

## مقاله‌ی کوتاه علمی

## تأثیر نوع نازل در پهپاد سمپاش بر کارایی علفکش هالوکسی فوپ-آر-متیل علیه جو زراعی داوطلب

اکبر علی وردی ✉

استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران  
(تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۰؛ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۰)

## چکیده

با وجود دسترسی به انواع نازل‌ها، نقش نازل بر عملکرد پهپاد سمپاش کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد تا تأثیر عوامل نوع نازل (استاندارد، ضدبادبردگی و القاءکننده هوا) و تعداد بادبزنی آن (یک، دو و سه بادبزنی) بر میزان نشست قطرات پاشش در محل سمپاشی و بادبردگی آنها تا فاصله پنج متری از محل سمپاشی و کارایی علفکش هالوکسی فوپ-آر-متیل علیه جو زراعی داوطلب را بررسی کند. در تمام انواع نازل‌ها، با افزایش تعداد بادبزنی نازل میزان بادبردگی افزایش یافت. برعکس نازل استاندارد، در نازل‌های ضد بادبردگی و القاءکننده هوا، با افزایش تعداد بادبزنی نازل میزان نشست و کارایی علفکش افزایش یافت. کمترین (۲/۷ درصد) و بیشترین (۲۲/۵ درصد) بادبردگی به ترتیب با نازل‌های القاءکننده هوا یک بادبزنی و استاندارد سه بادبزنی مشاهده شد. کمترین (۸/۳ درصد) و بیشترین (۳۵/۲ درصد) نشست پاشش در محل هدف به ترتیب با نازل‌های استاندارد سه بادبزنی و القاءکننده هوا سه بادبزنی مشاهده شد. بدترین کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل علیه جو زراعی داوطلب زمانی حاصل شد که با نازل استاندارد سه بادبزنی (۳۸/۳ درصد) پاشیده شده بود. بهترین کارایی علفکش نیز با نازل‌های ضد بادبردگی سه بادبزنی (۹۴/۳ درصد) و القاءکننده هوا سه بادبزنی (۹۱/۷ درصد) مشاهده شد؛ لذا، با انتخاب و نصب این دو نازل روی پهپاد سمپاش، نه تنها کنترل علف‌هرز بهتری حاصل می‌شود، بلکه گامی مؤثر در جلوگیری از آلودگی محیط زیست برداشته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اندازه قطره، فرار، نازل، علف‌هرز باریک‌برگ

## Short communication

## The effect of nozzle type in an unmanned aerial sprayer on the activity of herbicide haloxyfop-R-methyl against volunteer barley

A. ALIVERDI

Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

## Abstract

Despite the availability of nozzle types, the role of nozzle on the performance of unmanned aerial sprayer has received less attention. The study was performed in factorial as a completely randomized design to investigate the effect of factors of nozzle type (standard, anti-drift, and air induction) and nozzle orifice number (single, twin, and triplet flat fans) on the deposition of spray droplets at the target site and their drift up to a distance of 5 m from the target site and the efficacy of herbicide haloxyfop-R-methyl against volunteer barley. In all types of nozzles, with increasing the nozzle orifice number, drift increased. Except for the standard nozzle, in other nozzles types, with increasing the nozzle orifice number, the deposition of spray droplets at the target site and herbicide efficacy increased. The lowest (2.7%) and highest (22.5%) drift was observed with the air induction single flat fan nozzle and the standard triplet flat fan nozzle, respectively. The highest (35.2%) and the lowest (8.3%) deposition at the target site was observed with the air induction triplet flat fan nozzle and the standard triplet flat fan nozzle, respectively. The lowest control was observed using the standard triplet flat fan nozzle (38.3%). The highest control of barley with haloxyfop-R-methyl was observed when the air induction twin flat fan (94.3%) and air induction triplet flat fan (91.7%) nozzles have been used; therefore, the selection and installation of these two nozzles on UAV, not only better weed control is achieved, but also an effective step is taken to prevent environmental pollution.

