

انتخاب نازل مناسب به منظور پاشش ستوکسیدیم در دو سرعت باد برای کنترل علف هرز یولاف وحشی زمستانه (*Avena sterilis ssp. ludoviciana*)

اکبر علی وردی^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۹

چکیده

برای کاربرد ایمن و بهینه‌ی علف‌کش‌ها لازم است که بادبردگی به بیرون از منطقه‌ی سمپاشی^۲ و هدرروی آن در درون منطقه سمپاشی^۳ به حداقل رسانده شود. در این ارتباط، یک تصمیم‌مدیریتی بحرانی می‌تواند انتخاب نازل مناسب برای پاشش علف‌کش در شرایط بادی مختلف باشد. در یک آزمایش دُز-پاسخ، شش مقدار از ستوکسیدیم با استفاده از چهارده نوع نازل ۱۱۰۰۲ در دو سرعت وزش باد ۰/۵ و ۹/۵ متر در ثانیه بر روی یولاف وحشی زمستانه در مرحله پنج برگی پاشیده شد. نازل بادبزی استاندارد دوقلو و نازل بادبزی دوقلوی الفاکنده هوا ۳۰۷۰ به ترتیب در سرعت وزش باد ۰/۵ و ۹/۵ متر در ثانیه به عنوان مناسب‌ترین نازل برای پاشش ستوکسیدیم با یک حجم حامل استاندارد ۲۱۰ لیتر در هکتار علیه یولاف وحشی زمستانه تعیین شدند. در سرعت وزش باد ۰/۵ متر در ثانیه، با افزایش اندازه قطرات ایجاد شده به وسیله نازل‌ها (کیفیت قطرک‌سازی)، مقدار ستوکسیدیم مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصدی در وزن خشک یولاف وحشی زمستانه افزایش یافت که نشان دهنده آن است که کارایی علف‌کش کاهش یافت. در سرعت وزش باد ۹/۵ متر، با افزایش اندازه قطرات ایجاد شده به وسیله نازل‌ها از بسیار ریز تا درشت مقدار ستوکسیدیم مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصدی در وزن خشک یولاف وحشی زمستانه کاهش یافت که نشان دهنده آن است که کارایی علف‌کش افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: بادبردگی، دُز-پاسخ، دو بادبزنه، علف‌کش، یک بادبزنه

مقدمه

بیش از ۶۰ نوع مختلف نازل طراحی و معرفی کرده‌اند که برای استفاده در موقعیت‌های مختلف در دسترس هستند. در بین چهار نقش نازل، نقش اصلی یک نازل قطرک‌سازی محلول پاشش است که به منظور نشست یکنواخت و مؤثر محلول پاشش بر روی سطح هدف لازم و ضروری است (۸). کیفیت قطرک‌سازی محلول پاشش به نوع فرمولاسیون علف‌کش (۸)، مواد افزودنی (۲۰)، فشار سمپاشی (۱۲)، شماره نازل (۱۱) و نوع نازل (۱۴) بستگی دارد. تمامی انواع نازل‌های هیدرولیکی دامنه وسیعی از اندازه قطرات را با یک توزیع نرمال تولید می‌کنند (۱۰). سرنوشت هر یک از قطرات بستگی به اندازه آنها دارد. دو سرنوشت کلی برای قطرات بعد از تشکیل می‌توان متصور بود، بدین گونه که یا آنها بر روی سطح هدف نشست می‌کنند و یا به سطح غیر هدف فرار می‌کنند (۱۰). قطرات ریز با قطر کمتر از ۱۰۰ میکرون و قطرات درشت با قطر بیش از ۵۰۰ میکرون اغلب پتانسیل بسیار بالایی برای فرار دارند. قطرات ریز به احتمال زیاد از طریق بادبردگی به بیرون از منطقه‌ی سمپاشی فرار خواهند کرد (۱۰)، بخصوص زمانی که سرعت وزش باد در زمان کاربرد بیشتر از ۱/۵ متر

اگرچه کاربرد علف‌کش‌ها به عنوان نگرانی حقوق بشر جهانی مطرح شده است (۲۴)، ولی آنها می‌توانند امنیت غذایی بشر را تضمین نمایند به شرط اینکه تکنیک کاربرد منطقی علف‌کش مورد توجه قرار گیرد (۷). اصول اساسی در تکنیک کاربرد منطقی علف‌کش شامل کیفیت انتخابی علف‌کش، کاربرد در زمان مناسب و دقت تجهیزات کاربرد است (۴). در تجهیزات (سمپاش‌ها) رایج کاربرد علف‌کش‌ها، نازل هیدرولیکی به عنوان یک جزء کلیدی و تأثیرگذار بر دقت سمپاشی مطرح است (۱۷). به همین دلیل، فناوری تولید نازل همیشه در حال بهبود بوده و در حال حاضر شاهد آن هستیم که تولیدکنندگان

۱- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران
* - نویسنده مسئول:

