



ارزیابی اختلاط علف کش نیکوسولفورون + ریم سولفورون با علف کش توفوردی + ام سی پی آ در کنترل علف هرز تاج خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)

وحید سرابی^{۱*} - علی قنبری^۲ - محمدحسن راشد محصل^۳ - مهدی نصیری محلاتی^۴ - مهدی راستگو^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۲

چکیده

سولفونیل اوره‌ها علف‌کش‌هایی دومانظوره هستند، ولی خصوصیات باریک برگ‌کشی بیشتری نسبت به پهن برگ‌کشی دارند. از این رو، بهتر است این علف‌کش‌ها با دیگر علف‌کش‌های پهن برگ که جایگاه هدف متفاوتی دارند، مخلوط شوند. به منظور ارزیابی اثرات اختلاط علف‌کش نیکوسولفورون + ریم سولفورون با علف‌کش توفوردی + ام سی پی آ در کنترل علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز در مرحله رشدی چهار تا شش برگگی کامل، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰ انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت دُز مختلف از علف‌کش‌ها در چهار تکرار به اجرا درآمد. نسبت‌های اختلاط بین دو علف‌کش از ۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵، ۱۲/۵:۸۷/۵، ۵:۹۵ و ۰:۱۰۰ متغیر بود. نتایج پاسخ به دُز منحنی‌ها در مخلوط علف‌کشی با کاهش ۵۰ و ۹۰ درصدی در وزن خشک علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز در مدل افزایشی دُز مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که اختلاط علف‌کش توفوردی + ام سی پی آ با علف‌کش نیکوسولفورون + ریم سولفورون نسبت به کاربرد هر یک از علف‌کش‌ها به تنهایی کنترل کمتری را روی علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز در پی دارد، بطوری که در اختلاط این دو علف‌کش تمامی مشاهدات صرف‌نظر از سطح پاسخ بیرون از خط آیزوبول قرار گرفتند و هم‌گامی شدیدی بین دو علف‌کش اختلاط یافته مشاهده شد. از این رو، اختلاط علف‌کش توفوردی + ام سی پی آ با علف‌کش نیکوسولفورون + ریم سولفورون برای کنترل این گونه علف‌هرزی توصیه نمی‌شود، زیرا مقدار علف‌کش بیشتری را به محیط وارد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره، علف‌کش‌های گروه فنوکسی، علف هرز پهن برگ، مخلوط دوتایی، مدل افزایشی دُز

مقدمه

گروه سولفونیل اوره است که برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ و برخی پهن برگ‌ها نظیر تاج خروس، خرفه^۷، آفتابپرست^۸، شیرتیغی^۹، سلمه تره^{۱۰} و پیچک صحرایی^{۱۱} در ذرت بکار می‌رود (۲۸). علف‌کش‌های جدید معرفی شده نظیر نیکوسولفورون + ریم سولفورون ضمن کنترل مناسب برخی از علف‌های هرز، قادر به کنترل قابل قبول برخی از علف‌های هرز خسارت‌زا در محصول ذرت نیستند و همین موضوع سبب ایجاد خسارت علی‌رغم مصرف علف‌کش مزبور در زراعت ذرت می‌شود (۱). زند و همکاران (۳۱) مشاهده کردند که علف‌کش نیکوسولفورون + ریم سولفورون در دُز ۱۷۵ گرم در هکتار در شرایط کرمانشاه و ورامین وزن خشک علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز را به ترتیب ۶۳/۰۸ و ۷۵/۸۹ درصد نسبت به شاهد کاهش می‌

به جرأت می‌توان علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز^۶ را به عنوان یکی از مهمترین علف‌های هرز رایج در مزارع ذرت به حساب آورد، چرا که توانایی تولید بذر فراوانی داشته و جمعیت‌های مقاوم به علف‌کش در آن بسیار مشاهده شده است (۲۹ و ۳۳). مطالعات نشان داده‌اند که سبز شدن همزمان این علف‌هرز با ذرت در تراکم ۵ بوته در متر مربع، می‌تواند عملکرد ذرت را در حدود ۵۰ درصد کاهش دهد (۱۰). علف‌کش نیکوسولفورون + ریم سولفورون یکی از علف‌کش‌های

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

*- ایمیل نویسنده مسئول: (Email: Sarabi20@azaruniv.edu)

۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانشیار، استاد، استاد و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

DOI: 10.22067/jpp.v32i1.46418

6- *Amaranthus retroflexus* L.

7- *Portulaca oleracea* L.

8- *Heliotropium europaeum* L.

9- *Sonchus* sp.

10- *Chenopodium album* L.

11- *Convolvulus arvensis* L.

دهد.

