

بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌های کلتودیم و هالوکسی فوپ آر متیل استر در کنترل سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) با استفاده از میان سیتوگیت و روغن گیاهی منداب

سمیرا ابوعلی^۱، سهراب محمودی^۲ و حسین حمامی^{۳*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۸)

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی پتانسیل میان سیتوگیت و روغن گیاهی منداب بر افزایش کارایی کنترلی سوروف توسط علف‌کش‌های کلتودیم و هالوکسی فوپ آر متیل استر به صورت دو آزمایش گلخانه‌ای مجزا در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها در هر آزمایش شامل غلظت علف‌کش در هفت سطح (صفر، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه شده) و نوع ماده افزودنی در سه سطح (روغن منداب، سیتوگیت و بدون روغن) بود. نتایج اثر کاربرد مواد افزودنی به همراه علف‌کش کلتودیم بر وزن خشک اندام هوایی سوروف نشان داد که مقادیر ED_{۵۰} به ترتیب ۴/۵ و ۵/۴ درصد در حضور روغن منداب و سیتوگیت کاهش یافته است. در مورد وزن خشک ریشه نیز کاهش ED_{۵۰} به میزان ۲۲/۹ و ۲۱/۶ درصد به ترتیب در حضور روغن منداب و سیتوگیت مشاهده شد. نتایج کاربرد مواد افزودنی به همراه علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر نیز روند مشابهی را نشان داد. البته میزان افزایش کارایی در این علف‌کش در مقایسه با کلتودیم بیشتر بود. مقادیر ED_{۵۰} علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر بر اساس وزن خشک اندام هوایی به ترتیب ۱۴ و ۱۶/۳ درصد در حضور روغن منداب و سیتوگیت کاهش یافته است. مقادیر ED_{۵۰} علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر برای وزن خشک ریشه در حضور روغن منداب و سیتوگیت به ترتیب بیش از ۱۰ و ۷ برابر در مقایسه با عدم کاربرد مواد افزودنی بود. با توجه به نتایج این مطالعه کاربرد مواد افزودنی مناسب می‌تواند رهیافتی برای کاهش آلودگی زیست‌محیطی توسط علف‌کش‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: توانایی نسبی، باریک‌برگ، گلخانه، مواد افزودنی

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

* مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: hhamami@birjand.ac.ir

مقدمه

علف‌های هرز به دلیل رقابت برای فضا، آب، مواد غذایی و نور با گیاهان زراعی و باغی منجر به کاهش کمی و کیفی در تولید محصولات کشاورزی می‌شوند (۳۱). جلوگیری از کاهش عملکرد ناشی از علف‌های هرز تا حدود زیادی مشکل تأمین مواد غذایی برای جمعیت دنیا را می‌تواند رفع کند (۳ و ۴). یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های مدیریت علف‌های هرز استفاده از مواد شیمیایی یا همان علف‌کش‌ها است (۳۶). هر چند در بسیاری از موارد به دلیل پیامدهای زیست‌محیطی کاربرد علف‌کش‌ها سعی در عدم کاربرد آنها است ولی در برخی موارد به‌عنوان آخرین روش برای مدیریت علف‌های هرز چاره‌ای به‌جز استفاده از این ترکیبات وجود ندارد (۳۲). بنابراین بهینه‌سازی کاربرد علف‌کش‌ها علاوه بر کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی آنها می‌تواند کنترل مطلوب علف‌های هرز با هزینه کمتر را برای تولیدکنندگان محصولات کشاورزی فراهم کند (۱ و ۲). یکی از مؤثرترین، اقتصادی‌ترین و زودبازده‌ترین روش‌ها برای بهینه‌سازی و کاهش مصرف علف‌کش‌ها استفاده از مواد افزودنی است (۳۶). از آنجایی که معمولاً شرکت‌های سازنده سموم علف‌کش برای تأمین محبوبیت بین تولیدکننده‌های محصولات کشاورزی و کسب سود و منافع بیشتر و همچنین تبلیغ محصولات توسط خود کشاورزان توصیه به کاربرد بیشترین مقدار ممکن می‌کنند؛ بنابراین معمولاً مقدار سم مورد نیاز برای کنترل علف‌های هرز مقداری کمتر از مقادیر توصیه شده است (۲ و ۳). البته باید بیان کرد که غلظت‌های توصیه شده برای کاربرد علف‌کش‌ها، معمولاً برای کنترل علف‌های هرز در شرایط متغیر محیطی و رشدی و همچنین تراکم‌های بالا توصیه می‌شود و این مقدار ممکن است در حالت عادی بسیار بیشتر از مقدار مورد نیاز لازم برای کنترل علف‌های هرز باشد (۲ و ۳).

عوامل محیطی مانند گرما، سرما، نور شدید، باد، بارندگی، تنش‌های خشکی و شوری و غیره از جمله عوامل خارج از کنترل توسط کاربر هستند که بر کارایی علف‌کش‌ها تأثیر

می‌گذارند (۱۷). با وجود این در هر شرایط مساعد یا نامساعد محیطی استفاده از مواد افزودنی می‌تواند از طریق بهبود ویژگی‌های محلول علف‌کش و همچنین تخریب کوتیکول امکان رسانش بیشتر علف‌کش به محل هدف در علف‌های هرز را افزایش دهند (۳۵ و ۳۶). از این‌رو امروزه می‌توان با هدف کاهش اثرات زیست‌محیطی مخرب علف‌کش‌ها کاربرد مواد افزودنی را با توجه به نوع علف‌کش توصیه کرد (۳۵ و ۳۶).

نتایج آزمایش‌های انجام شده توسط پژوهشگران مختلف نشان داده است که کاربرد مواد افزودنی به‌همراه علف‌کش‌های برگ‌مصرف منجر به افزایش نگهداری و جذب علف‌کش‌ها روی سطح برگ، دیرتر خشک شدن قطره‌ها روی سطح برگ، افزایش نفوذ علف‌کش‌ها به داخل برگ و درنهایت افزایش رسانش علف‌کش‌ها به محل هدف می‌شود که موجب کارایی بیشتر این علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز می‌شود (۱۱).

