

مقایسه عملکرد پهپاد سمپاش با سمپاش توربولاینر برای مبارزه با علف های هرز گندم در شهرستان قوچان

Evaluating the comparative performance of drone sprayer and turboliner sprayer for wheat weed control in Quchan city

سعیدظریف نشاط^۱، ناصر باقرانی ترشیز^۲، محمدحسین سعیدی راد^۳، مجتبی ناصری^۴، محمود صفری^۵، احمدصادقی^۶

۱. دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، (نگارنده مسئول).
۲. استادیار بخش تحقیقات گیاهپزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۳. دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۴. کارشناس ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی و مدرس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۵. استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۶. استادیار موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2025.367296.1685

چکیده

ظریف نشاط، س.، باقرانی ترشیز، ن.، سعیدی راد، م.ح.، ناصری، م.، صفری، م.، صادقی، ا.، . مقایسه عملکرد پهپاد سمپاش با سمپاش توربولاینر برای مبارزه با علف های هرز گندم در شهرستان قوچان
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۶ - شماره ۴- پیاپی ۱۴۱ زمستان ۱۴۰۲ صفحه: ۳۰-۱۵

در این پژوهش عملکرد پهپاد سمپاش با سمپاش توربولاینر در مبارزه با علف های هرز مزارع گندم در سطح ۵ هکتار و در شهرستان قوچان استان خراسان رضوی مورد مقایسه قرار گرفت. این پروژه در قالب آزمون t و در سه تکرار انجام شد. پارامترهای مورد مطالعه شامل: زمان سمپاشی یک هکتار و به تبع آن ظرفیت و بازده زراعی سم پاش ها، مقدار پاشش محلول سم در هکتار، ضریب کیفیت پاشش، بادبردگی، انرژی مصرفی، میزان لهیدگی محصول، اثربخشی (کارایی)، عملکرد گندم و ارزیابی اقتصادی سم پاش ها بودند. نتایج تجزیه و تحلیل بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین دو روش سمپاشی در سطح ۵٪ بود. نتایج نشان داد پهپاد سمپاش و توربولاینر به ترتیب دارای ۱۵/۰۱ و ۳۶۴/۹ لیتر مصرف محلول سم در هکتار، میزان باد بردگی ۱۱ و ۳۴ درصد، ظرفیت مزرعه ای ۹/۴۷ و ۶/۳۳ هکتار بر ساعت و انرژی مصرفی ۲۱۲۸ و ۱۱۹۸۰ کیلوژول، عملکرد گندم ۸۲۶۶ و ۷۴۳۳ کیلوگرم در هکتار بود. ضریب کیفیت پاشش در پهپاد سمپاش و سمپاش توربولاینر به ترتیب ۱/۵۳ و ۲/۱۸ بود. با گذشت ۳۰ روز از سمپاشی بررسی ها نشان داد که از نظر کارایی عملیات، کارایی سمپاشی با پهپاد در مهار علف های هرز پهن برگ (کاهش تراکم علف های هرز) حدود ۴۰ درصد بیشتر از سمپاش توربولاینر بود و وزن خشک علف های هرز تحت تأثیر نوع ادوات سمپاش قرار نگرفت. از نظر اقتصادی، هزینه سمپاشی با پهپاد ۵۰ درصد بیشتر از هزینه سمپاشی با سمپاش توربولاینر در هکتار بود. به طور کلی پهپاد سمپاش در کلیه پارامترهای مورد مطالعه به جز هزینه سمپاشی، عملکرد بهتری نسبت به روش سمپاشی با سمپاش توربولاینر داشت.

واژه های کلیدی: سمپاش توربینی زراعی، ضریب کیفیت پاشش، علف کش، کارایی سمپاش

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: zarifneshat@yahoo.com

مقدمه:

گندم به عنوان یک محصول راهبردی در بین تولیدات کشاورزی جایگاه ویژه ای دارد، به طوری که این محصول در کشور با سطح زیر کشت حدود ۶ میلیون هکتار و در استان خراسان رضوی با دارا بودن حدود ۲۹۰ هزار هکتار سطح زیر کشت، مهم ترین محصول زراعی است (Anonymous, 2020). تاکنون روش های متعددی برای مبارزه با علف های هرز استفاده شده است، اما با وجود مضرات و خطرات ناشی از سمپاشی، کاربرد سموم شیمیایی همچنان اصلی ترین روش مبارزه با علف های هرز محصولات کشاورزی در ایران و بسیاری از کشورهای جهان است. عمده نقاط ضعف مدیریت علف های هرز مزارع گندم مبارزه ی دیر هنگام، کاربرد ادوات نامناسب سمپاشی و پایین بودن کیفیت آنها، دسترسی نداشتن به دستورالعمل های لازم و رعایت نکردن الگوی کشت مناسب است (Minbashi Moeini et al., 2015). پاشش مناسب از طریق تنظیم دقیق سم پاش ها، اولین و مهمترین روش برای رفع مشکلات مرتبط با کاربرد سموم و استفاده از سم پاش ها است. بیشترین کاربرد سم پاش ها در مزارع گندم در کشور برای مبارزه با علف های هرز (۵۲٪)، آفات (۴۰٪) و بیماری ها (۸٪) است (Safari et al., 2010). در حال حاضر، سم پاش های متداول مورد استفاده در مزارع گندم برای مبارزه با علف های هرز، سم پاش های بوم دار و لانس دار هستند. استفاده از این سم پاش ها افزون بر مصرف نسبتاً زیاد سموم (۳۷۰ تا ۸۵۰ لیتر محلول سم در هکتار) که منجر

به آلودگی آب و خاک و محیط زیست می شود، باعث فشردگی خاک و لهیدگی محصول نیز می شود (Safari et al., 2010).

از پهپاد سمپاش در بخش کشاورزی به منظور کنترل موفق آفات در مزارع برنج، سویا و گندم استفاده شده است (Yamaha, 2004). در پژوهشی، مقایسه ی کارایی سمپاشی هوایی و زمینی (با سم پاش فرقونی لانس دار) در کنترل آفات نشان داد که اثر هر دو روش بر کنترل آفات بود یکسان بود (Heidari & Asri, 2016). در هندوستان برای مبارزه با آفات در محصول بادام زمینی و برنج از پهپاد استفاده شد. بر اساس نتایج، ظرفیت زراعی پهپاد سمپاش در ارتفاع پرواز یک متر از محصول و سرعت پیشروی ۳/۶ کیلومتر بر ساعت، ۱/۱۵ و ۱/۰۸ هکتار در ساعت و هزینه های عملیاتی ۳۴۵ و ۳۶۷ روپیه در هکتار به ترتیب برای بادام زمینی و برنج به دست آمد. از سویی دیگری کنواختی پاشش با افزایش ارتفاع و فشار پاشش، افزایش یافت و قطر متوسط حجمی و عددی قطره ها در شرایط آزمایشگاهی، به ترتیب ۳۴۵ و ۲۷۰ میکرومتر گزارش شد (Yallappa, 2017). نتایج استفاده از پهپاد سمپاش در تاکستان های ایالت کالیفرنای آمریکا بیانگر موفقیت آمیز بودن استفاده از این نوع سمپاش بود. بر اساس این پژوهش مقدار مصرف سم بین ۵۰-۱۰ لیتر در هکتار بود. با توجه به گنجایش محدود پهپاد، ظرفیت کاری آن می تواند بین ۵-۲ هکتار در ساعت متغیر باشد. در مدل های جدید با کاهش تعداد دفعات بارگیری، مقدار ظرفیت کاری افزایش یافته و مقدار پاشش بین ۴۰-۱۰ لیتر در هکتار قابل

