نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۷۸-۶۶

Journal of Plant Protection
Vol. 28, No. 1, Spring 2014, P. 66-78

ارزیابی اثرات اختلاط علف‌کش‌های فورام سولفورون و نیکوسولفورون با توفوردی + امسی‌پی‌آ در کنترل علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز و سلمه تره

وحید سرابی[1*]- علی قنبری[2]- محمدحسن راشد محصل[3]- مهدی نصیری محلاتی[4]- مهدی راستگو[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲

چکیده

اختلاط علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره با علف‌کش‌های تنظیم کنندهٔ رشد می‌تواند کنترل بهتر و موثرتری بر علف‌های هرز پهن برگ داشته باشد. به منظور مطالعهٔ اثرات اختلاط علف‌کش‌های فورام سولفورون و نیکوسولفورون با علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ در کنترل علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز و سلمه تره، آزمایش‌هایی در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹ انجام شد. آزمایش‌ها به صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار برای هر تیمار بود. تیمارها شامل مقادیر مختلفی از علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره بودند که به صورت خالص و در حالت اختلاط با علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ با نسبت‌های مختلف روی علف‌های هرز در مرحلهٔ دو تا چهار برگی کامل بکار برده شدند. در آزمایش مزرعه‌ای که در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰ انجام شد، اثرات تیمار خالص و اختلاط علفکش‌های گروه سولفونیل اوره با علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ بر درصد خسارت بوته‌های ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج آزمایش‌های گلخانه‌ای، در نسبت اختلاط ۱۲/۵ : ۸۷/۵ علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ با فورام سولفورون و در نسبت‌های اختلاط ۲۵ : ۷۵ و ۵۰ : ۵۰ علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ با نیکوسولفورون روی علف هرز تاج خروس ریشه قرمز، مقدار دُز موثر مورد نیاز علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ کاهش نیافت که احتمال می‌رود این امر ناشی از تداخل بوجود آمده بین دو علفکش در جذب و انتقال باشد. درحالیکه، در علف هرز سلمه‌تره در نسبت‌های برابر و با افزایش نسبت اختلاط علف‌کش فورام سولفورون تداخلات بوجود آمده بین دو علف‌کش افزایش یافت. نوع گونهٔ علف هرز، سرعت متابولیسم علفکش و ساختار کوتیکولی سطح برگ می‌تواند روی کاربرد دزهای بالاتر علفکش و در نهایت تداخلات ایجاد شده بین دو علفکش تأثیرگذار باشد. از سوی دیگر مرحلهٔ رشدی گیاه هرز، مسیرهای ورودی و سرعت جریان شیرهٔ گیاهی نیز می‌توانند در رسیدن علفکش‌ها در دز موثر به جایگاه هدف موثر بوده و از تداخلات بین دو علفکش بکاهند. بر اساس نتایج مطالعهٔ مزرعه‌ای، اختلاط علفکش‌های گروه سولفونیل اوره با توفوردی + امسی-پی‌آ خسارت چندانی را روی بوته‌های ذرت ایجاد نکرد.

واژه‌های کلیدی: اثرات متقابل علف‌کش‌ها، دُز موثر، علف‌کش‌های بازدارندهٔ آنزیم ALS، علف‌کش‌های فنوکسی، نسبت اختلاط

مقدمه

بزرگترین مشکل علف‌های هرز در ذرت علف‌های هرز یکساله تابستانه هستند، زیرا چرخهٔ زندگی آنها مشابه چرخهٔ زندگی گیاه زراعی است (۳۳). در بین علف‌های هرز یکساله تابستانه، تاج خروس ریشه قرمز[6] و سلمه تره[7] از مشکل‌سازترین علف‌های هرز مزارع ذرت هستند (۱۲). تاج خروس ریشه قرمز یکی از مهمترین علف‌های هرز شایع در مزارع ذرت مناطق مختلف جهان و ایران از جمله خراسان است. این گیاه به دلیل تولید بذر زیاد و پویایی آن در منطقه، هر ساله موجب کاهش معنی‌دار عملکرد ذرت می‌شود. سبز شدن همزمان این علف هرز با ذرت بیش از ۳۰ درصد کاهش عملکرد دانه را به همراه داشته است (۳). رحیمی و آقاعلیخانی (۱) گزارش کردند که حداکثر کاهش عملکرد ذرت در ظهور همزمان علف هرز تاج خروس ریشه قرمز با تراکم ۱۰ بوته در متر ردیف ذرت، ۳۸ درصد بوده است. سلمه‌تره نیز علف هرز یکساله رایج و رقابت‌کننده در ۴۰ محصول مختلف زراعی در سراسر جهان است (۱۷). بر اساس گزارش‌های سانتوس و همکاران (۳۰) رقابت علف هرز سلمه‌تره با ذرت می‌تواند باعث ۴۸ درصد کاهش عملکرد شود. کنترل این علف هرز بوسیلهٔ بسیاری از علف‌کش‌های پس رویشی متغیر بوده است. هالوسولفورون

۱- استادیار گروه زراعت و گیاهان دارویی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
(*- نویسندهٔ مسئول: Email: sarabi20@gmail.com)
۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانشیار، استادان و دانشیار گروه زراعت اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

6- *Amaranthus retroflexus* L.
7- *Chenopodium album* L.

بکار رفته بصورت پس رویشی در مقادیر کاربرد ۳۶ تا ۷۰ گرم مادهٔ موثره در هکتار روی این علف هرز مؤثر نبوده است (۱۴، ۱۹ و ۲۱). از اینرو، کنترل ناکافی این علف هرز نیاز به اختلاط علف‌کش‌ها در مخزن سمپاش را جهت کنترل موثر آن الزامی می‌کند.

امروزه در بیشتر محصولات زراعی، اختلاط در مخزن سمپاش دو یا چند علف کش برای کنترل طیف گسترده‌ای از علف‌های هرز، کاهش هزینه های تولید و یا جلوگیری از گسترش علف‌های هرز مقاوم به علف کش بکار برده می‌شود (۳۶). جدا از دلایل کنترل علف‌های هرز، گمان می‌رود که مخلوط‌ها در طولانی کردن نیمه عمر علفکش‌ها به خصوص زمانی که برخی از علف‌های هرز به آسانی به یک ترکیب مقاوم می‌شوند، نقش بسزایی داشته باشند (۳۵). دیگل و همکاران (۱۰) گسترش جمعیت علف‌های هرز مقاوم به علفکش را مدل کرده و دریافتند که احتمال گسترش مقاومت به یک یا هر دو علفکش در اختلاط داخل مخزن (اگر هر دو علفکش هر ساله در مخلوط بکار برده شوند) نسبت به هنگامی که علفکش‌ها به طور متناوب در طی چندین سال بکار برده می‌شوند، بسیار کم می‌باشد. رهیافت اختلاط علفکش‌ها بر این پایه استوار است که علف کش‌ها زمانیکه به طور همزمان بکار برده می‌شوند، به طور مستقل از هم عمل می‌کنند (۳۱). با این حال، تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که علف کش‌ها ممکن است قبل و یا بعد از ورود به گیاه اثرات متقابلی داشته باشند، بطوریکه این اثر متقابل ممکن است هم‌افزایی[1]، افزایشی[2] و یا هم‌کاهی[3] باشد (۱۵ و ۲۶).

