

## Evaluation of the Effect of Pressure and Wind Speed on the Amount of Drift through the Image Processing Method

FARHAD MAHMOUDI<sup>1\*</sup>, KOBRA HEIDARBEIGI<sup>2</sup>, AMIR AZIZPANAHI<sup>3</sup>

1. M. Sc. Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Ilam, Ilam, Iran
  2. Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Ilam, Ilam, Iran
  3. Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Ilam, Ilam, Iran
- (Received: July. 23, 2018- Revised: Oct. 9, 2018- Accepted: Nov. 19, 2018)

### ABSTRACT

Nozzle is one of the most important parts of the sprayer machines, which plays a decisive role in the production of droplets as well as reaching the target. The aim of this study is evaluate and compare the drift of the various nozzles using spraying simulator system and image processing method. In this study, three types of the most common nozzles used in Iran (flat fan 8002, 11003 and 11004) were investigated under spraying pressure levels (2, 3, 4 Bar) and wind speed at three levels (5, 8 and 11 km/hour). Experiments were conducted using water sensitive cards and the data including drift parameters, surface coverage, volumetric mean diameter, numerical mean diameter and quality of the spray droplets was acquired and determined using image processing and MATLAB Software. The results showed that the 11004 and 8002 nozzles have the least (%0.196) and the highest (%0.373) drift amount, respectively. Drift amount was increased with increasing of spraying pressure and wind speed. Also the highest and lowest levels of surface coverage of droplets were 0.977 and 0.031 percent, respectively. The surface coverage was increased with increasing injection pressure (2 to 4 Bar) and wind speed (5 to 8 km/h), and was declined with increasing distance from the nozzle (1 to 3 m).

**Keywords:** Nozzle, Drift, Image Processing, Sprayer.

## ارزیابی تاثیر فشار و سرعت باد بر میزان بادبردگی سموم با روش پردازش تصویر

فرهاد محمودی<sup>۱</sup>، کبری حیدریبگی<sup>۲</sup>، امیر عزیزپناه<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲. استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۳. استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۷/۱۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۸/۲۸)

## چکیده

افشانک یکی از مهمترین قسمت‌های ماشین‌های سم‌پاش است که نقش تعیین کننده‌ای در نحوه تولید قطرات و همچنین رسیدن آن به محل هدف دارد. هدف از انجام این تحقیق بررسی و مقایسه میزان بادبردگی در افشانک‌های مختلف و با استفاده از سامانه شبیه ساز سم‌پاشی و روش پردازش تصویر است. در این تحقیق سه نوع از رایج‌ترین افشانک‌های مورد استفاده در ایران (سطح بادبزی ۸۰۰۲، ۱۱۰۰۳ و ۱۱۰۰۴) تحت فشار پاشش در سه سطح (۲، ۳ و ۴ بار) و سرعت باد در سه سطح (۵، ۸ و ۱۱ کیلومتر در ساعت) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها با استفاده از کارت حساس به آب انجام شد و سپس پارامترهای بادبردگی، سطح پوشش، قطر میانه حجمی، قطر میانه عددی قطرات و کیفیت پاشش با روش پردازش تصویر و با استفاده از نرم افزار MATLAB تعیین گردید. نتایج نشان داد افشانک ۱۱۰۰۴ کمترین (۰/۱۹۶ درصد) و افشانک ۸۰۰۲ بیشترین میزان بادبردگی (۰/۳۷۳ درصد) را داشتند. با افزایش فشار پاشش و سرعت باد میزان بادبردگی افشانک‌ها افزایش یافت. همچنین بیشترین میزان سطح پوشش قطرات برابر ۰/۹۷۷ درصد و کمترین مقدار برابر ۰/۰۳۱ درصد بود. با افزایش فشار پاشش (از ۲ تا ۴ بار) و سرعت باد (از ۵ تا ۸ کیلومتر بر ساعت) میزان سطح پوشش قطرات افزایش و با افزایش فاصله از افشانک (از ۱ تا ۳ متر) سطح پوشش قطرات کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: افشانک، بادبردگی، پردازش تصویر، سم‌پاش.

## مقدمه

مهمترین قسمت‌های ماشین‌های سم‌پاش است که نقش تعیین کننده‌ای در نحوه تولید قطرات و همچنین رسیدن آن به محل هدف دارد. از جمله افشانک‌های مورد استفاده در کشور انواع مخروطی و بادبزی می‌باشند. مشکل اساسی این نوع افشانک‌ها آن است که طیف اندازه قطرات بسیار متفاوت بوده و نمی‌توان کنترل زیادی بر اندازه قطرات داشت و همچنین محلول مصرفی در این نوع افشانک‌ها نسبت به سایر گروه‌های افشانک بیشتر است (Daneshjo et al., 2008). یکی از روش‌های تعیین قطر ذرات سم که در آنالیز سم‌پاش‌ها استفاده شده است، روش پردازش تصویر می‌باشد، چرا که به دلیل مزایایی همچون کاهش هزینه، دقت بالا، ارائه نتیجه ثابت در شرایط مختلف و سرعت بالا، کاربرد آن در حال توسعه و گسترش می‌باشد. به طور کلی فناوری پردازش تصویر شامل فرآیندهایی است که با ایجاد تصاویر رقومی و بکارگیری روش‌های رایانه‌ای به کمک یک زبان برنامه نویسی، اقدام به پردازش و یا اصلاح داده‌های تصویری می‌نماید. پس از آن با انجام محاسبات مشخص روی داده‌های حاصل از پردازش تصاویر به ارائه نتایج نهایی مناسب و دلخواه مبادرت می‌شود (Daneshjo et al., 2008) (ShirvaniFilAbadi, 1999) شش نوع افشانک (۱۱۰۰۴ و ۸۰۰۳ و ۱۱۰۰۲) (TeeJet)

