایز قطرات، با کاهش دور پروانه از ۲۰۷۶ دور در دقیقه به ۱۵۵۷ دور در دقیقه، قطر میانه حجمی قطرات از ۳۶۰ میکرومتر به ۴۶۰ میکرومتر افزایش یافت؛ بنابراین با نتایج حاضر هم‌خوانی دارد.

مقایسات میانگین اثرات متقابل فشار سمپاشی و سرعت پیشروی در شکل ۸ نشان داده شده است.

کاهش در قطر حجمی و عددی مشاهده گردید. تیمار با فشار ۱۰۰۰ کیلوپاسکال و دور پروانه ۱۹۹۸ دور در دقیقه با میانگین قطر حجمی ۵۰ درصد ۰/۶۱ و قطر میانه عددی ۰/۳۶ میلی‌متر و تیمار با فشار ۳۵ بار و دور پروانه ۲۴۳۰ دور در دقیقه با قطر حجمی ۵۰ درصد ۰/۱۷ و قطر میانه عددی ۰/۱۱ میلی‌متر، به ترتیب تیمارهای دارای بیشترین و کمترین قطر میانه حجمی و عددی بودند.

در شکل ۷ اثر متقابل فشار و دور پروانه بر شاخص کیفیت پاشش نشان داده است. انتظار می‌رود با توجه به روند افزایشی در قطر میانه حجمی و قطر میانه عددی متناسب با کاهش در فشار سمپاشی (۳۵۰۰ به ۲۴۳۰ کیلوپاسکال) و کاهش در دور پروانه (۲۴۳۰ به ۱۹۹۸ دور در دقیقه)، در مجموع میزان شاخص کیفیت پاشش افزایش یابد که این نتیجه در تیمارهای با فشار سمپاشی ۳۵۰۰ و ۲۵۰۰ کیلوپاسکال رخ داد. کاهش فشار و دور پروانه باعث کاهش فشار و هوای لازم برای ریزکردن قطرات شد بنابراین قطرات درشت‌تر و با قطر و حجم بزرگتری ایجاد گردید. تیمار با فشار ۲۵۰۰ کیلوپاسکال و دور پروانه ۱۹۹۸ دور در دقیقه با میانگین ۲/۸۵ و تیمار با فشار ۳۵۰۰ کیلوپاسکال و دور پروانه ۲۴۳۰ دور در دقیقه با ۱/۵۴ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین شاخص کیفیتی پاشش بودند.

با افزایش فشار و دور پروانه، قطر و حجم قطرات کاهش یافت. در پژوهشی Czaczyk *et al.* (2012) با بررسی تأثیر فشار بر مقادیر قطر میانه حجمی ۵۰ درصد برای نازل‌های هوا القایی (EZ11003)



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل فشار و سرعت پیشروی بر قطر میانه عددی و شاخص یکنواختی پاشش

Fig.8. Mean comparison of the interaction of pressure and forward speed on the number median diameter and spray quality index

در نتیجه کاهش قطر حجمی و میانه عددی گردید. تیمار با فشار ۱۰۰۰ کیلوپاسکال و سرعت ۹ کیلومتر بر ساعت با ۰/۳ میلی‌متر قطر

با توجه به شکل ۸ با افزایش فشار و سرعت پیشروی، فشار هوا بر روی نازل‌ها بیشتر شد که باعث ریزتر شدن اندازه و قطر قطرات و