ریمسولفورون، نیکوسولفورون و فورام‌سولفورون جزء علف کش‌های گروه سولفونیل اوره هستند که در ایران برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ و برخی از علف‌های هرز پهن برگ در مزارع ذرت ایران به ثبت رسیده‌اند (۲). گسترش علف‌های هرز مقاوم به بازدارندگان آنزیم ALS (۲۲ و ۲۵)، کاربرد علف کش‌های دیگر گروه‌های علفکشی را به عنوان جزئی از مخلوط در کنترل علف‌های هرز پهن برگ تأیید می‌کند. از سوی دیگر، تحقیقات نشان داده است که علف کش‌های تنظیم کننده رشد نظیر توفوردی و دایکمبا زمانیکه با علف کش‌های بازدارنده آنزیم ALS مخلوط می‌شوند، موجب کنترل بهتر علف‌های هرز پهن برگ می‌شوند (۱۳، ۱۶، ۲۱، ۲۴ و ۲۷). تانک مخلوط نیکوسولفورون با علف‌کش دایکمبا یا توفوردی برخی از علف‌های‌هرز پهن برگ یکساله در ذرت را کنترل کرده است (۱۱). تحقیقات قبلی در ارتباط با اختلاط مت‌سولفورون و توفوردی در مخزن سمپاش در دانشگاه ایالتی کانزاس نشان داده است که این مخلوط کنترل مناسبی از تاج خروس پالمر[4]، تاج خروس ریشه قرمز، گاوپنبه[5] و نیلوفرپیچ هندی[6] را در پی دارد (۲۸). در مطالعات براون و همکاران (۵) علفکش مت‌سولفورون در کاربرد بصورت خالص علف هرز نیلوفرپیچ هندی را ۴۵ تا ۶۰ درصد کنترل کرد. با این وجود، زمانیکه این علف کش با علف‌کش‌های توفوردی، دایکمبا، فلوروکسی پیر به صورت مخلوط در مخزن بکار رفت، کنترل علف هرز نیلوفرپیچ هندی افزایش یافت. ایساکس و همکاران (۲۰) نیز گزارش کردند که اختلاط علفکش‌های هالوسولفورون و توفوردی بر علف هرز سلمه‌تره در مرحله‌ای که گیاهچه‌ها ۷/۵ تا ۹ سانتیمتر ارتفاع داشتند، از نوع هم‌افزایی بوده است. در مقابل، در کاربرد شاخ و برگی مخلوط کلرسولفورون یا مت‌سولفورون متیل و امسی‌پی‌آ به عنوان نمک دی متیل آمین، ماتیاسن و کودسک (۲۳) دریافتند که در سطوح پاسخ ED_{50} و ED_{90} بین دو علفکش هم‌کاهی ایجاد می‌شود.

علفکش‌های گروه سولفونیل اوره با اینکه برخی از علف های هرز پهن برگ را کنترل می‌کنند، ولی این کنترل در برخی موارد کافی نیست. از طرف دیگر، به توجه به محدود بودن علفکش‌های موجود در داخل کشور برای کنترل علف‌های هرز محصول ذرت و به دلیل کاربرد بیش از اندازهٔ علفکش‌های گروه سولفونیل اوره ممکن است مسئلهٔ مقاومت به این گروه علفکشی پیش آید، بنابراین هدف از این اختلاط تقویت قدرت پهن برگ کشی این گروه علفکشی در درجهٔ اول و به تأخیر انداختن و یا جلوگیری از بروز مقاومت در علف‌های هرز نسبت به این گروه علفکشی در درجهٔ دوم اهمیت بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌هاي گلخانه‌ای

مواد گیاهی و روش کار

به منظور مطالعهٔ اثرات اختلاط علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره با توفوردی + امسی‌پی‌آ (یو-۴۶ کمبی فلوئید[7]، SL ۶۷/۵ درصد) در کنترل موثر علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز و سلمه تره آزمایش‌هایی در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹ انجام شد. بذور علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز و سلمه‌تره یک سال قبل از آزمایش از اطراف مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد جمع آوری شد. پس از شکستن خواب این بذور با قرار دادن آنها به ترتیب به مدت ۲ و ۳ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ ۹۸ درصد (سرابی، ۲۰۱۲، اظهار نظر شخصی)، بذور در داخل سینی‌های کاشت (طول

1- Synergism
2- Additive
3- Antagonism

4- *Amaranthus palmeri* S. Wats.
5- *Abutilon theophrasti* Medik.
6- *Ipomoea hederacea* Jacq.
7- U-46 combi fluid

۵۴، عرض ۲۸ و عمق ۴/۲ سانتیمتر) ۲۰۰ سلولی حاوی پیت ماس کاشته شدند. پس از کاشت، سینی‌ها آبیاری و برای فراهم کردن دما و رطوبت مورد نیاز جوانه‌زنی با پلاستیک پوشانده شدند. پس از سبز شدن و در مرحله‌ای که دو برگ حقیقی اولیه ظاهر شده بود، گیاهچه‌ها در قالب پیت ماس سلول‌های سینی کاشت به گلدان‌های ۱ لیتری منتقل شدند. دمای گلخانه در آزمایش مورد نظر ۲۰ درجه-سانتیگراد در روز و ۱۵ درجه‌سانتیگراد در شب و میزان روشنایی در طول ۲۴ ساعت از شبانه روز ۱۴ ساعت در نظر گرفته شد (برای مکمل نور طبیعی از لامپ‌های متال هالاید[1] استفاده شد). پس از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحلهٔ دو برگی کامل، گیاهچه‌های اضافی تنک شده و در هر گلدان ۳ عدد از آنها نگهداری شد. خاک مورد استفاده در این آزمایش‌ها از یک سوم خاکبرگ، یک سوم ماسه و یک سوم خاک معمولی تشکیل شده بود. هیچ کودی در این آزمایش‌ها به کار برده نشده، رطوبت خاک گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی و یا نزدیک به آن حفظ شد و گلدان‌ها هر ۲ روز یکبار آبیاری شدند. قبل از اختلاط علف‌کش‌ها در مخزن سمپاش، سازگاری و عدم رسوب هر یک از آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. علف‌های هرز در مرحلهٔ ۲ تا ۴ برگی کامل بوسیلهٔ سمپاش ریلی با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار و با فشار پاشش ۳۰۰ کیلوپاسکال و مجهز به نازل بادبزنی یکنواخت (۸۰۰۲) سمپاشی شدند. ارتفاع بوم از سطح زمین ۵۰ سانتیمتر و زاویهٔ آن با سطح افق ۴۵ درجه در نظر گرفته شد. چهار هفته پس از سمپاشی گیاهچه‌ها از سطح خاک بریده شده و به منظور خشک کردن در داخل پاکت‌های کاغذی به درون آون با دمای ۷۰ درجهٔ سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل شده و سپس توزین شدند.