تجهیزات مناسب برای از بین بردن آفات و بیماری‌ها، نیاز به دقت زیادی داشته و هزینه متوسط جهانی تولید یک هکتار سیب زمینی ۲۵۰۰ دلار تخمین زده می‌شود در حالی که هزینه مصرف مواد شیمیایی برای کنترل آفات در سطح یک هکتار حدود ۵۰۰ دلار می‌باشد (DaneshmandVaziri, 2015). یک آفت‌کش لازم است روی هدف بخصوصی که مورد هجوم آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز قرار گرفته‌است، بکار برده شود. آلودگی محیط زیست به وسیله آفت‌کش‌ها در اثر بادبردگی آن‌ها به خارج از مزرعه و بیرون از محدوده مورد سم‌پاشی یکی از معایب کار و انتقادی است که به آفت‌کش‌ها وارد می‌شود (Afshari, 1992). سموم باقی‌مانده در مواد غذایی دارای پیامدهای بهداشتی و اقتصادی مهمی می‌باشند، به طوری که برنامه‌های پایش وجود سموم باقی‌مانده در مواد غذایی در راستای اطمینان از حداکثر مجاز سموم باقی‌مانده و میزان دریافت از طریق رژیم غذایی در بسیاری از کشورها به طور مستمر انجام می‌شود (Daneshjo et al., 2008). افشانک یکی از

(2015). *al.* طراحی، ساخت و ارزیابی یک سیستم اندازه‌گیری بادبردگی سمپاش را انجام دادند. آزمایش‌های انجام شده شامل یک نوع افشانک (تی جت ۱۱۰۰۴) در سرعت باد ۱۲ کیلومتر در ساعت، سه سطح فشار پاشش (۳ و ۴ و ۵ بار) و سه ارتفاع پاشش (۳۵ و ۵۰ و ۶۰ سانتی متر) انجام گرفت. ارزیابی نتایج نشان داد که بادبردگی با افزایش فشار پاشش و ارتفاع افشانک، افزایش می‌یابد. کمترین میزان بادبردگی، ۰/۳۵ درصد، در فشار ۳ بار و ارتفاع ۳۵ سانتی متری گزارش نمودند.

#### هدف

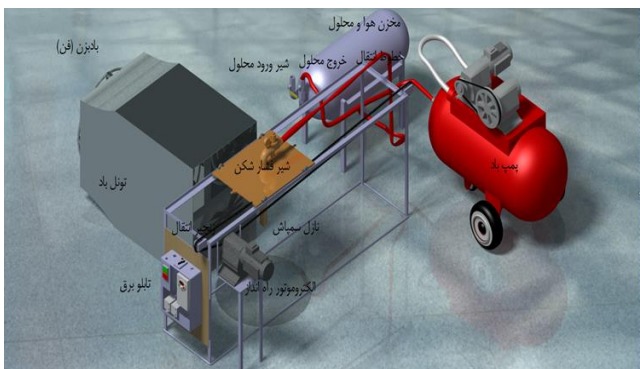
با توجه به این که امروزه در مزارع ایران سه نوع افشانک بادبزی مدل‌های تی جت ۸۰۰۲ و ۱۱۰۰۳ و ۱۱۰۰۴ بیشترین استفاده را برای مبارزه با علف‌های هرز دارند، اهداف این تحقیق شرح موارد ذیل عبارتند از:

۱- مقایسه عملکرد سه نوع افشانک با یکدیگر تحت شرایط مختلف فشار و وزش باد.

۲- مقایسه میزان درصد بادبردگی در سه نوع افشانک مذکور تحت شرایط کاری مختلف با استفاده از روش پردازش تصاویر تهیه شده از قطرات محلول بر روی کارت حساس به آب.

#### مواد و روش‌ها

در این تحقیق بادبردگی سه نوع افشانک در شرایط شبیه سازی شده آزمایشگاهی در کارگاه گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ایلام و با استفاده از سامانه شبیه ساز سم‌پاشی (شکل ۱) و کارت حساس به آب اندازه‌گیری شد. کارت‌های مورد استفاده در آزمایش با استفاده از اسکنر HP مدل Scanjet G3110 با وضوح‌نمایی dpi 600 اسکن شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار MATLAB مورد پردازش و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



شکل ۱- سامانه شبیه ساز سم‌پاشی (Azizpanah et al., 2015).

