نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۴۷۴-۴۶۵

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No.4, Winter 2019, P. 465-474

تأثیر نوع و شماره نازل‌های یک، دو و سه بادبزنه بر عملکرد سیکلوکسیدیم علیه جودره (*Hordeum spontaneum* Koch.)

اکبر علی‌وردی[1*]- سمیرا کرمی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۶

چکیده

در آزمایشی که به صورت دُز-پاسخ اجرا شد، شش مقدار از سیکلوکسیدیم (۰، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) با استفاده از ۳ نوع نازل (استاندارد، ضدبادبردگی و القاءکننده هوا) در ۳ تعداد بادبزن (یک، دو و سه بادبزنه) در ۳ شماره نازل (۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۳ و ۱۱۰۰۴ که به ترتیب حجم پاشش‌های ۱۶۰، ۲۴۰ و ۳۲۰ لیتر آب در هکتار را فراهم کردند) بر روی جودره در مرحله چهار برگی در سرعت وزش باد کمتر از ۰/۴ متر بر ثانیه پاشیده شدند. مقدار سیکلوکسیدیم لازم برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک جودره (ED_{50}) به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع، تعداد بادبزن و شماره نازل قرار گرفت. افزایش تعداد بادبزن سبب کاهش ED_{50} شد. در بین نازل‌ها با شماره ۱۱۰۰۲ در هر تعداد از بادبزن، عملکرد انواع نازل‌ها به صورت استاندارد > ضدبادبردگی > القاءکننده هوا بود. با این حال، در بین نازل‌ها با شماره‌های ۱۱۰۰۳ یا ۱۱۰۰۴ در هر تعداد از بادبزن، عملکرد انواع نازل‌ها به صورت استاندارد = ضدبادبردگی > القاءکننده هوا بود. در بین تمام انواع نازل‌ها در هر تعداد از بادبزن، افزایش حجم پاشش از ۱۶۰ به ۲۴۰ لیتر آب در هکتار سبب کاهش ED_{50} شد. با این وجود، تنها در نازل القاءکننده هوا در هر تعداد از بادبزن، افزایش حجم پاشش از ۲۴۰ به ۳۲۰ لیتر آب در هکتار سبب کاهش مجدد ED_{50} شد. بنابراین، می‌توان چنین توصیه کرد که مناسب‌ترین نازل برای کاربرد سیکلوکسیدیم علیه جودره با هدف بهینه‌سازی همزمان مصرف علف‌کش و آب "نازل استاندارد سه بادبزنه ۱۱۰۰۳" می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: علف‌کش، علف‌هرز، کلزا، نازل

مقدمه

جودره علف‌هرزی یکساله زمستانه متعلق به تیره گندم است که به عنوان تهدیدی بسیار جدی در خودکفایی تولید گندم کشور مطرح است (۹). به طوری‌که شدت آلودگی برخی مزارع گندم کشور به جودره به قدری است که امکان زراعت آن‌را غیرممکن ساخته است (۲۴). محققان نشان داده‌اند که تراکم ۱۶۰ بوته جودره در متر مربع سبب افت عملکرد بیش از ۷۵ درصدی در عملکرد دانه گندم می‌شود (۲۰). علاوه بر این، محققان ثابت کرده‌اند که بقایای گیاهی جودره در خاک مزرعه سبب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم نیز می‌شود (۲۱). دلایل اصلی شیوع جودره در کشور را می‌توان ۱) عدم رعایت تناوب زراعی با کشت پی‌درپی گندم (۳۳)، ۲) کاربرد گسترده باریک برگ‌کش‌هایی مانند کلودینافوپ پروپارژیل که به طور مؤثری سایر باریک‌برگانی مانند یولاف وحشی و خونی‌واش را در گندم کنترل می‌کنند ولی بر جودره تأثیری ندارند (۲۳) و ۳) عدم دسترسی به علف‌کشی کم خطر از نظر بروز مقاومت به علف‌کش در علف‌های هرز جهت کنترل جودره در مزارع گندم دانست. در رابطه با مورد آخر، محققان علف‌کش‌های سولفوسولفورن و مت‌سولفورون‌متیل را جهت کنترل جودره در مزارع گندم مؤثر تشخیص داده‌اند (۸ و ۲۲) ولی به دلیل اینکه آنها دارای خطر بسیار بالایی در بروز مقاومت به علف‌کش در علف‌های هرز هستند نباید آنها را در برنامه مدیریت شیمیایی علف‌های هرز مزارع گندم مد نظر قرار داد. از این‌رو، تناوب زراعی منطقی‌ترین روش در کاهش آلودگی مزارع گندم به جودره به نظر می‌رسد. تناوب زراعی "گندم-کلزا" فرصتی عالی جهت کنترل جودره با باریک‌برگ‌کش‌های توصیه شده برای کاربرد در مزارع کلزا مانند سیکلوکسیدیم و ستوکسیدیم را فراهم می‌سازد. تحقیقات ثابت کرده است که تراکم بذر جودره در بانک بذر خاک با اجرای چنین تناوب زراعی به همراه کاربرد باریک‌برگ‌کش‌های مذکور در مزارع کلزا به طور قابل ملاحظه‌ای رو به کاهش می‌گذارد (۲۴).

اجتناب‌ناپذیر بودن کاربرد علف‌کش‌ها سبب اتکای روز افزون کشاورزان به کاربرد بی‌رویه آنها و بروز مسائل متعدد زیست محیطی

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف های هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: a.aliverdi@basu.ac.ir
DOI: 10.22067/jpp.v33i4.81208

