نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۱۰-۹۹

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No. 1, Spring 2019, P. 99-110

بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌های بنتازون + اسیفلورفن و ایمازتاپیر در کنترل سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) با استفاده از مواد افزودنی

سمیرا ابوعلی[۱]- سهراب محمودی[۲]- حسین حمامی[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۰

چکیده

بهینه‌سازی مصرف علف‌کش‌ها به‌وسیله کاربرد مواد افزودنی یکی از رهیافت‌های نوین برای کاهش عوارض زیست‌محیطی ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها است. به‌منظور ارزیابی تأثیر مواد افزودنی در بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌های بنتازون+اسیفلورفن و ایمازتاپیر در کنترل سلمه‌تره، دو آزمایش گلخانه‌ای دز پاسخ مجزا در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها در هر آزمایش شامل غلظت‌های علف‌کش در هفت سطح (۰، 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 آزمایش نشان داد که کاربرد مواد افزودنی بخصوص روغن گیاهی منداب موجب افزایش کارایی علف‌کش‌های بنتازون+اسیفلورفن و ایمازتاپیر در کنترل سلمه‌تره شد. روغن منداب و سیتوگیت باعث افزایش کارایی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن در کاهش زیست‌توده تولیدی اندام‌های هوایی سلمه‌تره به‌ترتیب به میزان ۱/۲۹، ۱/۲۸ برابر و علف‌کش ایمازتاپیر ۲/۱۳ و ۱/۳۰ برابر شد. درحالی‌که این مقادیر برای کاهش زیست‌توده ریشه سلمه تره به‌ترتیب ۲/۷۹، ۱/۹۸، ۲/۳۵ و ۱/۶۶ برابر بود. با توجه به واکنش شدیدتر ریشه به تیمارهای اعمال شده، نتایج نشان داد که ریشه سلمه‌تره حساسیت بیشتری به کاربرد مواد افزودنی و علف‌کش‌های بنتازون+اسیفلورفن و ایمازتاپیر در مقایسه با اندام‌های هوایی داشت. بطور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد روغن منداب و سیتوگیت باعث افزایش کارایی کنترل سلمه تره بوسیله بنتازون+اسیفلورفن و ایمازتاپیر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پهن‌برگ، توانایی نسبی، دز مؤثر، گلخانه، مویان

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در بخش کشاورزی علف‌های هرز هستند که به دلیل رقابت برای فضا، آب، مواد غذایی و نور با گیاهان زراعی و باغی، منجر به کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌شوند و جزء عوامل اصلی محدودکننده تولید محصولات زراعی می‌باشند (۳۰). رشد سریع جمعیت جهان نیاز به تولید مواد غذایی و در نهایت کشاورزی فشرده، تولیدکنندگان را وادار به استفاده از مواد شیمیایی کرده است. از طرفی دیگر با توجه به اثرات منفی زیست‌محیطی ناشی از کاربرد مواد شیمیایی، تولیدکنندگان و مصرف کنندگان مواد شیمیایی ناگزیر به تولید و مصرف مواد شیمیایی با تبعات زیست‌محیطی کمتر هستند (۳۲). با توجه به ممنوع شدن کاربرد بسیاری از مواد شیمیایی و همچنین ثابت شدن اثرات منفی ناشی از کاربرد بسیاری از کودها و سموم شیمیایی امروزه تلاش بسیاری در جهت افزایش کارایی مواد شیمیایی می‌شود.

مقدار بسیار زیادی از آفت‌کش‌های شیمیایی مصرفی در کشاورزی نه‌تنها به محل هدف نرسیده بلکه به محیط‌ها و موجودات غیرهدف می‌رسند و باعث آسیب مستقیم و غیرمستقیم به موجودات غیر هدف مانند انسان‌ها، پرنده‌ها، جانوران و گیاهان آبزی، زنبور عسل، شکارگرهای طبیعی آفات و غیره می‌شوند (۷، ۱۸ و ۲۰). علف‌کش‌ها بخش عمده‌ای از مواد شیمیایی مصرفی در کشاورزی را در دنیا به خود اختصاص داده‌اند و با توجه به اینکه مدیریت علف‌های هرز بیشتر معطوف به کاربرد علف‌کش‌ها است اخیراً تحقیقات زیادی در مورد علف‌کش‌ها انجام می‌شود (۲۴). یکی از مهم‌ترین راهبردها

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: Hhammami@birjand.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.v33i1.71439

در جهت کاهش مصرف علف‌کش‌ها، بهینه‌سازی مصرف آن‌ها است که در این زمینه، مؤثرترین و زودبازده‌ترین روش‌ها برای بهینه‌سازی و کاهش مصرف علف‌کش‌ها، افزایش سطح دانش و آگاهی بهره‌برداران درباره علف‌کش‌ها و روش صحیح کاربرد آن‌هاست (۳۶). امروزه کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و بویژه علف‌کش‌ها در برخی از کشورها مانند سوئد، هلند و دانمارک توسط دولت به‌صورت اجباری اجرا می‌شود. بهبود کارایی علف‌کش‌ها با هدف کاهش اثرات زیست‌محیطی آن‌ها یا کاهش هزینه‌ها انجام می‌شود (۲).

اولین گام در تصمیم‌گیری برای مصرف بهینه علف‌کش‌ها، توجه به اقدامات پیشگیرانه از قبیل تناوب زراعی و کاشت ارقام دارای قدرت رقابتی بالا به‌منظور کاهش تلفات بالقوه ناشی از تداخل علف‌های هرز است. مرحله دوم ارزیابی ضرورت سم‌پاشی و تعیین مقدار علف‌کش مورد نیاز برای کنترل مطلوب علف‌های هرز است (۱۶). مقدار توصیه شده علف‌کش‌ها توسط کارخانه سازنده مقداری است که بتواند در طیف گسترده‌ای از شرایط محیطی، مرحله رشدی و طیف علف‌های هرز مختلف کارایی مناسب داشته باشد در نتیجه معمولاً شرکت سازنده به دلایل ذکر شده و همچنین سود بیشتر، گرایش به توصیه مصرف بیشترین مقادیر ممکن دارند. ولی کاربرد علف‌کش‌ها در مقدار توصیه شده، افزایش هزینه‌های تولید محصولات زراعی و آسیب به محیط‌زیست را در پی خواهد داشت. کاربرد علف‌کش‌ها در غلظت‌های مناسب، احتمال رسیدن آن‌ها به محل خارج از هدف را کاهش می‌دهد. عمدتاً کارایی هر علف‌کش به غلظت استفاده شده وابسته است و در بسیاری از موارد همین امر دلیل انتخابی بودن آن‌ها است. غلظت‌های ثبت شده برای کاربرد علف‌کش‌ها، اصولاً برای کنترل آن‌ها در شرایط متغیر محیطی و رشدی و تراکم‌های مختلف توصیه می‌شود و این مقدار ممکن است در شرایط محیطی باثبات (محیط دارای تنش کمتر)، شادابی علف‌های هرز و تراکم های پایین بیش از مقدار مورد نیاز لازم برای کنترل علف‌های هرز باشد (۳).

