نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۵۵-۴۵

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No. 1, Spring 2019, P. 45-55

بهینه‌سازی کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورن (توتال) در کنترل یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) با استفاده از روغن‌های معدنی

ساناز فرخنده[۱]- لیلا علی مرادی[۲*]- کیومرث کلارستاقی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۱۷

چکیده

به منظور مقایسه اثرات مواد افزودنی سیتوگیت، فریگیت، دی آکتیل، ولک، پروپل و آدیگور هر یک با دو غلظت ۱ و ۲ درصد در کارایی علف‌کش توتال، یک آزمایش گلخانه‌ای واکنش به مقدار علف‌کش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور که فاکتور اول شامل غلظت‌های صفر، ۵/۶۲۵، ۱۱/۲۵، ۲۲/۵۰، ۳۳/۷۵، ۴۵ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش توتال و فاکتور دوم در ۱۳ سطح بدون روغن معدنی و با روغن‌های معدنی آدیگور، پروپل، ولک، فریگیت، سیتوگیت، دی آکتیل و هر کدام با غلظت‌های ۱ و ۲ درصد حجمی بر یولاف وحشی در چهار تکرار انجام گرفت. ترتیب قدرت مواد افزودنی مورد مطالعه در کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش توتال به صورت آدیگور > پروپل > ولک > فریگیت > دی آکتیل >سیتوگیت بود. به گونه‌ای که سیتوگیت در غلظت ۲ درصد موجب کاهش ۵۹،۷۱ درصدی در کشش سطحی محلول علف‌کش شد. در حالی‌که آدیگور در غلظت ۲ درصد موجب کاهش ۳۳،۶۸ درصدی در کشش سطحی محلول علف‌کش شد. بطور کلی، ترتیب کارایی مواد افزودنی مورد مطالعه در بهبود کارایی علف‌کش توتال در کنترل علف هرز یولاف وحشی را می‌توان به صورت آدیگور > پروپل > ولک > دی آکتیل > سیتوگیت > فریگیت بیان نمود.

واژه‌های کلیدی: آدیگور، کشش سطحی، مواد افزودنی

مقدمه

بشر از شروع کشاورزی تاکنون همواره برای کاهش خسارت علف‌های هرز در تلاش بوده و برای مبارزه با آنها از روش‌های مختلفی استفاده کرده است. استفاده از علف‌کش‌ها از مؤثرترین و پرکاربردترین روش‌هایی است که تا کنون برای مبارزه با علف‌های هرز به کار گرفته شده است (۱۱). علی‌رغم صرفه اقتصادی و سرعت عمل این مواد شیمیایی در کنترل علف‌های هرز، آلودگی زیست محیطی و اثرات منفی آنها بر سلامت انسان از مهمترین تبعات کاربرد گسترده این گروه از آفت‌کش‌ها هستند. با وجود این توافق‌های عمومی وجود دارد که این مواد یکی از نهاده های مهم در کشاورزی مدرن هستند، که عدم کاربرد آنها منجر به کاهش درآمد و هزینه‌های تولید کشاورز خواهد شد. مطالعات در دانمارک نشان داده‌اند که عدم کاربرد علف‌کش‌ها بسته به نوع محصول زراعی در آمد کشاورز را ۲۰ تا ۹۰ درصد کاهش خواهد داد (۸). از سوی دیگر نگرانی‌های عمومی در مورد اثرات منفی علف‌کش‌ها بر سلامت انسان، منجر به افزایش هزینه‌های ثبت علف‌کش‌های جدید، یا کاهش کاربرد علف‌کش‌های قدیمی از طریق افزایش بهینه‌سازی و افزایش کارایی کاربرد آنها شده است (۱۴).

کارایی علف‌کش‌ها متأثر از عوامل زیستی و فیزیکوشیمیایی متعددی است که پیش‌نیاز بهینه‌سازی مقدار مصرف آنها هستند. در این ارتباط ایجاد مناطق بافرکننده‌ی کاربرد علف‌کش‌ها، کنترل دقیق تجهیزات سم پاشی، تعلیم کشاورزان و استفاده از مواد افزودنی برای بهینه‌سازی مصرف از مهمترین راه‌های افزایش کارایی مصرف علف‌کش‌ها است (۷). مواد افزودنی می توانند از طریق کاهش کشش سطحی محلول پاشش، موجب افزایش کارایی علف‌کش‌های پس از سبز شدن شوند (۱۷). کاهش کشش سطحی قطره‌های پاشش شده از جهش آنها پس از برخورد با برگ علف هرز جلوگیری می‌کند و منجر به پخش و نفوذ بهتر قطره در سطح برگ می‌شود (۹). مواد افزودنی ممکن است به نحوی کارایی علف‌کش را بهبود بخشند که غلظت یا

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز و استادیاران دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email:l.alimoradi@gmail.com)
DOI: 10.22067/jpp.v0i0.22594

www.SID.ir

Archive of SID

کل مقدار علف‌کش مورد نیاز برای حصول سطح تأثیر معینی کاهش یابد. این مسأله نه تنها موجب کاهش اثرات نامطلوب جانبی علف‌کش‌ها می‌شود بلکه سبب کاهش مقدار و هزینه‌های کاربرد آنها به میزان ۵ تا ۱۰ برابر نیز خواهد شد (۱۹). علاوه براین مواد افزودنی به منظور غلبه بر موانع تحمیل شده از سوی شرایط نامناسب کاربرد علف‌کش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۳). از جمله شرایط نامناسبی که ممکن است در هنگام محلول‌پاشی کارایی علف‌کش را کاهش دهند عبارت از کریستاله شدن سریع علف‌کش روی سطح برگ، بادبردگی علف‌کش، تجزیه نوری علف‌کش، استفاده از آب سخت برای محلول‌پاشی و وقوع بارندگی با فاصله کمی بعد از محلول‌پاشی می‌باشند (۳).

انتخاب مناسب مواد افزودنی سبب کاهش میزان مصرف علف‌کش‌ها می‌شود، که این امر از طریق افزایش فعالیت علف‌کش‌ها و یا از طریق برطرف کردن تأثیر شرایط نامناسب کاربرد علف‌کش به دست می‌آید (۱۹).