علف‌کش کلتودیم با نام تجاری سلکت، از خانواده شیمیایی هیدروکسی اکسوسیکلوهگزین کربالدهید اکسیم است (۶). علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر با نام تجاری گالانت سوپر، از خانواده شیمیایی هیدروکسی فنوکسی ایزوپروپونیک اسید است. این علف‌کش‌ها برگ‌مصرف و سیستمیک هستند و برای کنترل انتخابی باریک‌برگ‌های یک‌ساله و چندساله نظیر سوروف، ارزن، قیاق، پنجه‌مرغی و غلات خودرو در محصولات پهن‌برگ استفاده می‌شوند. این علف‌کش از نظر نحوه عمل بازدارنده استیل کوآنزیم آکربوکسیلاز محسوب می‌شوند. گیاهان پهن‌برگ به دلیل نداشتن محل هدف حساس (استیل کوآنزیم آکربوکسیلاز غیر حساس) به این علف‌کش‌ها واکنشی نشان نمی‌دهند (۶ و ۳۵).

سوروف گیاهی یک‌ساله، متعلق به خانواده گندمیان و دارای سیستم فتوسنتزی C₄ است که به‌وسیله بذر تکثیر می‌شود و در بیش از ۳۶ محصول کشاورزی به دلایلی همچون قدرت رقابت بالا (۲۴)، خاصیت دگرآسیبی شدید (۱۹)، قدرت تولید بذر زیاد با طول عمر بالا (۵، ۷ و ۸)، خواب بذر (۳۴)، قدرت گسترش زیاد (۲۱) و همچنین مقاومت به علف‌کش‌ها (۱۸) و

تنک شدند (۳۰ و ۳۲). گیاهان در مرحله سه تا چهار برگگی کامل با استفاده از سم‌پاش کتابی مدل ماتابی پلاس با نازل تی جت شماره ۸۰۰۱، تحت تیمار قرار گرفتند. سم‌پاش با حجم ۲۵۰ لیتر آب در هکتار و فشار دو بار کالیبره شد. دمای گلخانه به صورت دمای روزانه 25 ± 3 و دمای شبانه 15 ± 3 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی نیز 45 ± 5 درصد تنظیم شده بود. به منظور توزیع مناسب روغن منداب در محلول پاشش علف‌کش و عدم تشکیل میسل، از امولسیون کننده سیتوگیت به مقدار پنج درصد حجمی استفاده شد. ۲۸ روز پس از سم‌پاشی، برداشت اندام هوایی و ریشه گیاهان انجام شد. سپس به منظور اندازه‌گیری زیست‌توده تولیدی خشک، نمونه‌ها در درون آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و ۷۲ ساعت بعد با ترازویی به دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

از تکنیک وایازی غیرخطی با استفاده از بسته نرم‌افزاری drc در نرم‌افزار (ver ۲.۱۳) R برای تجزیه و تحلیل استفاده شده و از برازش معادله سیگموئیدی چهار پارامتری (معادله ۱) به زیست‌توده اندام هوایی و ریشه استفاده شد و غلظت‌های علف‌کش برای ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد بازدارندگی زیست‌توده (ED_{10} ، ED_{50} و ED_{90}) محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش به کار گرفته شد (۲۷، ۲۸، ۲۹ و ۳۰):

$$F(x, b, c, d, e) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))} \quad (1)$$

در این معادله b ، شیب منحنی در نقطه e ، c حد پایین منحنی تلفات ماده خشک (تلفات زیست‌توده وقتی که مقدار کاربرد علف‌کش حداکثر است)، e غلظتی از علف‌کش که باعث ۵۰ درصد بازدارندگی رشد می‌شود و d ، حد بالای منحنی (زیست‌توده زمانی که مقدار کاربرد علف‌کش صفر است)، هستند. در مواردی که در معادله چهار پارامتری اثر پارامتر c از نظر آماری معنی‌دار نشد، آن را حذف و از معادله سه پارامتری لجستیک (معادله ۲) برای ارزیابی پاسخ زیست‌توده گیاه مذکور

(۲۳) به عنوان علف هرز مهم و مشکل ساز مطرح است. ارتفاع ساقه سوروف به ۱۲۰-۵۰ سانتی متر می‌رسد. دارای ساقه صاف، بدون کرک و راست که از محل طوقه منشعب می‌شود. گل آذین سنبله غیر متراکم، به تعداد ۲۰-۱۰ عدد و به رنگ زرد روشن در انتهای ساقه دارد. سنبلچه‌ها تخم‌مرغی شکل و دارای پوشه‌های نامساوی نوک‌دار، ریشک‌دار و پوشیده از خارهای راست و کوتاه است. بذر لخت سوروف به طول ۲/۵-۳/۵ میلی‌متر، براق، سخت و قهوه‌ای رنگ، یک طرف آن بسیار محدب و طرف دیگر آن مسطح و ریشه‌های الیافی سطحی دارد. یک بوته سوروف می‌تواند تا ۴۰ هزار بذر تولید کند (۱۶). با توجه به اهمیت کنترل سوروف در مناطق مختلف و دلایلی همچون تفاوت ویژگی‌های مواد افزودنی، در دسترس بودن ماده افزودنی، تفاوت فرمولاسیون‌ها، خصوصیات علف‌های هرز مانند ضخامت کوتیکول و زاویه برگ‌ها، شرایط محل مورد مطالعه و غیره، این آزمایش با هدف ارزیابی بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌های کلتودیم و هالوکسی فوپ آر متیل استر با استفاده از مویان سیتوگیت و روغن گیاهی منداب در کنترل علف هرز سوروف در شرایط گلخانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش غلظت پاسخ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در پاییز سال ۱۳۹۵ اجرا شد. بذرهای سوروف تحت تیمار خواب‌شکنی قرار گرفتند بدین منظور از تیمار اسید سولفوریک (به مدت یک دقیقه) استفاده شد (۳). سپس بذرها به مدت ۳۰ دقیقه با آب شیر شسته شدند. به منظور کاهش آلودگی سطحی با هیپوکلریت سدیم پنج درصد تیمار شدند. بذرها در سینی‌های کشتی حاوی پیت کشت و به منظور تأمین آب مورد نیاز برای جوانه زنی و رشد اولیه، تا ۱۵ روز به صورت روزانه آبیاری می‌شدند. ابتدای شروع رشد برگ دوم (۱۵ روز پس از کاشت)، گیاهچه‌ها به گلدان‌های دو لیتری حاوی خاک و خاک برگ منتقل شدند. یک هفته پس از انتقال گیاهچه‌ها گیاهان هر گلدان تا رسیدن به چهار بوته در گلدان