عوامل بسیاری بر کارایی علف‌کش‌ها تأثیر می‌گذارند که تحت کنترل کاربر نمی‌باشند و بخش عمده این عوامل مربوط به شرایط محیطی است که از این عوامل می‌توان گرما، سرما، نور شدید، باد و غیره را نام برد. ازاین‌رو انتخاب ماده افزودنی و فرمولاسیون مناسب در این شرایط اهمیت ویژه‌ای دارد (۱۷). مواد افزودنی جهت بهبود نفوذ سموم با تغییر خصوصیات محلول علف‌کش و یا تغییر نفوذپذیری کوتیکول باعث افزایش کارایی علف‌کش‌ها می‌شوند (۳۶). با توجه به اثرات مخرب زیست‌محیطی و انسانی علف‌کش‌ها کاربرد مواد افزودنی از مهم‌ترین راهکارهای افزایش کارایی و کاهش مقدار کاربرد علف‌کش‌هاست.

علف‌کش مخلوط بنتازون+اسیفلورفن (استورم[1]) برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ معرفی شده است (۳۴). کارایی علف‌کش‌های پس‌رویشی به‌وسیله کاربرد مواد افزودنی افزایش می‌یابد بنابراین، امکان کاهش خطر عوارض جانبی و هزینه کاربرد علف‌کش‌ها فراهم می‌شود (۱). اثر علف‌کش‌های پس‌رویشی اغلب با کاربرد مواد افزودنی افزایش می‌یابد که سبب افزایش نگهداری و جذب علف‌کش‌ها روی سطح برگ می‌شود و این احتمالاً می‌تواند در بهینه‌کردن کنترل علف‌هرز تأثیر داشته باشد (۹). علف‌کش ایمازتاپیر[2] از علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات سینتاز بوده و خاصیت انتخابی دارد که برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک برگ بکار می‌رود (۱۹ و ۳۴). گیاهان زراعی از طریق متابولیزه کردن ایمازاتاپیر باعث ایجاد خاصیت انتخابی می‌شوند (۲۸).

سلمه‌تره علف هرزی متعلق به خانواده اسفناجیان[3] و یکی از سمج‌ترین و مشکل‌سازترین علف‌های هرز جهان است (۱۱) و جوانه‌زنی آن نسبت به دیگر علف‌های هرز در دماهای پایین انجام می‌گیرد، ازاین‌رو به خاطر سبز شدن زودهنگام قبل از محصول زراعی دارای برتری رقابتی در شروع فصل است (۳۳). سلمه‌تره موجب کاهش عملکرد در بیش از ۴۰ محصول زراعی می‌گردد (۶). ازاین‌رو این آزمایش با هدف ارزیابی بهینه‌سازی کارایی علف‌کش بنتازون+اسیفلوفن و ایمازتاپیر در نتیجه بهره‌گیری از مواد افزودنی در کنترل علف‌هرز سلمه‌تره در شرایط گلخانه‌ای، به‌منظور کاهش خطرات زیست‌محیطی و کاهش مصرف علف‌کش‌های بنتازون+اسیفلورفن و ایمازتاپیر انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کاربرد مواد افزودنی بر کارآیی علف‌کش های بنتازون+اسیفلورفن و ایمازاتاپیر در کنترل سلمه‌تره دو آزمایش دز پاسخ مجزا بصورت فاکتوریل بر اساس طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در پاییز سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمار بکار رفته برای هر آزمایش شامل غلظت علف‌کش در هفت سطح (۰، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه شده) و ماده افزودنی در سه سطح (روغن منداب، سیتوگیت و بدون روغن) بودند. به‌منظور توزیع مناسب روغن منداب در محلول پاشش علف‌کش و عدم تشکیل میسل، از امولسیون کننده سیتوگیت به مقدار ۵٪ حجمی استفاده شد. مواد افزودنی مورد استفاده به مقدار ۱۰ سی‌سی در لیتر (۱٪ حجم به حجم) به محلول علف‌کش ها قبل از پاشش افزوده شدند. به منظور استخراج روغن منداب از بذر

1- Storm
2- Imazethapyr
3- Chenopodiaceae

گیاه منداب به روش روغن‌گیری تحت فشار استفاده شد. ۴ هفته پس از اعمال تیمار، گیاهان از سطح خاک بریده شده و سپس به مدت ۷۲ ساعت در داخل آون با دمای ۷۵ درجه خشک شده و توزین شدند. ریشه‌ها نیز به‌وسیله شستشوی خاک گلدان‌ها به‌دقت جمع‌آوری شده و پس از ۷۲ ساعت قرار دادن در آون دارای دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد توزین شدند.

بذور سلمه‌تره به‌منظور کاهش آلودگی به‌صورت سطحی با هیپوکلریت سدیم ۵٪ تیمار شدند. به‌منظور خواب‌شکنی از تیمار اسیدسولفوریک (به مدت ۱ دقیقه) استفاده شد. سپس بذور به مدت ۱۰ دقیقه با آب شیر شسته شدند. پس از تیمار بذرها با اسید سولفوریک غلیظ، به‌منظور دستیابی به درصد سبز شدن بالا و یکنواختی رشد گیاهچه‌های علف هرز، بذرها ابتدا در سینی‌های کشتی حاوی پیت کشت شدند و به‌صورت روزانه آبیاری شدند. ۱۰ روز پس از سبز شدن سینی‌های کشت، گیاهچه‌های سبز شده به گلدان‌های ۲ لیتری حاوی خاک و خاک‌برگ منتقل شدند. ۱ هفته پس از انتقال گیاهچه ها گیاهان هر گلدان تا رسیدن به ۴ بوته در گلدان تنک شدند (۳۰ و ۳۲). گیاهان در مرحله ۳ تا ۴ برگی کامل با استفاده از سمپاش کتابی مدل ماتابی پلاس با نازل تی جت شمارهٔ ۸۰۰۲، تحت تیمار قرار گرفتند. سم‌پاش با حجم ۲۵۰ لیتر آب در هکتار و فشار ۲ بار کالیبره شد. دمای گلخانه به‌صورت دمای روزانه ۳±۲۵ و دمای شبانه ۳±۱۵و رطوبت نسبی نیز ۵±۴۵ تنظیم شده بود.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

از تکنیک وایازی غیرخطی با استفاده از بسته نرم‌افزاری drc در نرم‌افزار R (ver 2.13) برای تجزیه و تحلیل استفاده شده و از برازش معادله سیگموئیدی چهار پارامتری (معادله ۱) به زیست توده اندام‌های هوایی و ریشه استفاده شد و غلظت‌های علف‌کش برای ۵۰ و ۹۰ درصد بازدارندگی زیست توده (ED_{50}[1] و ED_{90}) محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش بکار گرفته شد (۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۲۸).