(ایزوپروتورون + کلودینافوب + مزوسولفورون) به ترتیبه میزان ۱۲۰، ۷/۵ و ۰/۹ گرم در هکتار) در ۱۰ تا ۲۰ درصد محصول گندم خسارت وارد شده است. با این وجود در تمام تیمارهای استفاده از پهباد (دوز و نوع علف کش) در مقایسه با عدم سمپاشی کنترل علف های هرز مشاهده گردید (Chen et al., 2019). در پژوهش دیگری اثر استفاده از پهباد سمپاش در مقایسه با سمپاش پستی برقی در کنترل بیماری بلاست برنج مورد مقایسه قرار گرفت. پارامترهای مورد ارزیابی میزان پوشش دهی و نفوذ سم در تاج گیاه، تراکم محلول سم بر روی هدف و همچنین کارایی سمپاشی بودند. نتایج نشان داد که کارایی این دو سمپاش در کنترل این بیماری با هم اختلاف معنی داری نداشته و استفاده از پهباد سمپاش با حجم پاشش محلول سم به میزان ۱۸ لیتر در هکتار می تواند کنترل مؤثری برای این بیماری داشته باشد (Wang et al., 2020).

با توجه به بررسی منابع پژوهش های انجام شده، استفاده از پهباد برای کنترل آفات و بیماری ها و علف های هرز با در نظر گرفتن نوع محصول، نوع سم و زمان سمپاشی نتایج متفاوتی حاصل شده است. بعضی نتایج بر اثر بخش بودن استفاده از پهباد در سم پاشی (علف هرز و آفات و بیماری ها) تاکید و برخی نتایج از معنی دار نبودن اثرات نوع سمپاش بر کارایی مبارزه با علف های هرز و آفات و بیماری ها حکایت داشت. از طرف دیگر با توجه به گسترش روزافزون استفاده از پهبادهای سمپاش به عنوان یک فناوری جدید برای مبارزه با علف های هرز گندم و همچنین عدم انجام پژوهش در زمینه ی

دسترسی است. مهارت کارور این سم پاش ها، از موارد ضروری و اجتناب ناپذیر است (Giles & Billing, 2015). در پژوهشی دیگر روی گندم در استان فارس، سمپاش میکرونر پستیبه عنوان سمپاش متداول منطقه با پهباد مجهز به افشانک میکرونر مقایسه شد. بررسی میانگین درصد کارایی پهباد سمپاش با سمپاش میکرونر پستی نشان داد که هر دو تیمار در هر سه نوبت نمونه برداری بعد از سمپاشی، از نظر کنترل سن گندم اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند (Sheikhi Garjan, 2019). در پژوهش دیگری سه تیمار مختلف سمپاشی برای کنترل زنجبرک خرما مقایسه شدند. تیمارها شامل سمپاشی با پهباد سمپاش، سمپاشی با سمپاش لانس دار تراکتوری و شاهد (بدون سمپاشی) بودند. نتایج نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح پنج درصد اختلاف معنی داری وجود داشت. در سمپاش لانس دار و پهباد سمپاش به ترتیب مقدار مصرف محلول سم ۴۳۷/۷ و ۱۴/۶۴ لیتر در هکتار، مقدار بادبردگی ۴۲/۶ و ۱۱/۰۲ درصد، ظرفیت مزرعه ای ۰/۸ و ۵/۵۵ هکتار در ساعت بود. ضریب کیفیت پاشش در سمپاش پهباد ۱/۳۵ و انرژی مصرفی سمپاش لانس دار ۴۴/۴ برابر پهباد سمپاش گزارش شد (Safari & Sheikhi Garjan., 2020). نتایج یک بررسی کاربرد پهباد سمپاش در کنترل علف های هرز گندم نشان داد که این روش سمپاشی در هنگام استفاده از علف کش پیش رویشی (دیفلوفنیکن + ایزوپروتورون به ترتیبه میزان ۱۲۰ و ۱۲۰۰ گرم در هکتار) خسارتی برای محصول نداشته است، ولی در هنگام کاربرد علف کش پس رویشی

ارزیابی و اثبات کارایی این فناوری در مبارزه با علف های هرز گندم در کشور این پژوهش اجرا شده است.

مواد و روش ها

در این پژوهش عملکرد سم پاش پهباد در مقایسه با سایر روش های معمول کنترل شیمیایی علف های هرز گندم در شهرستان قوچان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت. آماده سازی زمین و بستر بذر با استفاده از گاو آهن چیل، دیسک و لولر در اواخر شهریور ۱۴۰۱ انجام و سپس گندم رقم میهن به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با استفاده از خطی کار غلات کاشته شد. ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در حین عملیات خاک ورزی به مزرعه داده شد. همچنین ۲ بار محلول پاشی فسفیت پتاسیم هر بار به میزان ۱ لیتر در هکتار و اسید هیومیک به میزان ۳۰ لیتر در هکتار انجام شد.

تیمارهای این پژوهش مقایسه دو روش سم پاشی در کنترل علف های هرز گندم که در قالب آزمایش استیودنت و در سه تکرار انجام شد به قرار زیر بود:

۱- سمپاشی با پهباد سمپاش

۲- سمپاشی با سمپاش توربولاینر

علف های هرز پهن برگ غالب مزرعه شامل درشتوک^۱ و خردل آبی^۲ در مراحل پایانی رشد رویشی تا ابتدای گلدهی بودند. مبارزه با علف های هرز در منطقه اوایل فروردین سال

۱۴۰۲ در مرحله ۴-۲ برگی و در اواسط زمان پنجه زنی گندم انجام شد. برای مبارزه با علف های هرز از علف کش تو، فور - دی + ام. س. پ. آ. (۶۷,۵٪ SL) شرکت ملی شیمی کشاورز به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. مشخصات پهباد سمپاش و سمپاش توربولاینر مورد استفاده در پژوهش در جدول های ۱ و ۲ بیان شده است: ویژگی های سم پاش ها از جنبه های مختلف مورد بررسی قرار گرفتند که عبارت اند از:

۱- **عرض کار مؤثر:** این عامل در سم پاش های مختلف یکسان نبوده و برای هر سم پاش عرض مؤثر پاشش به وسیله متر اندازه گیری شد. در سمپاش پهباد با توجه به ارتفاع پرواز، عرض کار مؤثر، فاصله بین پاشش دورترین افشانک ها از هم می باشد. ارتفاع پرواز پهباد و نوع افشانک نیز بر عرض کار مؤثر تاثیر گذار است. کارت های حساس به آب بفاصله ۰/۵ متری از یکدیگر عمود بر جهت حرکت پهباد قرار داده شد و فاصله بین اولین و آخرین کارت رنگی شده با متر اندازه گیری شد (Safari & Bagheri, 2021). در این آزمایش ارتفاع پرواز پهباد ۲ متر تنظیم شد و با توجه به سنسورهای دستگاه این ارتفاع در مدت سمپاشی ثابت بود.