طرح آزمایشی و تیمارهای علفکشی

آزمایش‌ها به صورت طرح کاملاً تصادفی با دُزهای مختلف از علف‌کش‌ها و در چهار تکرار به اجرا درآمد. علف‌کش‌های بکار رفته در این آزمایش شامل توفوردی + امسی‌پی‌آ با دُز توصیه شدهٔ ۱۰۱۲/۵ گرم مادهٔ موثره در هکتار، فورام سولفورون (اکوئیپ[2]، OD ۲/۲۵ درصد) با دُز توصیه شدهٔ ۴۵ گرم مادهٔ موثره در هکتار و نیکوسولفورون (کروز[3]، SC ۴ درصد) با مصرف ۸۰ گرم مادهٔ موثره در هکتار بودند. تیمارها شامل شش دُز از علف‌کش‌های توفوردی + امسی‌پی‌آ (۰، ۲۰/۲۵، ۲۰۲/۵، ۴۰۵، ۶۰۷/۵، ۸۱۰ و ۱۰۱۲/۵ گرم مادهٔ موثره در هکتار)، فورام سولفورون (۰، ۰/۹، ۹، ۱۸، ۲۷، ۳۶ و ۴۵ گرم ماده موثره در هکتار) و نیکوسولفورون (۰، ۱/۶، ۱۶، ۳۲، ۴۸، ۶۴ و ۸۰ گرم مادهٔ موثره در هکتار) بودند که به صورت خالص و در حالت اختلاط بر روی علف هرز تاج خروس ریشه قرمز بکار برده شدند. همچنین پنج دُز از علف‌کش‌های توفوردی + امسی‌پی‌آ (۰، ۲۰۲/۵، ۴۰۵، ۶۰۷/۵، ۸۱۰ و ۱۰۱۲/۵ گرم مادهٔ موثره در هکتار) و فورام سولفورون (۰، ۹، ۱۸، ۲۷، ۳۶ و ۴۵ گرم ماده موثره در هکتار) به صورت خالص و در حالت اختلاط بر روی علف هرز سلمه تره بکار رفت. اختلاط ها شامل نسبت‌های ۱۰۰ به صفر، ۸۷/۵ به ۱۲/۵، ۷۵ به ۲۵، ۵۰ به ۵۰، ۲۵ به ۷۵، ۱۲/۵ به ۸۷/۵ و صفر به ۱۰۰ از علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ به علفکش‌های فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون بودند (جدول ۱).

آنالیزهای آماری و مدل دز-پاسخ

همانطور که در جدول ۱ مشخص است در هر نسبت اختلاط اولین دُز هر علفکش در مخلوط در دُزهای بعدی به ترتیب در مورد علف هرز تاج خروس ریشه قرمز ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ برابر و در مورد علف هرز سلمه‌تره ۲، ۳، ۴ و ۵ برابر شده است. به عبارتی دیگر، به همان برابری که به دُز علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ در دُزهای بعدی نسبت به اولین دُز آن اضافه شده است، همان برابر نیز به علفکش گروه سولفونیل اوره در دُزهای بعدی نسبت به اولین دُز آن در مخلوط افزوده شده است. بنابراین، ED هر علفکش در مخلوط با بدست آوردن ED_{90} و ED_{95} کل علفکش‌های اختلاط یافته با یک رابطهٔ ساده قابل محاسبه است. برای مثال در اختلاط علفکش‌های توفوردی + امسی‌پی‌آ با فورام‌سولفورون روی علف هرز تاج خروس ریشه قرمز در نسبت اختلاط ۱۲/۵ : ۸۷/۵ فرض کنیم ED_{90} کل ۳۵۶/۶۲۵ = ۲/۲۵ + ۳۵۴/۳۷۵ گرم مادهٔ موثره در هکتار و یا هر مقداری بدست آید. در اینصورت، برای بدست آوردن مقدار دُز دقیق هر علفکش در این نسبت اختلاط به روش زیر عمل می‌کنیم، بطوریکه ED_X کل (۳۵۶/۶۲۵) نسبت به اولین دُز کل بکار رفته (۱۷/۸۳۱۲۵ = ۰/۱۱۲۵ + ۱۷/۷۱۸۷۵) در این نسبت اختلاط هر چند برابر که شده باشد، مقدار دُز اجزای ED_X در مخلوط نیز نسبت به اولین دُز آن علفکش بکار رفته در مخلوط همان برابر خواهد شد.

پاسخ وزن خشک علف‌های هرز تاج‌خروس‌ریشه‌قرمز و سلمه‌تره به اختلاط علف‌کش فورام‌سولفورون با توفوردی + امسی‌پی‌آ و پاسخ وزن خشک علف هرز تاج خروس ریشه قرمز به اختلاط علف‌کش نیکوسولفورون با توفوردی + امسی‌پی‌آ در حضور غلظت‌های مختلف آن (با توجه به تخمین نه چندان دقیق پارامترها و ردّ آزمون عدم برازش مدل چهار پارامتره لُجستیک) با مدل سه پارامتری لُجستیک (معادلهٔ ۱) بنابر جمع مربعات باقیمانده کمتر (RSS[4]) نسبت به مدل سه پارامتره گامپرتز در نرم افزار R بستهٔ drc ارزیابی شد (۳۴):

1- Metal halide lamps
2- Equip
3- Cruz
4- Residual Sum of Squares

جدول ۱ – غلظت‌های مختلف علف‌کش‌های توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، فورام سولفورون و نیکوسولفورون بکار رفته در تیمار خالص و اختلاط آنها با نسبت‌های مختلف در مرحلهٔ دو تا چهار برگی کامل بر علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز و سلمه تره در آزمایش‌های گلخانه‌ای