ناشی از کاربرد آنها شده است. لذا، در سال‌های اخیر محققان رویکرد کاربرد بهینه علف‌کش‌ها از طریق روش‌های گوناگون را دنبال می کنند. در چنین رویکردی، به حداقل‌رسانی فرار قطرات پاشش به بیرون از منطقه سمپاشی[1] و یا اتلاف آنها در درون منطقه سمپاشی[2] ضروری است. میزان فرار قطرات پاشش به بیرون از منطقه سمپاشی و اتلاف آنها در درون منطقه سمپاشی ارتباط مستقیمی با اندازه قطرات پاشش دارد. به طوری‌که با کاهش اندازه قطرات پاشش احتمال فرار آنها به بیرون از منطقه سمپاشی افزایش و احتمال اتلاف آنها در درون منطقه سمپاشی کاهش می‌یابد (۳۴). این موضوع پیچیده، محرّکی برای توسعه انواع نازل‌ها در شماره (رنگ)های مختلف بوده است که در فشار پاشش مختلف اندازه قطرات پاشش متفاوتی ایجاد می‌کنند. چنین پیشرفتی در طراحی و تولید نازل‌ها سبب دشواری و سردرگمی در انتخاب نازل مناسب شده است. از این گذشته، عواملی مانند سرعت وزش باد، نوع آفت‌کش، نحوه عمل علف‌کش، فرمولاسیون علف‌کش، حجم پاشش، توپوگرافی زمین و گونه گیاهی نیز به دشواری در انتخاب نازل مناسب دامن زده است (۴). بر اساس یک قاعده کلی، نوع نازلی مناسب‌ترین است که سبب نشست بیشتر قطرات پاشش بر روی سطح هدف (علف‌هرز) شود (۳۱). برای مثال، در مقایسه بین انواع مختلف نازل‌های یک و دو بادبزنه، کارایی کلودینافوپ پروپارژیل پاشیده شده با انواع نازل‌های دو بادبزنه در کنترل یولاف وحشی زمستانه بیشتر از وقتی بود که با انواع نازل‌های یک بادبزنه پاشیده شده بود. همچنین، در بین انواع نازل های دو بادبزنه، نازل‌های دو بادبزنه استاندارد و دو بابزنه توربو به ترتیب در سرعت وزش باد ۰/۵ و ۷/۵ متر بر ثانیه مناسب‌ترین نازل تشخیص داده شدند (۲).

متاسفانه، بخش کشاورزی کشور با بحران آب روبرو است. با توجه به اینکه آب به عنوان مهمترین حامل پاشش برای کاربرد علف کش‌ها مطرح است، بحث انتخاب حجم پاشش مناسب نیز امری ضروری به نظر می‌رسد. تحقیقات نشان داده است که کارایی علف کش‌های مختلف در کنترل علف‌های هرز به تغییر حجم پاشش واکنش‌های مختلفی می‌دهد. برای مثال، کارایی گلایفوسیت (۳۰)، سیتوکسیدیم (۲۹) و کلودینافوپ پروپارژیل (۱۸) با افزایش حجم پاشش کاهش می‌یابد. برعکس، کارایی توفوردی (۱۲) و دیکلوفوپ متیل (۲۶) با افزایش حجم پاشش افزایش می‌یابد. این در حالی است که کارایی فلوآزیفوپ‌پی‌اتیل (۱۲) و فنوکساپروپ‌پی‌اتیل (۲۹) تحت تأثیر حجم پاشش قرار نمی‌گیرد. با مرور ۱۹۶ پژوهش پیرامون تأثیر حجم پاشش بر کارایی علف‌کش‌های مختلف به وسیله نوچی (۲۶)، وی گزارش کرد که در ۳۷ درصد پژوهش‌ها، افزایش حجم پاشش سبب بهبود کارایی علف‌کش؛ در ۳۲ درصد پژوهش‌ها، افزایش حجم پاشش سبب تقلیل کارایی علف‌کش و در ۳۲ درصد پژوهش‌ها، کارایی علف‌کش تحت تأثیر حجم پاشش قرار نگرفته است. این بررسی منابع نشان می‌دهد که گاهاً علی‌رغم اینکه با افزایش شماره هر نوع نازلی (به منظور افزایش حجم پاشش) اندازه قطرات تولیدی آن بزرگتر می‌شود ولی در عمل نتیجه مطابق با قاعده کلی ذکر شده در بالا نیست. به همین دلیل، همیشه بررسی تأثیر حجم پاشش برای علف‌کش‌های مختلف ضروری به نظر رسیده است.

تاکنون، تأثیر حجم پاشش بر کارایی سیکلوکسیدیم علیه هیچ گونه علف‌هرزی مورد بررسی قرار نگرفته بود. همچنین، به دلیل اینکه انواع نازل‌های سه بادبزنه اخیراً توسعه پیدا کرده‌اند، هیچ پژوهشی پیرامون کارآمدی آنها در مقایسه با انواع نازل‌های یک و دو بادبزنه بر کارایی هیچ علف‌کشی انجام نگرفته است. این پژوهش قصد داشت تا این فضاهای خالی در علم را پُر کند.

مواد و روش‌ها

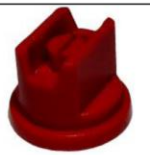
سنبله‌های علف‌هرز جودره از محوطه دانشگاه بوعلی سینا همدان در اواخر بهار ۱۳۹۸ جمع‌آوری و تا زمان اجرای آزمایش در درون یخچال نگهداری شدند. در اواخر زمستان ۱۳۹۸، پوسته در بردارنده بذرها (لما و پالئا) از آنها جدا شد. این پوسته مانع جوانه‌زنی بذر جودره شناخته شده است (۱۹). پس از ضدعفونی سطحی بذرها با محلول هیپوکلرید سدیم ۵ درصد به مدت ۵ دقیقه، حدوداً ۵۰ بذر از بخش شیاردارشان بر روی یک لایه کاغذ صافی در درون هر پتری‌دیش با قطر ۱۱ سانتی‌متری قرار داده شد. سپس، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول ۲ گرم نیترات پتاسیم در لیتر به هر یک از پتری دیش‌ها اضافه شد. پتری‌دیش‌ها به مدت ۹۶ ساعت در دمای ۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی در درون یخچال نگهداری شدند (۳). سپس، تعداد ۸ گیاهچه با طول کولئوپتیل ۰/۵ سانتی‌متری در درون گلدان‌های ۳ لیتری پلاستیکی قهوه‌ای رنگ با مقطع مربعی در عمق ۱ سانتی‌متری خاک کاشته شدند. خاک مورد استفاده در تهیه‌ی بستر به ترتیب دارای نسبت ۱:۱:۴ از خاک:ماسه بادی:کود دامی بود. گلدان‌ها به درون گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان منتقل شدند و هر ۵ روز یکبار به طور یکنواخت آبیاری شدند.

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از ۶ مقدار از سیکلوکسیدیم (۰، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) که با استفاده از ۳ نوع نازل (استاندارد، ضد بادبردگی و القاءکننده هوا) در ۳ تعداد بادبزن (تک، دو و سه بادبزنه) در ۳ شماره نازل (۰۲ زرد رنگ، ۰۳ آبی رنگ و ۰۴ قرمز رنگ) در ۴ تکرار بر روی گیاهچه‌های چهار برگی جودره پاشیده شدند. زاویه پاشش تمامی نازل‌ها ۱۱۰ درجه بود. نام، تصویر و کیفیت قطرک‌سازی نازل‌ها در فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال در جدول ۱ نمایش داده شده است.

