نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۱، ص ۱۳۲-۱۲۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 1, Spring. 2012, p. 125-132

استفاده از منحنی‌های هم‌اثر در بررسی اثر افزایشی، هم‌افزایی و هم‌کاهی اختلاط مزسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل

علی اصغر چیت بند [۱*]- رضا قربانی [۲]- محمدحسن راشد محصل [۳]- احمد زارع فیض آبادی [۴] - مجید عباسپور [۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۸
تاریخ پذیرش : ۱۳۹۰/۳/۲۸

چکیده

کاهش مصرف علف‌کش‌ها از اهداف عمده تحقیقات کشاورزی در سال‌های اخیر، به منظور کاستن اثرات جانبی و هزینه‌های آنهاست. بنابراین به منظور پیش بینی اثرات افزایشی، تشدیدکنندگی و یا کاهندگی اختلاط دو علف‌کش مزسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی با استفاده از منحنی‌های هم‌اثر، آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی با ۳۶ تیمار و چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش 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 بصورت‌های ۰:۱۰۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵، ۱۰:۹۰ و ۰:۱۰۰ بودند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که این دو علف‌کش بصورت خالص، فقط در مقادیر حداکثر دوز، باعث کنترل کامل یولاف شدند. مدل اثر افزایش غلظت (CA) برازش مناسبتری از داده‌ها در مقایسه با مدل‌های هولت و وولوند نشان داد بعبارتی اختلاط این دو علف کش با یکدیگر دارای اثر افزایشی در کنترل یولاف داشت. در مخلوط‌هایی که نسبت کلودینافوپ به مزسولفورون+ یدوسولفورون بیشتر بود (۹۰٪ کلودینافوپ ـ پروپارژیل + ۱۰٪ مزسولفورون +یدوسولفورون) میزان کنترل یولاف در مقایسه با سایر نسبت‌های دیگر اختلاط افزایش یافت.

واژه های کلیدی: اختلاط علف‌کش‌ها، افزایش غلظت، مدل هولت، مزسولفورون + یدوسولفورون، کلودینافوپ

مقدمه

گندم [۶] بعنوان یکی از اصلی‌ترین و پرارزش‌ترین مواد غذایی بشر و مهم‌ترین محصول زراعی کشور ما می‌باشد. از میان عوامل خسارت‌زا به گندم، علف‌های‌هرز دارای بیشترین تاثیر منفی (۴۲٪) می‌باشند (۷). در بین علف‌های‌هرز باریک‌برگ گندم، یولاف وحشی به دلیل سازگاری با شرایط گوناگون زیستی و اکولوژیکی، یکی از رایج‌ترین و غالب‌ترین گونه‌ها محسوب می‌شود که سالیانه خسارت عمده‌ای را موجب می‌شود (۲).

یولاف وحشی گیاهی یکساله، پاییزه است که باعث کاهش کمی و کیفی برخی از محصولات زمستانه می‌شود. اما به دلیل شباهت مورفولوژی و نیازهای یکسان، بیشترین خسارت را به گندم زمستانه وارد می‌کند (۳، ۳۰). بطوری‌که در کشور آمریکا ۱۱ میلیون هکتار از زمین‌های زراعی به یولاف وحشی آلوده‌اند که خسارت ناشی از آن بالغ به یک میلیارد دلار می‌رسد (۱). در استرالیا نیز مقدار کاهش عملکرد گندم در اثر این علف‌هرز در نه هزار هکتار اراضی آلوده، ۱۰۲۰۰ تن گزارش شده است. در ایران نیز آلودگی به یولاف وحشی در مزارع گندم و جو بسیار شدید است (۱). رایج‌ترین روش برای کنترل این علف‌هرز، استفاده از بازدارنده‌های آنزیم استیل [۷] کوآنزیم آ و بازدارنده‌های استولاکتات سینتاز [۸] می‌باشد. بازدارنده های آنزیم استیل کوآنزیم آ شامل سه خانواده مهم از علف‌کش‌ها با نام‌های آریلوکسی فنوکسی پروپیونات [۹]، سیکلوهگزانیدیون‌ها [۱۰] و فنیل

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: a.a.chitband@gmail.com)
۴ و ۵- به ترتیب دانشیار و استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

6- *Triticum aestivum*

7- ACCase
8- ALS
9- APP
10- CHD

پیرازولین‌ها هستند که بطور عمومی به آنها فوپ ها[1]، دیم ها[2] و دن دن‌ها نیز گفته می‌شود (۵، ۱۰). بازدارنده‌های استولاکتات سینتاز بعنوان استوهیدروکسی اسید سینتاز[3] نیز شناخته می‌شوند که اولین دسته از واکنش‌های موازی در بیوسنتز اسیدهای آمینه‌های زنجیره ای شاخه دار[4] یعنی والین، لوسین و ایزولوسین را کاتالیز می‌کنند (۲۹، ۱۶). بازدارنده‌های ALS شامل ۵ خانواده شیمیایی هستند که بصورت تجاری درآمده یا در حال توسعه می‌باشند. این پنج خانواده عبارتند از سولفونیل‌اوره‌ها[5]، ایمیدازولینون‌ها[6]، تریازولوپیریمیدین‌ها[7]، تریازولوپیریمیدین‌ها[7]، پیریمیدینیل تیوبنزوآت‌ها[8] و سولفونیلامینوکاربونیلاتریازولینون‌ها[9] (۲۹).