(Email: a.aliverdi@basu.ac.ir

DOI: 10.22067/jpp.v32i2.68476

2- Exo-drift

3- Endo-drift

مطلق در درون یخچال نگهداری شدند. پس از اعمال سرما، پتری دیش‌ها درون ژرمیناتور با ۱۶ ساعت تاریکی با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۱۰ درجه سانتیگراد، به ترتیب با رطوبت نسبی ۴۵ و ۶۵ درصد جوانه‌دار شدند (۲). سپس، تعداد ۱۰ گیاهچه با طول کولئوپتیل یک سانتی‌متری در درون گلدان‌های پلاستیکی قهوه‌ای رنگ با مقطع مربعی (۲۵۶ سانتی‌متر مربع مساحت و ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع) در عمق یک سانتی‌متری خاک کاشته شدند. خاک مورد استفاده در تهیه‌ی بستر کاشت حاوی ۲۸/۹ درصد رس، ۴۷/۰ درصد سیلت، ۲۳/۶ درصد شن و ۰/۶ درصد ماده آلی بود. گلدان‌ها به درون گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا منتقل شدند و هر پنج روز آبیاری شدند. در مرحله یک برگی کامل، تعداد بوته‌های درون هر گلدان به ۶ بوته تقلیل یافتند.

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از ۶ مقدار از علف‌کش ستوکسیدیم که با استفاده از ۱۴ نوع نازل مختلف در ۲ سرعت وزش باد در ۴ تکرار بر روی گیاهچه‌های پنج برگی یولاف وحشی زمستانه پاشیده شدند. مقادیر علف‌کش بکار رفته شامل ۰، ۲۳/۵، ۴۷، ۹۴، ۱۸۷/۵ و ۳۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار بود که آخرین دُز کاربردی مقدار توصیه شده بر روی برچسب علف‌کش است. نام و کیفیت قطرک‌سازی نازل‌ها در فشار ۳ بار در شکل ۱ ذکر شده است. شماره تمامی نازل‌ها ۱۱۰۰۲ بود. این نازل‌ها به وسیله TeeJet آمریکا، ASJ ایتالیا یا Albus فرانسه تولید می‌شوند. تیمارهای بالا در دو سرعت وزش باد طبیعی حدوداً ۰/۵ و ۹-۹/۵ متر بر ثانیه در فضای آزاد بیرون گلخانه پاشیده شدند.

در یک روز بادی (بعد از ظهر ۲۲ مهر ۱۳۹۵) که سرعت وزش باد ۹/۵ متر بر ثانیه بود، تیمارهای مربوط به سرعت وزش باد غیر مجاز برای سمپاشی پاشیده شدند. در این زمان، دمای هوا و رطوبت نسبی به ترتیب برابر ۱۶ سانتی‌گراد و ۳۵ درصد بود. بعد از ظهر روز آینده (۲۳ مهر ۱۳۹۵) که سرعت وزش باد حدوداً ۰/۵ متر بر ثانیه بود، تیمارهای مربوط به سرعت وزش باد مجاز برای سمپاشی پاشیده شدند. در این زمان، دمای هوا و رطوبت نسبی به ترتیب برابر ۱۷ درجه سانتی‌گراد و ۳۱ درصد بود. در هر دو روز سمپاشی، هیچ لکه ابری در آسمان مشاهده نشد. جهت وزش باد عمود بر راستای مسیر حرکت نازل بود. تیمارها با استفاده از ۲۱۰ لیتر آب در هکتار به وسیله سمپاش پستی فشاری در فشار ۳ بار بکار برده شدند. ارتفاع نازل تا سطح خاک گلدان حدوداً ۰/۵ متر بود. در روزهای سمپاشی، گیاهان موجود در درون ۴ گلدان از سطح خاک برداشت شدند و پس از توزین وزن خشک آنها، به عنوان وزن اولیه گیاهان در زمان اعمال تیمارها در نظر گرفته شدند. پس از سمپاشی، گلدان‌ها مجدداً در درون گلخانه قرار داده شدند.

بر ثانیه باشد (۱۴). قطرات درشت به احتمال زیاد به دلیل پُرش یا پرتاب از روی هدف پس از برخورد در درون منطقه سمپاشی هدر خواهند رفت (۱۰)، بخصوص زمانی که هدف یک علف‌هرز باریک برگ مانند یولاف وحشی باشد که دارای سطح برگ قائم با خیس پذیری اندک است (۲).

علف‌کش‌های پس رویشی نفوذی نظیر ستوکسیدیم، بازدارنده‌ی آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز، باید زمانی بکار برده شوند که سرعت وزش باد کمتر از ۱/۵ متر بر ثانیه باشد (۱۴). برای چنین شرایط محیطی، تولیدکنندگان استفاده از نازلی را توصیه می‌کنند که در فشار مورد نظر دارای کیفیت قطرک‌سازی بسیار ریز (با قطر قطرات بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرون)، ریز (با قطر قطرات بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرون)، متوسط (با قطر قطرات بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرون) یا درشت (با قطر قطرات بین ۳۴۱ تا ۴۰۳ میکرون) باشد تا هدرروی علف‌کش در درون منطقه‌ی سمپاشی به حداقل برسد (۵). در وضعیتی که سرعت وزش باد در زمان کاربرد علف‌کش‌های پس رویشی نفوذی بیشتر از ۱/۵ متر بر ثانیه باشد، باید از نازلی استفاده شود که در فشار مورد نظر دارای کیفیت قطرک‌سازی درشت، بسیار درشت (با قطر قطرات بین ۴۰۴ تا ۵۰۲ میکرون)، به شدت درشت (با قطر قطرات بین ۵۰۳ تا ۶۶۵ میکرون) یا فوق‌العاده درشت (با قطر قطرات بیش از ۶۶۵ میکرون) باشد تا میزان فرار قطرات به بیرون از منطقه‌ی سمپاشی به حداقل برسد (۵). این دسته‌بندی در رابطه با کیفیت قطرک‌سازی نازل‌ها به وسیله انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (۳) انجام گرفته است.

