



مقدار آب سمپاشی بهینه برای کاربرد تری فلوسولفورون-متیل علیه تاج خروس ریشه قرمز Optimal spray water volume for application of triflurosulfuron-methyl against redroot pigweed

اکبر علی وردی^{۱*} و نسرین زنده پاک^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱ : تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۸

نوع مقاله: پژوهشی

DOI:10.22092/jsb.2022.357013.1294

۱. علی وردی و ن. زنده پاک. ۱۴۰۰. مقدار آب سمپاشی بهینه برای کاربرد تری فلوسولفورون-متیل علیه تاج خروس ریشه قرمز. چغندر قند، ۳۷(۲): ۲۰۶-۱۹۳

چکیده

انتخاب درست مقدار آب برای تهیه محلول سمپاشی، روشی در جهت بهینه سازی کارایی علف کش شاخ و برگ مصرف است ولی تأثیر آن بر کارایی تری فلوسولفورون-متیل مشخص نیست. از این رو، در آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا در تابستان سال ۱۳۹۶، شش مقدار تری فلوسولفورون-متیل (سافاری) شامل (صفر، ۱/۱۲۵، ۲/۲۵، ۴/۵، ۹ و ۱۸ گرم ماده مؤثره در هکتار) با ۱۰ مقدار آب سمپاشی (۶۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۴۰، ۳۲۰، ۴۰۰، ۴۸۰ و ۶۴۰ لیتر آب در هکتار که به ترتیب با کمک نازل بادبزی استاندارد با شماره های ۱۱۰۰۰۷۵، ۱۱۰۰۰۱، ۱۱۰۰۱۵، ۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۲۵، ۱۱۰۰۳، ۱۱۰۰۴، ۱۱۰۰۵، ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ حاصل شد) روی تاج خروس در مراحل رشدی یک، دو و سه برگه، پاشیده شدند. در آزمایشی مزرعه ای، مقدار ۱۸ گرم تری فلوسولفورون-متیل در هکتار با ۱۰ مقدار آب سمپاشی مذکور در مرحله رشدی دو الی سه برگ تاج خروس پاشیده شد. در مرحله یک برگه، کمترین و بیشترین مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی (ED_{50}) با شماره نازل های ۱۱۰۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب برابر ۲/۵۱ و ۱۵/۳۱ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. در مرحله دو برگه، کمترین و بیشترین مقدار (ED_{50}) با شماره نازل های ۱۱۰۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب برابر ۲/۹۸ و ۱۲/۱۶ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. در مرحله سه برگه، کمترین مقدار (ED_{50}) با شماره نازل های ۱۱۰۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۱ به ترتیب برابر ۳/۸۶ و ۳/۳۷ گرم ماده مؤثره در هکتار حاصل شد. ولی بیشترین مقدار آن با شماره نازل های ۱۱۰۰۴، ۱۱۰۰۵، ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب برابر ۸/۵۱، ۸/۷۰، ۹/۶۲ و ۹/۵۴ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. در کل، نتایج آزمایش مزرعه ای مشابه آزمایش گلخانه ای بود و ثابت کرد که برای کنترل بهتر تاج خروس با تری فلوسولفورون-متیل به مقدار آب سمپاشی کمتری نیاز است، یعنی هر چقدر قطرات پاشش ریزتر و غلیظتر بودند، کارایی تری فلوسولفورون-متیل علیه تاج خروس بیشتر بود.

واژه های کلیدی: چغندر قند، حجم پاشش، علف کش، علف هرز



مقدمه

چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) گیاهی دو ساله از خانواده اسفناجیان است که به صورت گیاهی یکساله جهت استحصال شکر کشت می‌گردد. در سال ۲۰۱۹، تقریباً ۴/۶ میلیون هکتار از اراضی جهان کشت چغندر قند شد در این سال بیش از ۲۷۹ میلیون تن ریشه چغندر قند به دست آمد. سهم ایران در همین سال، به زیر کشت بردن تقریباً ۷۹ هزار هکتار بود و بیش از ۵/۳ میلیون تن ریشه چغندر قند برداشت شد (FAO 2021). چغندر قند از جمله گیاهان زراعی است که بیشترین خسارت را از وجود علف‌های هرز بخصوص علف‌های هرز پهن‌برگ می‌بیند. به دلیل داشتن رشد رویشی روزتی شکل، چغندر قند رقیب بسیار ضعیفی در برابر علف‌های هرزی برای کسب منابع (نور، آب و مواد غذایی) محسوب می‌شود. به همین دلیل، طول دوره‌ای از چرخه رشد چغندر قند که برای جلوگیری از کاهش اقتصادی عملکرد بایستی عاری از علف‌های هرز نگه‌داشته شود، بسیار طولانی و بیش از ۸۰ روز است که از روز پنجم پس از کاشت شروع می‌شود (Aliverdi and Karami 2020). تحقیقات نشان داده است که وقتی چغندر قند و علف‌های هرز تا ۳۰ روز پس از سبز شدن چغندر قند، به همراه هم رشد کرده باشند، عملکرد ریشه چغندر قند تا ۴۵ درصد کاهش می‌یابد. به عبارتی دیگر، به ازای هر روز تأخیر در کنترل علف‌های هرز، افت ۱/۵ درصدی در عملکرد ریشه چغندر قند قابل انتظار است (Soroka and Gadzhieva 2006). اکثر علف‌های هرز سمج مزارع چغندر قند کشور را گونه‌های پهن‌برگ تشکیل می‌دهد. تاکنون، در مزارع چغندر قند کشور ۲۲ گونه علف هرز پهن‌برگ و شش گونه علف‌هرز باریک‌برگ مشاهده و گزارش شده است (Zand et al. 2019). در این بین، علف‌هرز پهن‌برگ، یکساله و تابستانه تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) که از این به بعد تاج‌خروس نامیده می‌شود، به عنوان مهم‌ترین علف هرز مزارع چغندر قند کشور مطرح و معرفی شده

است. محقق دیگری گزارش کرده است که حضور ۱۶ بوته از تاج‌خروس در مترمربع از ۱۰ روز پس از سبز شدن چغندر قند تا انتهای فصل رشد چغندر قند می‌تواند سبب کاهش ۲۴ درصدی در عملکرد ریشه این گیاه زراعی شود. همچنین، ایشان گزارش کرده است که خسارت اقتصادی تاج‌خروس روی چغندر قند زمانی شروع می‌شود که چهار بوته تاج‌خروس در مترمربع حضور داشته باشد (Mirshekari 2011).

روش شیمیایی کنترل علف‌های هرز همیشه به عنوان مهم‌ترین روش کنترل علف‌های هرز در مزارع چغندر قند شناخته شده است زیرا کاربرد این روش آسان، مؤثر و مقرون به صرفه است. تاکنون، هفت پهن‌برگ‌کش برای کاربرد بر روی شاخ و برگ علف‌های هرز در مزارع چغندر قند کشور به ثبت رسیده است که عبارتند از تری فلو سولفورون (بازدارنده فعالیت آنزیم استولاکتات سینتاز در مسیر بیوسنتز اسیدهای آمینه والین، لوسین و ایزولوسین)، کلریدازون، متامیترون، فن‌مدیفام، دس‌مدیفام (بازدارنده فتوسنتز در فتوسیستم II)، اتوفومیست (بازدارنده فعالیت آنزیم الونگاز در مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب زنجیره بلند) و کلویپراید (شبه اکسین). به جز متامیترون که باید پیش از سبز شدن چغندر قند به کار برده شود، سایر علف‌کش‌ها باید پس از سبز شدن چغندر قند به کار برده شوند (Zand et al. 2019).

