نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۱۹-۲۱۱

Journal of Plant Protection
Vol. 29, No. 2, Summer 2015, P. 211-219

بهینه‌سازی کارآیی علف‌کش‌های سولفوسولفورون و سولفوسولفورون+متسولفورون متیل در کنترل علف‌هرز جو دره (*Hordeum spontaneum* Koch.)، در گندم با استفاده از مواد افزودنی

حسین حمامی[1*]- مهدی پارسا[2]- اکبر علی وردی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۰۹

چکیده

از زمانی که کاربرد فلم‌پروپ‌متیل‌ایزوپروپیل منسوخ شد، علف‌هرز جو دره (*Hordeum spontaneum*) به اکثر مزارع گندم و جو کشورمان تهاجم پیدا کرده است. سولفوسولفورون و سولفوسولفورون+مت‌سولوفورون‌متیل در مقادیر بالاتر از مقدار توصیه شده قادر به کنترل این علف‌هرز هستند که این امر باعث خسارت به گندم می‌شود. از این‌رو، دو آزمایش واکنش به مقدار مصرف علف‌کش به منظور بهینه‌سازی مقدار مصرف این دو علف‌کش در کنترل علف‌هرز جو دره با استفاده از ۹ ماده افزودنی در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل ۶ غلظت از هر علف‌کش با و بدون هر یک از مواد افزودنی بودند. علاوه بر این، غلظتی از علف‌کش‌ها که موجب فراهمی کنترل ۹۰ درصدی با و بدون ماده افزودنی جو دره شده بودند نیز روی رقم کاسکوژن گندم بکار برده شدند. براساس مقادیر پتانسیل نسبی، آدیگور و پروپل به ترتیب موثرترین ماده افزودنی برای افزایش کارآیی علف‌کش‌های سولفوسولفورون و سولفوسولفورون+مت‌سولوفورون‌متیل بودند. نیترات آمونیوم و دی‌اُکتیل نیز به ترتیب کم اثرترین مواد افزودنی در بهبود کارآیی علف‌کش‌های سولفوسولفورون و سولفوسولفورون+مت‌سولوفورون‌متیل بودند. انتخابی بودن هر دو علف‌کش با به کارگیری مواد افزودنی تغییر نکرد. از آن‌جا که عوامل نفوذدهنده بیشترین کارایی را در میان مواد افزودنی داشتند می توان بیان کرد که احتمالاً تحمل نسبی علف‌هرز جو دره، علاوه بر تجزیه علف‌کش، به دلیل ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کوتیکول برگ آن نیز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انتخابی بودن، علف‌کش، علف‌هرز جو دره، کارآیی، گندم، مواد افزودنی

مقدمه

از مهم‌ترین علف‌های هرز متعلق به جنس جو که مزارع گندم و جو را در سراسر جهان مورد تهاجم قرار می‌دهند می‌توان به علف‌هرز جو دره (*Hordeum spontaneum* Koch.)، جو موشی (*Hordeum murinum* L.)، جو صیقلی (*Hordeum glaucum* Steud.)، جو دوردیفه (*Hordeum distichon* L.)، جو پیازی (*Hordeum bulbosum* L.) و جودرو (*Hordeum vulgare* L.) اشاره کرد. این علف‌های‌هرز، به‌خصوص علف‌هرز جو دره، سازگاری موفقیت آمیزی با شرایط اقلیمی شانزده استان کشورمان داشته‌اند (۱۰). به استثنای علف‌کش فلم‌پروپ‌متیل‌ایزوپروپیل (۴)، که در حال حاضر منسوخ شده است (۶)، علف‌هرز جو دره به طور ذاتی به دلیل مشابهت‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی با گندم به تمامی علف‌کش‌های انتخابی گندم ثبت شده در کشور متحمل می‌باشد (۱۸). برای مثال، پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که علف‌کش‌های کلودینافوپ‌پروپارژیل (۱۸ و ۲۲)، مت-سولفورون‌متیل (۹)، ترالکوکسیدیم (۲)، فنوکساپروپ‌پی‌اتیل (۴) و مزوسولفورون‌متیل+یدوسولفورون‌متیل‌سدیم (۲۱) به‌سرعت در پیکره علف‌هرز جو دره به ترکیبات غیرسمی متابوله می‌شود. از طرفی دیگر، کارآیی بالای باریک‌برگ‌کش‌های مذکور در کنترل گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز یولاف وحشی (*Avena Ludoviciana*) و خونی واش (*Phalaris minor*) باعث شد تا این قبیل علف‌کش‌ها به طور

۱-استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*-نویسنده مسئول: Email: HHammami@birjand.ac.ir)
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه، فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

افراطی و با یک مدیریت اشتباه در مزارع کشور به مصرف برسند (۸). پیامد چنین اقدامات اشتباهی، علاوه بر این‌که موجب بروز و گسترش مساله مقاومت به علف‌کش در علف‌های هرز یولاف‌وحشی، خونی واش و چچم در ایران شد (۷)، بلکه موجب فراهم‌شدن شرایط تهاجم برای علف‌هرز جو دره در مزارع گندم کشور نیز شد (۴). از این‌رو، از زمانی که مصرف علف‌کش فلم‌پروپ‌متیل‌ایزوپروپیل (سافیکس بی-دبلیو) در ایران منسوخ شده است، به دلیل فقدان یک علف‌کش مناسب (۱۰)، طی سال‌های متمادی بانک بذر علف‌هرز جو دره مرتباً در حال افزایش بوده و در حال حاضر این علف‌هرز به‌عنوان یک عامل بالقوه تهدیدکننده پایداری تولید گندم کشور مطرح شده است.