با توجه به تنوع بسیار زیاد نازل‌ها، بحث انتخاب نازل مناسب برای پاشش انواع علف‌کش‌ها برای کنترل گونه‌های مختلف علف‌هرز می‌تواند باعث سردرگمی شود. در این پژوهش، عملکرد ۱۴ نازل مختلف بر کارایی ستوکسیدیم در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی زمستانه تحت دو سرعت وزش باد مجاز و غیرمجاز برای پاشش این علف‌کش مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

بذور یولاف وحشی زمستانه (۱۸) از محوطه‌ی دانشگاه بوعلی سینا همدان در اواخر بهار ۱۳۹۴ جمع‌آوری شدند. در اواخر تابستان ۱۳۹۵، ابتدا پوسته در بر دارنده بذور از آنها جدا شد و ضد عفونی سطحی بذور با محلول هیپوکلرید ۵ درصد و به مدت ۵ دقیقه صورت گرفت. بذور درون پتری دیش‌هایی با قطر ۱۱ سانتی‌متر که حاوی یک لایه کاغذ صافی بودند، قرار داده شدند. سپس، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول ۰/۲ گرم نیترات پتاسیم در لیتر به هر یک از پتری دیش‌ها، به منظور شکسته شدن خواب بذور، اضافه شد. پتری دیش‌های حاوی بذور به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی

	بادبزی القاکننده هوا در قلو Twin Fan Air به شدت درشت Extremely Coarse	بادبزی القاکننده هوا متراکم Compact Fan Air درشت Coarse	بادبزی ضد بادبردگی در قلو Twin Fan Low Drift بسیار درشت Very Coarse	بادبزی ضد بادبردگی Fan Low Drift ریز Fine	بادبزی دوقلوی توربو Turbo Twin Flat درشت Coarse	بادبزی استاندارد دوقلو Twin Fan Standard بسیار ریز Very Fine	بادبزی استاندارد Standard Flat Fan ریز Fine	نوع نازل Nozzle type کیفیت قطر کساری Atomization quality
	بادبزی القاکننده هوا فشار پایین Low Pressure Air Induction Flat درشت Coarse	بادبزی دوقلوی القاکننده هوا فشار پایین Low Pressure Air Induction Twin Flat درشت Coarse	بادبزی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰ Air Induction Twin Fan 3070 درشت Coarse	بادبزی القاکننده هوا دوقلوی توربو Air Induction Turbo Twin Flat بسیار درشت Very Coarse	بادبزی القاکننده هوا متراکم زاویه دار Compact Fan Air-Tilt درشت Coarse	بادبزی القاکننده هوا توربو Turbo Air Induction Flat فوق العاده درشت Ultra Coarse	بادبزی زاویه گسترده توربو Turbo Wide Angle Flat متوسط Medium	نوع نازل Nozzle type کیفیت قطر کساری Atomization quality

شکل ۱- نازل‌های مورد استفاده در پژوهش و کیفیت قطر کساری آنها در فشار ۳ بار.
Figure 1- The nozzles used in research and their atomization quality at 3 bar.

