مجله دانش علف‌های‌هرز

مجله دانش علف‌های‌هرز ۹ (۱۳۹۲) ۱۰۴- ۹۳

استفاده از منحنی‌های هم‌اثر در بررسی اثر افزایشی، هم‌افزایی و هم‌کاهی اختلاط مزسولفورون + یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل و بهینه‌سازی آنها با استفاده از مویان‌های سیتووت و فریگیت در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی *(Avena ludoviciana)*

علی اصغر چیت بند[1]*، رضا قربانی[2]، محمد حسن راشد محصل[2]، احمد زارع فیض آبادی[3]، مجید عباس‌پور[3]

۱- دانشجوی دکتری علوم علف‌های‌هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۲- اعضای هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۳- اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی

چکیده

به منظور بررسی تاثیر مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ ـ پروپارژیل و اختلاط آنها بصورت خالص و با استفاده از مویان‌های سیتووت و فریگیت سه آزمایش گلخانه‌ای واکنش به مقدار علف‌کش برای کنترل علف‌هرز یولاف وحشی در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار برای هر آزمایش به اجرا درآمد. تیمارها شامل مزسولفورون+ یدوسولفورون در مقادیر ۰، ۲/۴، ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ گرم ماده موثره در هکتار، کلودینافوپ در مقادیر ۰، ۶/۴، ۱۶، ۳۲، ۴۸ و ۶۴ گرم ماده موثره در هکتار، برای ۶ نسبت اختلاط بصورت ۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ ، ۱۰:۹۰ و۰:۱۰۰ بصورت خالص و بهمراه مویان‌های سیتووت و فریگیت با نسبت ثابت حجمی ۲٪ بودند. کارایی اختلاط علف‌کش‌های مورد بررسی با استفاده از مویان‌های سیتووت و فریگیت برای کنترل یولاف وحشی افزایش پیدا کرد. اختلاط این دو علف‌کش با همدیگر بصورت خالص (بدون مویان) از مدل CA تبعیت کرده و دارای اثر افزایشی بود، درصورتیکه اختلاط آنها به همراه مویان‌های سیتووت و فریگیت از مدل هولت پیروی کرده و دارای بر همکنش سینرژیست (هم افزایی) در کنترل یولاف وحشی داشت. اختلاط این دو علف‌کش بصورت خالص، تاثیر کمتری در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی در مقایسه با اختلاط آنها به همراه مویان‌های سیتووت و فریگیت داشت. اختلاط مزسولفورون+ یدوسولفورون وکلودینافوپ‌ـ پروپارژیل به همراه مویان سیتووت بیشترین تاثیر را در کنترل یولاف وحشی داشته، بطوری‌که بیشترین و کمترین اثر هم افزایی به ترتیب مربوط به اختلاط دو علف‌کش با مویان سیتووت و فریگیت بود.

واژه‌های کلیدی: دز کاهش یافته، سینرژیستی، مواد افزودنی.

* Corresponding author. E-mail: a.a.chitband@gmail.com

مقدمه

کاهش مصرف علف‌کش‌ها درکشاورزی یک فرآیند درحال پیشرفت می‌باشد. امروزه بحث کاهش مصرف سموم، بعلت مخاطرات زیست محیطی مصرف بی‌رویه علف‌کش‌ها، از جمله آلودگی آب‌های زیرزمینی، بقایای سموم در غذا، تاثیر برموجودات غیر هدف و نیز ایجاد علف‌های‌هرز مقاوم به علف‌کش‌ها، به یک امرجدی تبدیل شده است. بهمین دلیل برنامه‌های کاهش مصرف علف‌کش‌ها در برخی کشورها بصورت اجباری توسط دولت به اجرا درآمده است که از جمله این کشورها می‌توان به سوئد، هلند و دانمارک اشاره نمود (Chitband *et al*., 2010).

بهینه‌سازی مصرف علف‌کش‌ها به افزایش دقت درتصمیم گیری‌ها تاکید دارد. اولین گام درتصمیم‌گیری برای مصرف بهینه علف‌کش‌ها، توجه به اقدامات پیشگیرانه از قبیل تناوب زراعی و کاشت ارقام رقیب به منظورکاهش تلفات بالقوه ناشی ازتداخل علف‌های‌هرز است. مرحله دوم ارزیابی ضرورت سمپاشی در زمان کنترل علف‌های‌هرز می‌باشد و گام آخر مشتمل بر انتخاب علف‌کش‌ها ومقدارکاربرد آنهاست (Kudsk, 2008). برای بهینه‌سازی مصرف علف‌کش‌ها راهکارهای اساسی چون اختلاط علف‌کش‌ها، مواد افزودنی، تقسیط دز و تهیه کاراترین دز برای کنترل علف‌های هرز مورد توجه قرار گرفته‌اند.

اختلاط علف‌کش‌ها برای کنترل طیف وسیعی از علف‌های‌هرز با حساسیت‌های متفاوت، برای به تاخیر انداختن گسترش بیوتیپ‌های مقاوم علف‌های‌هرز، و کاهش هزینه‌های کاربرد و اثرات جانبی علف‌کش‌ها امروزه بیشتر مورد بررسی قرار می گیرد (Streibig *et al*., 1998). در اختلاط علف‌کش‌ها، مواد شیمیایی می‌تواند اثرات متقابلی در محلول، سطح گیاه، خاک، درون بافت گیاه شامل جذب و انتقال و هم در جایگاه عمل سلول داشته باشند (Green & Baily, 2001). این اثرات متقابل به سه صورت زیر می‌تواند رخ دهد، اول اینکه هریک از علف‌کش‌ها نحوه عمل مستقلی دارند و عمل یکدیگر را تحت تاثیر قرار نمی‌دهند، دوم یک علف‌کش عمل علف‌کش دیگر را کاهش می‌دهد و سوم یک علف‌کش باعث افزیش حضور علف‌کش دیگر در محلول سم می‌شود. اگر علف‌کش‌ها اثری بر یکدیگر نداشته باشند از واژه افزایشی[1] استفاده می‌کنیم درصورتی‌که باعث کاهش عمل علف‌کش دیگر شود هم‌کاهی[2] و اگر یک علف‌کش باعث افزایش فعالیت علف‌کش دیگر شود آنرا هم‌افزایی می‌نامیم (Kudsk & Mathiassen. 2004).