به استثنای علف‌کش‌هایی که به صورت گرانوله فرموله می‌شوند، سایر علف‌کش‌ها را باید پس از رقیق کردن در آب مخزن سم‌پاش به کار برد. در این بین، کارایی علف‌کش‌های پس رویشی شاخ و برگ، مصرف می‌تواند تحت تأثیر مقدار آب سم‌پاشی (حجم پاشش) قرار گیرد (Knoche 1994). لذا، با توجه به آثار زیست محیطی ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها و نیز رویارویی کشاورمان با معضل کم‌آبی، انتخاب مقدار آب سم‌پاشی بهینه می‌تواند به عنوان یک روش بسیار ساده، کم‌هزینه و در دسترس برای بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌ها و نیز صرفه‌جویی در مصرف آب مطرح باشد. با مرور منابع علمی گذشته، واکنش متفاوت

برای مثال، کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل در کنترل سورگوم داوطلب (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) تحت تأثیر مقدار آب سمپاشی قرار می‌گیرد ولی در کنترل دم‌روبه‌ی زرد (*Setaria lutescens* (Weigel) Hubbard) تحت تأثیر مقدار آب سمپاشی قرار نمی‌گیرد (Buhler and Burnside 1984). دو روش برای تنظیم مقدار آب سمپاشی در مزرعه وجود دارد: (۱) تغییر سرعت حرکت سمپاش و (۲) تغییر شماره نازل. در صورتی که به منظور کسب کارایی بهینه از یک علف‌کش نیاز به کاربرد آن با مقدار آب بسیار پایین یا بسیار بالا باشد، اجرای روش اول دچار مشکل خواهد شد. به همین دلیل، روش تغییر شماره نازل (روش دوم) همواره روشی قابل اجرا و راحت می‌باشد (Knoche 1994).

تاکنون، تأثیر مقدار آب سمپاشی بر کارایی تری-فلوسولفورون-متیل علیه علف‌های هرز مورد بررسی قرار نگرفته است. از اینرو، این آزمایش قصد داشت تا با تمرکز بر مهم‌ترین علف‌هرز مزارع چغندر قند، تاج خروس ریشه قرمز، بررسی کاملی را انجام دهد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌گلدانی

این آزمایش در محوطه گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا همدان در اوایل تابستان ۱۳۹۶ اجرا و به‌صورت فاکتوریل ($3 \times 10 \times 6$) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: شش مقدار از علف‌کش تری‌فلوسولفورون-متیل که با ۱۰ مقدار آب سمپاشی، در سه مرحله رشدی مختلف تاج‌خروس پاشیده شد. شش مقدار تری‌فلوسولفورون-متیل (سافاری؛ فرمولاسیون معلقه خشک ۵۰ درصد) شامل مقادیر: صفر، ۱/۱۲۵، ۲/۲۵، ۴/۵، ۹ و ۱۸ گرم ماده مؤثره در هکتار بود. طبق برجسب، مقدار ۱۸ گرم ماده مؤثره در هکتار برابر مقدار توصیه شده بود. مقدارهای آب سمپاشی شامل مقادیر: ۸۰،

علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف، به مقدار آب سمپاشی به اثبات رسیده است. به‌طوری که در برخی منابع علمی، کاهش مقدار آب سمپاشی سبب افزایش کارایی علف‌کش‌های شاخ و برگ، مصرف گلایفوسیت (Meyer et al. 2016)، آسی‌فلورفن (Shaw et al. 2000)، فورام‌سولفورون + بنتازون + توفوردی (Lesnik et al. 2012)، سیتوکسیدیم (McMullan 1995)، ایمازاپیک، ایمازتاپیر (Grichar and Dotray 2015)، کلودینافوپ پروپازریل (Gauvrit and Lamrani 2008)، کلوپیرالید (Aliverdi and Karami 2020) و هالوکسی فوپ-آر-متیل (Aliverdi and Borghei 2021) شده است. در برخی منابع علمی، افزایش مقدار آب سمپاشی سبب افزایش کارایی علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف بروماکسینیل، اکسی‌فلورفن (Schumacher and Hatterman-Valenti 2007)، نیکوسولفورون (Brown et al. 2007)، کوپزالفوپ-پی-اتیل، فومسافن (Sikkema et al. 2008)، کارفن‌ترازون (Ramsdale and Messersmith 2001)، ایمازپیر (Patten et al. 2002)، دایکامبا (Butts et al. 2018)، توفوردی (Creech et al. 2015)، سیکلوکسیدیم (Aliverdi and Karami 2019) و پاراکوات (Aliverdi and Sharifi 2020) شده است. با این حال، در برخی منابع علمی، به‌عدم وجود رابطه بین مقدار آب سمپاشی و کارایی برخی از علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف پی برده شده است. برای مثال می‌توان از لاکتوفن (Berger et al. 2014)، آیوکسینیل + دیکلروپروپ + ام‌سی‌پی (Skuterud et al. 1998)، بنتازون (Ferreira et al. 1998)، ایمازاموکس (Ramsdale and Messersmith 2001)، گلفوسینات‌آمونوم (Gauvrit et al. 2002)، فنوکسپروپ-پی-اتیل (Nelson et al. 2002)، کلرانسولام-متیل (Sikkema et al. 2008) and Lamrani 2008)، ریم‌سولفورون (Green 1996)، فلوازیفوپ-پی-بوتیل (Creech et al. 2015) نام برد. گاهی نیز رابطه بین مقدار آب سمپاشی و کارایی علف‌کش به گونه گیاهی وابسته بوده است.

کرده است. بر این اساس، به منظور ایجاد سه مرحله رشدی در تاج خروس، عملیات کاشت در سه مرحله با فاصله زمانی یک هفته‌ای از یکدیگر انجام گرفت تا در روز سمپاشی سه مرحله رشدی مختلف از تاج خروس تحت عناوین مراحل رشدی یک، دو و سه برگ حقیقی حاصل شود. قبل از کاشت، بذرهاى تاج خروس در محیط آزمایشگاه به مدت شش ساعت در آب مقطر، غوطه‌ور نگه‌داری شد (Wang et al. 2017). سپس، تعداد تقریباً ۲۵ بذر تاج خروس در درون گلدان‌های دو لیتری پلاستیکی قهوه‌ای رنگ با مقطع مربعی در عمق نیم سانتی متری خاک کاشته شد. خاک مورد استفاده در تهیه بستر به ترتیب دارای نسبت چهار:یک:یک از خاک: ماسه بادی: کود دامی بود. گلدان‌ها تحت شرایط هوای آزاد قرار گرفتند و تا زمان سبز شدن گیاهچه‌ها، حداقل دو دفعه در روز سطح خاک گلدان‌ها مرطوب شد، سپس، گیاهان برحسب نیاز به صورت یکنواخت و برابر آبیاری شدند. طی دو مرحله، تراکم گیاهان به شش بوته در هر گلدان کاهش داده شد. تیمارها به وسیله سمپاش پشتی کمپرسوری (مدل سولو ۴۶۱، آلمان) تحت فشار سه بار در شرایط هوای آزاد (دمای هوای ۱۷ الی ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲۸ الی ۳۲ درصد) اعمال شدند.

۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۴۰، ۳۲۰، ۴۰۰، ۴۸۰ و ۶۴۰ لیتر آب در هکتار که به ترتیب با استفاده از نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های ۱۱۰۰۷۵ به رنگ صورتی (محصول شرکت Hardi دانمارک)، ۱۱۰۰۱ نارنجی (محصول شرکت ASJ ایتالیا)، ۱۱۰۰۱۵ سبز، ۱۱۰۰۲ زرد، ۱۱۰۰۲۵ بنفش، ۱۱۰۰۳ آبی، ۱۱۰۰۴ قرمز، ۱۱۰۰۵ قهوه‌ای، ۱۱۰۰۶ طوسی و ۱۱۰۰۸ سفیدرنگ (محصولات شرکت Agrotop آلمان) حاصل شد (شکل ۱). براساس کتابچه راهنمای این نازل‌ها، در فشار سه بار، کیفیت قطرکسازى نازل بادبزی استاندارد برای شماره‌های ۱۱۰۰۷۵، ۱۱۰۰۱ و ۱۱۰۰۱۵ به صورت «بسیار ریز» با قطر قطرات بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر، برای شماره‌های ۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۲۵، ۱۱۰۰۳، ۱۱۰۰۴ و ۱۱۰۰۵ و ۱۱۰۰۵ به صورت «ریز» با قطر قطرات بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرومتر و برای شماره‌های ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ به صورت «متوسط» با قطر قطرات، بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر است (Hardi. 2021; Agrotop 2021; ASJ 2021). به محلول پاشش هر تیمار مقدار دو در هزار مویان غیریونی (رست؛ فرمولاسیون آلکیل آریل پلی‌گلیکول اتر ۱۰۰ درصد، آریا شیمی، ایران) اضافه شد. شرکت تولیدکننده بهترین زمان مصرف تری-فلوئورون-متیل را مرحله دو برگی علف‌های هرز توصیه



شکل ۱ نازل‌های بادبزی استاندارد ۱۱۰ درجه‌ای مورد استفاده (نازل شماره ۱۱۰۰۷۵ (صورتی)، نازل شماره ۱۱۰۰۱ (نارنجی)). در فشار ۳ بار، قطر قطرات برای شماره نازل‌های ۱۱۰۰۷۵ الی ۱۱۰۰۱۵ (سبز) بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر، برای شماره نازل‌های ۱۱۰۰۲ (زرد) الی ۱۱۰۰۵ (قهوه‌ای) بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرومتر و برای شماره نازل‌های ۱۱۰۰۶ (طوسی) و ۱۱۰۰۸ (سفید) بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر

آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. داده‌های به دست آمده تقسیم بر شش (تعداد بوته در هر گلدان) شدند. سپس، نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی

پس از گذشت ۱۰ روز از سمپاشی، اندام‌های هوایی درون گلدان‌ها از سطح خاک برداشت و بلافاصله وزن تر اندام‌هوایی توزین و سپس، وزن خشک آنها پس از قراردادن در

آزمایش مزرعه‌ای

این آزمایش در مزرعه آموزشی دانشگاه بوعلی سینا همدان در اوایل تابستان ۱۳۹۶ اجرا شد. در ابتدا، زمین محل آزمایش شخم زده شد. اگرچه زمین مزرعه از قبل دارای بانک بذر تاج‌خروس بود، ولی به منظور ایجاد تراکم مناسب و یکنواخت، به‌طور مصنوعی و یکنواخت، مقداری بذر تاج‌خروس که از قبل تیمار شده بودند در سطح خاک شخم‌خورده توزیع شد. به‌منظور تیمار بذرها، ابتدا آنها در آب مقطر به مدت شش ساعت نگاه‌داری و سپس سطح بذرها به‌طور مختصر در سایه خشکانده شد. در نهایت، ضمن خرد کردن کلوخه‌ها، بذرها نیز تا حدودی در لایه سطحی خاک دفن شدند. زمانی که بوته‌های تاج‌خروس در مرحله دو الی سه برگ حقیقی بودند، بعد از کرت و بلوک‌بندی اقدام به اعمال تیمارها در اوایل صبح به‌وسیله سم‌اش پستی کمپرسوری (مدل سولو ۴۶۱، آلمان) تحت فشار سه بار گردید. ابعاد هر کرت دو متر مربع بود و بین کرت‌ها یک متر فاصله در نظر گرفته شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل کاربرد مقدار ۱۸ گرم تری‌فلوسولفورون-متیل در هکتار که مقدار توصیه شده طبق برچسب است با ده مقدار آب سمپاشی بود که در مرحله رشدی دو الی سه برگ حقیقی تاج‌خروس پاشیده شد. همانند آزمایش گلخانه‌ای، ۱۰ مقدار آب سم‌پاشی شامل ۶۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۴۰، ۳۲۰، ۴۰۰، ۴۸۰ و ۶۴۰ لیتر آب در هکتار بود که به‌ترتیب با استفاده از نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های ۱۱۰۰۷۵، ۱۱۰۰۱، ۱۱۰۰۱۵، ۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۲۵، ۱۱۰۰۳، ۱۱۰۰۴ و ۱۱۰۰۵، ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ تنظیم شده بود. به محلول پاشش هر تیمار مقدار دو در هزار مویان غیریونی (رست؛ فرمولاسیون آلکیل آریل پلی‌گلیکول اتر ۱۰۰ درصد، آریا شیمی، ایران) اضافه شد. با ایجاد دیوارهای پارچه‌ای به دور کرت، از بادبردگی قطرات پاشش به کرت‌های همجوار جلوگیری به عمل

تاج‌خروس برحسب تک بوته محاسبه و در تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. لازم به‌ذکر است که نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی نمایانگر میزان خشکیدگی (Dehydration) یا به‌طور عامیانه میزان گیاه سوزی اندام‌های هوایی علف‌هرز در برابر کاربرد علف‌کش است. وقتی مقدار این نسبت برابر یک باشد، نشان دهنده آن است که تمام اندام‌های هوایی به‌طور کامل خشک شده است (گیاه سوزی کامل). مقادیر بالاتر در این نسبت نشان دهنده فعالیت کمتر علف‌کش و نتیجتاً خشکیدگی کمتر است (Rytwo and Tropp 2001).