بادبزی القاکننده هوا دوقلو < بادبزی القاکننده هوا فشار پایین > بادبزی ضد بادبردگی دوقلو < بادبزی دوقلوی القاکننده هوا فشار پایین > بادبزی القاکننده هوا دوقلوی توربور < بادبزی القاکننده هوا مترکم > بادبزی القاکننده هوا مترکم زاویه دار < بادبزی ضد بادبردگی > بادبزی دوقلوی توربو < بادبزی زاویه گسترده توربو > بادبزی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰ < بادبزی استاندارد > بادبزی استاندارد دوقلو. در این رتبه‌بندی، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر پارامتر ED₅₀ حاصل از نازل‌های بادبزی استاندارد دوقلو و بادبزی استاندارد وجود داشت. همچنین، اختلاف معنی‌داری بین نازل‌های بادبزی القاکننده هوا فشار پایین و بادبزی زاویه گسترده توربو، بین نازل بادبزی القاکننده هوا دوقلو و هر یک از نازل‌های بادبزی القاکننده هوا دوقلوی توربو و بادبزی القاکننده هوا وجود داشت. عملکرد عالی نازل بادبزی استاندارد دوقلو بدون شک با کیفیت قطرک‌سازی آن در ارتباط است. این نازل قطرات ریزتری در مقایسه با سایر نازل‌ها ایجاد می‌کند. همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، با افزایش اندازه قطرات ایجاد شده به وسیله نازل‌ها (کیفیت قطرک‌سازی)، مقدار دُر مورد نیاز از علف‌کش ستوکسیدیم برای کاهش ۵۰ درصدی در وزن خشک یولاف وحشی زمستانه افزایش یافت. به عبارتی دیگر، همستگی منفی قوی ($R^2 = 0/96$) بین کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه با اندازه قطرات ایجاد شده به وسیله نازل‌ها وجود داشت. عوامل تأثیرگذار بر میزان نشست قطره بر روی سطح هدف (برگ علف‌هرز) عبارتند از: ریخت‌شناسی سطح برگ (۲۱)، حجم حامل پاشش (۱۷)، کشش سطحی محلول پاشش (۱) و اندازه قطرات (۲۳). محققان به خوبی ثابت کرده‌اند که هنگامی که سرعت وزش باد پایین (مجاز برای سمپاشی) است، میزان نشست قطرات ریز در مقایسه با قطرات درشت بر روی سطح هدف بیشتر است. متعاقباً، با افزایش میزان نشست قطرات بر روی سطح هدف، کارایی علف‌کش شاخ و برگ مصرف نیز افزایش می‌یابد. در مقابل، قطرات درشت به احتمال زیاد پس از برخورد با سطح هدف در طی فرآیند پُرش از روی سطح هدف به هدر خواهند رفت. به همین دلیل، کارایی علف‌کش شاخ و برگ که با قطرات درشت پاشیده شده کمتر از زمانی است که با قطرات ریز پاشیده شود (۶ و ۱۵). به همین دلیل، بهترین و بدترین کارایی ستوکسیدیم در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی زمستانه در سرعت وزش باد پایین به ترتیب در کاربرد نازل بادبزی استاندارد دوقلو با کیفیت قطرک‌سازی بسیار ریز (با قطر قطرات بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرون) و نازل بادبزی القاکننده هوا توربو با کیفیت قطرک‌سازی فوق العاده درشت (با قطر قطرات بیش از ۶۶۵ میکرون) بدست آمد.

چهار هفته پس از سمپاشی، گیاهان تیمار شده از سطح خاک برداشت شدند و وزن خشک آنها پس از ۲ روز خشک کردن در آن با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد توزین شد. در مقادیر بالای کاربرد علف‌کش، بخصوص در مقادیر ۱۸۷/۵ و ۳۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار، گیاهان اغلب مرده بودند ولی در مقدار ۲۳/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار تمامی گیاهان زنده بودند. داده‌های بدست آمده در ابتدا تقسیم بر ۶ (تعداد بوته در هر گلدان) و سپس منهای ۰/۱۵ (وزن اولیه هر بوته در زمان اعمال تیمارها) شدند. سپس، پاسخ وزن خشک علف‌هرز یولاف وحشی زمستانه به تیمارها با تکنیک آنالیز رگرسیون غیرخطی با مدل چهار پارامتری لجستیک (معادله ۱) و با استفاده از نرم‌افزار R نسخه ۲،۶،۲ تجزیه و تحلیل شد (۱۹):

$$Y = \frac{C+(D-C)}{1+\exp[B(\log X - \log ED)]} \quad \text{معادله ۱}$$

در این معادله: Y بیانگر وزن خشک یولاف وحشی زمستانه، D و C حد مجانب بالا و پایین وزن خشک در مقادیر صفر و بی‌نهایت ستوکسیدیم، ED₅₀ بیانگر مقدار علف‌کش لازم (X) برای کاهش ۵۰ درصدی در وزن خشک علف‌هرز بین حدود بالا و پایین (D و C) است، و B متناسب با شیب منحنی در محدوده ED₅₀ می‌باشد. شیب منحنی‌ها بین ۰/۹۹ در نازل بادبزی دوقلوی القاکننده هوا فشار پایین در سرعت باد ۰/۵ متر در ثانیه تا ۲/۱۳ در نازل بادبزی القاکننده هوا دوقلو در سرعت باد ۹/۵ متر در ثانیه در نوسان بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. از آنجایی که اهمیت پارامتر ED₅₀ در مطالعات دُر-پاش علف‌کش‌ها بیشتر از سایر پارامترها (مانند ED₁₀ و ED₉₀) است (۱۹)، از اینرو؛ فقط نتایج مربوط به پارامتر ED₅₀ ارائه شد.

دسته‌بندی نازل‌ها بر اساس کیفیت قطرک‌سازی به وسیله انجم مهندسان کشاورزی آمریکا (۳) انجام گرفته است.

نتایج و بحث

مقادیر پارامتر ED₅₀ به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع نازل و سرعت وزش باد قرار گرفت (جدول ۱). در زمانیکه سمپاشی در سرعت وزش باد ۰/۵ متر در ثانیه انجام گرفت، کمترین و بیشترین مقدار ED₅₀ به ترتیب در کاربرد نازل بادبزی استاندارد دوقلو و نازل بادبزی القاکننده هوا توربو بدست آمد، بدین صورت که برای کاهش ۵۰ درصدی در وزن خشک یولاف وحشی زمستانه با استفاده از نازل‌های بادبزی استاندارد دوقلو و بادبزی القاکننده هوا توربو به ترتیب ۱۲/۸۱ و ۶۲/۷۲ گرم ماده مؤثره ستوکسیدیم مورد نیاز بود. در چنین وضعیتی از سرعت وزش باد، عملکرد نازل‌ها بر اساس پارامتر ED₅₀ به صورت زیر بود: بادبزی القاکننده هوا توربو <