**Keywords:** Drift, Drop size, Grassy weed, Herbicide, Nozzle

✉ a.aliverdi@basu.ac.ir

© 2022, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

## مقدمه

وقتی امکان ورود سمپاش‌های زمینی به داخل مزرعه به سبب شرایط نامناسب زمین و وضعیت گیاه زراعی میسر نباشد می‌توان از سمپاش هوایی استفاده کرد. هواپیمای سمپاش سرنشین‌دار برای مزارع وسیع دارای فضای باز و هواپیمای سمپاش بدون سرنشین (پهپاد سمپاش) برای مزارع کوچک و بدون فضای باز مناسب هستند. استفاده از هواپیمای سرنشین‌دار دارای معایب فراوانی سوانح هوایی، تجهیزات گران قیمت و نیاز به خلبان است. در حالی که به پهپاد سمپاش ایرادات مذکور وارد نیست (He, 2018). اولین پهپاد سمپاش به وسیله شرکت یاماها ژاپن در سال ۱۹۸۵ ساخته شد ولی این شرکت صادرات پهپاد سمپاش را به منظور محافظت از فناوری آن در برابر رقبا در سال ۲۰۰۷ ممنوع کرد (Xue et al., 2016). در سال‌های اخیر، چین استفاده از پهپادهای سمپاش را برای کوددهی و حافظت گیاهان زراعی در برابر آفات و عوامل بیماری‌زای گیاهی توسعه داده است. علت رشد و توسعه پهپادهای سمپاش در چین را کمبود نیروی کار کشاورزی و مطابقت این فناوری برای کاربرد آفتکش‌ها در مناطقی که امکان ورود سمپاش‌های زمینی سخت است، مانند شالیزار برنج و دامنه کوه‌ها (He, 2018). فناوری و استفاده از پهپاد سمپاش در آسیا پیشرفت و گسترش زیادی داشته است. با این وجود، به این فناوری در آمریکای شمالی و اروپا کمتر توجه شده است. با این حال، بهبود کارایی آفتکش‌ها با استفاده از پهپاد سمپاش در یک باغ انگور در کالیفرنیا آمریکا قبلاً گزارش شده است (Giles et al., 2016). به دلیل تحقیقات اندکی که پیرامون فناوری پهپاد سمپاش انجام شده است، اطلاعات محدودی نیز پیرامون میزان بادبردگی قطرات ناشی از پهپاد سمپاش و کارایی آن وجود دارد. در استفاده بهینه از پهپاد سمپاش باید به پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد آن مثل نوع نازل توجه کرد (Xiongkui et al., 2017). فناوری تولید نازل همیشه در حال بهبود بوده و تاکنون، بیش از ۶۰ نوع نازل معرفی شده است (Aliverdi, 2018). چنین

تنوعی در انواع نازل‌ها سبب سردرگمی در انتخاب نوع نازل مناسب نیز شده است (He, 2018). میزان پوشش محل‌های هدف و غیرهدف با محلول پاشش، که علاوه بر کارایی علف‌کش، آلودگی محیط زیست را نیز به طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد، تحت تأثیر اندازه قطرات قرار دارد. اندازه قطرات مختلف توسط انواع مختلف نازل قابل دستیابی است (Aliverdi, 2018).

در اندک تحقیقات قبلی انجام گرفته برای بهینه‌سازی عملکرد پهپاد سمپاش، همواره نازل یک بادبزنه روی آن نصب شده است. از اینرو، عملکرد نازل یک بادبزنه (قدیمی‌ترین) با نازل‌های دو بادبزنه (با قدمت دو دهه‌ای) و سه بادبزنه (تولید شده در سال ۲۰۱۴) در سمپاشی با پهپاد سمپاش مورد مقایسه قرار نگرفته است. مقایسه مذکور هدف اصلی این پژوهش بود.