از اختلاط علف کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با علف کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون برای مهار بهتر علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز و مطالعه اثرات افزایشی، هم‌افزایی و با هم گاهی ناشی از اختلاط علف‌کش‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات اختلاط علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون (اولتیم، WG ۷۵ درصد، شرکت شیمیایی گل‌سم گرگان، گرگان، ایران) با علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ (یو-۴۶ کمبی فلوفید، SL ۶۷/۵ درصد، شرکت شیمیایی زی‌جیانگ، هانگ‌زو، چین) در کنترل علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت دُز مختلف از علف‌کش‌ها و در چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰ انجام شد. پس از خواب‌شکنی با قرارگیری به مدت ۲ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ (۹۸ درصد)، بذور تاج خروس ریشه قرمز در سینی‌های ۲۰۰ سلولی پر شده با پیت‌ماس کاشته شدند. گیاهچه‌ها پس از سبز شدن در سینی‌های کشت و رسیدن به مرحله دو برگی حقیقی به گلدان‌های یک لیتری منتقل شدند. دمای گلخانه در این آزمایش ۲۰ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد در شب و میزان روشنایی در طول شبانه‌روز ۱۴ ساعت در نظر گرفته شد. پس از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله دو برگی کامل، گیاهچه‌های اضافی تک شده و در هر گلدان ۳ عدد از آنها نگهداری شد. خاک مورد استفاده در این آزمایش از یک سوم خاکبرگ، یک سوم ماسه و یک سوم خاک معمولی تشکیل شده بود. رطوبت خاک گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی و نزدیک به آن حفظ شد و گلدان‌ها هر دو روز یکبار آبیاری شدند. علف‌های هرز در مرحله ۴ تا ۶ برگی کامل بوسیله سمپاش ریلی با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار و با فشار پاشش ۳۰۰ کیلوپاسکال و مجهز به نازل بادبزنی یکنواخت (۸۰۰۲) سمپاشی شدند. قبل از آزمایشات اختلاط و در قالب آزمایشات پیش تیمار، مقدار دُز لازم برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز در مورد علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با کاربرد دُزهای ۱۰۱۲/۵، ۲۰/۲۵، ۵۰/۶۲۵، ۱۰۱/۲۵، ۲۰۲/۵، ۴۰۵، ۶۰۷/۵، ۸۱۰ و ۱۰۱۲/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار و در مورد علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون با کاربرد دُزهای ۱۸/۷۵، ۳۷/۵، ۵۶/۲۵، ۷۵، ۹۳/۷۵، ۱۱۲/۵ و ۱۳۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار بدست آمد که نتایج آن در مطالعات سراسری و همکاران (۲۴) به چاپ رسیده است، بطوری‌که مقدار دُز لازم از علف‌کش‌های توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ و نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون در کاربرد خالص برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز به ترتیب برابر با ۵۵/۹۸ و ۲۲/۳۳ گرم ماده مؤثره در هکتار بود. بر این اساس، تیمارهای اختلاط

از سوی دیگر، با توجه به محدود بودن علف‌کش‌های موجود در کشور برای کنترل علف‌های هرز ذرت و به دلیل کاربرد بیش از اندازه علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره به احتمال زیاد در آینده‌ای نزدیک مسأله مقاومت به این گروه علف‌کشی به طور گسترده پیش خواهد آمد. البته راهکارهای متفاوتی برای جلوگیری یا تأخیر تکامل مقاومت به علف‌کش‌ها و کاهش تهدید مقاومت چندگانه در علف‌های هرز توصیه شده‌اند که تناوب زراعی، تناوب علف‌کش‌های با نحوه عمل متفاوت، کاربرد روش‌های کنترل مکانیکی و زراعی (در برنامه‌هایی که مدیریت آن به خوبی تدوین شده و قدرت رقابتی محصول در برابر علف‌های هرز را بالا می‌برند) و نیز مخلوط علف‌کش‌ها از آن جمله‌اند (۳، ۵ و ۳۰). تحقیقات نشان داده‌اند که علف‌کش‌های تنظیم‌کننده رشد زمانی که با علف‌کش‌های بازدارنده آنزیم ALS مخلوط شوند، موجب کنترل بهتر علف‌های هرز پهن برگ می‌شوند (۶، ۱۱، ۱۴، ۱۸ و ۲۲). اختلاط علف‌کش 2,4-DB با اسیفلورفن، بنتازون، کلریموران، لاکتوفن، فومسافن و یا ایمازاکوئین، علف‌هرز نیلوفرپیچ هندی را بهتر از کاربرد خالص آنها کنترل کرد (۲ و ۱۲). ایساکس و همکاران (۱۳) نیز گزارش کردند که اثرات اختلاط علف‌کش‌های هالوسولفورون و توفوردی بر علف‌هرز سلمه تره در مرحله‌ای که گیاهچه‌ها ۷/۵ تا ۹ سانتیمتر ارتفاع داشتند، از نوع هم‌افزایی بوده است. با این حال، برخی از تحقیقات انجام گرفته نشان داده‌اند که صرف‌نظر از نوع گونه و علف‌کش، اثرات هم‌گاهی چندین برابر بیشتر از اثرات هم‌افزایی رخ می‌دهند (۳۲). از این رو، مخلوط علف‌کش‌ها ممکن است همیشه کنترل موثری از علف‌های هرز را در پی نداشته باشد و در برخی موارد منجر به کاهش کارایی آنها روی علف‌های هرز شود. زمانی که پهن برگ‌کش‌ها با باریک برگ‌کش‌های پس‌رویشی نظیر آریل‌اکسی‌فونکسی پروپونوات‌ها و سیکلوهاگزان‌دیون‌ها و یا سولفونیل‌اوره‌ها و ایمیدازولینون‌ها مخلوط شدند، کنترل باریک برگ‌ها کاهش یافت (۷، ۸، ۹، ۱۹ و ۲۰). هارت و واکس (۸) گزارش کردند که اختلاط علف‌کش دایکمبا با ایمازتاپیر در مخزن سمپاش، جذب و متعاقباً کارایی آن را روی دم روباهی کبیر^۲، حلفه^۳ و سورگوم دانه‌ای^۴ کاهش می‌دهد. همچنین دابلز و کاپوستا (۴) مشاهده کردند هنگامی که نیکوسولفورون با آترازین، بنتازون، بروموکسینیل و یا دایکمبا به همراه آترازین در مخزن سمپاش مخلوط می‌شود، کنترل دم روباهی کبیر کاهش می‌یابد.

