مجله دانش علف‌های‌هرز
دورهٔ ۱۶، شمارهٔ ۱، ۱۳۹۹ (ص ۱۳۳-۱۲۱)

Iranian Journal of Weed Science
Vol 16, No 1, 2020 (121-133)
DOI: 10.22092/IJWS.2020.1601.1334

تاثیر ماده افزودنی میپکوات و حجم پاشش بر اثر نامطلوب گرد و خاک بر کارایی علف‌کش‌های تماسی عمومی روی یولاف‌وحشی زمستانه

اکبر علی‌وردی*[۱]، سمیرا کرمی[۲]، گودرز احمدوند[۳]

۱و۲و۳- به ترتیب استادیار، دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/٤/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۸)

چکیده

نشست گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی علف‌های‌هرز می‌تواند اثر نامطلوبی بر کارایی علف‌کش‌ها داشته باشد و باید به طریقی این اثر برطرف شود. در این پژوهش گلخانه‌ای که در ۱۳۹۷ در دانشگاه بوعلی سینا اجرا شد، واکنش نسبت وزن تر به وزن خشک یولاف‌وحشی زمستانه به شش دز از اکسی‌فلورفن (صفر، ۲۸/۸، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۴۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار)، پاراکوات (صفر، ۳۶، ۷۵، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و گلوفوسینات (صفر، ۶۰، ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) که در حجم‌های پاشش ۲۴۰، ۴۸۰ یا ۲۴۰ لیتر در هکتار به همراه ۵۰ گرم میپکوات در هکتار، تحت شرایط صفر و ۲۰ کیلوگرم گرد و خاک در هکتار، به‌کار رفتند، بررسی شد. در عدم حضور گرد و خاک، افزودن میپکوات به محلول پاششی اکسی‌فلورفن و پاراکوات، تاثیری بر کارایی آن‌ها نداشت ولی افزودن آن به محلول پاششی گلوفوسینات، بر کارایی اثری منفی داشت. در حضور گرد و خاک، افزودن میپکوات به محلول پاششی اکسی‌فلورفن، تاثیر معنی‌داری بر کارایی آن نداشت ولی افزودن آن به محلول پاششی گلوفوسینات، تاثیر منفی شش برابری بر کارایی آن داشت، درحالی‌که افزودن میپکوات به محلول پاششی پاراکوات، تاثیر مثبت بر کارایی پاراکوات داشت و سبب افزایش ۶۲/۰۷ درصدی در کارایی آن شد. در شرایط حضور یا عدم حضور گرد و خاک، افزایش حجم پاشش از ۲۴۰ به ۴۸۰ لیتر در هکتار، سبب بهبود کارایی همه علف‌کش‌ها در خشکاندن اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه شد.

کلمات کلیدی: اکسی‌فلورفن، پاراکوات، گلوفوسینات، یولاف‌وحشی زمستانه.

The Effect of mepiquat adjuvant and spray volume on the adverse effect of dust on non-selective contact herbicides' efficacy on winter wild oat

Akbar Aliverdi*[1], Samira Karami[2] and Goudarz Ahmadvand[3]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan

(Received: July 1, 2019- Accepted: October 20, 2019)

ABSTRACT

Dust deposited on the foliage of weeds can have an adverse effect on the efficacy of herbicides, thus, this effect should be eliminated somehow. In this greenhouse study conducting at Bu-Ali Sina University in 2018, the response of fresh/dry weight ratio of winter wild oat to the 6 doses of oxyfluorfen (0, 28.8, 60, 120, 240, and 480 g a.i. ha^{-1}), paraquat (0, 36, 75, 150, 300, and 600 g a.i. ha^{-1}), and glufosinate (0, 60, 125, 250, 500, and 1000 g a.i. ha^{-1}) sprayed at rates of 240, 480, or 240 L ha^{-1} plus mepiquat at 50 g ha^{-1} under 0 and 20 Kg dust ha^{-1} conditions were investigated. In the absence of dust, addition of mepiquat to oxyfluorfen and paraquat spray solutions did not have a significant effect on their efficacy but its addition to glufosinate spray solution gave a significant negative effect on its efficacy. In the presence of dust, the addition of mepiquat to oxyfluorfen spray solution did not have a significant effect on its efficacy but its addition to glufosinate spray solution has 6-time negative effect on its efficacy. While, the mepiquat addition to paraquat spray solution had a positive effect on its efficacy and increased the efficacy by 62.07%. In the absence or presence of dust, spray volume increasing from 240 to 480 L ha^{-1} improved the efficacy of all herbicides in desiccating the foliage of winter wild oat.

Keywords: Glufosinate, oxyfluorfen, paraquat, winter wild oat.

* Corresponding author E-mail: a.aliverdi@basu.ac.ir

مقدمه

کاربرد علف‌کش‌های تماسی عمومی (غیر انتخابی) در اکوسیستم‌های زراعی و غیرزراعی، بسیار گسترده است و به‌طور روز افزون نیز در حال افزایش است. موارد کاربرد این نوع علف‌کش‌ها در اکوسیستم‌های زراعی شامل: قبل از کاشت گیاه زراعی در سیستم-های بدون شخم؛ به صورت هدایت شده در باغات و گیاهان زراعی وجینی؛ بعد از کاشت و قبل از سبز شدن گیاهان زراعی که سرعت سبز شدن آن‌ها پایین است؛ قبل از برداشت برخی از گیاهان زراعی به عنوان برگ‌ریز برای حذف برگ آن‌ها و حذف شیمیایی اندام‌های هوایی گیاه پوششی قبل از کاشت گیاه زراعی اصلی است (Monaco *et al*., 2002). امروزه کارشناسان، استفاده از سیستم‌های بدون شخم و استفاده از گیاهان پوششی در تناوب زراعی را توصیه و ترویج می‌کنند (Sims *et al*., 2018). از طرفی دیگر، به دلیل شور شدن خاک مزارع، برخی کشاورزان به تغییر کشت، از گیاهان زراعی یک‌ساله به کشت درختان میوه با ارزش تجاری بالا و متحمل به شوری خاک مانند پسته تمایل پیدا کرده‌اند (Shrestha *et al*., 2018). چنین توصیه‌ای ازسوی کارشناسان و تمایلی از سمت کشاورزان، به‌طور روزافزودنی سبب افزایش کاربرد علف‌کش‌های تماسی عمومی شده است. بر اساس طبقه‌بندی انجمن علوم علف‌های‌هرز آمریکا (WSSA, 2012)، علف-کش‌های تماسی عمومی در سه گروه بازدارنده‌های فتوسنتز در فتوسیستم I (D/22)، بازدارنده‌های پروتوپرفیرینوژن اکسیداز (E/14) و بازدارنده‌های-گلوتامین سینتتاز (H/10) قرار دارند. تمامی این علف-کش‌ها، نحوه عمل متفاوتی از یکدیگر دارند. با این حال، آن‌ها تقریباً مکانسیم عمل مشابهی دارند؛ بدین صورت که انواع ترکیبات اکسیدکننده شامل هیدروکسیل نوزاد به‌وسیله بازدارنده‌های فتوسنتز در فتوسیستم I، اکسیژن نوزاد به‌وسیله بازدارنده‌های پروتوپرفیرینوژن اکسیداز و کلروفیل سه‌گانه به وسیله بازدارنده‌های گلوتامین سینتتاز در پیکر علف‌های هرز تیمار شده با آن‌ها تشکیل می‌شود. این ترکیبات اکسیدکننده می‌توانند سلسله‌ای از واکنش‌ها را رقم زنند که نهایتاً موجبات تخریب بسیار سریع غشاهای سلولی و مرگ علف‌های هرز را فراهم می‌سازند (Cobb & Reade, 2010).