تاکنون، جهت کنترل شیمیایی این علف‌هرز علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل که از طریق ایجاد اختلال در فعالیت آنزیم استوهیدرکسی سینتتاز عمل می کنند به عنوان سموم امیدبخش مطرح شده اند. با این هدف، این علف‌کش‌ها در کشور به ثبت رسیده اند (۲). با این وجود، هر دو علف‌کش در مقدار توصیه شده برای کاربرد در مزارع گندم و جو کشور دارای کارایی کافی برای کنترل علف‌هرز جو دره نیستند (۵، ۱۰، ۱۱ و ۳۴) و برای بهبود کارایی کنترل به ناچار باید از مقادیر بالاتر از مقدار توصیه شده استفاده شود (۱۸). در ایران، علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل به ترتیب در مقادیر ۲۶/۶ و ۵۰ گرم ماده تجاری در هکتار برای کاربرد در مزارع گندم و جو توصیه شده است (۶). با کاربرد مقادیر بالاتر از مقدار توصیه شده، خسارت به محصول اجتناب ناپذیر است. برای مثال، بال و والنتا (۱۲) مشاهده کردند که با کاربرد ۳۵ گرم ماده تجاری سولفوسولفورون در هکتار (که بالاتر از مقدار توصیه شده است) موجب کاهش معنی‌داری در ارتفاع و کاهش غیر معنی‌داری در عملکرد دانه گندم شد. این در حالی است که حسینی و همکاران (۱۸) گزارش کردند که مقدار توصیه شده سولفوسولفورون قادر به کنترل ۲۵ درصدی جودره است. از این‌رو، برداشت نهایی از پژوهش‌های قبلی این بوده است که برای بهبود کارایی این دو علف‌کش باید از ماده افزودنی فعال‌کننده استفاده شود (۲، ۱۰ و ۱۷).

در ایران، مواد افزودنی فعال‌کننده متفاوتی (که جهت افزایش فعالیت زیستی علف‌کش‌های پس رویشی از طریق افزایش میزان جذب علف‌کش به درون بافت‌های گیاه هدف عمل می کنند) (۲۸) در دسترس می باشد که عبارتند از خیس‌کننده‌ها (فریگیت، سیتوگیت (که با نام‌های سیتوویت و گیاه‌گیت نیز موجود است) و دی‌اُکتیل)، نفوذدهنده‌های روغنی (روغن ولک، آدیگور، پروپل)، نفوذدهنده‌های کودی (سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم) و اسیدی‌کننده‌ها (لوور-۷). علی‌رغم آزمایش‌ها و تلاش‌های گذشته در زمینه کاربرد مواد افزودنی و بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌های مختلف به منظور کنترل علف‌های‌هرز مختلف در کشور، متاسفانه تاکنون در زمینه کاربرد مواد افزودنی فعال‌کننده موجود در ایران در بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل در کنترل علف‌هرز جو دره تلاشی صورت نگرفته است. از این‌رو، تعیین بهترین ماده افزودنی فعال‌کننده به منظور بهینه‌سازی مقدار مصرف این دو علف‌کش در کنترل جو دره ضروری به نظر می‌رسد. با وجود این دلایل کاملاً مشهود است که انتخابی بودن علف‌کش‌ها ممکن است با به کارگیری مواد افزودنی تغییر نماید. درنتیجه آگاهی مصرف کننده نهایی از چنین تاثیراتی از اهمیت بسزایی برخوردار است که در غیر این صورت ممکن است تجربه تلخی را در پی داشته باشد. از این‌رو، حاشیه امنیت علف‌کش‌ها به همراه مواد افزودنی روی یک رقم گندم مرسوم در کشور نیز مورد آزمون قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بهینه‌سازی کارآیی علف‌کش‌ها

سنبله‌های رسیده جو دره از مزارع به شدت آلوده اطراف شهر شیراز در ماه‌های خرداد و تیر ماه سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری شدند. این سنبله‌ها دست نخورده درون پاکت کاغذی و در دمای اتاق تا زمان اجرای آزمایش نگهداری شدند. آزمایش‌های واکنش به مقدار در پاییز سال ۱۳۹۲ در فضای باز در محوطه دانشگاه فردوسی مشهد به انجام رسیدند. به منظور تسهیل جوانه‌زنی و یکنواختی سبز شدن بذور جو دره، براساس حمیدی و همکاران (۱۶)، ابتدا پوسته دربردارنده بذر به وسیله دست از بذر جدا شد و ضد عفونی سطحی بذور توسط محلول هیپوکلریدسدیم ۵ درصد و به مدت ۵ دقیقه صورت گرفت و سپس بذور ضد عفونی شده به مدت ۵ دقیقه توسط آب مقطر مورد شستشو قرار گرفتند. بذرها درون پتری دیش‌هایی با قطر ۱۱ سانتی‌متری، که حاوی یک لایه کاغذ صافی بودند، قرار داده شدند. سپس، ۱۵ میلی-لیتر از محلول ۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم به هر یک از پتری دیش‌ها اضافه شد. پتری دیش‌های حاوی بذور به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸-۶ درجه سانتی‌گراد در تاریکی درون یخچال نگهداری شدند. به محض این‌که ریشه‌چه بذور ظاهر شدند، تعداد ۸ گیاه‌چه در هر گلدان ۲ لیتری حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی با نسبت برابر کاشته شدند. گلدان‌ها هر سه روز یکبار آبیاری می‌شدند. در مرحله یک برگی کامل، گیاهچه‌ها به ۵ گیاهچه در هر گلدان تنک شدند و به میزان ۳۰ میلی‌لیتر از محلول ۳ گرم در لیتر کود ۲۰:۲۰:۲۰ (نیتروژن: فسفر: پتاسیم) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد. تحقیقات قبلی ثابت کرده‌اند که مرحله رشدی علف‌هرز جو دره عامل مهمی در کارایی علف‌کش ها است. از آنجایی که علف‌هرز جو دره در مرحله چهاربرگی حساس‌تر از مراحل یک تا سه‌برگی است (۳)، از این‌رو، گیاهان در مرحله چهاربرگی کامل با استفاده از سمپاش متحرک ریلی مجهز به نازل بادبزنی معمولی زردرنگ با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار

و با فشار پاشش ۲۰۰ کیلوپاسکال تحت تیمار قرار گرفتند.