انتخاب علف‌کش‌ها با طیف کنترل وسیعی از علف‌های‌هرز از مهم‌ترین اهداف کنترل شیمیایی علف‌های‌هرز است که با هدف افزایش کارایی کنترل علف‌های‌هرز و کاهش مقدار کاربرد سموم همراه است (۲۴). در این میان اختلاط علف‌کش‌ها از مهمترین عوامل قابل ملاحظه، هنگام تعیین دوز علف‌کش می‌باشند (۲۵). اختلاط علف‌کش‌ها باعث کاهش هزینه‌های تولید، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی با استفاده از اثرات هم‌افزایی[10]، کاهش فشردگی خاک با کاهش تعداد عملیات زراعی، جلوگیری از توسعه مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها می‌شود (۲۱). در اختلاط علف‌کش‌ها، مواد شیمیایی می توانند اثرات متقابل فیزیکی یا شیمیایی در محلول، سطح گیاه، خاک، درون بافت شامل جذب و انتقال و هم در جایگاه اثر[11] سلول داشته باشند (۲۱، ۲۶). این اثرات متقابل به سه صورت 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 افزایش حضور علف‌کش دیگر در محلول سم می‌شود. اگر یک علف‌کش باعث کاهش عمل علف‌کش دیگر شود هم‌کاهی[12] نامیده می‌شود درصورتی‌که باعث افزایش فعالیت علف‌کش دیگر شود هم‌افزایی، و اگر علف‌کش‌ها اثری بر یکدیگر نداشته باشند به افزایشی[13] مرسوم است (۲۵).

منحنی‌های هم‌اثر[14] یک روش آنالیز آماری برای مشخص کردن اثر اختلاط دو ماده شیمیایی است. منحنی های هم‌اثر در واقع برش عرضی منحنی‌های دوز- پاسخ در نسبت‌های مختلف اختلاط است. دو الگو برای پیش بینی اثر اختلاط دو علف‌کش پیشنهاد شده است ۱- الگوی افزایش غلظت[15]، در این الگو فرض براین است که یک علف‌کش همانند محلول رقیق شده‌ای از علف‌کش دیگر عمل می‌کند. این الگو برای پاسخ های کمی (وزن خشک، رشد نسبی، ارتفاع، وزن دانه) مورد استفاده قرار می‌گیرد. ۲- الگوی عمل مستقل[16]، در این الگو فرض بر این است که هر علف‌کش نحوه عمل مستقلی دارد. این الگو برای پاسخ های کیفی و دوحالتی (نظیر زنده یا مرده) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵، ۶). تحقیقات نشان داده اند که الگوی اثر افزایش غلظت بهتر از الگوی عمل مستقل قادر به پیش بینی اثر اختلاط علف‌کش‌ها می باشد (۳۱). امروزه علف‌کش‌های زیادی به صورت مخلوط بکار برده می‌شوند و انتظار می‌رود کاربرد اختلاط علف‌کش‌ها در آینده بعلت بالا بودن هزینه و ارزش توسعه علف‌کش‌های جدید، کنترل تمامی فلور علف‌های هرز و از دست رفتن کارایی اکثر علف‌کش‌ها پس از مدتی استفاده از آنها، رو به رشد باشد (۵).

هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه اثرات علف‌کش‌های مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ پروپارژیل به صورت خالص و مخلوط، و امکان کاهش مقدار کاربرد سموم و افزایش کارایی آنها در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی بود.

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) درون پتری دیش‌هایی با قطر ۱۱ سانتیمتر حاوی یک لایه کاغذ صافی قرار

1- Fops
2- Dims
3- (AHAS) 2Acetohydroxy acid synthas
4- Branched- chain amino acids
5- Sulfonylureas (SU)
6- Imidazolinones (IM)
7- Triazolopyrimidines (TP)
8- Pyrimidinylthiobenzoates (PTB)
9- Sulfonylaminocarbonyltriazolinones (SCT)
10- Synergism
11- Site of action
12- Antagonism
13- Additive
14- Isobole
15- Concentration Addition =CA
16- Independent Action= IA

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 ۴۸ ساعت در دمای ۵-۴ درجه سانتیگراد در تاریکی مطلق نگهداری شدند. بذور در درجه حرارت و رطوبت کنترل شده ژرمیناتور جوانه دار شدند (۱۰/۲۰ درجه سانتیگراد، ۶۵/۴۵ درصد رطوبت نسبی، تاریکی مطلق) (۱۰). سپس تعداد ده گیاهچه یولاف وحشی با ریشه چه‌ای تقریبا یک سانتی متری در هر گلدان یک لیتری حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی با عمق یک سانتی‌متر کاشته شدند و بر روی گیاهچه های یولاف وحشی یک سانتی‌متر خاک الک شده پاشیده شد. گلدان ها از زیر، هر دو تا سه روز یکبار آبیاری شدند. در مرحله یک برگی، گیاهچه‌های یولاف به چهار گیاهچه در هر گلدان تنک شدند و ۳۰ میلی لیتر از محلول ۰/۳ کود ۲۰: ۲۰: ۲۰ ($N:P:K$) به هر یک از گلدان ها اضافه شد دمای گلخانه در مدت رشد، بین ۱۸ تا ۳۱ درجه سانتی گراد در طول روز و ۱۶ 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 ۶ ± ۴۵ درصد).