$$F(x(b,c,d,e) = c + \frac{d-c}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e))} \quad (۱)$$

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

$$F(x, b, d, e, f) = c + \frac{d}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e))} \quad (۲)$$

به منظور مقایسه اثر اختلاف جابجاشدگی افقی (جابجا شدگی افقی، بیانگر نسبت بین مقادیر علف‌کشی است که منتهی به پاسخ یکسانی می‌شوند) منحنی‌های پاسخ به دز از توانایی نسبی که از رابطه زیر محاسبه می‌شود استفاده شد.

$$R = \frac{ED50\ a}{ED50\ b} \quad (۳)$$

ED_{50a} نشان‌دهنده دز مؤثر ۵۰ درصد برای تیمار علف‌کش بدون ماده افزودنی و ED_{50b} نشان‌دهنده دز مؤثر ۵۰ درصد برای تیمار علف‌کش بعلاوه ماده افزودنی است. اگر R برابر ۱ باشد، علف‌کش با و بدون ماده افزودنی دارای توانایی نسبی یکسانی خواهند بود. اگر R بزرگ‌تر از ۱ 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، ۲۶، ۲۷ و ۲۸).

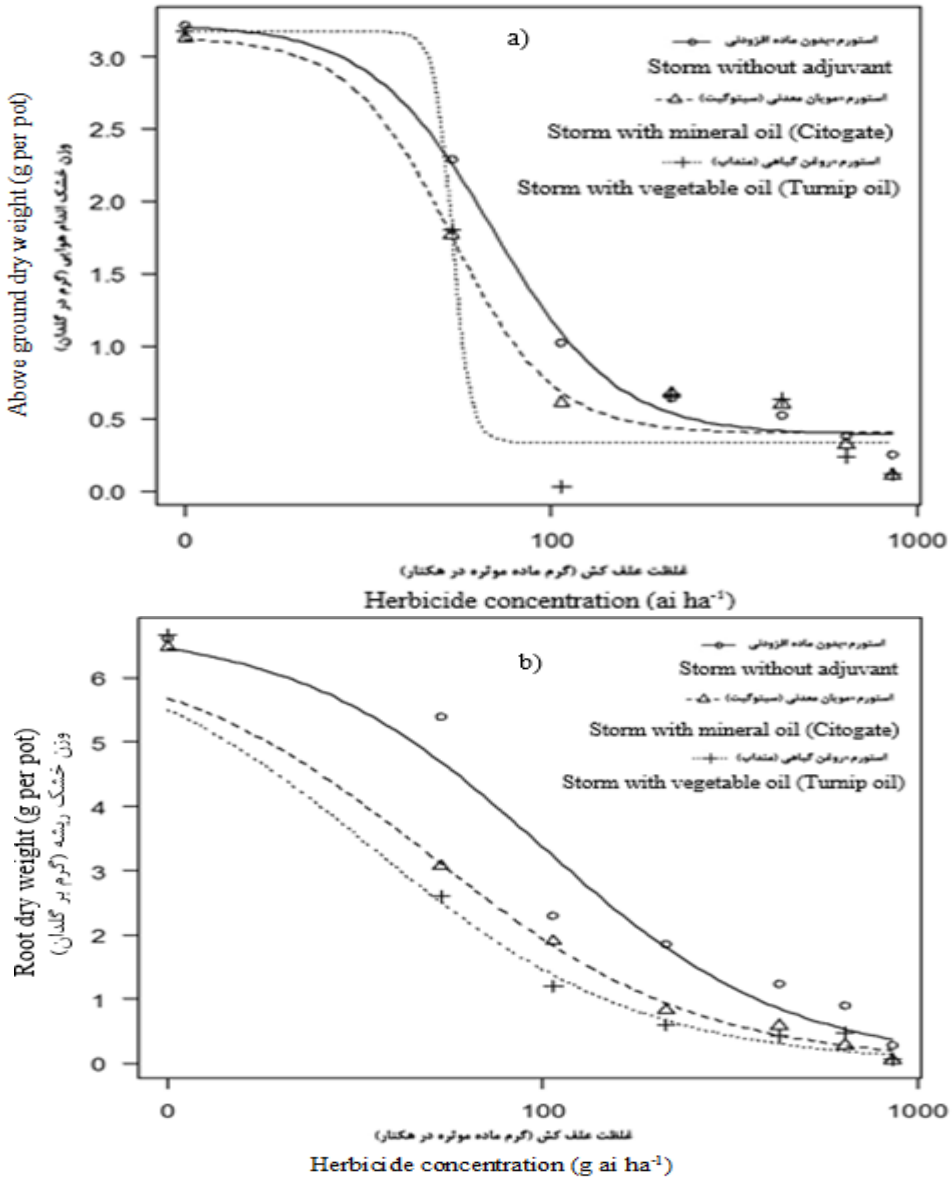
نتایج و بحث

اثر مواد افزودنی بر کارایی بنتازون+اسیفلورفن در کنترل سلمه‌تره

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون آزمایش، وزن خشک اندام‌های هوایی سلمه‌تره به معادله سیگموئیدی چهار پارامتره مشاهده شد که در حضور روغن گیاهی منداب و مویان معدنی سیتوگیت مقادیر پارامترهای ED_{50} به‌ترتیب ۵۳/۴۷۸ و ۵۳/۰۶۱ و ED_{90} به‌ترتیب ۶۰/۴۴۹ و ۱۰۷/۳۶۹ گرم ماده مؤثر در هکتار و در کاربرد علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن به‌تنهایی، ED_{50} و ED_{90} به‌ترتیب برابر ۶۸/۹۱۴ و ۱۶۱/۷۶۰ بود. با توجه به داده‌های جدول ۱ مشاهده می‌شود که مقادیر بنتازون+اسیفلورفن موردنیاز برای ایجاد اثر مشابه در شرایطی که مواد افزودنی بکار می‌رود کمتر از مقادیر علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن مورد نیاز به‌تنهایی است. بنابراین این نتایج نشان‌دهنده افزایش کارایی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن در کنترل سلمه‌تره در حضور موادافزودنی است. مقادیر کمی این افزایش کارایی را می‌توان در مقادیر بیان‌شده برای توانایی نسبی مشاهده کرد. ازآنجایی‌که افزایش توانایی نسبی به بیش از یک نشان‌دهنده افزایش فعالیت علف‌کشی است بنابراین نتایج این آزمایش افزایش کارایی بنتازون+اسیفلورفن را در کنترل سلمه‌تره در حضور روغن منداب و سیتوگیت نشان می‌دهد. نتایج توانایی نسبی نشان داد که روغن منداب و سیتوگیت بر حسب وزن خشک اندام‌های هوایی کارایی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن را به ترتیب به اندازه ۱/۲۹ و ۱/۲۸ برابر بهبود داده است، به عبارتی دیگر یک کیلوگرم در هکتار علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن به همراه روغن منداب و سیتوگیت به ترتیب