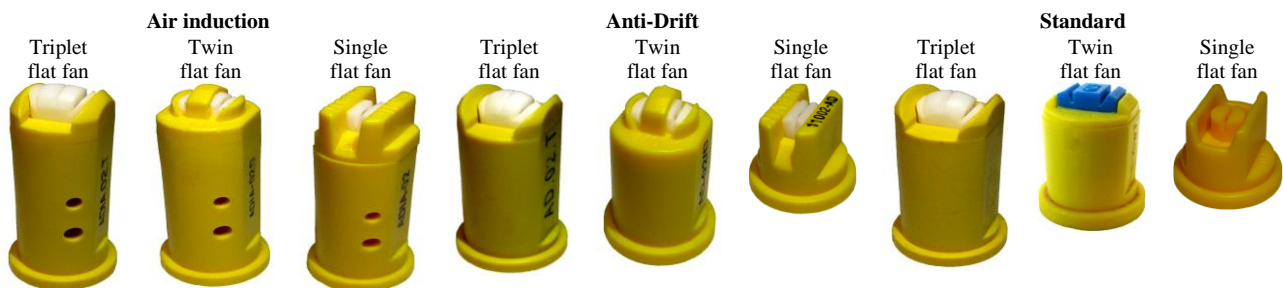
## روش بررسی

پژوهش در پاییز ۱۳۹۹ در مزرعه کلزایی واقع در روستای امزجرد از توابع شهرستان همدان انجام شد. سال قبل، جو زراعی در مزرعه کشت شده بود ولی به سبب ریزش بذر گسترده‌ای از کمباین در زمان برداشت، جو زراعی به طور غالب به عنوان علف هرز داوطلب در مزرعه کلزا ظاهر شده بود. به دلیل بارندگی، امکان کاربرد هالوکسی‌فوپ-آر-متیل با سمپاش پشت تراکتوری وجود نداشت؛ لذا، مزرعه‌دار متوسل به کاربرد هالوکسی‌فوپ-آر-متیل با پهپاد سمپاش شده بود. پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور نوع نازل شامل استاندارد، ضد-بادبردگی و القاء‌کننده هوا و فاکتور تعداد بادبزن نازل شامل یک، دو و سه بادبزنه بود. در فشار پاشش ۲ بار، کیفیت پاشش برای نازل استاندارد سه بادبزنه به صورت بسیار ریز (۱۰۵-۶۱ میکرون)، برای نازل‌های استاندارد دو بادبزنه و ضدبادبردگی سه بادبزنه به صورت ریز (۲۳۵-۱۰۶ میکرون)، برای نازل‌های استاندارد یک بادبزنه، ضدبادبردگی یک بادبزنه

برگی بود. قبل از پاشش، مساحتی به اندازه دو متر مربع در درون مساحت نمونه‌گیری با پارچه‌ای پوشانده شد تا گیاهان زیر آن در معرض پاشش علف‌کش قرار نگیرند و به‌عنوان شاهد بدون پاشش در نظر گرفته شدند. کاغذهای حساس به‌رطوبت زرد رنگ در درون مساحت نمونه‌گیری (جهت بررسی میزان پوشش محلول پاشش در محل هدف سمپاشی) و در فاصله پنج متری خارج از محل هدف سمپاشی (جهت بررسی میزان فرار قطرات به‌بیرون از محل هدف سمپاشی) روی سطح زمین نصب شدند. پس از پاشش، کاغذها درون پلاستیک قرار گرفتند. پس از اسکن کاغذها، تصویر آنها در نرم افزار ImageJ پردازش و درصد مساحت آبی رنگ شده کاغذها ارزیابی و به‌عنوان درصد پوشش در محل هدف یا درصد پوشش در محل غیرهدف با محلول پاشش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. سه هفته پس از پاشش، تراکم و زیست توده تر جو زراعی در یک کادر یک متر مربعی شمارش و توزین شد. سپس، زیست توده تر تک بوته محاسبه شد. برای تعیین درصد کنترل (C) جو زراعی به‌وسیله علف‌کش از طریق معادله  $C = \frac{(A-B)}{A} \times 100$  استفاده شد. در این معادله، A و B به‌ترتیب بیانگر زیست توده تر تک بوته مربوط به‌بخش پاشش نشده و پاشش شده است. داده‌ها در نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس و میانگین‌ها نیز با آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