تیمارهای آزمایش شامل ۰، ۲/۴، ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ گرم ماده موثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش مزسولفورون+ یدوسولفورون، ۰، ۶/۴، ۱۶، ۳۲، ۴۸ و ۶۴ گرم ماده موثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل، نسبت اختلاط ۷۵٪ مزسولفورون+ یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰، ۱/۸، ۴/۵، ۹، ۱۳/۵، ۱۸ گرم ماده موثره در هکتار)+ ۲۵٪ کلودینافوپ پروپارژیل (به ترتیب در مقادیر ۰، ۱/۶، ۴ ، ۸ ، ۱۲و ۱۶ گرم ماده موثره در هکتار)، نسبت اختلاط ۵۰٪ مزسولفورون +یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰ ، ۱/۲، ۳ ، ۶، ۹ و ۱۲ گرم ماده موثره در هکتار)+ ۵۰٪ کلودینافوپ پروپارژیل (به ترتیب در مقادیر ۰، ۳/۲، ۸ ، ۱۶، ۲۴ و ۳۲ گرم ماده موثره در هکتار)، نسبت اختلاط ۲۵٪ مزسولفورون+ یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰، ۰/۶، ۱/۵، ۳ ، ۴/۵ و ۶ گرم ماده موثره در هکتار) + ۷۵٪ کلودینافوپ پروپارژیل (به ترتیب در مقادیر ۰، ۴/۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ گرم ماده موثره در هکتار)، نسبت اختلاط ۱۰٪ مزسولفورون+ یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰، ۰/۲۴، ۰/۶، ۱/۲ ، ۱/۸ و ۲/۴ گرم ماده موثره در هکتار)+ ۹۰٪ کلودینافوپ پروپارژیل (به ترتیب در مقادیر ۰، ۵/۷۶ ، ۱۴/۴، ۲۸/۸، ۴۳/۲ و ۵۷/۶ گرم ماده موثره در هکتار).

اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده چهار هفته پس از اعمال تیمارها از سطح گلدانها برداشت شدند و وزن تر و خشک آنها اندازه گیری شد و از میانگین وزن خشک در هرگلدان، برای برازش منحنی‌های هم‌اثر استفاده شد.

پاسخ وزن خشک علف‌هرز یولاف به مقدار فرمولاسیون‌ها درحالت مخلوط، با استفاده از نرم افزار R آنالیز شد. تمامی داده‌ها به طور همزمان به مدل چهار پارامتری لجستیک زیر (معادله ۱) برازش داده شدند (۲۲).

$$U_{ij} = \frac{D - C}{1 + \exp\left[bi(\log(z_{ij}) - \log(ED50_{(i)}))\right]} + C \qquad (۱)$$

در منحنی‌های هم‌اثر، درصورت معنی‌دار نشدن آزمون عدم برازش[1] بر مدل لگاریتمی۴ پارامتره، این مدل بصورت مدل لگاریتمی لگاریتمی ۳ پارامتره (که در آن پارمترC، حد پایین منحنی حذف شده است) تبدیل (معادله ۲) می‌شود (۳):

$$U_{ij} = \frac{D}{1 + \exp\left[bi(\log(z_{ij}) - \log(ED50_{(i)}))\right]} \qquad (۲)$$

که در معادلات ۱ و۲، U_{ij} بیانگر وزن خشک jام که موجب پاسخ در دز jام فرمولاسیون (z_{ij}) می‌شود. D و C حد بالا و پایین وزن خشک در مقادیر صفر و بی نهایت فرمولاسیون، $ED_{50(i)}$[2] مقدار فرمولاسیون، i ، لازم برای ۵۰ درصد وزن خشک علف هرز بین حدود بالا و پایین $(D$ و$C)$، b_i شیب منحنی در محدوده $ED_{50(i)}$ می باشد (۱۸، ۱۹). سپس وزن خشک حاصل از یولاف وحشی، با استفاده از مدل‌های الگوی اثر افزایش غلظت[3]، هولت[4] و ولوند[5] منحنی‌های های هم‌اثر برازش داده شدند.

نتایج و بحث

برازش منحنی لگاریتمی لجستیک با چهار و سه پارامتر (نسبت‌های اختلاط) به داده‌های مربوط به وزن خشک علف‌هرز یولاف وحشی در مقادیر مختلف مصرف (با برازش آزادانه حد بالا d و حد پایین C) نشان داد که آزمون عدم برازش در سطح ۵٪ بین این دو منحنی لگاریتم لجستیکی معنی‌دار نشد (P=۰/۸۶)، بنابراین داده‌های حاصل از اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل را با مدل لگاریتم لجستیک سه پارامتره برازش دادیم. همچنین آزمون عدم برازش در سطح ۵٪ برای این مدل (لگاریتمی لجستیک سه پارامتره) در این آزمایش معنی‌دار نبود (P= ۰/۹۸)، این امرحاکی از یکسانی آنالیز رگرسیون غیرخطی بر تجزیه واریانس و نشان‌دهنده برازش خوب مدل لجستیک سه پارامتره