در سمپاش توربولاینر با توجه به عرض کاریمؤثر نسبتاً بالا (حدود ۱۵ متر) کارت های حساس با فواصل بیشتری از هم قرار داده شد و عرض مؤثر کار مطابق روش فوق اندازه گیری گردید.

۲- **اندازه گیری محلول مصرفی:** در هریک از سمپاش ها به منظور کالیبراسیون و آماده نمودن آنها قبل از عملیات، در فشار مشخصه

۱- *Malcolmia africana*

۲- *Chorisporatenella*

جدول ۱- مشخصات پهپاد سمپاش

Table 1. Specification of drone sprayer

ویژگی Specification	مشخصات Feature
مدل Model	AGRAS-T16
شرکت سازنده Manufacturing company	DJI
ابعاد (در حالت باز بودن ملخ ها) Dimensions (opened aircraft propeller)	2509 × 2213 × 732 mm
ابعاد (در حالت بسته بودن ملخ ها) Dimensions (closed aircraft propeller)	1100 × 570 × 732 mm
تعداد موتورهای دمنده Number of engines	6
تعداد افشانک ها Number of nuzzles	8
نوع نازل Nuzzle model	XR11001VS (Tee Jet)
عرض پاشش (اسمی) Spraying width (nominal)	4-6.5 meter
ارتفاع پاشش Spraying height	1.3-5 m upper the product
بیشترین مقدار پاشش Maximum spraying rate	3.6 L.min ⁻¹
وزن پرنده (مخزن خالی) Weight	19.8 kg (no battery)
فشار پمپ Pump pressure	300 kpa
حداکثر وزن برخاست Maximum takeoff weight	42 kg
حجم مخزن Tank volume	16 L
محدوده سرعت Speed range	0-10 m.s ⁻¹
مداومت پروازی Hovering time	10-18 min

جدول ۲- مشخصات سمپاش توربولاینر

Table 2. Specification of field turbine sprayer

نوع سمپاش Type of sprayers	مشخصات Specifications					
	عرض کار Width	حجم مخزن Tank Volume	نوع و تعداد نازل Type and number of nuzzles	نوع پمپ Pump type	دبی پمپ Pump rate	فشار پمپ Pump pressure
توربولاینر Turboliner	۱۵-۱۰ متر 10-15 m	۸۰۰ لیتر 800 L	۸ عدد سرامیکی قطر روزنه ۱/۲ میلیمتر 11 pices, ceramic	پیستونی دیافراگمی Diaphragm piston	۹۲ لیتر بر دقیقه 92 L.min ⁻¹	۵۰-۰ بار 0-50 Bar

اندازه گیری گردید. با جمع مقادیر محلول خروجی از هر نازل مقدار محلول بر حسب لیتر در دقیقه محاسبه شد. مقدار پاشش محلول سم در هر هکتار با در نظر گرفتن سرعت پیشروی

پمپ (فشار پمپ ۳۰۰ کیلوپاسکال در پهپاد سمپاش و ۲۵۰۰ کیلوپاسکال در سمپاش توربولاینر)، زیر هر یک از نازلها ظرفی قرار داده شد و میزان خروجی محلول در یک دقیقه



شکل ۱- سمپاش پهپاد و سمپاش توربولینر مورد استفاده در آزمایش

Figure 1. Drone sprayer and turbuliner sprayer used in the experiment

بین شاخص های مکانیزاسیون مهم ترین شاخصی که کمیت و کیفیت کار مکانیزاسیون را نشان می دهد ظرفیت مکانیزاسیون در واقع انرژی مصرف شده در واحد سطح است. اندازه گیری توان مصرفی برای سمپاش توربولینر، با استفاده از دستگاه دینامومتر دورانی شش خار مدل داتم^۳ ساخت کشور انگلستان در سرعت ۵۴۰ دور بر دقیقه محور سمپاش، انجام شد. حداکثر مقدار توان الکتریکی مصرفی (وات) پهپادسمپاش مطابق کاتالوگ دستگاه تعیین شد. در نهایت با توجه به زمان سمپاشی در هر هکتار، از ضرب توان مصرفی در مدت زمان کاربرد پهپاد، انرژی مورد نیاز هر دستگاه بر حسب کیلو ژول بر هکتار محاسبه شد (Almasi et al., 1999).

۴- لهیدگی محصول ناشی از حرکت

تراکتور: با توجه به سوار شونده بودن سمپاش، این پارامتر از تقسیم عرض چرخ های تراکتور بر عرض کاری سمپاش (۱۵ متر)، سطح له شدگی مزرعه تعیین و این مقدار نسبت به مساحت کل محصول به عنوان درصد لهیدگی در نظر گرفته شد.

۵- اندازه گیری کیفیت پاشش سم: برای

و عرض پاشش از رابطه زیر محاسبه شد (دوز سم مصرفی در هکتار برای هر یک از روش ها

$$q = \frac{Q \times W \times V}{600} \quad (۱)$$

که در آن V : سرعت پیشروی (کیلومتر در ساعت)، Q : دبی (لیتر در دقیقه)، q : مقدار محلول در هکتار (لیتر) و W : عرض کار مؤثر (متر) است.

زمان لازم برای سمپاشیک هکتار: با توجه به عرض کار مؤثر هر سمپاش و سرعت پیشروی آن، زمان لازم برای سمپاشیک هکتار به وسیله کروномتر اندازه گیری و در نهایت، ظرفیت مزرعه ای مؤثر و تئوری محاسبه و بازده مزرعه ای مطابق روابط زیر محاسبه شد (Safari & Sheikhi Garjan., 2020):

$$C_t = \frac{v \times w}{10} \quad (۲)$$

که در آن V : سرعت پیشروی (کیلومتر در ساعت)، W : عرض کار مؤثر (متر) و C_t : ظرفیت تئوری (هکتار در ساعت) است.

$$E = \frac{C_o}{C_t} \times 100 \quad (۳)$$

که در آن E : بازده مزرعه ای (درصد) و C_o : ظرفیت مؤثر مزرعه ای (هکتار در ساعت) است.

۳- انرژی مصرفی (ظرفیت مکانیزاسیون): از

آزمایش توسط نرم افزار سنجش ذرات SIBA^۷، کاغذهای حساس به آب هر تیمار به طور جداگانه توسط اسکنر با دقت ۶۰۰ نقطه در اینچ^۸ تصویر برداری شدند (Daneshjoo, 2006; Naseri, 2007).