1- Exo-Drift
2- Endo-Drift

جدول ۱- نازل‌های مورد استفاده در پژوهش و کیفیت قطرک‌سازی آنها در فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال

Table 1- The nozzles used in the study and their atomization quality at 300 kPa

یک بادبزنه Single Flat Fan			دو بادبزنه Twin flat fan			سه بادبزنه Triplet flat fan		
استاندارد Standard	ضد بادبردگی Anti-drift	القاءکننده هوا Air induction	استاندارد Standard	ضد بادبردگی Anti-drift	القاءکننده هوا Air induction	استاندارد Standard	ضد بادبردگی Anti-drift	القاءکننده هوا Air induction
F	M	XC	VF	M	VC	VF	F	M
F	M	XC	VF	M	XC	VF	F	C
								
F	M	UC	F	M	XC	VF	M	C

VF: very fine (61-105 µm), F: fine (106-235 µm), M: medium (236-340 µm), C: coarse (341-403 µm), VC: very coarse (404-502 µm), XC: extremely coarse (503-665 µm), and UC: ultra-coarse (> 665 µm) (۷).

کیفیت قطرک‌سازی به صورت بسیار ریز (با قطر قطرات بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر)، ریز (با قطر قطرات بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرومتر)، متوسط (با قطر قطرات بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر)، درشت (با قطر قطرات بین ۳۴۱ تا ۴۰۳ میکرومتر)، بسیار درشت (با قطر قطرات بین ۴۰۴ تا ۵۰۲ میکرومتر)، به شدت درشت (با قطر قطرات بین ۵۰۳ تا ۶۶۵ میکرومتر) و فوق العاده درشت (با قطر قطرات بیش از ۶۶۵ میکرومتر) دسته‌بندی شده است (۷). جنس روزنه خروجی نازل‌های یک بادبزنه استاندارد و دو بادبزنه استاندارد پلاستیکی بوده و به ترتیب به وسیله شرکت‌های Agrotop آلمان (۵) و ASJ ایتالیا (۶) تولید می‌شوند ولی جنس روزنه خروجی سایر نازل‌ها سرامیکی بوده و به وسیله شرکت Magnojet برزیل (۴) تولید می‌شوند.

تیمارها در فضای آزاد بیرون گلخانه تحت شرایط دما هوای ۳±۱۶ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵±۳۵ درصد و سرعت وزش باد کمتر از ۰/۴ متر بر ثانیه اعمال شدند. تیمارها به وسیله سمپاش پشتی کمپرسوری در فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال بکار برده شدند. میزان حجم پاشش ایجاد شده به وسیله نازل‌ها با شماره ۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۳ و ۱۱۰۰۴ به ترتیب برابر ۱۶۰، ۲۴۰ و ۳۲۰ لیتر آب در هکتار بود. ارتفاع نازل تا سطح خاک گلدان حدوداً ۰/۵ متر بود. در روز سمپاشی، گیاهان موجود در درون ۴ گلدان از فاصله ۰/۵ سانتی‌متری 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.

پس از گذشت ۳ هفته از روز سمپاشی، گیاهان درون گلدان‌ها از فاصله ۰/۵ سانتی‌متری سطح خاک برداشت شدند و وزن خشک آنها پس از ۲ روز خشکاندن در درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد توزین شد. در زمان برداشت، تنها در کاربرد مقادیر ۶/۲۵ و ۱۲/۵ گرم سیکلوکسیدیم در هکتار گیاهان زنده بودند. داده‌های بدست آمده در ابتدا تقسیم بر ۸ (تعداد بوته در هر گلدان) و سپس منهای ۰/۰۶ گرم (وزن اولیه هر بوته در روز سمپاشی) شدند. سپس، پاسخ وزن خشک جودره به تیمارها با روش تجزیه و تحلیل رگرسیون غیرخطی با کمک مدل ۴ آماره‌ای لجستیک (معادله ۱) و با استفاده از نرم‌افزار R نسخه ۲,۶,۲ تخمین زده شد (۳۲):

معادله ۱
$$Y = \frac{C+(D-C)}{\{1+exp[B\,(logX-logED)]\}}$$

در این معادله: Y بیانگر وزن خشک تک بوته جودره، D و C حد مجانب بالا و پایین وزن خشک جودره در مقادیر صفر و بی‌نهایت سیکلوکسیدیم، آماره ED_{50} بیانگر مقدار سیکلوکسیدیم لازم (X) برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک جودره بین حدود بالا و پایین (D و C) است، و B متناسب با شیب منحنی در محدوده‌ی آماره ED_{50} می‌باشد. از آنجایی که اهمیت آماره ED_{50} در مطالعات واکنش به مقدار علف‌کش بیشتر از سایر آماره‌ها (مانند ED_{10} و ED_{90}) تشخیص داده شده است (۳۲)، از اینرو؛ فقط نتایج مربوط به آماره ED_{50} ارائه شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که مقدار آماره ED_{50} برای سیکلوکسیدیم علیه جودره به طور معنی‌داری تحت تأثیر تعداد بادبزن نازل (تعداد روزنه خروجی نازل) قرار گرفت (جدول ۲). در همه انواع نازل‌ها (استاندارد، ضد بادبردگی و القاءکننده هوا) و در هر شماره‌ای از آنها (۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۳ و ۱۱۰۰۴)، افزایش تعداد بادبزن به طور معنی‌داری سبب کاهش مقدار آماره ED_{50} برای سیکلوکسیدیم علیه جودره شد که نشان‌دهنده آن است که افزایش تعداد بادبزن نازل سبب افزایش کارایی علف‌کش شده است. به عبارتی دیگر، نازل‌های سه بادبزنه با عملکرد بهتری در مقایسه با نازل‌های دو بادبزنه همسان خود و نازل های دو بادبزنه نیز با عملکرد بهتری در مقایسه با نازل‌های یک بادبزنه همسان خود بر کارایی علف‌کش علیه جودره ظاهر شدند. برای مثال، وقتی از نازل‌های بادبزنی استاندارد یک، دو و سه بادبزنه با شماره ۱۱۰۰۲ برای پاشش سیکلوکسیدیم استفاده شد، به ترتیب به مقادیر ۳۱/۷۱، ۲۰/۷۲ و ۱۹/۳۵ گرم ماده مؤثره سیکلوکسیدیم در هکتار برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک جودره احتیاج بود. در تمام انواع نازل‌ها در هر شماره‌ای چنین نتیجه‌ای مشاهده شد. در تحقیقات گذشته، عملکرد بهتر نازل‌های دو بادبزنه در مقایسه با نازل های یک بادبزنه در بهبود کارایی علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل (۲)، سیتوکسیدیم (۱)، هالوکسی‌فوپ (۱۲) و حتی در بهبود کارایی علف‌کش‌های زیستی (۱۳ و ۳۵) نیز به اثبات رسیده است. با این وجود، هر چند به وسیله تولید کننده نازل‌های سه بادبزنه ادعا شده است (۴) ولی تاکنون پژوهشی در رابطه با عملکرد بهتر انواع نازل‌های سه بادبزنه در مقایسه با انواع یک و دو بادبزنه همسان خود به انجام نرسیده بود که احتمالاً به دلیل آن است که این نوع نازل‌ها به تازگی طراحی و توسعه یافته‌اند. افزایش عملکرد نازل‌ها با افزایش تعداد بادبزن در بهبود کارایی سیکلوکسیدیم علیه جودره را می‌توان به دو دلیل دانست. اول اینکه در فشار ثابت (۳۰۰ کیلو پاسکال در این آزمایش)، با افزایش تعداد بادبزن در هر نوع نازلی اندازه قطرات به وجود آمده آن نازل کاهش می‌یابد (جدول ۱). برای مثال، در بین نازل‌ها با شماره ۱۱۰۰۲، نازل یک بادبزنه القاءکننده هوا دارای کیفیت قطرک‌سازی به شدت درشت (با قطر قطرات بین ۵۰۳ تا ۶۶۵ میکرومتر)، نازل دو بادبزنه القاءکننده هوا دارای کیفیت قطرک‌سازی بسیار درشت (با قطر قطرات بین ۴۰۴ تا ۵۰۲ میکرومتر) ولی نازل سه بادبزنه القاءکننده هوا دارای کیفیت قطرک‌سازی درشت (با قطر