1- Effective dose for inhibition of 50 % of plant growth

دارای کارایی برابر ۱/۲۹ و ۱/۲۸ کیلوگرم در هکتار از همین علف‌کش به‌تنهایی برای کنترل سلمه‌تره است. افزایش کارایی بنتازون+اسیفلورفن در کنترل سلمه‌تره در شکل ۱ (a) نیز با توجه به جابجایی افقی منحنی‌ها مشاهده می‌شود. نرم شدن، افزایش نفوذپذیری و همچنین حل شدن کوتیکول در نتیجه کاربرد روغن‌های گیاهی و مویان های معدنی منجر به افزایش نفوذ علف‌کش به داخل گیاه شده و در نتیجه باعث افزایش کارایی علف‌کش‌ها می‌شود (۱۰). کاربرد روغن‌های گیاهی زیتون و کرچک منجر به افزایش کارایی کنترل علف قناری توسط علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل به مقدار ۱/۴۱، ۱/۴۰ برابر، سیکلوکسیدیم به مقدار ۱/۵۳، ۱/۳۸ برابر و دیکلوفوپ متیل به مقدار ۱/۴۴، ۱/۳۲ شد. نتایج این آزمایش همچنین نشان‌دهنده افزایش بیشتر کارایی علف‌کش‌های فوق در صورت کاربرد روغن‌های گیاهی زیتون و کرچک در مقایسه با مویان معدنی فریگیت بود (۲۶).



شکل ۱- پاسخ وزن خشک اندام‌های هوایی (a) و ریشه (b) سلمه‌تره به کاربرد علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن با و بدون مواد افزودنی

Figure 1- Above ground and Root dry weight response of *C. album* to applied Bentazon+Acifluorfen herbicide with and without adjuvants

جدول ۱- پارامترهای حاصل از برازش مدل‌های سه و چهار پارامتری سیگموئیدی بر داده‌های وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه سلمه‌تره و توانایی نسبی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن

Table 1- Parameters derived from fitting data by three and four parameters sigmoid models on above ground and root dry weight *C. album* and relative potency of herbicide Bentazon+Acifluorfen

تیمارها Treatment	b	c	d	ED_{50} Effect Dose $_{50}$	ED_{90} Effect Dose $_{90}$	توانایی نسبی Relative potency
			وزن خشک اندام‌های هوایی سلمه‌تره Above ground dry weight of *C. album*			
بنتازون+اسیفلورفن بدون ماده افزودنی Bentazon+Acifluorfen without adjuvant	2.575 (1.050)*	0.389 (0.158)	3.219 (0.253)	68.914 (10.571)	161.760 (62.335)	1
بنتازون+اسیفلورفن + روغن منداب Bentazon+Acifluorfen with turnip oil	17.928 (13.614)	0.336 (0.114)	3.168 (0.255)	53.478 (2.783)	60.449 (33.201)	1.29
بنتازون+اسیفلورفن + سیتوگیت Bentazon+Acifluorfen with Citogate	3.117 (2.307)	0.399 (0.151)	3.130 (0.254)	53.061 (7.288)	107.369 (54.271)	1.28
			وزن خشک ریشه سلمه‌تره Root dry weight of *C. album*			
بنتازون+اسیفلورفن بدون ماده افزودنی Bentazon+Acifluorfen without adjuvant	1.323 (0.212)		6.761 (0.379)	98.568 (13.946)	518.739 (139.321)	1
بنتازون+اسیفلورفن + روغن منداب Bentazon+Acifluorfen with turnip oil	1.228 (0.380)		6.666 (0.393)	35.248 (10.628)	210.780 (3.602)	2.79
بنتازون+اسیفلورفن + سیتوگیت Bentazon+Acifluorfen with Citogate	1.227 (0.273)		6.472 (0.394)	49.655 (10.569)	297.227 (90.927)	1.98

* اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد را نشان می‌دهد.

Data in parenthesis show standard error at 5% significance level.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون آزمایش، وزن خشک ریشه سلمه‌تره به معادله سیگموئیدی سه پارامتره مشاهده شد که در حضور روغن گیاهی منداب و مویان معدنی سیتوگیت مقادیر پارامترهای ED_{50} به ترتیب ۳۵/۲۴۸ و ۴۹/۶۵۵ و ED_{90} به ترتیب ۲۱۰/۷۸۰ و ۲۹۷/۲۲۷ گرم ماده مؤثر در هکتار بود. در حالی‌که در کاربرد علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن به‌تنهایی مقادیر ED_{50} و ED_{90} به ترتیب برابر ۹۸/۵۶۸ و ۵۱۸/۷۳۹ بود (جدول ۱) که نشان از افزایش کارایی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن در کنترل زیست توده تولیدی توسط ریشه سلمه‌تره است. نتایج توانایی نسبی نشان داد که روغن گیاهی منداب برحسب وزن خشک ریشه کارایی علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن را تقریباً به اندازه ۲/۷۹ برابر بهبود داده است، به عبارتی دیگر یک کیلوگرم در هکتار علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن به همراه روغن گیاهی منداب دارای کارایی برابر ۲/۷۹ کیلوگرم در هکتار از همین علف‌کش به‌تنهایی برای کاهش وزن خشک ریشه سلمه‌تره است. جابه‌جایی افقی منحنی‌های پاسخ به غلظت در تیمارهای حاوی مواد افزودنی به سمت چپ نشان داده شده است (شکل ۱ (b)). سیتوگیت نیز منجر به افزایش ۱/۹۸ برابری کاهش وزن خشک تولیدی بوسیله ریشه سلمه تره در مقایسه با کاربرد بنتازون+اسیفلورفن به تنهایی شد. این نتایج می‌تواند بر حساسیت بیشتر ریشه سلمه‌تره در مقایسه با اندام‌های هوایی نسبت به کاربرد علف‌کش‌ها باشد.

از آنجا که علف‌کش بنتازون+اسیفلورفن تماسی و برگ مصرف است، انتقال آن از اندام‌های هوایی به ریشه بسیار کم بوده است. بنابراین مقادیر مورد نیاز برای کاهش زیست توده تولیدی توسط اندام‌های هوایی در سلمه تره در مقایسه با ریشه کمتر است. با این وجود مقادیر توانایی نسبی نشان از حساسیت زیاد ریشه به کاربرد مواد افزودنی با بنتازون+اسیفلورفن دارد به طوری‌که کاربرد مواد افزودنی باعث افزایش کارایی بیشتر در کاهش زیست توده تولیدی بوسیله ریشه در مقایسه با اندام‌های هوایی شده است. حساسیت بیشتر ریشه گیاهان به علف‌کش‌های مختلف گزارش شده است.