جدول ۱- مقادیر پارامتر ED₅₀ برای علف کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه که با ۱۴ نوع نازل تحت دو سرعت باد مختلف بکار برده شده است

Table 1- Estimated ED₅₀ values for sethoxydim on the control of winter wild oat which it was applied with 14 nozzle types at two wind speeds

سرعت باد (متر بر ثانیه) Wind speed (m s ⁻¹)		نوع نازل (11002)
9.5	0.5	
65.42 (5.05)	19.23 (3.96)	بادبزی استاندارد Standard Flat Fan
64.13 (12.10)	27.09 (4.52)	بادبزی القاکننده هوا متراکم زاویه دار Compact Fan Air-Tilt
76.89 (11.28)	26.30 (2.69)	بادبزی ضد بادبردگی Fan Low Drift
58.70 (8.29)	31.68 (5.75)	بادبزی القاکننده هوا متراکم Compact Fan Air
62.08 (6.79)	22.40 (3.77)	بادبزی زاویه گسترده توربو Turbo Wide Angle Flat
71.67 (10.64)	62.72 (7.05)	بادبزی القاکننده هوا توربو Turbo Air Induction Flat
61.69 (12.06)	42.32 (7.24)	بادبزی القاکننده هوا فشار پایین Low Pressure Air Induction Flat
87.35 (6.56)	12.81 (4.53)	بادبزی استاندارد دوقلو Twin Fan Standard
61.45 (5.83)	37.23 (5.28)	بادبزی ضد بادبردگی دوقلو Twin Fan Low Drift
66.27 (4.07)	43.60 (7.22)	بادبزی القاکننده هوا دوقلو Twin Fan Air
55.98 (9.88)	25.22 (3.41)	بادبزی دوقلوی توربو Turbo Twin Flat
58.88 (8.95)	31.91 (4.16)	بادبزی القاکننده هوا دوقلوی توربو Air Induction Turbo Twin Flat
45.13 (5.63)	21.96 (3.74)	بادبزی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰ Air Induction Twin Fan 3070
53.13 (7.78)	32.73 (8.79)	بادبزی دوقلوی القاکننده هوا فشار پایین Low Pressure Air Induction Twin Flat

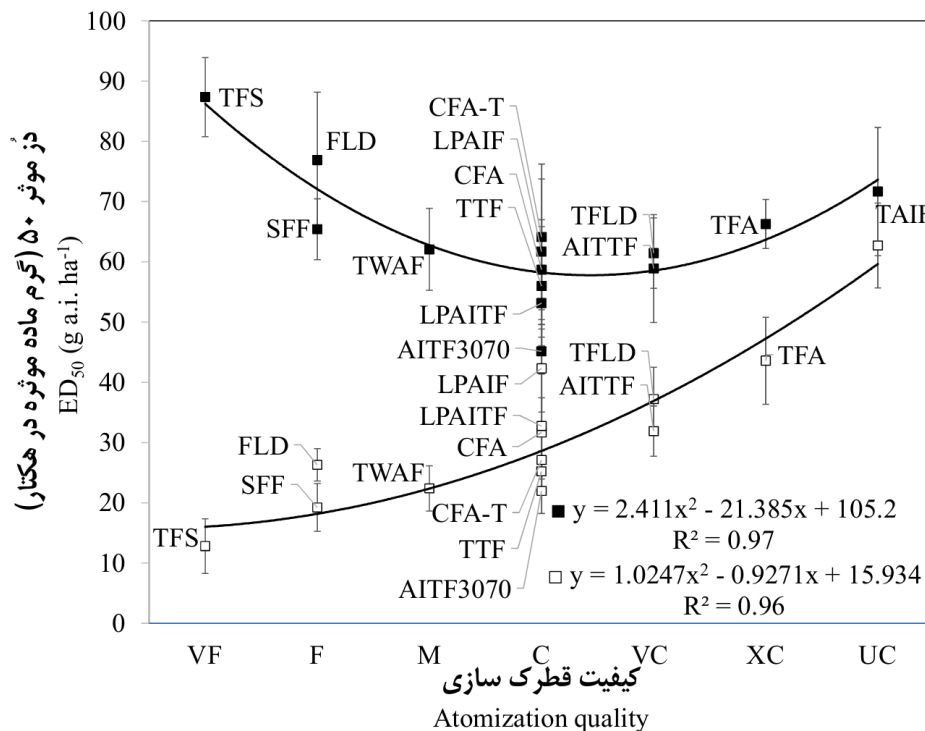
اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد هستند

بادبزی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰ و نازل بادبزی استاندارد دوقلو به ترتیب به ۴۵/۱۳ و ۸۷/۳۵ گرم مادهی مؤثره از علف کش ستوکسیدیم مورد نیاز بود. در سرعت وزش باد ۹/۵ متر در ثانیه، عملکرد نازلها بر اساس پارامتر ED₅₀ به صورت زیر بود: بادبزی استاندارد دوقلو < بادبزی ضد بادبردگی < بادبزی القاکننده هوا توربو < بادبزی القاکننده هوا دوقلو < بادبزی استاندارد < بادبزی القاکننده هوا متراکم زاویه دار < بادبزی زاویه گسترده توربو < بادبزی القاکننده هوا فشار پایین < بادبزی ضد بادبردگی دوقلو < بادبزی القاکننده هوا دوقلوی توربو < بادبزی القاکننده هوا متراکم < بادبزی دوقلوی