برای تعیین اثرات افزایشی، آنتاگونیستی و سینرژیستی اختلاط علف‌کش‌ها باید از مدل‌های مرجع مشترک[3] استفاده نمود (Kudsk, 2008). متداول‌ترین این مدل‌ها شامل دو گروه مدل های جمع پذیری دزها[4] و مدل های مضرب بقا[5] می‌باشد (Streibig *et al*., 1998). مدل ADM بر فرض افزایشی بودن دزها استوار است، در این مدل علف‌کش می‌تواند به طور کامل یا تا حدودی به وسیله علف‌کش دیگری با دز معادل جایگزین شود. در مدل MSM فرض بر این است که کارایی مورد انتظار از یک علف‌کش مخلوط از طریق ضرب کردن درصد بقا هریک از علف‌کش‌ها به تنهایی، قابل محاسبه است، به عبارتی هر یک از علف‌کش‌ها نحوه عمل مستقلی دارند و هیچ یک از علف‌کش‌ها بر دیگری اثر گذار نیست. بنابراین، تفاوت اساسی بین مدل‌های MSM و ADM مربوط به این است که در ADMبه مقادیر دز توجه می‌شود در حالی‌که در MSM اثرات علف‌کش مد نظر است (Streibig *et al*., 1998 ;Kudsk, 2008).

منحنی‌های هم‌اثر یک روش آنالیز آماری برای مشخص کردن اثر اختلاط دو ماده شیمیایی است. منحنی‌های هم‌اثر[6] در واقع برش عرضی منحنی‌های دز- پاسخ در نسبت‌های مختلف

[1]- Additive
[2]- Antagonism
[3]- Reference models
[4]- Additive Dose Models (ADM)
[5]- Multiplicative Survival Models (MSM)
[6]- Isobole

اختلاط است. دو الگو برای پیش بینی اثر اختلاط دو علف کش پیشنهاد شده است (۱) الگوی افزایش غلظت[1]،که در آن فرض بر این است که یک علف‌کش همانند محلول رقیق شده ای از علف‌کش دیگر عمل می‌کند. این الگو برای پاسخ‌های کمی (وزن خشک، رشد نسبی، ارتفاع، وزن دانه) مورد استفاده قرار می‌گیرد و (۲) الگوی عمل مستقل[2] که در این الگو فرض بر این است که هر علف‌کش نحوه عمل مستقلی دارد. از این الگو برای پاسخ‌های کیفی و دوتایی (نظیر زنده یا مرده) مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیقات نشان داده‌اند که الگوی اثر افزایش غلظت بهتر از الگوی عمل مستقل قادر به پیش بینی اثر اختلاط علف‌کش‌ها می‌باشد (Chitband *et al*., 2012; Streibig *et al*., 1993).

مواد افزودنی ترکیباتی هستند که به منظور تسهیل اختلاط، کاربرد یا تاثیر گذاری علف‌کش به فرمولاسیون علف‌کش یا مخزن سمپاش افزوده می‌شود. مواد افزودنی ممکن است از سوی کارخانه سازنده به فرمولاسیون علف‌کش اضافه شده باشد یا بطور جداگانه خریداری و پیش از سمپاشی به مخزن سمپاش اضافه شوند. مواد افزودنی به لحاظ شیمیایی و زیستی ترکیبات فعالی محسوب می‌شوند و از طریق افزایش تاثیرگذاری یا کاهش مقدار مصرف علف‌کش سبب بهبود کارایی آن می‌شوند. این مواد امکان تطابق فرمولاسیون را با شرایط خاص فراهم می‌آورد و در اکثر موارد استفاده از مواد افزودنی بطور معنی‌داری سبب کاهش کشش سطحی و افزایش تاثیر علف‌کش‌ها می‌شوند (Zand *et al*., 2008). کاهش کشش سطحی قطرات سمپاشی می‌تواند از پرتاب شدن بعدی قطرات سمپاشی بعد از برخورد جلوگیری کند و باعث کاهش زاویه تماس قطرات روی سطح برگ، افزایش گستردگی و سطح تماس قطرات روی سطح برگ و جذب ماده فعال بیشتری بوسیله سطح برگ علف های هرز شوند (Panner, 2000). گرین در سال ۲۰۰۲ طی تحقیقات خود گزارش نمود که افزایش مواد افزودنی به طور عمومی فعالیت علف‌کش پریمی سولفورون را در کنترل گاوپنبه (*Abutilon theopherasti* Medik) افزایش داد، اما کنترل دم روباهی سبز (*Setaria viridis* (L.) Beauv.) کاهش یافت (Ghorbani *et al*., 2007).

هدف تحقیق حاضر استفاده از منحنی‌های هم اثر برای بررسی اختلاط علف‌کش‌های (با نحوه عمل متفاوت) مزوسولفورون+ یدو سولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل و امکان کاهش دز مصرف و افزایش کارایی این علف‌کش‌ها با استفاده از مواد افزودنی سیتووت و فریگیت در کنترل علف هرز یولاف وحشی بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات مخلوط علف‌کش‌های مزسولفورون + یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل بر علف‌هرز یولاف وحشی، آزمایشی در سال ۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. این آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با ۳۶ تیمار و چهار تکرار به اجرا درآمد.