بر این اساس، تحقیق حاضر با هدف دسترسی به ترکیب مناسبی

- 1- *Ipomoea hederacea* var. *integriuscula*
- 2- *Setaria feberi* Herrm.
- 3- *Imperata cylindrica* (L.) Beauv.
- 4- *Sorghum bicolor* (L.) Moench

شده و با شکل آیزوبول مدل ADM مقایسه شدند. همچنین ارزیابی شد که آیا ED₅₀ یا ED₉₀ تخمین زده شده در مخلوط علف‌کش‌ها در ۹۵ درصد فاصله اطمینان از ED₅₀ یا ED₉₀ پیش‌بینی شده قرار دارد یا خیر؛ بطوری که اگر انحراف معنی‌دار ED₅₀ یا ED₉₀ تخمین زده شده از ED₅₀ یا ED₉₀ پیش‌بینی شده، بالاتر از خط آیزوبول قرار گیرد، اثر هم‌گاهی را نشان خواهد داد و اگر این انحراف معنی‌دار، پایین‌تر از خط آیزوبول قرار گیرد، اثر هم‌افزایی را نشان خواهد داد و چنانچه بر روی خط آیزوبول قرار گیرد، نشان‌دهنده اثرات افزایشی خواهد بود.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از منحنی‌های دُز-پاسخ (شکل ۱)، تأثیر اختلاط علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون در تمامی نسبت‌های اختلاط بر علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز بدتر از کاربرد خالص هر یک از علف‌کش‌ها بود. بر این اساس، کاربرد ۶۰/۷۹ و ۶۳۹/۵۹ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ و ۹/۹۰ و ۱۰۴/۱۲ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون به ترتیب موجب کاهش ۵۰ و ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز در نسبت اختلاط ۱۲/۵:۸۷/۵ شد، درحالی‌که برای کاهش ۵۰ و ۹۰ درصدی وزن خشک این علف‌هرز به ۵۵/۹۸ و ۳۷۵/۲۶ گرم ماده مؤثره در هکتار از تیمار خالص علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ نیاز بود. در نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک تاج خروس ریشه قرمز به کاربرد ۷۲۲/۲۷ گرم ماده مؤثره از علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ و ۲۸۰/۸۸ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون نیاز بود که مقدار کاربرد علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ نسبت به اختلاط ۱۲/۵:۸۷/۵ بیشتر بوده و تأثیر بدتری نیز داشته است. در نسبت‌های اختلاط ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۸۷/۵:۱۲/۵ علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون نیز با وجودیکه مقدار دُز مورد نیاز علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز کاهش یافته است، ولی مقدار دُز مورد نیاز علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون به یکباره افزایش نشان داده است، بطوری‌که در این نسبت‌های اختلاط به ترتیب به ۶۴۹/۷۲، ۹۲۹/۷۱ و ۱۴۱۰/۰۲ گرم ماده مؤثره در هکتار از این علف‌کش نیاز بوده است که نشان‌دهنده اثرات تداخلی بیشتر از سوی علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ روی علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون است (جدول ۲).

علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون در نظر گرفته شدند. نسبت بین علف‌کش‌ها از ۱۰۰:۰، ۱۲/۵:۸۷/۵، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵، ۸۷/۵:۱۲/۵ بود. هفت دُز برای هر نسبت اختلاط در نظر گرفته شد و هر دُز شامل چهار تکرار بود که دُزهای بدست آمده برای هر نسبت اختلاط در جدول ۱ آمده است. منحنی‌های دُز-پاسخ برای هر نسبت اختلاط با توجه به تخمین نه‌چندان دقیق پارامترها و ردّ آزمون عدم برازش مدل چهار پارامتره، با مدل ۳ پارامتری گامپرتز (معادله ۱) بنا بر جمع مربعات باقیمانده کمتر (RSS^۱) نسبت به مدل سه پارامتره لُجستیک در بسته drc و با استفاده از نرم‌افزار R نسخه ۲۰۱۰ رسم شدند (۲۷):

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

که در آن d ، حد بالای منحنی پاسخ وزن خشک به علف‌کش در دُز صفر از علف‌کش خالص یا اختلاط مورد نظر، b شیب نسبی در محدوده e و e پارامتری است که ED₅₀ را بیان کرده و مقدار علف‌کشی است که نصف پاسخ بین حد مجانب بالا (d) و پایین (صفر) را ایجاد کند. پارامتر ED₅₀ می‌تواند بوسیله هر ED_x دیگری جایگزین شود، بطوری‌که مدل سه پارامتری انتخاب شده برای تخمین مقدار علف‌کش مورد نیاز برای بدست آوردن کاهش ۵۰ و ۹۰ درصدی (ED₅₀ و ED₉₀) وزن خشک علف‌هرز نسبت به تیمار شاهد مورد استفاده قرار گرفت. صحت و دقت مدل و منحنی برازش داده شده با آزمون عدم برازش^۲ مورد ارزیابی قرار گرفته و با استفاده از نمودار باقیمانده‌ها یکنواختی و عدم یکنواختی واریانس بررسی شد (۲۳). همچنین تبدیل دو طرفه‌ای (Box-Cox) برای یکنواختی واریانس در مواردی که مورد نیاز بود، انجام شد. دُز ED₅₀ و ED₉₀ پیش‌بینی شده مخلوط مطابق با مدل ADM^۳ (برای مثال ED_{50mix}) می‌تواند به آسانی بر پایه ED₅₀ دُز علف‌کش‌های بکار رفته به تنهایی و نسبت علف‌کش‌ها در مخلوط محاسبه شود:

$$ED_{50mix} = \frac{ED_{50A}}{(\alpha + (1 - \alpha)R)} \quad (2)$$

که در آن ED_{50A}، دُز ED₅₀ علف‌کش A، α نسبت علف‌کش A در مخلوط و R پتانسیل نسبی بین علف‌کش‌های A و B است که نرخ بیولوژیکی بین علف‌کش‌ها را زمانی که به تنهایی بکار برده شوند، بیان می‌کند (۲۶). شکل آیزوبول مدل ADM با مشخص کردن ED₅₀ یا ED₉₀ دُز هر یک از علف‌کش‌ها در مخلوط، روی محورهای x و y وصل کردن یک خط راست بین آنها رسم شد، بطوری‌که خط راست پاسخ پیش‌بینی شده شکل آیزوبول مدل ADM را نشان می‌دهد. دُزهای ED₅₀ و ED₉₀ مشاهده‌ای نیز روی شکل کشیده

1- Residual Sum of Squares

2- Lack-of-fit test

3 Additive Dose Model (ADM)

جدول ۱ - تیمارهای علف کشی با نسبت های مختلف اختلاط بر علف هرز تاج خروس ریشه قرمز بر حسب گرم ماده مؤثره در هکتار طی آزمایش های گلخانه ای
 Table 1- Herbicide treatments based on g a.i./ha in various fixed-ratio binary mixtures on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L) at the greenhouse studies

علف کشی Herbicide	نسبت های اختلاط Mixture ratios						
	(۱۰۰:۰) (100:0)	(۸۷/۵ : ۱۲/۵) (87.5:12.5)	(۷۵ : ۲۵) (75:25)	(۵۰ : ۵۰) (50:50)	(۲۵ : ۷۵) (25:75)	(۱۲/۵ : ۸۷/۵) (12.5:87.5)	(۰ : ۱۰۰) (0:100)
ذرات هر علف کش در مخلوط (گرم ماده مؤثره در هکتار) Herbicide doses in mixture (g a.i. ha ⁻¹)							
توفوردی + امسی بی + نیکوسولفورون 2,4-D+MCPA	50.625 +0	129.58 +21.09	111.97 +43.54	76.47 +89.77	38.80 +137.58	20.14 +162.95	0 +18.75
+ nicosulfuron+rimsulfuron	101.25 +0	259.15 +42.19	223.95 +87.09	152.95 +179.55	77.61 +275.17	40.28 +325.90	0 +37.5
"	202.5 +0	388.74 +63.28	335.92 +130.64	229.43 +269.33	116.42 +412.75	60.42 +488.85	0 +56.25
"	405 +0	518.32 +84.38	447.90 +174.18	305.9 +359.1	155.22 +550.34	80.56 +651.80	0 +75
"	607.5 +0	647.91 +105.47	559.87 +217.73	382.37 +448.87	194.03 +687.92	100.70 +814.75	0 +93.75
"	810 +0	777.49 +126.56	671.85 +261.27	458.85 +538.65	232.83 +825.50	120.84 +977.70	0 +112.5
"	1012.5 +0	907.03 +147.65	783.87 +304.83	535.34 +628.45	271.64 +963.11	140.98 +1140.66	0 +131.25