اثر مواد افزودنی بر کارایی ایمازتاپیر در کنترل سلمه‌تره

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون آزمایش، وزن خشک اندام‌های هوایی سلمه‌تره به معادله سیگموئیدی ۳ پارامتره مشاهده شد که در حضور روغن گیاهی منداب و مویان معدنی سیتوگیت مقادیر پارامترهای به‌ترتیب ED_{50} به ترتیب ۸/۳۲۳ و ۱۳/۶۱۵ و ED_{90} به‌ترتیب ۷/۴۵۸ و ۶۰/۶۵۷ گرم ماده مؤثر در هکتار بود در حالی‌که در کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر به‌تنهایی مقادیر ED_{50} و ED_{90} به‌ترتیب برابر ۱۷/۷۹۸ و ۷۲/۵۴۶ بود. غلظت‌های ذکر شده در شرایط کاربرد مواد افزودنی به‌طور قابل‌توجهی کمتر از کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر به‌تنهایی بود (جدول ۲) که نشان از افزایش کارایی علف‌کش ایمازتاپیر در شرایط کاربرد به همراه مواد افزودنی در کنترل علف‌هرز سلمه‌تره است. از سوی دیگر، توانایی نسبی حاصل از کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر در حضور مویان‌های مذکور افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت و با توجه به اینکه مقادیر توانایی نسبی در این آزمایش بیشتر از یک شده است نشان می‌دهد که این مواد افزودنی در افزایش کارایی علف‌کش ایمازتاپیر اثر مثبت دارد. یعنی نتایج توانایی نسبی نشان داد که روغن گیاهی منداب بر حسب وزن خشک اندام‌های هوایی کارایی علف‌کش ایمازتاپیر را به اندازه ۲/۱۳ برابر بهبود داده است، به عبارتی دیگر یک کیلوگرم در هکتار علف‌کش ایمازتاپیر به همراه روغن گیاهی منداب دارای یک کارایی برابر ۲/۱۳ کیلوگرم در هکتار از همین علف‌کش به‌تنهایی برای کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی علف‌هرز سلمه‌تره است. شکل ۲ (a) منحنی‌های دز پاسخ را در حضور و عدم حضور مواد افزودنی نشان می‌دهد. جابه‌جاشدگی منحنی‌های تیمارهایی که در آن‌ها مواد افزودنی به کار برده شده نسبت به تیمارهای عدم کاربرد مواد افزودنی به سمت چپ به‌وسیله مواد افزودنی نشان‌دهنده افزایش کارایی ایمازتاپیر در کاهش زیست توده تولیدی توسط اندام‌های هوایی سلمه‌تره است. مشابه این نتایج توسط ایزدی دربندی و همکاران (۱۲) در مورد اثر کاربرد روغن‌های گیاهی بر افزایش کارایی علف‌کش‌های ایمازامتابنزمتیل[1] و سولفوسولفورون[2] در کنترل یولاف وحشی گزارش شده است.

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون وزن خشک ریشه سلمه‌تره به معادله سیگموئیدی ۳ پارامتره نشان داد شد که در حضور روغن گیاهی منداب و مویان معدنی سیتوگیت مقادیر پارامترهای ED_{50} به‌ترتیب ۴/۲۱۴ و ۵/۹۵۴ و ED_{90} به‌ترتیب ۲۸/۷۱۲ و ۲۹/۷۹۶ گرم ماده مؤثر در هکتار در مقایسه با کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر مقادیر ED_{50} و ED_{90} به ترتیب برابر ۹/۹۲۸ و ۳۳/۷۴۲ گرم ماده مؤثره در هکتار برای وزن خشک ریشه سلمه‌تره به‌طور قابل‌توجهی کمتر از کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر به‌تنهایی بود (جدول ۲) که نشان از افزایش کارایی علف‌کش ایمازتاپیر در کنترل علف‌هرز سلمه‌تره است. از سوی دیگر، توانایی نسبی حاصل از کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر در حضور مویان‌های مذکور افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است که نشان‌دهنده افزایش فعالیت ایمازتاپیر در کنترل سلمه‌تره است. نتایج توانایی نسبی نشان داد که روغن گیاهی منداب بر حسب وزن خشک ریشه کارایی علف‌کش ایمازتاپیر را تقریباً به اندازه ۲/۳۵ برابر بهبود داده است. جابه‌جاشدگی منحنی‌های تیمارهایی که در آن‌ها مواد

1- Imazamethabenz Methyl
2- Sulfosulfuron

افزودنی به کار برده شده نسبت به تیمارهای عدم کاربرد مواد افزودنی به سمت چپ به‌وسیله مواد افزودنی نیز نشان می‌دهد که افزودن مواد افزودنی سبب افزایش کارایی علف‌کش شده است (شکل (b)). بر اساس مطالعات انجام شده بر روی روغن‌ها معلوم شده که در اثر حل کردن کوتیکول و نفوذپذیرتر کردن کوتیکول می‌توانند در جذب علف‌کش نقش مهمی داشته باشند، روغن گیاهی منداب نیز احتمالاً از این طریق توانسته در افزایش کارایی علف‌کش مورد مطالعه تأثیرگذار باشند. در مطالعات قبلی نیز عنوان شده است که مواد افزودنی (روغن‌های گیاهی) موجب کاهش کشش سطحی می‌شوند (۱۳). کاهش کشش سطحی قطره‌های پاشش موجب تولید قطره‌های کوچک‌تری می‌شود و به دلیل اینکه انرژی قطره‌های کوچک‌تر کمتر است، موجب نشست بیشتر پاشش و در نتیجه نشست بیشتر قطره‌های برخورد کرده با سطح برگ و کاهش زاویه تماس قطره با سطح هدف موجب افزایش کارایی فرمولاسیون می‌شود (۲۱). راشد محصل و همکاران (۲۷) در مورد اثر روغن‌های گیاهی بیان کردند که تخریب کوتیکول و یا حل شدن کوتیکول علف قناری به‌وسیله روغن‌های گیاهی در مقایسه با عمل کاهش دهندگی کشش سطحی آن‌ها در بهبود کارایی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل[1] مؤثرتر می‌باشد. در بسیاری از مطالعات روغن‌های گیاهی را در گروه عوامل نفوذدهنده طبقه‌بندی کرده و دلیل اصلی افزایش کارایی علف‌کش‌ها در حضور روغن‌های گیاهی را مربوط به افزایش نفوذ از طریق افزایش ایجاد حالت نرمی، قابلیت ارتجاع و یا حل شدن موم کوتیکولی دانسته‌اند (۲۳ و ۳۰). پژوهش‌های انجام شده توسط راستگو و همکاران (۲۲) بر روی علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل برای کنترل خونی واش و همچنین شریعتمداری تهرانی و همکاران (۲۸) بر روی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل برای کنترل خونی واش نیز مشابه این نتایج را گزارش کردند و نشان دادند که کارایی علف‌کش‌های فوق توسط تمام روغن‌های بکار رفته در مقایسه با تیمار علف‌کش بدون روغن افزایش می‌یابد. کودسک (۱۵) نیز بیان کرد که به‌طور کلی کارایی علف‌کش‌ها با کاربرد روغن‌های گیاهی افزایش می‌یابد. بانتینگ و همکاران (۵) و گرین و بستمن (۸) بیان داشتند که روغن‌های گیاهی موجب کاهش تبخیر قطره می‌شوند و این امکان را برای قطره علف‌کش فراهم می‌کنند که در فاصله بین نازل و هدف، تبخیر کمتر رخ دهد. این عمل احتمالاً باعث کاهش فرار علف‌کش نیز می‌شود و قطره‌های بیشتری بر روی شاخساره گیاه نشست پیدا خواهند کرد. بنابراین دلایل مختلفی برای افزایش کارایی علف‌کش‌های مختلف در نتیجه کاربرد روغن‌های گیاهی بیان شده است که هر کدام می‌توانند دلیلی بر افزایش کارایی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز در شرایط کاربرد آنها به همراه روغن‌های گیاهی باشد.