دو ویژگی مهم علف‌کش‌های تماسی عمومی یعنی مرگ بسیار سریع علف‌های‌هرز تیمار شده با آن‌ها و نداشتن هیچ گونه بقایایی در خاک، سبب کاربرد بسیار گسترده آن‌ها در سراسر دنیا شده است. با این حال، دومین ویژگی ذکر شده آن‌ها می‌تواند در برخی موقعیت‌ها، به نقطه ضعف نیز تبدیل شود و سبب کاهش کارایی آن‌ها در کنترل علف‌های هرز شود. برای مثال، محققان گزارش کردند که حضور خاک در آب سم‌پاشی (Hofstra *et al*., 2001; Poovey & Getsinger, 2002; Simarmata *et al*., 2017) یا روی اندام‌های هوایی علف‌های‌هرز (Damanakis *et al*., 1970; Rytwo & Tavasi, 2003) باعث کاهش شدید کارایی علف‌کش‌های تماسی عمومی دایکوات و پاراکوات در کنترل علف‌های‌هرز شده است. البته محققان متعددی دیگری نیز ثابت کرده‌اند که حضور خاک در آب سم‌پاشی یا بر روی اندام‌های هوایی علف‌های‌هرز می‌تواند اثرات نامطلوبی بر کارایی علف‌کش‌های نفوذی مانند گلیفوسیت (Simarmata *et al*., 2017; Zhou *et al*. 2006)، اندوتال (Poovey& Skogerboe, 2004)، فلوریدون (Poovey *et al*., 2008)، نیکوسولفورون (Hajmohammadnia-Ghalibaf *et al*., 2015;

(Nosratti *et al*., 2016)، فورام‌سولفورون (Nosratti *et al*., 2016)، مزوسولفورون، یدوسولفورون و دیفلوفنیکان (Shahbazi *et al*., 2015) نیز داشته باشد.

اخیراً به دلیل تشکیل کانون‌های متعدد داخلی و خارجی گرد و خاک، این پدیده اقلیمی به عنوان مهم‌ترین معضل زیست محیطی کشورمان شناخته شده است (Ghaffari & Mostafazadeh, 2015). متاسفانه نه تنها گستره مناطق تحت تاثیر گرد و خاک در کشورمان در حال افزایش است، بلکه تعداد و شدت وقوع آن نیز روندی افزایشی داشته است (Shahsavani*et al*., 2012). بر اساس مطالعات انجام گرفته پیرامون روند وقوع پدیده گرد و خاک در مناطق مختلف کشور در دوره‌های مختلف ، وجود روند افزایشی در تعداد روزهای توام با گرد و خاک در سال، در غالب استان‌های کشور به وسیله محققان متعددی (Bahak , 2018; Boroghani *et al*., 2016; Bouchani & Fazeli, 2012; Khajeh *et al*., 2015; Rafiei*et al*., 2016; Rasouli *et al*., 2011; Safarian *et al*., 2018; Sepahand *et al*., 2019) به اثبات رسیده است. بر اساس آخرین ارزیابی از مناطق غربی کشورمان (Rasouli *et al*., 2011)، تعداد روزهای توام با گرد و خاک از سمت شمال به جنوب کشور افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که کمترین تعداد روزهای توام با گرد و خاک ثبت شده در ایستگاه بندر انزلی، دو روز در سال و در ایستگاه دزفول، ۱۱۰ روز در سال به ثبت رسیده است. همچنین توزیع ماهانه روزهای توام با گرد و خاک حاکی از آن است که بیشترین فراوانی روزهای توام با گرد وخاک، در اواسط بهار تا اواسط پاییز است (Rasouli *et al*., 2011) که دقیقاً با زمان مصرف علف‌کش‌های تماسی عمومی در مزارع و باغات مطابقت دارد؛ بنابراین می‌توان چنین پیش بینی کرد که متاسفانه مسئله اثر نامطلوب گرد و خاک بر کارایی علف‌کش‌ها، سال به سال به معضلی وخیم‌تر تبدیل خواهد شد.

تاکنون پنج راهکار جهت کاهش اثرات نامطلوب حضور گرد و خاک روی اندام‌های هوایی علف‌های‌هرز بر کارایی علف‌کش‌ها ارائه شده است که عبارتند از: ۱) افزایش میزان مصرف علف‌کش (Damanakis *et al*. 1970) که به‌دلیل پیامدهای مخرب زیست محیطی ناشی از آن‌ها قابل قبول نیست؛ ۲) به تعویق انداختن سم‌پاشی به بعد از رخداد اولین بارندگی پیش‌رو (Nosratti *et al*., 2016) که به دلیل بارش‌های آسمانی نامنظم و کم در کشور قابل اجرا نیست، ۳) آبیاری بارانی قبل از سم‌پاشی (Nosratti *et al*., 2016) که در مورد علف‌کش‌های تماسی عمومی به دلیل اقتصادی توصیه‌پذیر نیست چون زمان کاربرد چنین علف‌کش‌ها با دوره رشد گیاهان زراعی مطابقت ندارد، ٤) افزایش حجم پاشش (Zhou *et al*., 2006) و ٥) افزودن مواد افزودنی به محلول پاشش (Rytwo & Tropp, 2001; Rytwo & Tavasi, 2003; Zhou *et al*., 2006). در عمل، راهکارهای چهار و پنج، برای کاهش اثرات نامطلوب حضور گرد و خاک روی اندام‌های هوایی علف‌های‌هرز بر کارایی علف‌کش‌ها امکان‌پذیر می‌باشد. بر اساس تحقیقات گذشته، هر ماده افزودنی را نمی‌توان برای کاهش اثر نامطلوب حضور خاک بر روی علف‌های‌هرز بر کارایی علف‌کش‌ها استفاده کرد. به همین دلیل، انتخاب ماده افزودنی مناسب، مستلزم اجرای پژوهش است. محققان گزارش کردند که هیچکدام از مواد افزودنی شامل انواع مویان‌های غیریونی و ارگانوسیلیکونی، سولفات آمونیوم و انواع روغن‌های گیاهی و نفتی نتوانستند اثرات نامطلوب حضور گرد و خاک بر روی علف هرز تاج ریزی سیاه بر کارایی گلایفوسیت را کاهش دهند (Zhou *et al*., 2006). با

این وجود، مواد افزودنی مپیکوات، آکریفلاوین و دیفنزوکوات توانستند بر اثرات نامطلوب حضور گرد و خاک روی گیاه فلفل و کاهو (به عنوان گیاه محک) بر کارایی دایکوات (Rytwo & Tavasi, 2003) و پاراکوات (Rytwo & Tropp, 2001) فائق آیند.