و ضدبادبردگی دو بادبزنه به‌صورت متوسط (۳۴۰-۲۳۶ میکرون)، برای نازل القاء کننده هوا سه بادبزنه به‌صورت درشت (۳۴۱-۴۰۳ میکرون)، برای نازل القاء کننده هوا دو بادبزنه به‌صورت بسیار درشت (۴۰۴-۵۰۲ میکرون) و برای نازل نازل القاء کننده هوا یک بادبزنه به‌صورت به‌شدت درشت (۵۰۳-۶۶۵ میکرون) است. جنس روزنه خروجی نازل‌های استاندارد یک و دو بادبزنه پلاستیکی است که به‌ترتیب به‌وسیله شرکت‌های Agrotop آلمان و ASJ ایتالیا تولید می‌شوند ولی جنس روزنه خروجی سایر نازل‌ها سرمایی است که به‌وسیله شرکت Magnojet برزیل تولید می‌شوند (شکل ۱).

برای هر تیمار، محل هدف پاشش دارای ۲۰ متر طول (مسیر حرکت پهپاد) و ۳ متر عرض (عرض کار پهپاد) بود. تیمارها با استفاده از پهپاد سمپاش با هشت ملخ چرخان (مدل آگراس ام‌جی-۱، چین) در ساعات ابتدایی روز بکار رفتند. اطلاعات فنی سمپاش و جوی عبارت بودند از ارتفاع پرواز پهپاد ۳ متر، سرعت پرواز پهپاد ۸ متر بر ثانیه، فشار پاشش ۲ بار، خروجی هر نازل ۸۲۰ میلی لیتر در دقیقه، خروجی سمپاش ۴۵ لیتر در هکتار، سرعت باد در زمان پاشش ۲ الی ۳ متر بر ثانیه عمود بر مسیر حرکت پهپاد، دمای هوا ۱۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۲ درصد. در تمام تیمارها، هالوکسی‌فوپ-آر-متیل در مقدار ۱۰۸ گرم ماده موثره در هکتار به‌کار رفت. جو زراعی در مرحله سه الی پنج



شکل ۱- انواع نازل‌های بادبزنی استفاده شده در پژوهش.

Fig. 1. The flat fan nozzle types used in the research.