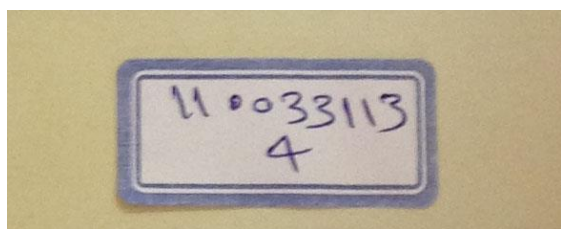
#### کارت حساس به آب

کارت حساس به آب یک کارت با روکش مخصوص و سطح زرد رنگ از ماده ای به نام برموفنل آبی است که با برخورد قطرات

پشت تراکتوری ساخت داخل را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد. پارامترهای مورد اندازه‌گیری شامل یکنواختی پاشش، دبی، الگوی پاشش، همپوشانی و زاویه پاشش بود. نتایج نشان داد که بین تیمارهای هر نوع افشانک، یکنواختی در الگوی پاشش، وضعیت همپوشانی و زاویه پاشش وجود ندارد. در هر گروه اختلاف تیمارها در سطح ۱٪ بسیار معنی دار بود و نشان داد که این افشانک‌ها فاقد کارائی مناسب هستند. صفری (Safari, 2008) با استفاده از کارت حساس به آب، مقدار یکنواختی پاشش را برای سمپاش‌های پشت تراکتوری بوم دار، لانس دار، توربولاینر، میکرونر پستی و اتومایزر، محاسبه نمود. در این تحقیق لکه های روی کارت ها با استفاده از میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفت. ایشان بیان داشتند که ارزیابی قطرات برای سم‌پاش‌های لانس دار، بوم دار و اتومایزر، به خاطر خیس شدن کامل کارت ها امکان نداشت. در سم‌پاش‌های میکرونر و توربولاینر، به ترتیب قطر میانه حجمی ۳۹۸ و ۴۴۱ میکرون و قطر میانه عددی ۱۸۹ و ۱۲۳/۲ میکرون بوده است. با توجه به مقدار ضریب کیفیت پاشش برای سم‌پاش میکرونر برابر ۲/۱ و توربولاینر ۳/۵۷، یکنواختی پاشش در سم‌پاش میکرونر را بهتر اعلام کرد. (Costa et al., 2006) به بررسی پروتکل‌های مورد استفاده در استاندارد سازی روش‌های اندازه‌گیری بادبردگی سم-پاش‌های کشاورزی در تونل باد پرداختند. اندازه‌گیری توزیع اندازه قطره‌هایی که از هفت حالت مختلف پاشش شامل محدوده‌ای از اندازه افشانک، فشار پاشش، پاشش آب به تنهایی، محلول آب و سورفاکتانت و هردو مایع به همراه یک رنگ ردیاب، ساخته شده بودند. اختلاف بسیار کم در اندازه قطرات به دلیل افزودن رنگ ردیاب نشان داد که ارزیابی خطر بادبردگی با استفاده از این ردیاب مناسب و همانند شرایط مزرعه بود.

(Guler et al., 2007) استفاده از تونل باد به مطالعه چهار افشانک بادبزی (AI و DR, XR, TT) پرداختند. فشار پاشش برای افشانک XR به میزان ۱۷۳ کیلوپاسکال، برای افشانک‌های TT و DR به میزان ۲۴۲ کیلو پاسکال و برای افشانک‌های AI به میزان ۳۴۵ کیلو پاسکال بود. سرعت باد ثابت و برابر ۴/۶ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. این کارت‌ها در فواصل ۲، ۳ و ۴ متری از افشانک‌ها قرار گرفت. کارت‌های حساس به آب اسکن شدند و با استفاده از نرم افزار Droplet scan درصد سطح پوشش برای هر تیمار محاسبه و این درصد محاسبه شده به عنوان ملاک طبقه‌بندی افشانک‌های بادبزی مورد آزمایش قلمداد گردید. افشانک‌های AI و DR با همدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما میزان بادبردگی آن‌ها به طور معنی‌داری از افشانک‌های XR و TT کمتر بود. (Azizpanah et

هنگام اسکن و ثبت کارت‌ها از کد تعریف شده برای هر تیمار و تکرار آزمایشی در پشت کارت‌ها استفاده گردید، به طوری که احتمال وجود خطا در هنگام اسکن به صفر رسید (همه کارت‌های حساس کدگذاری شده و کد هر کارت بر روی برچسب پشت آن کارت ثبت شد). یک نمونه کارت کدگذاری شده در شکل ۳ نشان داده شده است. ارقام به ترتیب نشان‌دهنده نوع افشانک، فشار پاشش، سرعت باد و شماره تکرار می‌باشد. همچنین عدد ۴ در پایین نشان‌دهنده مکان استقرار کارت است.



شکل ۳- کدگذاری یک نمونه کارت حساس به آب.

#### عامل‌های مورد آزمایش

در این تحقیق بر اساس (جدول ۱) سه نوع افشانک، فشار پاشش در سه سطح، سرعت باد در سه سطح و مکان نشست در سه سطح و در ارتفاع ثابت ۵۰ سانتی متر تعیین و تمام آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گرفت.