هدف از این پژوهش، بررسی امکان کاهش اثر نامطلوب حضور گرد و خاک روی سطوح علف‌هرز یولاف‌وحشی زمستانه، بر کارایی اکسی‌فلورفن، پاراکوات و گلوفوسینات‌آمونیوم، از طریق افزودن ماده افزودنی مپیکوات به محلول آن‌ها و افزایش حجم پاشش آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار ۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا شد. از آن‌جا که کشت و پرورش یولاف‌وحشی زمستانه (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* Durieu.) آسان، سریع و دقیق است، این علف‌هرز، صرفاً به عنوان علف‌هرز محک[1] انتخاب شد تا تاثیر مواد شیمیایی روی آن مورد بررسی قرار گیرد. در اواخر بهار ۱۳۹٦، بذرهای این علف‌هرز پس از جمع‌آوری از محوطه دانشگاه، زمان اجرای پژوهش در داخل یخچال نگهداری شدند. به منظور تسریع در جوانه‌زنی، ابتدا پوسته بذرها به صورت دستی از آن‌ها جدا شد. وپس از ضدعفونی سطحی با محلول هیپوکلریدسدیم پنج درصد به مدت پنج دقیقه، در پتری دیش‌هایی با قطر ۱۰ سانتی‌متر، دارای یک لایه کاغذ صافی قرار گرفتند و پنج میلی‌لیتر از محلول دو گرم در لیتر نیترات پتاسیم به هر یک از پتری‌دیش‌ها افزوده شد. پتری‌دیش‌ها در تاریکی در یخچالی با دمای پنج درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت قرار گرفتند و سپس به مدت ٤۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند (Aliverdi *et al*., 2009). هشت گیاهچه یولاف‌وحشی زمستانه با ریشه‌چه سالم یک سانتی‌متری در هر گلدان دو لیتری حاوی خاک و ماسه بادی، به ترتیب با نسبت یک به دو و با فاصله‌ای منظم در عمق دو سانتی‌متری نشاء شدند. گلدان‌های مورد استفاده در این پژوهش، از جنس پلاستیکی قهوه‌ای رنگ، با مقطع مربعی شکل با طول، عرض و ارتفاعی به ترتیب ۱۷، ۱۷ و ۱٦ سانتی‌متر بودند (شکل ۱). گیاهان بر حسب نیاز به صورت یکنواخت و برابر، آبیاری شدند و در مرحله دو برگی، تعداد بوته‌ها به هفت بوته در هر گلدان جهت یکنواخت-سازی اندازه بوته‌ها تنک شدند. علف‌های هرز داخل گلدان‌ها در طول پرورش یولاف‌وحشی زمستانه حذف شدند.

این پژوهش در سه آزمایش جداگانه، در قالب طرح کامل تصادفی و به صورت فاکتوریل با سه عامل تیمار و چهار تکرار اجرا شد. در هر آزمایش، یکی از علف-کش‌های اکسی‌فلورفن (گل ۲٤٪ امولسیون شونده غلیظ، محصول شرکت شیماگرو یزد)، پاراکوات (گراماکسون ۲۰٪ مایع قابل حل در آب، محصول شرکت آریا شیمی زاهدان) و گلوفوسینات‌آمونیوم (بستا ۲۰٪ مایع قابل حل در آب، محصول شرکت آریا شیمی زاهدان) بکار برده شد. اولین عامل در آزمایش اول شامل شش دز اکسی‌فلورفن (صفر، ۲۸/۸، ٦۰، ۱۲۰، ۲٤۰ و ٤۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار)، در آزمایش دوم شامل شش دز پاراکوات (صفر، ۳٦، ۷۵، ۱۵۰، ۳۰۰ و ٦۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و در آزمایش سوم شامل شش دز گلوفوسینات‌آمونیوم (صفر، ٦۰، ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) بود. دومین عامل در هر سه آزمایش شامل دو سطح گرد و خاک (صفر و ۲۰ کیلوگرم گرد و خاک در هکتار (Zhou *et al*., 2006)) بود. سومین عامل در هر سه

[1] Test weed

آزمایش شامل سه روش کاربرد (کاربرد با حجم پاشش ۲٤۰ و ٤۸۰ لیترآب در هکتار و کاربرد با حجم پاشش ۲٤۰ لیتر آب در هکتار به همراه کاربرد ماده افزودنی میپکوات کلراید به میزان ۵۰ گرم ماده خالص در هکتار (Polat *et al*., 2017) بود. میپکوات به‌عنوان تنظیم کننده رشد ساقه در برخی گیاهان زراعی از جمله پنبه و آفتابگردان به‌کار برده می شود که نحوه عمل آن، ممانعت از بیوسنتز اسید جیبرلیک در گیاه است (Polat *et al*., 2017). بالاترین دز هر یک از علف‌کش‌ها، برابر مقدار توصیه شده برای کاربرد در مزرعه بود. حجم‌های پاشش ۲٤۰ و ٤۸۰ لیتر آب در هکتار، به ترتیب با استفاده از نازل‌های زرد (۱۱۰۰۲) و قرمز (۱۱۰۰٤) بادبزنی استاندارد (ASJ، ایتالیا) بکار رفتند. بر اساس انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا، اندازه قطره تولید شده توسط هر دو شماره نازل‌های مورد استفاده در این پژوهش، ریز (قطر قطره‌ها بین ۱۰٦ تا ۲۳۵ میکرومتر) است (ASAE, 2009). برای تهیه گرد و خاک، نمونه‌ای از خاک مزرعه آموزشی دانشکده کشاورزی، واقع در محوطه دانشگاه تهیه شد و با کمک الک، کلوخه‌های آن حذف شدند. سپس، خاک به طور طبیعی خشک شد و پس از آسیاب، از الکی با مش ۱۰۰ عبور داده شد و به تدریج در داخل سطلی با دیواره بلند ریخته شد. این عمل باعث ایجاد و برخاستن گرد و خاک شد که با جاروبرقی جمع‌آوری شد (Rytwo & Tropp, 2001). در نهایت، گرد و خاک جمع‌آوری شده در درون آون به مدت ۲٤ ساعت و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و سپس از الکی با مش ۲۰۰ عبور داده شد؛ قطر ذرات گرد و خاک، کمتر از ۷۵ میکرون بود. تیمار گرد و خاک، درون اتاقکی با طول، عرض و ارتفاعی به ترتیب برابر ٤۵، ٤۵ و ۱۲۰ سانتی‌متر که برای همین منظور طراحی شده بود، اعمال شد شد (شکل ۱). این اتاقک، از جنس پلاستیک شفاف، با ضخامت جداره پنج میلی‌متر و دارای چهار الک با قطر ۱٤ سانتی‌متر بود که با سیم مفتول به یکدیگر متصل بودند و از طریق کِش، به جداره اتاقک اتصال داشتند . در فاصله سه سانتی‌متری بالاتر از محل نصب الک‌ها، یک فنر به طول ٤۵ سانتی‌متر و به قطر دو سانتی‌متر به جداره اتاقک نصب شد. این اتاقک دارای دربی در سقف بود که امکان ریختن گرد و خاک تهیه شده به درون الک-ها را فراهم می‌کرد. با کشیدن طنابی که به مرکز فنر وصل بود و از درب اتاقک عبور داده شده بود، فنر به ارتعاش درمی‌آمد و ارتعاش فنر باعث ارتعاش الک‌ها می‌شد. در پایین هر الک، پارچه نازکی از جنس ریون نصب شده بود تا گرد و خاک را به طور یکنواخت بر روی سطوح علف‌هرز پخش کند (Karami *et al*., 2019). پس از اتمام فرآیند گرد و خاک سازی، به گرد و خاک داخل اتاقک ۱۵ دقیقه فرصت داده شد تا بر روی سطوح علف‌هرز نشست کند و سپس عملیات سمپاشی انجام گرفت. زمانی که بوته‌های یولاف‌وحشی زمستانه در مرحله پنج برگی قرار داشتند، سمپاشی با استفاده از سمپاش دستی فشاری پنج لیتری و با فشاری برابر ۳۰۰ کیلو پاسکال در هوای آزاد بیرون از گلخانه یولاف‌وحشی انجام گرفت. پاراکوات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٦۸ درصد، گلوفوسینات‌آمونیوم در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲۹درصد و اکسی‌فلورفن در دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲۷ درصد بکار برده شدند. پس از سمپاشی، گلدان‌ها دوباذه درون گلخانه قرار داده شدند.

اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه در آزمایش-های مربوط به پاراکوات، اکسی‌فلورفن و گلوفوسینات‌آمونیوم، به ترتیب در یک، دو و پنج روز پس از سمپاشی، از یک سانتی‌متری سطح خاک

برداشت شدند و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس، نمونه‌ها درون آونی با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد و به مدت ٤٨ ساعت قرار گرفتند و پس از آن وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد . وزن تر و وزن خشک هر واحد آزمایشی (گلدان) بر تعداد بوته‌های درون آن (هفت بوته) تقسیم شد تا وزن تر و وزن خشک تک بوته به‌دست آید. در نهایت، نسبت وزن تر تک بوته به وزن خشک تک بوته در تجزیه و تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. این نسبت، میزان خشکیدگی[1] یا به طور عامیانه میزان سوزش[2] اندام‌های هوایی علف‌هرز در اثر پاشش علف‌کش تماسی را به نشان می‌دهد. زمانی که مقدار این نسبت یک باشد، نشان دهنده آن است که تمام سطوح اندام‌های هوایی به‌طور کامل خشکیده است؛ به عبارتی دیگر، مقادیر پایین‌تر در این نسبت، نشان دهنده فعالیت بیشتر علف‌کش است و برعکس (Rytwo & Tropp, 2001). واکنش نسبت وزن تر به وزن خشک یولاف‌وحشی زمستانه به تیمارها با آنالیز رگرسیون غیرخطی و مدل چهار پارامتری لجستیک (معادله ۱) و با استفاده از نرم افزار R نسخه ۲،٦،۲ تجزیه و تحلیل شد (Ritz *et al.*, 2015).

$$Y = \frac{D-C}{1+\exp[B(logX-logD_{50})]} + C$$ معادله ۱

در این معادله: Y، نسبت وزن تر به وزن خشک یولاف‌وحشی زمستانه؛ X ، مقدار علف‌کش؛ D، حد بالا؛ C، حد پایین نسبت وزن تر به وزن خشک در مقادیر صفر و بی نهایت علف‌کش، D_{50} مقدار علف‌کش لازم برای کاهش ۵۰ درصدی نسبت وزن تر به وزن خشک یولاف‌وحشی زمستانه بین حد بالا و پایین و B، شیب منحنی در محدوده D_{50} است. با استفاده از کد دستوری مربوطه در نرم‌افزار R، مقدار آماره D_{90} که بیانگر مقدار علف‌کش لازم برای کاهش ۹۰ درصدی نسبت وزن تر به وزن خشک یولاف‌وحشی زمستانه بین حد بالا و پایین است نیز تخمین زده شد. منحنی‌های واکنش به مقدار علف‌کش‌ها در شکل ۱ نمایش داده شده‌اند. از آن‌جا که روند نتایج بدست آمده از آماره‌های D_{50} و D_{90} تا حدود زیادی مشابه بود (جدول ۱) و نیز به دلیل اهمیت آماره D_{50} در مطالعات واکنش به مقدار علف‌کش و استفاده بیشتر از این آماره نسبت به سایر آماره‌ها (Ritz *et al.*, 2015)، نتایج پژوهش با تفسیر نتایج مربوط به آماره D_{50} شرح داده خواهد شد.

نتایج و بحث

در شرایط عدم حضور گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه، افزودن میپکوات به محلول پاشش اکسی‌فلورفن و پاراکوات، تاثیر معنی‌داری بر کارایی آن‌ها نداشت. در چنین وضعیتی، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که میپکوات از نظر زیستی بر یولاف‌وحشی زمستانه، غیرفعال است. غیرفعال بودن میپکوات در مدت زمان دو روز پس از کاربرد بر روی کاهو و فلفل قبلاً ثابت شده بود (Rytwo & Tropp, 2001). این درحالی بود که افزودن میپکوات به محلول پاشش گلوفوسینات، تاثیر منفی معنی‌داری بر کارایی آن گذاشت، به‌طوری‌که مقدار گلوفوسینات لازم برای خشکاندن ۵۰ درصدی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه با افزودن میپکوات به محلول پاشش، از ۲٦۲/۳۵ به ۷۰۲/۱۵ گرم ماده موثره در هکتار افزایش یافت و این به معنای ٦۲/٦۳ درصد کاهش کارایی گلوفوسینات بود (جدول ۱).