نسبت اختلاط (۰ : ۱۰۰)	نسبت اختلاط (۱۲/۵ : ۸۷/۵)	نسبت اختلاط (۲۵ : ۷۵)	نسبت اختلاط (۵۰ : ۵۰)	ژ هر علف‌کش در مخلوط (گرم مادهٔ موثره در هکتار) نسبت اختلاط (۷۵ : ۲۵)	نسبت اختلاط (۸۷/۵ : ۱۲/۵)		نسبت اختلاط (۱۰۰ : ۰)
							علف هرز تاج خروس ریشه قرمز
۰+۰/۹	۲/۵۳۱۲۵+۰/۷۸۷۵	۵/۰۶۲۵+۰/۶۷۵	۱۰/۱۲۵+۰/۴۵	۱۵/۱۸۷+۰/۲۲۵	۱۷/۷۱۸۷۵+۰/۱۱۲۵	10x 20x	۲۰/۲۵+۰	فورام سولفورون + توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ
۰+۹	۲۵/۳۱۲۵+۷/۸۷۵	۵۰/۶۲۵+۶/۷۵	۱۰۱/۲۵+۴/۵	۱۵۱/۸۷+۲/۲۵	۱۷۷/۱۸۷۵+۱/۱۲۵	30x	۲۰۲/۵+۰	"
۰+۱۸	۵۰/۶۲۵+۱۵/۷۵	۱۰۱/۲۵+۱۳/۵	۲۰۲/۵+۹	۳۰۳/۷۵+۴/۵	۳۵۴/۳۷۵+۲/۲۵	40x	۴۰۵+۰	"
۰+۲۷	۷۵/۹۳۷۵+۲۳/۶۲۵	۱۵۱/۸۷۵+۲۰/۲۵	۳۰۳/۷۵+۱۳/۵	۴۵۵/۶۲۵+۶/۷۵	۵۳۱/۵۶+۳/۳۷۵	50x	۶۰۷/۵+۰	"
۰+۳۶	۱۰۱/۲۵+۳۱/۵	۲۰۲/۵+۲۷	۴۰۵+۱۸	۶۰۷/۵+۹	۷۰۸/۷۵+۴/۵		۸۱۰+۰	"
۰+۴۵	۱۲۶/۵۶۲۵+۳۹/۳۷۵	۲۵۳/۱۲۵+۳۳/۷۵	۵۰۶/۲۵+۲۲/۵	۷۵۹/۳۷۵+۱۱/۲۵	۸۸۵/۹۳۰+۵/۶۲۵		۱۰۱۲/۵+۰	"
								"
۰+۱/۶	۲/۵۳۱۲۵+۱/۴	۵/۰۶۲۵+۱/۲	۱۰/۱۲۵+۰/۸	۱۵/۱۸۷+۰/۴	۱۷/۷۱۸۷۵+۰/۲	10x 20x	۲۰/۲۵+۰	نیکوسولفورون + توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ
۰+۱۶	۲۵/۳۱۲۵+۱۴	۵۰/۶۲۵+۱۲	۱۰۱/۲۵+۸	۱۵۱/۸۷+۴	۱۷۷/۱۸۷۵+۲	30x	۲۰۲/۵+۰	"
۰+۳۲	۵۰/۶۲۵+۲۸	۱۰۱/۲۵+۲۴	۲۰۲/۵+۱۶	۳۰۳/۷۵+۸	۳۵۴/۳۷+۴	40x	۴۰۵+۰	"
۰+۴۸	۷۵/۹۳۷۵+۴۲	۱۵۱/۸۷۵+۳۶	۳۰۳/۷۵+۲۴	۴۵۵/۶۲۵+۱۲	۵۳۱/۵۶+۶	50x	۶۰۷/۵+۰	"
۰+۶۴	۱۰۱/۲۵+۵۶	۲۰۲/۵+۴۸	۴۰۵+۳۲	۶۰۷/۵+۱۶	۷۰۸/۷۵+۸		۸۱۰+۰	"
۰+۸۰	۱۲۶/۵۶۲۵+۷۰	۲۵۳/۱۲۵+۶۰	۵۰۶/۲۵+۴۰	۷۵۹/۳۷۵+۲۰	۸۸۵/۹۳۰+۱۰		۱۰۱۲/۵+۰	"
								علف هرز سلمه تره
۰+۹	۲۵/۳۱۲۵+۷/۸۷۵	۵۰/۶۲۵+۶/۷۵	۱۰۱/۲۵+۴/۵	۱۵۱/۸۷+۲/۲۵	۱۷۷/۱۸۷۵+۱/۱۲۵	2x 3x	۲۰۲/۵+۰	فورام سولفورون + توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ
۰+۱۸	۵۰/۶۲۵+۱۵/۷۵	۱۰۱/۲۵+۱۳/۵	۲۰۲/۵+۹	۳۰۳/۷۵+۴/۵	۳۵۴/۳۷+۲/۲۵	4x	۴۰۵+۰	"
۰+۲۷	۷۵/۹۳۷۵+۲۳/۶۲۵	۱۵۱/۸۷۵+۲۰/۲۵	۳۰۳/۷۵+۱۳/۵	۴۵۵/۶۲۵+۶/۷۵	۵۳۱/۵۶+۳/۳۷۵	5x	۶۰۷/۵+۰	"
۰+۳۶	۱۰۱/۲۵+۳۱/۵	۲۰۲/۵+۲۷	۴۰۵+۱۸	۶۰۷/۵+۹	۷۰۸/۷۵+۴/۵		۸۱۰+۰	"
۰+۴۵	۱۲۶/۵۶۲۵+۳۹/۳۷۵	۲۵۳/۱۲۵+۳۳/۷۵	۵۰۶/۲۵+۲۲/۵	۷۵۹/۳۷۵+۱۱/۲۵	۸۸۵/۹۳۰+۵/۶۲۵		۱۰۱۲/۵+۰	"

مقدار کل اولین دُز در این نسبت اختلاط	۱۷/۸۳۱۲۵	۲۰ برابر ← ۳۵۶/۶۲۵	ED_{90} کل در نسبت اختلاط ۱۲/۵ : ۸۷/۵ (X_m)
مقدار دُز علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ در اولین دُز این نسبت اختلاط	۱۷/۷۱۸۷۵	۲۰ برابر ← X_1	سهم مقدار دُز علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ در ED_{90} کل در این نسبت اختلاط
مقدار دُز علفکش فورام‌سولفورون در اولین دُز این نسبت اختلاط	۰/۱۱۲۵	۲۰ برابر ← X_2	سهم مقدار دُز علفکش فورام‌سولفوون در ED_{90} کل در این نسبت اختلاط

$X_1 = ۳۵۴/۳۷۵$

$X_2 = X_m - X_1$

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

در معادلهٔ فوق، d حد بالای منحنی پاسخ وزن خشک به علفکش در دُز صفر از علف‌کش یا اختلاط مورد نظر، b شیب نسبی در محدودهٔ e و e پارامتری است که ED_{50} را بیان کرده و مقدار علف‌کشی است که نصف پاسخ بین حد بالا (d) و حد پایین (صفر) مجانب را ایجاد کند. پارامتر ED_{50} می‌تواند بوسیلهٔ هر ED_x دیگری جایگزین شود. به دلیل قرارگیری اکثر نقاط در محدودهٔ پایین منحنی و تخمین نه چندان دقیق، پارامتر ED_{50} گزارش نشد و ED_{95} جایگزین شد، بطوریکه مدل سه پارامتری انتخاب شده برای تخمین مقدار علفکش مورد نیاز برای بدست آوردن کاهش ۹۰ و ۹۵ درصدی (ED_{90} و ED_{95}) وزن خشک علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد مورد استفاده قرار گرفت. صحت و دقت مدل و منحنی برازش داده شده با آزمون عدم برازش[1] مورد ارزیابی قرار گرفته و با استفاده از نمودار باقیمانده‌ها یکنواختی و عدم یکنواختی واریانس بررسی شد (۲۹). همچنین تبدیل دو طرفه‌ای (Box-Cox) برای یکنواختی واریانس در مواردیکه مورد نیاز بود، انجام شد. شیب منحنی‌های برازش داده شده در هر سه اختلاط انجام گرفته بر اساس آزمون ANOVA برای کاهش مدل بین مدلی با حد بالا، حد پایین و شیب‌های یکسان و مدلی با حد بالا، حد پایین یکسان با شیب‌های متفاوت معنی‌دار بود و از این رو، مدلی با شیب‌های متفاوت را پذیرفتیم.