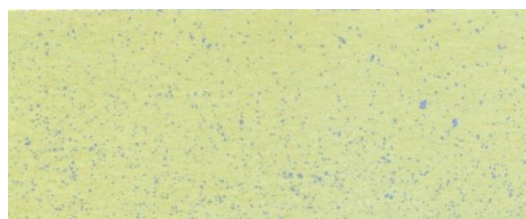
جدول ۱- عامل‌های مختلف مورد بررسی.

ردیف	متغیر	سطح
۱	افشانک	۱۱۰۰۴، ۱۱۰۰۳، ۸۰۰۲
۲	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	۱۱ و ۸، ۵
۳	فشار افشانک (بار)	۴ و ۳، ۲
۴	مکان نشست سم نسبت به افشانک (متر)	۳ و ۲، ۱

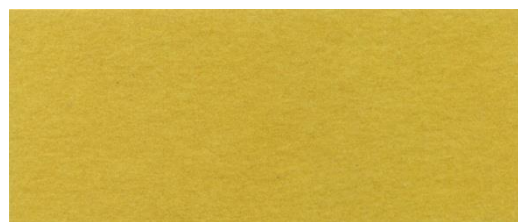
پس از جمع آوری کارت‌ها و خشک کردن آن‌ها در دمای یکنواخت محیط آزمایشگاه، کارت‌های مربوط به هر آزمایش بطور جداگانه توسط اسکنر HP مدل Scanjet G ۳۱۱۰ با وضوح ۶۰۰ dpi اسکن گردید. تصاویر اسکن شده توسط نرم افزار متلب مورد پردازش و محاسبه قطر میانگین حجمی و قطر میانگین عددی، یکنواختی پاشش، درصد بادبردگی و سطح پوشش قطره‌ها به وسیله کد نویسی در پردازش تصویر صورت گرفت (شکل ۴).

داده‌های به دست آمده شامل بادبردگی، سطح پوشش، قطر میانه حجمی، قطر میانه عددی، یکنواختی پاشش و کیفیت پاشش با استفاده از نرم افزار آماری در قالب طرح فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها با

مربوط، رنگ سطح روئی آن به رنگ آبی تیره تغییر رنگ پیدا می‌کند (شکل ۲).



(الف)



(ب)

شکل ۲- تصویر کارت حساس به آب: الف) حالت اولیه، ب) بعد از تماس با محلول سم بر روی آن.

در این آزمایش از سه نوع افشانک مسطح بادبزی مدل‌های ۸۰۰۲، ۱۱۰۰۳ و ۱۱۰۰۴ استفاده شد. بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۰۳۴۸ ارتفاع پاشش در یک سطح (۵۰ سانتیمتر)، فشار پاشش در سه سطح (۲، ۳ و ۴ بار) مورد ارزیابی قرار گرفت. سرعت باد نیز در سه سطح ۵، ۸ و ۱۱ کیلومتر در ساعت مورد آزمایش قرار گرفت. بر اساس استانداردهای ملی ایران به شماره ۵۸۸۵، ۱۰۴۹۳ و ۱۲۱۴۵ تمامی آزمایش‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۵ درصد و انجام شد. به منظور شبیه‌سازی سرعت باد در شرایط آزمایشگاه از یک تونل باد استفاده گردید (Azizpanah *et al.*, 2015). در داخل تونل باد با تغییر دور فن به کمک یک دستگاه دیمر، سرعت باد در مدت زمان اجرای آزمایش تنظیم گردید. سرعت باد در داخل تونل در ۳ سطح ۵، ۸ و ۱۱ کیلومتر بر ساعت مشابه شرایط مرزعه در نظر گرفته شد. به منظور پایش سرعت لحظه‌ای باد در تونل، از یک دستگاه بادسنج دیجیتالی مدل AM-۴۲۰۶ استفاده و توسط آن سرعت باد بصورت لحظه ای اندازه‌گیری شد. همچنین برای پایش لحظه‌ای دما و رطوبت محیط به ترتیب از دماسنج دیجیتالی مدل TM-۹۱۶ و رطوبت‌سنج دیجیتالی مدل HT-۳۰۱۵ استفاده گردید. برای انجام هر تیمار آزمایشی، پس از تنظیم فشار افشانک توسط شیر فشارشکن، تنظیم سرعت باد و انتخاب نوع افشانک، کارت‌های حساس با فاصله معین بر روی صفحه آلومینیومی قرار گرفتند. به منظور جلوگیری از خطا در

## نتایج و بحث

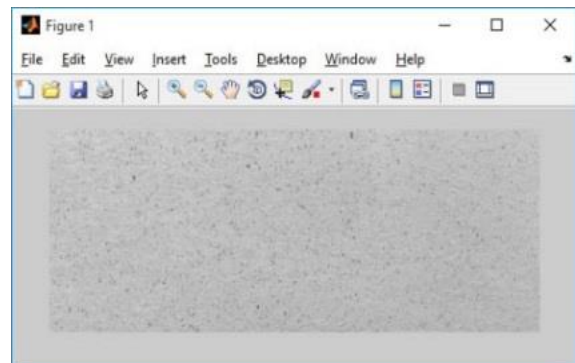
### بادبردگی

همانطور که جدول ۲ مشاهده می‌شود، در هر سه نوع افشانک مورد آزمایش، با افزایش سرعت باد و همچنین افزایش فشار پاشش، میزان بادبردگی افزایش یافت. افزایش فشار پاشش سبب کاهش اندازه قطرات سم شده و این امر موجب افزایش بادبردگی می‌شود. سرعت باد نیز با میزان بادبردگی رابطه مستقیم دارد. در بین سه افشانک مورد آزمایش کمترین میزان بادبردگی در فشار ۲ بار و سرعت باد ۵ کیلومتر در ساعت مربوط به افشانک ۱۱۰۰۴ بیشترین میزان بادبردگی در فشار ۴ بار و سرعت باد ۱۱ کیلومتر در ساعت مربوط به افشانک ۱۱۰۰۴ به دست آمد.