1- Lack-of-fit test
2- Effective dose
3- Concentratio Addition = CA
4- Hewlett
5- Voelund

به داده‌ها بود. برای رسم منحنی‌های هم اثر باید حدود بالا و پایین منحنی های دوز- پاسخ در نسبت‌های مختلف اختلاط یکسان باشد بنابراین منحنی لگاریتم لجستیک با سه پارامتر با حد بالا و پایین یکسان بر داده‌ها، برازش داده شد. بین مدل اول (حد بالا و پایین مستقل) و مدل دوم (حد بالا و پایین یکسان) آزمون F انجام شد که نشان داد اختلاف دو مدل معنی‌دار نیست (P= ۰/۶۱). بنابراین از مدل دوم با تعداد پارامتر کمتر استفاده شد و نشان داد که امکان رسم منحنی‌های هم‌اثر وجود دارد.

مقایسه مدل‌های اثر افزایش غلظت و هولت

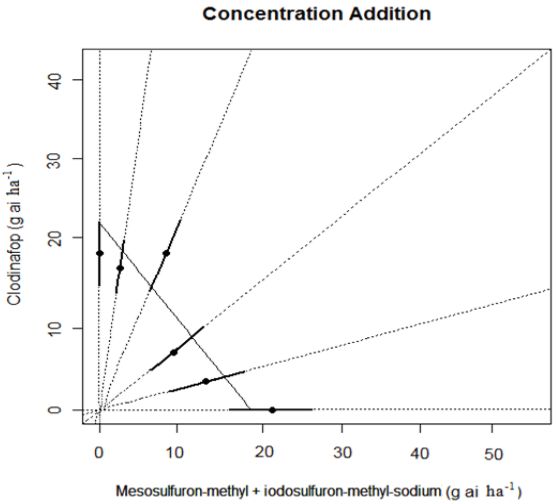
در منحنی‌های هم‌اثر ابتدا داده‌های حاصل از وزن خشک علف‌هرز یولاف، با مدل اثر افزایش غلظت که مدل خطی است برازش داده شد (شکل۱) و سپس داده‌های حاصل را، با مدل هولت که مدل غیرخطی است (شکل۲) و تعداد پارامتر بیشتری دارد برازش داده شد. بین دو مدل آزمون F انجام شد. اختلاف دو مدل با آزمون F معنی‌دار نبود (P = ۰/۸۹) لذا انتخاب مدل اثر افزایش غلظت با توجه به داشتن تعداد پارامتر کمتری ارجحیت یافت. از آنجا که اثر اختلاط این دو علف‌کش با مدل غیرخطی هولت اختلاف معنی‌داری نداشت، با مدل غیرخطی وولوند نیز اختلاف معنی‌داری نخواهد داشت، چون مدل غیر خطی وولوند تعداد پارامتر بیشتری نسبت به مدل غیر خطی هولت دارد. بنابراین نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اثر اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل افزایشی[1] است و اختلاط آنها از مدل الگوی افزایش غلظت پیروی می‌کند. 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 و مشخص گردید هرچند دو علف‌کش نحوه عمل مستقلی دارند ولی قابلیت اختلاط با یکدیگر را دارند و می‌توان این دو علف‌کش را به صورت مخلوط مصرف نمود که از مزایای آن می‌توان به کنترل کامل و توام چند نوع علف‌هرز از جمله علف‌هرز غالبی مانند یولاف وحشی، صرفه جویی در زمان، کاهش هزینه کار و ابزار مانند کاهش تعداد دفعات سمپاشی و تردد ادوات کشاورزی اشاره کرد.

گرین و بایلی (۲۱) بیان داشتند که حتی اگر برهمکنش علف‌کش ها افزایشی باشد، هنوز می‌تواند دلیل منطقی برای کاربرد مواد شیمیایی به صورت مخلوط وجود داشته باشد. برای مثال، دوبار عبور تجهیزات سمپاشی از مزرعه برای کاربرد دو علف‌کش باریک برکش و پهن برگ‌کش می‌باشد. 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.

شکل۱، منحنی‌های هم‌اثر را برای نسبت‌های مختلف اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل با برازش مدل اثر افزایش غلظت نشان می‌دهد (برازش مدل افزایش غلظت به داده‌ها). خط مستقیمی که تمام منحنی‌ها را قطع می‌کند خط هم‌اثر (هم‌سنگ) است، نقاطی که به صورت معنی‌داری پایین‌تر از این خط قرار می‌گیرند، اثرات تشدیدکنندگی (هم‌افزا) و نقاطی که به طور معنی‌داری بالاتر از این خط قرارمی‌گیرند نشان دهنده اثرات بازدارندگی (هم‌کاهی) در اختلاط دو علف‌کش می‌باشند.