جدول ۲- مقادیر دُز مؤثر مورد نیاز علف کش نیکوسولفورون + ریمسولفورون در اختلاط با علف کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ در نسبت‌های مختلف برای بدست آوردن کاهش ۵۰ و ۹۰ درصدی در وزن خشک علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز در مرحله چهار تا شش برگی کامل
 Table 2- Doses required of nicosulfuron plus rimsulfuron in mixture with 2,4-D plus MCPA in various fixed-ratio binary mixtures for 50 and 90% reduction in redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) aboveground dry matter at four-to six-true leaf stage

علف کش Herbicide	نسبت اختلاط Mixture ratio	دُز مؤثر (گرم ماده مؤثره در هکتار) Effective dose (g a.i. ha ⁻¹)	
		ED ₅₀	ED ₉₀
توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ 2,4-D + MCPA	100:0	55.98 (10.02)	375.26 (82.04)
نیکوسولفورون + ریمسولفورون + توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ 2,4-D + MCPA plus nicosulfuron + rimsulfuron	87.5:12.5	60.79+9.90 (20.18+3.28)†	639.59+104.12 (74.67+12.16)
"	75:25	57.40+22.32 (19.55+7.61)	722.28+280.88 (98.81+38.42)
"	50:50	43.06+50.55 (13.76+16.16)	553.46+649.72 (85.98+100.94)
"	25:75	20.72+73.47 (6.52+23.11)	262.23+929.71 (44.20+156.72)
"	12.5:87.5	12.25+99.15 (3.81+30.85)	174.27+1410.02 (33.82+273.66)
نیکوسولفورون + ریمسولفورون Nicosulfuron + rimsulfuron	0:100	22.33 (6.70)	266.94 (99.01)

† خطاهای استاندارد در داخل پرانتز گزارش شده‌اند

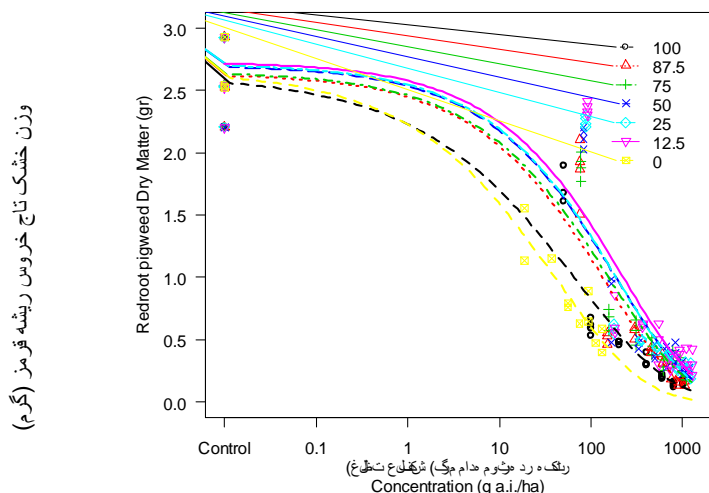
† Standard errors are in parentheses

می‌یابد (۲۵).

اجزاء و نوع فرمولاسیون علف‌کش‌ها در مخلوط علف‌کشی می‌تواند منجر به افزایش یا کاهش کارایی علف‌کش‌ها نسبت به مقدار پیش‌بینی شده مطابق با خط آیزوبول و ADM شود (۱۶). نوع فرمولاسیون می‌تواند نقش محوری را در جذب ماده فعال علف‌کش به گیاه بازی کند و به نظر می‌رسد که نوع فرمولاسیون در یک علف‌کش می‌تواند روی جذب ماده فعال دیگر فرمولاسیون در مخلوط علف‌کشی نیز تأثیر بسزایی داشته باشد (۱۶). احتمال می‌رود بخشی از اثرات کمتر علف‌کش نیکوسولفورون + ریمسولفورون روی علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز به دلیل فرمولاسیون این علف‌کش باشد که به صورت گرانول‌های پخش شونده در آب بوده و با تأثیر علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ در اختلاط پذیری و حلالیت آن، از میزان جذب و اثرگذاری آن کاسته شده است که این تأثیر در اختلاط‌هایی که نسبت علف‌کش نیکوسولفورون + ریمسولفورون در آنها بیشتر بوده، نمود بیشتری داشته است. نالواجا و ماتیساک (۲۱) گزارش کردند که برخی از فرمولاسیون‌های نمکی علف‌کش توفوردی در اختلاط با علف‌کش گلایفوسیت بیشتر از دیگر فرمولاسیون‌ها حالت هم‌گامی نشان می‌دهند. همچنین کودسک و ماتیساک (۱۵) بیان داشتند که فعالیت شاخ و برگ علف‌کش ایمازامتابنز-متیل در علف‌هرز یولاف وحشی^۱ زمانی که با فرمولاسیون نمک ام‌سی‌پی‌آ، مکوپروپ و یا فرمولاسیون نمک یا اِستر بروموکسینیل و بنتازون مخلوط شود، کاهش می‌یابد.