۲-۵- ضریب کیفیت سمپاشی:

از تقسیم قطر میانه حجمی بر قطر میانه عددی ضریب کیفیت سمپاشی به دست می آید (رابطه ۴). در حالت ایده آل این ضریب برابر یک است ولی در عمل با توجه به شرایط کار و نوع افشانک و سمپاش دستیابی به این کیفیت سمپاشی غیرممکن است. هر چه این عدد نزدیک به یک باشد کیفیت سمپاشی بالاتر خواهد بود (Naseri, 2007).

$$Q_c = \frac{VMI}{NMI} \quad (۴)$$

۳-۵- گستره نسبی اندازه قطرات: این پارامتر معیاری برای توصیف پراکندگی توزیع اندازه قطرات محلول سم در یک پاشش است که با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می شود:

$$\text{Relative Span}^1 = \frac{D_{90} - D_{10}}{D_{50}} \quad (۵)$$

که در آن: D_{10} و D_{90} به ترتیب قطر قطره ای است که ۱۰ درصد و ۹۰ درصد، ۵۰ درصد و ۱۰ درصد قطرات پاشیده شده از آن کوچکتر است.

۶- میزان باد بردگی بر حسب درصد:

برای تعیین میزان باد بردگی، قبل از سمپاشی در بیرون هر کرت آزمایشی، تعداد ۲۰ عدد کارت حساس، در جهت وزش باد به صورت عرضی و به فواصل ۰/۵ متر عمود بر حرکت

بررسی کیفیت سمپاشی از کارت های حساس به آب با ابعاد ۷×۳ سانتیمتر استفاده شد. این کارت ها در نقاط مختلف پلات ها روی زمین در محل سمپاشی قرار داده شدند (شکل ۲). به منظور تعیین کیفیت سمپاشی، موارد زیر اندازه گیری شد:

۱-۵- قطر میانه حجمی^۲ و قطر میانه عددی^۳:

قطر میانه حجمی قطر ذره ای است که در نصف حجمی قرار می گیرد، یعنی اگر ذرات حاصله از یک لیتر محلول را به ترتیب از بزرگ به کوچک قرار دهیم و از یک طرف آنها را در ظرف بریزیم، به قطر ذره ای که در مرز نیم لتری ظرف قرار می گیرد.

قطر میانه عددی قطر ذره ای است که جمع کل تعداد قطره های بزرگ تر از آن معادل جمع کل تعداد قطره های کوچک تر از آن است. یعنی اگر ذرات چیده شده را از یک طرف شروع به شمارش نماییم، ذره ای که از نظر تعداد کل ذرات در وسط قرار می گیرد، را قطر میانه عددی گویند.

به منظور تعیین قطر تقریبی، یکی از روش ها، روش بزرگ نمایی^۴ است، بنابراین به منظور شمارش و تجزیه و تحلیل، اندازه قطره ها گروه بندی می شوند و سپس میانه آن ها در نظر گرفته می شود. با تشکیل جدول فراوانی و تعیین قطر قطراتی که در ۵۰٪ فراوانی قرار دارند مقادیر قطر میانه عددی و حجمی تعیین می شود. جهت سنجش قطرات ثبت شده بر روی کاغذهای حساس به آب حاصل از پاشش هر

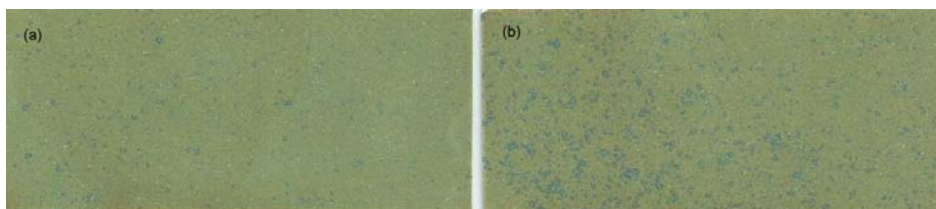
۴- Volume Median Diameter (VMD)

۵- Number Median Diameter (NMD)

۶- Scale up

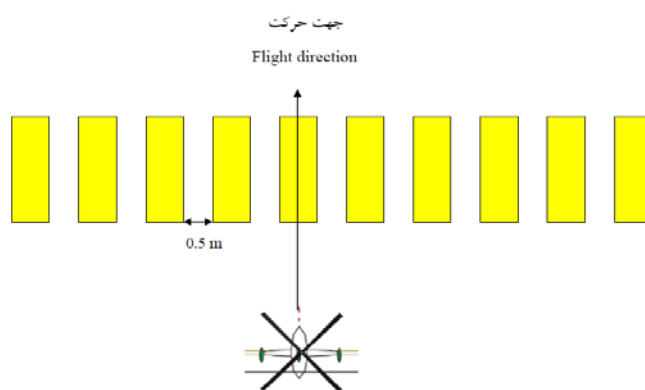
۷- V

۸- Dot per inches (dpi)



شکل ۲- نمونه ای از کارت های حساس به آب استفاده شده در آزمایش، a: پهپاد سمپاش b: سمپاش توربولاینر

Figure 2. water-sensitive cards used in the experiment, a: drone sprayer b: turboliner sprayer



شکل ۳- الگوی قرار گیری کارت های حساس به آب

Figure 3. Water-sensitive card placement pattern

آون ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت توزین شد. مقایسه میانگین ها به روش t-test در سطح احتمال خطای ۵ درصد صورت گرفت و تراکم و وزن خشک علف های هرز در مترمربع اندازه گیری شد (Hadizadehet al., 2019).

۸- هزینه سمپاشی برای هر هکتار (اجرت

عملیات):

با توجه به قیمت بالای پهپاد سمپاش، خرید این دستگاه، در توانایی اکثر کشاورزان نیست، بنابراین به دلیل استفاده از روش اجاره ای توسط کشاورزان منطقه، این روش به صورت اجاره ای با روش سمپاشی مرسوم مقایسه شد و در نهایت به روش نسبت سود به هزینه، تیمارها از نظر اقتصادی مورد مقایسه قرار گرفت.

سمپاش ها قرار داده شد. پس از عملیات این کارت ها جمع آوری و درصد کارت هایی که در معرض قطرات سم قرار گرفته اند تعیین شد (Safari et al., 2010; Safari & Bagheri., 2021). سرعت باد در هنگام آزمایش ۱/۵ الی ۲ متر در ثانیه، دمای هوا ۱۸-۲۲ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی هوا ۳۵ درصد و سرعت حرکت پهپاد و سمپاش توربولاینر به ترتیب ۲۱-۲۲ و ۵-۵/۵ کیلومتر در ساعت محاسبه شد.

۷- کارایی سمپاشی:

ارزیابی کارایی سمپاش ها با نمونه گیری علف های هرز در ۳۰ روز پس از سمپاشی صورت گرفت. بدین منظور تعداد علف های هرز در ۳۰ کادر ۰/۲۵ مترمربعی شمارش شد و وزن خشک آن ها پس از قرارگیری در

توربولاینر ۶/۳۳ هکتار در ساعت بود. بازده مزرعه‌ای پهپاد سمپاش و سمپاش توربولاینر به ترتیب برابر ۹۱/۲۹ و ۸۰/۰۸ درصد است.