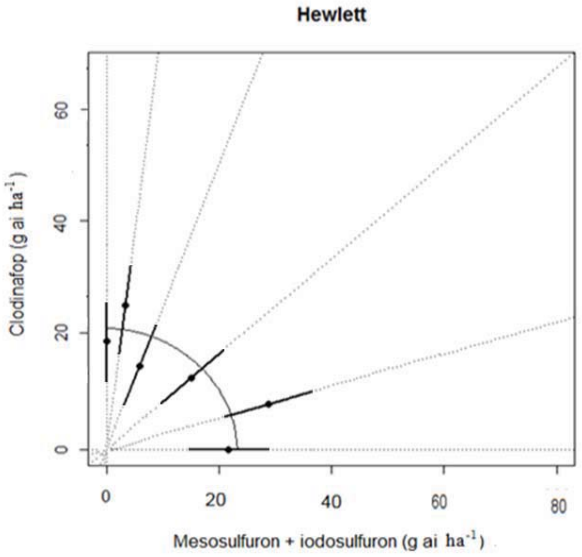
نتایج این آزمایش نشان داد که اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل اثر افزایشی در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی داشته است. بطوریکه در بین نسبت‌های مختلف اختلاط دو علف‌کش، مخلوط‌هایی که در آن نسبت کلودینافوپ- پروپارژیل به مزوسولفورون+ یدوسولفورون بیشتر بود (۹۰٪ کلودینافوپ- پروپارژیل + ۱۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون) درصد کنترل یولاف در مقایسه با سایر نسبت‌های اختلاط افزایش یافت (جدول۱). منتظری (۲۷) گزارش داد که پهن برگ‌کش تری‌بنورون متیل (گرانستار) با کلودینافوپ- پروپارژیل (تاپیک) اثر افزایشی در کنترل علف‌های هرز یولاف وحشی در مزارع گندم داشته است. همچنین گزارش شده است که کاربرد اختلاط علف کش‌های کلودینافوپ- پروپارژیل و تری بنورون متیل موجب کارایی بیشتر در کنترل علف‌های هرز باریک برگی همچون خونی واش (*Phalaris minor*) و یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) شده است (۱۳). باغستانی و همکاران (۱۲) نیز گزارش دادند که اختلاط 2,4-D + MCPA و کلودینافوپ- پروپارژیل در غلظت‌های پایین کلودینافوپ- پروپارژیل موجب بروز واکنش هم‌کاهی در کنترل گونه ای از یولاف (*Avena sterilis*) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) می‌شود ولی این اثر هم کاهی با افزایش غلظت کلودینافوپ- پروپارژیل تبدیل به اثر هم‌افزایی شد. به عبارتی برای غلبه بر این حالت هم‌کاهی، باید از مقادیر بالاتر علف‌کش کلودینافوپ- پروپارژیل استفاده شود. موسوی و همکاران (۸) بیان کردند که ترکیب توفوردی و دایورون در کنترل تربچه وحشی و خردل وحشی دارای اثرات هم‌افزایی بوده است. کوگر و همکاران نیز به اثرات هم افزایی تریفلوکسی سولفورون بر کارایی علف‌کش گلیفوزسیت در کنترل علف هرز *Sesbania exaltata* اشاره نموده و عنوان کردند که در حالت اختلاط دو علف‌کش، علف‌هرز مذکور ۸۰ تا ۸۸ درصد کنترل شد، در صورتیکه در حالت کاربرد خالص گلیفوسیت، این علف هرز ۶۲ تا ۶۶ درصد کنترل گردید (۵). دوندرا و پراساد (۲۰) بیان داشتند که اختلاط علف‌کش‌های گلیفوسیت با علف‌کش‌های متسولفورون و کلروموروون بر روی اویارسلام بنفش (*Cyperus rotundus*) و شبدر ترشک (*Oxalis latifolia*) براساس مدل دوز- پاسخ هم‌افزایی است.

1- Additive



شکل ۱- منحنی‌های هم‌اثر لگاریتم لجستیک سه پارامتره برای نشان دادن اثر اختلاط خالص مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل با مدل اثر افزایش غلظت (Concentration Addition)

خط عمودی (محورy) نشان دهنده نسبت ۱۰۰٪ کلودینافوپ- پروپارژیل، خط افقی (محورx) ۱۰۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و خطهای اریب (از سمت محور x) به ترتیب شامل۷۵٪ 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.



شکل۲- منحنی‌های هم‌اثر لگاریتم لجستیک سه پارامتری برای نشان دادن اثر اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل با مدل هولت (Hewlett)

کودسک و ماتیاسن (۲۶) نیز گزارش دادند که مخلوط‌های دوتایی علف‌کش‌های گلیفوسیت با علف‌کش‌های متسولفورون و کلروسولفورون در کنترل خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) و سلمه تره (*Sinapis arvensis*) براساس مدل ADM[1]، هم‌افزا می‌باشد. بررسی انجام شده توسط مولر و همکاران (۲۸) نشان داد که با افزدون توفوردی یا امسی‌پی‌آ به مخزن سمپاش حاوی فنوکساپروپ از کارآیی این علف‌کش در کنترل قیاق می‌کاهد. در بررسی دیگر نشان داده شد که کنترل علف‌هرز یولاف وحشی توسط ترالکوکسیدیم بطور معنی‌داری با افزدون علف‌کش توفوردی آمین کاهش می‌یابد (۲۲). بررسی انجام شده در کانادا نشان داده است زمانی که علف‌کش