سمپاشی در سرعت وزش باد ۹/۵ متر در ثانیه باعث افزایش معنی دار در مقادیر پارامتر ED₅₀ در تمامی نازلها بجز نازل بادبزی القاکننده هوا توربو شد. به عبارتی دیگر، با افزایش سرعت وزش باد به مقادیر بیشتری از علف کش برای کاهش ۵۰ درصدی در وزن خشک یولاف وحشی زمستانه نیاز بود. در زمانیکه سمپاشی در سرعت وزش باد ۹/۵ متر در ثانیه انجام گرفت، کمترین و بیشترین مقدار ED₅₀ به ترتیب با استفاده از نازل بادبزی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰ و نازل بادبزی استاندارد دوقلو بدست آمد، بدین صورت که برای کاهش ۵۰ درصدی در وزن خشک یولاف وحشی زمستانه با استفاده از نازل

افزایش یافته است. عملکرد نازل‌هایی که قطرات ریزتری ایجاد می‌کند به شدت تحت تأثیر سرعت وزش باد است، چون قطرات ریز به راحتی از طریق بادبردگی فرار می‌کنند (۱۰). از اینرو، عملکرد نازل بادبزی استاندارد دوقلو با کیفیت قطرک‌سازی بسیار ریز (با قطر قطرات بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرون) در مقایسه با سایر نازل‌ها به شدت تحت تأثیر وزش باد قرار گرفت و باعث شد که کمترین کارایی علف کش ستوکسیدیم بدست آید. با این حال، با افزایش اندازه قطرات ایجاد شده به وسیله نازل‌ها از درشت (C) تا فوق العاده درشت (UC) کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه کاهش یافت. به نظر می‌رسد که حجم حامل پاشش عامل محدود کننده در عملکرد چنین نازل‌هایی و در چنین سرعت وزش بادی باشد.

توربو < بادبزی دوقلوی القاکننده هوا فشار پایین < بادبزی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰. در این رتبه‌بندی، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر پارامتر ED₅₀ حاصل از نازل‌های بادبزی استاندارد دوقلو و بادبزی استاندارد وجود داشت. همچنین، اختلاف معنی‌داری بین نازل بادبزی ضد بادبردگی و هر یک از نازل‌های بادبزی زاویه گسترده توربو و بادبزی القاکننده هوا دوقلو وجود داشت. اختلاف معنی‌داری بین نازل بادبزی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰ و هر یک از نازل‌های بادبزی القاکننده هوا دوقلو، بادبزی ضد بادبردگی و بادبزی زاویه گسترده توربو وجود داشت. همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، در سرعت وزش ۹/۵ متر در ثانیه، با افزایش اندازه قطرات ایجاد شده به وسیله نازل‌ها از بسیار ریز (VF) تا درشت (C) مقدار ستوکسیدیم مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصدی در وزن خشک یولاف وحشی زمستانه کاهش یافت که نشان دهنده آن است که کارایی علف‌کش



شکل ۲- همبستگی بین مقادیر ED₅₀ علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه در سرعت وزش باد ۰/۵ متر در ثانیه (□) و ۹/۵ متر در ثانیه (■) و کیفیت قطرک‌سازی نازل‌ها که عبارت بودند از TFS: بادبزی استاندارد دوقلو؛ FLD: بادبزی ضد بادبردگی؛ SFF: بادبزی استاندارد؛ TWAF: بادبزی زاویه گسترده توربو؛ LPAITF: بادبزی القاکننده هوا فشار پایین؛ LPAIF: بادبزی القاکننده هوا فشار پایین؛ CFA: بادبزی القاکننده هوا متراکم؛ CFA-T: بادبزی القاکننده هوا متراکم زاویه‌دار؛ TTF: بادبزی دوقلوی توربو؛ AITF3070: بادبزی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰؛ TFLD: بادبزی ضد بادبردگی دوقلو؛ AITTF: بادبزی القاکننده هوا دوقلوی توربو؛ TFA: بادبزی القاکننده هوا دوقلو؛ TAIF: بادبزی القاکننده هوا توربو

Figure 2- A correlation between the ED₅₀ values of sethoxydim against winter wild oat at two wind speeds of 0.5 (□) or 9.5 m s⁻¹ (■) and the atomization quality of nozzles, including TFS: Twin Fan Standard; FLD: Fan Low Drift; SFF: Standard Flat Fan; TWAF: Turbo Wide Angle Flat; LPAITF: Low Pressure Air Induction Twin Flat; LPAIF: Low Pressure Air Induction Flat; CFA: Compact Fan Air; CFA-T: Compact Fan Air-Tilt; TTF: Turbo Twin Flat; AITF3070: Air Induction Twin Fan 3070; TFLD: Twin Fan Low Drift; AITTF: Air Induction Turbo Twin Flat; TFA: Twin Fan Air; TAIF: Turbo Air Induction Flat