در گزارشات قبلی علی وردی و همکاران (۱) کارایی دو مویان سیتوگیت و فریگیت را در غلظت‌های صفر، ۰,۱ و ۰,۲ درصد حجمی به همراه علف‌کش شوالیه در مقادیر صفر، ۳، ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ گرم ماده مؤثره در هکتار به منظور کنترل یولاف وحشی طی آزمایشی گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار دادند و به علاوه اثر غلظت‌های مختلف مویان‌ها بر کشش سطحی آب مقطر و محلول علف‌کش شوالیه اندازه‌گیری شد و نتیجه این شد که سیتوگیت کشش سطحی آب و محلول علف‌کش شوالیه را بیشتر از فریگیت کاهش داد و افزایش فعالیت شاخ و برگی شوالیه در حضور سیتوگیت بیشتر از فریگیت بود.

این تحقیق با هدف انجام مطالعات پایه ای در مورد امکان بهینه‌سازی کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورن (توتال) با استفاده از مواد افزودنی روغن‌های معدنی فریگیت، ولک، سیتوگیت، پروپل، دی‌آکتیل و آدیگور در کنترل علف هرز یولاف وحشی انجام شد.

مواد و روش‌ها

زمان و محل اجرای تحقیق

به منظور مقایسه تأثیر دو غلظت ۱ و ۲ درصد حجمی شش روغن معدنی به عنوان مواد افزودنی در بهینه‌سازی کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون آزمایش دز- پاسخی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار بر روی یولاف وحشی در شرایط گلخانه در دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۱ انجام شد.

خواب‌شکنی و شرایط کاشت و پرورش گیاه مورد بررسی

به منظور یکنواختی در جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه‌های یولاف وحشی، ابتدا بذور از سنبله‌ها جدا و ضدعفونی سطحی بذور توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۵ دقیقه انجام شد. بذرها درون پتری‌دیش‌هایی با قطر ۱۱ سانتی‌متر که حاوی یک لایه کاغذ صافی بودند، قرار گرفتند. سپس ده میلی‌لیتر از محلول ۰/۲گرم در لیتر نیترات پتاسیم به هر یک از پتری‌دیش‌ها، به منظور شکسته شدن خواب بذرها، اضافه شد. پتری‌دیش‌های حاوی بذر به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی مطلق درون یخچال نگهداری شدند (۱۵). پس از اعمال تیمار سرمادهی، بذور درون سینی‌های کشت حاوی پیت کشت شدند. سپس سینی‌های کشت به درون ژرميناتور با ۱۶ ساعت تاریکی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب با رطوبت نسبی ۴۵ و ۶۵ درصد، منتقل و جوانه‌دار شدند (۱۴). با این روش درصد بالایی از گیاهچه‌های یولاف وحشی در درون هر یک از سینی‌های کشت سبز شدند. سپس گیاهچه‌ها در گلدان‌های ۲ لیتری حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی با نسبت ۱:۱:۱ کشت شدند. گلدان‌ها بر حسب نیاز آبی گیاهان از زیر هر دو روز یکبار آبیاری شدند. در مرحله یک برگی کامل گیاهچه‌ها تنک شدند به طوری‌که در هر گلدان پنج گیاه باقی ماند. سپس به هریک از گلدان‌ها ۳۰ میلی لیتر محلول ۳ گرم در لیتر کود۲۰:۲۰:۲۰ (ازت: فسفر: پتاسیم) اضافه شد. دمای گلخانه در مدت رشد، بین ۲۷ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد در طول روز و ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد در طول شب متغیر بود. گیاهان در مرحله پنج برگی کامل با استفاده از سمپاش متحرک ریلی مجهز به نازل بادبزنی معمولی با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار و با فشار پاشش ۲ بار تحت تیمار علف‌کش توتال قرار گرفتند.

تیمارهای به کار برده شده در ارزیابی فعالیت شاخ و برگی

تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های صفر، ۵/۶۲۵، ۱۱/۲۵، ۲۲/۵۰، ۳۳/۷۵، ۴۵ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش مزوسولفورون متیل+ سولفوسولفورون (توتال) در سیزده سطح (بدون روغن معدنی، روغن‌های معدنی آدیگور، ولک، پروپل، فریگیت، دی آکتیل، سیتوگیت و هر کدام با غلظت‌های ۱ و ۲ درصد حجمی) در چهار تکرار بودند.

تجزیه و تحلیل آماری

اندام های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده، چهار هفته پس از تیمار از روی سطح گلدان برداشت شدند و وزن تر و خشک آنها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و از میانگین وزن خشک یا تر در هر گلدان برای برازش منحنی‌های واکنش به دز استفاده شد. پاسخ وزن خشک

www.SID.ir

Archive of SID

یـولاف وحشـی بـه مقـدار علـف‌کـش مزوسـولفورون متیـل + سولفوسولفورون با تکنیک رگرسیون غیرخطی و با استفاده از نرم‌افـزار *SLIDEWRITE* آنالیز شدند. تمامی داده‌ها به طور همزمان بـا مـدل چهار پارامتری لجستیک معادله زیر برازش داده شدند:

(۱)
$$U_{ij} = \frac{D-C}{1+\exp[b_i(\log(z_{ij})-\log(ED_{50(i)}))]} + C$$

که در آن U_{ij} بیانگر وزن خشک j ام که موجـب پاسـخ در دز iام علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون (Z_{ij}) می‌شـود، D و C حد بالا و پایین مجانب وزن خشک در مقـادیر صـفر و بـی‌نهایـت علف‌کـش مزوسـولفورون متیـل + سولفوسـولفورون، $ED_{50(i)}$ مقـدار علف‌کش مزوسولفورون متیل+ سولفوسولفورون، i، لازم بـرای نصـف کردن وزن خشک یولاف وحشی بین حدود بالا و پایین D و C، و b_i شیب منحنی در محدوده $ED_{50(i)}$ می‌باشد (۸).

پارامتر پتانسیل نسبی (R) که نشان‌دهنده فعالیـت شـاخ و برگـی است.

(۲)
$$R = ED_{50A}/ED_{50B}$$

در این معادله، ED_{50A} نشان‌دهنده مقدار علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون، iA، لازم برای نصف کـردن وزن خشـک و تر گونـه یـولاف وحشـی و ED_{50B} نشـان دهنـده مقـدار علـف‌کـش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون به همراه هر یک از روغن‌های معدنی، iB، لازم برای نصف کردن وزن خشک و تر یـولاف وحشـی می‌باشد.

اندازه‌گیری کشش سطحی

به منظور اندازه‌گیری کشش سطحی محلول‌ها از روش خاصـیت مویینگی و براساس معادله زیر استفاده می‌شود.