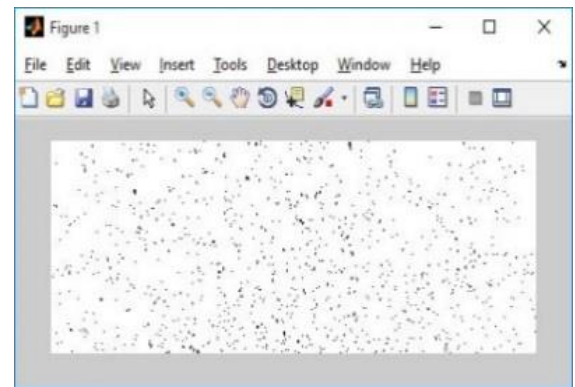
نتایج تجزیه واریانس اثر عامل‌های افشانک، فشار پاشش و سرعت باد و اثرات متقابل آنها بر بادبردگی در جدول ۳ نشان داده شده است.

باتوجه به جدول ۳ نتایج نشان داد اثرات مستقل نوع افشانک، فشار پاشش و سرعت باد و همچنین اثرات متقابل این عوامل بر روی میزان بادبردگی، همگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. این موضوع بیانگر این است که با ۹۹٪ اطمینان می‌توان گفت که بین میزان بادبردگی مربوط به حداقل دو سطح از هر تیمار اختلاف معنی داری وجود دارد. مقایسه میانگین اثرات متقابل عوامل مختلف بر بادبردگی در شکل ۵ نشان داده شده است.

استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



الف



ب

شکل ۴- تصویر کارت در محیط نرم افزار : الف) تصویر خام ، ب) بعد پردازش

جدول ۲- بادبردگی تیمارهای مختلف

افشانک	فشار (bar)	سرعت باد (km/h)		
		۱۱	۸	۵
۸۰۰۲	۲	۰/۳۲۷	۰/۳۰۶	۰/۲۵۹
	۳	۰/۴۸۷	۰/۳۵۹	۰/۳۱۴
	۴	۰/۵۳۷	۰/۴۰۷	۰/۳۶۰
۱۱۰۰۳	۲	۰/۲۷۶	۰/۱۲۰	۰/۱۰۰
	۳	۰/۲۵۹	۰/۱۷۸	۰/۱۳۹
	۴	۰/۶۱۲	۰/۲۶۶	۰/۱۸۴
۱۱۰۰۴	۲	۰/۱۷۲	۰/۰۵۵	۰/۰۱۳
	۳	۰/۱۵۸	۰/۰۸۷	۰/۰۲۷
	۴	۰/۶۷۷	۰/۵۰۵	۰/۰۷۳

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر عامل‌های مختلف بر بادبردگی

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییر
۴۲۴/۳۶**	۰/۲۳۱	۰/۴۶۱	۲	افشانک
۶۸۵/۵۵**	۰/۳۷۳	۰/۷۴۵	۲	فشار
۶۴۴/۴۷**	۰/۳۵۰	۰/۷۰۱	۲	سرعت باد
۸۹/۰۷**	۰/۰۴۸	۰/۱۹۴	۴	افشانک×فشار
۴۱/۲۱**	۰/۰۲۲	۰/۰۸۹	۴	افشانک×سرعت
۹۷/۰۵**	۰/۰۵۳	۰/۲۱۱	۴	فشار×سرعت
۳۱/۸۸**	۰/۰۱۷	۰/۱۳۹	۸	افشانک×فشار×سرعت
-	۰/۰۰۰۵	۰/۰۲۹	۵۴	خطا
-	-	۲/۵۷۰	۸۰	کل

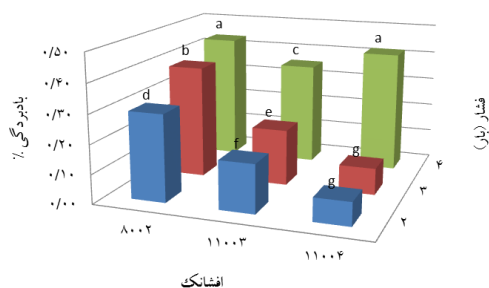
\*\*معنی داری در سطح احتمال ۱٪

مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج تحقیقات *et al.* Azizpanah, و *Womac (2002)* و *Nuytens et al. (2009)* و *Farooq et al. (2001)* و *(2015)* مطابقت داشت. نتایج محاسبات آماری و مقایسه میانگین اثر عامل‌های افشانک، فشار، پاشش و سرعت باد بر بادبردگی در جدول ۴ نشان داده شده است.