## نتیجه و بحث

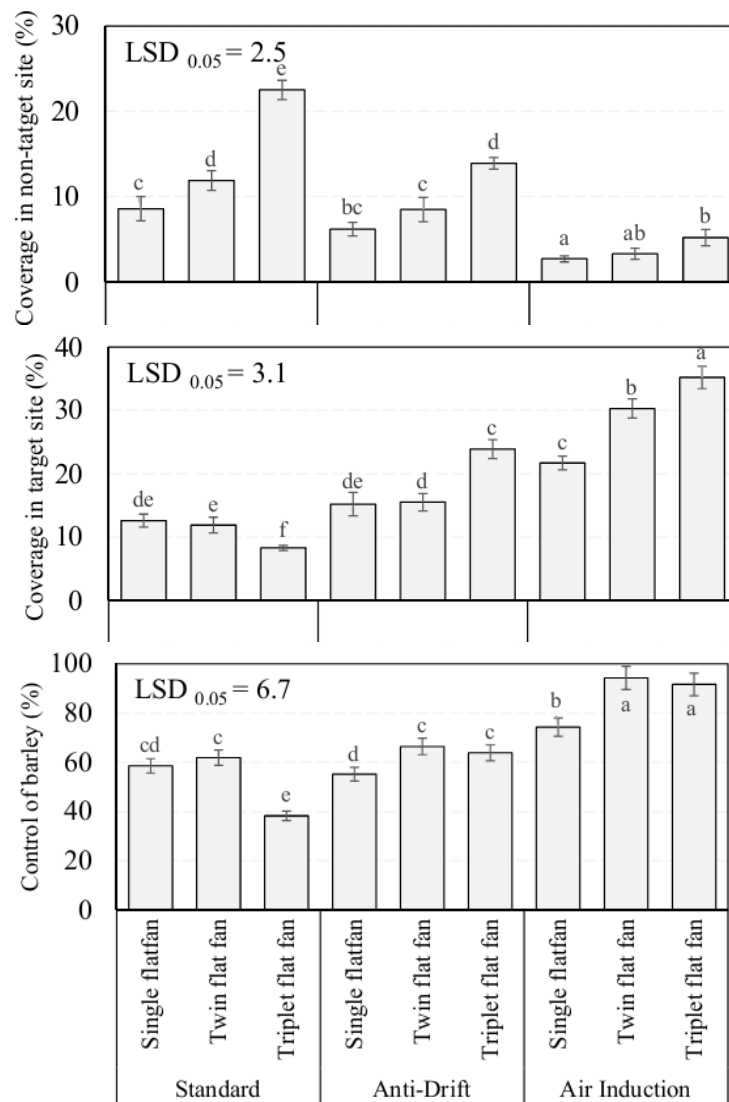
اثرات ساده نوع نازل و تعداد بادبزن نازل بر میزان درصد پوشش محل هدف و غیرهدف با محلول پاشش و کارایی هالوکسی‌فوپ-آر-متیل علیه جو زراعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، بین اثرات ساده نیز اثر متقابل معنی‌داری وجود دارد. کمترین پوشش محل غیرهدف (۲/۷ درصد خیس‌شدگی) با نازل القاء‌کننده هوا یک بادبزن مشاهده شد (شکل ۲الف). بیشترین پوشش محل غیرهدف (۲۲/۵ درصد خیس‌شدگی) با نازل استاندارد سه بادبزن مشاهده شد. به عبارتی دیگر، کمترین و بیشترین بادبردگی به ترتیب با نازل‌های مذکور اتفاق افتاد. میزان بادبردگی نازل استاندارد سه بادبزن تقریباً ۸۸ درصد بیشتر از نازل القاء‌کننده هوا یک بادبزن بود. در تمامی انواع نازل‌ها، با افزایش تعداد بادبزن نازل درصد پوشش محل غیرهدف (میزان بادبردگی) افزایش یافت. با افزایش تعداد بادبزن از یک به سه در نازل‌های استاندارد، میزان بادبردگی به ترتیب از ۸/۶ به ۲۲/۵ درصد افزایش پیدا کرد (۶۲ درصد). با افزایش تعداد بادبزن از یک به سه در نازل‌های ضد بادبردگی، میزان بادبردگی به ترتیب از ۶/۲ به ۱۳/۹ درصد افزایش پیدا کرد (۵۵ درصد). با افزایش تعداد بادبزن از یک به سه در نازل‌های القاء‌کننده هوا، میزان بادبردگی به ترتیب از ۲/۷ به ۵/۲ درصد افزایش پیدا کرد (۴۸ درصد). این نتایج بیان‌گر آن است که تأثیر نامطلوب افزایش تعداد بادبزن نازل بر میزان بادبردگی در نازل استاندارد بیشتر از نازل ضد بادبردگی و در نازل ضد بادبردگی نیز بیشتر از نازل القاء‌کننده هوا است. وقتی از مقادیر درصد پوشش محل غیرهدف به وسیله نازل‌های یک، دو و سه بادبزن مربوط به هر نوع نازل میانگین‌گیری انجام گرفت، برای نازل‌های استاندارد، ضد بادبردگی و القاء‌کننده هوا به ترتیب مقادیر ۱۴/۳، ۹/۵ و ۳/۷ درصد بدست آمد. این نتایج نیز بیان‌گر آن است که میزان بادبردگی در نازل استاندارد بیشتر از نازل ضد بادبردگی و در نازل ضد بادبردگی نیز بیشتر از نازل القاء‌کننده هوا است. با توجه به کیفیت پاشش نازل‌ها،