پاسخ نسبت وزن‌های تر به خشک اندام‌های هوایی تاج‌خروس به تیمارها با روش تجزیه و تحلیل رگرسیون غیرخطی با کمک مدل چهار پارامتری لجستیک (رابطه ۱) و با استفاده از نرم‌افزار R تخمین زده شد (Ritz et al. 2015). آزمون عدم‌برازش (p-value > ۰/۰۵) نشان داد که این مدل برازش مناسبی روی داده‌ها فراهم کرده است. هم‌چنین، با بررسی نمودار باقی‌مانده‌ها در محیط نرم‌افزار، توزیع مستقل، تصادفی و یکنواخت آنها محرز گردید.

$$Y = \frac{C + (D - C)}{\{1 + \exp[b(\log X - \log ED_{50})]\}} \quad (1)$$

در این معادله، Y بیان‌گر نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی تاج‌خروس، پارامترهای D و C به‌ترتیب حدود مجانب بالا و پایین نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی تاج‌خروس در مقادیر صفر و بی‌نهایت تری‌فلوسولفورون-متیل، پارامتر ED₅₀ بیان‌گر مقدار تری‌فلوسولفورون-متیل لازم (X) برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی تاج‌خروس بین حدود مجانب بالا و پایین (D و C) است و پارامتر b متناسب با شیب منحنی در محدوده‌ی پارامتر ED₅₀ می‌باشد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزارهای R و Excel استفاده شد.

سمپاشی کارایی تری‌فلوسولفورون-متیل علیه تاج‌خروس کاهش یافته است. مقادیر تری‌فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه‌سوزی ۵۰ درصدی سنین مختلف تاج‌خروس به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های مزبور و سایر شماره‌های مورد استفاده در این آزمایش در شکل ۳ نمایش داده شده است. در مرحله یک برگی، کمترین و بیشترین مقدار تری‌فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه‌سوزی ۵۰ درصدی در تیمارهای پاشش با شماره نازل‌های ۱۱۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب به میزان ۲/۵۱ و ۱۵/۳۱ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. اگرچه بیشترین مقدار مصرف تری‌فلوسولفورون-متیل برای گیاه‌سوزی ۵۰ درصد با نازل شماره ۱۱۰۰۸ به دست آمد ولی به لحاظ آماری بین این نازل و نازل شماره ۱۱۰۰۶ در مقدار مصرف علف‌کش تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳). در مرحله دو برگی، کمترین مقدار تری‌فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه‌سوزی ۵۰ درصدی در تیمار پاشش با شماره نازل ۱۱۰۰۷۵ به میزان ۲/۹۸ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. ولی بیشترین مقدار آن نیز در تیمار پاشش با شماره نازل ۱۱۰۰۶ به میزان ۱۲/۷ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد که با نازل شماره ۱۱۰۰۸ در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۳). در مرحله سه برگی، بدون وجود اختلاف آماری معنی‌دار، کمترین مقدار تری‌فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه‌سوزی ۵۰ درصدی در تیمارهای پاشش با شماره نازل‌های ۱۱۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۱ به ترتیب به میزان ۳/۸۶ و ۳/۳۷ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد. ولی بیشترین مقدار آن نیز بدون وجود اختلاف آماری معنی‌دار، در تیمارهای پاشش با شماره نازل‌های ۱۱۰۰۴، ۱۱۰۰۵، ۱۱۰۰۶ و ۱۱۰۰۸ به ترتیب به میزان ۸/۵۱، ۸/۷۰، ۹/۶۲ و ۹/۵۴ گرم ماده مؤثره در هکتار به دست آمد (شکل ۳).

محققان قبلی میزان کنترل علف‌های هرز باریک برگ یک‌ساله و پهن برگ رایج در مزارع بادام زمینی در جنوب تگزاس به وسیله دو علف‌کش ایمازاپیک و ایمازاتاپیر به همراه مقادیر

آمد. یک کرت نیز به‌عنوان شاهد بدون کاربرد علف‌کش در نظر گرفته شد.

پس از گذشت ۱۰ روز از زمان سمپاشی، صرفاً بوته‌های تاج‌خروس داخل یک کوادرات یک مترمربعی شمارش و از سطح خاک برداشت و بلافاصله، وزن تر آنها توزین شد. سپس، نمونه‌ها درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و به مدت دو روز در درون آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و در نهایت، وزن خشک آنها توزین شد. لازم به ذکر است که در مزرعه محل آزمایش بوته‌های تاج‌خروس در تراکم و یکنواختی کافی رویش یافتند، ولی تراکم و یکنواختی سایر گونه‌ها به اندازه کافی ایجاد نشد. به همین دلیل، از نمونه‌گیری از سایر گونه‌ها صرف نظر شد. همانند آزمایش گلخانه‌ای، ابتدا داده‌های به دست آمده از هر کرت تقسیم بر تعداد بوته‌های تاج‌خروس درون کوادرات شد. سپس، نسبت وزن تر به وزن خشک اندام‌های هوایی تاج‌خروس برحسب تک بوته محاسبه و تحت عنوان میزان گیاه‌سوزی اندام‌های هوایی تاج‌خروس در برابر کاربرد تری‌فلوسولفورون-متیل به وسیله نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

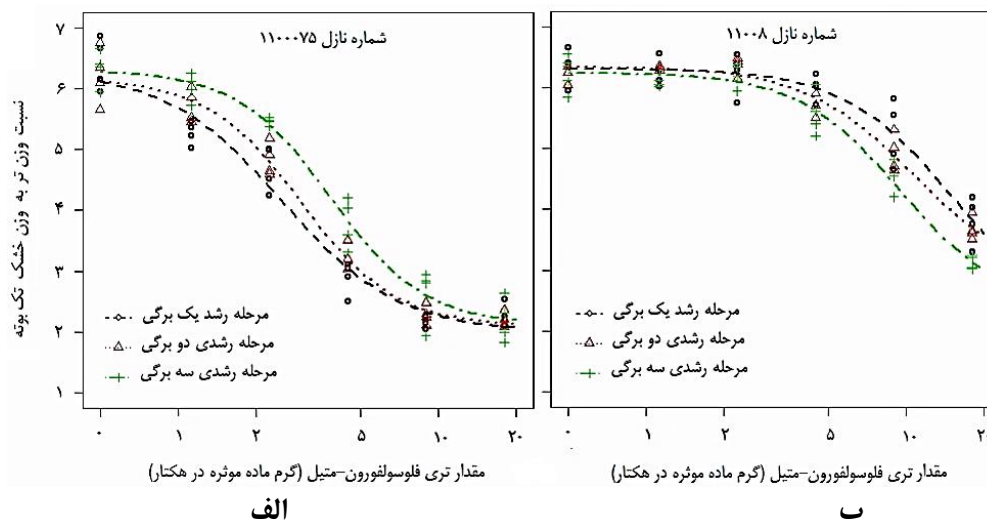
منحنی‌های دُز-پاسخ نسبت وزن تر به وزن خشک تاج‌خروس به مقدار تری‌فلوسولفورون-متیل پاشیده شده به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های ۱۱۰۰۷۵ و ۱۱۰۰۸ در شکل ۲ نمایش داده شده است. این دو شماره نازل به ترتیب کمترین و بیشترین میزان آب سمپاشی را در آزمایش فراهم ساخته بودند. براساس شکل ۲، اولین نتیجه‌گیری این است که با افزایش شماره نازل منحنی‌های دُز-پاسخ به سمت راست تمایل پیدا کرده است. این نشان می‌دهد که با افزایش مقدار آب