تیمارهای آزمایش شامل ۶ مقدار از علف‌کش‌های سولفوسولفوورن (صفر، ۱/۸۷۵، ۳/۷۵، ۷/۵، ۱۵ و ۳۰ گرم ماده موثره در هکتار از ماده تجاری آپیروس ۷۵٪) و سولفوسولفوورن+ مت‌سولوفورون‌متیل (صفر، ۳/۷۵، ۷/۵، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ گرم ماده موثره در هکتار از ماده تجاری توتال ۷۵+۵ درصد) با فرمولاسیون های گرانوله وتابل با و بدون فریگیت (شرکت منتار[1]، انگلیس)، سیتوگیت (شرکت پارس زرنگاران، ایران)، دی‌اُکتیل (شرکت ای ام اس[2]، اسپانیا)، روغن ولک (شرکت اکسیر کشاورزی، ایران)، آدیگور (شرکت سینجنتا[3]، سوئیس)، پروپل (شرکت جن فارم[4]، استرالیا)، سولفات آمونیوم (شرکت قطران شیمی، ایران)، نیترات آمونیوم (شرکت قطران شیمی، ایران) و لوور-۷ (شرکت تردکورپ[5]، اسپانیا) بودند. مشخصات و مقادیر مواد افزودنی بکار رفته در جدول ۱ خلاصه شده است.

برای هر علف‌کش، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی روی علف‌هرز جو دره در شرایط طبیعی و در فضای آزاد محوطه دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. چهار هفته پس از اعمال تیمارها، اندام‌های هوایی علف‌هرز جو دره موجود در هر یک از گلدان‌ها از روی سطح خاک برداشت شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. از میانگین وزن خشک در هر گلدان برای برازش منحنی‌های پاسخ به دز استفاده شد. پاسخ وزن خشک علف‌هرز به مقدار علف‌کش‌ها در حضور مواد افزودنی با تکنیک رگرسیون غیرخطی و با استفاده از از نرم‌افزار R آنالیز شد. برای هر علف‌کش، تمام داده‌ها به طور همزمان با مدل چهار پارامتری لجستیک زیر (معادله ۱) برازش داده شدند (۳۰). اعتبار مدل و مقایسه بین پارامترها با استفاده از آزمون-F برای فقدان برازش در سطح احتمال ۵ درصد معنی داری صورت پذیرفت. از آن‌جایی که تفاوت معنی داری ملاحظه نشد، از این رو، مدل قابل قبول بود.

$$Y = C + \{D - C / 1 + \exp[B(\log ED_x - \log E)]\} \quad (۱)$$

در این معادله، Y بیانگر وزن خشک، D و C حد مجانب بالا و پایین وزن خشک در مقادیر صفر و بی‌نهایت علف‌کش و B شیب منحنی در محدوده ED_X می باشند. سپس، مقادیر ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} تعیین شدند که به ترتیب بیانگر مقدار علف‌کش لازم برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد وزن خشک علف‌هرز بین حدود بالا و پایین D و Cمی‌باشد (۳۰). سپس، مقادیری از علف‌کش با و بدون ماده افزودنی که موجب پاسخ یکسانی شده بودند با استفاده از معادله ۲، که توانایی نسبی نامیده می‌شود، مورد مقایسه قرار گرفتند.

$$R = ED_{50a} / ED_{50b} ; R \le 1 \le R \quad (۲)$$

در این معادله، ED_{50a} و ED_{50b} به ترتیب نشانگر مقداری از علف‌کش بدون ماده افزودنی و هر یک از مواد افزودنی لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک علف‌هرز بین حدود بالا و پایین D و C می‌باشد. اگر توانایی نسبی کوچک‌تر و یا بزرگ‌تر از یک باشد، افزودن ماده افزودنی موجب کاهش و یا افزایش کارآیی یا فعالیت شاخ و برگی علف‌کش شده است (۱۹).

بهینه‌سازی حاشیه امنیت علف‌کش‌ها

فاصله زمانی دو هفته‌ای پس از شروع آزمایش قبلی، این آزمایش در فضای باز در محوطه دانشگاه فردوسی مشهد با استفاده از رقم گاسکوژن گندم انجام گرفت. از آن‌جایی که پذیرش ۱۰ درصد خسارت به محصول از جانب علف‌کش به منظور ارزیابی ویژگی انتخاب بودن هر علف‌کشی مقبول می‌باشد (۳۱)، از این‌رو، برای اجرای این آزمایش از مقادیری از علف‌کش‌ها با و بدون هر یک از مواد افزودنی مذکور که برای کاهش ۹۰ درصد وزن خشک علف‌هرز جو دره بین حدود بالا و پایین D و C لازم بود استفاده شد. علاوه براین، چهار گلدان به عنوان شاهد کشت شدند. تمامی مراحل کشت، داشت و برداشت گندم همانند جو دره بود. برای هر علف‌کش، آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. چهار هفته پس از اعمال تیمارها، اندام‌های هوایی گندم موجود در هر یک از گلدان‌ها از روی سطح خاک برداشت شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. از میانگین وزن خشک در هر گلدان برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. نهایتاً، داده‌ها از طریق نرم افزار SAS در سطح احتمال ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. میانگین‌ها قابلیت تفکیک شدن نداشتند.

نتایج و بحث

بهینه‌سازی کارآیی علف‌کش‌ها

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس آزمایش را نشان می‌دهد. این جدول نشان دهنده تأثیر معنی‌دار غلظت علف‌کش و نوع ماده افزودنی بر وزن خشک علف هرز جودره می‌باشد.

این در حالی است که اثرات متقابل غلظت علف‌کش و نوع ماده افزودنی در مورد علف‌کش سولفوسولفورون معنی دار ولی در مورد علف‌کش سولفوسولفورون+متسولفورون متیل معنی‌دار نیست.

ضرایب منحنی‌های واکنش علف‌هرز جو دره به مقادیر مختلف علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل به تنهایی و در حضور هر یک از مواد افزودنی در جدول ۳ خلاصه شده است.