(۳)
$$\gamma = \frac{1}{2}\rho \times g \times r(h+\frac{r}{3})$$

که در آن γ نشان‌دهنده کشش سطحی بر حسب نیوتن بر متر، P چگالی مایع بر حسب کیلوگرم در متر مکعب، g شتاب گرانش زمین ۱ برابر با ۹،۸ متر بر مجذور ثانیه، r شعاع مقطع لوله مـویین بـر حسـب متر و h ارتفاع ستون مایع در لوله مویین از سطح محلـول بـر حسـب متر می‌باشد.

به منظور اندازه‌گیری اثر امولسیون کننده علف‌کش و روغن‌هـای معدنی بر کشش سطحی آب (آب مقطر) آزمایشـی بـه صـورت طـرح کاملاً تصادفی ترتیب داده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱-آب مقطر ۲- محلول آبی محتوی ۴۵ گرم ماده مؤثره علف‌کـش مزوسـولفورون متیل +سولفوسولفورون در لیتر آب مقطر ۳- محلول های علف‌کشـی به همراه غلظت‌های ۱ و ۲ در صد حجمی روغن‌های معدنی (مجموعاً ۱۴ تیمار) در چهار تکرار بودند. مقدار علف‌کش اضافه شـده بـه یـک لیتر آب بر اساس مقدار لازم آن در کالیبره کردن سـمپاش بـه دسـت آمد. برای آنـالیز آمـاری از نـرم‌افـزار SAS اسـتفاده و بـرای مقایسـه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر مواد افزودنی بر کشش سطحی آب مقطر

نتایج تجزیه واریانس تأثیر غلظت‌های مختلف مـواد افزودنـی بـر کشـش سـطحی محلـول علـف‌کـش مزوسـولفورون متیـل + سولفوسولفورون در (جدول ۱) آورده شده است. تمامی مـواد افزودنـی مورد آزمایش به طور معنـی‌داری ($P<۰/۰۱$) موجـب کـاهش کشـش سطحی محلول علـف‌کـش مزوسـولفورون متیـل + سولفوسـولفورون شدند (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده کاربرد علف‌کش به تنهایی و مواد افزودنی بر کشش سطحی آب مقطر

Table 1- ANOVA table for main effects of herbicide application alone and with surfactants on water surface tension

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degree of freedom	کشش سطحی Surface tension
تیمار Treatment	13	734.76**
خطا Error	42	8.29
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variance	-	6.94

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

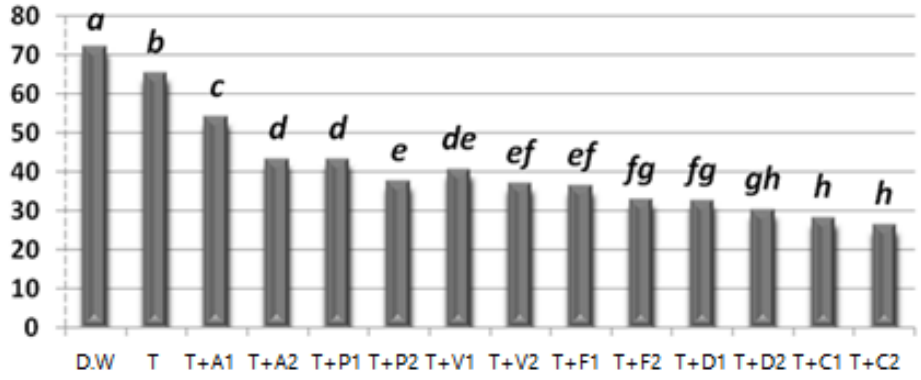
(**: Significant different at 1% probability level)

همـان طورکـه در (شـکل ۱) ملاحظـه مـی‌شـود، فرمولاسـیون علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون بـه تنهـایی موجـب کاهش معنی‌داری در کشش سطحی آب مقطـر شـد. بـه طـوری‌کـه افزودن فرمولاسیون این علف‌کش به آب مقطر موجب کـاهش ۹/۴۳

www.SID.ir

Archive of SID

درصدی کشش سطحی آن شد. کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون احتمالاً به دلیل وجود مواد بی‌اثر (که به صورت تحریک کننده فعالیت زیستی عمل می کنند) در فرمولاسیون می‌باشد (۱۳). در بین مواد افزودنی مورد مطالعه، سیتوگیت (مویان غیر یونی) و آدیگور (روغن بذر کلزای متیله شده) به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را در کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون داشتند (شکل ۱). بطور کلی، ترتیب قدرت مواد افزودنی مورد مطالعه در کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون به صورت زیر بود (شکل ۱): آدیگور > پروپل > ولک > فریگیت > دی آکتیل > سیتوگیت



شکل ۱- تأثیر کاربرد علف‌کش (توتال) و غلظت مواد افزودنی بر کشش سطحی (میلی نیوتون بر متر) آب مقطر

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح احتمال یک درصد با هم‌دیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

(DW: آب مقطر، T: علفکش توتال به تنهایی، T+A1: علفکش توتال+ آدیگور (۱٪)، T+A2: علفکش توتال+ آدیگور (۲٪)، T+P1: علفکش توتال+پروپل (۱٪)، T+P2: علفکش توتال+ پروپل (۲٪)، T+V1: علفکش توتال+ ولک (۱٪)، T+V2: علفکش توتال+ولک (۲٪)، T+F1: علفکش توتال+فریگیت (۱٪)، T+F2: علفکش توتال+ فریگت (۲٪)، T+D1: علفکش توتال+ دی اکتیل (۱٪)، T+D2: علفکش توتال+ دی اکتیل (۲٪)، T+C1: علفکش توتال+ سیتوگیت (۱٪)، T+C2: علفکش توتال+ سیتوگیت (۲٪))

Figure 1- Effect of mesosulfuron-methyl+sulfosulfuron (Total®) application with different surfactants concentrations on distilled water surface tension

Means with the same letter are not significantly different (P≤ 0.01) according to Least Significant Different (LSD) test.
DW: Distilled Water, T: Total®, T+A1: Total®+Adigor (1%), T+A2: Total®+Adigor (2%), T+P1: Total®+ Propel (1%), T+P2: Total®+ Propel (2%), T+V1: Total®+Volk (1%), T+V2:Total®+Volk (2%), T+F1: Total®+Frigate (1%), T+F2: Total®+Frigate (2%), T+D1: Total®+D-actil (1%), T+D2: Total®+D-actil (2%), T+C1:Total®+Citogate (1%), T+C2: Total®+Citogate (2%).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد اندازه گیری در آزمایشات گلخانه‌ای تأثیر مواد افزودنی بر کارایی غلظت‌های مختلف علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون (توتال) در کنترل علف هرز یولاف وحشی