1- Additive dose model

MKH 6562 (فلوکاربازون- سدیم نوعی علف‌کش ازگروه بازدارنده‌های استولاکتات سنتاز) را در مخزن سمپاش حاوی مخلوط دای‌کامبا+ مکوپروپ + امسی‌پی‌آ و مخلوط بروموکسینیل + امسی‌پی‌آ بکار برده شد کارآیی آن در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی کمتر از مصرف آن به صورت خالص بود (اثرات هم‌کاهی). در این بررسی کاهش کنترل یولاف وحشی با مخلوط توفوردی و MKH 6562 و نیز مخلوط امسی‌پی آ با MKH 6562 در مرحله سه تا چهار برگی یولاف وحشی مشاهده گردید ولی زمانی‌که این مخلوط در مرحله دو تا سه برگی بکار برده شد تفاوتی در کارآیی آن بصورت مخلوط و یا تنهایی دیده نشد (۲۳). در همین بررسی زمانی که علف‌کش MKH 6562 با مخلوط علف‌کش‌های دای‌کامبا+ مکوپروپ + امسی‌پی‌آ بکار برده شد میزان عملکرد گندم نیز حدود ۷٪ کاهش نشان داد.

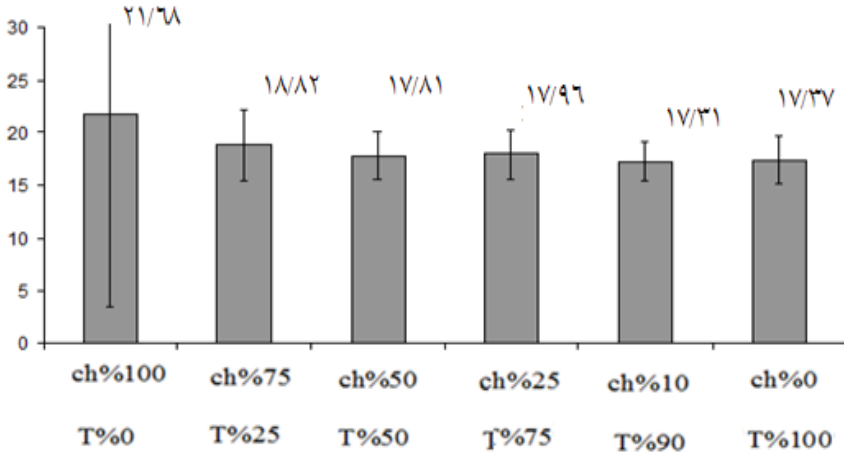
بلک‌شا (۱۷) گزارش کرد زمانی که دو گراس‌کش ICIA 0604 و CGA 184927 با علف‌کش‌های توفوردی استر و بروموکسینیل مخلوط شدند میزان کارآیی آنها در کنترل یولاف وحشی کاهش یافت. در طی دو بررسی جداگانه نشان داده شد که کاربرد دیکلوفوپ متیل در مخزن سمپاش حاوی کلروسولفورون و امسی‌پی‌آ سبب کاهش کنترل یولاف وحشی توسط گراس‌کش مزبور می‌گردد. بررسی انجام شده در خصوص اثرات آنتاگونیستی علف‌کش‌های پهن برگ با دیکلوفوپ‌متیل نشان داد که کاربرد خالص دیکلوفوپ متیل تاثیری روی سرعت توسعه برگ یولاف زراعی و یولاف وحشی نداشته درحالی‌که کاربرد توأم این علف‌کش با پهن‌برگ‌کش‌های توفوردی، بنتازون، کلروسولفورون و دایکامبا سبب کاهش توسعه برگ دو گیاه مزبور دو روز پس از سمپاشی شده است، اما ده روز پس از سمپاشی، سرعت توسعه برگ گیاهان تیمار شده با مخلوط پهن برگ کش‌ها و دیکلوفوپ متیل کمتر از گیاهان شاهد تیمار نشده بوده ولی بیشتر از گیاهان تیمار شده با دیکلوفوپ متیل خالص بوده است (۹).

علفکش دو منظوره مزوسولفورون متیل+ ایزوسولفورون متیل سدیم در ۲۱ گرم ماده موثره نتیجه خوبی برای کنترل علف‌های‌هرز نشان داد و مخلوط بروموکسینیل به همراه MCPA در ۶۰۰ گرم ماده موثره از دوز مصرفی منجر به افزایش راندمان گیاه زراعی شد (۱۳). جوز و همکاران (۲۰۰۶) مزوسولفورون متیل سدیم ۳ درصد و ایزوسولفورون متیل سدیم ۰/۶ درصد و مفن پایردی‌اتیل ۹ درصد را با هم اختلاط نمودند که نتایج آن نشان داد که استفاده از دوزهای کمتر از مقدار توصیه شده ۰/۴ کیلوگرم در هکتار، علف‌های‌هرز یولاف و لولیوم را بهتر از علف‌های هرز پهن‌برگ کنترل می‌کند (۱۵). کاربرد این ترکیب در مراحل اولیه رشد علفهای‌هرز (اوائل پنجه زنی برای گراس‌ها و ۳ تا ۴ برگی برای پهن‌برگ‌ها) باعث افزایش راندمان گیاه زراعی شد (۱۵).