اثر ناسازگار میپکوات بر کارایی گلوفوسینات و اثر خنثی آن بر کارایی اکسی‌فلورفن و پاراکوات می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع علف‌کش‌ها، از نظر بار الکتریکی بر روی ساختار مولکولی آن‌ها باشد. اکسی-

[1]Dehydration
[2]Desiccation

فلورفن، علف‌کشی غیریونی، پاراکوات، علف‌کشی کاتیونی و گلوفوسینات، علف‌کشی با خاصیت اسیدی ضعیف و با ضریب تفکیک اسیدی (pKa) برابر دو در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. گلوفوسینات از جمله علف‌کش‌های بسیار حساس به حضور انواع کاتیون‌های موجود در آب سخت است (Devkota & Johnson, 2016). از آن‌جا که بار الکتریکی موجود بر روی ساختار مولکولی میپکوات مثبت است (Rytwo & Tropp, 2001)، احتمالاً گلوفوسینات با میپکوات در درون مخزن سمپاش، پیوند یونی ایجاد می‌کند که سبب کاهش جذب علف‌کش به وسیله علف‌هرز و نهایتاً کاهش کارایی آن می‌شود. در شرایط عدم حضور گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه، افزایش حجم پاشش از ۲۴۰ به ۴۸۰ لیتر در هکتار، سبب بهبود کارایی همه علف‌کش‌ها در خشکاندن اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه شد. بر اساس D_{50}، بهبود حاصل شده در کارایی اکسی‌فلورفن، پاراکوات و گلوفوسینات به ترتیب برابر ۱۷/۴۱،۷۵/۳۸ و ۲۰/۴۳ درصد بود. این امر ثابت شده است که میزان نشست قطرات پاشش هر دو نوع علف‌کش (تماسی و نفوذی) بر روی سطوح علف‌های‌هرز، با افزایش شماره نازل (حجم پاشش) افزایش می‌یابد (Ramsdale & Messersmith, 2001).

شکل ۱ – اتاقک طراحی شده برای ایجاد گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه و نمایی از توزیع یکنواخت گرد و خاک بر روی سطح زمین به وسیله این اتاقک (فلش). ابعاد در متن ذکر شده است.

Fig 1. The chamber designed to create soil dust on the winter wild oat foliage and a view of the dust distributed uniformly on the ground by this chamber (flash). Dimensions have been mentioned in the text.

جدول ۱- مقدار علف‌کش لازم برای خشکاندن ۵۰ و ۹۰ درصد اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه در اثر کاربرد علف‌کش-های اکسی‌فلورفن، پاراکوات و گلوفوسینات با حجم‌های پاشش ۲۴۰، ۴۸۰ یا ۲۴۰ لیتر در هکتار به همراه مپیکوات، تحت شرایط کاربرد صفر و ۲۰ کیلوگرم گرد و خاک در هکتار.

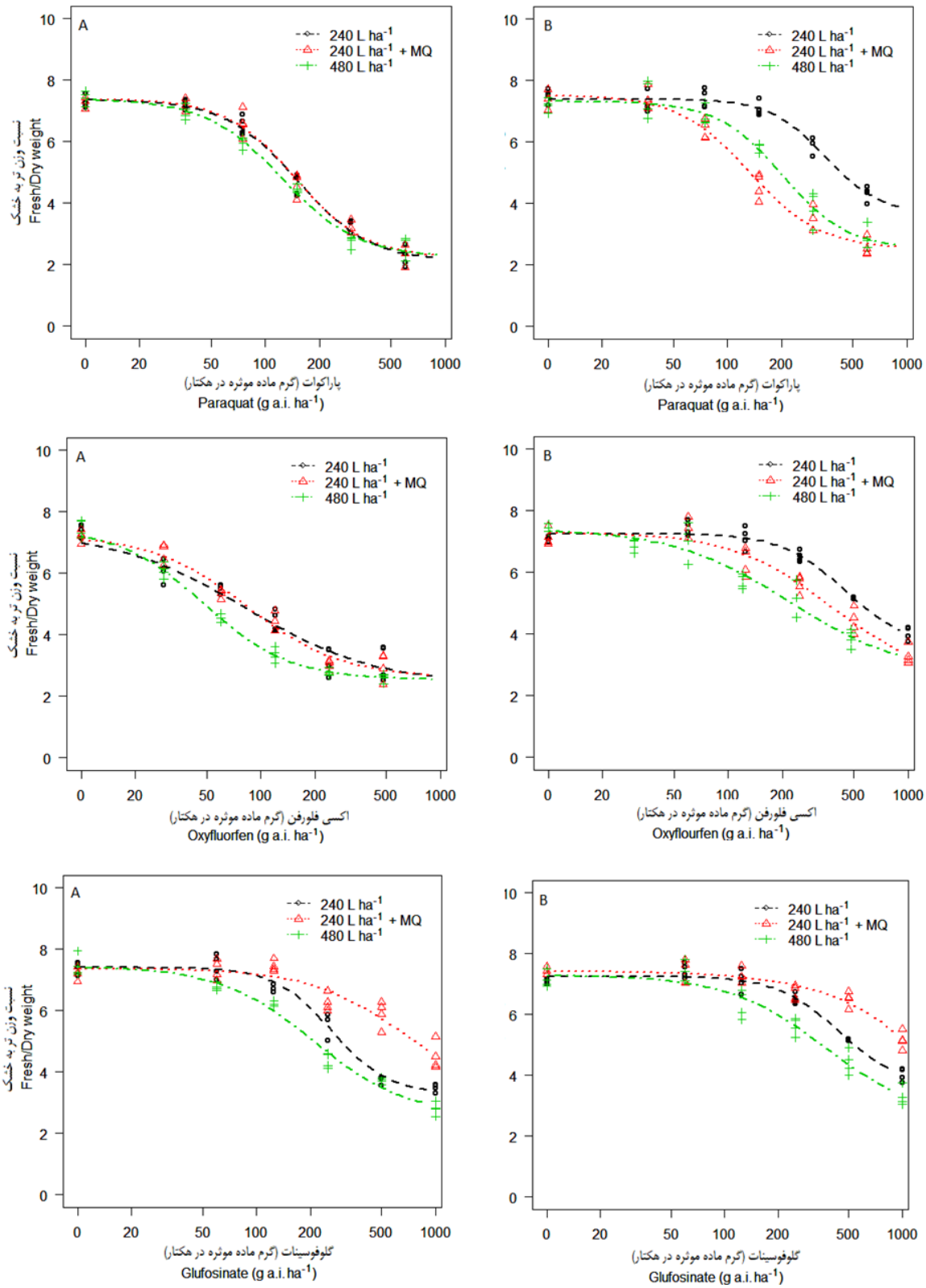
Table 1- The dose of Oxyfluorfen, Paraquat and Glufosinate herbicide required to desiccate the 50 and 90% of winter wild oat foliage applied herbicides at 240, 480, or 240 L ha^{-1} rates plus mepiquat at zero or 20 Kg soil dust ha^{-1} conditions.