آزمایش مزرعه‌ای

برای ارزیابی میزان خسارت و آسیب تیمارهای علفکشی به بوته‌های ذرت در مصرف خالص و اختلاط آنها آزمایشی مزرعه‌ای در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰ انجام گرفت. پس از تهیه نقشه طرح آزمایش، قطعه زمینی به ابعاد ۲۵/۲ متر×۱۵ متر (۳۷۸ مترمربع) قبل از کاشت با گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس با استفاده از دیسک به صورت دوبار عمود برهم خاک نرم شده و کلوخه‌ها خرد شد و در مرحله بعد با استفاده از لولر تسطیح شد. همچنین معادل ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود دی آمونیوم فسفات در زمین پخش شد و با استفاده از فاروئر ضمن مخلوط کردن کودها، زمین به شکل جوی-پشته آماده گردید. کود اوره نیز بر اساس عرف رایج در منطقه ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (۴۶ درصد نیتروژن) در نظر گرفته شد که در ۳ نوبت؛ یک سوم در ابتدای کاشت، یک سوم در مرحلهٔ شش تا هشت برگی و یک سوم باقیمانده در مرحلهٔ ۱۰ تا ۱۲ برگی ذرت به صورت سرک بکار برده شد. برای ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ (یک رقم دیررس با دوره رشد ۱۱۰ تا ۱۳۰ روزه) انتخاب و با فواصل بین ردیفی ۷۰ سانتیمتر و روی ردیف ۲۰ سانتیمتر کاشته شد. طول و عرض کرت ها در این آزمایش ۴×۲/۸ متر و فاصلهٔ بین بلوک‌ها (تکرارهای آزمایش) ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. به منظور اطمینان از سبز شدن بذور ذرت سه عدد بذر در هر محل کاشت قرار داده شد و ۱۰ روز بعد از سبز شدن، بوته‌های اضافی تنک شدند. اولین آبیاری پس از کاشت بذور ذرت به صورت لوله‌کشی و با باز کردن شیر آب قرار گرفته در دهانهٔ هر جوی انجام گرفت. سایر آبیاری‌ها نیز پس از این تاریخ هفته‌ای یکبار انجام شد. دور آبیاری در ابتدا ۸ روز بود و سپس با افزایش نیاز آبی گیاه ذرت به ۷ روز تقلیل داده شد. در مدت انجام طرح بیماری‌ها و آفات چندانی مشاهده نشد و علف‌های‌هرز شامل سوروف، اویارسلام ارغوانی[2] و دم روباهی کبیر نیز در سه نوبت وجین شدند. هر کرت به دو نیم تقسیم شده و بخش اول کرت تحت تیمار سمپاشی قرار گرفت، درحالیکه در نیمهٔ دوم کرت سمپاشی انجام نگرفته و به عنوان شاهد همان کرت برای ارزیابی چشمی بوته‌های ذرت در نظر گرفته شد.

آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تراکم ثابت ذرت پیاده شد. تیمارهای علفکشی شامل کاربرد دُز استاندارد علفکش‌های فورام سولفورون، نیکوسولفورون و توفوردی + امسی‌پی‌آ و اختلاط‌ها شامل نسبت‌های ۷۵ به ۲۵، ۵۰ به ۵۰ و ۲۵ به ۷۵ درصد از دُز استاندارد علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ نسبت به دُز استاندارد علفکش‌های فورام سولفورون و نیکوسولفورون بودند. در این آزمایش محتوای کلروفیل برگ‌ها با دستگاه کلروفیل متر[3] در ۷ و ۲۱ روز پس

1- Lack-of-fit test

2- *Cyperus rotundus* L.

3- SPAD 502 Chlorophyll Meter

از تیمارهای علفکشی در طی ساعات ۱۰ تا ۱۲ظهر اندازه‌گیری شده و مقایسه شد تا میزان خسارت و گیاهسوزی محتمل بوته‌های ذرت در اثر اختلاط علفکش‌ها مشخص شود. در طول اندازه‌گیری با دستگاه کلروفیل متر، سنسور دستگاه برای جلوگیری از رسیدن تابش مستقیم نور خورشید در سایه قرار گرفت. در هر تیمار ۳ بوتهٔ ذرت از دو ردیف مرکزی کرت انتخاب شده و اندازه‌گیری از برگ‌های بالایی بوته‌های ذرت که یقهٔ آنها کاملاً ظهور کرده بود در هر دو بخش شاهد و علفکشی انجام شد. اندازه‌گیری‌ها در هر بوته نیز در ۴ ناحیه از بخش میانی پهنک برگ و دور از حاشیه‌های برگ و رگبرگ میانی انجام گرفته و میانگین‌گیری شدند. همچنین هفت روز پس از سمپاشی درصد خسارت بوته‌های ذرت با ارزیابی چشمی تعیین شد. این ارزیابی هر هفته تا ۲۱ روز پس از تیمار علفکشی از بخش تیمار شدهٔ هر کرت نسبت به شاهد همان کرت انجام گرفت.

نتایج

اثرات کاربرد خالص علفکش‌ها بر علف‌های هرز

کاربرد علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ روی علف‌های هرز منجر به بروز علائمی چون کلروز و آویختگی[1] برگ‌ها و ناحیهٔ دمبرگ شد. ساقه‌های گیاهان هرز آماس کرده و در نهایت حالت از هم پاشیدگی از خود نشان دادند. این علائم در اختلاط این علفکش با علفکش‌های گروه سولفونیل اوره نیز مشاهده شد، ولی هر چقدر از نسبت این علفکش در اختلاط کاسته شد، طبیعتاً این علائم نیز کمتر شد. کاربرد علفکش‌های گروه سولفونیل اوره نیز منجر به بروز علائمی چون بی‌رنگی[2] و کلروز در برگ‌های بالایی و نزدیک به ناحیهٔ مریستمی گیاهان هرز شد. با گذشت زمان میانگره‌ها کوتاه مانده و ساقه‌ها خشک و در قسمت نزدیک به خاک نکروزه شدند.