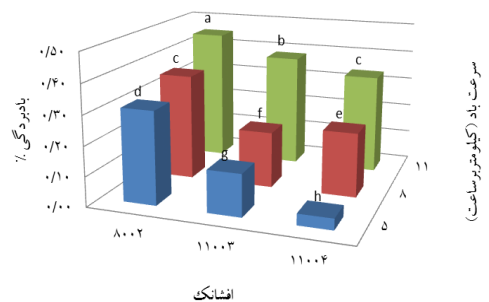
جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی عوامل بر روی بادبردگی

میانگین بادبردگی	سطوح فاکتورها	فاکتورها
۰/۳۷۳ <sup>a</sup>	۸۰۰۲	
۰/۲۳۷ <sup>b</sup>	۱۱۰۰۳	افشانک
۰/۱۹۶ <sup>c</sup>	۱۱۰۰۴	
۰/۱۸۱ <sup>c</sup>	۲	فشار
۰/۲۲۳ <sup>b</sup>	۳	(بار)
۰/۴۰۲ <sup>a</sup>	۴	
۰/۱۶۳ <sup>a</sup>	۵	سرعت باد
۰/۲۵۴ <sup>b</sup>	۸	(کیلومتر
۰/۳۸۹ <sup>a</sup>	۱۱	درساعت)

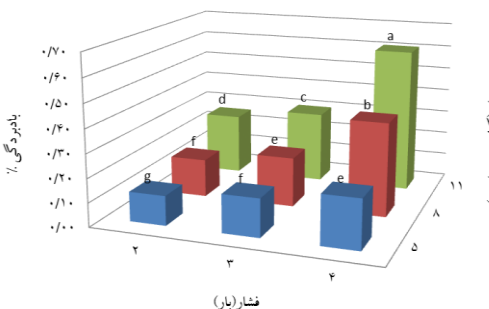
با توجه به جدول ۴ اثر هر سه عامل بر روی بادبردگی معنی داری بود. نتایج کلی نشان داد که بیشترین میانگین بادبردگی در نوع افشانک ۸۰۰۲ به میزان ۰/۳۷۳ درصد و کمترین میزان آن در افشانک ۱۱۰۰۴ و به میزان ۰/۱۹۶ درصد بود. همچنین بالاترین میانگین بادبردگی در فشار ۴ بار به میزان ۰/۴۰۲ درصد و کمترین میزان در فشار ۲ بار برابر ۰/۱۸۱ درصد بود. کمترین میانگین بادبردگی در سرعت باد ۵ کیلومتر در ساعت برابر ۰/۱۶۳ درصد و بیشترین میزان آن در سرعت باد ۱۱ کیلومتر در ساعت برابر ۰/۳۸۹ درصد بود. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل عوامل مختلف بر بادبردگی، (الف) اثر متقابل افشانک-فشار، (ب) اثر متقابل افشانک-سرعت باد، (ج) اثر متقابل فشار-پاشش-سرعت باد.

سطح پوشش قطرات

در جدول ۵ سطح پوشش در تیمارهای مختلف در فاصله افقی یک متری از افشانک محاسبه شده است. براساس جدول ۵ در هر سه نوع افشانک با افزایش فشار پاشش و همچنین سرعت باد، میزان سطح پوشش قطرات افزایش می یابد. نتایج نشان داد که درصد سطح پوشش در فاصله یک متری از افشانک، بیشتر از فاصله های دو و سه متری است.

نتایج محاسبات آماری و مقایسه میانگین اثر عامل های افشانک، فشار پاشش و سرعت باد و اثرات متقابل آنها بر سطح پوشش قطرات در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۵- سطح پوشش در تیمارهای مختلف در فاصله افقی یک متری از افشانک.

افشانک	فشار (bar)	سرعت باد (Km/h)		
		۵	۸	۱۱
۸۰۰۲	۲	۰/۷۱۹	۰/۸۲۵	۰/۸۵۴
	۳	۰/۸۶۳	۰/۹۵۲	۱/۳۰۰
	۴	۰/۹۴۱	۱/۰۲۸	۱/۳۱۰
۱۱۰۰۳	۲	۰/۲۱۲	۰/۲۷۰	۰/۷۴۸
	۳	۰/۳۲۱	۰/۴۲۵	۰/۵۷۳
	۴	۰/۴۱۸	۰/۶۷۸	۰/۹۲۲
۱۱۰۰۴	۲	۰/۰۱۷	۰/۱۳۳	۰/۳۳۷
	۳	۰/۰۳۷	۰/۱۸۵	۰/۳۰۴
	۴	۰/۱۶۱	۰/۶۳۰	۱/۰۲۶

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات اصلی عوامل بر روی سطح پوشش در فواصل مختلف.