قطرات بین ۳۴۱ تا ۴۰۳ میکرومتر) است. محققان قبلی به خوبی ثابت کرده‌اند که در شرایط سرعت وزش باد پایین، بین میزان نشست قطرات پاشش بر روی سطح هدف (علف‌هرز) رابطه‌ای منفی با اندازه قطرات پاشش وجود دارد؛ به طوری‌که با کاهش اندازه قطرات پاشش میزان نشست آنها بر روی سطح هدف افزایش می‌یابد (۱۱). به دلیل افزایش میزان نشست قطرات پاشش بر روی سطح هدف، کارایی علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف نیز افزایش یافته است (۱۰، ۱۳، ۱۶ و ۲۸). در این میان، قطرات درشت به احتمال زیاد پس از برخورد با سطح هدف در طی فرآیند پَرش[1] از روی سطح هدف بر روی سطح خاک اتلاف خواهند شد. به همین دلیل، کارایی علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرفی که با قطرات درشت پاشیده شده باشند کمتر از زمانی است که با قطرات ریز پاشیده شده باشند (۳۴). دومین دلیل اینکه چرا با افزایش تعداد بادبزن نازل بهبودی در کارایی سیکلوکسیدیم علیه جودره مشاهده شد را می‌توان به نفوذ بهتر قطرات پاشش به درون کانوپی جودره ارتباط داد. در تمامی انواع نازل‌های یک بادبزنه جهت حرکت قطرات پاشش عمود بر سطح زمین است. از آنجایی که برگان علف‌های هرز تک لپه‌ای مثل جودره به صورت افقی نسبت به زمین قرار نمی‌گیرد؛ بنابراین، قطرات پاشش به صورت عمود بر سطح هدف برخورد نمی‌کنند و در نتیجه احتمال پرش از روی سطح هدف بر روی سطح خاک افزایش می‌یابد. به همین دلیل، چون قطرات پاشش به وسیله انواع نازل‌های یک بادبزنه به طور عمود بر زمین پاشیده می‌شود، خیس‌پذیری برگان علف‌های هرز تک لپه‌ای پایین خواهد بود. به عبارتی دیگر، علت اصلی خیس‌پذیری اندک برگ علف‌های هرز تک لپه‌ای نیز تقریباً قائم بودن برگ آنهاست (۳). در نازل‌های دو بادبزنه محلول پاشش از دو روزنه خارج می‌شود و اصطلاحاً آنها دو بادبزن ایجاد می‌کنند. در نازل استاندارد 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. به عبارتی دیگر، زاویه بین دو بادبزن در نازل استاندارد دو بادبزنه ۶۰ درجه است. در سایر نازل‌های دو بادبزنه، زاویه یکی از بادبزن‌ها به میزان ۲۰ درجه در جهت مسیر حرکت نازل و زاویه بادبزن دیگر به میزان ۲۰ درجه برخلاف جهت حرکت نازل است. به عبارتی دیگر، زاویه بین دو بادبزن در نازل‌های ضد بادبردگی دو بادبزنه و القاءکننده هوا دو بادبزنه ۴۰ درجه است (۴). نازل‌های دو بادبزنه امکان برخورد عمودی قطرات به سطح برگان علف‌های هرز تک لپه‌ای را فراهم می‌سازند که در نتیجه امکان پَرش قطرات از سطح آنها را به حداقل می‌رسانند. به همین دلیل، نشست قطرات پاشش بیشتری به وسیله نازل دو بادبزنه در مقایسه با نازل یک بادبزنه بر روی سطح برگان علف‌های هرز تک لپه‌ای رخ می‌دهد. قبلاً، نشست بیشتر قطرات پاشش به وسیله نازل دو بادبزنه در مقایسه با نازل یک بادبزنه بر روی سطح برگان علف‌هرز یولاف وحشی به وسیله فرگوسون و همکاران (۱۷) ثابت شده است. در نازل‌های سه بادبزنه محلول پاشش از سه روزنه خارج می‌شود و اصطلاحاً آنها سه بادبزن ایجاد می‌کنند. در نازل‌های سه بادبزنه، زاویه بادبزن اول به میزان ۲۰ درجه در جهت مسیر حرکت نازل، زاویه بادبزن دوم به میزان ۰ درجه (عمود بر زمین) و زاویه بادبزن سوم به میزان ۲۰ درجه برخلاف جهت حرکت نازل است. به عبارتی دیگر، نازل‌های سه بادبزنه ترکیبی از نازل‌های یک و دو بادبزنه هستند (۴). بر اساس نتایج این تحقیق که با افزایش تعداد بادبزن نازل کارایی سیکلوکسیدیم علیه جودره افزایش یافت می‌توان چنین استنباط کرد که احتمالاً نشست قطرات پاشش به وسیله نازل سه بادبزنه بیشتر از نازل دو بادبزنه بوده است. با این وجود، نیاز است تا این موضوع در تحقیقات بعدی بررسی شود.