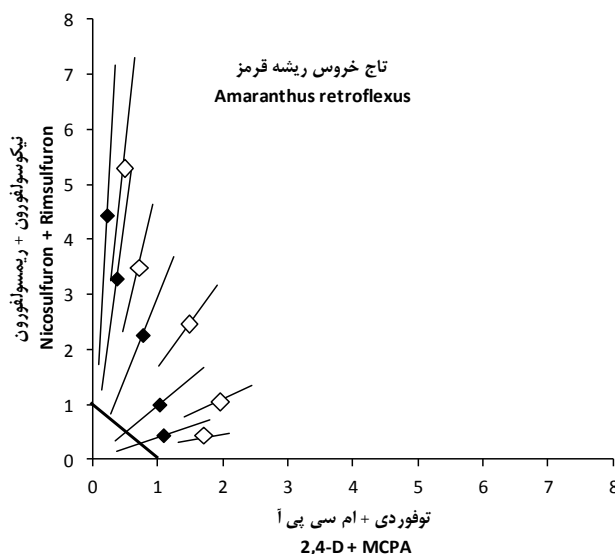
بر اساس نتایج این تحقیق، در اختلاط علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با علف‌کش نیکوسولفورون + ریمسولفورون، تمامی مشاهدات در سطوح پاسخ ED₅₀ و ED₉₀ بیرون از خط آیزوبول قرار گرفتند و اختلاط‌های انجام گرفته کمتر از حد انتظار مطابق با ADM فعال و مؤثر بودند. سه تا از ۵ نسبت اختلاط در سطح پاسخ ED₅₀ و تمامی ۵ نسبت اختلاط در سطح پاسخ ED₉₀ به طور معنی‌داری بالاتر از ED₅₀ و ED₉₀ دُز پیش‌بینی شده مورد انتظار مطابق با ADM قرار گرفتند و تنها دو تا از اختلاط‌ها (نسبت‌های اختلاط ۱۲/۵؛ ۸۷/۵ و ۷۵/۲۵) در سطح پاسخ ED₅₀ بر اساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی انحراف معنی‌داری از خط ADM نداشتند. با این حال، اگر دو تا از نسبت‌های اختلاط نیز از دیگر اختلاط‌ها متمایز باشند، می‌توان نتیجه گرفت که اختلاط توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با علف‌کش نیکوسولفورون + ریمسولفورون از ADM پیروی نکرده است. این امر نشان می‌دهد که صرف‌نظر از سطوح پاسخ، در اختلاط علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با علف‌کش نیکوسولفورون + ریمسولفورون هم‌گامی شدیدی بین دو علف‌کش ایجاد می‌شود (شکل ۲). برخی از محققین گزارش کرده‌اند که اختلاط آترازین با علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره موجب حالت هم‌گامی می‌شود (۴ و ۷). هارت و پندر (۷) گزارش کردند که این حالت هم‌گامی به خاطر کاهش انتقال علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره در دم روباهی کبیر بوده و هیچ اثری روی جذب یا متابولیسم آن ندارد. در مقابل، نتایج دیگر محققین نیز نشان داده است که جذب علف‌کش نیکوسولفورون و ریمسولفورون در دم روباهی سبز و دم روباهی زرد زمانی که این علف‌کش‌ها با مزوتریون و یا مزوتریون به همراه آترازین بکار روند، کاهش

1- *Avena fatua* L.



شکل ۱- منحنی‌های پاسخ وزن خشک علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز به دزهای علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ و علف‌کش نیکوسولفورون + ریمسولفورون در کاربرد خالص و اختلاط با نسبت‌های مختلف در مرحله چهار تا شش برگی کامل. نسبت‌های اختلاط بر اساس نسبت علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ در مخلوط نشان داده شده‌اند

Figure 1- Dose-response curves of 2,4-D + MCPA and nicosulfuron + rimsulfuron applied alone or in different mixture ratios on redroot pigweed at the four- to six-true leaf stage. Mixture ratios has been shown based on 2,4-D + MCPA ratio in mixture