1- Clodinafop Propargyl

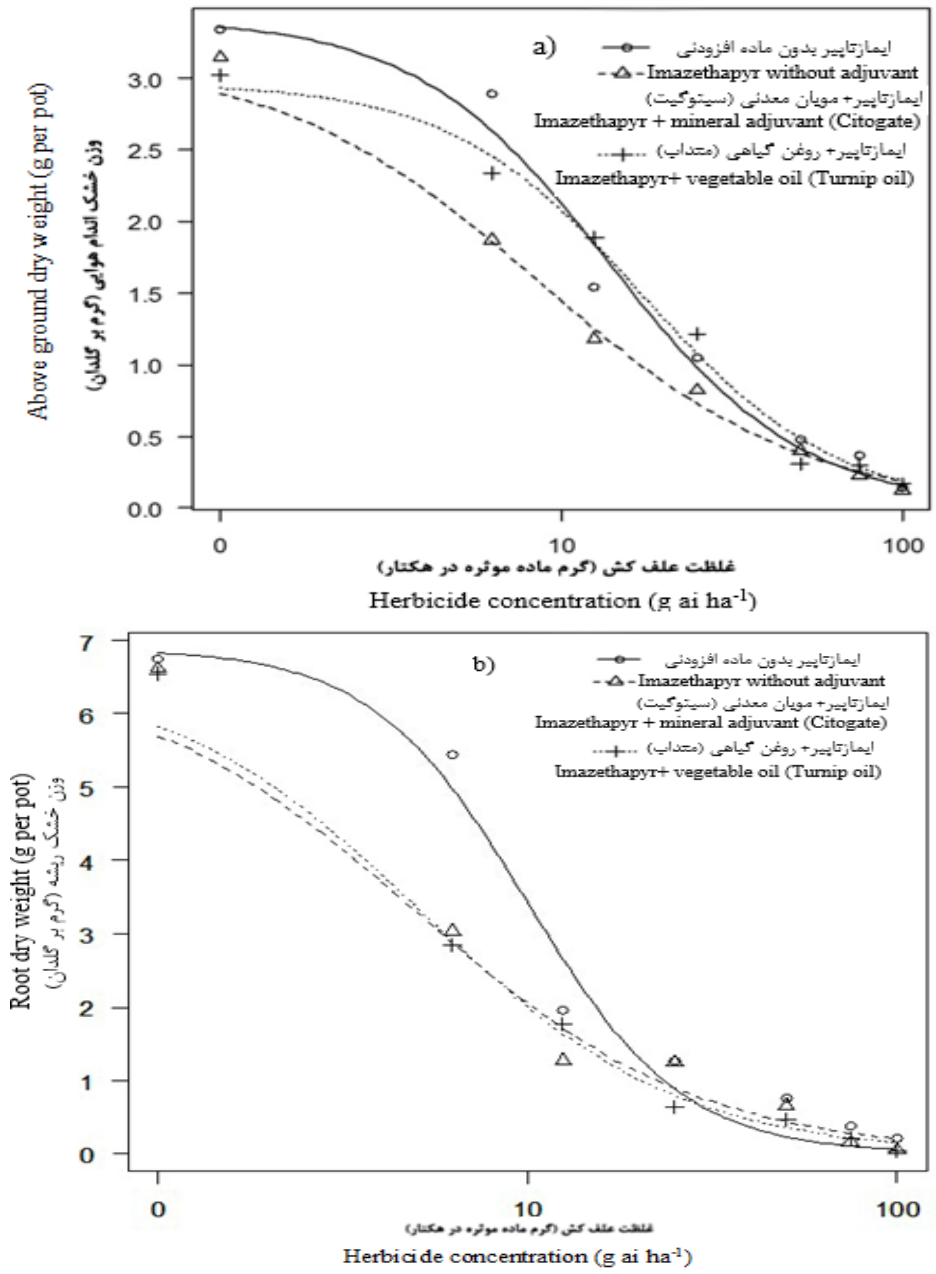
جدول ۲- پارامترهای حاصل از برازش داده‌ها مدل سه پارامتری لگاریتمی سیگموئیدی وزن خشک اندام‌های هوایی سلمه‌تره و توانایی نسبی در تیمارهای مختلف علف‌کش ایمازتاپیر

Table 2- Parameters derived from fitting data by three parameter sigmoid models on above ground and root dry weight *C. album* and relative potency of herbicide Imazetapyr

تیمارها Treatment	b	d	ED_{50} Effect Dose $_{50}$	ED_{90} Effect Dose $_{90}$	توانایی نسبی Relative potency
			وزن خشک اندام‌های هوایی سلمه‌تره Above ground dry weight of *C. album*		
ایمازتاپیر بدون ماده افزودنی Imazethapyr without adjuvant	1.528 (0.172)*	3.413 (0.142)	17.798 (1.344)	72.546 (12.285)	1
ایمازتاپیر + روغن منداب Imazethapyr with turnip oil	1.534 (0.204)*	2.965 (0.149)	8.323 (2.149)	7.458 (3.602)	2.13
ایمازتاپیر + سیتوگیت Imazethapyr with Citogate	1.125 (0.154)*	3.145 (0.149)	13.615 (1.284)	60.657 (13.936)	1.30
			وزن خشک ریشه سلمه‌تره Root dry weight of *C. album*		
ایمازتاپیر بدون ماده افزودنی Imazethapyr without adjuvant	2.067 (0.463)	6.893 (0.361)	9.928 (0.953)	33.742 (7.260)	1
ایمازتاپیر + روغن منداب Imazethapyr with turnip oil	1.262 (0.289)	6.550 (0.377)	4.214 (1.126)	28.712 (8.659)	2.35
ایمازتاپیر + سیتوگیت Imazethapyr with Citogate	1.144 (0.264)	6.617 (0.376)	5.954 (1.174)	29.796 (10.755)	1.66

* اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد را نشان می‌دهد.