بذور یولاف وحشی از موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور در تهران، گرفته شد و بعد از جدا کردن پوسته‌های بذر (لما و پالئا) به منظور یکنواختی در سبز شدن یولاف وحشی، درون پتری دیش‌هایی با قطر ۱۱ سانتیمتر حاوی یک لایه کاغذ صافی قرار داده شدند. سپس ده میلی لیتر از محلول ۰/۲ گرم در لیتر KNO_3 به هریک از پتری دیش‌ها اضافه شد. پتری دیش‌های حاوی بذرها به مدت ٤٨ ساعت در دمای ٥- ٤ درجه سانتیگراد در تاریکی مطلق نگهداری شدند. بذور در درجه حرارت و رطوبت کنترل شده ژرمیناتور جوانه دار شدند (۱۰/۲۰ درجه سانتیگراد، ٦٥/٤٥ درصد رطوبت نسبی، تاریکی مطلق) (Andersen, 1968). سپس تعداد ده گیاهچه یولاف وحشی با ریشه‌چه‌ای تقریبا یک سانتی‌متری در هر گلدان یک لیتری حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی در

[1]- Concentration Addition =CA
[2]- Independent Action= IA

عمق یک سانتی‌متر کاشته شدند و بر روی گیاهچه‌های یولاف وحشی یک سانتیمتر خاک الک شده پاشیده شد . گلدان‌ها از طریق زیر گلدانی هر دو تا سه روز یکبار آبیاری شدند. در مرحله یک برگی گیاهچه‌های هر گلدان، به چهار گیاهچه تنک شدند و به میزان ۳۰ میلی لیتر از محلول ۰/۳ کود ۲۰: ۲۰: ۲۰ (N:P:K) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد دمای گلخانه در مدت رشد، بین ۱۸ تا ۳۱ درجه سانتی گراد در طول روز و ۱٦ تا ۲۵ درجه سانتی گراد در طول شب متغیر بود. گیاهان در مرحله چهار برگی با استفاده از سمپاش متحرک ریلی مجهز به نازل بادبزنی معمولی با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار با فشار پاشش ۲۰۰ کیلو پاسکال تحت تیمار قرار گرفتند. شرایط محیطی در هنگام پاشش علف‌کش‌ها یکنواخت بود (دما ۳ ± ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ٦ ± ٤٥ درصد).

تیمارهای آزمایش اول شامل ۰، ۲/٤، ٦، ۱۲، ۱۸ و ۲٤ گرم ماده موثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش مزسولفورون+ یدوسولفورون، ۰، ٦/٤، ۱٦، ۳۲، ٤۸ و ٦٤ گرم ماده موثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل، نسبت اختلاط ۷۵٪ مزسولفورون + یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰، ۱/۸، ٤/۵، ۹، ۱۳/۵، ۱۸ گرم ماده موثره در هکتار)+ ۲۵٪ کلودینافوپ پروپارژیل (به ترتیب در مقادیر ۰، ۱/٦، ٤ ، ۸ ، ۱۲و ۱٦ گرم ماده موثره در هکتار)، نسبت اختلاط ۵۰٪ مزسولفورون +یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰ ، ۱/۲، ۳ ، ٦، ۹ و ۱۲ گرم ماده موثره در هکتار)+ ۵۰٪ کلودینافوپ پروپارژیل (به ترتیب در مقادیر ۰، ۳/۲، ۸ ، ۱٦، ۲٤ و ۳۲ گرم ماده موثره در هکتار)، نسبت اختلاط ۲۵٪ مزسولفورون + یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰، ۰/٦، ۱/۵، ۳ ، ٤/۵ و ٦ گرم ماده موثره در هکتار) + ۷۵٪ کلودینافوپ پروپارژیل (به ترتیب در مقادیر ۰، ٤/۸، ۱۲، ۲٤، ۳٦ و ٤۸ گرم ماده موثره در هکتار)، نسبت اختلاط ۱۰٪ مزسولفورون+ یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰، ۰/۲٤، ۰/٦، ۱/۲ ، ۱/۸ و ۲/٤ گرم ماده موثره در هکتار) + ۹۰٪ کلودینافوپ پروپارژیل (به ترتیب در مقادیر ۰، ۵/۷٦ ، ۱٤/٤، ۲۸/۸، ٤۳/۲ و ۵۷/٦ گرم ماده موثره در هکتار)، و تیمارهای آزمایش دوم و آزمایش سوم مشابه آزمایش اول بودند با این تفاوت که در آزمایش دوم و آزمایش سوم به ترتیب از مواد افزودنی سیتووت و فریگیت به نسبت ثابت دو در هزار استفاده شد.

اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده چهار هفته پس از اعمال تیمارها از روی سطح گلدان‌ها برداشت شدند و وزن تر و خشک آنها اندازه‌گیری شد و از میانگین وزن خشک در هرگلدان برای برازش منحنی‌های هم اثر استفاده شد .

این آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار انجام و پاسخ وزن خشک علف‌هرز یولاف وحشی به مقدار فرمولاسیون‌ها درحالت اختلاط با استفاده از نرم افزار R آنالیز شد. تمامی داده‌ها به طور همزمان با مدل چهار پارامتری لجستیک (معادله ۱) برازش داده شدند (Ced، معادله ۱ , 2007).

$$U_{ij} = \frac{D - C}{1 + \exp\left[bi(\log(z_{ij}) - \log(ED50_{(i)}))\right]} + C$$

در منحنی‌های هم‌اثر و اختلاط علف‌کش‌ها، درصورت معنی دار نشدن آزمون عدم برازش[1] بر مدل لگاریتمی ٤ پارامتره، این مدل بصورت مدل لگاریتمی ۳ پارامتره (که در آن پارمترC، حد پایین منحنی حذف شده است) زیر (Chitband *et al.*, 2012) تبدیل (معادله ۲) می‌شود :

معادله ۲

$$U_{ij} = \frac{D}{1 + \exp\left[bi(\log(z_{ij}) - \log(ED50_{(i)}))\right]}$$

[1]- Lack-of-fit test

که در معادله (۱و۲) U_{ij} بیانگر وزن خشک j ام که موجب پاسخ در دز j ام فرمولاسیون (z_{ij}) می‌شود. D و C حد بالا و پایین وزن خشک در مقادیر صفر و بی نهایت فرمولاسیون، $ED_{50(i)}$[1] مقدار فرمولاسیون، i، لازم برای ۵۰ درصد وزن خشک علف هرز بین حدود بالا و پایین D وC، b_i متناسب با شیب منحنی در محدوده $ED_{50(i)}$ می‌باشد (Cabanne, 1999؛ 2000). سپس مقادیر ED_{50} با استفاده از منحنی‌های هم‌اثر با مدل‌های الگوی اثر افزایش غلظت[2]، هولت[3] برازش داده شدند.