شکل ۲- آیزوبول و اطلاعات مربوط به اختلاط علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ و علف‌کش نیکوسولفورون + ریمسولفورون در سطوح پاسخ ED₅₀ (◆) و ED₉₀ (◇) روی علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز. تمامی تیمارها در نسبت‌های اختلاط با بکار بردن فرمولاسیون تجاری علف‌کش‌ها انجام شده‌اند. میله‌ها (بارها) فاصله اطمینان ۹۵ درصدی برای دزهای ED₅₀ و ED₉₀ تخمینی را نشان می‌دهند. دزها روی محورهای x و y استاندارد شده‌اند، بطوری که دز ED₅₀ و ED₉₀ علف‌کش‌های بکار رفته به صورت خالص روی ۱ ثابت شده است

Figure 2- Isoboles and data for fixed-ratio binary mixtures of 2,4-D + MCPA with nicosulfuron + rimsulfuron at the ED₅₀ (◆) and ED₉₀ (◇) response levels. All treatment in mixture ratios were done with commercial formulations using redroot pigweed as test plant. Bars indicate 95% confidence intervals for the estimated ED₅₀ and ED₉₀ doses. The doses have been scaled, so that the doses of the herbicides applied separately are 1.0

به طور کلی، علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون در اختلاط با علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ تأثیر کمتری نسبت به تیمار خالص هر یک از علف‌کش‌ها روی علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز داشت، بطوری که حتی کاهش ۹۰ درصدی در وزن خشک این علف‌هرز در دُزهای بالاتر از دُز توصیه شده علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون بدست آمد. کارایی کاهش یافته این اختلاط می‌تواند به سبب ناسازگاری فیزیوشیمیایی یا عدم سازگاری بیولوژیکی باشد، بطوری که نوع فرمولاسیون و طریقه عمل هر یک از علف‌کش‌ها موجب محدودیت جذب و انتقال علف‌کش دیگر شده است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و مسئولین گلخانه تحقیقاتی آن دانشکده در ازای فراهم نمودن تسهیلات و امکانات آزمایشی مورد لزوم در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

در آزمایشی دیگر، ماتیاسن و کودسک (۱۷) در کاربرد شاخ و برگ مخلوط کلروسولفورون یا مت‌سولفورون و ام‌سی‌پی‌آ به صورت نمک دی‌متیل آمین هم‌گامی شدیدی را در سطوح پاسخ ED₅₀ و ED₉₀ گزارش کردند.

حضور دُز مؤثر علف‌کش‌ها در جایگاه هدف بسیار مهم است. به دلیل رقابت و تداخل علف‌کش‌ها در جذب و انتقال، به نظر می‌رسد هیچ یک از علف‌کش‌ها نتوانسته‌اند در دُز مؤثر به جایگاه هدف انتقال یابند. از سوی دیگر، در اثر کاهش جذب و انتقال به جایگاه هدف، گیاه‌هرز در غلظت‌های کمتر علف‌کشی فرصت داشته تا مولکول‌های علف‌کش را متابوله کند و در کاربرد غلظت‌های بیشتر علف‌کشی نیز به مدت زمان زیادی نیاز بوده تا علف‌کش‌ها بتوانند در غلظت مؤثر به جایگاه هدف رسیده و علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز را کنترل کنند. از این رو، وزن خشک این علف‌هرز در تیمارهای اختلاط در مقایسه با تیمار خالص علف‌کش‌ها کاهش کمی داشته است. به عبارت دیگر، در تیمارهای اختلاط در مقایسه با کاربرد خالص هر یک از علف‌کش‌ها به مقدار دُز بیشتری نیاز بوده است.