1- Mentor
2-AMS
3-Syngenta
4-Genfarm
5- Tradecorp

جدول ۱- ویژگی‌ها و مقادیر مواد افزودنی مورد استفاده در تحقیق

ماده افزودنی	ترکیبات	مقدار بکار برده شده * (میلی‌لیتر در هزار میلی‌لیتر آب)
فریگیت	۸۱/۲٪ مخلوطی از اسیدهای چرب شاخه بلند (آنیونی)	۰/۲
سیتوگیت	۱۰۰٪ آلکیل‌آریل‌پلی‌گیلکول اتر (غیریونی)	۰/۲
دی‌اُکتیل	۷۰٪ سولفوساکسینات سدیم به‌همراه ۰/۰۵٪ مولیبدن و ۰/۰۱٪ مس (آنیونی)	۰/۳
روغن ولک	۸۰٪ روغن (هیدروکربن آلیفاتیک)، ۱۸٪ آب و ۲٪ امولسیون‌کننده	۰/۵
آدیگور	۴۷٪ روغن منداب متلیه شده	۰/۵
پروپل	۴۳٪ روغن نفتی	۰/۵
سولفات‌آمونیوم	۲۱٪ نیتروژن به‌صورت کاتیون آمونیوم و ۲۴٪ سولفور به‌صورت آنیون سولفات	۲
نیترات‌آمونیوم	۳۴/۵٪ نیتروژن به‌صورت کاتیون آمونیوم و ۱۶/۵٪ نیتروژن به‌صورت آنیون نیترات	۲
لوور-۷	۲۲/۵٪ نیتروژن اُوریک و ۶۰٪ سولفیدریک آن‌هیدریک	۰/۲

* مقادیر بکار برده شده در این تحقیق براساس مقادیر توصیه شده روی بروشور ترکیبات انتخاب شدند.

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر مواد افزودنی مورد بررسی بر وزن خشک علف هرز جودره

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات وزن خشک	
		سولفوسولفورون	سولفوسولفورون+متسولفورون متیل
غلظت علف‌کش (A)	۵	۱۵/۶۳ **	۷۴/۱۱ **
ماده افزودنی (B)	۹	۰/۸۲ **	۳/۷۳ **
A × B	۴۵	۰/۱۴ *	۰/۶۶ ns
خطا	۱۸۰	۰/۱۹	۰/۱۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۲/۷۵	۶/۲۸

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

بر اساس خطای استانداردهای گزارش شده در جدول ۳، می‌توان نتیجه گرفت که با وجود اختلاف بین شیب منحنی‌ها (b)، ولی این اختلافات از نظر آماری بی‌معنی بودند. به عبارتی دیگر، تمامی منحنی‌های واکنش به مقدار دارای شیب برابری بودند. براساس کدسک و ماتیاسین (۲۳)، در زمانی که اختلاف معنی‌داری بین شیب منحنی‌ها وجود نداشته باشد، آنها را می‌توان موازی درنظر گرفت. در چنین وضعیتی، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که مواد افزودنی مورد استفاده در این تحقیق در غلظت به کار برده شده از نظر بیولوژیکی به خودی خود روی علف‌هرز جو دره غیر فعال می‌باشند. در پژوهش‌های قبلی (۲۰ و ۳۳) نیز به غیر فعال بودن مواد افزودنی اذعان کرده‌اند.

همچنین، نتایج نشان داد که مقادیر ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} هر دو علف‌کش به طور قابل توجهی در حضور هر یک از مواد افزودنی کاهش یافت که نشان دهنده افزایش کارآیی این علف‌کش‌ها در کنترل جو دره است. مقادیر ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} برای علف‌کش سولفوسولفورون به ترتیب برابر ۶/۱۷، ۱۱/۸۳ و ۲۸/۷۲ گرم ماده موثره در هکتار بود. همین مقادیر برای علف‌کش سولفوسولفورون+ متسولوفورون‌متیل به ترتیب برابر ۹/۶۳، ۱۸/۹۳ و ۳۹/۲۳ گرم ماده موثره در هکتار بود. براساس مقادیر ED_{90}، موثرترین و کم‌اثرترین ماده افزودنی در بهبود کارایی علف‌کش سولفوسولفورون به ترتیب آدیگور و نیترات آمونیوم بودند. در حالی‌که، موثرترین و کم‌اثرترین ماده افزودنی در بهبود کارآیی علف‌کش سولفوسولفورون+ متسولوفورون‌متیل به ترتیب پروپل و لوور-۷ بودند (جدول ۳).

از آن‌جایی که بخش میانی منحنی‌های واکنش به مقدار از اهمیت علمی خاصی برخوردار هستند، از این‌رو، اکثر محققین به دلیل این‌که پتانسیل نسبی نشان دهنده اختلاف جابجا شدگی افقی بین دو منحنی می‌باشد، روی آن متمرکز می‌شوند (۲۳). مقادیر پتانسیل نسبی در جدول ۴ آورده شده است. همانطور از ستون اول جدول ۴ پیداست، مقادیر پتانسیل نسبی یا فعالیت شاخ و برگی هر دو علف‌کش در حضور مواد افزودنی (بجز در مورد علف‌کش سولفوسولفورون+ متسولوفورون‌متیل در حضور دی‌اُکتیل) به طور معنی‌داری از یک بیشتر می‌باشد که نشان می‌دهد وقتی آنها به محلول هر یک از علف‌کش‌ها اضافه می‌شوند سبب افزایش قابل توجهی در کارآیی هر دو علف‌کش می‌شوند. براساس مقادیر پتانسیل نسبی، آدیگور موثرترین ماده افزودنی برای افزایش کارآیی علف‌کش سولفوسولفورون بود. در حالی‌که، پروپل موثرترین ماده افزودنی برای افزایش کارآیی علف‌کش سولفوسولفورون+ متسولوفورون‌متیل بود.

جدول ۳- ضرایب رگرسیون غیرخطی تأثیر کاربرد مواد افزودنی بر کارایی علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+ مت‌سولوفورون‌متیل در کنترل علف‌هرز جو دره