نتایج نشان داد که مقدار آماره ED_{50} برای سیکلوکسیدیم علیه جودره به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع نازل نیز قرار گرفته است (جدول ۲). در بین نازل‌های سه بادبزنه با شماره ۱۱۰۰۲، عملکرد انواع نازل‌ها بر کارایی سیکلوکسیدیم علیه جودره به صورت نازل استاندارد > نازل ضد بادبردگی > نازل القاءکننده هوا بود. چنین نتایجی در مورد انواع نازل‌های یک و دو بادبزنه با شماره ۱۱۰۰۲ نیز مشاهده شد. با این وجود، در بین نازل‌های سه بادبزنه با شماره‌های ۱۱۰۰۳ یا ۱۱۰۰۴، عملکرد انواع نازل‌ها بر کارایی سیکلوکسیدیم علیه جودره به صورت نازل استاندارد = نازل ضد بادبردگی > نازل القاء کننده هوا بود. چنین نتایجی در مورد انواع نازل‌های یک و دو بادبزنه با شماره‌های ۱۱۰۰۳ و ۱۱۰۰۴ نیز مشاهده شد. علت این موضوع با کیفیت قطرک‌سازی این سه نوع نازل در ارتباط است. به طوری که در هر تعداد بادبزن و در هر شماره‌ای از نازل، اندازه قطرات پاشش تولیدی به وسیله نازل‌ها به صورت نازل استاندارد < نازل ضد بادبردگی < نازل القاءکننده هوا می‌باشد (جدول ۱). برای مثال، در نازل‌های یک بادبزنه با شماره ۱۱۰۰۲، نازل استاندارد دارای کیفیت قطرک‌سازی ریز (با قطر قطرات بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر)، نازل ضد بادبردگی دارای کیفیت قطرک‌سازی متوسط (با قطر قطرات بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر) و نازل القاءکننده هوا دارای کیفیت قطرک‌سازی به شدت درشت (با قطر قطرات بین ۵۰۳ تا ۶۶۵ میکرومتر) است. فنآوری افزایش اندازه قطرات پاشش به وسیله نازل ضد بادبردگی از طریق تقلیل فشار در پشت روزنه خروجی نازل می‌باشد. در حالی‌که، فنآوری افزایش بیشتر اندازه قطرات پاشش به وسیله نازل القاءکننده هوا در مقایسه با نازل ضد بادبردگی از طریق تقلیل فشار در پشت روزنه خروجی نازل و نیز وارد شدن هوا به محلول پاشش از مسیر روزنه هوایی موجود در بدنه نازل (جدول ۱) می‌باشد. در این حالت، قطرات پاشش در اندازه بزرگ‌تر که حاوی حبابچه‌های هوا هستند تولید می‌شود (۴). همان گونه که در بالا اشاره شد، بین میزان نشست

1- Bouncing off

قطرات پاشش بر روی سطح هدف رابطه‌ای منفی با اندازه قطرات پاشش وجود دارد؛ به طوری‌که با کاهش اندازه قطرات پاشش نشست آنها بر روی سطح هدف افزایش می‌یابد (۱۱). به همین دلیل، در تحقیقات قبلی متعددی گزارش شده است که با افزایش میزان نشست قطرات پاشش بر روی سطح هدف، کارایی علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف نیز افزایش می‌یابد (۱۰، ۱۵ و ۲۸).

جدول ۱- مقادیر آماره ED_{50} برای سیکلوکسیدیم پاشیده شده با ۹ نوع نازل در ۳ شماره نازل در کنترل جودره

Table 1- ED_{50} parameter values for cycloxydim sprayed with 9 nozzle types at 3 nozzle sizes on the control of wild barley

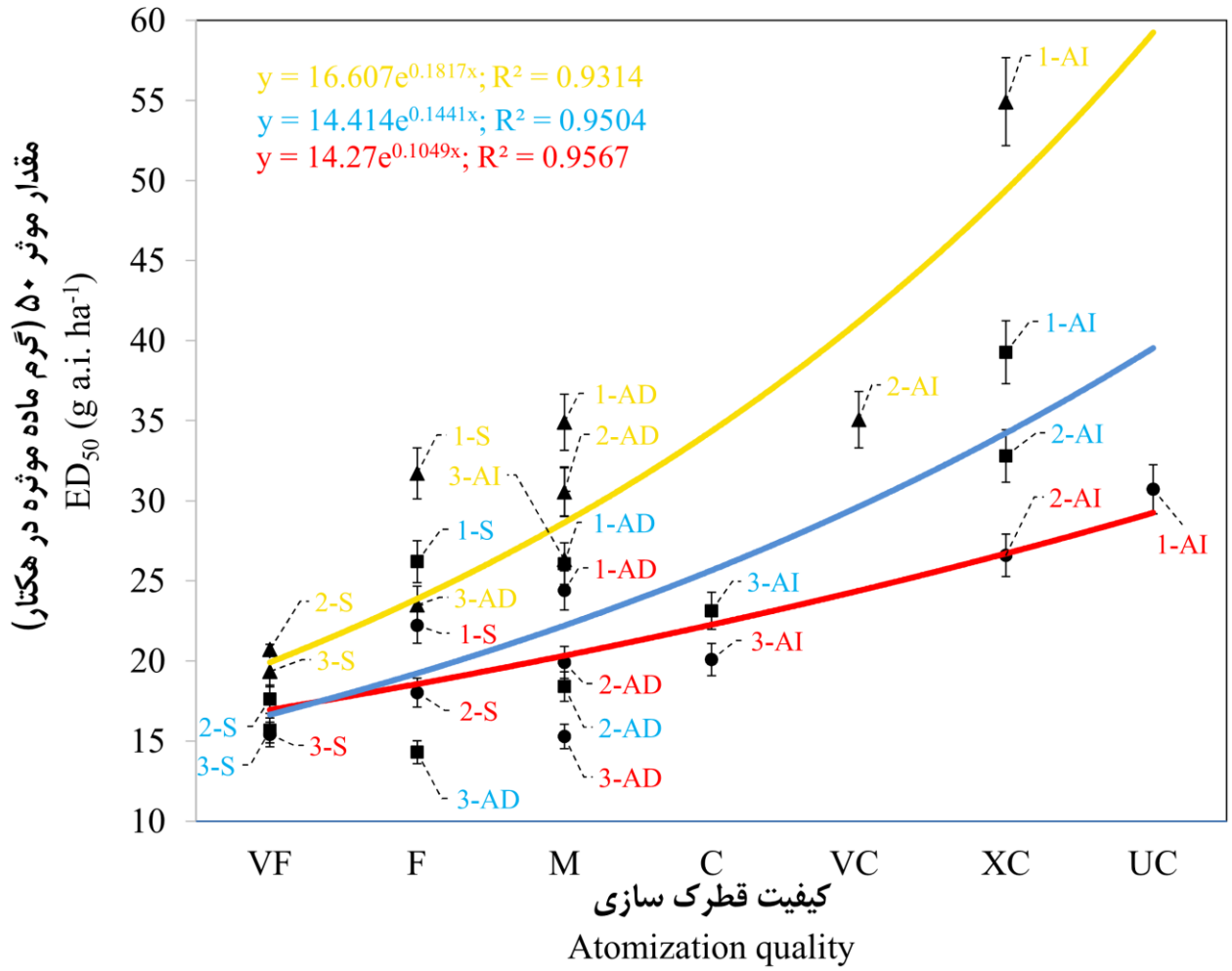
نوع نازل Nozzle type	تعداد بادبزن No. of flat fan	شماره نازل (حجم پاشش) Nozzle size (spray volume)		
		11002 (160 L.ha^{-1})	11003 (240 L.ha^{-1})	11004 (320 L.ha^{-1})
استاندارد Standard	یک Single	31.71 (2.28)	26.20 (2.28)	22.23 (2.56)
	دو Twin	20.72 (0.62)	17.61 (0.81)	18.02 (0.59)
	سه Triplet	19.35 (0.41)	15.67 (0.96)	15.41 (0.63)
ضد بادبردگی Anti-drift	یک Single	34.90 (1.74)	26.08 (1.79)	24.40 (2.07)
	دو Twin	30.54 (1.43)	18.40 (1.43)	19.91 (2.01)
	سه Triplet	23.49 (0.15)	14.30 (1.05)	15.29 (1.45)
القاءکننده هوا Air induction	یک Single	54.91 (2.74)	39.27 (3.07)	30.72 (1.25)
	دو Twin	35.06 (1.78)	32.80 (2.41)	26.60 (2.02)
	سه Triplet	26.32 (1.49)	23.13 (1.54)	20.09 (1.02)

اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد هستند. Standard errors are in parentheses.

همچنین، نتایج نشان داد که مقدار آماره ED_{50} برای سیکلوکسیدیم علیه جودره به طور معنی‌داری تحت تأثیر حجم پاشش (یا شماره نازل) نیز قرار گرفته است (جدول ۲). در تمام انواع نازل‌ها در هر تعداد از بادبزن، افزایش حجم پاشش از ۱۶۰ به ۲۴۰ لیتر آب در هکتار سبب کاهش معنی‌دار در مقدار آماره ED_{50} برای سیکلوکسیدیم علیه جودره شد که نشان‌دهنده آن است که افزایش شماره نازل (یا حجم پاشش) موجب افزایش کارایی علف‌کش شده است. محققان به خوبی ثابت کرده‌اند که با یک نوع نازل برابر، میزان نشست قطرات با افزایش شماره نازل (حجم پاشش) بر روی هر دو تیپ از علف‌های هرز (تک و دو لپه‌ای) افزایش می‌یابد؛ علی رغم اینکه افزایش شماره نازل افزایش اندازه قطرات پاشش را در پی دارد (۱۴). همچنین، نتایج این تحقیق تایید کننده نتایج لیگلیتر و جانسون (۲۷) است که بیان داشتند میزان پوشش محلول گلایفوسیت پاشیده به وسیله یک نوع نازل بر روی کارت‌های حساس به رطوبت در حجم پاشش ۱۴۰ لیتر در هکتار تقریباً دو برابر حجم پاشش ۹۴ لیتر در هکتار بود. در تحقیقی دیگر نیز که حجم پاشش از طریق تغییر شماره نازل کنترل شده بود مشخص شد که میزان خیس شدن کاغذهای حساس به رطوبت با محلول دایکمبا در حجم پاشش ۱۸۷ لیتر در هکتار به طور معنی‌داری بیشتر از حجم پاشش ۹۴ لیتر در هکتار است (۳۰). با این وجود، نتایج نشان داد که تنها در نازل القاءکننده هوا در هر تعداد از بادبزن (ولی نه در نازل های استاندارد و ضد بادبردگی)، افزایش حجم پاشش از ۲۴۰ به ۳۲۰ لیتر آب در هکتار به طور معنی‌داری سبب کاهش مجدد در مقدار آماره ED_{50} برای سیکلوکسیدیم علیه جودره شد. از این نتایج می‌توان چنین استنباط کرد که در صورت استفاده از نازل‌های القاءکننده هوا در شرایطی که سرعت وزش باد کمتر از ۰/۴ متر بر ثانیه باشد باید از شماره نازل‌های بالاتر (یا حجم پاشش بیشتر) جهت بهره‌مندی از کارایی مناسب سیکلوکسیدیم علیه جودره استفاده کرد. البته این موضوع با وضعیت آب کشور مطابقت ندارد، ولی باید در نظر گرفت که عملکرد این نوع نازل‌ها تحت سرعت وزش باد بالا (بیشتر از ۱/۵ متر بر ثانیه) دچار نقصان نمی‌شود. به عبارتی دیگر، نازل‌های القاءکننده هوا برای پاشش علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف در شرایط وزش باد بالاتر از ۱/۵ متر بر ثانیه، که در چنین شرایط بادی امکان استفاده از نازل‌های استاندارد میسر نیست، طراحی و تولید شده‌اند.

در شکل ۱، ارتباط بین کیفیت قطرک‌سازی نازل‌ها در شماره

های متفاوت و مقدار آماره ED_{50} برای سیکلوکسیدیم علیه جودره ترسیم شده است. از این شکل می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش اندازه قطرات پاشش در هر حجمی از پاشش تأثیر منفی بر کارایی سیکلوکسیدیم علیه جودره داشته است. ولی بر اساس شیب منحنی‌ها می‌توان چنین استنباط کرد که وقتی که از حجم‌های پاشش پایین‌تر برای کاربرد سیکلوکسیدیم علیه جودره استفاده شود، اثرات منفی اندازه قطرات پاشش بزرگتر بیشتر است. به همین دلیل، حجم پاشش بالاتر می‌تواند به عنوان روشی برای بهینه‌سازی مصرف این علف‌کش در نظر گرفته شود. با این وجود، همانطور که در بخش مقدمه اشاره شد، تحقیقات ثابت کرده است که کارایی علف‌کش‌های مختلف در کنترل علف‌های هرز به تغییر حجم پاشش واکنش‌های مختلفی می‌دهد. برای مثال، کارایی گلایفوسیت با افزایش حجم پاشش کاهش می‌یابد (۳۰). به همین دلیل بوده است که همیشه بررسی تأثیر حجم پاشش بر کارایی علف‌کش‌ها ضروری به نظر رسیده و پیگیری شده است.



شکل ۱- همبستگی بین کیفیت قطرک‌سازی نازل‌ها با شماره‌های ۱۱۰۰۲ (منحنی زرد)، ۱۱۰۰۳ (منحنی آبی) و ۱۱۰۰٤ (منحنی قرمز) در فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال و مقدار سیکلوکسیدیم لازم برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک جودره (ED_{50})

اعداد ۱، ۲ و ۳ نشان دهنده تعداد بادبزن هر نازل هستند. انواع نازل‌های استاندارد، ضد بادبردگی و القاء کننده هوا به ترتیب با حروف S، AD و AI نمایش داده شده‌اند.