محلول سم مصرفی

در این آزمایش مقدار سم مورد استفاده (دز سم) در همه سم‌پاش‌ها با هم برابر بوده ولی میزان محلول پاشیده شده سم در هکتار در هر سمپاش متفاوت است. بنا بر نتایج حاصله، بیشترین میزان محلول سم مصرفی در هکتار مربوط به سم‌پاش‌های توربولاینر و پهپاد به ترتیب با ۳۶۴/۹۷ و ۱۵/۰۱ لیتر می‌باشد که از این حیث در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

بادبردگی

نتایج مقایسه سم‌پاش‌ها از نظر بادبردگی محلول سم بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین آنها در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. مقدار بادبردگی در سمپاش توربولاینر به میزان ۳۴ درصد و پهپاد سمپاش ۱۱ درصد به دست آمد.

انرژی مصرفی در هکتار

(ظرفیت مکانیزاسیون)

برای محاسبه این شاخص علاوه بر داشتن توان مکانیکی صرف شده برای هر ماشین باید زمان استفاده از آن در هر هکتار نیز محاسبه شود. در این پژوهش توان مصرفی سمپاش توربولاینر مستقیماً اندازه‌گیری شد. ماکزیمم توان مصرفی پهپاد نیز با توجه به اطلاعات سازنده تعیین و به تبع آن انرژی محاسبه شد. همان‌طور که در جدول ۳ بیان شده است میزان انرژی مصرفی در هکتار پهپاد سمپاش ۲۱۲۸ کیلوژول بود. این پارامتر برای سمپاش توربولاینر ۱۱۹۸۰ کیلوژول

پس از تعیین میزان باد بردگی، محلول مصرفی، ظرفیت و بازده مزرعه‌ای، کیفیت پاشش، انرژی مصرفی، کارایی سمپاشی و آنالیز اقتصادی، نتایج با استفاده از آزمون t استیودنت مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌نشان داد که مقدار محلول سم مصرفی و زمان سمپاشی در هکتار، ظرفیت‌مؤثر و راندمان مزرعه‌ای، انرژی مصرفی در هکتار، بادبردگی، عملکرد گندم، ضریب کیفیت پاشش سم‌پاش‌ها و کارایی سمپاشی (تراکم علف‌های هرز در مترمربع) در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشت. وزن خشک علف‌های هرز ۳۰ روز پس از سمپاشی در مترمربع در سطح احتمال ۵٪ با هم اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول‌های ۳ و ۴).

مدت زمان انجام عملیات سمپاشی:

زمان سمپاشی در هکتار برای سم‌پاش‌های توربولاینر و پهپاد به ترتیب ۹/۵ و ۶/۳۳ دقیقه است که از این لحاظ در سطح احتمال ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند. علت این امر مربوط به اختلاف در عرض کاریمؤثر کمتر و سرعت پیشروی بیشتر پهپاد حین عملیات سمپاشی است. میانگین عرض کاریمؤثر برای سم‌پاش‌های مذکور به ترتیب ۱۵/۱۰ و ۴/۷۳ متر و میانگین سرعت پیشروی به ترتیب برابر ۵/۲۳ و ۲۱/۹۳ کیلومتر در ساعت محاسبه شد.

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر و بازده مزرعه‌ای

با توجه به مطالب فوق در خصوص ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر سم‌پاش‌ها می‌توان گفت ظرفیت مزرعه‌ای پهپاد سمپاش ۹/۴۷ و سمپاش

جدول ۳- مقایسه میانگین های پارامترهای عملکردی سم پاش ها
Table 3. Comparison of averages of sprayers performance parameters

صفات مورد مطالعه Investigated traits									
سمپاش ها Spreys	زمان سمپاشی در هکتار (دقیقه) Time of spraying (min)	ظرفیت موثر مزرعه ای (هکتار در ساعت) Field capacity(ha/hr)	بازده مزرعه ای (درصد) Field efficiency (%)	مطلوب مصرفی در هکتار (لیتر) Consumed solution (L/ha)	بادبرگی (درصد) Wind drift (%)	انرژی مصرفی در هکتار (کیلوژول) Energy consumption (KJ)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/ha)	ضریب کیفیت سمپاشی Spraying quality coefficient	گستره نسبی اندازه قطرات Droplet relative span
پهپاد Drone	^b 6.33	^a 9.47	^a 91.29	^b 15.01	^b 1	^b 2128	^a 8266.66	^b 1.53	^b 0.95
توربولاینر Turboliner	^a 9.5	^b 6.3	^b 80	^a 364.9	^a 34	^a 11980	^b 7433.33	^a 2.18	^a 1.24

اعداد با حروف مشابه برای هر تیمار در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Means with the same letters are not significantly different at the 5% probability level based on the t-test

محاسبه شد.

لهیدگی محصول

با توجه به استفاده از تراکتورهای چرخ معمولی در عملیات سمپاشی و اندازه گیری عرض چرخ های تراکتور و تعداد دفعات عبور تراکتور و سمپاش برای سمپاشی مزرعه در این روش، میزان لهیدگی محصول گندم هنگام سمپاشی با سمپاش توربولاینر، ۵/۲۵ درصد محاسبه شد.

کیفیت سمپاشی

این پارامترها با محاسبه قطرهای میانه عددی و حجمی با استفاده از کاغذهای حساس به آب برای پهپاد سمپاش و توربولاینر محاسبه و با آزمون t مورد مقایسه قرار گرفت.

میانگین قطر میانه عددی سمپاش پهپاد و توربولاینر به ترتیب ۱۵۲ و ۲۲۶ میکرون و میانگین قطر میانه حجمی در آنها به ترتیب ۲۳۳ و ۴۸۸ میکرون به دست آمد و نهایتاً ضریب کیفیت سمپاشی برای سمپاش پهپاد و توربولاینر به ترتیب ۱/۵۳ و ۲/۱۸ به دست آمد. نتیجه مقایسه میانگین ها نشان داد که کیفیت پاشش سمپاش پهپاد به طور معنی داری از سمپاش توربولاینر بالاتر است.

نتایج آزمون در مورد گستره نسبی اندازه قطرات بیانگر بیشتر بودن این پارامتر برای سمپاش توربولاینر در مقایسه با پهپاد سمپاش بود. گستره نسبی برای سمپاش توربولاینر ۱/۲۴ و برای پهپاد سمپاش ۰/۹۵ به دست آمد که به طور معنی داری با هم اختلاف دارند. هر قدر این پارامتر کم و نزدیک به صفر باشد بیانگر توزیع اندازه قطرات یکنواخت تر و همگن ترمی باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تراکم و وزن خشک علف های هرز درشتوک و خردل آبی تحت سمپاشی با پهپاد و سمپاشی توربولاینر

Table 4. Comparison of average density and dry weight of *Malcolmia africana* and *Chorisporatella* using drone and turboliner sprayers