علف‌کش	ماده افزودنی	b_i	$ED_{10(i)}$ (گرم ماده موثره در هکتار)	$ED_{50(i)}$ (گرم ماده موثره در هکتار)	$ED_{90(i)}$ (گرم ماده موثره در هکتار)
سولفوسولفوورن	–	۳/۰۶ (۰/۸۲)	۶/۱۷ (۰/۹۹)	۱۱/۸۳ (۰/۹۶)	۲۸/۷۲ (۴/۴۶)
	فریگیت	۲/۸۷ (۰/۵۹)	۱/۹۸ (۰/۳۴)	۴/۲۵ (۰/۳۳)	۹/۱۲ (۱/۶۱)
	سیتوگیت	۳/۰۳ (۰/۷۶)	۲/۸۳ (۰/۴۰)	۵/۱۹ (۰/۳۷)	۹/۵۰ (۱/۴۲)
	دی‌اُکتیل	۲/۴۱ (۰/۵۱)	۱/۶۵ (۰/۱۶)	۴/۱۳ (۰/۲۹)	۱۰/۲۹ (۲/۱۵)
	روغن ولک	۲/۷۴ (۰/۴۶)	۱/۹۱ (۰/۳۴)	۴/۲۷ (۰/۳۵)	۹/۵۲ (۱/۷۴)
	آدیگور	۲/۲۴ (۰/۵۴)	۰/۷۴ (۰/۱۹)	۱/۹۹ (۰/۱۸)	۵/۳۱ (۱/۳۰)
	پروپل	۲/۳۵ (۰/۴۲)	۱/۱۳ (۰/۲۳)	۳/۱۵ (۰/۳۱)	۸/۷۵ (۲/۰۹)
	سولفات آمونیوم	۲/۳۸ (۰/۴۶)	۱/۵۸ (۰/۲۸)	۴/۰۱ (۰/۳۹)	۱۰/۰۸ (۲/۲۷)
	نیترات آمونیوم	۲/۶۶ (۰/۳۹)	۲/۰۳ (۰/۱۳)	۵/۶۳ (۰/۶۹)	۱۵/۵۸ (۲/۰۶)
	لوور–۷	۲/۷۳ (۰/۶۱)	۱/۶۳ (۰/۲۹)	۳/۶۴ (۰/۳۰)	۸/۱۴ (۱/۷۴)
سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل	–	۳/۱۵ (۰/۹۱)	۹/۶۳ (۱/۲۹)	۱۸/۹۳ (۱/۷۴)	۳۹/۲۳ (۷/۶۵)
	فریگیت	۲/۹۶ (۰/۶۱)	۴/۰۳ (۰/۶۹)	۸/۴۶ (۰/۶۳)	۱۷/۷۷ (۳/۰۵)
	سیتوگیت	۲/۴۲ (۰/۴۹)	۳/۳۱ (۰/۷۰)	۸/۲۷ (۰/۷۶)	۲۰/۶۲ (۴/۱۸)
	دی‌اُکتیل	۲/۶۶ (۰/۵۱)	۵/۰۳ (۰/۹۲)	۱۲/۶۷ (۱/۰۳)	۲۶/۱۲ (۴/۶۵)
	روغن ولک	۲/۵۶ (۰/۴۸)	۳/۷۷ (۰/۶۴)	۸/۸۹ (۰/۷۶)	۲۰/۹۴ (۴/۰۶)
	آدیگور	۲/۵۹ (۰/۴۹)	۳/۰۷ (۰/۴۹)	۷/۱۷ (۰/۵۹)	۱۶/۷۱ (۳/۳۲)
	پروپل	۲/۴۶ (۰/۴۶)	۲/۵۲ (۰/۴۸)	۶/۳۹ (۰/۵۸)	۱۶/۱۹ (۳/۵۴)
	سولفات آمونیوم	۲/۴۷ (۰/۴۵)	۳/۱۷ (۰/۵۵)	۸/۰۰ (۰/۷۶)	۲۰/۱۶ (۴/۴۷)
	نیترات آمونیوم	۳/۰۹ (۰/۸۹)	۵/۷۱ (۰/۷۷)	۱۰/۵۱ (۰/۷۲)	۱۹/۳۹ (۲/۶۸)
	لوور–۷	۲/۷۵ (۰/۷۶)	۴/۲۲ (۰/۶۵)	۱۱/۱۹ (۱/۲۹)	۲۹/۶۶ (۷/۰۱)

مقادیر ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} به ترتیب بیانگر مقدار علف‌کش، i، لازم برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد وزن خشک علف‌هرز بین حدود بالا و پایین منحنی‌های واکنش به مقدار می باشد. b_i شیب منحنی در محدوده ED_{50} می‌باشند. اعداد داخل پرانتز خطاهای استاندارد هستند.

مواد افزودنی نیترات آمونیوم و دی‌اُکتیل نیز به ترتیب کم اثرترین ماده افزودنی در بهبود کارایی علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل بودند (جدول ۴). کارآیی مواد افزودنی مورد استفاده در این پژوهش برای بهبود دادن کارآیی علف‌کش سولفوسولفوورن در کنترل علف‌هرز جو دره را می‌توان به صورت زیر بیان نمود: آدیگور (۵/۹۳) ≤ پروپل (۳/۷۵) ≤ لوور–۷ (۳/۲۵) ≤ سولفات آمونیوم (۲/۹۵) ≤ دی‌اُکتیل (۲/۸۶) ≤ فریگیت (۲/۷۸) ≤ روغن ولک (۲/۷۷) ≤ سیتوگیت (۲/۲۸) ≤ نیترات آمونیوم (۲/۱۰). در حالی‌که، کارایی مواد افزودنی مورد استفاده در این پژوهش برای بهبود دادن کارایی علف‌کش سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون-متیل در کنترل علف‌هرز جو دره را می توان به صورت زیر بیان نمود: پروپل (۲/۹۵) ≤ آدیگور (۲/۶۴) ≤ سولفات آمونیوم (۲/۳۶) = نیترات آمونیوم (۲/۳۶) > سیتوگیت (۲/۳۱) ≤ فریگیت (۲/۲۳) ≤ روغن ولک (۲/۱۳) ≤ لوور–۷ (۱/۶۹) ≤ دی‌اُکتیل (۱/۴۵). همانطور که قبلاً بیان شد، مواد افزودنی مورد استفاده در این پژوهش را می‌توان به خیس‌کننده‌ها (فریگیت، سیتوگیت و دی‌اُکتیل)، نفوذدهنده‌های روغنی (روغن ولک، آدیگور و پروپل)، نفوذدهنده‌های کودی (سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم) و اسیدی‌کننده‌ها (لوور–۷) دسته‌بندی کرد. این دسته‌بندی براساس نحوه عمل آن‌ها صورت گرفته است.