Table 2- ANOVA table for greenhouse experiments traits of surfactants effects on different concentration herbicide (mesosulfuron-methyl+sulfosulfuron (Total)^{R}) application efficacy on *Avena ludoviciana* control

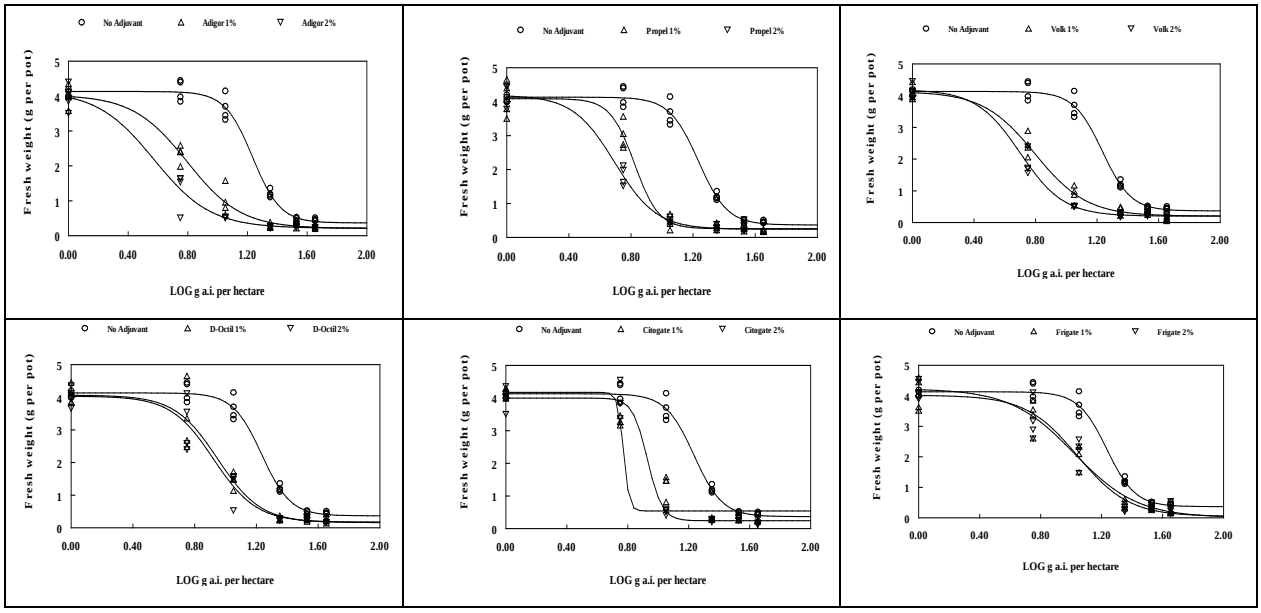
منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی Degree of freedom	وزن خشک Dry matter	وزن تازه Fresh weight
غلظت علفکش Herbicide dose	5	4.25**	134.06**
ماده افزودنی Surfactant	12	0.04**	2.42**
اثرات متقابل Herbicide dose*Surfactant	60	0.01*	0.80**
خطا Error	234	-	0.09
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of variance	-	23.16	20.31

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

* , **: Significant different at 5% and 1% probability level, respectively.

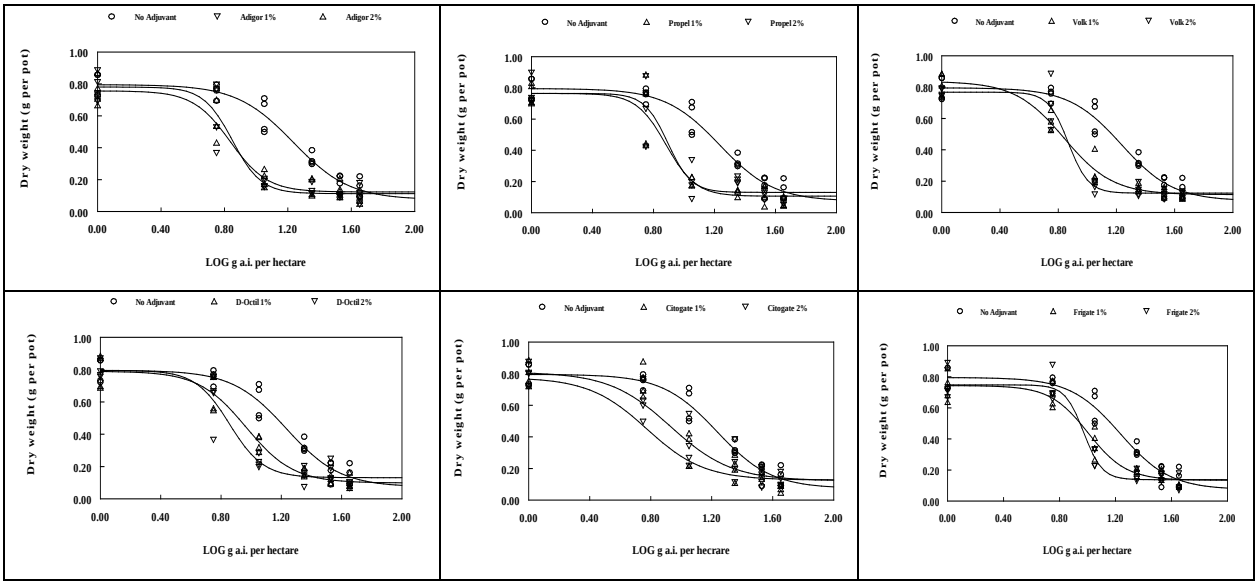
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- منحنی‌های دوز- پاسخ وزن تازه یولاف وحشی به مقادیر مختلف علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون (توتال) به تنهایی و به همراه غلظت‌های ۱ و ۲ درصد مواد افزودنی

Figure 2- Logistic dose-Response curves describing *Avena ludoviciana* fresh weight response against the dose of mesosulfuron-methyl+sulfosulfuron (Total)^{R} alone, and in mixture with surfactants at 1% and 2% concentration



شکل ۳- منحنی‌های دوز- پاسخ وزن خشک یولاف وحشی به مقادیر مختلف علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون (توتال) به تنهایی و به همراه غلظت‌های ۱ و ۲ درصد مواد افزودنی

Figure 3- Logistic dose-Response curves describing *Avena ludoviciana* dry matter response against the dose of mesosulfuron-methyl+sulfosulfuron (Total)^{R} alone, and in mixture with surfactants at 1% and 2% concentration

اگرچه در تمامی مواد افزودنی مورد مطالعه افزایش غلظت باعث کاهش بیشتر کشش سطحی محلول علف‌کش شد، ولی تنها بین غلظت‌های ۱ و ۲ درصد مواد افزودنی آدیگور و پروپل اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) مشاهده شد.