فاکتورها	سطوح - فاکتورها	میانگین سطح پوشش		
		یک متری	دو متری	سه متری
افشانک	۸۰۰۲	۰/۹۷۷ <sup>a</sup>	۰/۰۸۳ <sup>a</sup>	۰/۰۵۹ <sup>a</sup>
	۱۱۰۰۳	۰/۵۰۷ <sup>b</sup>	۰/۱۴۵ <sup>b</sup>	۰/۰۵۹ <sup>a</sup>
	۱۱۰۰۴	۰/۳۱۴ <sup>c</sup>	۰/۲۲۳ <sup>c</sup>	۰/۰۵۱ <sup>b</sup>
فشار (بار)	۲	۰/۱۸۱ <sup>c</sup>	۰/۰۵۱ <sup>c</sup>	۰/۰۳۵ <sup>c</sup>
	۳	۰/۵۵۱ <sup>b</sup>	۰/۰۶۵ <sup>b</sup>	۰/۰۵۴ <sup>b</sup>
	۴	۰/۷۹۰ <sup>a</sup>	۰/۳۳۶ <sup>a</sup>	۰/۰۸۱ <sup>a</sup>
سرعت باد (کیلومتر در ساعت)	۵	۰/۴۰۹ <sup>c</sup>	۰/۰۴۹ <sup>c</sup>	۰/۰۳۱ <sup>c</sup>
	۸	۰/۵۶۹ <sup>b</sup>	۰/۱۴۱ <sup>b</sup>	۰/۰۵۰۵ <sup>b</sup>
	۱۱	۰/۸۱۹ <sup>a</sup>	۰/۲۶۲ <sup>a</sup>	۰/۰۸۷۶ <sup>a</sup>

پوشش در سرعت باد ۱۱ کیلومتر در ساعت برابر با ۰/۸۱۹۳۶ درصد و در فاصله یک متری از افشانک و کمترین مقدار در سرعت ۵ کیلومتر در ساعت برابر با ۰/۰۳۱۴۱۹ درصد و در فاصله سه متری بدست آمد.

قطر میانه حجمی قطرات

اثر عوامل مختلف بر قطر میانه حجمی در فواصل مختلف نشان داد اثرات مستقل نوع افشانک، فشار پاشش و سرعت باد و اثرات دوگانه افشانک-فشار و افشانک-سرعت همگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. همچنین اثر متقابل فشار-سرعت و اثر سه گانه افشانک-سرعت-فشار در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. (Azizpanah (2015) و Miller et al. (2011) به نتایج مشابهی دست یافتند. در هر سه نوع افشانک با افزایش فشار پاشش و همچنین سرعت باد، قطر میانه حجمی قطرات کاهش یافت. نتایج نشان داد که قطر میانه حجمی در فاصله یک متری از

با توجه به جدول ۶ اثر هر سه عامل افشانک، فشار و سرعت باد در فواصل مختلف با هم اختلاف معنی دار وجود دارد. در ادامه با افزایش فشار پاشش و افزایش سرعت باد، میزان سطح پوشش قطرات در فواصل ۱، ۲ و سه متری افزایش یافت. با افزایش فاصله از افشانک نیز سطح پوشش قطرات کاهش یافت.

بالاترین سطح پوشش در افشانک ۸۰۰۲ و به میزان ۰/۹۷۷۰۱ درصد در فاصله یک متری از افشانک و کمترین میزان سطح پوشش در افشانک ۱۱۰۰۴ و به میزان ۰/۰۵۹ درصد در فاصله سه متری از افشانک محاسبه شد. با بررسی اثر فشار پاشش مشخص گردید بیشترین میزان سطح پوشش در فشار ۴ بار به میزان ۰/۷۹۰۴۹ درصد و در فاصله یک متری و کمترین میزان مربوط به فشار ۲ بار به میزان ۰/۰۳۴۸۲۲ و در فاصله سه متری از افشانک بود. در ادامه با مقایسه اثر سرعت باد بر سطح پوشش، بیشترین مقدار سطح

پاشش سم در فواصل ۱، ۲ و ۳ متری نشان داد اثرات مستقل نوع افشانک، فشار پاشش و سرعت باد و اثر دوگانه افشانک-فشار همگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. همچنین اثرات متقابل افشانک-سرعت و فشار-سرعت و اثر سه گانه افشانک-سرعت-فشار در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (عزیزپناه، ۱۳۹۴). بالاترین میزان کیفیت پاشش مربوط به افشانک ۱۱۰۰۴ به دلیل بالا بودن دامنه اندازه قطرات تولیدی و کمترین میزان در افشانک ۸۰۰۲ بدست آمد.

### نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به شرح زیر می باشد:

تاثیر عوامل افشانک در سه سطح (مسطح بادبزی ۸۰۰۲، ۱۱۰۰۳ و ۱۱۰۰۴)، فشار پاشش در سه سطح (۲، ۳ و ۴ بار) و سرعت باد در سه سطح (۵، ۸ و ۱۱ کیلومتر در ساعت) بر روی بادبردگی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد در هر سه نوع افشانک با افزایش فشار پاشش و سرعت باد میزان بادبردگی افزایش یافت.

عوامل فشار پاشش و سرعت باد اثر مستقیم و فاصله از افشانک اثر معکوس بر سطح پوشش قطرات داشت. با افزایش فشار پاشش و سرعت باد قطر میانه حجمی و قطر میانه عددی قطرات کاهش یافت. افشانک ۱۱۰۰۴ قطرات درشت تر و افشانک ۸۰۰۲ قطرات ریزتری تولید کرد. کیفیت پاشش در هر سه نوع افشانک با افزایش فشار پاشش و سرعت باد و همچنین افزایش فاصله افقی از افشانک کاهش یافت.