مدل‌های آیزوبول برای رسم منحنی‌های هم‌اثر:

مدل افزایش غلظت مدلی است خطی، ۵ پارامتره که بصورت زیر بیان می‌شود (Sørensen *et al.*, 2007):

$$\frac{d_1}{\delta_1}+\frac{d_2}{\delta_2}=1 \qquad \text{معادله ۳}$$

در معادله (۳): d_1 و d_2 نسبت‌های مختلف مقادیر اختلاط علف کش، δ_1 و δ_2 مقدار مورد نیاز از علف‌کش در حالت کاربرد خالص است.

مدل هولت مدل غیر خطی است که دارای یک انحنا[4] (تحدب یا تقعر) است و دارای یک پارامتر بیشتر نسبت به مدل افزایش غلظت است و بصورت زیر بیان می‌شود (Sørensen *et al.*, 2010):

$$\left(\frac{d_1}{\delta_1}\right)^{1/\lambda}+\left(\frac{d_2}{\delta_2}\right)^{1/\lambda}=1 \qquad \text{معادله ۴}$$

در معادله (٤): λ : پارامتر مربوط به اثر متقابل است و سایر پارامترها مشابه مدل افزایش غلظت است. اگر $\lambda=1$ حالت افزایش غلظت (افزایشی)، $\lambda>1$ حالت تشدیدکنندگی (هم افزایی)، $\lambda<1$ حالت بازدارندگی (هم کاهی).

مدل وولوند[5] مدل غیر خطی است که دارای دو انحنا (تحدب یا تقعر) است و دارای دو پارامتر بیشتر نسبت به مدل افزایش غلظت می‌باشد و بصورت زیر بیان می‌شود:

$$\left(\frac{d_1}{\delta_1}\right)^{\eta_1}\left(\frac{d_1}{\delta_1}+\frac{d_2}{\delta_2}\right)^{1-\eta_1}+\left(\frac{d_2}{\delta_2}\right)^{\eta_2}\left(\frac{d_1}{\delta_1}+\frac{d_2}{\delta_2}\right)^{1-\eta_2}=1 \qquad \text{معادله ۵}$$

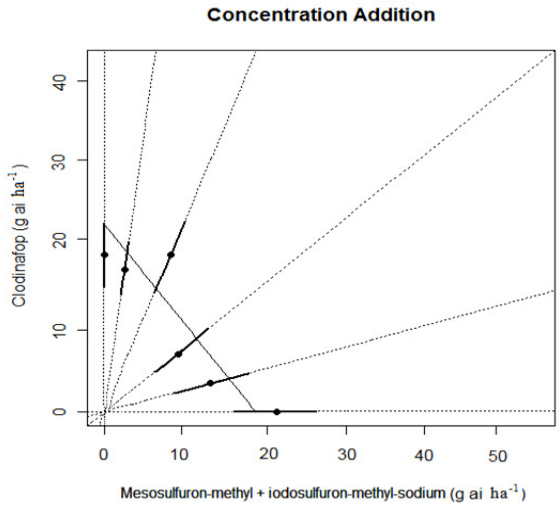
در معادله (۵): η_1 و η_2 پارامترهای تعیین کننده شکل آیزوبول (تحدب منحنی هم‌اثر) هستند و تعریف سایر پارامترها مشابه مدل‌های قبلی می‌باشد (Sørensen *et al.*, 2010; Cedergreen *et al.*, 2007; 2007).

نتایج و بحث

الف) اختلاط خالص دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل

نتایج حاصل از اختلاط اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل نشان داد که اختلاط این دو علف کش با یکدیگر افزایشی است و اختلاط آنها از مدل الگوی افزایش غلظت پیروی می‌کند (شکل۱). به عبارت دیگر اثر اختلاط این دو علف‌کش با همدیگر، همانند اثر هریک از علف‌کش‌ها در هنگام کاربرد خالص آنهاست و حالت تشدید کنندگی یا بازدارندگی در اختلاط آنها مشاهده نشد. بنابراین می‌توان بصورت مخلوط این دو علف‌کش را با یکدیگر مصرف کرد. از مزایای آن می توان به کنترل کامل و توام چند نوع علف‌هرز، صرفه جویی در زمان، کاهش هزینه کار و ابزار مانند کاهش تعداد دفعات سمپاشی و رفت و آمد ادوات کشاورزی اشاره کرد.

---
[1]- Effective dose
[2]- Concentration Addition = CA
[3]- Hewlett
[4]- Curvature
[5]- Voelund



شکل۱- منحنی‌های هم‌اثر لگاریتم لجستیک سه پارامتره برای نشان دادن اثر اختلاط خالص مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل با مدل اثر افزایش غلظت (Concentrution Addition). خط عمود (محورy) نشان دهنده نسبت ۱۰۰٪ کلودینافوپ- پروپارژیل، خط افقی(محورx) ۱۰۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و خطهای اریب (از سمت محورx) به ترتیب شامل ۷۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون ۲۵٪ کلودینافوپ- پروپارژیل، ۵۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و ۵۰٪ کلودینافوپ- پروپارژیل، ۲۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و ۷۵٪ کلودینافوپ- پروپارژیل و ۱۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون، ۹۰٪ کلودینافوپ- پروپارژیل می‌باشد.