Data in parenthesis show standard error at 5% significance level.



شکل ۲- پاسخ وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه سلمه‌تره به کاربرد علف‌کش ایمازتاپیر با و بدون مواد افزودنی

Figure 2- Above ground and Root dry weight response of *C. album* to apply Imazethapyr herbicide with and without adjuvants

نتایج کارگر و همکاران (۱۴) نشان داد که کاربرد روغن‌های گیاهی منداب و کرچک با غلظت ۲/. ٪ می‌تواند کارایی کنترلی علف قناری را به ۱/۵۵ و ۱/۶۸ برابر افزایش دهد. در آزمایشی دیگر کارایی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در کنترل علف هرز یولاف و خردل وحشی توسط کاربرد روغن‌های معدنی[1] افزایش یافت (۱). نتایج برخی پژوهش‌های انجام شده نشان داده است که میزان تأثیر روغن‌های گیاهی به مرحله رشدی علف‌های هرز وابسته است. کاربرد بنتازون به همراه روغن‌های گیاهی در مرحله ۲ تا ۴ برگی منجر به بهبود کارایی در مقایسه با کاربرد در مرحله ۴ تا ۶ برگی می‌شود (۴). افزایش جذب و انتقال علف‌کش‌ها در نتیجه کاربرد مویان‌ها گزارش شده است. مویان‌های غیریونی، روغن بذری اصلاح شده و روغن گیاهی غلیظ می‌تواند باعث افزایش کارایی علف‌کش ایزوکسافلوتول از طریق افزایش جذب با حل کردن موم کوتیکولی و افزایش نفوذپذیری و انتقال با افزایش میزان علف‌کش منتقل‌شده به مسیرهای انتقال در گیاه شود (۳۵).

زیست‌محیطی ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها منجر به‌ضرورت بهینه‌سازی کاربرد می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد مواد افزودنی سیتوگیت و روغن منداب می‌تواند باعث افزایش کارایی کنترلی علف‌کش‌های بنتازون+اسیفلورفن و ایمازتاپیر در کنترل سلمه‌تره شود. این نتایج همچنین نشان داد که میزان واکنش و حساسیت زیست توده تولیدی ریشه در مقایسه با اندام‌های هوایی در انتهای دوره آزمایش بیشتر است. روغن منداب کارایی بیشتری را در کاهش زیست توده سلمه‌تره نسبت به کاربرد سیتوگیت داشت. به‌طورکلی می‌توان بیان داشت که کاربرد مواد افزودنی سیتوگیت و روغن منداب می‌تواند باعث کنترل مطلوب سلمه‌تره با استفاده کمتر از علف‌کش‌های بنتازون+اسیفلورفن و ایمازتاپیر گردد. البته با توجه به اینکه کارایی علف‌کش‌های بنتازون+اسیفلورفن و ایمازتاپیر در نتیجه حضور روغن منداب بیشتر از سیتوگیت بود و از طرفی دیگر روغن منداب از منابع تجدیدشونده و بدون عوارض زیست‌محیطی است توصیه به کاربرد این نوع روغن به‌عنوان ماده افزودنی می‌شود.

نتیجه‌گیری

افزایش نیاز به تولید مواد غذایی از یک‌سو و عوارض

منابع

1- 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.
2- Barros J.F.C., Basch G., and Carvalho M. 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.
3- Barroso J., Ruiz D.C., Escribano L., and Fernandez-Quintanilla C. 2009. Comparison of three chemical control strategies for *Avena sterlis* ssp. *ludoviciana*. Crop Protection 28: 393-400.
4- Bellinder R.R., Arsenovic M., Shah D.A., and Rauch B.J. 2003. Effect of weed growth stage and adjuvant on the efficacy of fomesafen and bentazon. Weed Science 51: 1016-1021.
5- Bunting J.A., Sprague C.L., and D.E. Riechers. 2004. Proper adjuvant selection for foramsulfuron activity. Crop Protection 23: 361-366.
6- Crook T.M., and Renner K.A. 1990. Common lambsquarter (*Chenopodium album*) competition and time of removal in soybean. Weed Science 38: 358-364.
7- Frotan Y. 1993. Safety and hygiene in the production and consumption of agricultural pesticides. Motarjem Press.
8- Green J.M., and Beestman G.B. 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. Crop Protection 26: 320-327.
9- Hatzois K.K., and Penner D. 1985. Interaction of herbicides with other agrochemical in higher plants. Review of Weed Science 1: 1-63.
10- Hazen J.L. 2000. Adjuvants terminology, classification, and chemistry. Weed Technology 14: 773-784.
11- Holm L.G., Pluknett D.L., Pancho J.V., and Herberger J.P. 1977. The World's Worst Weeds. Honolulu, HI: The University Press of Hawaii, 609pp.
12- 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.
13- Jinxia S. 1996. Characterization of organosilicone surfactants and their on sulfonylurea herbicide activity. Approved: Foy CLC, Grayson RL, Hatzios KK, Hess JL and Orectt DM. Blacksburg. Virginia.