	تراکم / تعداد در مترمربع (Density (m ⁻²))			وزن خشک (گرم بر مترمربع) (Dry weight (g.m ⁻²))		
	پهپاد سمپاش Drone sprayer	سمپاش توربولاینر Turboliner sprayer	سطح احتمال خطا Error probability level	پهپاد سمپاش Drone sprayer	سمپاش توربولاینر Turboliner sprayer	سطح احتمال خطا Error probability level
علف هرز Weed						
درشتوک Malcolmia Africana	2.7±0.25	4.5±0.48	P<0.05	29.8±3.8	44.1±5.4	P<0.15
خردل آبی Chorisporatella	3.4±0.18	5.6±0.33	P<0.01	37.1±2.9	56.6±4.1	P<0.05
مجموع علف های هرز Total weeds	6.1±0.54	10.1±0.73	P<0.01	66.9±4.5	110.7±7.3	P<0.01

خطای استاندارد ± میانگین

هرز، تعداد علف های هرز (تراکم) در مترمربع نیز به عنوان یک فاکتور کمکی لحاظ گردید. سمپاشی با پهپاد و سمپاش توربولاینر تراکم علف هرز درشتوک را به ترتیب به ۲/۷ و ۴/۵ بوته در مترمربع کاهش داد که به طور معنی داری با یکدیگر اختلاف داشتند. مشابه این نتیجه در مورد خردل آبی نیز به دست آمد، به طوری که تراکم این علف هرز در سمپاشی با سمپاش پهپاد و توربولاینر به ترتیب ۳/۴ و ۵/۶ بوته در مترمربع بود. تراکم مجموع علف های هرز پهن برگ در کرت های آزمایشی نیز از همین روند تبعیت نمود. سمپاشی با پهپاد تراکم مجموع علف های را به ۶/۱ بوته در مترمربع تقلیل داد؛ در حالی که، سمپاشی با سمپاش توربولاینر موجب کاهش تراکم مجموع علف های به ۱۰/۱ بوته در مترمربع شد. این موضوع نشان می دهد که کارایی سمپاشی با پهپاد در مهار علف های هرز پهن برگ حدود ۴۰ درصد بیشتر از سمپاش توربولاینر بوده است.

وزن خشک علف های هرز پهن برگ در همه حالات تحت تأثیر نوع ادوات سمپاش قرار نگرفت. وزن خشک درشتوک در سمپاشی با پهپاد ۲۹/۸ گرم در مترمربع بود که تفاوت معنی داری با وزن خشک این علف هرز هنگام سمپاشی با توربولاینر (۴۴/۱ گرم در مترمربع) نداشت. احتمالاً، تراکم بیش از مقدار طبیعی علف هرز خردل آبی در مزرعه و ارتفاع بلندتر آن موجب پنهان ماندن درشتوک در زیر پوشش خردل آبی و تغییرات کمتر وزن خشک این گیاه شده است. به هر حال، وزن خشک خردل آبی کاملاً تحت تأثیر استفاده از پهپاد به طور

بالا بودن این عدد بیانگر پراکندگی بیشتر توزیع اندازه قطرات و اختلاف بیشتر بین کوچک ترین و بزرگ ترین اندازه قطرات می باشد.

کارایی سمپاشی

برای بررسی کارایی سمپاش ها در مبارزه با علف های هرز، مهم ترین فاکتور تعیین وزن علف های هرز مهار شده در هر تیمار و مقایسه با هم می باشد (Hadizadehet al., 2019). در این پژوهش علاوه بر تعیین وزن علف های

معنی داری کمتر از سمپاش توربینی شد. می توان نتیجه گرفت که وزن خشک مجموع علف های پهن برگ نیز با سمپاش پهپاد حدود ۳۸ درصد کمتر از سمپاش توربینی شده است.

بحث و نتیجه گیری

در پهپاد سمپاش به علت سرعت بالای سمپاشی، اتلاف زمانی کمتر (علی الخصوص در دورزدن و پر کردن مخزن) و مشخص بودن مسیر سمپاشی به نحو مؤثری از اتلاف وقت جلوگیری شده و در نتیجه راندمان زراعی بالاتری حاصل می شود. در پژوهش هاییکه سایر محققان در مورد ارزیابی سمپاش های معمولی و سمپاش پهپاد داشته اند بازده مزرعه ایسمپاش هایبوم دار، لانس دار، توربولاینر و میکرونریه ترتیب ۸۳/۶، ۴۸/۸، ۶۱/۴ و ۸۵/۵ درصد گزارش شده است. همچنین ظرفیت مزرعه ای پهپاد مورد مطالعه را ۵/۵۵ هکتار در ساعت به دست آمد که نتیجه این پژوهش با آن همخوانی دارد (Safari et al., 2010; Safari & Bagheri., 2021).

در مورد مقدار محلول سم مصرفی نکته قابل توجه پاشش بسیار کم محلول سم به وسیله پهپاد است که علت این امر نوع نازل بکار رفته در پهپاد، سرعت پیشروی بالا و عرض کاری قابل قبول می باشد. این نتایج با یافته های سایر محققان همخوانی دارد (Safari et al., 2020; Sheikhi, 2019; Garjanet al., 2019).

نتایج نشان می دهند که پهپاد سمپاش دارای باد بردگی کمتری نسبت به توربولاینر می باشد. یکی از دلایل آن می تواند به دلیل وجود ملخ های نصب شده بر روی پهپاد باشد که با ایجاد نیروی رانش قطرات سم را به سمت هدف

هدایت می نماید. از طرفی با توجه به مصرف بسیار پائین محلول سم، قطرات کنترل شده به هدف می رسند و با توجه به حجم کم محلول سم، مجالی برای باد بردگی باقی نمی ماند. در سمپاش توربولاینر قسمتی از قطرات با برخورد و قسمتی با نشست آنها پس از فروکش کردن سرعت هوا، بر روی گیاه می نشیند. با اینکه قطرات حاصل از پاشش این نوع سمپاش، نسبتاً ریز و قطر آنها حدود ۴۰۰ میکرون می باشد، ولی بر اساس خاصیت نازل های هیدرولیکی قطر قطرات ایجاد شده مختلف بوده که به همین دلیل در ایندستگاه ها، علاوه بر عدم یکنواختی پاشش در عرض کار، مقدار زیادی از محلول سمی که به قطرات خیلی ریز تبدیل شده به صورت بادبردگی یا تبخیر از دسترس خارج می گردند.

از بین شاخص های مکانیزاسیون مهم ترین شاخصی که کمیت و کیفیت کار مکانیزاسیون را نشان می دهد ظرفیت مکانیزاسیون یا در واقع انرژی مصرف شده در واحد سطح است. نکته مهم انرژی مصرفی بسیار کمتر پهپاد نسبت به سمپاش توربولاینر است (حدود ۶ برابر کمتر) لذا از این منظر به کارگیری فناوری های پیشرفته مانند پهپادها در کشاورزی در استفاده مؤثرتر از منابع موجود حیاتی است. صفری و همکاران نیز انرژی مصرفی پهپاد را در مقایسه با سمپاش لانس دار ۱/۶۶ برابر کمتر برآورد کردند (Safari et al., 2020).

برای بررسی کارایی سمپاش ها در مبارزه با علف های هرز، مهم ترین فاکتور تعیین وزن علف های هرز مهار شده در هر تیمار و مقایسه با هم می باشد (Hadizadehet al., 2019).