Figure 1- Isobolographs 3 parameter logarithm logistic for mixture exhibits mesosulfuron + iodosulfuron and Clodinafop-propargyl with Concentrution Addition (CA) model. Vertical line (y axes) demonstrates 100% Clodinafop-propargyl, horizontal line (x axes) 100% mesosulfuron + iodosulfuron, and lateral lines (side x axes) 75% mesosulfuron + iodosulfuron+ 25%Clodinafop-propargyl, 50% mesosulfuron + iodosulfuron+ 50% Clodinafop-propargyl, 25% mesosulfuron + iodosulfuron+ 75% Clodinafop-propargyl, 10% mesosulfuron + iodosulfuron+ 90% Clodinafop-propargyl, respectively.

Green & Baily, 2001 بیان داشتند که حتی اگر عمل متقابل علف‌کش‌ها تنها افزایشی و نه هم افزایی باشد، هنوز می‌تواند دلیل منطقی برای کاربرد مخلوط مواد شیمیایی با همدیگر وجود داشته باشد. برای مثال، دوبار عبور تجهیزات سمپاشی از مزرعه برای کاربرد دو علف‌کش باریک برگ‌کش و پهن برگ کش، به یک بارکاهش می‌یابد. عمل افزایشی بدون افزایش کارایی، امکان کاربرد همزمان را فراهم می‌سازد و موجب کاهش هزینه ها، استهلاک تجهیزات، فشردگی خاک و صرفه جویی در زمان کاربرد می‌شود.

(Montazeri, 1995) گزارش داد که پهن برگ‌کش تری‌بنورون متیل (گرانستار) با کلودینافوپ- پروپارژیل (تاپیک) اثر افزایشی در کنترل علف‌های‌هرز یولاف وحشی در مزارع گندم داشته است. همچنین گزارش شده است که کاربرد اختلاط علف‌کش‌های کلودینافوپ- پروپارژیل و تری بنورون متیل موجب کارایی بیشتر در کنترل علف‌های‌هرز باریک برگی همچون خونی واش (*Phalaris minor* Retz.) و یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu.) شده است (Baghestani *et al*., 2008).

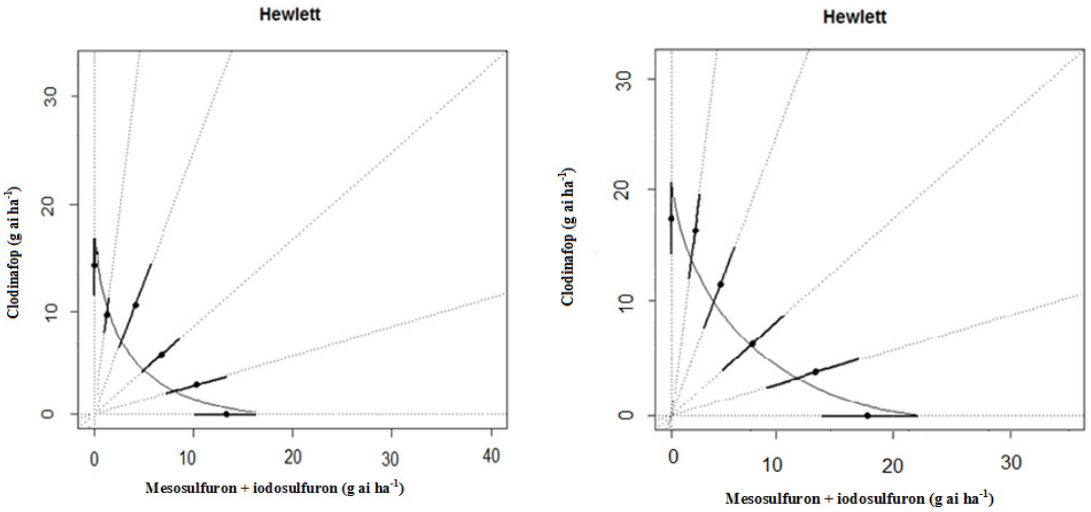
علف‌کش دو منظوره مزوسولفورون متیل+ ایزوسولفورون متیل سدیم در ۲۱ گرم ماده موثره نتیجه خوبی برای کنترل علف‌های‌هرز نشان داد، همچنین مخلوط بروموکسینیل به همراه MCPA در ۶۰۰ گرم ماده موثره از دز مصرفی به همراه تاپیک در ۹۶ گرم ماده موثره از دز مصرفی منجر به افزایش عملکرد شد (Baghestani *et al.*, 2008). (Barros *et al.*, 2007) مزوسولفورون متیل سدیم ۳ درصد و ایزوسولفورون

متیل سدیم ۰/٦ درصد و مفن پایردی‌اتیل ۹ درصد را با هم مخلوط کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از دزهای کمتر از مقدار توصیه شده ۰/٤ کیلوگرم در هکتار، علف‌های هرز یولاف وحشی و چچم را بهتر از علف‌های هرز پهن‌برگ کنترل می‌کند. کاربرد این ترکیب در مراحل اولیه رشد علف‌های‌هرز (اوائل پنجه زنی برای گراس‌ها و ۳ تا ٤ برگی برای پهن‌برگ‌ها) باعث افزایش راندمان دانه شد (Barros *et al*., 2007; Ashrafi *et al*., 2010).

ب) اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل به همراه مواد افزودنی سیتووت و فریگیت

اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل به همراه مواد افزودنی سیتووت، و فریگیت نشان داد که منحنی‌های هم‌اثر حاصل از اختلاط این دو علف‌کش بهمراه مواد افزودنی سیتووت، فریگیت در کنترل علف هرز یولاف وحشی بصورت خمیدگی بطرف داخل (منحنی‌های مقعر) ظاهر شدند که نشان دهنده اثر سینرژیستیکی (هم‌افزایی) برهمکنش بین این دو علف‌کش بهمراه این مواد افزودنی در کنترل علف هرز یولاف وحشی بود (شکل ۲). به عبارت دیگر استفاده از مواد افزودنی در اختلاط این دو علف‌کش موجب کاهش کشش سطحی محلول مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل و تولید قطره‌های ریز و نشست بیشتر قطره‌های پاشش شده که جذب بیشتر ماده موثره را به همراه داشت و کارایی دو علف‌کش را در اختلاط افزایش داد. به طوری که کوچکتر شدن قطره های پاشش به وسیله مواد افزودنی مورد بررسی تاثیر بیشتری در خیس سازی یولاف وحشی داشته است .