استفاده شد:

$$F(x, b, d, e, f) = c + \frac{d}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))} \quad (2)$$

به منظور مقایسه اثر اختلاف جابه‌جایی افقی (جابه‌جاشدگی افقی، بیانگر نسبت بین مقادیر علف‌کشی است که منتهی به پاسخ یکسانی می‌شوند) منحنی‌های پاسخ به غلظت از توانایی نسبی که از رابطه زیر محاسبه می‌شود، استفاده شد:

$$R = \frac{ED_{50a}}{ED_{50b}} \quad (3)$$

ED_{50a} نشان‌دهنده غلظت مؤثر ۵۰ درصد برای تیمار علف‌کش بدون ماده افزودنی و ED_{50b} نشان‌دهنده غلظت مؤثر ۵۰ درصد برای تیمار علف‌کش به علاوه ماده افزودنی است. اگر R برابر یک باشد، علف‌کش با و بدون ماده افزودنی دارای توانایی نسبی یکسانی خواهند بود. اگر R بزرگ‌تر از یک باشد، استفاده از مواد افزودنی توصیه می‌شود چون کارایی افزایش می‌یابد و اگر کمتر از یک باشد کارایی علف‌کش در حضور ماده افزودنی کاهش می‌یابد (۱۲، ۲۷، ۲۸ و ۲۹).

نتایج و بحث

اثر مواد افزودنی بر کارایی کلتودیم در کنترل سوروف

نتایج اثر کاربرد مواد افزودنی بر وزن خشک اندام هوایی سوروف در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون آزمایش به وسیله معادله سیگموئیدی چهار پارامتره نشان داد که کاربرد روغن گیاهی منداب و مویان معدنی سیتوگیت منجر به اثرات معنی‌داری در مقادیر پارامترهای ED_{90} و ED_{10} نشده است. این در حالی است که مقادیر ED_{50} به طور معنی‌داری کاهش یافته است. مقادیر ED_{50} در نتیجه کاربرد روغن گیاهی منداب و مویان معدنی سیتوگیت در مقایسه با عدم کاربرد این مواد افزودنی به ترتیب ۴/۵ درصد و ۵/۴ درصد کاهش یافت که نشان‌دهنده افزایش کارایی کلتودیم در کنترل سوروف است. با توجه به میزان افزایش کارایی در نتیجه کاربرد این مواد افزودنی، می‌توان برای بهبود

کارایی علف‌کش کلتودیم کاربرد سایر مواد افزودنی را توصیه کرد. نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد مواد افزودنی مناسب برای هر علف‌کش می‌تواند نتیجه مطلوب‌تری در افزایش اثر بیولوژیکی ماده مؤثره آن علف‌کش داشته باشد (۹).

هر چند برای افزایش کارایی کنترل‌کننده برخی از علف‌کش‌ها ماده افزودنی ثبت شده و روی برچسب آنها ذکر شده است. به عنوان مثال مواد افزودنی آدیگور و پروپیل برای کاربرد به همراه علف‌کش‌های پینوکسادن و ترالکوکسیدیم توصیه شده است. البته در برخی از فرم‌های تجاری این علف‌کش‌ها داخل فرمولاسیون به کار برده شده است در حالی که در برخی به همراه علف‌کش فروخته شده و توصیه به کاربرد به صورت افزودنی به مخزن است (۲۹). نتایج برخی از تحقیقات نشان داده است که کاربرد روغن‌های گیاهی به عنوان ماده افزودنی کارایی بیشتری در مقایسه با کاربرد روغن‌های معدنی دارد و برعکس در برخی از تحقیقات روغن‌های معدنی اثر بیشتری بر افزایش کارایی علف‌کش‌ها در مقایسه با روغن‌های گیاهی نشان داده‌اند. به عنوان مثال روغن‌های معدنی در مقایسه با روغن‌های گیاهی در مورد علف‌کش‌های ستوکسیدیم (۲۰)، ریم‌سولفورون (۳۳) و نیکوسولفورون (۲۲) کارایی بیشتری داشته در حالی که اثر بیشتر روغن‌های گیاهی در مقایسه با روغن‌های معدنی در مورد علف‌کش‌های پروپانیل (۱۴)، کلتودیم (۱۵) و کوین کلرک (۳۷) نیز بیان شده است.

نتایج اثر کاربرد مواد افزودنی بر وزن خشک ریشه سوروف در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون آزمایش به وسیله معادله سیگموئیدی چهار پارامتره نشان می‌دهد که کاربرد روغن گیاهی منداب و مویان معدنی سیتوگیت منجر به افزایش معنی‌داری کارایی کلتودیم می‌شود. مقادیر ED_{50} در نتیجه کاربرد روغن گیاهی منداب و مویان معدنی سیتوگیت در مقایسه با عدم کاربرد این مواد افزودنی به ترتیب ۲۲/۹ درصد و ۲۱/۶ درصد کاهش یافت. با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول ۲ می‌توان بیان داشت که افزایش توانایی نسبی به ۱/۲۹ و ۱/۲۷ در حضور روغن سیتوگیت و