باریک برگ نیز قائم بودن برگ آنهاست (۲). نازل‌هایی که بادبزن زاویه‌داری ایجاد می‌کنند، بخصوص در مورد نازل‌های دوقلو، امکان برخورد عمودی قطرات به سطح برگ‌های علف‌های هرز باریک برگ و متعاقباً کاهش پُرش قطره از سطح آنها را فراهم می‌سازند. علاوه بر این، نازل‌های دوقلو امکان خیس‌سازی قسمت پشت و جلوی علف‌های هرز در مسیر حرکت نازل را نیز فراهم می‌کنند (۱۱). در مقایسه با ۶ نوع نازلی که کیفیت قطرک‌سازی درشتی دارند، نازل دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰ به دلیل جهت دادن مناسب به قطرات ایجاد شده بهترین عملکرد را در هر دو سرعت وزش باد به نمایش گذاشت (شکل ۲). جنسن (۱۳) نیز گزارش کرد نازل‌های دوبادبزنه (دوقلو) در مقایسه با نازل‌های یک بادبزنه (یک قلو) باعث بهبود کارایی علف-کش‌ها شد.

به عنوان جمع‌بندی نهایی، نازل‌های بادبزنی استاندارد دوقلو و نازل بادبزنی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰ به ترتیب در سرعت وزش باد پایین و بالا به عنوان مناسب‌ترین نازل برای پاشش ستوکسیدیم با حجم حامل استاندارد ۲۱۰ لیتر در هکتار علیه یولاف وحشی زمستانه تعیین شدند. احتمالاً، در صورتی می‌توان از نازل‌هایی با کیفیت قطرک‌سازی درشت تا فوق‌العاده درشت بهره بیشتری در سرعت وزش باد بالا برد که از حجم حامل پاشش بیشتری استفاده شود. این موضوع باید در پژوهش‌های آتی به اثبات برسد.

سپاسگزاری

از آقایان Francesca Barbotto, Mahmoud Sbeity و Patrick Levesque به ترتیب مدیریت فروش شرکت‌های TeeJet در آمریکا، ASJ در ایتالیا و Albuz در فرانسه که علاوه بر نازل‌های مورد آزمایش، نمونه‌ای رایگان از تمامی انواع نازل‌های تولیدی خود را جهت آموزش به دانشجویان و نیز پژوهش در اختیار بنده قرار دادند قدردانی می‌کنم. همچنین، از بانوان نسرین زنده‌پاک، سمیه ابراهیم پور فرجی، مهیا مالیمیر، کوثر عبدالحسینی و مرواید صالحی که در زمان سمپاشی کمک فراوانی کرده‌اند تشکر می‌کنم.

تحقیقات نشان داده‌اند که وقتی از نازل‌هایی با کیفیت قطرک‌سازی بسیار درشت تا فوق‌العاده درشت استفاده شود، کارایی علف-کش کوئیزالوفوپ پی اتیل در کنترل علف‌هرز سوروف با افزایش حجم حامل پاشش افزایش یافت (۲۲). در مقابل، زمانی که از نازل‌هایی با کیفیت قطرک‌سازی بسیار ریز تا متوسط استفاده شود، کارایی علف‌کش‌های فورام سولفورون و بنتازون در کنترل سوروف با افزایش حجم حامل پاشش کاهش یافت (۱۶). از اینرو، احتمالاً با افزایش شماره نازل از ۰۲ زرد رنگ به ۰۳ آبی رنگ یا ۰۴ قرمز رنگ می‌توان عملکرد نازل‌هایی با کیفیت قطرک‌سازی بسیار درشت تا فوق‌العاده درشت را بهبود بخشید که این موضوع باید در پژوهش‌های بعدی به اثبات برسد.

یک نقش دیگر نازل می‌تواند جهت دادن به قطرات ایجاد شده باشد (۸). هفت نازل لیست شده در ابتدای جدول ۱ جزو نازل‌های یک بادبزنه و هفت نازل بعدی جزو نازل‌های دو بادبزنه هستند. بجز در نازل بادبزنی القاکننده هوای متراکم زاویه‌دار، در تمامی نازل‌های یک بادبزنه (نازل‌هایی که دارای یک روزنه خروجی هستند و الگوی پاشش آنها به صورت بادبزنی است) جهت بادبزن عمود بر سطح زمین است. در نازل بادبزنی القاکننده هوای متراکم زاویه‌دار جهت بادبزن به میزان ۱۳ درجه به سمت مسیر حرکت نازل منحرف است. در نازل‌های دو بادبزنه (نازل‌هایی که دارای دو روزنه خروجی هستند و الگوی پاشش آنها به صورت بادبزنی مضاعف است) محلول پاشش از دو روزنه خارج می‌شود و دو بادبزن ایجاد می‌کند. در نازل بادبزنی دوقلوی القاکننده هوا ۳۰۷۰، زاویه یکی از بادبزن‌ها به میزان ۳۰ درجه در جهت مسیر حرکت نازل و زاویه بادبزن دیگر به میزان ۷۰ درجه برخلاف جهت حرکت نازل است. در سایر نازل‌های دو بادبزنه، زاویه یکی از بادبزن‌ها به میزان ۳۰ درجه در جهت مسیر حرکت نازل و زاویه بادبزن دیگر به میزان ۳۰ درجه برخلاف جهت حرکت نازل است. از آنجایی که برگ‌های علف‌های هرز باریک برگ به صورت نسبتاً قائم قرار دارند به همین دلیل در صورتی که قطرات پاشش به طور عمود بر زمین پاشیده شود، خیس‌پذیری برگ‌های این گونه از علف‌های هرز پایین خواهد بود. علت اصلی خیس‌پذیری اندک برگ علف‌های هرز