پس از نشست قطره، مویان‌ها از طریق گسترش قطره بر روی سطح برگ در افزایش کارایی آن تاثیر گذارند که اغلب خیس شدگی سطح برگ و زاویه تماس قطره ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Panner, 2000). به طوری که مویان‌ها از طریق کاهش زاویه تماس قطرک‌ها با سطح برگ باعث می‌شوند ناحیه بیشتری از کوتیکول مومی برگ به وسیله قطره پوشیده شود. پوشاندن سطح بیشتر از سطح برگ موجب افزایش نفوذ ماده موثره علف‌کش به درون بافت های گیاه از طریق کوتیکول و روزنه‌ها می‌شود (Sharma & Singh, 2000). بنابراین احتمالا مویانهای سیتووت، فریگیت با کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل موجب کاهش زاویه تماس قطره پاشش با سطح برگ یولاف وحشی شده و در نتیجه موجب خیس شدن سطح بیشتر کوتیکول می‌شود. این عمل موجب جذب بیشتر ماده موثره علف‌کش‌ها و افزایش کارایی آنها شده است.



شکل ۲- منحنی‌های هم‌اثر برای نشان دادن اثر اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون (شوالیه) و کلودینافوپ- پروپارژیل (تاپیک) بهمراه ماده افزودنی سیتووت (سمت چپ)، فریگیت (سمت راست) با مدل هولت (Hewlett). خط عمود (محورy) نشان دهنده نسبت ۱۰۰٪ کلودینافوپ- پروپارژیل، خط افقی(محورx) ۱۰۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و خطهای اریب (از سمت محورx) به ترتیب شامل ۷۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون ۲۵٪ کلودینافوپ- پروپارژیل، ۵۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و ۵۰٪ کلودینافوپ- پروپارژیل، ۲۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و ۷۵٪ کلودینافوپ- پروپارژیل و ۱۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون، ۹۰٪ کلودینافوپ- پروپارژیل می‌باشد.

Figure 2- Isobolographs 3 parameter logarithm logistic for mixture exhibits mesosulfuron + iodosulfuron and Clodinafop-propargyl with Citowett (up left), Frigate (up right) with Hewlett model. Vertical line (y axes) demonstrates 100% Clodinafop-propargyl, horizontal line (x axes) 100% mesosulfuron + iodosulfuron, and lateral lines (side x axes) 75% mesosulfuron + iodosulfuron+ 25%Clodinafop-propargyl, 50% mesosulfuron + iodosulfuron+ 50% Clodinafop-propargyl, 25% mesosulfuron + iodosulfuron+ 75% Clodinafop-propargyl, 10% mesosulfuron + iodosulfuron+ 90% Clodinafop-propargyl, respectively.

جدول ۱- پارامترهای دز- پاسخ مدل لجستیکی برای تمام نسبت های دز- پاسخ اختلاط تمام منحنی ها حاصل از آزمایش‌های مشابه با هم برازش داده شده بودند، حد بالایی d منحنی، برای منحنی‌های مربوط به آزمایش مشابه (معادله ۱). b شیب منحنی، e دز یا غلظت کاهش ۵۰٪ حداکثر پاسخ، واحد d گرم وزن خشک یولاف وحشی در زمان برداشت، واحد e گرم ماده موثره در هکتار برای یولاف وحشی. تمام پارامتره دارای خطای استاندارد (±SE) می‌باشند.

Table 1- Dose–response parameters of the log-logistic dose–response model of all herbicide ratios dose–response all curves deriving from the same experiment are fitted together, the upper limit *d* of the curve is common for curves belonging to the same experiment [Eqn (1)]. The slope parameter is denoted by *b*, and *e* is the dose or concentration reducing the maximal response by 50% (ED). The units for *d* are g dry weight at harvest for the wild out. For *e* the unit is g AI ha^{-1} for the wild out. All parameters are given ± SE.

Species	Mixture	Rates	Pure mixture d	b	e
Avena Loduviciana	**mesosulfuron + iodosulfuron / Clodinafop-propargyl**	100	0.70 ± 0.03	0.42 1.23 ±	21.68 ± 18.2
		75	0.60 ± 0.16	1.03 ± 0.91	18.82 ± 9.43
		50	2.7 ± 1.66	1.01 ± 0.19	17.2 ± 8.21
		25	0.59 ± 0.22	1.02 ± 0.58	17.96 ± 7.32
		10	0.51 ± 0.03	9.1± 7.2	17.31 ± 6.97
		0	0.46 ± 0.04	6.4 ± 4.7	17.37 ± 7.2

Species	Mixture	Rates	Citowett mixtur d	b	e
Avena Loduviciana	**mesosulfuron + iodosulfuron / Clodinafop-propargyl**	100	0.71 ± 0.03	0.97 ± 0.37	13.21 ± 9.7
		75	3.2 ± 2.2	0.49 ± 0.17	12.41 ± 8.84
		50	0.61 ± 0.05	0.82 ± 0.45	11.67 ± 6.19
		25	2.7 ± 2.2	0.41 ± 0.16	11.48 ± 7.84
		10	0.64 ± 0.04	3.5 ± 1.2	10.81 ± 3.72
		0	2.1 ± 1.04	0.96 ± 0.32	10.97 ± 4.24