1- Vegetable and mineral oils

14- Kargar M., Rashed-Mohassel M.H., Nezami A., and Izedi Darbandi E. 2011. Optimizing efficacy of Clodinafoppropargyl and Mesosulfuron-Iodosulfuron by adjuvants on littleseed canary grass (*Phalaris minor* Retz.). MSc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English abstract)
15- Kudsk P. 1992. The effect of adjuvants on the rainfastness of thifensulfuron and tribenuron. In: Adjuvants for Agrichemicals (ed. CL Foy), 441±8. CRC Press, Boca Raton, FL, USA
16- Kudsk P. 2008. Optimising herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. Environmentalist 28: 49–55.
17- Kudsk P., and Mathiassen S.K. 2007. Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameters. Crop Protecion 26: 328-334.
18- Kudsk P., and Streibig J.C. 2003. Herbicides – a two-edged sword. European Weed Research Society Weed Research 43: 90–102.
19- Morteza Pour H., Ovissi M., Wazan S., and Zand A. 2009. Modeling on interactions of imazetapyr herbicide and planting density on soybean yield. Iranian Journal of Weed Knowledge 6(2): 1-11.
20- Monaco T.J., Weller S.C., and Ashton F.M. 2002. Weed Science: Principles and Practices. 4th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.
21- Penner D. 2000. Activator adjuvant. Weed Technology 14: 785-791.
22- Rastgoo M., Kargar M., and Asadollahi H. 2015. Investigating the possibility of decreasing the use of haloxyfop-R-methyl ester herbicides using vegetable oils in Canary grass control (*Phalaris minor* Retz). Agriculture Journal 106: 161-153.
23- 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.
24- Rashed Mohassel M.H., and Husseini S.A. 2008. Expanding the context of weed management. Ferdowsi University of Mashhad Press.
25- Rashed- Mohassel M.H., Rastgo M., Mousavi S.K., Valiolahpour R., and Haghighi A. 2006. Principles of weed science (translation). Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Persian)
26- Rashed-Mohassel M.H., Aliverdi A., Hamami H., and Zand E. 2010. Optimizing the performance of diclofopmethyl, cycloxydim, and clodinafop-propargyl on littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) and wild oat (*Avenaludoviciana*) control with adjuvants. Weed Biology and Management 10: 57–63.
27- Rashed-Mohassel M.H., Aliverdi A. and Rahimi S. 2011. Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop-pethyl with adjuvants to control wild oat. Industrial Crops and Products 34: 1583-1587.
28- Saremi H., and Zand E. 2003. Fungi and biological control pests, pathogens, herbs. Zanjan University Publication, 142.
29- Shariatmadari Tehrani M., Nabavi Kalat S.M., Bazobindi M.F., Hammami H., and Ali Verdi A. 1393. Optimization of clodinafop efficiency in control of canary grass (*Phalaris minor* Retz) by vegetable oils. Journal of Plant Protection (Science and Technology of Agriculture) 28: 183-171.
30- 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.
31- Steinbauer G.P., and Grigsby B. 1959. Methods of obtaining field and laboratory germination of seeds of bindweeds, lady's thumb, and velvetleaf. Weeds Science 7: 41-46.
32- Stenersen J. 2004.Chemical pesticides: mode of action and toxicology. CRC Press. www.crcpress.com.
33- Weaver S.E., Tan C.S., and Brain P. 1988. Effect of temperature and soil moisture on time of emergence oftomatoes and four weed species. Canadian Journal of Plant Science 68: 877–886.
34- WSSA Herbicide Handbook, 7th ed. 1994. Champaign, IL: Weed Science Society of America. 313p.
35- 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.
36- Zand E., Mousavi S.K., and Heidari A. 2008. Herbicides and their application methods with optimization approach and reduce consumption. Jihad, Mashhad University Press. (In Persian)

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No. 1, Spring 2019, P. 99-110

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۱۰-۹۹

Optimizing the Performance of Bentazon+Acifluorfen and Imazethapyr on *Chenopodium album* L. (Common Lambsquarter) Control by Adjuvants

S. Abu-ali[1]- S. Mahmoodi[2]- H. Hammami [3]*

Received: 29-04-2018
Accepted: 30-01-2019

Introduction: Weed management is one of the most important aspects of successful crop production for supplying food for the rising population. *Chenopodium album* L. (common lambsquarter) is among the most noxious weeds in the world due to its superior biology and tremendous ecological adaptations. It causes substantial yield losses in different field crops including potato, tomato, soybean, alfalfa, watermelon, sugar beet, and so on. Therefore, management of *C. album* L. is crucial for optimum crop production. Chemical management is a very relevant method for controlling *C. album.* For decreasing costs of production, adverse and edge effects of the herbicide, optimizing herbicides performance is very essential. It seems that the use of adjuvants is the best solution method to achieve optimizing herbicides performance. Using a proper adjuvant may be affected the performance and fate of herbicide in the environment and finally may be restrict introduced to the food chain. Therefore, using proper adjuvants known as a key point in adjuvants applying technology. This study was conducted for evaluating adjuvants effects on *C. album* control by Bentazon+Acifluorfen and Imazethapyr herbicides.

Materials and Methods: In order to study the effects of adjuvants on the performance of Bentazon+Acifluorfen and Imazethapyr on *C. album* control two separated experiments as factorial based on completely randomized design were conducted in the research greenhouse of Faculty of Agriculture, University of Birjand in 2016. Treatments included herbicide concentration at seven levels (0, 6.25, 12.5, 25, 50, 75 and 100 % of recommended dose) and adjuvant at three levels (turnip oil, citogate and without adjuvants) with four replications. For increasing seed germination and breaking seed dormancy of *C. album*, the seeds treated by sulfuric acid for 1 min, and then seeds washed with tap water for 10 min. Then the seeds were sown in potting trays (3 cm × 3 cm × 5 cm) filled with moistened peat. One week after sowing, at the one-leaf seedlings stages, they were transplanted to 2-L plastic pots filled with a mixture of sand, clay loam soil, and peat (1:1:1; v/v/v). The pots were sub-irrigated every two days. The seedlings were thinned to four per pot at the two-leaf stage. The spray was done at the four-leaf stage (Four weeks after sowing) by using a chargeable sprayer equipped with an 8002 flat fan nozzle tip delivering 250 L ha^{-1} at 2 bar spray pressure. Four weeks after spraying, the above ground tissue and roots of plant were harvested, oven dried and weighted.

Results and Discussion: The results of these experiments showed that the use of additives, especially turnip oil, increased the efficacy of Bentazon+Acifluorfen and Imazethapyr herbicides in control of *C. album*. Turnip oil and citogate increased the efficiency of Bentazon+Acifluorfen and Imazethapyr in reducing the production of by *C. album* above ground tissue1.29, 1.28, 2.13, and 1.30 times, respectively. However, these values were equal to 2.79, 1.98, 2.35, and 1.66 times for reducing the root biomass of *C. album*. The results of this study also showed that the root was more susceptible to herbicides in the presence of adjuvants. Increasing Bentazon+Acifluorfen and Imazethapyr herbicides concentrations led to decreased dry biomass produced by *C. album.* Turnip oil compared to citogate showed high efficiency for improving Bentazon+Acifluorfen and Imazethapyr performance. The results of this study showed a similar trend with other scientific reports including Rashed mohassel et al (26) that reported the high efficiency of herbicides for controlling canary grass (*Phalaris minor* Retz.) in the presence of vegetable oils compared with mineral oils.

Conclusion: The result of this study showed different response of Bentazon+Acifluorfen and Imazethapyr to turnip oil and Citogate adjuvants. Therefore, applied proper herbicide adjuvant is a key factor in chemical weed management because this factor reduces herbicide rates for similar weed response. Using proper adjuvants may

1, 2 and 3- Former M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: Hhammami@birjand.ac.ir)

be increased herbicide performance more than other adjuvants. Moreover, results of these experiments revealed that root response was more than above ground tissue response to Bentazon+Acifluorfen and Imazethapyr herbicides in the presence of adjuvants.

Keywords: Adjuvants, Broadleaf, Effective dose, Greenhouse, Relative potency