تأثیر مواد افزودنی بر کارایی علف‌کش

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک و وزن تازه (جدول ۲) نشان داد که در سطح احتمال یک درصد غلظت‌های مختلف علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون و نوع ماده افزودنی مورد

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده دارای اثرات معنی‌داری در بهبود کارایی کنترل علف هرز یولاف وحشی داشته است.

شکل‌های ۲ و ۳ نیز منحنی‌های واکنش به مقدار علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون را برای وزن‌های خشک و تازه علف هرز یولاف وحشی را به صورت تفکیک شده برای هر یک از مواد افزودنی با دو غلظت ۱ و ۲ درصد را نشان می‌دهد.

همانطور که در اشکال ۲ و ۳ ملاحظه می‌شود که با افزودن ماده افزودنی منحنی به سمت چپ میل پیدا کرده که نشان‌دهنده افزایش کارایی علف‌کش است. بهترین تأثیر را آدیگور با غلظت ۲ درصد و کمترین تأثیر را فریگیت با غلظت ۱ درصد داشت.

نتایج این آنالیز رگرسیونی نشان می‌دهد که در این تحقیق مقادیر پارامترهای ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون برای صفت وزن تازه یولاف وحشی به ترتیب ۱۳/۰۹، ۱۷/۰۵ و ۲۶/۱۰ گرم ماده مؤثره در هکتار (جدول ۳) و برای صفت وزن خشک یولاف وحشی به ترتیب ۶/۷۵، ۱۵/۸۷ و ۳۱/۳۹ گرم ماده مؤثره در هکتار (جدول ۴) به دست آمد. همانطور که از نتایج آنالیز رگرسیونی پیداست، در حضور مواد افزودنی مقادیر ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} برای وزن تازه و وزن خشک علف هرز یولاف وحشی به طور قابل توجهی کاهش یافت. این نشان‌دهنده تأثیر مواد افزودنی در افزایش کارایی این علف‌کش در کنترل یولاف وحشی می‌باشد. (جداول ۳ و ۴).

جدول ۳- ضرایب رگرسیون غیرخطی تأثیر مواد افزودنی‌ها بر کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون (توتال) بر وزن تازه علف هرز یولاف وحشی

Table 3- None linear regression coefficients of surfactants effects on mesosulfuron+ sulfosulfuron (Total)® herbicide efficacy on fresh weight of *Avena ludoviciana*

علف‌کش+ ماده افزودنی Herbicicide+surfactant (غلظت درصد حجم به حجم (v/v٪)) (Percent concentration v/v %)	ED10	ED50	ED90	b	C	D
	(گرم ماده مؤثره در هکتار) (gr a.i./ha)					
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون بدون ماده افزودنی (۰) Mesosulfuron+ Sulfosulfuron (without surfactant)	13.09	17.05	26.10	10.82	0.36	4.13
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + فریگیت (۱٪) Mesosulfuron+ Sulfosulfuron+Ferigate (1%)	6.47	10.65	24.90	5.92	0.05	4.01
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + فریگیت (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Ferigate (2%)	3.48	9.91	24.32	4.80	0.01	4.23
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + سیتوگیت (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Citogate (1%)	5.39	5.95	6.93	53.55	0.54	4.17
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + سیتوگیت (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Citogate (2%)	6.45	8.52	11.06	20.60	0.24	3.99
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + دی آکتیل (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+D-actil (1%)	4.35	8.81	17.24	7.18	0.15	4.06
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + دی آکتیل (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+D-actil (2%)	4.15	8.35	16.68	7.24	0.17	4.03
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + ولک (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Volk (1%)	2.78	6.41	16.20	5.93	0.20	4.12
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + ولک (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Volk (2%)	2.50	5.03	10.30	7.07	0.20	4.18
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + پروپل (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Propel (1%)	4.49	6.67	10.13	12.85	0.25	4.08
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + پروپل (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Propel (2%)	2.57	5.02	10.37	7.45	0.24	4.18
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + آدیگور (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Adigor (1%)	2.60	6.23	14.98	5.51	0.20	4.03
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + آدیگور (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Adigor (2%)	1.70	3.90	10.03	5.24	0.21	4.14

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- ضرایب رگرسیون غیرخطی تأثیر مواد افزودنی‌ها بر کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون (توتال) بر وزن خشک علف هرز یولاف وحشی

Table 4- None linear regression coefficients of surfactants effects on mesosulfuron+ sulfosulfuron (Total)® herbicide efficacy dry matter of *Avena ludoviciana*

علف‌کش + ماده افزودنی Herbicicide+surfactant (غلظت درصد حجم به حجم (v/v٪)) (Percent concentration v/v %)	ED10	ED50	ED90	b	C	D
	(گرم ماده مؤثره در هکتار) (gr a.i./ha)					
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون بدون ماده افزودنی (۰) Mesosulfuron+ Sulfosulfuron (without surfactant)	6.75	15.87	31.39	5.61	0.07	0.79
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + فریگیت (۱٪) Mesosulfuron+ Sulfosulfuron+Ferigate (1%)	5.97	10.54	35.56	7.30	0.13	0.74
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + فریگیت (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Ferigate (2%)	5.89	9.53	14.57	15.11	0.13	0.76
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + سیتوگیت (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Citogate (1%)	6.05	9.56	35.07	11.27	0.14	0.79
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + سیتوگیت (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Citogate (2%)	3.28	8.58	23.15	5.00	0.12	0.80
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + دی آکتیل (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+D-actil (1%)	4.26	9.28	20.48	6.37	0.09	0.78
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + دی آکتیل (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+D-actil (2%)	4.14	7.43	16.07	8.80	0.13	0.79
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + ولک (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Volk (1%)	5.07	7.41	17.44	5.98	0.11	0.83
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + ولک (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Volk (2%)	3.23	7.15	11.56	14.54	0.12	0.76
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + پروپل (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Propel (1%)	4.73	7.80	14.27	10.29	0.10	0.76
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + پروپل (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Propel (2%)	5.42	8.09	16.24	13.06	0.13	0.76
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + آدیگور (۱٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Adigor (1%)	4.53	7.12	11.42	11.01	0.11	0.78
مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون + آدیگور (۲٪) Mesosulfuron+Sulfosulfuron+Adigor (2%)	3.87	7.08	11.38	8.50	0.12	0.75

D بالاترین حد داده‌ها که نشان‌دهنده مقاومت گیاهان می‌باشد و C پایین‌ترین حد داده‌ها که نشان‌دهنده کنترل علف‌های هرز می‌باشد، b شیب در نقطه ED_{50} می‌باشد. ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} به ترتیب نشان‌دهنده مقدار علف‌کش مورد نیاز برای کاهش بیومس به میزان ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد می‌باشد.