در جدول۱ مقادیر d حد بالای منحنی، b شیب محدوده ED_{50}، ED_{50} میزان دوز علف‌کشی برای کاهش ۵۰٪ وزن علف‌هرز، و همچنین در هیستوگرام شکل۳، ED_{50} مربوط هر یک از نسبت‌های مختلف اختلاط دو علف‌کش نشان داده شده است. همانطور که در شکل۳ و جدول۱ نشان داده شده است هرچه ED_{50} بیشتر باشد نشان‌دهنده مصرف دوز بیشتری از علف‌کش است. مثلاً در شوالیه ۱۰۰٪، مقدار ED_{50} آن برابر با ۲۱/۶۸ گرم ماده موثره در هکتار و بیشتر از سایر نسبت‌های اختلاط علف‌کشی است که نشان‌دهنده اثر کمتر این نسبت از اختلاط دو علف‌کش در مقایسه با نسبت‌های دیگر علف‌کشی است، حال آنکه نسبت اختلاط ۱۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و ۹۰٪ کلودینافوپ- پروپارژیل (مطابق با شکل ۳ و جدول ۱) دارای کمترین (ED_{50}= ۱۷/۳۱) بوده، بدین معنی که این نسبت از اختلاط دو علفکش دارای اثر بیشتری در مقایسه با سایر نسبت‌های دیگر علف‌کشی است.

جدول۱- مقادیر پارامترها در نسبت‌های مختلف اختلاط در حالت برازش منحنی لگاریتم لجستیک با سه پارامتر حد بالا و حد پایین مستقل، d حد بالای منحنی، b شیب محدوده ED_{50}، ED_{50} میزان دوز علف‌کشی برای کاهش ۵۰٪ وزن علف‌هرز (اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد (*Standard error*) است)

نسبت اختلاط		d	b	ED_{50}
تاپیک	شوالیه			
۰	۱۰۰	۰/۷۱(۰/۰۴)	۱/۲۳(۰/۴۳)	۲۱/۶۸(۱۸/۲۷)
۲۵	۷۵	۰/۶۰(۰/۱۷)	۰/۹۱(۰/۲۳)	۱۸/۸۲(۳/۴۲)
۵۰	۵۰	۱/۶۶(۰/۷۲)	۰/۲۹(۰/۱۳)	۱۷/۸۱(۲/۲۱)
۷۵	۲۵	۰/۵۹(۰/۲۲)	۱/۰۲(۱/۰۱)	۱۷/۹۶(۲/۳۲)
۹۰	۱۰	۰/۵۱(۰/۰۴)	۹/۰۱(۳/۲۷)	۱۷/۳۱(۱/۸۵)
۱۰۰	۰	۰/۴۶(۰/۰۴)	۶/۵(۴/۷)	۱۷/۳۷(۲/۲۱)



شکل۳- مقادیر ED_{50} در نسبت‌های مختلف اختلاط در حالت برازش آزادانه، خطوط سطح فوقانی هر ستون هیستوگرام همان خطای استاندارد است

بنابراین براساس نتایج بدست آمده از این آزمایش، می‌توان نتیجه گرفت که مصرف مزوسولفورون+ یدوسولفورون به تنهائی بر روی گیاه یولاف وحشی دارای کمترین اثر و فقط با مقادیر حداکثر دوز و گاهی در مقادیری بیشتراز مقدار توصیه شده باعث کنترل یولاف وحشی می‌شود و اختلاط این علف‌کش با کلودینافوپ- پروپارژیل دارای اثر افزایشی در کنترل یولاف داشت. که از پیامدهای مهم آن، صرفه جویی در زمان، کاهش هزینه کار و ابزار مانند کاهش تعداد دفعات سمپاشی و تردد ادوات کشاورزی بشمار می‌روند. 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 روی علف‌های‌هرز باریک برگی چون یولاف وحشی کمتر است، بنابراین مخلوط نمودن آن با علف‌کش‌هایی چون کلودینافوپ- پروپارژیل که دارای نحوه عمل متفاوتی می‌باشد ضمن اینکه شانس کنترل کامل و توام علف هرز یولاف وحشی، را با سایر علف‌های هرز بیشتر می‌کند، از بروز مقاومت این علف‌هرز نسبت به کلودینافوپ- پروپارژیل بعلت مصرف گسترده آن در اراضی گندم کشور جلوگیری کرده و احتمال خطر بقایای مزوسولفورون+ یدوسولفورون در خاک را نیزکاهش می‌دهد.

منابع

۱- ابراهیم پورنوآبادی، ف.، ا. آینه بند، ق. نورمحمدی، ح. موسوی نیا، م. مسکرباشی و ب. پیوستگان. ۱۳۸۶. ارزیابی تاثیر تاریخ کاشت و تراکم یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم زمستانی (*Triticum aestivum* L.). مجله علمی کشاورزی. ۳۰: ۷۱- ۷۷.

۲- آرمین، م.، ق. نورمحمدی، ا. زند، م. ع. باغستانی و ف. درویش. ۱۳۸۶. اثر رقابت علف هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) با قدرت متفاوت رقابت. مجله پژوهشهای زراعی ایران. ۵: ۱۸- ۹.