جدول ۱. پارامترهای حاصل از برآزش داده‌ها به مدل چهار پارامتری سیگنوییدی لگاریتمی

توانایی نسبی	وزن خشک اندام هوایی سوروف				تیمارها
	ED _۰	ED _{۵۰}	ED _{۱۰۰}	ED _{۱۰۰}	
۱	۷۵/۱۰۲(۵/۷۹۲)	۴۶/۵۱۱(۱/۰۵۲)**	۲۸/۸۰۴(۲/۴۹۶)	۳/۲۷۶(۰/۰۵۹)**	کلتودیم + بدون ماده افزودنی
۱/۰۴	۷۳/۱۶۵(۵/۳۱۶)	۴۴/۴۱۳(۱/۰۲۹)**	۲۶/۹۵۹(۲/۱۸۳)	۳/۴۱۴(۰/۰۶۰)**	کلتودیم + مویان معدنی (سیتوگیت)
۱/۰۵	۶۵/۸۳۶(۳/۲۵۳)	۴۳/۹۸۹(۱/۰۶۱)**	۲۹/۳۹۱(۳/۱۳۴)	۳/۱۸۸(۰/۰۶۲)**	کلتودیم + روشن گیاهی (منداب)
وزن خشک ریشه سوروف					
۱	۶۶/۸۵۱(۲/۷۸۵)	۳۴/۵۷۷(۰/۸۳۳)**	۱۸/۰۷۴(۰/۸۷۱)	۶/۶۲۵(۰/۱۰۲)**	کلتودیم + بدون ماده افزودنی
۱/۲۹	۳۷/۶۰۰(۳/۳۵۰)	۲۶/۶۵۳(۰/۸۶۲)**	۱۸/۸۹۳(۰/۸۴۷)	۵/۶۸۲(۰/۱۰۲)**	کلتودیم + مویان معدنی (سیتوگیت)
۱/۲۷	۳۹/۴۶۳(۲/۹۰۱)	۲۷/۱۰۲(۰/۸۰۵)**	۱۸/۶۱۳(۰/۸۳۴)	۵/۶۱۰(۰/۱۰۲)**	کلتودیم + روشن گیاهی (منداب)

** سطح معنی‌داری در سطح یک درصد، اعداد داخل پرانتز بیانگر خطای استاندارد هستند، مقادیر ED_۰، ED_{۵۰} و ED_{۱۰۰} به ترتیب بیانگر مقدار علف‌کشی لازم برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد وزن خشک علف‌هز بین حدود بالا و پایین منحنی‌های واکنش به مقدار است، b: شیب منحنی در محدوده ED_{۵۰} است.

جدول ۲. پارامترهای حاصل از برآزش داده‌ها به مدل چهار و سه پارامتری سیگنوییدی وزن خشک اندام هوایی و ریشه سوروف و توانایی نسبی در تیمارهای مختلف علف‌کشی هالوکسی فوپ آر متیل استر

توانایی نسبی	وزن خشک اندام هوایی سوروف				تیمارها
	ED _۰	ED _{۵۰}	ED _{۱۰۰}	ED _{۱۰۰}	
۱	۲۱/۰۰۰(۳/۲۱۴)**	۱۱/۴۵۵(۰/۸۸۷)**	۶/۲۴۹(۱/۸۸۴)	۳/۵۷۴(۰/۱۶۲)**	هالوکسی فوپ آر متیل استر بدون ماده افزودنی
۱/۱۶	۱۳/۸۱۶(۱/۳۷۴)**	۹/۸۵۲(۰/۹۰۳)**	۶/۹۹۵(۱/۰۶۹)	۲/۵۲۵(۰/۱۶۶)**	هالوکسی فوپ آر متیل استر + مویان معدنی (سیتوگیت)
۱/۱۹	۱۴/۰۴۳(۱/۳۷۴)**	۹/۵۸۶(۰/۸۶۲)**	۶/۵۲۴(۰/۸۲۸)	۳/۵۵۶(۰/۱۶۵)**	هالوکسی فوپ آر متیل استر + روشن گیاهی (منداب)
وزن خشک ریشه سوروف					
۱	۵۱/۸۳۳(۸/۰۵۶)**	۸/۴۲۷(۰/۸۶۴)**	۱/۳۶۹(۰/۳۶۹)**	۵/۸۱۹(۰/۱۹۶)**	هالوکسی فوپ آر متیل استر بدون ماده افزودنی
۱/۰۹۴	۴۳/۷۷۴(۱۴/۳۹۳)**	۰/۷۷۰(۰/۵۶۴)**	۰/۱۳۰(۰/۰۲۲)**	۵/۷۹۶(۰/۱۹۷)**	هالوکسی فوپ آر متیل استر + مویان معدنی (سیتوگیت)
۷/۰۱	۲۰/۰۷۳(۲/۸۶۳)**	۱/۲۰۳(۰/۰۸۰)**	۰/۰۷۲(۰/۰۹۰)**	۵/۷۶۳(۰/۱۹۷)**	هالوکسی فوپ آر متیل استر + روشن گیاهی (منداب)

** سطح معنی‌داری در سطح یک درصد، اعداد داخل پرانتز بیانگر خطای استاندارد هستند، مقادیر ED_۰، ED_{۵۰} و ED_{۱۰۰} به ترتیب بیانگر مقدار علف‌کشی لازم برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد وزن خشک علف‌هز بین حدود بالا و پایین منحنی‌های واکنش به مقدار است، b: شیب منحنی در محدوده ED_{۵۰} است.