در رابطه با خیس‌کننده‌ها، به طور کلی عقیده بر این است که آن‌ها سبب کاهش کشش سطحی محلول پاشش علف‌کش می‌شوند (۸). کاهش کشش سطحی سبب تولید قطره‌های کوچک‌تر می شود و به دلیل این‌که انرژی قطره‌های کوچک‌تر کمتر می‌باشد، موجب نشست بیشتر آن‌ها روی سطح برگ می‌شود. علاوه بر این کاهش کشش سطحی سبب کاهش زاویه تماس قطره با سطح هدف می‌شوند. این موضوع به معنای خارج شدن قطره از حالت کروی و گرایش به تخت شدن در محل تماس با سطح برگ است. نشست بیشتر قطره‌های برخورد کرده با سطح برگ و کاهش زاویه تماس قطره با سطح هدف موجب افزایش کارایی فرمولاسیون می شود (۲۸). مزایای استفاده از خیس‌کننده‌های مورد استفاده در این پژوهش برای افزایش فعالیت برخی علف‌کش‌ها به خوبی در تعدادی از مقالات مستند شده است (۸ و ۲۹). در رابطه با نفوذدهنده‌های روغنی، نیز

اعتقاد بر این است که آن‌ها سبب بهبود انتقال ماده موثره از سطح هدف به بافت‌های درونی‌تر به دلیل نرم، قابلیت ارتجاع، یا حل شدن کوتیکول مومی شود (۲۰). بدین ترتیب امکان انتشار علف‌کش به سمت لایه زیرین که دارای خواص آب دوستی بیشتری است، فراهم می‌شود. مزایای استفاده از نفوذدهنده‌های روغنی مورد استفاده در این پژوهش برای افزایش فعالیت برخی علف‌کش‌ها به خوبی در تعداد زیادی از مقالات مستند شده است (۱۷، ۲۵ و ۲۹). در رابطه با نفوذدهنده‌های کودی، یکی از یون‌هایی که آنها در محلول آبی ایجاد می کند یون آمونیوم (NH_4^+) است. این یون با تشدید مکانیسمی به نام تله یونی اسید ضعیف، موجب افزایش عبور علف‌کش‌های اسیدی ضعیف (مانند علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+ مت سولوفورون‌متیل) از غشاء سلول گیاهی می شود و بهبود کارآیی آن‌ها می شود (۲۶). علاوه بر این، ثابت شده است که این نوع کودها کشش سطحی را نیز کاهش می دهند و از این طریق موجب نشست و نگهداشت پاشش بیشتر روی سطح برگ هدف می‌شوند (۳۲). مزایای استفاده از نفوذدهنده‌های کودی مورد استفاده در این پژوهش برای بهبود فعالیت علف‌کش سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل در کنترل علف‌هرز جو دره (۱) و علف‌کش‌های تیفن‌سولفورون و فورام-سولفورون (۱۳) و نیکوسولفورون (۲۶) در کنترل علف‌های هرز مختلف دیگر قبلاً مستند شده است. در رابطه با اسیدی‌کننده‌ها، مطالعات زیادی به منظور تعیین چگونگی تاثیر اسیدیته محلول پاشش روی علف‌کش‌ها انجام شده است. به‌طور کلی اعتقاد بر این است که با کاهش دادن اسیدیته محلول پاشش علف‌کش‌هایی با خاصیت اسیدی ضعیف، می توان نفوذ مولکول‌های علف‌کش به درون کوتیکول را افزایش داد زیرا در محلول پاشش نسبت بیشتری از مولکول‌های علف‌کش غیر یونی وجود خواهد داشت و لذا نفوذ به درون کوتیکول سریع‌تر و آسان‌تر خواهد شد (۲۴). فاهل و همکاران (۱۴) نشان داده‌اند که کاهش اسیدیته محلول پاشش قادر است جذب برخی از علف‌کش‌های سولفونیل اوره غیریونی را افزایش دهد. هر چند گرین و هال (۱۵) نشان داده‌اند که هم اسیدی‌سازی و هم قلیایی‌سازی محلول پاشش قادر است فعالیت بیولوژیکی علف‌کش نیکوسولفورون را افزایش دهد.

علت اصلی خاصیت انتخابی علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل برای گندم متابولیسم سریع گزارش شده است (۲۷). حسینی و همکاران (۱۸) گزارش کردند که چهار ساعت پس از اعمال علف‌کش سولفوسولفورون، علف‌هرز جو دره قادر است حدود یک‌چهارم از علف‌کش را تجزیه نماید. در حالی که، گندم قادر است بیش از نیمی از علف‌کش را تجزیه نماید. به همین دلیل، تحمل نسبی علف‌هرز جو دره به علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل به دلیل تجزیه آن‌ها در پیکره علف‌هرز جو دره می باشد. در این تحقیق نیز ثابت شد که احتمالاً تحمل نسبی علف‌هرز جو دره می‌تواند به خاطر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کوتیکول برگ آن نیز باشد. به دلیل این‌که نفوذدهنده‌ها، به‌خصوص نفوذ دهنده‌های روغنی که خاصیت حل کردن کوتیکول مومی برگ را دارند، دارای بیشترین تأثیر در بهبود کارآیی هر دو علف‌کش داشت.

بهینه‌سازی حاشیه امنیت علف‌کش‌ها

هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین وزن خشک بوته‌های گندم رقم کاسکوژن شاهد و غلظت‌های بهینه شده (ED_{90}) علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل با و بدون مواد افزودنی مورد آزمایش مشاهده نشد(داده‌ها ارائه نشدند). این بدان معناست که انتخابی بودن هر دو علف‌کش با به کارگیری مواد افزودنی تغییر نکرده است. همان طور که قبلاً بیان شد تجزیه سریع علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل در پیکره گندم علت اصلی خاصیت انتخابی آن‌هاست. به همین دلیل، احتمالاً جذب بهبود یافته هر دو علف‌کش در گندم به وسیله مواد افزودنی با تجزیه سریع آن‌ها خنثی خواهد شد.

نتیجه گیری کلی

بهبود کارایی علف‌کش‌ها در کنترل موثر علف‌های هرز، صرفه جویی در کاربرد ماده موثره علف‌کش‌های گران قیمت، کاهش اثرات مضر محیطی کاربرد علف‌کش‌ها از جمله دلایل استفاده از مواد افزودنی فعال‌کننده می‌باشد (۸). در این تحقیق، هدف از کاربرد مواد افزودنی فعال‌کننده به همراه علف‌کش‌های سولفوسولفوورن و سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل، علاوه بر اهداف مذکور، افزایش حاشیه امنیت این علف‌کش‌ها برای گندم بود. در این تحقیق ثابت شد که احتمالاً تحمل نسبی علف‌هرز جو دره، علاوه بر تجزیه علف‌کش (۱۸)، به خاطر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کوتیکول برگ آن نیز می‌تواند باشد. آدیگور و پروپل بهترین ماده افزودنی برای بهبود کارایی هر دو علف‌کش بودند. خاصیت انتخابی هر دو علف‌کش برای گندم با به کارگیری تمامی مواد افزودنی تغییر نکرد. این یعنی، افزایش حاشیه امنیت علف‌کش‌های فوق برای گندم.