Species	Mixture	Rates	Frigate mixture		
			d	b	e
Avena Loduviciana	mesosulfuron + iodosulfuron / Clodinafop-propargyl	100	0.71 ± 0.03	11.1 ± 0.34	18.97 ± 11.51
		75	3.6 ± 1.9	0.5 ± 0.27	16.23 ± 9.65
		50	0.61 ± 0.27	0.95 ± 0.75	15.84 ± 7.94
		25	0.69 ± 0.25	0.95 ± 0.94	15.97 ± 7.89
		10	0.41± 0.04	7.3 ± 4.5	14.67 ± 6.48
		0	0.56 ± 0.1	1.67 ± 1.63	14. 73 ± 4.98

Significant Levels	Models				
	4 Parameter Log Logistic Model	3 Parameter Log Logistic Model	CA Model	Hewlett Model	Voelund Model
R^2	0.7456	0.8543	0.9782	0.9847	0.8373
P value (F test)	0.86	0.98	0.99	0.89	0.84

همانطوریکه در شکل (۲) مشاهده می‌شود در اختلاط دو علف‌کش بهمراه مویان سیتووت منحنی هم اثر دارای خمیدگی بیشتری بطرف داخل (منحنی مقعر) در مقایسه با اختلاط دو علف‌کش بهمراه مویان فریگیت داشت یعنی مقادیر ED_{50} برای هر یک از نسبت‌های اختلاط دو علف‌کش با استفاده از مویان سیتووت کمتر از همان نسبت‌های اختلاط با استفاده از مویان فریگیت بود (جدول ۱) بنابراین می‌توان دریافت که مویان سیتووت با نسبت حجمی مشابه بکار رفته در مقایسه با مویان فریگیت تاثیر بیشتری در کاهش کشش سطحی و افزایش کارایی اختلاط دو علف‌کش داشته است.

Aliverdi *et al*., 2009 در آزمایشی بیان کردند که استفاده از مویان‌های سیتوگیت، فریگیت باعث کاهش کشش سطحی و افزایش فعالیت علف‌کش‌های کلودینافوپ- پروپارژیل و تری بنورون متیل در مقایسه با کاربرد خالص آنها بر روی گیاه یولاف وحشی و خردل وحشی شد، که در این بین مویان سیتوگیت تاثیر بیشتری در کاهش کشش سطحی، و افزایش کارایی علف‌کش‌ها نسبت به مویان فریگیت داشت. (Zawierucha & Panner, 2001) در آزمایشی نشان دادند که استفاده از مویان فریگیت در محلول علف‌کش کوئین کلراک باعث افزایش کارایی آن در کنترل علف‌هایهرز *Galium aparine* L. و *Sonchus oleraceus* L. شده است. Ghorbani *et al*., 2007 بیان کردند که علف‌کش فن‌مدیفام با غلظت ۰/۲٤ کیلوگرم در هکتار به همراه مواد افزودنی و روغن معدنی در سال اول و دوم به ترتیب ۸۱ و٦٥ درصد و با غلظت ۰/٤۸ کیلوگرم در هکتار، ۸۳ و ۸۰ درصد در سال اول و دوم وزن‌تر سلمک (*Chenopodium album* L.) را کاهش داد. برخی از محققین گزارش دادند که مویان سیتوگیت موجب افزایش ٦۱ درصدی کارایی مخلوط دو علف‌کش پیرامین و بتانال آ-ام درکنترل علف‌های هرز پهن برگ مزارع چغندرقند و موجب افزایش ۹ درصدی عملکرد ریشه چغندرقند شده است (Ghorbani *et al.,* 2007; Ghanbari *et al*., 2005). همچنین سیتوگیت موجب افزایش کارایی توفوردی و گلیفوسیت در کنترل پیچک صحرایی(*Convolvulus arvensis* L.) شده است (Faraji *et al*., 2005).

بنابراین براساس نتایج بدست آمده از این آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل دارای اثر افزایشی در کنترل علف هرز یولاف وحشی بود و همچنین مصرف مزوسولفورون+ یدوسولفورون به تنهائی بر روی گیاه یولاف وحشی دارای کمترین اثر و فقط با مقادیر حداکثر دز و گاهی در مقادیری بیشتر از مقدار توصیه شده باعث کنترل یولاف وحشی می‌شود. اختلاط این دو علف‌کش با یکدیگر و با مویان‌های سیتووت و فریگیت دارای اثرات هم‌افزایی (سینرژیستی) است که از پیامدهای مهم آن، کاهش دز مصرفی سموم است که هم به لحاظ اقتصادی و هم از نظر

مسائل زیست محیطی بسیار حائز اهمیت است، از طرفی چون مزوسولفورون+ یدوسولفورون علف‌کشی دو منظوره است، که غالبا برای کنترل علف‌های‌هرز باریک برگ و پهن برگ مورد استفاده قرار می‌گیرد و تاثیر آن بر علف‌های‌هرز باریک برگی چون یولاف وحشی کمتر است و با توجه به اینکه یولاف وحشی یکی از علف‌های هرز غالب و رایج مزارع گندم کشور است، بنابراین مخلوط آن با کلودینافوپ و بهمراه مویان‌های سیتووت و فریگیت باعث کنترل طیف وسیع و کاملی از علف‌های‌هرز، از جمله علف‌های هرز غالبی چون یولاف وحشی در مزارع گندم می‌شود.

منابع

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 Biol & Manag. 9: 292– 299.

Andersen, R. N. 1968. Germination and establishment of weeds for experimental purposes. Weed Science Society of American Handbook. Urbana, Illinois. Pp. 26- 27.

Ashrafi, Z. Y., Rahnavard, A. and Sadeghi, S. 2010. Study of respond wheat (*Triticum aestivum* L.) to rate and time application chevalier. J of Agri Tech. 6: 533- 542.

Baghestani, M. A., Zand, E. and Sufizadeh, S. 2008. Study on the efficacy of weed control in wheat (*Triticum aestivum*) whit tank mixtures of grass herbicide with broadleaf herbicide. Crop Protect. 27: 104- 111.

Barros, J. F. C., Basch, G. and Decarvalho, 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 Protect. 26: 1538- 1545.