قطرات پاشش کوچکتر بیشتری را تولید می‌کند. در مطالعه‌ای گزارش شده است که با افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۳ به ۱۱۰۰۵ مقدار متوسط قطر قطرات پاشش به میزان هشت درصد افزایش می‌یابد (Creech 2015). همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در فشار ۳ بار، قطر قطرات برای شماره نازل ۱۱۰۰۰۷۵ بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر و برای شماره نازل ۱۱۰۰۸ بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر است. قطرات ریزتر در مقایسه با قطرات درشت‌تر می‌توانند روی سطح برگ به تعداد بیشتر و با توزیع بهتر نشست کنند؛ اگرچه همزمان میزان فرار پاشش نیز افزایش می‌یابد. لذا، این امر می‌تواند منجر به جذب بیشتر علف‌کش در واحد زمان و در نتیجه کارایی بیشتر علف‌کش شود (Chandrasena and Sagar 1989). دوم اینکه در حالتی که مقدار آب سمپاشی کمتر است؛ در واقع، غلظت علف‌کش در محلول پاشش بیشتر است.

در این شرایط، محلول پاشش علف‌کش غلیظ‌تر می‌تواند شیب غلظت شدیدتری را بین قطره و برگ ایجاد کند که سبب نفوذ بیشتر علف‌کش به پیکر علف‌هرز و در نتیجه کارایی بیشتر علف‌کش شود (Richard 1991; Grichar and Dotray 2015). بنابراین، قطرات ریزتر و غلیظ‌تر حاوی تری-فلوسولفورون-متیل در مقایسه با قطرات درشت‌تر و رقیق‌تر سبب کنترل بهتر تاج‌خروس می‌شوند.

براساس شکل ۲، دومین نتیجه‌گیری این است که حساسیت سنین مختلف تاج‌خروس به تری-فلوسولفورون-متیل در مقادیر مختلف آب سمپاشی متفاوت است. به‌طوری که در شماره نازل ۱۱۰۰۰۷۵، حساسیت تاج‌خروس به تری-فلوسولفورون-متیل با افزایش سن کمتر می‌شود ولی در شماره نازل ۱۱۰۰۸، حساسیت تاج‌خروس به تری-فلوسولفورون-متیل با افزایش سن بیشتر می‌شود.

مختلف آب سمپاشی (۴۷، ۷۱، ۹۴، ۱۱۷، ۱۴۰، ۱۶۴ و ۱۸۷ لیتر در هکتار) را مورد بررسی قرار دادند (Grichar and Dotray 2015). یافته‌های آنها نشان داد که کارایی هر دو علف‌کش در کنترل علف‌هرز پنجه مرعی (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) با افزایش مقدار آب سمپاشی کاهش یافت. با این وجود، مقدار آب سمپاشی تأثیری بر میزان کنترل تاج‌خروس دوپایه (*Amaranthus palmeri* S. Wats.) نداشت. در پژوهشی دیگر، میزان کنترل علف‌هرز قیاق (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) به‌وسیله علف‌کش آسولام با افزایش مقدار آب سمپاشی (۴۷، ۹۴، ۱۸۷، ۲۸۱، ۳۷۴ و ۵۶۱ لیتر در هکتار) به‌طور پیوسته کاهش یافت (Richard 1991). در پژوهشی دیگر، میزان کنترل علف‌هرز بیدگیا (*Agropyron repens* (L.) Beauv.) به‌وسیله علف‌کش فلوازیفوپ-بوتیل با افزایش مقدار آب سمپاشی (۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ لیتر در هکتار) به‌طور پیوسته کاهش یافت (Chandrasena and Sagar 1989). نتایج مشابهی در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است. کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت (Ramsdale and Messersmith 2001) و گلوپوسینات آمونیوم (Butts et al. 2018) علیه گونه‌های مختلف علف‌های هرز از جمله تاج‌خروس ریشه قرمز وقتی با ۴۷ لیتر آب سمپاشی در هکتار به کار برده شد، در مقایسه با وقتی که با ۱۹۰ لیتر آب سمپاشی در هکتار به کار رفت، به طور معنی‌داری بیشتر بوده است. همچنین، کارایی علف‌کش سیتوکسیدیم علیه یولاف زراعی داوطلب (*Avena sativa* L.) با افزایش مقدار آب سمپاشی از ۲۵ تا ۱۰۰ لیتر در هکتار کاهش یافت (McMullan 1995). براساس منابع قبلی، دو دلیل برای کارایی بیشتر تری-فلوسولفورون-متیل در مقادیر پایین آب سمپاشی می‌توان بیان کرد. اول اینکه نازلی با سوراخ خروجی ریزتر تعداد



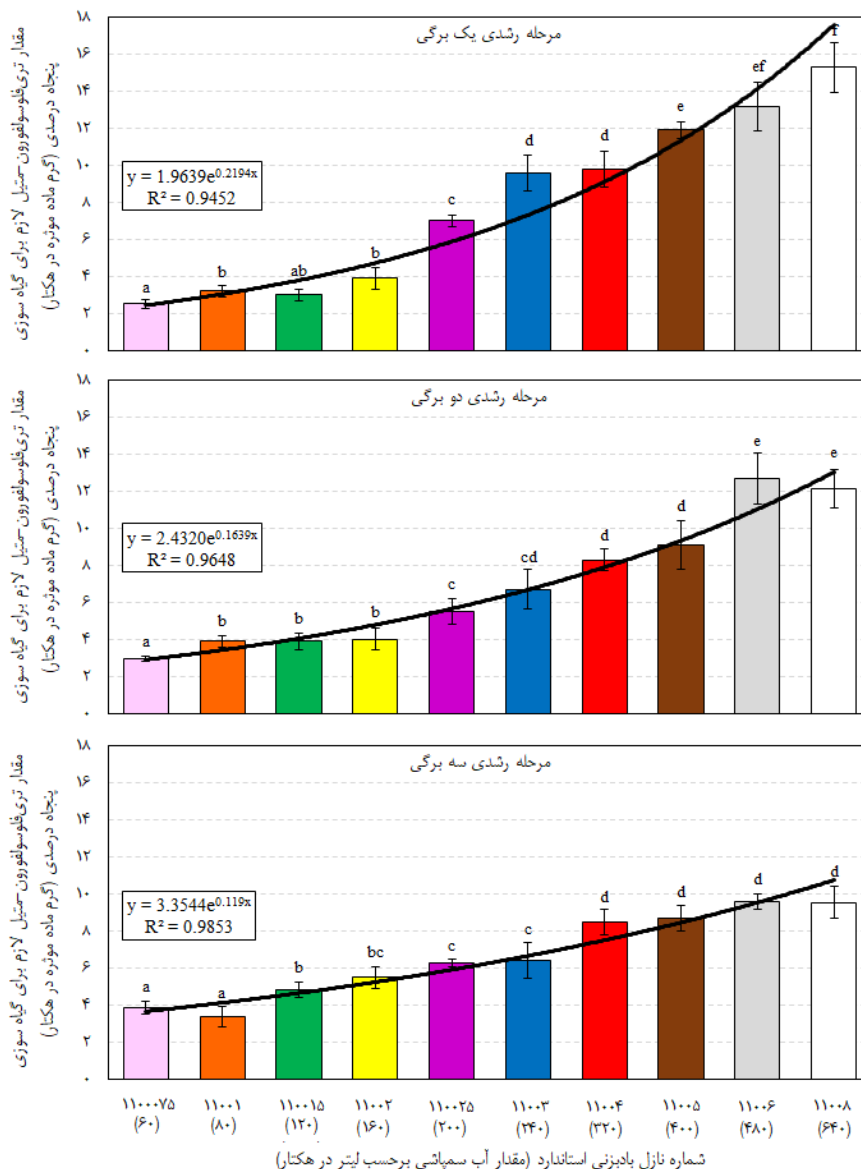
شکل ۲ منحنی‌های دز-پاسخ نسبت وزن تر به وزن خشک تک بوته تاج‌خروس به مقادیر مختلف تری فلوسولفورون-متیل پاشیده شده به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های ۱۱۰۰۷۵ (الف) و ۱۱۰۰۸ (ب)، در مراحل رشدی یک، دو و سه برگگی تاج‌خروس. نازل‌های مزبور به ترتیب دارای خروجی ۶۰ و ۶۴۰ لیتر آب در هکتار بودند.