Figure 1- A correlation between the atomization quality of nozzles with the sizes of 11002 (yellow curve), 11003 (blue curve), and 11004 (red curve) at 300 kPa and the dose required to give a reduction 50% of wild barely day weight

The number of 1, 2, and 3 show the number of orifice of each nozzle. The types of Standard, Anti-Drift, and Air Induction nozzles are showed with the letters of S, AD, AI, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که افزایش تعداد بادبزن نازل سبب بهبود کارایی سیکلوکسیدیم علیه علف‌هرز جودره شد. با این نتیجه به راحتی می‌توان به نقش و تأثیر نازل در جهت

دادن به حرکت قطرات پاشش پی برد. به طوری‌که حرکت عمود بر زمین قطرات پاشش به وسیله نازل یک بادبزنه سبب اتلاف بیشتر آنها در درون منطقه سمپاشی و کاهش کارایی علف‌کش می‌شود. در سرعت وزش باد کمتر از ۰/۴ متر بر ثانیه، عملکرد انواع نازل‌ها بر کارایی سیکلوکسیدیم علیه جودره به صورت استاندارد > ضدبادبردگی > القاءکننده هوا بود. افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۲ به ۱۱۰۰۳ (یا به عبارتی دیگر، افزایش حجم پاشش از ۱۶۰ به ۲۴۰ لیتر آب در هکتار) موجب افزایش کارایی سیکلوکسیدیم علیه جودره شد. افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۳ به ۱۱۰۰۴ (یا به عبارتی دیگر، افزایش حجم پاشش از ۲۴۰ به ۳۲۰ لیتر آب در هکتار) تنها سبب بهبود کارایی علف‌کش پاشیده شده به وسیله نازل القاءکننده هوا شد. بنابراین، می‌توان چنین توصیه کرد که مناسب‌ترین نازل برای کاربرد سیکلوکسیدیم علیه جودره در مرحله چهار برگی در سرعت وزش باد کمتر از ۰/۴ متر بر ثانیه با هدف بهینه‌سازی همزمان مصرف علف‌کش و آب "نازل استاندارد سه بادبزنه ۱۱۰۰۳" (با حجم پاشش ۲۴۰ لیتر آب در هکتار) می‌باشد.

سپاسگزاری

از آقایان Joachim Herfort، Francesca Barbotto و William Rojo به ترتیب مدیران فروش شرکت‌های Agrotop آلمان، ASJ ایتالیا و Magnojet برزیل که علاوه بر نازل‌های مورد آزمایش، نمونه‌ای رایگان از تمامی انواع نازل‌های تولیدی خود را جهت آشنایی دانشجویان و پژوهش در اختیارمان قرار دادند تشکر و قدردانی می‌کنیم. همچنین، نویسندگان قدردان کمک‌های بانوان صفورا سادات دولتخواه و فرنگیس نرگسی به ترتیب در زمان کاشت و برداشت گیاهان هستند.

منابع

1- 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(2): 299-306. (In Persian with English abstract)
2- Aliverdi A., and Ahmadvand G. 2018. The effect of nozzle type on clodinafop-propargyl potency against winter wild oat. Crop Protection 114: 113-119.
3- 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.
4- Anonymous. 2019. Magnojet, Catalogue. http://www.magnojet.com.br/area_restrita
5- Anonymous. 2019. Agrotop, Catalogue. https://www.agrotop.com/Katalog_109E/mobile/index.html
6- Anonymous. 2019. ASJ, Catalogue. http://www.asjnozzle.it/index.php/en/downloads/category/catalogues.
7- ASAE. 2009. Spray nozzle classification by droplet spectra. The American Society of Agricultural Engineers, S572.1, 4 p.
8- Baghestani M.A., Zand E., Soufizadeh S., Jamali M., and Maighany F. 2007. Evaluation of sulfosulfuron for broadleaved and grass weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. Crop Protection, 26(9): 1385-1389.
9- Baghestani Maybodi M.A., Sayedipour H., Zand E., Minbashi-moeini M., Maighani F., and Lashkari A. 2009. Integrated management of wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch) in wheat field under stale seedbed condition. Journal of Agroecology 1(1): 81-89. (In Persian with English abstract)
10- 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.
11- Castro M.J.L., Ojeda C., and Cirelli A.F. 2014. Advances in surfactants for agrochemicals. Environmental Chemistry Letters 12(1): 85–95.
12- 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.
13- Doll D.A., Sojka P.E., and Hallett S.G. 2005. Effect of nozzle type and pressure on the efficacy of spray applications of the bioherbicidal fungus *Microsphaeropsis amaranthi*. Weed Technology 19(4): 918-923.
14- Etheridge R.E., Hart W.E., Hayes R.M., and Mueller T.C. 2001. Effect of venturi-type nozzles and application volume on post emergence herbicide efficacy. Weed Technology 15(1): 75-80.
15- Feng P.C.C., Chiu T., Sammons R.D., and Ryerse J.S. 2003. Droplet size affects glyphosate retention, absorption, and translocation in corn. Weed Science 51(3): 443-448.
16- Ferguson J.C., Chechettob R.G., Adkinsb S.W., Hewittb A.J., Chauhand B.S., Krugere G.R., and O'Donnell C.C. 2018. Effect of spray droplet size on herbicide efficacy on four winter annual grasses. Crop Protection 112: 118-124.
17- Ferguson J.C., Hewitt A.J., and O'Donnell C.C. 2016. Pressure, droplet size classification, and nozzle arrangement