بین اندازه قطرات تولید شده به وسیله انواع نازل‌ها با میزان بادبردگی رابطه‌ای معکوس وجود دارد. به طوری که هر چقدر اندازه قطرات تولیدی نازل کوچک‌تر باشد، میزان بادبردگی قطرات آن نازل بیشتر است. چنین رابطه معکوس بین اندازه قطره و بادبردگی قطره در گزارش‌های قبلی نیز مشاهده شده است (Bueno et al. 2017; Hunter et al. 2019). بیشترین پوشش محل هدف (۳۵/۲ درصد خیس‌شدگی) در تیمار نازل القاء‌کننده هوا سه بادبزن و کمترین پوشش محل هدف (۸/۳ درصد خیس‌شدگی) در تیمار نازل استاندارد سه بادبزن به دست آمد (شکل ۲ب). به عبارتی دیگر، میزان خیس‌شدگی کاغذ حساس به رطوبت در محل هدف با بهترین تیمار حدوداً ۷۶ درصد بیشتر از بدترین تیمار بود. بجز در مورد نازل استاندارد، در سایر انواع نازل‌ها، با افزایش تعداد بادبزن نازل درصد پوشش محل هدف (میزان نشست) افزایش یافت. با افزایش تعداد بادبزن از یک به سه در نازل‌های استاندارد، میزان نشست به ترتیب از ۱۲/۶ به ۸/۳ درصد کاهش پیدا کرد (۳۴ درصد). علت این کاهش می‌تواند به اندازه قطرات بسیار زیر حاصل از نازل سه بادبزن باشد که آنها را مستعد بادبردگی ساخته است. همان‌طور که قبلاً بیان شد، بیشترین میزان بادبردگی در همین نازل اتفاق افتاد (شکل ۲الف). با افزایش تعداد بادبزن از یک به سه در نازل‌های ضد بادبردگی، میزان نشست به ترتیب از ۱۵/۲ به ۲۳/۹ درصد افزایش پیدا کرد (۳۶ درصد). با افزایش تعداد بادبزن از یک به سه در نازل‌های القاء‌کننده هوا، میزان بادبردگی به ترتیب از ۲۱/۷ به ۳۵/۲ درصد افزایش پیدا کرد (۳۹ درصد). به جز در مورد نازل استاندارد، این نتایج بیان‌گر آن است که تأثیر مثبت افزایش تعداد بادبزن نازل بر میزان نشست در نازل القاء‌کننده هوا بیشتر نازل ضد بادبردگی است. وقتی از مقادیر پوشش محل هدف به وسیله نازل‌های یک، دو و سه بادبزن مربوط به هر نوع نازل میانگین‌گیری انجام گرفت، برای نازل‌های استاندارد، ضد بادبردگی و القاء‌کننده هوا به ترتیب مقادیر ۱۰/۹، ۱۸/۲ و ۲۹/۱ درصد به دست آمد. این نتایج نیز بیان‌گر آن است که