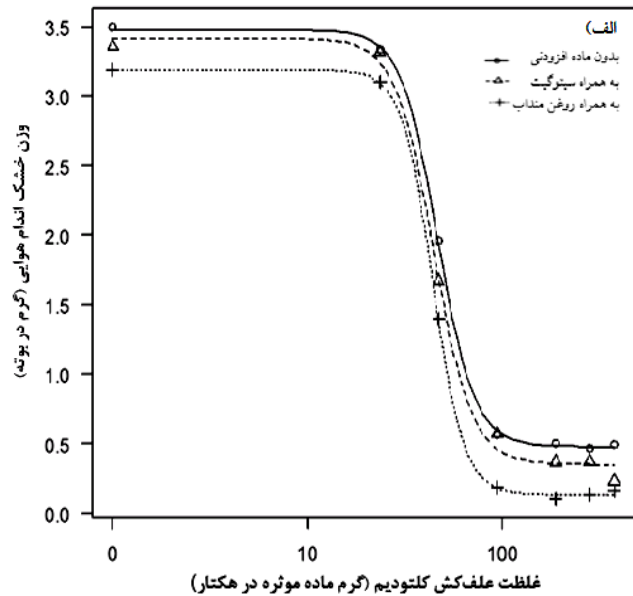
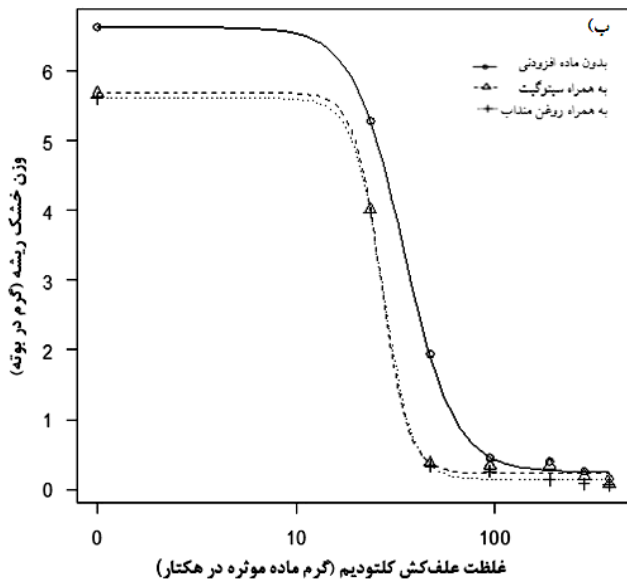
منداب نشان‌دهنده افزایش کارایی کنترل‌ریشه سوروف است. نتایج جدول ۱ نشان‌دهنده حساسیت بیشتر ریشه در مقایسه با اندام هوایی در صورت کاربرد کلتودیم در حضور مواد افزودنی است. از آنجا که علف‌کش کلتودیم سیستمیک است و از طریق سیستم آوندی سوروف به تمامی اندام‌ها می‌رسد به نظر می‌رسد که کاربرد سیتوگیت و روغن منداب باعث افزایش انتقال کلتودیم به ریشه‌ها شده و در نتیجه با توجه به حساسیت بیشتر ریشه باعث کاهش تولید زیست‌توده ریشه می‌شود. نتایج منتشر شده توسط شارما و سینگ (۳۱) دلیل افزایش کارایی روغن سیتوگیت به‌عنوان روغن معدنی را کاهش کشش سطحی دانسته درحالی که هازن (۱۱) تغییر حلالیت و نفوذپذیری کوتیکول را عامل اصلی افزایش کارایی علف‌کش‌ها در نتیجه کاربرد روغن‌های گیاهی دانسته است.

روند تغییر در منحنی‌های پاسخ به غلظت کلتودیم و وزن خشک اندام هوایی و ریشه سوروف در شکل ۱ نشان داده شده است. این منحنی‌ها و جابه‌جایی افقی آنها نشان‌دهنده افزایش کارایی کلتودیم در کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه سوروف است. نتایج ارائه شده در جدول ۱ و همچنین شکل ۱ نشان می‌دهد که کاربرد روغن منداب منجر به کارایی بیشتر کلتودیم در کاهش وزن خشک اندام هوایی سوروف می‌شود درحالی که این وضعیت در مورد وزن خشک ریشه سوروف برعکس است یعنی قدرت روغن سیتوگیت در کاهش وزن خشک ریشه بیشتر از روغن منداب است. نتایج آزمایش انجام شده توسط راشد و همکاران (۲۸) نشان‌دهنده افزایش بیشتر کارایی علف‌کش‌ها در صورت کاربرد روغن‌های گیاهی زیتون و کرچک در مقایسه با مویان معدنی فریگیت است که از نظر اثر بر وزن خشک اندام هوایی مشابه اثر کلتودیم بر وزن خشک اندام هوایی بوده درحالی که برعکس نتایج در مورد وزن خشک ریشه سوروف است.

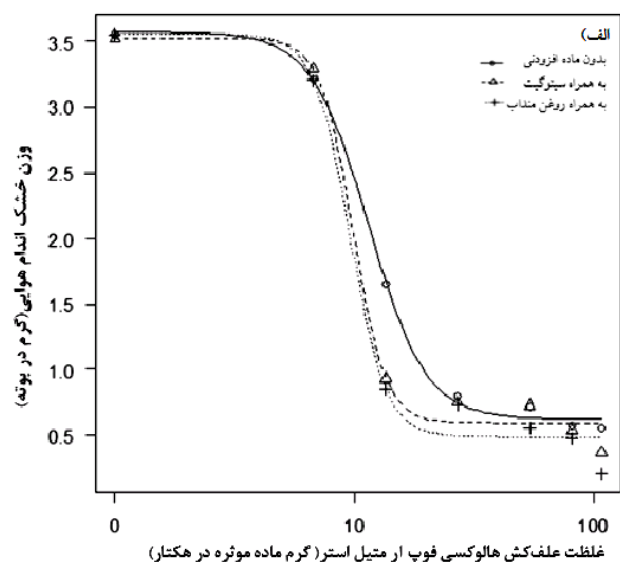
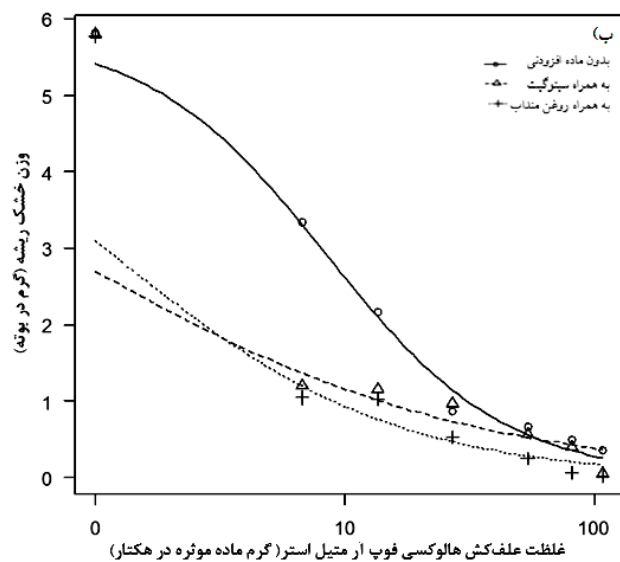
اثر مواد افزودنی بر کارایی هالوکسی فوپ آر متیل استر در کنترل سوروف
نتایج اثر کاربرد مواد افزودنی به‌همراه علف‌کش هالوکسی فوپ