سپاسگزاری

کلیه هزینه‌های اجرایی این تحقیق توسط حوزه معاونت پژوهشی (طرح پژوهشی با کد ۲/۲۷۳۷۰) دانشگاه فردوسی مشهد تامین گردید و بذور علف‌هرز جو دره به وسیله مهندس مجتبی حسینی جمع‌آوری شد، که بدین طریق صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

جدول ٤- مقادیر پتانسیل نسبی برای مقایسه تاثیر مواد افزودنی بر کارآیی علف‌کش های سولفوسولفورون و سولفوسولفورون+متسولفورون‌متیل در کنترل علف‌هرز جو دره.

	سولفوسولفورون									
	بدون ماده افزودنی	لوور-۷	آدیگور	سیتوگیت	ولک	فریگیت	دی‌اُکیل	پرویل	سولفات‌آمونیوم	نیترات آمونیوم
بدون ماده افزودنی	۱/۰۰									
لوور-۷	۳/۲۵ ***	۱/۰۰								
آدیگور	۵/۹۳ **	۱/۸۲ **	۱/۰۰							
سیتوگیت	۲/۲۸ **	۰/۷۰ **	۰/۳۸ **	۱/۰۰						
ولک	۲/۷۷ **	۰/۸۵ ns	۰/۴۶ **	۱/۲۱ ns	۱/۰۰					
فریگیت	۲/۷۸ **	۰/۸۵ ns	۰/۴۶ **	۱/۲۲ ns	۱/۰۱ ns	۱/۰۰				
دی‌اُکیل	۲/۸۶ **	۰/۸۸ ns	۰/۴۸ **	۱/۲۵ ns	۱/۰۳ ns	۱/۰۲ ns	۱/۰۰			
پرویل	۳/۷۵ ***	۱/۱۵ ns	۰/۶۳ **	۱/۶۴ ***	۱/۳۶ *	۱/۳۴ *	۱/۳۱ ns	۱/۰۰		
سولفات‌آمونیوم	۲/۹۵ **	۰/۹۱ ns	۰/۴۹ **	۱/۲۹ ns	۱/۰۶ ns	۱/۰۶ ns	۱/۰۳ ns	۰/۷۸ **	۱/۰۰	
نیترات‌آمونیوم	۲/۱۰ **	۰/۶۴ **	۰/۳۵ **	۰/۹۲ ns	۰/۷۶ *	۰/۷۵ *	۰/۷۳ *	۰/۵۶ **	۰/۷۱ *	۱/۰۰
	سولفوسولفورون+ متسولفورون‌متیل									
	بدون ماده افزودنی	لوور-۷	آدیگور	سیتوگیت	ولک	فریگیت	دی‌اُکیل	پرویل	سولفات‌آمونیوم	نیترات آمونیوم
بدون ماده افزودنی	۱/۰۰									
لوور-۷	۱/۶۹ **	۱/۰۰								
آدیگور	۲/۶۴ **	۱/۵۶ *	۱/۰۰							
سیتوگیت	۲/۳۱ **	۱/۳۵ ns	۰/۸۶ ns	۱/۰۰						
ولک	۲/۱۳ **	۱/۲۵ ns	۰/۸۰ ns	۰/۹۳ ns	۱/۰۰					
فریگیت	۲/۲۳ **	۱/۳۲ ns	۰/۸۴ ns	۰/۹۸ ns	۱/۰۵ ns	۱/۰۰				
دی‌اُکیل	۱/۴۵ ns	۰/۹۷ ns	۰/۶۲ **	۰/۷۲ **	۰/۷۷ ***	۰/۷۳ **	۱/۰۰			
پرویل	۲/۹۵ **	۱/۷۴ **	۱/۱۳ ns	۱/۲۹ ns	۱/۳۹ ns	۱/۳۲ **	۱/۷۹ **	۱/۰۰		
سولفات‌آمونیوم	۲/۳۶ **	۱/۳۹ ns	۰/۸۹ ns	۱/۰۳ ns	۱/۱۱ ns	۱/۰۵ ns	۱/۴۳ ns	۰/۷۹ ns	۱/۰۰	
نیترات‌آمونیوم	۲/۳۶ **	۱/۰۶ ns	۰/۶۸ ns	۰/۷۸ **	۰/۸۴ ns	۰/۸۰ **	۱/۰۹ ns	۰/۶۰ ***	۰/۶۹ **	۱/۰۰

منابع

۱- اقراری قره لر س.، باغستانی م.ع. و حبیبی د. ۱۳۹۲. بررسی اثر مواد افزودنی در افزایش کارآیی علف‌کش سولفوسولفوورن+مت‌سولوفورون‌متیل در کنترل جو دره. پنجمین همایش علوم علف‌های هرز ایران. کرج ۲ لغایت ۴ شهریور ماه. ۳۳-۳۸.

۲- باغستانی م.ع.، زند الف.، مین باشی معینی م. و عطری، ع. ۱۳۸۶. مروری بر تحقیقات انجام شده روی کنترل جوهای وحشی در مزارع گندم کشور. دومین همایش علوم علف‌های هرز ایران. مشهد ۹ و ۱۰ بهمن ماه. مقالات کلیدی. مقاله ۳: ۴۷-۶۱.

۳- سیدی‌پور ح.، باغستانی م.ع. و زند ا. ۱۳۸۸. مدیریت تلفیقی علف‌هرز جو دره در گندم در استان قم. پژوهش نامه کشاورزی ۱(۲): ۳۳-۴۵.

۴- جمالی م. ر. و جوکار، ل. ۱۳۸۹. اثر تناوب زراعی در کنترل علف‌هرز جودره در مزارع گندم استان فارس. نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴ (۱): ۹۹-۱۰۷.

۵- جمالی م. و باغستانی م.ع. ۱۳۹۰. تأثیر زمان و میزان کاربرد علف‌کش‌ها در کنترل جو دره در مزارع گندم فارس. مجله دانش علف های هرز ۷: ۷۹-۸۷.