نتیجه گیری

مطابق با نتایج، با افزایش فشار سم‌پاشی و دور پروانه، قطر حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی قطرات به ترتیب حدود ۷۲٪ و ۶۹٪ کاهش یافتند؛ همچنین کاهش قطر قطرات، باعث کاهش ۴۶٪ در شاخص کیفیتی پاشش شد. از سویی دیگر با افزایش فشار سم‌پاشی و سرعت پیشروی و به دنبال آن کاهش در قطر قطرات، ۶۳٪ کاهش در قطر میانه عددی به دست آمد. با کوچک شدن قطر قطرات، در شاخص کیفیتی پاشش نیز حدود ۲۵٪ کاهش مشاهده گردید. بنابراین، ارتباط متقابل بین نتایج کلی این تحقیق را چنین می‌توان بیان نمود که با افزایش فشار سم‌پاشی، دور پروانه و سرعت پیشروی، اندازه قطر قطرات روندی کاهشی را طی کردند که کاهش قطر حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی را در پی داشت؛ متناسب با کاهش قطر و حجم قطرات، شاخص کیفیتی پاشش نیز روندی کاهشی داشت. در فشار ۳۵۰۰ کیلوپاسکال، دور پروانه ۲۴۳۰ و سرعت پیشروی ۹ کیلومتر بر ساعت، شاخص کیفیتی پاشش در بهترین حالت (نزدیک به عدد ۱) با ۱/۰۳ نتیجه شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان که بخشی از هزینه این تحقیق را تأمین نمودند تشکر می‌گردد.

میانه عددی و تیمار با فشار ۳۵۰۰ کیلوپاسکال و سرعت ۱۳/۵ کیلومتر بر ساعت با ۰/۱ میلی‌متر قطر میانه عددی به ترتیب تیمارهای با بیشترین و کمترین قطر میانه عددی بودند.

مطابق با شکل ۸ انتظار می‌رود با توجه به روند افزایشی قطر میانه حجمی ۵۰ درصد و قطر میانه عددی متناسب با کاهش در فشار سم‌پاشی از ۳۵ به ۱۰۰۰ کیلوپاسکال و کاهش در سرعت پیشروی از ۱۳/۵ به ۹ کیلومتر بر ساعت، در مجموع شاخص کیفیتی پاشش روندی افزایشی بین تیمارها داشته باشد که چنین روندی در تیمارهای با فشار ۳۵۰۰ و ۲۵۰۰ کیلوپاسکال مشاهده گردید. با افزایش فشار سم‌پاشی از ۲۵۰۰ به ۳۵۰۰ کیلوپاسکال و افزایش سرعت پیشروی از ۹ به ۱۳/۵ کیلومتر بر ساعت شاخص کیفیتی پاشش به عدد ۱ که بهترین حالت برای کیفیت پاشش است، نزدیک تر شد. بنابراین تیمار با فشار ۳۵۰۰ کیلوپاسکال و سرعت پیشروی ۱۳/۵ کیلومتر بر ساعت با میانگین ۱/۸ و تیمار با فشار ۲۵۰۰ کیلوپاسکال و سرعت پیشروی ۹ کیلومتر بر ساعت با میانگین ۲/۸۴ به ترتیب تیمارهای دارای بیشترین و کمترین شاخص کیفیتی پاشش بودند.

با افزایش فشار و سرعت پیشروی، قطر و حجم قطرات کاهش یافت که با نتایج پژوهش‌های (Dorr et al. و Naseri et al. (2007) در یک راستا می‌باشد.

کاهش فشار و سرعت پیشروی موجب افزایش شاخص کیفیتی پاشش گردید که با نتایج پژوهش‌های (Naseri et al. (2007 هم‌خوانی دارد.