آر متیل استر بر وزن خشک اندام هوایی سوروف در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون آزمایش به‌وسیله معادله سیگموئیدی چهار پارامتره نشان داد که کاربرد روغن گیاهی منداب و مویان معدنی سیتوگیت منجر به اثرات معنی‌داری در مقادیر پارامترهای ED_{50} و ED_{90} شده است. این در حالی است که مقادیر ED_{50} به‌طور معنی‌داری تغییر نکرده است. مقادیر ED_{50} در نتیجه کاربرد مویان معدنی سیتوگیت و روغن گیاهی منداب در مقایسه با عدم کاربرد این مواد افزودنی به ترتیب ۱۴ و ۱۶/۳ درصد کاهش یافت. همچنین مقادیر ED_{90} در نتیجه کاربرد مویان معدنی سیتوگیت و روغن گیاهی منداب در مقایسه با عدم کاربرد این مواد افزودنی به ترتیب ۱۴ و ۱۶/۳ درصد کاهش یافت. کاهش این پارامترها نشان‌دهنده افزایش کارایی هالوکسی فوپ آر متیل استر در کنترل سوروف است. با توجه به میزان افزایش کارایی در نتیجه کاربرد این مواد افزودنی، می‌توان در راستای بهبود کارایی علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر کاربرد این مواد افزودنی را توصیه کرد. مقادیر توانایی نسبی نیز گواه بر افزایش کارایی کنترل‌ریشه هالوکسی فوپ آر متیل استر در کنترل سوروف است. روند تغییرات وزن خشک اندام هوایی سوروف در حضور یا عدم حضور مواد افزودنی در شکل ۲ نشان داده شده است. بررسی منحنی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش غلظت هالوکسی فوپ آر متیل استر از میزان ماده خشک تولیدی توسط سوروف به‌شدت کاسته شده است. همچنین این منحنی‌ها نشان‌دهنده تأثیر کاربرد مواد افزودنی بر کارایی کنترل‌ریشه و در نتیجه کاهش مقدار ماده مؤثره علف‌کش مورد نیاز برای کنترل سوروف در نتیجه حضور مواد افزودنی است.

نتایج این آزمایش در مورد اندام هوایی سوروف نشان‌دهنده کارایی کنترل‌ریشه بیشتر روغن گیاهی منداب در مقایسه با سیتوگیت توسط هالوکسی فوپ آر متیل استر است. این نتایج در تطابق با نتایج گزارش‌های منتشر شده توسط سایر پژوهشگران روی علف‌کش‌های ایمازاتابن‌زمتیل، سولفوسولفورون و ستوکسیدیم (۱۲)، پروپانیل (۱۴)، کلتودیم



شکل ۱. پاسخ وزن خشک اندام هوایی (الف) اندام هوایی و (ب) ریشه سوروف به کاربرد علف‌کش کلتودیم با و بدون مواد افزودنی



شکل ۲. پاسخ وزن خشک اندام هوایی و (ب) ریشه سوروف به کاربرد علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر با و بدون مواد افزودنی

(جدول ۲). در حضور سیتوگیت و روغن منداب تمام پارامترهای ED_{10} ، ED_{50} و ED_{90} کاهش نشان داد به طوری که مقدار ED_{10} در عدم حضور مواد افزودنی از ۱/۳۶۹ به ۰/۰۱۳ و ED_{50} کاهش یافت. مقدار ED_{50} نیز از ۸/۴۲۷ به ۰/۷۷۰ و ED_{90} از ۵۱/۸۷۳ به ۴۳/۷۷۴ و ۲۰/۰۷۳ به ترتیب در حضور سیتوگیت و روغن منداب کاهش یافت. روند تغییرات وزن خشک ریشه سوروف در حضور یا عدم حضور مواد

(۱۵) و کوین کلراک (۳۷) و در تقابل با نتایج گزارش شده روی علف‌کش‌های ستوکسیدیم (۲۰)، ریم‌سولفورون (۳۳) و نیکوسولفورون (۲۲) است.

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون صفت وزن خشک ریشه سوروف به معادله سیگموئیدی سه پارامتره نشان داد که کاربرد مواد افزودنی سیتوگیت و روغن منداب به طور کاملاً معنی‌داری منجر به کاهش وزن خشک ریشه در مقایسه با اندام هوایی شد

امروزه با توجه به افزایش جمعیت جهان و ضرورت تولید غذا ناچار به استفاده از آفت‌کش‌ها هستیم ولی به دلایل مختلفی مانند اثر بر جانداران غیر هدف، مقاومت به آفت‌کش‌ها، ورود به زنجیره غذایی و تهدید محیط زیست ضرورت افزایش کارایی آنها و کاهش کاربرد بدون کاهش کارایی بیش از گذشته است. کاربرد مواد افزودنی به‌همراه آفت‌کش‌ها و به‌ویژه علف‌کش‌ها می‌تواند راهکار بسیار مناسبی در راستای کاهش کاربرد و در نتیجه ورود آنها به محیط زیست باشد. با توجه به گزارش‌های متعدد منتشر شده در سرتاسر دنیا کاربرد مواد افزودنی به‌همراه علف‌کش‌ها باعث افزایش کارایی کنترلی آنها می‌شود. با وجود این به دلایلی همچون تفاوت خصوصیات مواد افزودنی، در دسترس بودن ماده افزودنی، تفاوت فرمولاسیون‌ها، ویژگی علف‌های هرز مانند ضخامت کوتیکول و زاویه برگ‌ها، شرایط آب‌وهوایی منطقه مورد مطالعه و همچنین نتایج متفاوت گزارش شده در مناطق مختلف دنیا به‌نظر می‌رسد برای توصیه کاربرد مواد افزودنی بهتر است در هر منطقه آزمایشی انجام شده و بر مبنای نتایج آن توصیه‌های لازم به کشاورزان ارائه شود. با توجه به نتایج این مطالعه استفاده از مواد افزودنی سیتوگیت و روغن منداب منجر به افزایش کارایی کنترلی سوروف توسط علف‌کش‌های کلتودیم و هالوکسی فوپ آر متیل استر شد. بنابراین می‌توان با کاربرد مواد افزودنی سیتوگیت و روغن منداب به‌همراه علف‌کش‌های کلتودیم و هالوکسی فوپ آر متیل استر کارایی آنها را در کنترل سوروف افزایش داد.