Cabanne, F. 2000. Increased efficacy of clodinafop-propargyl by terpineols and synergistic action with esterified fatty acids. Weed Res. 40: 181-189.

Cabanne, F., Gaudry, J. and Streibig, J. C. 1999. Influence of alkyl oleates on efficacy of phenmedipham apply, as an acetone: water solution on *Galium aparine*. Weed Res. 39: 57-67.

Cedergreen, N., Kudsk, P., Matthiasen, S. and Streibig, J. C. 2007. Combination effects of herbicide: Do species and test system matter? Pest Manag Sci. 63: 282-295.

Chitband, A. A., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M. H. and Zare, A. 2010. Jonit effects of Mesosulfuron + iodosulfuron and Clodinafop-propargyl and optimazing them with use Citowett and Frigate surfectants on wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.). MSc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English summary).

Chitband, A. A., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M. H. and Zare, A. and Abbaspoor, M. 2012. Isobolographic analysis for additive, synergism and antagonism effects in binary mixture of mesosulfuron + iodosulfuron and clodinafop-propargyl. Iran J Field Crops Res. 10: 125-132. (In Persian with English Summary).

Faraji, M., Beheshtian, M., Abbasi, R. and Nusrati, A. 2005. Bind weed (*Convolvulus arvensis)* chemical control in fallow year, reducing doses and Adjuvant effect survey. Proceedings of 1st Iranian Weed Sci Congress. Pp. 409-412. (In Persian with English Summary).

Ghanbari, D., Hossien Poor, M., Abdolahian Noghabi, M. and Shimi, P. 2005. Mixture experiment some of the herbicides with mineral oils for greater efficiency in sugar beet *(Beta vulgaris)* agriculture. Proceedings of 1st Iranian Weed Sci Congress. Pp. 409- 412. (In Persian with English Summary).

Ghorbani, A., Zand, E., Baghestani, M. A., Forozesh, S., Noghabi, M. and Kazemi, M. 2007. Study on different concentrations of adjuvant and chloridazon + phenmedipham on yield and yield components of Sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Environ Sci. 5 (l): 37-52. (In Persian with English Summary).

Green, J. M. and Baily, S. P. 2001. Herbicide interactions with herbicides and other agricultural chemicals. *In*: Green, J. M. and Baily, S. P. (Eds), Weed Sci Handbook. Pp: 37- 60. Monograph series of the Weed Sci Society of America.

Kudsk, P. 2008. Optimising herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. Environmentalist. 28: 49–55.

Kudsk, P. and Mathiassen, S. K. 2004. Joint action of amino acide biosynthesis-inhibiting herbicides. Weed Res. 44: 313- 322.

Montazeri M. 1995. Interaction of tribenuron methyl and graminicides in wheat. *In*: Proceeding and Brighton Crop Prot Conference- Weed. UK. 2: 753- 756.

Panner, D. 2000. Activator adjuvants. Weed Technol. 14: 785- 791.

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

Sørensen, H., Cedergreen, N. and Skovgaard, M. 2007. An isobole-based statistical model and test for synergism/antagonism in binary mixture toxicity experiments. Environ Ecol Stat 14: 383– 397.

Sørensen, H., Cedergreen, N. and Streibig, J. C. 2010. A random effects model for binary mixture toxicity experiments. Agric, Biol, and Environ Statis. 15: 562–577.

Streibig, J, C., Rudemo, M. and Jenson, J. E. 1993. Dose- response curves and statistical model. *In*: Streibig , J. C., Kudsk, P. (Eds), Herbicide Bioassay. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 29- 55.

Streibig, J. C., Kudsk, P. and Jensen, J. E. 1998. A general joint action model for herbicide mixtures. Pestic Sci. 53: 21- 28.

Zand, E., Mousavi, S. K. and Heydari, A. 2008. Herbicides and their application method (optimizing and reduction use survey). Mashhad University Jehad Press. 567 p. (in Persian with English summary).

Zawierucha, J. E. and Penner, D. 2001. Adjuvant efficacy with quinclorac in canola (*Brassica napus*) and turfgrass. Weed Technol. 15: 220–223.

Isobolographic Analysis for Additive, Synergism and Antagonism in Binary Mixture of Mesosulfuron + Iodosulfuron and Clodinafop-propargyl and Optimizing them with Citowett and Frigate Surfactants on Wild Oat *(Avena ludoviciana)*

Ali Asghar Chitband[1]*, Reza Ghorbani[1], Mohammad Hassan Rashed Mohassel[1], Ahmad Zare Faizabadi[2], Majid Abbaspoor[2]

1- Ph.D student, Assistant Professor and Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, 2- Assistant Professor, Department of Weed Research, Plant Protection Research Institute, Mashhad, Iran

Abstract

To study the effect of mesosulfuron + iodosulfuron and clodinafop and also their mixtures with Citowett and Frigate surfactants, three greenhouse experiments were conducted on wild oat *(Avena ludoviciana* L.*)* as dose-response arrangements in completely randomized design with four replications for each treatment. Treatments included mesosulfuron + iodosulfuron alone at doses of 0 , 2.4, 6, 12, 18 and 24 g ai ha^{-1}, clodinafop alone at doses of 0, 6.4, 16, 32, 48 and 64 g ai ha^{-1} and six mixture ratios of doses of the two herbicides including 100:0%,75:25%, 50:50%, 25:75%, 10:90% and 0:100% with and without the surfactants of Citowett and Frigate at 0.2% (v/v). Herbicide performance was enhanced by all surfactants against wild oat. Pure mixture of herbicides with each other (without surfactants) followed CA model and showed additive effects. Mixtures with Citowett or Frigate surfactants followed Hewlett model and showed synergism on wild oat. Pure mixtures of two the herbicides showed lowest effects on wild oat compared to their mixtures with Citowett, Frigate surfactants. Mesosulfuron + iodosulfuron and clodinafop mixed with Citowett surfactant showed highest effect and Frigate surfactant showed lowest effect on wild oat.

Key word: Adjuvant, reduced dose, synergism.