منابع

- Aliverdi A., and Hammami H. 2016. The effect of cationic and nonionic surfactants on the efficacy of ALS-inhibitor herbicides against *Avena sterilis*. *Zemdirbyste-Agriculture*, 103(3):289-296.
- Aliverdi A., Rashed-Mohassel M.H., Zand E., and Mahallati M.N. 2009. Increased foliar activity of clodinafop-propargyl and/or tribenuron-methyl by surfactants and their synergistic action on wild oat (*Avena ludoviciana*) and wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Weed Biology and Management*, 9(4):292-299.
- ASAE. 2009. Spray nozzle classification by droplet spectra. *The American Society of Agricultural Engineers*, S572.1, 4 p.
- Asogwa E.U., and Dongo L.N. 2009. Problems associated with pesticide usage and application in Nigerian cocoa production: a review. *African Journal of Agricultural Research*, 4(8):675-683.

- 5- AST. 2017. Spray nozzles and accessories for crop protection. Agrotop Spray Technology, Cataloge 109E, p. 7.
- 6- Brown L., Soltani N., Shropshire C., Spieser H., and Sikkema P.H. 2007. Efficacy of four corn (*Zea mays* L.) herbicides when applied with flat fan and air induction nozzles. *Weed Biology and Management*, 7(2):55-61.
- 7- Cobb A.H., and Reade J.P.H. 2010. *Herbicides and plant physiology*. 2nd ed. John Wiley & Sons Inc. UK.
- 8- Contiero R.L., Biffe D.F., Constantin J., de Oliveira R.S., Braz G.B.P., Lucio F.R., and Schleier J.J. 2016. Effects of nozzle types and 2,4-D formulations on spray deposition. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 51(12):888-893.
- 9- Creech C.F., Henry R.S., Fritz B.K., and Kruger G.R. 2014. Influence of herbicide active ingredient, nozzle type, orifice size, spray pressure, and carrier volume rate on spray droplet size characteristics. *Weed Technology*, 29(2):298-310.
- 10- Czaczyk Z., Kruger G., and Hewitt A. 2012. Droplet size classification of air induction flat fan nozzles. *Journal of Plant Protection Research*, 52(4):415-420.
- 11- Ferguson J.C., Chechetto R.G., Hewitt A.J., Chauhan B.S., Adkins S.W., Kruger G.R., and O'Donnell C.C. 2016. Assessing the deposition and canopy penetration of nozzles with different spray qualities in an oat (*Avena sativa* L.) canopy. *Crop Protection*, 81:14-19.
- 12- Hewitt A.J., Solomon K.R., and Marshall E.J.P. 2009. Spray droplet size, drift potential, and risks to nontarget organisms from aerially applied glyphosate for coca control in Colombia. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 79(15):921-929.
- 13- Jensen P.K. 2012. Increasing efficacy of graminicides with a forward angled spray. *Crop Protection*, 32:17-23.
- 14- Kruger G.R., Klein R.N., and Ogg C.L. 2013. Spray drift of pesticides. NebGuide G1773, UNL Extension. <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1773.pdf> (visited 16 October 2017).
- 15- Kudsk P. 2008. Optimising herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *Environmentalist*, 28(1):49-55.
- 16- Lesnik M., Kramberger B., and Vajs S. 2012. The effects of drift-reducing nozzles on herbicide efficacy and maize (*Zea mays* L.) yield. *Zemdirbyste-Agriculture*, 99(4):371-378.
- 17- Meyer C.J., Norsworthy J.K., Kruger G.R., and Barber T.L. 2016. Effect of nozzle selection and spray volume on droplet size and efficacy of Engenia tank-mix combinations. *Weed Technology*, 30(2):377-390.
- 18- Moss S. 2015. Identification of wild-oats. Rothamsted Research, Harpenden, Herts AL5 2JQ, UK.
- 19- Ritz C., Baty F., Streibig J.C., and Gerhard D. 2015. Dose-Response Analysis Using R. *PLoS One*, 10(12):e0146021
- 20- Sasaki R.S., Teixeira M.M., Alvarenga C.B., Santiago H., and Maciel C.F.S. 2013. Spectrum of droplets produced by use adjuvants. *Idesia*, 31(1):27-33.
- 21- Sanyal D., Bhowmik P.C., and Reddy K.N. 2006. Influence of leaf surface micro morphology, wax content, and surfactant on primisulfuron droplet spread on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Science*, 54(4):627-633.
- 22- Sikkema E.H., Brown L., Shropshire C., Spieser H., and Soltani N. 2008. Flat fan and air induction nozzles affect soybean herbicide efficacy. *Weed Biology and Management*, 8:31-38.
- 23- Stagnari F., Chiarini M., and Pisante M., 2007. Influence of fluorinated surfactants on the efficacy of some post-emergence sulfonylurea herbicides. *Journal of Pesticide Science*, 32(1):16-23.
- 24- UN. 2017. Report of the Special Rapporteur on the right to food. United Nations, General Assembly, Human Rights Council, A/HRC/34/48.