افزودنی در شکل ۲ نشان داده شده است. این تغییرات حاکی از کاهش بسیار شدید وزن خشک ریشه در مقایسه با وزن خشک اندام هوایی سوروف است. مقایسه بین نتایج دو علف‌کش مورد استفاده در این آزمایش نشان می‌دهد که برای کلتودیم روغن منداب و برای هالوکسی فوپ آر متیل موید سیتوگیت اثر بیشتری بر افزایش کارایی داشتند.

از نتایج این مطالعه می‌توان به اثر متفاوت مویدان‌ها با توجه به نوع علف‌کش پی برد. به‌طور کلی مواد افزودنی با افزایش جذب منجر به کاهش اثر عوامل نامطلوب محیطی بر کارایی علف‌کش‌ها می‌شود. نشست بیشتر پاشش روی سطح برگ، تخریب موم کوتیکول روی سطح برگ، کاهش تبخیر قطره‌ها، افزایش سطح جذب با کاهش کشش سطحی و غیره را می‌توان از عوامل مهم افزایش کارایی علف‌کش‌ها در حضور مواد افزودنی دانست (۱۰، ۱۳، ۲۳، ۲۵، ۲۶، ۲۹، ۳۰ و ۳۱). افزایش انتقال علف‌کش‌ها در نتیجه کاربرد مویدان‌ها نیز گزارش شده است. نتایج یانگ و هارت (۳۵) نشان داد که کاربرد مویدان‌های غیر یونی، روغن بذری اصلاح شده و روغن گیاهی غلیظ می‌تواند باعث افزایش کارایی علف‌کش ایزوکسافلوتول از طریق افزایش انتقال به سایر اندام‌های گیاه شود (۳۵). بنابراین با توجه به نتایج این بررسی که نشان‌دهنده کاهش بیشتر وزن خشک ریشه در مقایسه با اندام هوایی است می‌توان به افزایش انتقال علف‌کش‌های کلتودیم و به‌ویژه هالوکسی فوپ آر متیل استر از اندام‌های هوایی به ریشه در حضور مواد افزودنی پی برد.

نتیجه‌گیری

منابع مورد استفاده

- 1- Barros, J. F. C., G. Basch and M. Carvalho. 2007. Effect of reduced doses of a post-emergence herbicide to control grass and broad-leaved weeds in no-till wheat under Mediterranean conditions. *Crop Protection* 26: 1538-1545.
- 2- Barroso, J., D. C. Ruiz, L. Escribano and C. Fernandez-Quintanilla. 2009. Comparison of three chemical control strategies for *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*. *Crop Protection* 28: 393-400.
- 3- Buhler, D. D. and H. L. Melinda. 1999. Anderson Guide to Practical Methods of Propagating Weeds and other Plants. Weed Science Society of America.
- 4- Carvalho, F. P. 2006. Agriculture, pesticides, food security, and food safety. *Environmental Science & Policy* 9: 685-692.