D, is the area of the upper limit and showed the measurement of crop tolerance and C is the area of the lower limit and showed measurement of weed control. b is the gradient on ED50. ED10, ED50 and ED90 are the doses required to affect the response of 10%, 50% and 90% respectively, commonly used to compare general effects of herbicides on plants.

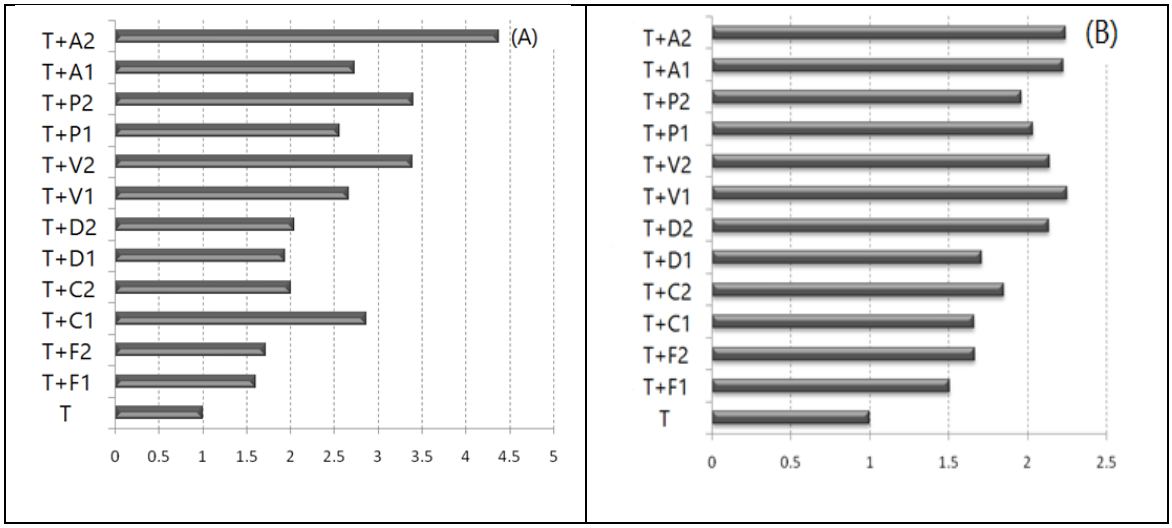
پتانسیل نسبی (R)

مقادیر پتانسیل نسبی یا فعالیت شاخ و برگی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون در حضور تمامی مواد افزودنی به طور قابل توجهی از یک بیشتر بود که نشان‌دهنده آن است که وقتی مواد افزودنی را به محلول علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون اضافه شد موجب افزایش قابل توجه در کارایی می شود. نتایج پتانسیل‌های نسبی نشان داد که ماده افزودنی آدیگور با غلظت ۲ درصد بر اساس داده‌های وزن تازه و خشک به ترتیب کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون را تقریبا به اندازه ۴/۳۷ و ۲/۲۴ برابر بهبود داده است (شکل ۴). ولی ماده افزودنی فریگیت با غلظت ۱ درصد بر اساس داده‌های وزن تازه و خشک به ترتیب کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون را تقریبا به اندازه ۱/۵۹ و ۱/۵۰ برابر بهبود داده است (شکل ۴). بطور کلی، ترتیب کارایی مواد افزودنی مورد مطالعه در بهبود کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون در کنترل علف هرز یولاف وحشی را می‌توان به صورت زیر عنوان نمود (جداول ۳ و ۴):

آدیگور > پروپل > ولک > دی آکتیل > سیتوگیت > فریگیت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- پتانسیل نسبی کاربرد غلظت‌های ۱ و ۲ درصد حجم به حجم از مواد افزودنی به همراه علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون (توتال) در کنترل وزن تازه (A) و وزن خشک (B) یولاف وحشی

T+A2: علفکش توتال+ آدیگور (۲٪)، T+A1: علفکش توتال+ آدیگور (۱٪)، T+P2: علفکش توتال+پروپل (۲٪)، T+P1: علفکش توتال+ پروپل (۱٪)، T+V2: علفکش توتال+ ولک (۲٪)، T+V1: علفکش توتال+ولک (۱٪)، T+D2: علفکش توتال+ دی اکتیل (۲٪)، T+D1: علفکش توتال+ دی اکتیل (۱٪)، T+C2: علفکش توتال+ سیتوگیت (۲٪)، T+C1: علفکش توتال+ سیتوگیت (۱٪)، T+F2: علفکش توتال+فریگیت (۲٪)، T+F1: علفکش توتال+ فریگت (۱٪)، T: علفکش توتال به تنهایی.

Figure 4- Application relative potential of 1% and 2% surfactant concentrations (Vsurf./Vherb.) with mesosulfuron+ sulfosulfuron (Total)® herbicide on control of *Avena ludoviciana* dry matter (B) and fresh weight (A)

T+A2: Total®+Adigor (2%), T+A1: Total®+Adigor (1%), T+P2: Total®+ Propel (2%), T+P1: Total®+ Propel (1%), T+V2: Total®+Volk (2%), T+V1:Total®+Volk (1%), T+D2: Total®+D-actil (2%), T+D1: Total®+D-actil (1%), T+C2: Total®+Citogate (2%), T+C1: Total®+Citogate (1%), T+F2: Total®+Frigate (2%), T+F1: Total®+Frigate (1%), T: Total®.