Herbicide	Soil dust (Kg ha^{-1})	Spray volume (L ha^{-1}) +/– Mepiquat chloride	D_{50} (g a.i. ha^{-1})	D_{90} (g a.i. ha^{-1})
Oxyfluorfen	0	240 –	82.67 (8.17)	528.48 (7.32)
		240 +	84.06 (9.92)	518.26 (25.24)
		480 –	48.46 (2.31)	162.18 (8.94)
	20	240 –	263.25 (37.01)	1295.50 (91.60)
		240 +	330.62 (40.48)	1181.10 (36.58)
		480 –	88.37 (5.52)	707.31 (6.99)
Paraquat	0	240 –	150.74 (11.70)	418.89 (19.64)
		240 +	148.06 (11.12)	393.37 (74.36)
		480 –	123.97 (7.20)	365.17 (9.82)
	20	240 –	350.86 (64.73)	763.42 (32.54)
		240 +	133.07 (11.77)	362.91 (76.97)
		480 –	203.06 (21.68)	510.75 (30.44)
Glufosinate	0	240 –	262.35 (5.88)	584.63 (7.99)
		240 +	702.15 (7.82)	2839.68 (42.24)
		480 –	208.73 (21.60)	480.10 (24.12)
	20	240 –	443.31 (4.14)	1082.63 (64.06)
		240 +	2687.24 (86.40)	4846.61 (67.1)
		480 –	372.60 (9.62)	515.332 (14.35)

Standard errors are in parentheses. خطاهای استاندارد درون پرانتز قرار دارند.

به دلیل نحوه عمل علف‌کش‌های تماسی، کارایی مناسب از آن‌ها، مستلزم ایجاد پوشش کامل سطوح علف‌های‌هرز به‌وسیله محلول پاشش است؛ به همین دلیل است که همیشه علف‌کش‌های تماسی به افزایش حجم پاشش، پاسخ مثبت می‌دهند. در تحقیقات گذشته نیز بهبود کارایی اکسی‌فلورفن (Schumacher & Hatterman-Valenti, 2007)، پاراکوات (McKinlay *et al*., 1974) و گلوفوسینات (Butts*et al*., 2018; Meyer*et al*., 2016) با افزایش حجم پاشش به اثبات رسیده است. این در حالی است که افزایش حجم پاشش، گاهی نتیجه‌ای مثبت (Creech *et al*., 2014)، گاهی نتیجه‌ای خنثی (McMullan, 1995) و گاهی نتیجه‌ای منفی (Gauvrit & Lamrani, 2008; Meyer *et al*., 2016) بر کارایی علف‌کش‌های نفوذی به همراه داشته است.

مقدار اکسی‌فلورفن، پاراکوات و گلوفوسینات لازم برای خشکاندن ۵۰ درصد اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه، به‌طورمعنی‌داری تحت تاثیر حضور گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی این علف‌هرز قرار گرفت (شکل ۲، جدول ۱). پاشش ۲۴۰ لیتر در هکتار از هر یک از علف‌کش‌ها و حضور گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه، D_{50} اکسی‌فلورفن را از ۸۲/۶۷ به ۲۶۳/۲۵ گرم ماده موثره در هکتار (افزایش ۶۸/۵۹ درصدی) شد. این افزایش برای پاراکوات و گلوفوسینات نیز به ترتیب از ۵۰/۷۴ به ۳۵۰/۸۶ (افزایش ۵۷/۰۳ درصدی) و از ۲۶۲/۳۵ به ۴۴۳/۳۱ (افزایش ۴۰/۷۸ درصدی) گرم ماده موثره در هکتار بود. این کاهش کارایی علف‌کش‌ها، پیامد اتصال مولکول آن‌ها با ذرات گرد و خاک نشست کرده بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه است. با این اتصال، امکان جذب مولکول علف‌کش به درون کوتیکول برگ علف‌هرز کاهش می‌یابد و در نهایت، موجبات کاهش کارایی آن‌ها را فراهم می‌سازد.



شکل ۲- واکنش نسبت وزن تر به وزن خشک یولاف‌وحشی زمستانه به مقدارعلف‌کش‌های در حجم ۲۴۰، ۴۸۰ و ۲۴۰ لیتر در هکتار به همراه مپیکوات (Q M) تحت شرایط اعمال صفر (B) و ۲۰ (A) کیلوگرم گرد و خاک در هکتار.

Fig 2. Dose-response of winter wild oat fresh: dry weight ratio to the applied herbicides at 240, 480 or 240 L ha^{-1} rates plus mepiquat (MQ) at zero (B) and 20 (A) Kg soil dust ha^{-1} conditions

تا قبل از این پژوهش، تاثیر گرد و خاک بر کارایی پاراکوات بررسی شده بود (Damanakis *et al*., 1970). نتایج این پژوهش، علاوه بر این‌که تاییدکننده نتایج قبلی است، ثابت کرد که ترتیب حساسیت علف‌کش‌ها به حضور گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه، به صورت اکسی‌فلورفن > پاراکوات > گلوفوسینات است. محققان قبلی در کنار اثبات اثرات نامطلوب حضور گرد و خاک روی اندام‌های هوایی علف‌هرز تاج ریزی سیاه بر کارایی گلایفوسیت، وجود ارتباطی منفی بین میزان گرد و خاک با کارایی این علف‌کش را نیز به اثبات رساندند. آن‌ها ثابت کردند که مقادیر گرد و خاک بیشتر از شش کیلوگرم در هکتار، قادر به کاهش ۲۶ درصدی کارایی گلیفوسیت است (Zhou *et al*., 2006).

در شرایط حضور گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه، علف‌کش‌ها به افزودن میپکوات به محلول پاشش آن‌ها واکنش متفاوتی نشان دادند. افزودن میپکوات به محلول پاشش اکسی-فلورفن، تاثیر معنی‌داری بر کارایی آن نداشت اما افزودن آن به محلول پاشش گلوفوسینات، تاثیر منفی قابل توجهی بر کارایی آن داشت و سبب کاهش کارایی آن به میزان شش برابر شد. افزودن میپکوات به محلول پاشش پاراکوات، تاثیر مثبت و معنی‌داری بر کارایی آن داشت و سبب افزایش ۶۲/۰۷ درصدی کارایی آن شد. از نظر آماری، این نتایج نشان داد که کاهش ۵۷/۰۳ درصدی کارایی پاراکوات به دلیل حضور گرد و خاک، با افزودن میپکوات به محلول پاششی به‌طور کامل جبران شده است. به عبارتی دیگر، افزودن میپکوات به محلول پاشش پاراکوات، باعث رفع کامل اثر نامطلوب حضور خاک بر روی اندام‌های هوایی علف‌هرز یولاف‌وحشی زمستانه بر کارایی آن شد. در مطالعات قبلی، رفع کامل اثر نامطلوب حضور سه کیلوگرم خاک در هکتار بر روی اندام‌های هوایی گیاهچه‌های فلفل و کاهو بر کارایی دایکوات، با افزودن میپکوات به محلول پاشش آن به اثبات رسیده است (Rytwo & Tropp, 2001). رفع کامل اثر نامطلوب حضور خاک بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه بر کارایی پاراکوات از طریق افزودن مواد افزودنی مذکور به محلول پاششی آن می‌تواند به این دلیل باشد که این ماده افزودنی قادر است با پاراکوات بر سر اتصال به ذرات خاک موجود بر روی اندام‌های هوایی علف‌هرز رقابت نماید (Rytwo & Tropp, 2001). با این عمل، امکان اتصال پاراکوات به این ذرات خاک، به‌طور موقت از بین می‌رود. در چنین حالتی، مولکول پاراکوات می-تواند برای نفوذ به درون کوتیکول برگ علف‌هرز، آزاد بماند و تاثیر خود را در کنترل آن نشان دهد (Rytwo *et al*., 2004). بر اساس مطالعه قبلی (Rytwo & Tropp, 2001) ثابت شده است که مولکول‌های دایکوات در مدت زمان حدوداً ۸۰ ثانیه پس از کاربرد، به‌طور کامل به ذرات خاک موجود بر روی اندام‌های هوایی علف‌هرز متصل می‌شوند. در حالی که با افزودن میپکوات به محلول پاشش، این زمان به حدود ۵۰۰ ثانیه می‌رسد. به عبارتی دیگر، در حضور ماده افزودنی، مولکول‌های علف‌کش می‌توانند مدت زمان بیشتری را به صورت آزاد (بدون اتصال به ذرات خاک) باقی بماند. تاخیر در اتصال دایکوات به ذرات خاک، فرصت مناسبی را برای این علف‌کش فراهم می‌سازد تا به درون کوتیکول برگ نفوذ کند. گزارش مشابهی نیز با افزودن دایفنزوکوات، علف-کشی با نحوه عمل ناشناخته (Z/16)، به محلول پاشش دایکوات وجود دارد (Rytwo *et al*., 2004). لازم به ذکر است که سرعت جذب علف‌کش‌های بای‌پیریدیلیوم (پاراکوات و دایکوات) به درون کوتیکول برگ که دارای بار الکتریکی منفی است، به