کاربرد خالص علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ توانست با کاهش دُز مصرفی علفکش نسبت به دز توصیه شده در برچسب، علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز و سلمه تره را به خوبی کنترل کند، بطوریکه کاربرد به ترتیب ۲۳۷/۸۲ ~ ۲۳۳/۰۳ و ۳۶۰/۹۵ گرم مادهٔ موثره در هکتار از این علفکش سبب کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد بدون کاربرد علفکش شد. بر این اساس مقدار مصرف علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ در تیمار آن بر علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز و سلمه تره به ترتیب به یک چهارم و یک سوم دُز توصیه شده کاهش یافت. همچنین کاربرد علفکش‌های گروه سولفونیل اوره به صورت خالص نیز موجب کاهش دُز مصرفی آنها نسبت به دز توصیه شده در برچسب شد، بطوریکه کاربرد ۹/۹۲ و ۳۷/۷۶ گرم مادهٔ موثره از علفکش‌های فورام سولفورون و نیکوسولفورون بر علف هرز تاج خروس ریشه قرمز و ۱۹/۶ گرم مادهٔ موثره از علفکش فورام سولفورون بر علف هرز سلمه تره موجب کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک آنها نسبت به تیمار شاهد بدون علفکش شدند (جدول ۲). نتایج بانتینگ و همکاران (۷) در ایلینویز آمریکا نشان داد زمانی که فورام‌سولفورون به صورت خالص در هر یک از دُزهای ۳۲ یا ۳۷ گرم در هکتار بکار برده می‌شود، ۸۱ درصد سلمه‌تره‌هایی که ۵ تا ۱۰ سانتیمتر ارتفاع دارند را کنترل می‌کند. تأثیر علفکش فورام سولفورون بر علف هرز تاج خروس ریشه قرمز بیشتر از تأثیر آن بر علف هرز سلمه تره بود، بطوریکه برای کاهش ۹۰ و ۹۵ درصدی وزن خشک تاج خروس ریشه قرمز به ۹/۹۲ و ۱۸/۲۴ گرم مادهٔ موثره در هکتار نیاز بود، در حالیکه برای این کاهش در علف هرز سلمه تره به ۱۹/۶ و ۳۲/۷۲ گرم مادهٔ موثره در هکتار نیاز بود (جدول ۲). آرنولد و همکاران (۴) با بکار بردن ۳۳ گرم در هکتار از علف کش فورام‌سولفورون در نیومکزیکو در مرحله رشدی که بوته‌های سلمه تره کمتر از ۱۰ سانتیمتر ارتفاع داشتند، کنترل ۹۷ درصدی علف هرز مذکور را بدست آوردند.

تأثیر علفکش نیکوسولفورون نیز بر علف هرز تاج خروس ریشه قرمز بیشتر از تأثیر آن بر علف هرز سلمه تره بود، بطوریکه برای کاهش ۹۰ و ۹۵ درصدی وزن خشک تاج خروس ریشه قرمز به ۳۷/۷۶ و ۸۷/۵۳ گرم مادهٔ موثره نیاز بود، درحالیکه کاربرد این علف‌کش بر علف هرز سلمه تره کنترل مطلوب و رضایت بخشی را ایجاد نکرد (داده‌ها ارائه نشده‌اند). تأثیر علفکش فورام سولفورون بر تاج خروس ریشه قرمز بیشتر از علفکش نیکوسولفورون بود، بطوریکه با کاربرد تقریباً یک چهارم از دُز توصیه شده علفکش فورام سولفورون کنترل ۹۰ درصدی علف هرز تاج خروس ریشه قرمز حاصل شد، درحالیکه برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک این علف هرز (ED_{90}) به یک دوم از دُز توصیه شدهٔ علفکش نیکوسولفورون نیاز بود. فورام‌سولفورون مزیت بیشتری در کنترل توق[3]، گاوپنبه و سلمه‌تره نسبت به نیکوسولفورون داشته و کنترل علف‌های هرز ذکر شده به ترتیب ۷۵، ۸۴ و ۸۰ درصد بوسیله فورام‌سولفورن در مقایسه با صفر، ۴۲ و ۳۲ درصد بوسیله نیکوسولفورون بوده است (۷).

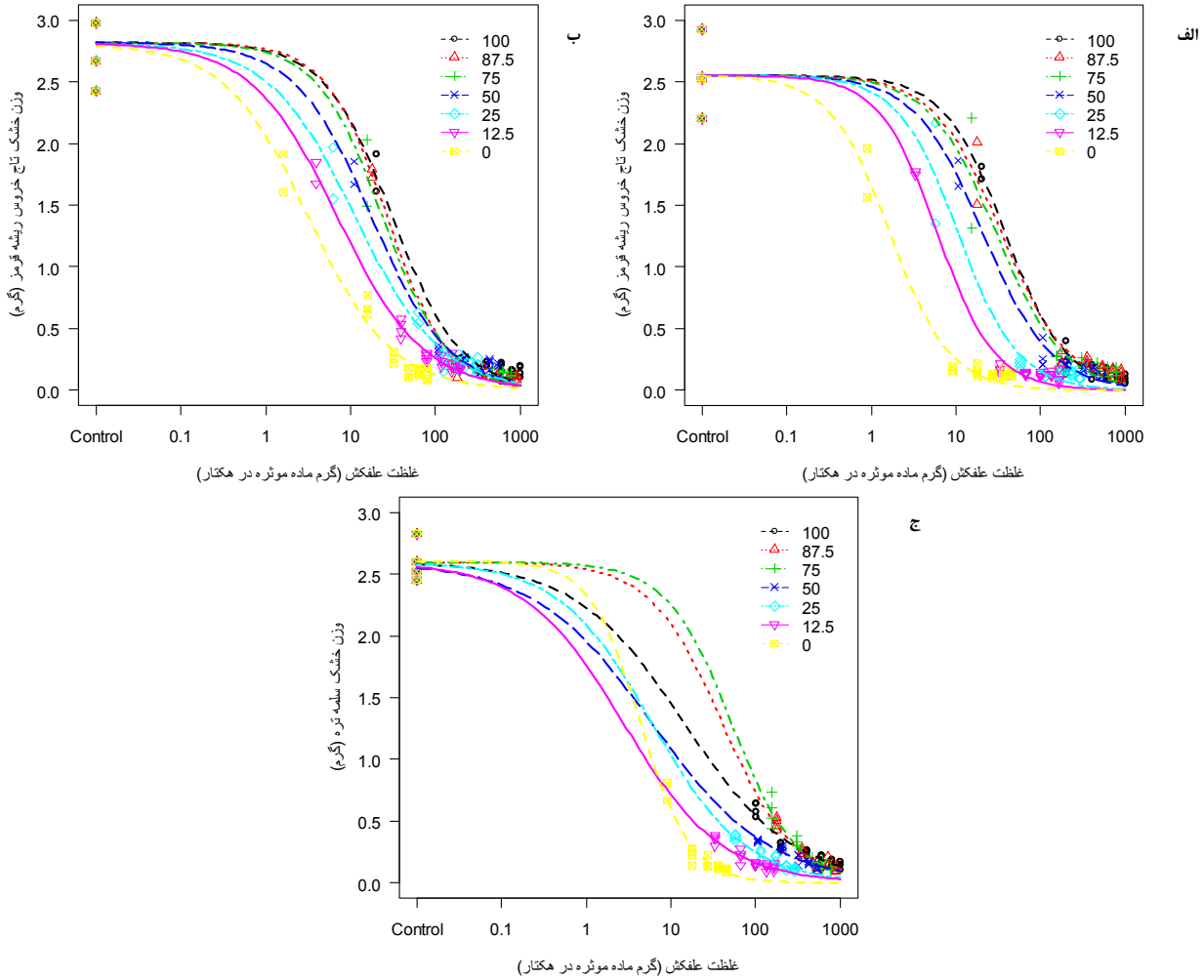
1- Epinasty
2- Albinism
3- *Xanthium strumarium* L.