سیتوگیت در مقایسه با فریگیت موجب افزایش بیشتری در کارایی کنترل مزوسولفورون متیل+ سولفوسولفورون شد. احتمالا دلیل کارایی بیشتر مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون در حضور سیتوگیت نسبت به فریگیت به خاطر کشش سطحی پایین‌تری باشد که سیتوگیت در محلول علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون ایجاد کرده است (شکل ۱). این نتایج با نتایج علی وردی و همکاران (۲) همخوانی دارد. مطالعات قبلی در این زمینه بیانگر صحت نتیجه فوق هستند. به طوری‌که سیتوگیت موجب افزایش ۶۱ درصدی کارایی مخلوط دو علف‌کش پیرامین و بتانال آ- ام در کنترل علف‌های هرز پهن برگ مزارع چغندرقند و موجب افزایش ۹ درصدی عملکرد ریشه چغندرقند شده است (۵). همچنین سیتوگیت موجب افزایش کارایی توفوردی و گلیفوسیت در کنترل پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis*) شده است (۴). با توجه به نتیجه بالا، می‌توان دریافت که کارایی مواد افزودنی روغنی (آدیگور، پروپل و ولک) در مقایسه با مواد افزودنی مویانی (دی آکتیل، سیتوگیت و فریگیت) در بهبود کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون در کنترل علف هرز یولاف وحشی بیشتر می‌باشد. این نتیجه در اغلب گزارشات قبلی به تأیید رسیده است (۴). بالا بودن کارایی مواد افزودنی روغنی در مقایسه با مواد افزودنی مویانی در بهبود کارایی علف‌کش می‌تواند به چند دلیل عمده و مهم نسبت داد. یکی از این دلایل مهم این است که مواد افزودنی روغنی با داشتن خاصیت چربی دوستی بالا موجب تخریب کوتیکول (۱۳) و یا حل شدن کوتیکول (۱۰) می‌شوند. این عمل موجب می‌شود که مولکول علف‌کش به راحتی از کوتیکول برگ عبور کند و عبور راحت‌تر مولکول علف‌کش موجب افزایش جذب علف‌کش به درون گیاه شده و این عمل موجب می‌شود که محل‌های عمل علف‌کش بیشتری در درون گیاه باز داشته شود و در نتیجه کارایی علف‌کش در کنترل علف هرز بالاتر رود (۶، ۱۳، ۳، ۱۸ و ۱۶). دلیل مهم دیگری که مواد افزودنی روغنی مورد استفاده در این آزمایش همانند مواد افزودنی مویانی موجب افزایش کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون در کنترل یولاف وحشی شده اند را می‌توان به کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش به وسیله این مواد افزودنی روغنی دانست (شکل ۱). با این وجود، با توجه به نتایج کشش سطحی، با وجود اینکه مواد افزودنی مویانی موجب کاهش کشش سطحی بیشتری در مقایسه با مواد افزودنی روغنی شدند (شکل ۱) ولی مواد افزودنی روغنی موجب بهبود بیشتر کارایی علف‌کش مزوسولفورون متیل + سولفوسولفورون شد (شکل ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1- Aliverdi A., Rashed Mohassel M.H., and Nassiri Mahallati M. 2010. Study the effect of citogate and frigate surfactants in efficacy of Mesosulfuron + Iodosulfuron (Shovalieh) for wild oat (*Avena ludoviciana* L.) control. p. 344-347. Proceedings of 3rd Iranian Weed Science Congress. 17&18 Feb. 2010. Iranian Society of Weed Science. (In Persian with English abstract)

2- Aliverdi A., Rashed Mohassel M.H., Zand E., and Nassiri Mahallati M. 2010. Optimizing the efficacy of Clodinafop-propargyl and Tribenuron methyl Herbicides and their mixtures with citogate and frigate surfactants on Wild Oat (*Avena ludoviciana* L.) and Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) control. MS.c Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English abstract)

3- Bunting J.A., Sprague C.L., and Riechers D.E. 2004. Proper adjuvant selection for Foram sulfuron activity. Crop Protection 23: 361-366.

4- Faraji M.S., Beheshtian Mesgaran M., Abbasi R., Nosrati I., and Alizadeh H.M. 2006. Chemical control of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) in the fallow year, a study on reduced doses and adjuvants effects. 412-416. Proceedings of 1st Iranian Weed Science Congress. 25&26 Jan. 2006. Plant Pests & Diseases Research Institute. (In Persian with English abstract)

5- Ghanbari Birgani D., Hosseinpoor M., Abdollahian Noughabi M., and Shimi P. 2006. Investigation on mixture of herbicides and oil adjuvant for increased efficacy in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). 404-407. Proceedings of 1st Iranian Weed Science Congress. 25&26 Jan. 2006. Plant Pests & Diseases Research Institute. (In Persian with English abstract)

6- Hazen J.L. 2000. Adjuvants terminology, classification and chemistry. Weed Technology 14: 773-784.

7- Jensen L.L. 2003. Enhancement of herbicide by silicone surfactant. Weed Science 21: 130-135.

8- Kudsk P., and Mathiassen S.K. 2007. Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameters. Crop Protection 26: 328-334.

9- Neilsen O.K., Ritz C.H., and Streibig J.C. 2004. Nonlinear mixed model regression to analyze herbicide dose-response relationships. Weed Technology 18: 30-37.

10- Ramsey R.J.L., Stephenson G.R., and Hall J.C. 2005. A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. Pesticide Biochemistry and Physiology 82: 162-175.

11- Rao V.S. 2000. Principles of weed science. 2ed. Science Publishers, Inc. USA.

12- Rashed Mohassel M.H., Rastgoo M., Mousavi S.K., Valiallah pour R., and Haghighi A. 2006. Weed Science Compendium. Ferdowsi University Press. (In Persian)

13- Rashed-Mohassel M.H., Aliverdi A., Hamami H., and Zand E. 2010. Optimizing the performance of diclofop-methyl, cycloxydim, and clodinafop-propargyl on littleseedcanarygrass (*Phalaris minor*) and wild oat (*Avenaludoviciana*) control with adjuvants. Weed Biology and Management 10: 57-63.

14- Ross M.A., and Lembi C.A. 1999. Applied Weed Science, Prentice Hall. Inc.

15- Shariatmadari Tehrani M., Nabavi Kalat M., and Bazoobandi M. 2012. Optimizing the efficacy of Clodinafop-propargyl Herbicide on Littleseed canarygrass (*Phalaris minor* Retz.) M.Sc. Thesis. Islamic Azad University, Mashhad Branch. (In Persian with English abstract)

16- Sharma S.D., and Singh M. 2000. Optimizing foliar activity of glyphosate on *Bidens frondosa* and *Panicum maximum* with different adjuvant types. Weed Research 40: 523-533.