effects on coverage and droplet number density using air-inclusion dual fan nozzles for pesticide applications. Crop Protection 89: 231-238.
18- Gauvrit C., and Lamrani T. 2008. Influence of application volume on the efficacy of clodinafop-propargyl and fenoxaprop-P-ethyl on oats. Weed Research 48(1): 78-84.
19- Guoxiong C., Tamar K., Fahima T., Zhang F., and Koral A.B. 2004. Differential patterns of germination and desiccation tolerance of mesic and xeric wild barley (*Hordeum spontaneum*) in Israel. Journal of Arid Environments 56(1): 95-105.
20- Hamidi R., and Mazaheri D. 2012. Winter wheat growth and yield influenced by wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch) competition. Journal of Agricultural Science 4(8): 190-198.
21- Hamidi R., Mazaheri D., Rahimian H., Alizadeh H.M., Ghadiri H., and Zeinaly H. 2006. Inhibitory effects of wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.) residues on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and its own plant. Biaban Journal 11(1): 35-43.
22- Hosseini S.A., Rashed Mohassel M.H., Spliid N.H., Mathiassen S.K., and Kudsk P. 2011. Response of wild barley (*Hordeum spontaneum*) and winter wheat (*Triticum aestivum*) to sulfosulfuron: The role of degradation. Weed Biology and Management 11(2): 64-71.
23- Izadi-Darbandi E., and Aliverdi A. 2015. Optimizing sulfosulfuron and sulfosulfuron plus metsulfuron-methyl activity when tank-mixed with vegetable oil to control wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.). Journal of Agricultural Science and Technology 17(7): 1769-1780.
24- Jamali M., and Jokar L. 2010. The effect of crop rotation on wild barely control in wheat fields of Fars province. Journal of Plant Protection 24(1): 99-107. (In Persian with English abstract)
25- Jensen P.K. 2012. Increasing efficacy of graminicides with a forward angled spray. Crop Protection 32: 17-23.
26- Knoche M. 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. Crop Protection 13: 163-178.
27- Legleiter T.R., and Johnson W.G. 2016. Herbicide coverage in narrow row soybean as influenced by spray nozzle design and carrier volume. Crop Protection 83: 1-8.
28- 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.
29- McMullan P.M. 1995. Effect of spray volume, spray pressure and adjuvant volume on efficacy of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl. Crop Protection 14: 549-554.
30- 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.
31- Peng G., Wolf T.M., Byer K.N., and Caldwell B. 2005. Spray retention on green foxtail (*Setaria viridis*) and its effect on weed control efficacy by *Pyricularia setariae*. Weed Technology 19(1): 86-93.
32- Ritz C., Baty F., Streibig J.C., and Gerhard D. 2015. Dose-response analysis using R. PLoS One, 10(12):e0146021.
33- Veisi M., Rahimian Mashhadi H., Alizade H., Minbashi M., and Oveisi M. 2015. Effect of crop protection and herbicides management on weed species distribution in wheat fields. Iranian Journal of Field Crop Sciences 45(4): 521-530. (In Persian with English abstract)
34- Wilson M.F. 2003. Optimising Pesticide Use. John Wiley & Sons Inc., UK.
35- Wolf T.M., Harrison S.K., Hall F.R., and Cooper J. 2000. Optimizing postemergence herbicide deposition and efficacy through application variables in no-till systems. Weed Science 48(6): 761-768.
36- Zand E., Baghestani M.A., Soufizadeh S., Eskandari A., Pourazar R., Veysi M., Mousavi K., and Barjasteh A.R. 2007. Evaluation of some newly registered herbicides for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. Crop Protection 26: 1349-1358.

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No.4, Winter 2019, P. 465-474

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۴۷۴-۴۶۵

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.)

A. Aliverdi[1*]- S. Karami[2]

Received: 26-06-2019
Accepted: 27-11-2019

Introduction: The herbicide application has caused some environmental problems. Therefore, optimal application of herbicides was followed in recent years. For this purpose, it is essential to minimize the exo-drift and/or endo-drift of spray droplets. The amount of exo-drift and/or endo-drift is directly related to the size of spray droplets. By decreasing the size of spray droplets, the exo-drift increases and the endo-drift decreases (34). This intricate issue is a stimulus to develop the types of nozzles in different sizes (color) producing different sizes of spray droplets at different spraying pressures. Such a development in the production of nozzles has caused difficulty and confusion in selecting a suitable type of nozzle (2). On the other hand, the agriculture sector is faced with water crisis in recent years. Considering that water is the most important carrier of herbicides, selecting a suitable spray volume is thus necessary. According to previous studies (26), the efficacy of different herbicides can influence spray volume negatively (30), neutrally (29), or positively (12). So far, the effect of spray volume on the efficacy of cycloxydim against any weed has not been investigated. Also, since the types of triplet flat fan nozzles have been recently developed, no investigation has been done on their performance compared to the types of single and twin flat fan nozzles. The current study aimed to fill this knowledge gap.

Materials and Methods: The seeds of wild barely (*Hordeum spontaneum* Koch.) were treated to germinate. Then, 8 seedlings were planted within each 3-L pot and grown in the Research Greenhouse of Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. At the four-leaf stage, they were treated with 0, 6.25, 12.5, 25, 50, and 100 g cycloxydim ha^{-1} using 3 nozzle types (i.e. Standard, Anti-Drift, and Air Induction), at 3 orifice numbers (i.e. single, twin, and Triplet) and 3 nozzle sizes (i.e. 11002, 11003, and 11004). The treatments were sprayed at a pressure of 300 kPa when the wind speed was less than 0.4 m s^{-1}. The volume of spray created by 11002, 11003, and 11004 nozzle sizes was 160, 240 and 320 L ha^{-1}, respectively. Three weeks after spraying, the dry weight of plants was determined. The date were fitted using a four-parameter log-logistic model to estimate the dose required to achieve 50% wild barley control (ED_{50}).

Results and Discussion: The ED_{50} was significantly affected by the type, size, and orifice number of nozzle. In all types of nozzles (Standard, anti-Drift and Air Induction) and sizes (11002, 11003 and 11004), an increase in orifice number significantly reduced the values of ED_{50} for cycloxydim against wild barely, indicating increased efficiency of herbicide. This can be explained by two reasons. Firstly, with an increase in orifice number in each type of nozzles, the size of spray droplets decreases. Previous studies have proven that there is a negative relationship between the amount of spray droplets deposited on the target surface and the size of spray droplets. Therefore, by decreasing the size of spray droplets, they can be deposited more on the target surface, resulting in an improvement in the foliage-herbicides efficiency. Secondly, increasing the orifice number of nozzle can lead to the penetration of spray droplets into the canopy. Among the nozzles of 11002 in any orifice number, the performance of nozzles was ranked as Standard > Anti-Drift > Air Induction. However, among the nozzles of 11003 or 11004 in any orifice number, the performance of nozzles was as Standard = Anti-Drift > Air Induction. Among all types of nozzles in any orifice number, increasing spray volume from 160 to 240 L ha^{-1} reduced the ED_{50}. However, only in the types of nozzles of Air Induction in any orifice number, increasing spray volume from 240 to 320 L ha^{-1} reduced the ED_{50}.

Conclusion: It can be recommended that the most suitable nozzle for the application of cycloxydim against wild barely at a wind speed of less than 0.4 m s^{-1} with the aim of optimizing simultaneously both the dose of herbicide and the consumption of water is "Triplet Standard Flat Fan Nozzle 11003 " (spray volume= 240 L ha^{1}).

Keywords: Canola, Herbicide, Nozzle, Weed

1 and 2- Assistant Professor and M.Sc. Student of Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: a.aliverdi@basu.ac.ir)