جدول ۲- پارامترهای حاصل از برازش مدل سه پارامتره لُجستیک علف‌کش‌های توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، فورام سولفورون و نیکوسولفورون در تیمار خالص و اختلاط آنها با نسبت‌های مختلف در مرحلهٔ دو تا چهار برگی کامل بر وزن خشک علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز و سلمه تره ۲۸ روز پس از کاربرد علف‌کش در آزمایش‌های گلخانه‌ای

گونهٔ علف هرز	علف‌کش	نسبت اختلاط	شیب منحنی	حد بالا	دُز موثر (گرم مادهٔ موثره در هکتار)	
			b	d	ED_{90}	ED_{95}
تاج خروس ریشه قرمز	توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ	۱۰۰ : ۰	۱/۲۰	۲/۵۵	۲۳۷/۸۲۷۸	۴۴۳/۱۵۲۱
	فورام سولفورون : توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ	۸۷/۵ : ۱۲/۵	۱/۰۹	"	۲۵۶/۵۵۹۵	۵۰۸/۲۴۵۵
	"	۷۵ : ۲۵	۱/۰۹	"	۲۲۰/۹۹۷۷	۴۳۶/۸۶۶۸
	"	۵۰ : ۵۰	۱/۰۸	"	۱۵۷/۷۷۹۹	۳۱۴/۶۲۳۹
	"	۲۵ : ۷۵	۱/۲۲	"	۶۳/۴۵۶۵	۱۱۶/۶۶۷۲
	"	۱۲/۵ : ۸۷/۵	۱/۲۷	"	۳۳/۶۶۱۵	۶۰/۴۹۲۵
	فورام سولفورون	۰ : ۱۰۰	۱/۲۲	"	۹/۹۲۸۶	۱۸/۲۴۹۳
	توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ	۱۰۰ : ۰	۱/۰۸	۲/۸۱	۲۳۳/۰۳۸	۴۶۳/۵۷۶
	نیکوسولفورون : توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ	۸۷/۵ : ۱۲/۵	۱/۲۱	"	۱۶۴/۴۱۷	۳۰۴/۶۶۵
	"	۷۵ : ۲۵	۱/۱۲	"	۱۶۶/۶۴۴	۳۲۳/۵۹۷
	"	۵۰ : ۵۰	۰/۹۶	"	۱۷۲/۷۹۴	۳۷۶/۰۸۶
	"	۲۵ : ۷۵	۰/۸۶	"	۱۴۵/۸۰۷	۳۴۷/۳۶۱
	"	۱۲/۵ : ۸۷/۵	۰/۸۶	"	۸۹/۴۱۳	۲۱۳/۰۴۷
	نیکوسولفورون	۰ : ۱۰۰	۰/۸۸	"	۳۷/۷۶۹	۸۷/۵۳۶
سلمه تره	توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ	۱۰۰ : ۰	۰/۶۷	۲/۵۹	۳۶۰/۹۵۹	۱۰۸۶/۴۵۸
	فورام سولفورون : توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ	۸۷/۵ : ۱۲/۵	۱/۰۲	"	۳۴۳/۳۳۹	۷۱۲/۶۸۲
	"	۷۵ : ۲۵	۱/۱۴	"	۳۵۴/۶۵۹	۶۸۲/۵۹۶
	"	۵۰ : ۵۰	۰/۶۳	"	۱۹۲/۷۷۳	۶۳۰/۷۲۳
	"	۲۵ : ۷۵	۰/۷۹	"	۹۴/۴۰۰	۲۴۱/۶۱۸
	"	۱۲/۵ : ۸۷/۵	۰/۷۴	"	۵۱/۲۲۰	۱۳۸/۹۸۹
	فورام سولفورون	۰ : ۱۰۰	۱/۴۵	"	۱۹/۶۰۴	۳۲/۷۲۳

اثرات اختلاط علفکش‌ها بر علف‌های هرز

اختلاط علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با علف‌کش فورام سولفورون در نسبت ۱۲/۵ : ۸۷/۵ بر علف هرز تاج خروس ریشه قرمز مقدار دُز مورد نیاز علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ را در مقایسه با کاربرد خالص این علف‌کش بالا برد، بطوریکه برای کاهش ۹۰ و ۹۵ درصدی وزن خشک علف هرز (ED_{90} و ED_{95}) به ۲۵۴/۹۴ و ۵۰۵/۰۳ گرم مادهٔ موثره در هکتار از این علف‌کش نیاز بود که این امر تداخل این علف‌کش با فورام سولفورون را در این نسبت اختلاط نشان می‌دهد. با وجودیکه در اختلاط ۵۰ : ۵۰ نسبت به اختلاط ۲۵ : ۷۵ به یکباره مقدار دُز موثر مورد نیاز علف‌کش فورام سولفورون برای کاهش ۹۰ و ۹۵ درصدی وزن خشک علف هرز افزایش یافته است، ولی با در نظر گرفتن هر دو ED_{90} و ED_{95} ملاحظه می‌شود که از دز موثر علفکش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ در نسبت اختلاط کاسته شده است که احتمال می‌رود به غیر از نسبت اختلاط ۱۲/۵ : ۸۷/۵ در بقیهٔ نسبت‌های اختلاط با افزایش نسبت علفکش فورام سولفورون به علفکش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ در مخلوط، تداخل بوجود آمده بین دو علفکش در جذب و انتقال کمتر بوده باشد. ضمن آنکه اختلاط ۷۵ : ۲۵ نسبت به اختلاط ۵۰ : ۵۰ دو علفکش کنترل بهتر و موثرتری بر علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز را ارائه می‌کند، بطوریکه اختلاط ۷۵ : ۲۵ در دز موثر برابر فورام سولفورون با مقادیر کمتر علفکش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ همان سطح کنترلی را ایجاد می‌کند که در اختلاط ۵۰ : ۵۰ دو علفکش با مقادیر بالای علفکش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ ایجاد می‌شود (جدول ۳ و شکل ۱-الف). در اختلاط علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ با علف‌کش نیکوسولفورون بر علف هرز تاج خروس ریشه قرمز با کاهش نسبت اختلاط علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ و افزایش نسبت اختلاط علف‌کش نیکوسولفورون مقدار دُز موثر علف-کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ به ترتیب در نسبت‌های اختلاط ۲۵ : ۷۵ و ۵۰ : ۵۰ برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف هرز تاج خروس ریشه قرمز کاهش نیافته و برای کاهش ۹۵ درصدی وزن خشک این علف هرز افزایش نیز داشته است.



شکل ۱- منحنی‌های پاسخ وزن خشک علف‌های هرز به دزهای علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ و علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره در کاربرد خالص و اختلاط با نسبت‌های مختلف در مرحلهٔ دو تا چهار برگی کامل. (الف): اختلاط علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ در نسبت‌های مختلف با علف‌کش فورام سولفورون بر علف هرز تاج خروس ریشه قرمز، (ب): اختلاط این علف‌کش با علف‌کش نیکوسولفورون بر علف هرز تاج خروس ریشه قرمز و (ج): اختلاط توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ را با علف‌کش فورام سولفورون بر علف هرز سلمه تره نشان می‌دهند. نسبت‌های اختلاط بر اساس نسبت علفکش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ در مخلوط نشان داده شده‌اند.