17- Vijay K., Daniel H., and Reddy N. 2007. Formulation and adjuvant effect on uptake and Translocation of clethodium in bermudagrass (*Cyndon dactylon).* Weed Science 55: 6-11.

18- Young B.G., and Hart S.E. 1998. Optimizing foliar activity of isoxaflutole on giant foxtill (*Setaria faberi*) with various adjuvants. Weed Science 46: 397-402.

19- Zand E., Mousavi S.K., and Heidari A. 2008. Herbicides & their Application. Ferdowsi University Press. (In Persian)

www.SID.ir

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No. 1, Spring 2019, P. 45-55

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۵۵-۴۵

Optimizing the Efficacy of Mesosulfuron-methyl + Sulfosulfuron (Total)^{R} Herbicide on Wild Oat (*Avena Ludoviciana* L.) Control Using Mineral Oils

S. Farkhonde[1]- L. Alimoradi[2]*- K. Kalarestaghi[3]

Received: 22-06-2013
Accepted: 08-12-2013

Introduction: Nowadays, concerns about side-effects of herbicides on human health and environment leading to increase the cost of new herbicide registration or reduce the old herbicide efficacy. Surfactants could increase the efficacy of post-emergence herbicides, due to reduction of herbicide solution surface tension. Surfactants may improve the herbicide effects and hence, reduce the amount of used herbicide to achieve the same results and this decreases the cost of herbicide application and the environmental effects. Surfactants are used in order to optimize the herbicide leaf uptake. They prevent the herbicide crystallization on leaf surface, herbicide drift and light composition. They improve the water quality for herbicide application, reduce the contact angle of herbicide droplet and also they spread and stick the herbicide droplet on leaf surface and facilitate the herbicide penetration into leaf cuticle. Some of surfactants are herbicide modifier, extender, and sometimes are safener or synergist.

This study was conducted in order to determine whether the efficacy of mesosulfuron-methyl+sulfosulfuron (Total^{R}) herbicide on *Avena ludoviciana* control, could be improved by adding mineral oil surfactants.

Materials and Methods: In order to study the efficacy of different mineral oil surfactants in mixture with Total^{R} herbicide on *Avena ludoviciana* control, an experiment was conducted at research greenhouse, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, in 2012. The study was a factorial experiment based on Completely Randomized Block (CRB) design, with four replications. The treatments were different Total^{R} herbicide concentrations (0, 5.625, 11.25, 22.50, 33.75, 45 gr a.i. /hectare) as factor A and factor B was different surfactants (Adigor, Propel, Volk, Citogate, Frigate and D-actil at 1% and 2% (v/v)) and distilled water as control. The seeds from *Avena ludoviciana* populations were collected from cropping fields of Mashhad Agricultural and Natural Resources Research Center, and were stored at dark incubator 4±1^{o}C, during 72 hours. Then, the seeds were dehulled and placed in petri dishes and incubated for 48 hours at 4-5^{o}C in darkness for dormancy breaking. The seeds were sown in potting tray (3*3*5 cm) filled with moistened peat. The trays were transported to germinator with 16/8 hour day/night and 20/10^{o}C temperature. One week after sowing, when the seedlings were at one leaf stage, ten seedlings were transplanted in each plastic pots, that filled by mixture of soil, humus and silt (1:1:1 v/v/v). The pots were placed in greenhouse, 27±5/18±5^{o}C, day/night. The pots were irrigated 2 days intervals. After 1 week the plants were thinned to 5 seedlings in each pot. The treatments were applied at 5 leaves stage by using an overhead trolled sprayer (Matabi 121030 SuperAgro 20 L sprayer, equipped with an 8002 flat fan nozzle tip delivering 200 L/ha, 2 bar spray pressure). Four weeks after spraying, plant biomass in each pot was harvested and recorded as fresh weight. Then, the samples were oven-dried at 75^{o}C for 48 hours to measure the dry matter. The surface tension was measured by capillarity method. Logistic dose-response curves was used to describe the plant response (Fresh weight and dry matter of *Avena ludoviciana*) against the dose of herbicide alone or in mixture with surfactants at 1 and 2% concentration. Data were analyzed by SAS software, and mean comparison was done by LSD test (P<5%).

Results and Discussion: Results showed that, all surfactants reduced Total^{R} solution surface tension, significantly. Surface tension was reduced by Citogate, D-actil, Frigate, Volk, Propel, Adigor, respectively. ANOVA results also showed that different herbicide doses and surfactant type had significant effect on *Avena Ludoviciana* dry and fresh weight. When the logistic dose-response curve was fitted for the effect of Total® herbicide on *Avena loduviciana* dry matter and fresh weight, both of them showed the same trend. It was observed that addition of mineral oils to herbicide solution improved *Avena ludoviciana* control. ED10, ED50 and ED90 as the regression coefficients are 13.09, 17.05, 26.01 gr i.a./ha for fresh weight and 6.75, 15.87, 31.39 gr i.a./ha for dry matter, respectively. In presence of surfactants, ED10, ED50 and ED90 was reduced for *Avena ludoviciana* fresh weight and dry matter and this represent the surfactant effect on herbicide efficacy. Herbicide relative potential index was more than one, when surfactants were used in mix with herbicide. Addition of all surfactant increased the efficacy of herbicide in reducing avena biomass. The results also showed that, Adigor

1, 2 and 3- Former M.Sc. Student in Weed Science and Assistant Professors, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Respectively
(*- Corresponding Author Email: l.alimoradi@gmail.com)

www.SID.ir

Archive of SID

(2% concentration) improved the herbicide efficacy 4.37 and 2.24 based on fresh weight and dry matter. Generally, it is possible to rank the surfactants in order for their ability to enhance the efficacy of Total^{R} solution as Adigor, Propel, Volk, D-actil, Citogate and Frigate, respectively.

Conclusion: It is concluded that surface tension reduction ability may not be a correct index for surfactant selection. The efficacy improvement of tested herbicide by using mineral oils, may be due to solubilizing, softening, and disrupting the leaf cuticular wax by petroleum-based oils, despite the surface tension reduction of herbicide solution. This process can improve retention and diffusion of active ingredient of herbicide into cuticular wax. Consequently, more active ingredient arrives to site of action and a subsequent increases the effectiveness of herbicide.

Proper surfactant selection is a key factor for efficacious weed management via reducing herbicide rate, which is a main research priority. This research demonstrated that when surfactants were tank mixed with tested herbicide, the herbicidal efficacy on *Avena ludoviana* species significantly improved.

Keywords: Adigor, Surface tension, Surfactant

www.SID.ir