دلیل کاتیونی بودن مولکول‌شان بسیار بالاست. این ویژگی علف‌کش‌های بای‌پیریدیلیوم سبب شده است که تحت تاثیر باران‌شویی نیز قرار نگیرند، به‌طوری‌که اگر ۶۰۰ ثانیه پس از پاشش پاراکوات بر روی علف-هرز چچم بارندگی رخ دهد، کارایی این علف‌کش تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد (Anonymous, 2019).

پس از اعمال تیمار گرد و خاک، افزایش حجم پاشش از ۲۴۰ به ۴۸۰ لیتر در هکتار، سبب بهبود کارایی همه علف‌کش‌ها در خشکاندن اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه شد. بر اساس D_{50}، بهبود حاصل شده در کارایی اکسی‌فلورفن، پاراکوات و گلوفوسینات به ترتیب برابر ۶۶/۴۳، ۴۲/۱۲ و ۱۵/۹۵ درصد بود. از نظر آماری این نتایج نشان داد که کاهش ۶۸/۵۹ درصدی کارایی اکسی‌فلورفن به دلیل حضور گرد و خاک، با افزایش حجم پاشش، به‌طور کامل جبران شده است. به عبارتی دیگر، افزایش حجم پاشش اکسی‌فلورفن، باعث رفع کامل اثرات نامطلوب حضور خاک بر روی اندام‌های هوایی علف‌هرز یولاف‌وحشی زمستانه بر کارایی آن شد. این در حالی بود که افزایش حجم پاشش دو علف‌کش دیگر، باعث کاهش معنی‌دار (نه رفع کامل) اثر نامطلوب حضور خاک بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه بر کارایی آن‌ها شد.

نتیجه‌گیری کلی

در اغلب مناطق کشور، تعداد و شدت وقوع پدیده اقلیمی گرد و خاک، روندی افزایشی دارد. نشست گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی علف‌های‌هرز می‌تواند اثر نامطلوب شدیدی بر کارایی علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف داشته باشد. شاید نارضایتی کشاورزان از عدم کارایی علف‌کش‌ها در سال‌های اخیر نیز با همین موضوع ارتباط داشته باشد. در این پژوهش، علاوه بر اثبات اثر نامطلوب حضور گرد و خاک روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه بر کارایی علف‌کش‌های تماسی عمومی اکسی‌فلورفن، پاراکوات و گلوفوسینات، نتیجه‌گیری شد که افزودن میپکوات به محلول پاشش پاراکوات، باعث "رفع کامل" اثر نامطلوب حضور خاک بر روی اندام‌های هوایی یولاف‌وحشی زمستانه بر کارایی آن شد. به دلیل ناسازگاری شیمیایی، راهکار افزودن میپکوات به محلول پاشش اکسی‌فلورفن و گلوفوسینات، به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. در مورد اکسی‌فلورفن، راهکار افزایش حجم پاشش جهت "رفع کامل" و در مورد پاراکوات و گلوفوسینات، جهت "کاهش" اثر نامطلوب حضور خاک بر روی اندام‌های هوایی علف‌های‌هرز بر کارایی توصیه می‌شود. نوع گرد و خاک نیز در کارایی علف‌کش مؤثر است و این به عنوان یک موضوع پژوهشی به محققان پیشنهاد می-شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه بوعلی سینا همدان برای اختصاص بودجه به این تحقیق قدردانی می‌کنیم.

منابع

Aliverdi, A., Rashed-Mohassel, M.H., Zand, E. and Nassiri-Mahllati, M. 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 Biol. Manag. 9: 292–299.

Anonymous. 2019. Paraquat is rainfast in record time. In: Paraquat Information Center. http://paraquat.com/en/benefits/case-studies/paraquat-rainfast-record-time. Accessed: June19, 2019.

ASAE. 2009. Spray nozzle classification by droplet spectra by the American Society of Agricultural Engineers. S572.1, 4 pp.

Bahak, B. 2018. Spatial analysis of dust occurrence process in Sistan and Baluchestan province using statistical methods. J. Geogr. Reg. Plann. 31: 97–109. (In Persian with English abstract).

Boroghani, M., Moradi, H.R. and Zangane Asadi M.A. 2016. Analysis of the occurrence of dust and its zoning in Khorasan Razavi. Environ. Erosion Res. 5: 45–57. (In Persian with English abstract).

Bouchani, M.H. and Fazeli, D. 2012. Environment challenges and its consequences case study: dust and its impact in the west of Iran. Doc. Pol. Making 2: 125–146. (In Persian with English abstract).

Butts, T.R., Samples, C.A., Franca, L.X., Dodds, D.M., Reynolds, D.B., Adams, J.W., Zollinger, R.K., Howatt, K.A., Fritz, B.K., Hoffmann, C.W. and Kruger, G.R. 2018. Spray droplet size and carrier volume effect on dicamba and glufosinate efficacy. Pest Manag. Sci. 74: 2020–2029.

Cobb, A.H. and Reade, J.P.H. 2010. Herbicides and plant physiology. John Wiley and Sons, Inc. 286 Pp.

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 Technol. 29: 298–310.

Damanakis, M., Drennan, D.S.H., Fryer, J.D. and Holly, K. 1970. The effect of soil dust and tap water on the toxicity of paraquat applications to leaves. Weed Res.10: 378–381.

Devkota, P. and Johnson, W.G. 2016. Glufosinate efficacy as influenced by carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfate. Weed Technol. 30: 848–859.