طبق نتایج حاصل شده میزان مهار علف‌های هرز هنگام استفاده از پهپاد ۴۰ درصد بیشتر از روش استفاده از سمپاش توربولاینر بود. پاشش یکنواخت و پوشش‌دهی مناسب و دقیق سمپاشی، نازل‌های جدید با دقت بالا، باد بردگی کمتر و راندمان مزرعه‌ای بالاتر نسبت به روش مرسوم از مهم‌ترین عوامل کارایی بالاتر این سمپاش می‌باشد.

ضریب کیفیت سمپاشی ویژگی مهمی در سمپاشی به حساب می‌آید، لیکن در عمل نباید این نکته را فراموش کرد که در بررسی یکنواختی پاشش فقط به نسبت دو مقدار VMD و NMD توجه نکنیم بلکه لازم است که مقدار تک‌تک و مطلق آنها را نیز مدنظر قرار دهیم. به عنوان مثال وقتی که $VMD = 1000$ و $VMD = 500$ $NMD =$ میکرون باشد، نسبت آنها (ضریب یکنواختی پاشش) معادل عدد ۲ می‌شود و همین‌طور وقتی که $VMD = 100$ و $NMD = 50$ باشد، باز هم نسبت آنها معادل عدد ۲ می‌شود درحالی‌که برای مبارزه با آفات حالت دوم که قطرات ریزتر هستند، مطلوب‌تر است؛ بنابراین در هنگام تفسیر نتایج مربوط به یکنواختی پاشش می‌بایست هم زمان دو پارامتر اولیه قطر میانه عددی و قطر میانه حجمی را نیز در نظر داشت. محققان دیگری مقدار نسبت یکنواختی پاشش ۳/۵۷ را برای سمپاش توربینی زراعی (توربولاینر) در شرایط مزرعه به دست آوردند (Safari et al, 2010; Naseri, 2007).

لازم به ذکر است لهیدگی محصول در عملیات سمپاشی جهت مبارزه با علف‌های هرز گندم به علت اینکه در مراحل ابتدایی رشد

انجام شده (اواسط پنجه‌زنی) و محصول مجدداً پنجه‌زنی می‌کند، ممکن است مشکل حادی را از این بابت ایجاد ننماید، ولی بعد از این مرحله و زمانی که ارتفاع محصول بالای ۲۰-۱۵ سانتیمتری برسد افت محصول زیاد شده (بیش از ۱۰ درصد) و غالباً کشاورزان از ورود این نوع سم‌پاش‌ها به مزارع امتناع می‌نمایند. لذا در صورت طغیان علف هرز و سمپاشی دیر هنگام، نقش پهپاد سمپاش برای مهار علف‌های هرز و جلوگیری از کاهش عملکرد، حیاتی خواهد شد.

با توجه به نتایج حاصل شده از این آزمایش، نتیجه‌گیری نهایی به شرح ذیل می‌باشد:

۱- در پهپاد سمپاش علاوه بر کیفیت بالای سمپاشی از نظر یکنواختی، میزان بادبردگی نسبت به سمپاش توربولاینر، پائین تر بوده است و میزان محلول سم مصرفی و آلودگی زیست محیطی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

۲- در پهپاد سمپاش قطر میانه حجمی ۲۳۳ میکرون، قطر میانه عددی ۱۵۲ میکرون و ضریب کیفیت پاشش ۱/۵۳ محاسبه گردید که نسبت به سمپاش توربولاینر دارای یکنواختی پاشش بهتری بوده است.

۳- ظرفیت مزرعه‌ای پهپاد سمپاش در این آزمایش ۹/۴۷ هکتار در ساعت تعیین شد که به طور معنی‌داری بیشتر از ظرفیت مزرعه‌ای سمپاش توربولاینر (به مقدار ۶/۳۳ هکتار در ساعت) بود.

۴- مصرف انرژی پهپاد سمپاش ۲۱۲۸ کیلوژول در هکتار به دست آمد و این مقدار به طور قابل ملاحظه‌ای از مصرف انرژی سمپاش

توربولاینر (۱۱۹۸۰ کیلوژول) کمتر است.

۵- کارایی پهپاد سمپاش در مهار علف های هرز گندم به مقدار ۴۰ درصد از سمپاش توربولاینر بالاتر بود.

۶- با توجه به هزینه های بکارگیری سمپاش ها، در صورت خرید پهپاد، هزینه حداقل سه برابر و در صورت اجاره هزینه یک ونیم برابر نسب به سمپاش توربولاینر بیشتر خواهد بود.

با توجه به نتایج فوق از نظر فنی، روش پهپاد سمپاش دارای ارجحیت است ولی از نظر اقتصادی، سمپاش توربولاینر ارجحیت دارد. در کل با توجه به نتایج ارزیابی فنی و اقتصادی روش پهپاد سمپاش، استفاده از این روش مزایای زیادی داشته و با رعایت اصول سمپاشی با پهپاد، قابل اجراست.

References

- Almasi, M., Kaiani, S., and Loveimi, N. 1999. Principles of agricultural mechanization (4th edition). Hazrate Masoumeh Publication. (In Farsi)
- Anonymous. 2020. Agricultural statistics report. Ministry of Agriculture- Jahad publication. (In Farsi)
- Bagheri, N., and Safari, M. 2020. Drone sprayer recognition. Technical report, Agricultural engineering research institute extension. (In Farsi)
- Chen, Y., Qi, H., Li, G., and Lan, Y. 2019. Weed control effect of unmanned aerial vehicle (UAV) application in wheat field. *International Journal of Percision Agriculture Aviation*, 2(2), 25-31
- Daneshjoo, A. 2006. Introducing and evaluating a suitable software for sprayers calibration and other similar purposes. Msc dissertation, Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi)
- Giles, D.K., and Billing, R.C. 2015. Deployment and Performance of a UAV for Crop Spraying. *Chemical Engineering Transactions*, 44: 307-312.
- Hadizadeh, M.H., Sharifi, H., and Torabi, S. 2019. Chemical management efficacy in conventional and conservation agricultural systems at cold region of Khorasan-Razavi. *Iranian Journal of Weed Science*, 15(2), 1-14. (In Farsi)
- Heidari, M., and Asari, M. 2016. Evaluation of aerial spraying efficiency in Dubasbug Ommatissus lybicus control. 22th Iranian Palnt Protection Congress, 6-9. Karaj, Iran
- Minbashi-Moeini, M., Esfandiari, H., Pour Azar, R., and Baghestani, M. 2015. Evaluation of weed management in wheat fields of different area of Iran. *Journal of Iranian weed science*, 11(1), 13-26. (In Farsi)
- Naseri, M. 2007. Investigating and evaluating effective factors on performance of field air-assisted sprayer. Msc dissertation, Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi)
- Safari, M., and Bagheri, N. 2021. Selection and evaluation criteria for UAV sprayers. Technical report, Agricultural engineering research institute extension. (In Farsi)
- Safari, M., Amirshaghghi, F., Lovaimi, N., and Chaji, H. 2010. Evaluation of Conventional Sprayers in Wheat Farms. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 10(4), 1-12. (In Farsi)
- Safari, M., Sheikhi Garjan, A., Sharifnasab, H., and Bagheri, N. 2018. Date palm spraying using new technology. Final Research report, Agricultural Engineering Research Institute.