پیدا کرد (۱۹ درصد). بجز در مورد نازل استاندارد، این نتایج بیان‌گر آن است که تأثیر مثبت افزایش تعداد بادبزن نازل بر کارایی علف‌کش در نازل القاء کننده هوا بیشتر نازل ضد بادبردگی است. در شرایط سمپاشی زمینی، کارایی بهتر علف‌کش ستوکسیدیم (Aliverdi, 2018) پاشیده شده به وسیله نازل دو بادبزنه در مقایسه با نازل یک بادبزنه بالاتر قبلاً گزارش شده است. همچنین، عملکرد بهتر نازل سه بادبزنه در مقایسه با نازل بادبزنی دو بادبزنه در بهبود کارایی علف‌کش سیکلوکسیدیم در سمپاشی زمینی قبلاً گزارش شده است (Aliverdi and Karami, 2019). از نظر کارایی علف‌کش، بین نازل‌های استاندارد یک بادبزنه و ضد بادبردگی یک بادبزنه و نیز بین نازل‌های استاندارد دو بادبزنه و ضد بادبردگی دو بادبزنه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. برعکس، بین نازل‌های استاندارد سه بادبزنه و ضد بادبردگی سه بادبزنه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در هر تعداد بادبزن، تمامی نازل‌های القاء کننده هوا در مقایسه با نازل‌های ضد بادبردگی سبب بهبود کارایی علف‌کش شدند. علت برتری نازل‌های القاء کننده هوا در مقایسه با نازل‌های ضد بادبردگی به دو موضوع ارتباط دارد. اول اینکه قطرات حاصل از نازل‌های القاء کننده هوا در مقایسه با نازل‌های ضد بادبردگی دارای اندازه بزرگ‌تری هستند. لذا، کمتر دچار بادبردگی از محل هدف سمپاشی به خارج از آن شده‌اند (شکل ۲الف). دوم اینکه بیشتر در محل هدف نشست کرده‌اند (شکل ۲ب). در نازل ضد بادبردگی، فناوری بکار رفته برای افزایش اندازه قطره شامل اُفت فشار پاشش در داخل اتاقک نازل است. در نازل القاء کننده هوا، فناوری به‌کار رفته برای افزایش اندازه قطره شامل اُفت فشار پاشش در داخل اتاقک نازل همراه با مخلوط شدن هوا با محلول پاشش است. با القای هوا به محلول پاشش، قطرات حاوی حبابچه‌های هوا تولید می‌شود. اگرچه اندازه قطرات حاوی حبابچه‌های هوا بزرگ است، ولی پس از برخورد آن‌ها به سطوح گیاه به قطرات با اندازه کوچک‌تر تبدیل می‌شوند. این عمل سبب پوشش بهتر سطح گیاه با محلول پاشش می‌شود

میزان نشست در نازل القاء کننده هوا بیشتر از نازل ضد بادبردگی و در نازل ضد بادبردگی نیز بیشتر از نازل استاندارد است. با توجه به کیفیت پاشش نازل‌ها، بین اندازه قطرات تولید شده به وسیله انواع نازل‌ها با میزان نشست قطرات رابطه‌ای مثبت وجود دارد. به طوری که هر چقدر اندازه قطرات تولیدی نازل کوچک‌تر باشد، میزان نشست ست قطرات آن نازل کمتر است. این در حالی است که در کاربردهای زمینی علف‌کش‌ها، همیشه رابطه‌ای منفی بین اندازه قطره و نشست قطره گزارش شده است (Gil et al. 2014).

بالاترین درصد کنترل جو زراعی با علف‌کش هالوکسی‌فوپ-آر-متیل زمانی حاصل شد که به وسیله نازل‌های ضد بادبردگی سه بادبزنه (۹۴/۳ درصد کنترل) و القاء کننده هوا سه بادبزنه (۹۱/۷ درصد کنترل) بکار رفته بود (شکل ۲ج). پایین‌ترین درصد کنترل نیز با استفاده از نازل استاندارد سه بادبزنه (۳۸/۳ درصد کنترل) حاصل شد. درصد کنترل جو زراعی با نازل‌های ضد بادبردگی سه بادبزنه و القاء کننده هوا سه بادبزنه حدوداً ۵۹ درصد بیشتر از نازل استاندارد سه بادبزنه بود. به جز در مورد نازل استاندارد، در سایر انواع نازل‌ها، با افزایش تعداد بادبزن نازل کارایی علف‌کش افزایش یافت. با افزایش تعداد بادبزن از یک به سه در نازل‌های استاندارد، کارایی علف‌کش به ترتیب از ۵۸/۶ به ۳۸/۳ درصد کاهش پیدا کرد (۳۵ درصد). علت این کاهش می‌تواند به اندازه قطرات بسیار زیر حاصل از نازل سه بادبزنه باشد که آن‌ها را مستعد بادبردگی ساخته است. به طوری که میزان بادبردگی در این نازل بیشترین مقدار در مقایسه با تمام نازل‌ها بود (شکل ۲الف). لذا، با علف‌کش کمتری که بر روی اندام‌های هوایی جو زراعی قرار گرفته است، کارایی علف‌کش حداقلی نیز مشاهده شده است. با افزایش تعداد بادبزن از یک به سه در نازل‌های ضد بادبردگی، درصد کنترل کنندگی علف‌کش به ترتیب از ۵۵/۲ به ۶۳/۹ درصد افزایش پیدا کرد (۱۶ درصد). با افزایش تعداد بادبزن از یک به سه در نازل‌های القاء کننده هوا، میزان بادبردگی به ترتیب از ۷۴/۳ به ۹۱/۷ درصد افزایش