۳- چیت بند، ع. ا.، ر. قربانی، م. ح. راشد محصل و ا. زارع فیض آبادی. ۱۳۸۹. بررسی اختلاط علف‌کش‌های مزوسولفورون+ یدوسولفورون و کلودینافوپ- پروپارژیل و بهینه سازی آنها با استفاده از مویان‌های سیتووت و فریگیت در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- دزفولی، م. ا. ۱۳۷۶. گیاهان هرز کشیده برگ گندمیان ایران. مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۲۷۶ص.

۵- زند، ا.، س. ک. موسوی و ا. حیدری. ۱۳۸۷. علف کش ها و روش کاربرد آنها (با رویکرد بهینه‌سازی و کاهش مصرف) . انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۶- زند، ا.، م. ع. باغستانی، م. بیطرفان و پ. شیمی. ۱۳۸۶. راهنمای علف‌کش‌های ثبت شده در ایران (با رویکرد مدیریت مقاومت علف های هرز به علف‌کش. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۷- عباسپور، م.، ح. ترابی، م. ر. ملک آرا. ۱۳۸۸. استفاده از منحنی‌های هم‌اثر در بررسی اثر افزایشی، هم‌افزایی و هم‌کاهی اختلاط گلایفوزیت و کلوپیرالید. سومین همایش علوم علف‌های هرز ایران. ۲۸ و ۲۹ بهمن.

۸- مکوندی، م، ا.، ش. لرزاده، م. گلابی. ۱۳۸۶. ارزیابی کارایی تلفیق علف‌کش‌ها و ریزمغذی‌ها در کنترل علف‌های هرز و گندم. مجله علمی کشاورزی، ۳۰ : شماره ۳.

۹- موسوی، س.ک.، ا. زند، و ح. صارمی. ۱۳۸۴. کارکرد فیزیولوژیک و کاربرد علف‌کش‌ها. انتشارات دانشگاه زنجان.

10- Andersen, R. N. 1968 Germination and Establishment of Weeds for Experimental Purposes. A Weed Science Society of America Handbook. Urbana, USA.

11- Andrews, M. 2003. Diclofop- methyl antagonism by broadleaf weed herbicides: the important of leaf expansion rate. Weed Res. 30:331-340.

12- Anonymous. 2005. Available at:http:// www.weedresearch.com/ in asp.

13- Ashrafi, Z.Y., A. Rahnavard and S. Sadeghi. 2010. Study of respond wheat (*Triticum aestivum* L.) to rate and time application Chevalier. J. of Agri Tech. 6 (3): 533- 542.

14- Baghestani, M. A ., E. Zand and S. Sufizadeh. 2007. Response of winter wheat (*Triticumaestivum* L.) and weeds to tank mixtures of 2,4-D plus MCPA with clodinafop- propargyl. Weed Biol and Management. 7: 209-218.

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

16- Barros, J.F., C.G Basch and M. Decarvalho. 2005. Effect of reduced doses of a post- emergence graminicide mixture to control *Lolium rigidium.* In winter wheat under direct drilling in Mediterranean environment. Crop Prot. 24:880-887.

17- Barros, J.F.C., C.G. Basch and M. Decarvalho. 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 Prot. 26:1538-1545.

18- Barros, J.f., C.G. Basch and M. decarvalho. 2009. Effect of reduced doses of a post- emergence graminicide to control *Avena sterilis* L and *Lolium rigidium.* In no- till wheat under Mediterranean environment. Weed Sci. 27:1031-1037

19- Blackshaw, R.E., K.N. Harker, G.W. Clayton and J.T. O'donovan. 2006. Broadleaf herbicide effects on clethodim and quizalofop-P efficacy on volunteer wheat (*Triticum aestivum*). Weed Tech. 20: 221-226.

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

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

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

23- Devendra, R., and T.V.R. Prasad. 1997. Quantification of joint action of herbicides mixture and identification of dosage for control of *Cyperus rotundus* L. and *Oxalislatifolia* H. Indian National Science Academy *B*. 63: 349-358.

24- Green, J.M. and S.P. Baily. 2001. Herbicide Interactions with Herbicides and Other Agricultural Chemicals. In: Weed Sci Handbook. Pp: 37-60.

24- Jensen, K.I.N. and J.C. Caseley. 1990. Antagonistic effects of 2,4-D and bentazon on control of *Avena fatua* with tralkoxydim. Weed Res. 30:389-395.

25- Kirkland, K.J., E.N. Johanson and F.C. Stevenson. 2001. Control of wild oat (*Avena fatua*) in wheat with MKH 6562. Weed Tech. 15:48-55.

26- Kleemann, S.G.L. and G.S. Gill. 2007. Differential tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to metribuzin. Australian J. of Agri. Res. 58: 452–456.

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

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

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

30- Muller, T.C., W.W. Witt and M. Barrett. 2002. Antagonism of Johnson grass (*Sorghum halepense*) control with fenoxaprop, haloxyfop and sethoxydim with 2,4-D. Weed Tech. 3:86-89.

31- Scarabel, L., N. Carraro, M. Sattin and S. Varotto. 2004. Molecular basis and genetic characterization of evolved resistance to ALS-inhibitors in *Papaver rhoeas*. Plant Sci. 166: 703–709.

32- Sharma, M.P. and W.H. Vanden Born. 1987. The biology of Canadian weeds. 27. *Avena fatua*. Canadian. J. of plant Sci. 58: 141- 157

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