NO.55565 (In Farsi)

- Safari, M., and Sheikhi Garjan, A. 2020. Comparison between unmanned aerial vehicle and tractor lance sprayer against Dubas bug *Ommatissus lybicus* (Hemiptera: Tropiduchidae). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 51(1), 13-26. (In Farsi)
- Sheikhi Garjan, A. 2019. Evaluation of UAV sprayer in wheat *Eurygaster integriceps* control. Plant Protection Institute Resrach Report, No. 55872. (In Farsi)
- Yallappa, D. 2017. Development and evaluation of drone mounted sprayer for pesticide applications to crops. IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 19-22 Oct San Jose, CA, USA.
- www.yamahamotor.co.jp/global/business/sky/Solution/index.html. 2004.
- Wang, G., Li, X., Andaloro, J., Chen, P., Song, C., Shan, C., Chen, C., and Lan, Y. 2020. Deposition and biological efficacy of UAV-based low-volume application in rice fields. *International Journal of Precision Agricultural Aviation*, 3(2), 65-72

Evaluating the comparative performance of drone sprayer and turbo-liner sprayer for wheat weed control in Quchan city

Saeed Zarifneshat^{1*}, Naser Bagherani Torshiz², Mohammad Hossein Saeedi Rad³,
Mojtaba Naseri⁴, Mahmood Safari⁵, Ahmad Sadeghi⁶

1. Associate professor - Agricultural engineering research department, Khorasan Razavi agricultural and natural resources research and education center, AREEO, Mashhad, Iran. . (Corresponding author)
2. Assistant professor, plant protection research department, Khorasan Razavi agricultural and natural resources research and education center, AREEO, Mashhad, Iran.
3. Associate professor, Agricultural engineering research department, Khorasan Razavi agricultural and natural resources research and education center, AREEO, Mashhad, Iran.
4. Lecturer (Msc) - Agricultural engineering research department, Khorasan Razavi agricultural and natural resources research and education center, AREEO, Mashhad, Iran.
5. Assistant professor - Agricultural engineering research institute, AREEO, Karaj, Iran.
6. Assistant professor- Agricultural Training and Extension institute, AREEO, Tehran, Iran.

Received: October 2024 Accepted: April 2025- DOI: 10.22092/aj.2025.367296.1685

Extended Abstract

Zarifneshat, S., Bagherani Torshiz, N., Saeedi Rad, M. H., Naseri, M., Safari, M., Sadeghi, A., Sadeghi, A., . Evaluating the comparative performance of drone sprayer and turboliner sprayer for wheat weed control in Quchan city
Applied Research in Field Crops Vol 36, No. 4, 2024, 4-6: 15-30 (in Persian)

Introduction

Wheat, as a strategic crop, holds a significant position among agricultural products.

In Khorasan Razavi province, with approximately 290 thousand hectares of cultivated land, it is considered as the most important crop. Despite the risks and drawbacks associated with spraying, the use of chemical pesticides is still the main method of weed control in agricultural production across Iran. Key challenges in weed management for wheat fields included delayed intervention, the use of inappropriate or low-quality spraying equipment and their associated inefficiencies. Consequently, research centers and progressive farmers have turned their attention to the use of methods and technologies that can effectively eradicate weeds in wheat fields while minimizing damage and reducing pollution to water and soil resources. The adoption of agricultural drones, particularly spraying drones, represents an innovative approach to modernizing and improving the efficiency of spraying operations

in farms and orchards. The objective of the present work was to evaluate the effectiveness of sprayer drone in controlling wheat weeds and compare their performance with conventional methods.

Materials & Methods

This study investigated the performance of drone (UAV) sprayers compared to conventional methods of chemical weed control in wheat fields in Quchanduring late March 2021. The effectiveness of the drone sprayer and turboliner sprayer was evaluated for managing wheat weeds. Broadleaf weeds, including, *Malcolmia africana* and *Chorisporatenella*, were targeted during the 2-4 leaf stage at the time of wheat tillering. A chemical herbicide mixture of 2,4-D+MCPA (67.5%) was applied at a rate of 1.5 liter per hectare to control broadleaf weeds. Each experimental plot covered an area of 2.5 hectares. The parameters assessed in this study included field capacity, field efficiency of the sprayers, solution consumption, volume median diameter (VMD), number median diameter (NMD), spraying quality coefficient, drift, energy consumption, crushing rate of wheat, economic evaluation and overall sprayer effectiveness.

Results & Discussion

The results showed that the drone sprayer and turboliner sprayer used 15 and 364.97 liters of solution per hectare. The drift rates were 11% for the drone sprayer and 38.6% for the turboliner sprayer, while the field capacities were 9.47 hectares per hour for the drone and 6.33 hectares per hour for the turboliner sprayer. Energy consumption was recorded at 2128 kJ for the drone and 11980 kJ for the turboliner sprayer. The spray quality coefficients were 1.53 for the drone sprayer and 2.18 for the turboliner sprayer. Thirty days after spraying, a significant difference in operational effectiveness was observed between the treatments. The effectiveness of the drone sprayer in controlling broadleaf weeds (reducing the density of weeds) was about 40% higher than that of the turboliner sprayer. However, and the type of sprayer had no impact on the dry weight of weeds. It is worth noting that the cost per hectare of using drone sprayer was 50% higher than that of the turboliner sprayer.

Conclusion

The UAV sprayer demonstrated high quality spraying with excellent uniformity, lower drift rates, and significantly reduced solution consumption compared to the turboliner sprayer. The UAV sprayer achieved a Volume Median Diameter (VMD) of 487 microns, a number Median Diameter (NMD) of 225.6 microns and a spray quality coefficient of 1.53, indicating which better spray uniformity than the turboliner sprayer. The field capacity of the UAV sprayer was 9.47 hectares per hour, outperforming the turboliner sprayer, which managed 6.3 hectares per hour. Additionally, The energy consumption of the UAV sprayer was recorded at 2128 kJ.ha⁻¹, which was 5.6 times lower than that of the turboliner sprayer. In terms of performance, the UAV sprayer outperformed the turboliner sprayer, offering reduced herbicide solution usage, lower energy consumption per hectare, and higher field efficiency. Overall, while the UAV sprayer incurred higher spraying costs, it surpassed the turboliner sprayer in all other parameters studied.

Keywords: Herbicide, Spraying Quality Coefficient, Spraying effectiveness, Turbine sprayer

References

- Bagheri, N., and Safari, M. 2020. Drone sprayer recognition. Technical report, Agricultural engineering research institute extension. (In Farsi)
- Safari, M., Sheikhi Garjan, A., Sharifnasab, H., and Bagheri, N. 2018. Date palm spraying using new technology. Final Research report, Agricultural engineering research institute. NO.55565 (In Farsi)
- Wang, G., Li, X., Andaloro, J., Chen, P., Song, C., Shan, C., Chen, C., and Lan, Y. 2020. Deposition and biological efficacy of UAV-based low-volume application in rice fields .*International Journal of Precision Agricultural Aviation*, 3(2), 65-72