References

- Balsari, P., E. Gil, P. Marucco, M. Gallart, C. Bozzer, C. Llop, and M. Tamagnone. 2014. Study and development of a test methodology to assess potential drift generated by air- assisted sprayers. DiSAFA Crop protection Technology (Italy) and Politechnic University of Catalonia – DEAB (Spain): 9.
- Balsari, P., P. Marucco, and M. Tamagnone. 2007. A test bench for the classification of boom sprayers according to drift risk. *Crop protection*. 26: 1482-1489.
- Czaczyk, Z., G. Kruger, and A. Hewitt. 2012. Droplet size classification of air induction flat fan nozzles. *Journal of plant protection research* 52 (4): 415-420.
- Daneshjoo, M. A., M. H. Abbaspour-Fard, M. H. Aghkhani, and M. Ariyan. 2009. Software design and evaluation of appropriate Mass Density Measurement and droplet size in Sprayer. *Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology)*. University of Mashhad. 22 (2): 171- 181. (In Farsi).
- Dorr, G. J., A. J. Hewitt, S. W. Adkins, J. Hanan, H. Zhang, and B. Noller. 2013. A comparison of initial spray characteristics produced by agricultural nozzles. *Crop production* 53: 109-117.
- Douzals, J. P., C. Sinfort, and E. Cotteux. 2010. Spraying quality assessment of a mist blower used on banana crops. *International conference on agricultural engineering- Agricultural Engineering*: 1-11.
- Gil, E., P. Balsari, M. Gallart, J. Liorens, P. Marucco, P. G. Andersen, X. Fabregas, and J. Liop. 2015. Determination of drift potential of different flat fan nozzles on a boom sprayer using a test bench. *Crop protection* 56: 58-68.
- Gil, E., M. Gallart, J. Liorens, and J. Llop. 2012. Determination of Drift Potential Value (DPV) for different flat fan nozzles using a horizontal drift test bench. *Department of agro food engineering and biotechnology* 8: 6.

9. Gil, E., J. Llorens, J. Llop, X. Fabregas, and M. Gallart. 2013. Use of a terrestrial lidar sensor for drift detection in vineyard spraying. *Sensors*. 13: 516- 534.
10. Landers, A. and M. Farooq. 2004. *Reducing Drift and Improving Deposition in Orchards*. Cornell University, NYSAES, Geneva, NY 14456, USA: 380- 384.
11. Naseri, M., M. H. Abbaspour-Fard, H. Chaji, and A. Heidarzade. 2007. Effect of nozzle orifice diameter, pressure pump and forward speed tractor on the uniformity spraying in Turbo liner sprayer. The fifth national congress of agricultural machinery and mechanization of Ferdowsi university of Mashhad: 9. (In Farsi).
12. Nuyttens, D., P. De Schampheleire Verboven, E. Brusselman, and D. Dekeyser. 2009. Droplet size and velocity characteristics of agricultural sprays. *American society of agricultural and biological engineers (ASABE)*. 52 (5): 1471-1480.
13. Otsu, N. 1979. A threshold selection method from grey level histograms. *Ieee transactions on systems, man and cybernetics*. 9 (1): 62-66.
14. Peyman, L., Sh. A. Abdollahpour, B. Rana Bonab, M. Moghadam, and A. Mahmoudi. 2011. Evaluation of factors affecting on the uniform droplet size using standard cv. *First National Congress of Science and New Technologies (the of Plant Protection) at Zanjan University*: 4. (In Farsi).
15. Purhaji, F., and M. Mazaheri Tehrani. 2013. Study of image processing with the ImageJ software at the formulation sesame cream with soybean flour. *Twenty-first National Congress of Food Science and Technology, University of Shiraz*: 4. (In Farsi).
16. Safari, M., F. Amirshaghghi, N. Loveymi, and H. Chagi. 2009. Assessment of common sprayer used in wheat fields. *Karaj Agricultural Engineering Research Institute Publications* 10 (4): 1-12. (In Farsi).
17. Wolf, T. E., R. Graver, K. Wallace, S. R. Shewchuk, and J. Maybank. 1993. Effect of protective shields on drift and deposition characteristics of field sprayers. *Canadian journal of plant science* 73: 1261-1993.

Study of the operational parameters of crops turbine sprayer (turbo liner) on spray quality and diameter of droplets, using image processing

F. Behzadi Pour¹- M. Ghasemi Nejad Raeni^{2*}- M. A. Asoodar³- A. Marzban⁴- S. Abdanan Mehdizadeh⁵

Received: 07-07-2015

Accepted: 13-12-2015

Introduction

Today, attention to safety and environmental issues in all sectors in agriculture, industry and services is very important. Chemical poisons play an important role in rapid progress of agricultural products. Every year about 25 to 35 percent of the world's crops are affected by insects, weeds and plant pathogens disappear and this figure would be raised to 80% if no control was applied. Drift problem and its devastating effects are the most important issue which related to users and sprayers manufacturers. Spray drift reduction and improvements in the efficiency of pesticide application processes are global goals. Where ever spraying is applied, drift will be produced and it must be controlled by controlled of the droplet size. The application of these sprayers is the high in the farms (the number of 2303 in Iran). So, this research was carried out to improve the quality of work in these sprayers by studying the droplets diameter and the spray quality index.