شکل ۲- تأثیر انواع نازل‌های نصب شده در پهپاد سمپاش بر الف) پوشش کاغذهای حساس به رطوبت قرار گرفته در محل‌های هدف (در مرکز عرض پاشش) و ب) غیر هدف (در فاصله پنج متری خارج از عرض پاشش) با محلول پاشش هالوکسی‌فوب-آر-متیل و ج) کارایی آن در کنترل جو زراعی.

**Fig. 2.** The effect of nozzle types mounted in unmanned aerial sprayer on a) the coverage of moisture-sensitive papers located at the target site (at the center of spraying width) and b) non-target site (at a distance of two m outside spraying width) with the spray solution of haloxypop-r-methyl and c) its efficacy in the control of barley.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از جناب آقای ابوالفضل علی‌وردی که در اجرای این تحقیق همکاری و راهنمایی لازم را مبذول داشته‌اند صمیمانه قدردانی می‌شود.

(Hunter *et al.* 2019). طبق نتایج پژوهش حاضر، با انتخاب و

نصب نازل‌های القاء کننده هوا دو و سه بادبزنه روی پهپاد سمپاش، نه تنها علف هرز بهتر کنترل می‌شود، بلکه گامی مؤثر در جلوگیری از آلودگی محیط زیست برداشته می‌شود.

## References

- ALIVERDI, A. 2018. The selection of proper nozzle for spraying sethoxydim at two wind speeds to control winter wild oat (*Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*). *Journal of Plant Protection*. 32: 299-306. (In Persian with English abstract).
- ALIVERDI, A. and S. KARAMI. 2019. the effect of type and size of single, twin, and triplet flat fan nozzles on the activity of cycloxydim against wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.). *Journal of Plant Protection* 33: 465-474. (In Persian with English abstract).
- BUENO, M.R., J.P.A.R. da CUNHA and D.G. de SANTANA. 2017. Assessment of spray drift from pesticide applications in soybean crops. *Biosystems Engineering* 154: 35-45.
- HE, X. 2018. Rapid development of unmanned aerial vehicles (UAV) for plant protection and application technology in China. *Outlooks on Pest Management* 29: 162-167.
- HUNTER, J.E., T.W. GANNON, R.J. RICHARDSON, F.H. YELVERTON and R.G. LEON. 2019. Coverage and drift potential associated with nozzle and speed selection for herbicide applications using an unmanned aerial sprayer. *Weed Technology* 34: 235-240.
- GIL, E., P. BALSARI, M. GALLART, J. LLORENS, P. MARUCCO, P.G. ANDERSEN, X. FÀBREGAS and J. LLOP. 2014. Determination of drift potential of different flat fan nozzles on a boom sprayer using a test bench. *Crop Protection* 56: 58-68.
- GILES, D.K., R. BILLING and W. SINGH. 2016. Performance results, economic viability and outlook for remotely piloted aircraft for agricultural spraying. *Aspects of Applied Biology* 132: 15-21.
- XIONGKUI, H., J. BONDS, A. HERBST and J. LANGENAKENS. 2017. Recent development of unmanned aerial vehicle for plant protection in East Asia. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 10: 18-30.
- XUE, X., Y. LAN, S. ZHU, C. CHUN and W.C. HOFFMAN. 2016. Develop an unmanned aerial vehicle based automatic aerial s praying system. *Computers and Electronics in Agriculture* 128: 58-66.
- ZHANG, C. and J.M. KOVACS. 2012. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture* 13: 693-671.