- 5- Chin, D. V. 2001. Biology and management of barnyardgrass, red sprangletop and weedy rice. *Weed Biology and Management* 1: 37-41.
- 6- Forouzes, A., E. Zand, S. Soufizadeh and S. Samadi Foroushani. 2015. Classification of herbicides according to chemical family for weed resistance management strategies—an update. *Weed Research* 55: 334-358.
- 7- Gibson, K. D., A. J. Fischer, T. C. Foin and J. E. Hill. 2002. Implications of delayed *Echinochloa* spp. germination and duration of competition for integrated weed management in water-seeded rice. *Weed Research* 42: 351-358.
- 8- Holm, L. G., D. L. Plunknett, J. V. Pancho and J. P. Herberger. 1991. *The World's Worst Weeds. Distribution and Biology*. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- 9- Hammami, H., M. H. Rashed-Mohassel and A. Aliverdi. 2011. Surfactant and rainfall influenced clodinafop-propargyl efficacy to control wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.). *Australian Journal of Crop Science* 5: 39-43.
- 10- Hatzois, K. K. and D. Penner. 1985. Interaction of herbicides with other agrochemical in higher plants. *Review of Weed Science* 1: 1-63.
- 11- Hazen, J. L. 2000. Adjuvants terminology, classification, and chemistry. *Weed Technology* 14: 773-784.
- 12- Izadi-Darbandi, E., A. Aliverdi and H. Hammami. 2013. Behavior of vegetable oils in relation to their influence on herbicides' effectiveness. *Industrial Crops and Products* 44: 712-717.
- 13- Jinxia, S. 1996. Characterization of Organosilicone Surfactants and their on Sulfonylurea Herbicide Activity. (Doctoral dissertation, Virginia Tech).
- 14- Jordan, D. L., A. B. Burns, C. J. Barnes, W. Barnett and J. K. Herrick. 1997. Influence of adjuvants and formulation on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) Control with propanil in rice (*Oryza sativa*). *Weed Technology* 11: 762-766.
- 15- Jordan, D. L., P. R. Vidrine, J. L. Griffin and D. B. Reynolds. 1996. Influence of adjuvants on efficacy of clethodim. *Weed Technology* 10: 738-743.
- 16- Karimi, H. 1995. *Weeds in Iran*. Academic Publishing Center, Tehran.
- 17- Kudsk, P. and S. K. Mathiasen. 2007. Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameters. *Crop Protection* 26:328-334.
- 18- Leeson, J. Y., A. G. Thomas, L. M. Hall, C. A. Brenzil, T. Andrews, K. R. Brown and R. C. Van Acker. 2005. Prairie Weed Surveys of Cereal, Oilseed, and Pulse Crops from the 1970s to the 2000s. In: *Weed Survey Series Publication 051*. Agriculture and Agri-Food Canada, Saskatoon Research Centre, Saskatoon, Saskatchewan.
- 19- Lorenzo, P., M. I. Hussain and L. Gonzalez. 2013. Role of allelopathy during invasion process by alien invasive plants in terrestrial ecosystems. pp. 3- 21. In: Cheema, Z. A., M. Farooq and A. Wahid (Eds.), *Allelopathy: Current Trends and Future Applications*. Springer, Verlag Berlin Heidelberg.
- 20- Matysiak, R. and J. D. Nalewaja. 1999. Temperature, adjuvants, and UV light affect sethoxydim phytotoxicity. *Weed Technology* 13: 94-99.
- 21- Michael, P. W. 2003. *Echinochloa P beauv.* pp. 390- 403. In: Barkworth, M. E., et al. (Eds.), *Flora of North America North of Mexico*, vol. 25. Oxford University Press, New York, U.S.A.
- 22- Nalewaja, J. D., T. Praczyk and R. Matysiak. 1995. Surfactants and oils adjuvants with nicosulfuron. *Weed Technology* 9: 689- 695.
- 23- Norsworthy, J. K., M. J. Wilson, R. C. Scott and E. E. Gbur. 2014. Herbicidal activity on acetolactate synthase-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas, USA. *Weed Biology and Management* 14: 50-58.
- 24- Ottis, B. V. and R. E. Talbert. 2007. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) control and rice density effects on rice yield components. *Weed Technology* 21: 110-118.
- 25- Penner, D. 2000. Activator adjuvant. *Weed Technology* 14:785-791.
- 26- Ramsey, R. J. L., G. R. Stephenson and J. C. Hall. 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.
- 27- Rashed- Mohassel, M. H., M. Rastgo, S. K. Mousavi R. Valiolahpour and A. Haghghi. 2006. *Principles of Weed Science (Translation)*. Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Farsi).
- 28- Rashed-Mohassel, M. H., A. Aliverdi, H. Hamami and E. Zand. 2010. Optimizing the performance of diclofopmethyl, cycloxydim, and clodinafop-propargyl on littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) and wild oat (*Avena ludoviciana*) control with adjuvants. *Weed Biology and Management* 10: 57-63.
- 29- Rashed-Mohassel, M. H., A. Aliverdi and S. Rahimi. 2011. Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop-ethyl with adjuvants to control wild oat. *Industrial Crops and Products* 34: 1583-1587.
- 30- Saremi, H. and E. Zand. 2003. *Fungi and Biological Control Pests, Pathogens, Herbs*. Zanjan University Publication, Iran.
- 31- Sharma, S. D. and M. Singh. 2000. Optimizing foliar activity of glyphosate on *Bidens frondosa* and *Panicum maximum* with different adjuvant types. *Weed Research* 40: 523-533.
- 32- Stenersen, J. 2004. *Chemical Pesticides: Mode of Action and Toxicology*, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- 33- Tonks, D. J. and C. V. Eberlein. 2001. Postemergence weed control with rimsulfuron and various adjuvants in

- potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology* 15: 613-616.
- 34-Van Acker, R. C. 2009. Weed biology serves practical weed management. *Weed Research* 49: 1-5.
- 35-Young, B. G. and S. E. Hart. 1998. Optimizing foliar activity of isoxaflutole on giant foxtill (*Setaria faberi*) with various adjuvants. *Weed Science* 46: 397-402.
- 36-Zand, E., S. K. Mousavi and A. Heidari. 2008. Herbicides and their Application Methods with Optimization Approach and Reduce Consumption. Jihad, Mashhad University Press. Mashhad. (In Farsi).
- 37-Zawierucha, J. E. and D. Penner. 2001. Adjuvant efficacy with quinclorac in canola (*Brassica napus*) and turf grass. *Weed Technology* 15: 220-223.

Optimizing the Performance of Clethodim and Haloxyfop-R-Methyl Ester Herbicides on Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) Control by Citogate and Turnip Vegetable Oil

S. Abooli¹, S. Mahmoodi² and H. Hammami^{3*}

(Received: April 23-2018; Accepted: July 30-2019)

Abstract

In order to evaluate the potential of citogate and turnip vegetable oil in increasing the performance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control by colthodim and haloxyfop-r-methyl ester herbicides, two greenhouse experiments were carried out in the Research Greenhouse of the Faculty of Agriculture, Birjand, Iran, in 2016; this study was based on a factorial arrangement as a completely randomized design with three replications. Treatments in each experiment included herbicide concentrations at seven levels (0, 6.25, 12.5, 25, 50, 75, and 100% of the recommended dose) and additives were applied at three levels (turnip oil, citogate, and without additives). The application of additives with colthodim herbicide on barnyardgrass (based on the shoot dry weight) led to 4.5% and 5.4% decreases in ED₅₀ in the presence of turnip oil and citogate, respectively. Based on the root dry weight, ED₅₀ was reduced to 22.9% and 21.6% in the presence of turnip oil and citogate, respectively. The results of the use of additives with Haloxyfop-r-methyl ester also showed a similar trend. However, the increase in the efficiency of Haloxyfop-r-methyl ester was higher than that of colthodim herbicide. The Haloxyfop-r-methyl ester ED₅₀ values for the shoot dry weight of barnyardgrass were reduced by 14% and 16.3% in the presence of turnip oil and citogate, respectively. The Haloxyfop-r-methyl ester ED₅₀ values for the root dry weight in the presence of turnip oil and citogate were 10 and 7 times higher than those in the treatments without additives, respectively. According to the results of this study, application of appropriate additives may lead to decrease in the extent of herbicide contamination of soil and water resources.

Keywords: Adjuvants, Grass, Greenhouse, Relative potency

1, 2 and 3 Former MSc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

*: Corresponding Author, Email: hhammami@birjand.ac.ir