Materials and Methods

The research was conducted at the University of Khouzestan Ramin Agriculture and Natural Resources. Tests were done with 20 m of water sensitive papers at a distance of 2 meters from each other. To evaluate the technical items affecting on drift, an experiment was conducted using a turbo liner sprayer (TURBINA S.A. 800) and the John Deer (JD) 3140 tractor. A completely randomized factorial design was applied. By using 3 replications and the factors were spraying pressure applying three levels (10, 25 and 35 bar), the fan speed with two levels (1998 and 2430 rpm) and forward speed with two levels (9 and 13.5 km hr⁻¹). The sprayer started the application, spraying a solution of water and tracer (yellow Tartrazine E 102), 15m before the water sensitive papers and then moved over the water sensitive papers. The spraying was continued 15 m after the end of the sampling area. After spraying, sensitive papers were photographed and then volume diameter of 50% (DV₅₀) and median numerical diameter (NMD) and spraying quality indicator were calculated. A Spectrophotometry device at the wavelength of 427 nm, Image J and sas 9.2 software were used for measurement. This research was carried out in accordance with the calendar crop canola spraying in field conditions and the weather was calm that the wind speed was 0- 2.5 km hr⁻¹, relative humidity was 29.7% - 32.5% and air temperature was 18.8°C – 20.7°C.

Results and Discussion

According to the results sprayer pressure, fan speed and forward speed were shown significantly different (P 0.01) on the volume diameter of 50% (DV₅₀) and median numerical diameter (NMD). The effect of spraying pressure on distributing quality indicator was shown significant (P 0.01), but the fan and forward speed did not

1- M.Sc. Mechanization, Engineering, Student of Khuzestan, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Khuzestan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Khuzestan, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Khuzestan, Iran

3- Professor, Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Khuzestan, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Khuzestan, Iran

4- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Khuzestan, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Khuzestan, Iran

5- Assistant Professor, Department of Mechanics of Biosystem Engineering, Khuzestan, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Khuzestan, Iran

(*- Corresponding Author Email: ghasemi.n.m@ramin.ac.ir)

shown any significant effect. Mean comparison of the interaction of pressure and forward speed on the spray quality index and the number median diameter were shown significant ($P = 0.01$), but they did not shown any significant effect on the volume diameter of 50% (DV_{50}). With increasing spraying pressure and fan speed, the droplet size, volume diameter of 50% (DV_{50}) at 72% and numerical median diameter (NMD) at 69% and distributing quality indicator at 46% were decreased that were corresponded with the result of Czaczyk *et al.* (2012), Peyman *et al.* (2011), Nuyttens *et al.* (2009) and Landers and Farooq (2004). With increasing spraying pressure and forward speed, the droplet size, numerical median diameter (NMD) at 63% and distributing quality indicator at 35% were decreased that these resulted were corresponded with the results of Naseri *et al.* (2007) and Dorr *et al.* (2013).

Conclusions

With increasing spraying pressure, fan and forward speed, the droplet size, volume diameter of 50% (DV_{50}) and numerical median diameter (NMD) were decreased. Therefore, spraying quality indicator was decreased. The maximum pressure (35 bars), maximum fan speed (2430 rpm) and maximum forward speed (13.5 km hr^{-1}) were able to produce the minimum spraying quality indicator (10.3). At the minimum pressure (10 bars), maximum fan speed (2430 rpm) and minimum forward speed (9 km hr^{-1}), the maximum spraying quality indicator (2.91) was resulted.

Keywords: Drift, Image processing, Turbo linear sprayer, Volume diameter, Spray uniformity