Gauvrit, C. and Lamrani, T. 2008. Influence of application volume on the efficacy of clodinafop-propargyl and fenoxaprop-P-ethyl on oats. Weed Res. 48: 78–84.

Ghaffari, D. and Mostafazadeh, R. 2015. An investigation on sources, consequences and solutions of dust storm phenomenon in Iran. J. Conserv. Utiliz. Natural Res. 4:107–125. (In Persian with English abstract).

Hajmohammadnia-Ghalibaf, K., Rashed-Mohassel, M.H., Nassiri-Mahllati, M. and Zand, E. 2015. The influence of spray tank turbidity on chemical management efficacy of barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.], and velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus.) at greenhouse conditions. J. Plant Prot. 28: 474–481. (In Persian with English abstract).

Hofstra, D.E., Clayton, J.S. and Getsinger, K.D. 2001. Evaluation of selected herbicides for the control of exotic submerged weeds in New Zealand: II. The effects of turbidity on diquat and endothall efficacy. J. Aquat. Plant Manage. 39: 25–27.

Karami, S., Aliverdi, A. and Ahmadvand, G. 2019. Reduction in adverse effects of dust on the efficacy of some contact herbicides via adding mepiquat choloride and increasing spray volume. MSc. Thesis, Bu-Ali Sina University, Iran. (In Persian with English abstract).

Khajeh, M., Kheirandish, H. and Pishdad, S. 2015. Review the phenomenon of dust and study of effective winds on it (Case study: Bandar Abbas, Hormozgan province). Environ. Erosion Res. 4: 37–48. (In Persian with English abstract).

McKinlay, K.S., Ashford, R. and Ford, R.J. 1974. Effects of drop size, spray volume, and dosage on paraquat toxicity. Weed Sci. 22: 31–34.

McMullan, P.M. 1995. Effect of spray volume, spray pressure and adjuvant volume on efficacy of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl. Crop Prot.14: 549–554.

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 Technol. 30: 377–390.

Monaco, T.J., Weller, S.C. and Ashton, F.M. 2002. Weed science: principles and practices. John Wiley and Sons, Inc. USA. 671Pp.

Nosratti, I., Saeidi, M., Barbastegan, H., Jalali-Honarmand, S. and Ghobadi, M. 2016. Effect of airborne particles on herbicides efficiency for control of corn (*Zea mays*) weeds in Kermanshah region. Res. Crop Ecos. 3: 55–66. (In Persian with English abstract).

Polat, T., Özer, H., Öztürk, E. and Sefaoğlu, F. 2017. Effects of mepiquat chloride applications on non-oilseed sunflower. Turk. J. Agric. For., 41: 472–479.

Poovey, A.G. and Getsinger, K.D. 2002. Impacts of inorganic turbidity on diquat efficacy against *Egeria densa*. J. Aquat. Plant Manage. 40: 6–10.

Poovey, A.G., Netherland, M.D. and Crowell, W. 2008. Effects of turbidity on fluridone treatments for curlyleaf pondweed control. ERDC/TN APCRP-CC-06. http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a479127.pdf. Accessed: June19, 2019.

Poovey, A.G. and Skogerboe, J.G. 2004. Using diquat in combination with endothall under turbid water conditions to control *Hydrilla*. ERDC/TN APCRP-CC-02. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.575.845&rep=rep1&type=pdf. Accessed: June19, 2019.

Rafiei, Z.M., Yazdani, M.R. and Rahimi, M. 2016. Trend analysis of number of dusty days in Iran. Arid Biome 6:11–23. (In Persian with English abstract).

Ramsdale, B.K. and Messersmith, C.G. 2001. Drift-reducing nozzle effects on herbicide performance. Weed Technol. 15: 453–460.

Rasouli, A.A., Sari Sarraf, B. and Mohammadi, G.H. 2011. Long term trend analysis of observed dusty days in the west of Iran, applying non-parametric statistics. Q. J. Phys. Geog. 4: 1–16. (In Persian with English abstract).

Ritz, C., Baty, F., Streibig, J.C. and Gerhard, D. 2015. Dose-response analysis using R. PLoS One, 10: e0146021.

Rytwo, G., Tavasi, M., Afuta, S. and Nir, S. 2004. Adsorption of difenzoquat on montmorillonite: model calculations and increase in hydrophobicity. Appl. Clay Sci. 24:149–157.

Rytwo, G. and Tropp, D. 2001. Improved efficiency of a divalent herbicidein the presence of clay, by addition of monovalent organocations. Appl. Clay Sci. 18: 327–333.

Safarian, V.Z., Zenali, B., Jafari, Y., Kennedy, H. and Jafarzadeh, L. 2018. Investigation of dust and evaluation of its prediction in Ardebil province using ANFIS model. J. Spatial Anal. Environ. Haz. 5: 107–124. (In Persian with English abstract).

Schumacher, E. and Hatterman-Valenti, H. 2007. Effect of dose and spray volume on early-season broadleaved weed control in *Allium* using herbicides. Crop Prot. 26:1178–1185.

Sepahand, A.R., Zand, M. and Almasian F. 2019. A study on wind velocity and frequency of dust (Case study: Lorestan and Kermanshah provinces). 7th National Conference on Rainwater Catchment Systems, 188-195. (In Persian with English abstract).

Shahbazi, T., Saeedi, M., Nosrati, I. and Jalai-Honarmand, S. 2015. Evaluation of the effect of airborne particles on herbicides efficiency on weed control in wheat (*Tritucum aestivum*). Res. Crop Ecos. 2:63–72. (In Persian with English abstract).

Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Mesdaghinia, A., Younesian, M., Jaafarzadeh Haghighifard, N., Naimabadi, A., Salesi, M. and Naddafi, K. 2012. Analysis of dust storms entering Iran with emphasis on Khuzestan province. Hakim Res. J. 15:192–202. (In Persian with English abstract).

Shrestha, A., deSouza, L.L., Yang, P., Sosnoskie, L. and Hanson, B.D. 2018. Differential tolerance of glyphosate-susceptible and glyphosate-resistant biotypes of junglerice (*Echinochloa colona*) to environments during germination, growth, and intraspecific competition. Weed Sci. 66: 340–346.

Simarmata, M., Taufik, M. and Peranginangin, Z.Z.A. 2017. Efficacy of paraquat and glyphosate applied in water solvents from different sources to control weeds in oil palm plantation. ARPN J. Agric. Biol. Sci. 12:58–64.

Sims, B., Corsi, S., Gbehounou, G., Kienzle, J., Taguchi, M. and Friedrich, T. 2018. Sustainable weed management for conservation agriculture: options for smallholder farmers. Agri. 8: 118.

Zhou, J., Tao, B. and Messersmith, C.G. 2006. Soil dust reduces glyphosate efficacy. Weed Sci. 54:1132–1136.

WSSA. 2012. Common and chemical names of herbicides approved by the Weed Science Society of America. Weed Sci. 60:650–657.