منابع

- 1- Baghestani M.A., Zand E., Pourazar R., Esfandiari H., and Mamnouie A. 2009. Effect of various herbicides in corn fields. Iranian Research Institute of Plant Protection. (In Persian with English abstract)
- 2- Barker M.A., Thompson L., Jr., and Godley F.M. 1984. Control of annual morningglory (*Ipomoea* spp.) in soybeans (*Glycine max*). Weed Science, 32:813–818.
- 3- Cavan G., Cussans J., and Moss S.R. 2000. Modelling different cultivation and herbicide strategies for their effect on herbicide resistance in *Alopecurus myosuroides*. Weed Research, 40:561–568.
- 4- Dobbels A.F., and Kapusta G. 1993. Post-emergence weed control in corn (*Zea mays*) with nicosulfuron combinations. Weed Technology, 7:844–850.
- 5- Gressel J. 1990. Synergizing herbicides: Review. Weed Science, 5:49–82.
- 6- Hart S.E. 1997. Interacting effects of MON 12000 and CGA-152005 with other herbicides in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science, 45:434–438.
- 7- Hart S.E., and Penner D. 1993. Atrazine reduces primisulfuron transport to meristems of giant foxtail (*Setaria faberi*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science, 41:28–33.
- 8- Hart S.E., and Wax L.M. 1996. Dicamba antagonizes grass weed control with imazethapyr by reducing foliar absorption. Weed Technology, 10:828–834.
- 9- Hart S.E., Kells J.J., and Penner D. 1992. Influence of adjuvants on the efficacy, absorption, and spray retention of primisulfuron. Weed Technology, 6:592–598.
- 10- Hartley M.J., and Popay A.J. 1992. Yield losses due to weeds in sugarbeet, corn and dwarf beans. p. 52-54. Proceedings of the 45th Newzeland plant protection conference, 11-13 Aug. 1992. Wellingto, Newzeland.
- 11- Himmelstein F.J., and Durgy R.J. 1996. Common ragweed control in field corn with postemergence herbicides. Proceedings, Northeastern Weed Science Society, 50: 161.
- 12- Hope J.H. 1986. Performance of combinations of 2,4-DB with new postemergence broadleaf and grass herbicides in soybeans. Proceedings, Southern Weed Science Society, 39: 84–85.
- 13- Isaacs M.A., Hatzios K.K., Wilson H.P., and Toler J. 2006. Halosulfuron and 2,4-D Mixtures' Effects on Common lambsquarter's (*Chenopodium album*). Weed Technology, 20:137–142.
- 14- Kalnay P.A., Glenn S., and Phillips II. W.H. 1995. Hemp dogbane and lambsquarters control in no-till corn with MON 12037 tank mixtures. Proceedings, Northeastern Weed Science Society, 49: 38.
- 15- Kudsk P., and Mathiassen S.K. 1994. Effect of broadleaf herbicides on imazamethabenz-methyl performance on wild oat (*Avena fatua* L.). Weed Research, 34:251-263.
- 16- Kudsk P., and Mathiassen S.K. 2004. Joint action of amino acid biosynthesis-inhibiting herbicides. Weed Research, 44:313–322.

- 17- Mathiassen S.K., and Kudsk P. 1993. Joint action of sulfonylurea herbicides and MCPA. *Weed Research*, 33:441-447.
- 18- Menbere H., and Ritter R.L. 1995. Postemergence control of triazine-resistant common lambsquarters in no-till corn. *Proceedings, Northeastern Weed Science Society*, 49: 92.
- 19- Mueller T.C., Witt W.W., and Barrett M. 1989. Antagonism of johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with fenoxaprop, haloxyfop, and sethoxydim by 2,4-D. *Weed Technology*, 3:86-89.
- 20- Myers P.F., and Coble H.D. 1992. Antagonism of graminicide activity on annual grass species by imazethapyr. *Weed Technology*, 6:333-338.
- 21- Nalewaja J.D., and Matysiak R. 1992. 2,4-D and salt combinations affect glyphosate phytotoxicity. *Weed Technology*, 6:322-327.
- 22- Parks R.J., Curran W.S., Roth G.W., Hartwig N.L., and Calvin D.D. 1995. Common lambsquarters (*Common lambsquarters*) control in corn with postemergence herbicides and cultivation. *Weed Technology*, 9:728-735.
- 23- Ritz C., and Streibig J.C. 2005. Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software*, 12 (5):1-22.
- 24- Sarabi V., Ghanbari A., Rashed Mohassel M.H., Nassiri Mahallati M., and Rastgoo M. 2014. Evaluation of broadleaf weeds control with some post-emergence herbicides in maize (*Zea mays* L.) in Iran. *International Journal of Plant Production* 8 (1):19-32.
- 25- Schuster C.L., Al-Khatib K., and Dille J.A. 2007. Mechanism of antagonism of mesotrione on sulfonylurea herbicides. *Weed Science*, 55:429-434.
- 26- Streibig J.C., Kudsk P., and Jensen J.E. 1998. A general joint action model for herbicide mixtures. *Pesticide Science*, 53:21-28.
- 27- Streibig J.C., Rudemo M., and Jensen J.E. 1993. Dose-response models. p. 29-55. In J.C. Streibig, and P. Kudsk (eds.) *Herbicide Bioassay*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- 28- Vencill W. 2002. *Herbicide Handbook*. 8th ed. Weed Science Society of America, Lawrence, KS.
- 29- Weaver S.E. 1983. Pigweed (*Redroot, Green and Smooth*). Factsheet ND: AGDEX 642. Ministry of Agriculture and food, Ontario, Canada.
- 30- Wrubel R.P., and Gressel J. 1994. Are mixtures useful for delaying the rapid evolution of resistance? A case study. *Weed Technology*, 8:635-648.
- 31- Zand E., Baghestani M.A., Pourazar R., Sabeti P., Gezeli F., Khayyami M.M., and Razzazi A. 2009. Efficacy evaluation of ultima (nicosulfuron + rimsulfuron), lumax (mesotrione + S metolachlor + terbuthylazine) and amicarbazone in comparison with current herbicides to control of weeds in corn. *Journal of Plant Protection* 23, 42-55. (In Persian with English abstract)
- 32- Zhang J., Hamill A.S., and Weaver S.E. 1995. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. *Weed Technology*, 9:86-90.
- 33- Zimdahl R.L. 1993. *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press, INC.