برای اینکه در شرایط اندازه قطره ریزتر (شماره نازل ۱۱۰۰۷۵)، حساسیت تاج‌خروس به تری فلوسولفورون-متیل با افزایش سن کمتر می‌شود این است که با افزایش سن گیاه ضخامت کوتیکول برگ نیز افزایش می‌یابد. این امر سبب می‌شود خیس‌پذیری سطوح علف‌هرز و نیز نفوذ علف‌کش به پیکر علف‌هرز و در نتیجه کارایی علف‌کش کمتر شود (Šoštarčić et al. 2019). یک علت برای اینکه در شرایط اندازه قطره درشت‌تر (شماره نازل ۱۱۰۰۸)، حساسیت تاج‌خروس به تری فلوسولفورون-متیل با افزایش سن بیشتر می‌شود این است که شانس برخورد قطرات درشت‌تر با سطح هدف کوچکتر بسیار کمتر از قطرات ریزتر است. به عبارتی دیگر، جثه بزرگ‌تر گیاه شانس برخورد قطرات درشت‌تر را افزایش می‌دهد (Berger et al. 2014). آنچه مسلم است هوا در اطراف همه اجسام جریان دارد و برای حرکت در اطراف اجسام و دورزدن آنها، تغییر جهت می‌دهد. در شرایطی که برگ بزرگ است، مسیر تغییر جهت هوا طولانی‌تر و تغییر جهت هوا در آنها بیشتر از برگ ریز است. قطرات ریزتر که اینرسی کمی دارند، مسیر حرکتی را که هوا در اطراف برگ بزرگ طی می‌کند،

نتایج مشابهی به وسیله محققان قبلی گزارش شده است. در شرایط پاشش به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره ۸۰۰۳ که خروجی ۱۷۱ لیتر در هکتار در فشار ۱/۴ بار داشت، با افزایش سن تاج‌خروس دوپایه کارایی علف‌کش لاکتوفن کاهش یافت (Mayo et al. 1995). همچنین، در شرایط پاشش به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره ۸۰۰۲ که خروجی ۱۸۷ لیتر در هکتار در فشار ۲/۷ بار داشت، کارایی لاکتوفن علیه تاج‌خروس معمولی (*Amaranthus rudis* J. D. Sauer) در سنین پایین‌تر بیشتر از سنین بالاتر بود (Hager et al. 2003). با این وجود، نتایج غیرمشابهی به وسیله سایر محققان گزارش شده است به طوری که مقدار آب سمپاشی بر میزان کنترل تاج‌خروس دوپایه ریز جثه (ارتفاع ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) به وسیله علف‌کش لاکتوفن بی‌تأثیر بوده ولی کارایی لاکتوفن علیه تاج‌خروس دوپایه درشت جثه (ارتفاع ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر) با کاهش مقدار آب سمپاشی کاهش یافته است. از این رو، توصیه شده است که کاربرد لاکتوفن برای کنترل بهتر علف‌هرز باید در سنین پایین‌تر انجام شود و در صورتی که علف‌هرز در سنین بالاتر قرار داشته باشد باید مقدار آب سمپاشی را افزایش داد (Berger et al. 2014). یک علت

برگ بزرگ کمتر دچار تغییر می‌شود. از اینرو، در شرایطی که برگ ریز است، احتمال برخورد قطره ریز به برگ کوچک بیشتر است. در مجموع، هنگامی که سطح هدف کوچک است، ارجحیت با قطرات ریز ولی هنگامی که سطح هدف بزرگ است، ارجحیت با قطرات درشت است (Zand et al. 2015).

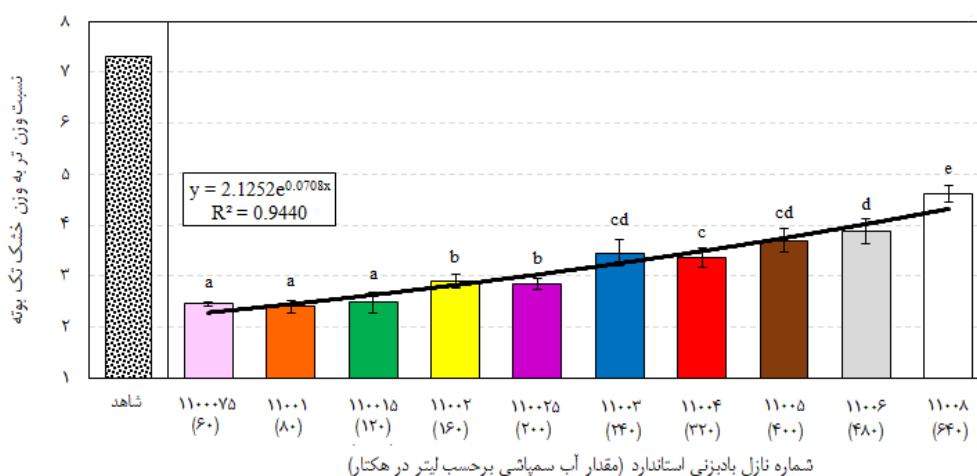
دنبال نموده و به احتمال زیاد به سطح برگ بزرگ برخورد نمی‌کنند (یا کمتر برخورد می‌کند). برعکس، قطرات درشت‌تر که از انرژی کافی برای غلبه بر جریان هوای اطراف برگ بزرگ برخوردارند، به احتمال زیاد به سطح برگ بزرگ برخورد می‌کنند. جریان هوای اطراف برگ کوچک نسبت به جریان هوای اطراف



شکل ۳ تری‌فلوسولفورون-متیل لازم برای گیاه سوزی ۵۰ درصدی سنین مختلف تاج خروس که به وسیله نازل بادبزی استاندارد با شماره‌های مختلف پاشیده شد. (میله‌های روی هر ستون نشان دهنده میزان خطای استاندارد، حروف معنی‌دار براساس میزان آنها روی ستون‌ها، ستون‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد و ستون‌ها مطابق با رنگ نازل‌ها رنگ‌بندی شده است.)