۶- زند الف.، باغستانی م.ع.، شیمی پ.، نظام آبادی ن.، موسوی م.ر. و موسوی ک. ۱۳۹۱. راهنمای کنترل شیمیایی علف‌های هرز محصولات مهم زراعی و باغی ایران (با رویکرد کاربرد صحیح و کاهش مصرف علف‌کش‌ها). ویراست چهارم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۷۶ صفحه.

۷- زند الف. و باغستانی م.ع. ۱۳۸۶. مروری بر ۵ سال تحقیقات مربوط به مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها در ایران. دومین همایش علوم علف های هرز ایران. مشهد ۹ و ۱۰ بهمن ماه. مقالات کلیدی. مقاله ۶: ۷۹-۹۰.

8-Aliverdi A., Rashed Mohassel M.H., Zand E., and Nassiri Mahallati 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 biology and management, 9: 292-299.

9-Anderson J.J., Priester T.M., and Shalaby L.M. 1989. Metabolism of metsulfuron-methyl in wheat and barley. Journal of Agricultural Food Chemistry, 37: 1429-1434.

10-Baghestani M.A., Zand E., Mesgaran M.B., Veysi M., PourAzar R., and Mohammadipour M. 2008. Control of weed barley species in winter wheat with sulfosulfuron at different rates and times of application. Weed Biology and Management, 8: 181-190.

11-Baghestani M.A., Zand E., Soufizadeh S., Jamali M., and Maighani M. 2007. Evaluation of sulfosulfuron for broadleaved and grass weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. Crop Protection, 26: 1385-1389.

12-Ball D.A., and Walenta D.L. 1997. Downy brome control in winter wheat with MON 37500. In: Proceedings of the Western Society of Weed Science (Portland, OR, USA). Western Society of Weed Science, Portland, OR, 90-94.

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

14-Fahl G.M., Kreft L., Altenburger R., Faust M., Boedeker W., and Grimme L.H. 1995. pH-dependent sorption, bioconcentration and algal toxicity of sulfonylurea herbicide. Aquatic Toxicology, 31:175–187.

15-Green J.M., and Hale T. 2005. Increasing and decreasing pH to enhance the biological activity of nicosulfuron. Weed Technology, 19: 468-475.

16-Hamidi R., Mazaheri D., and Rahimian H. 2009. Wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch) seed germination as affected by dry storage periods, temperature regimes, and glumellae characteristics. Iranian Journal of Weed Science, 5: 1-12.

17-Hammami H., Aliverdi A., Parsa M. 2014. The effectiveness of clodinafop-propargyl, haloxyfop-p-methyl and difenzoquatmethyl-sulfate plus Adigor and Propel adjuvants to control of *Avena ludoviciana* Durieu. Journal of Agricultural Science and Technology, 16:291-299.

18-Hosseini S.A., Rashed-Mohassel M.H., Spliid N.H., Mathiassen S.K., and Kudsk P. 2011. Response of wild barley (*Hordeum spontaneum*) and winter wheat (*Triticum aestivum*) to sulfosulfuron: The role of degradation. Weed Biology and Management, 11: 64-71.

19-Hsiao A.I., Liu S.H., and Quick W.A. 1996. Effect of ammonium sulfate on the phytotoxicity, foliar uptake, and translocation of imazamethabenz in wild oat. Plant Growth Regulation, 15: 115-120.

20-Izadi-Darbandi E., Aliverdi A., and Hammami H. 2013. Behavior of vegetable oils in relation to their influence on herbicides' effectiveness. Industrial Crops and Products, 44: 712-717.

21-King S.R., Hagood E.S., Bradley K.W., and Kriton K.H. 2003. Absorption, translocation, and metabolism of AE F13006003 in wheat, barley, and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) with or without dicamba. Weed Science, 51: 509-514.

22-Kreuz K., Gaudin J., Stingelin J., and Ebert E. 1991. Metabolism of the aryloxy phenoxy propionate herbicide, CGA 184927, in wheat, barley and maize: differential effects of the safener, CGA 185072. Zeitschrift für Naturforschung. Section C, Biosciences, 46: 901-905.

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

24-McMullan P.M. 2000. Utility adjuvants. Weed Technology, 14: 792-797.
25-Mousavinik A., Zand E., Baghestani M.A., Deihimfard R., Soufizadeh S., Ghezeli F., and Aliverdi A. 2009. Ability of adjuvants in enhancing the performance of pinoxaden and clodinafop propargyl herbicides against grass weeds. Iranian Journal of Weed Science, 5: 65-77
26-Nalewaja J.D., and Matysiak R. 2000. Spray deposits from nicosulfuron with salts that affect efficacy. Weed Technology, 14: 740-749.
27-Olson B.L.S., Al-Khatib K., Stahlman P., and Isakson P.J. 2000. Efficacy and metabolism of MON 37500 in *Triticum aestivum* and weedy grass species as affected by temperature and soil moisture. Weed Science, 48: 541-548.
28-Penner D. 2000. Activator adjuvants. Weed Technology, 14: 785-791.
29-Rashed-Mohassel M.H., Aliverdi A., and Rahimi S. 2011. Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl with adjuvants to control wild oat. Industrial Crops and Products, 34: 1583-1587.
30-Ritz C., and Streibig J.C. 2005. Bioassay analysis using R. Journal of Statistical Software, 12: 1-22.
31-Tind T., Mathiesen T.J., Jensen J.E., Ritz C., and Streibig J.C. 2009. Using a selectivity index to evaluate logarithmic spraying in grass seed crops. Pest Management Science, 65: 1257-1262.
32-Tu M., and Randall J.M. 2001. Adjuvants. In: Weed Control Methods Handbook: Tools and Techniques for Use in Natural Areas. (Eds: Tu, M., Hurd, C., Randall, J.M.). The Nature Conservancy, http://tncweeds.ucdavis.edu.
33-Tworkoski T., 2002. Herbicide effects of essential oils. Weed Science, 50: 425-431.
34-Zand E., Baghestani M.A., Soufizadeh S., Eskandari A., PourAzar R., Veysi M., Mousavi K., and Barjasteh A. 2007. Evaluation of some newly registered herbicides for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. Crop Protection, 26: 1349-1358.