افشانک، بیشتر از فاصله های دو و سه متری به دست آمد. اثر هر سه عامل افشانک، فشار و سرعت باد در فواصل مختلف با هم اختلاف معنی دار داشت. با بررسی اثر فشار پاشش مشخص گردید بیشترین قطر میانه حجمی در فشار ۲ بار به میزان ۱۷۴/۴۷۵ میکرومتر و در فاصله یک متری و کمترین میزان مربوط به فشار ۴ بار به میزان ۱۶۲/۲۲۴ میکرومتر و در فاصله سه متری از افشانک بود. همچنین با مقایسه اثر سرعت باد بر قطر میانه حجمی، بیشترین مقدار در سرعت ۵ کیلومتر در ساعت برابر با ۱۷۳/۶۳۰ میکرومتر و در فاصله یک متری از افشانک و کمترین مقدار در سرعت ۱۱ کیلومتر در ساعت برابر با ۱۶۲/۹۳۱ میکرومتر و در فاصله سه متری بدست آمد.

### قطر میانه عددی

اثر سرعت باد و فشار سم پاشی بر روی قطر میانه عددی در فواصل ۱، ۲ و سه متری همگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. همچنین اثر متقابل فشار-سرعت و اثر سه گانه افشانک-سرعت-فشار در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. با بررسی اثر فشار پاشش مشخص گردید بیشترین قطر میانه-عددی در فشار ۲ بار و در فاصله یک متری به میزان ۸۵/۹۹۴ میکرومتر و کمترین میزان مربوط به فشار ۴ بار در فاصله ۳ متری به میزان ۷۹/۶۷۷ میکرومتر و در فاصله سه متری از افشانک به دست آمد. مقایسه اثر سرعت باد بر قطر میانه عددی نشان داد، بیشترین مقدار در سرعت ۵ کیلومتر در ساعت و در فاصله یک متری از افشانک برابر با ۸۵/۷۱۷ و کمترین مقدار در سرعت ۱۱ کیلومتر در ساعت برابر با ۸۰/۰۲۳ میکرومتر بدست آمد. تاثیر عوامل سرعت باد و فشار افشانک بر کیفیت

### REFERENCES

- Afshari, M. R. (1992). Methods of applying pesticides. Institute of Plant Research and Pest Publications. Iran. (In Farsi).
- ASABE (2009). ASABE Standard S572. (2009), Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. St. Joseph, Mich., ASABE:1.
- Azizpanah, A. (2015). Effect of drift on distribution pattern of the simulated sprayer by wind tunnel, image processing technique and artificial intelligence. Ph. D. dissertation. Faculty of Agriculture. Teheran University. Karaj. Iran. (In Farsi).
- Azizpanah, A., Rajabipour, A., Alimardani, R., Kheiralipour, K., Ghamari, B., Mohammadi, V. (2015). Design, construction and evaluation of a sprayer drift measurement system. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 17(3), 138-146.
- Costa, A. G. F., Miller, P. C. H., Tuck, C. R. (2006). The development of wind tunnel protocols for spray drift risk assessment. *Aspects of Applied Biology*, 77(2), 289-294.
- DaneshmandVaziri, M. (2015). Understand and use the sprayer types. Sarva Publications. Iran. (In Farsi).
- Daneshjo, M. A., Abaspourfard, M. H., AghKhani, M. H., Arian, M. (2008). Design and presentation of suitable software for measuring the density and size of poison droplets. *Fifth National Congress on Agricultural Engineering and Mechanization of Iran*. Mashhad. (In Farsi).
- Farooq, M. & Balachandar, R. & Wulfsohn, D. & Wolf, T. M. (2001). PA-Precision Agriculture: Agricultural Sprays in Cross-flow and Drift. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78, no. 4, 347-358.
- Guler, H., Zhu, H., Ozkan, R., Derksen, Y. Yu & Krause, C. (2007). Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-fan nozzles. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 745-754.



- Miller, P. M. B. & Ellis, A. & Lane, C. & O'Sullivan, C. & Tuck., J. & Orson, M. & Bush, S. & Cook, E. Boys & J. Cussans (2011). Methods for minimising drift and off-target exposure from boom sprayer applications. *Aspects of Applied Biology*, 106, 281-288
- Nuyttens, D. & Taylor, W. A. & De Schampheleire, M. & Verboven, P. & Dekeyser, D. (2009). Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods. *Biosystems Engineering*, 103(3), 271-280.
- Safari, M. (2008). The technical evaluation of commonly used sprayers used in wheat fields and the identification of suitable methods and machines. *Fifth National Congress on Agricultural Engineering and Mechanization of Iran*. Mashhad. (In Farsi).
- ShirvaniFilAbadi, M. T. (1999). *Testing and evaluating six types of nozzle in boom sprayers*. M. Sc. Dissertation. Faculty of Agriculture. Chamran University. Ahvaz. Iran. (In Farsi).
- Womac, A. & Bui, Q. (2002). Design and tests of a variable-flow fan nozzle. *Transactions of the ASAE*, 45(2), 287-295.