نتایج به دست آمده از آزمایش مزرعه‌ای تاییدکننده نتایج آزمایش گلدانی بود. نسبت وزن تر به وزن خشک تاج خروس تیمار نشده با علف کش برابر با ۷/۳ بود که به طور قابل توجهی با کاربرد تری فلوسولفورون-متیل به همراه مقادیر مختلف آب سمپاشی کاهش یافت (شکل ۴). با افزایش مقدار آب سمپاشی، نسبت وزن تر به وزن خشک تاج خروس افزایش یافت که نشان دهنده کاهش گیاه سوزی تاج خروس به وسیله تری-فلوسولفورون-متیل است. بدون وجود اختلاف معنی داری، کمترین نسبت وزن تر به وزن خشک تاج خروس در تیمارهای پاشش با شماره نازل‌های ۱۱۰۰۰۷۵، ۱۱۰۰۰۱ و ۱۱۰۰۰۱۵ به دست آمد. در حالی که بیشترین نسبت وزن تر به وزن خشک تاج خروس در تیمار پاشش با شماره نازل ۱۱۰۰۰۸ به دست آمد.

بر اساس شکل ۳، سومین نتیجه‌گیری این است که ضمن کاهش کارایی تری فلوسولفورون-متیل علیه تاج خروس با افزایش مقدار آب سمپاشی، اثر نامطلوب افزایش مقدار آب سمپاشی بر کارایی تری فلوسولفورون-متیل با افزایش مرحله رشدی تاج خروس کاهش می‌یابد. به طوری که در مرحله یک برگی، با افزایش مقدار آب سمپاشی از ۶۰ به ۶۴۰ لیتر آب در هکتار، مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای مشاهده کارایی مشابه حدوداً شش برابر افزایش می‌یابد. در مرحله دو برگی، با افزایش مقدار آب سمپاشی از ۶۰ به ۶۴۰ لیتر آب در هکتار مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای مشاهده کارایی مشابه حدوداً چهار برابر افزایش می‌یابد. در مرحله سه برگی، با افزایش مقدار آب سمپاشی از ۶۰ به ۶۴۰ لیتر آب در هکتار مقدار تری فلوسولفورون-متیل لازم برای مشاهده کارایی مشابه حدوداً ۲/۵ برابر افزایش می‌یابد.



شکل ۴ تأثیر کاربرد ۱۸ گرم تری فلوسولفورون-متیل لازم در هکتار با مقادیر مختلف آب سمپاشی بر نسبت وزن تر به خشک تاج خروس (تیمارها در مرحله رشدی دو تا سه برگی تاج خروس اعمال شد. ستون‌های دارای حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت ندارند. ستون‌ها مطابق با رنگ نازل‌ها رنگ‌بندی شده است).

نتیجه‌گیری

کاربرد تری فلوسولفورون-متیل جهت کنترل تاج خروس ریشه قرمز تحت دو شرایط گلدانی و مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. اگرچه در هر دو شرایط نتایج یکسانی دریافت شد، اما اجرای

یکی از روش‌های بهینه‌سازی مصرف علف کش انتخاب مقدار آب سمپاشی است که به راحتی با تغییر شماره نازل امکان پذیر است. از اینرو، در حاضر تلاش شد تا مقدار آب لازم برای

خواهد داشت، بلکه در مصرف آب کشاورزی نیز تا حدودی صرفه‌جویی ایجاد خواهد کرد. تولید نازل در شماره‌های مختلف به‌وسیله تولیدکنندگان امکان تنظیم هر مقدار حجم پاششی در هکتار را میسر ساخته است که در آزمایش حاضر طیفی از شماره‌ها به کار برده شده است. لازم به ذکر است که قطرات ریزتر و غلیظتر تولید شده با شماره نازل‌های کوچک‌تر می‌توانند راحت‌تر در معرض بادبردگی قرار گیرند. لذا، در زمان سم‌پاشی باید دقت شود از بادبردگی آنها با اتخاذ راهکارهای مناسب جلوگیری به عمل آید. برای این منظور، از انواع نازل‌های ضد بادبردگی و القاء کننده هوا می‌توان بهره برد. در شماره نازل خاص، این نوع نازل‌ها تنها اندازه قطرات را بدون اینکه حجم پاشش تغییر کند افزایش می‌دهند. با توجه به منابع قبلی، فاکتور گونه علف هرز نمی‌تواند اثر حجم پاشش بر کارایی علف‌کش را تحت تأثیر قرار دهد. بر این اساس، نتیجه مشاهده شده در پژوهش حاضر (آب کمتر لازم برای پاشش سافاری) را با اطمینان بالا می‌تواند بر روی سایر گونه‌ها نیز مشاهده کرد ولی با این حال لازم است این موضوع بر روی سایر علف‌های هرز مهم مزارع چغندر قند در تحقیقات بعدی مورد بررسی قرار گیرد.

آزمایش در دو شرایط صرفاً به این دلیل بود که شرایط رشدی گیاه در داخل گلدان با شرایط رشدی گیاه در مزرعه تا حدودی متفاوت است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که برای کنترل بهتر تاج‌خروس به‌وسیله تری‌فلوسولفورون-متیل به مقدار آب سم‌پاشی کمتر نیاز است. به عبارتی دیگر، قطرات ریزتر و غلیظتر حاوی تری‌فلوسولفورون-متیل در مقایسه با قطرات درشت‌تر و رقیق‌تر می‌توانند کنترل بهتر تاج‌خروس را رقم بزنند. در شرایط اندازه قطرات ریزتر و غلیظتر، حساسیت تاج‌خروس به تری‌فلوسولفورون-متیل با افزایش سن گیاه کمتر می‌شود ولی در شرایط اندازه قطره درشت‌تر و رقیق‌تر، حساسیت تاج‌خروس به تری‌فلوسولفورون-متیل با افزایش سن گیاه بیشتر می‌شود. از این‌رو، توصیه می‌شود که کاربرد تری‌فلوسولفورون-متیل برای کنترل بهتر تاج‌خروس باید در سنین پایین‌تر انجام شود. همچنین، ثابت شد که اثر نامطلوب افزایش مقدار آب سم‌پاشی بر کارایی تری‌فلوسولفورون-متیل با افزایش مرحله رشدی تاج‌خروس کاهش می‌یابد. کاربرد مقدار توصیه شده تری-فلوسولفورون-متیل به همراه مقدار آب سم‌پاشی کمتر از ۱۰۰ لیتر در هکتار، ضمن اینکه کنترل بهتر علف‌هرز را به همراه

References:

منابع مورد استفاده:

- Agrotop. Catalogue. https://www.agrotop.com/Katalog_109E/mobile/index.html (accessed 20 Oct. 2021)
- Aliverdi A, Karami S. The effect of type and size of single, twin, and triplet flat fan nozzles on the activity of cycloxydim against wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.). Journal of Plant Protection. 2019; 33: 465-474. (In Persian with English abstract)
- Aliverdi A, Karami S. The effect and elimination of the settled soil on jimsonweed's shoot on efficacy of clopiralid. Journal of Sugar Beet. 2020; 36: 107-115. (in Persian, abstract in English)
- Aliverdi A, Borghei SM. The effect of spray pattern and volume on haloxyfop-r-methyl efficacy against wild barley (*Hordeum spontaneum*). Journal of Plant Protection. 2021; 35: 265-278. (in Persian with English abstract)

- Aliverdi A, Sharifi M. Interaction effect between nozzle type and application time of day on the efficacy of paraquat to control velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus.). Journal of Plant Protection. 2020; 34: 113-23. (in Persian with English abstract)
- ASJ. Catalogue. <http://www.asjnozzle.it/index.php/en/downloads/category/catalogues> (accessed 20 Oct. 2021)
- Berger ST, Dobrow MH, Ferrell JA, Webster TM. Influence of carrier volume and nozzle selection on palmer amaranth control. Peanut Science. 2014; 41: 120-123.
- Brown L, Soltani N, Shropshire C, Spieser H, Sikkema PH. Efficacy of four corn (*Zea mays* L.) herbicides when applied with flat fan and air induction nozzles. Weed Biology and Management. 2007; 7: 55-61.
- Buhler DD, Burnside OC. Effect of application factors on postemergence phytotoxicity of fluazifop-butyl, haloxyfop-methyl, and sethoxydim. Weed Science. 1984; 32: 574-583.
- Butts TR, Samples CA, Franca LX, Dodds DM, Reynolds DB, Adams JW, Zollinger RK, Howatt KA, Fritz BK, Clint HW, Kruger GR. Spray droplet size and carrier volume effect on dicamba and glufosinate efficacy. Pest Management Science. 2018; 74: 2020-2029.
- Chandrasena NR, Sagar GR. Fluazifop toxicity to quackgrass (*Agropyron repens*) as influenced by some application factors and site of application. 1989; 37: 790-796.
- Creech CF, Henry RS, Fritz BK, Kruger GR. Influence of herbicide active ingredient, nozzle type, orifice size, spray pressure, and carrier volume rate on spray droplet size characteristics. Weed Technology. 2015; 29: 298-310.
- FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed 20 Oct. 2021)
- Ferreira MC, Machado-Neto JG, Matuo T. Reduction in the rate and spray volume in night-time application of post-emergence herbicides on soybean crop. Planta Daninha, 1998; 16: 25-36.
- Gauvrit C, Lamrani T. Influence of application volume on the efficacy of clodinafop-propargyl and fenoxaprop-P-ethyl on oats. Weed Research. 2008; 48: 78-84.
- Green JM. Interaction of surfactant dose and spray volume on rimsulfuron activity. Weed Technology. 1996; 10: 508-511.
- Grichar WJ, Dotray PA. Influence of spray tip and spray volume on the efficacy of imazapic and imazethapyr on selected weed species. American Journal Experimental Agriculture. 2015; 8: 75-86.
- Hager AG, Wax LM, Bollero GA, Stoller EW. Influence of diphenylether herbicide application rate and timing on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) control in soybean (*Glycine max*). Weed Technology. 2003; 17: 14-20.
- Hardi. Catalogue. <https://myhardi.com.au/index.php/manuals/931-parts-and-components/file> (accessed 20 Oct. 2021)
- Knoche M. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. Crop Protection. 1994; 13: 163-178.
- Lesnik M, Kramberger B, Vajs S. The effects of drift-reducing nozzles on herbicide efficacy and maize (*Zea mays* L.) yield. Zemdirbyste. 2012; 99: 371-378.

- McMullan PM. Effect of spray volume, spray pressure and adjuvant volume on efficacy of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl. *Crop Protection*. 1995; 14: 549-554.
- Mayo CM, Horak MJ, Peterson DE, Boyer JE. Differential control of four *Amaranthus* species by six postemergence herbicides in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*. 1995; 9:141-147.
- Meyer CJ, Norsworthy JK, Kruger GR, Barber TL. Effect of nozzle selection and spray volume on droplet size and efficacy of Engenia tank-mix combinations. *Weed Technology*. 2016; 30: 377-390.
- Mirshekari B. Efficiency of empirical competition models for simulation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield at interference with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *Journal of Sugar Beet*. 2009; 24(2): 73-91. (in Persian, abstract in English)
- Nelson KA, Renner KA, Penner D. Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) control and tuber yield with glyphosate and glufosinate. *Weed Technology*. 2002; 16: 360-365.
- Patten K. Smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) control with imazapyr. *Weed Technology*. 2002; 16: 826-832.
- Ramsdale BK, Messersmith CG. Drift-reducing nozzle effects on herbicide performance. *Weed Technology*. 2001; 15: 453-460.
- Richard EP. Optimizing diluent volume improves Johnson grass control in sugarcane (*Saccharum* sp.) with asulam. 1991; 5: 363-368.
- Ritz C, Baty F, Streibig JC, Gerhard D. Dose-response analysis using R. *PLoS One*. 2015; 10: e0146021.
- Rytwo G, Tropp D. Improved efficiency of a divalent herbicide in the presence of clay, by addition of monovalent organocations. *Applied Clay Science*. 2001; 18: 327-333.
- Schumacher CE, Hatterman-Valenti HM. Effect of dose and spray volume on early-season broadleaved weed control in Allium using herbicides. *Crop Protection*. 2007; 26: 1178-1185.
- Sikkema PH, Brown L, Shropshire C, Spieser H, Soltani N. Flat fan and air induction nozzles affect soybean herbicide efficacy. *Weed Biology and Management*. 2008; 8: 31-38.
- Shaw DR, Morris WH, Webster EP, Smith DB. Effects of spray volume and droplet size on herbicide deposition and common cocklebur (*Xanthium strumarium*) control. *Weed Technology*. 2000; 14: 321-326.
- Skuterud R, Bjugstad N, Tyldum A, Terresen KS. Effect of herbicides applied at different times of the day. *Crop Protection*. 1998; 17: 41-46.
- Šoštarčić V, Collavo A, Masin R, Barić K, Šćepanović M. Barnyard grass shows sensitivity to reduced doses of topramezone at different growth stages. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2019; 21: 486-490.
- Soroka SV, Gadzhieva GJ. State of weed infestation and features of sugar beet protection in Belarus. *Matica Srpska Journal for Natural Sciences*. 2006; 110:165-172.

Wang H, Guo W, Zhang L, Zhao K, Ge L, Lv X, Liu W, Wang J. Multiple resistance to thifensulfuron-methyl and fomesafen in redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) from China. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2017; 77: 311-317.

Zand E, Nezamabadi N, Baghestani MA, Shimi P, Mousavi SK. A guide to chemical control of weeds in Iran. Jihad-e-Daneshgahi Press. Mashhad. 2019. pp. 154. (In Persian)

Zand E, Heidari A, Mousavi SK. Herbicides and their application methods, with the approach of optimizing and reducing consumption. Jihad-e-Daneshgahi Press. Mashhad. 2015. pp 552. (In Persian)