به نظر می‌رسد با افزایش غلظت علف‌کش نیکوسولفورون تداخلاتی در جذب و انتقال بین دو علف‌کش بوجود آمده است که مانع فعالیت و اثرگذاری هر دو علف‌کش در جایگاه‌های هدف شده و موجب بالا رفتن دُز موثر مورد نیاز علفکش‌ها شده است. از سوی دیگر، احتمال می‌رود به جهت جذب و انتقال کمتر علف کش نیکوسولفورون به محل هدف در این نسبت‌های اختلاط نسبت به علفکش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، تنها با رسیدن دُز موثر مورد نیاز علف کش نیکوسولفورون به ۲۷/۹۳ گرم مادهٔ موثره در هکتار در نسبت اختلاط ۷۵ : ۲۵ که غلظت مادهٔ موثرهٔ علفکش نیکوسولفورون در اختلاط بیشتر بوده و مقدار بیشتری از مادهٔ موثرهٔ آن به جایگاه هدف انتقال یافته است، مقدار دُز موثر مورد نیاز علفکش توفوردی + ام‌پی‌پی‌آ برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف هرز تاج خروس ریشه قرمز کاهش یافته است (جدول ۳ و شکل ۱-ب). البته برای تأیید این نتایج می‌بایست مطالعات زیست سنجی بر اساس مقدار جذب و انتقال علفکش‌های بکار رفته در مخلوط با کربن رادیواکتیو انجام گیرد تا مشخص شود چند درصد از علفکش‌های اختلاط یافته جذب و به جایگاه هدف منتقل شده است.

جدول ۳- مقادیر دُز موثر علف‌کش‌های توفوردی + امسی‌پی‌آ، فورام سولفورون و نیکوسولفورون مورد نیاز در اختلاط آنها با نسبت‌های مختلف برای بدست آوردن ۹۰ و ۹۵ درصد کاهش در وزن خشک نسبت به تیمار شاهد علف‌های هرز تاج خروس ریشه قرمز و سلمه تره در مرحلهٔ دو تا چهار برگی کامل در آزمایش‌های گلخانه‌ای

گونهٔ علف هرز	علف‌کش	نسبت اختلاط	دُز موثر (گرم مادهٔ موثره در هکتار)	
			ED_{90}	ED_{95}
تاج خروس ریشه قرمز	توفوردی + امسی‌پی‌آ	۱۰۰ : ۰	۲۳۷/۸۲۷۸	۴۴۳/۱۵۲۱
	فورام سولفورون : توفوردی + امسی‌پی‌آ	۸۷/۵ : ۱۲/۵	۲۵۴/۹۴۰۸+۱/۶۱۸۶	۵۰۵/۰۳۸۹+۳/۲۰۶۵
	"	۷۵ : ۲۵	۲۱۷/۷۷۱۳+۳/۲۲۶۳	۴۳۰/۴۸۸۹+۶/۳۷۷۸
	"	۵۰ : ۵۰	۱۵۱/۰۶۵۸+۶/۷۱۴۰	۳۰۱/۲۳۵۶+۱۳/۳۸۸۲
	"	۲۵ : ۷۵	۵۵/۹۹۱۰+۷/۴۶۵۴	۱۰۲/۹۴۱۶+۱۳/۷۲۵۵
	"	۱۲/۵ : ۸۷/۵	۲۵/۶۷۴۰+۷/۹۸۷۴	۴۶/۱۳۸۳+۱۴/۳۵۴۱
	فورام سولفورون	۰ : ۱۰۰	۹/۹۲۸۶	۱۸/۲۴۹۳
	توفوردی + امسی‌پی‌آ	۱۰۰ : ۰	۲۳۳/۰۳۸	۴۶۳/۵۷۶
	نیکوسولفورون : توفوردی + امسی‌پی‌آ	۸۷/۵ : ۱۲/۵	۱۶۲/۵۸۱۸+۱/۸۳۵۱	۳۰۱/۲۶۴۴+۳/۴۰۰۵
	"	۷۵ : ۲۵	۱۶۲/۳۶۷۵+۴/۲۷۶۴	۳۱۵/۲۹۲۷+۸/۳۰۴۲
	"	۵۰ : ۵۰	۱۶۰/۱۴۰۸+۱۲/۶۵۳۱	۳۴۸/۵۴۶۵+۲۷/۵۳۹۴
	"	۲۵ : ۷۵	۱۱۷/۸۶۷۹+۲۷/۹۳۹۰	۲۸۰/۸۰۰۸+۶۶/۵۶۰۱
	"	۱۲/۵ : ۸۷/۵	۵۷/۵۷۱۱+۳۱/۸۴۱۸	۱۳۷/۱۷۶۵+۷۵/۸۷۰۴
	نیکوسولفورون	۰ : ۱۰۰	۳۷/۷۶۹	۸۷/۵۳۶
سلمه تره	توفوردی + امسی‌پی‌آ	۱۰۰ : ۰	۳۶۰/۹۵۹	۱۰۸۶/۴۵۸
	فورام سولفورون : توفوردی + امسی‌پی‌آ	۸۷/۵ : ۱۲/۵	۳۴۱/۱۷۲۸+۲/۱۶۶۱	۷۰۸/۱۸۵۵+۴/۴۹۶۴
	"	۷۵ : ۲۵	۳۴۹/۴۸۱۳+۵/۱۷۷۶	۶۷۲/۶۳۰۷+۹/۹۶۵۲
	"	۵۰ : ۵۰	۱۸۴/۵۶۹۸+۸/۲۰۳۱	۶۰۳/۸۸۳۷+۲۶/۸۳۹۲
	"	۲۵ : ۷۵	۸۳/۲۹۴۱+۱۱/۱۰۵۸	۲۱۳/۱۹۲۳+۲۸/۴۲۵۶
	"	۱۲/۵ : ۸۷/۵	۳۹/۰۶۶۱+۱۲/۱۵۳۸	۱۰۶/۰۰۸۵+۳۲/۹۸۰۴
	فورام سولفورون	۰ : ۱۰۰	۱۹/۶۰۴	۳۲/۷۲۳

داده‌ها بر اساس چهار رقم اعشار گزارش شده‌اند.

در اختلاط علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ با علف‌کش فورام سولفورون بر علف هرز سلمه تره هیچ گونه تداخلی بین دو علف‌کش در نسبت‌های اختلاط ۱۲/۵ : ۸۷/۵ و ۲۵ : ۷۵ دیده نشد و با افزایش غلظت علف‌کش فورام سولفورون در نسبت اختلاط از غلظت علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ کاسته شد و این نشان از عدم بازدارندگی دو علف‌کش از فعالیت یکدیگر است. درحالیکه، در نسبت اختلاط ۵۰ : ۵۰ دو علف‌کش مقدار دُز موثر مورد نیاز علف‌کش فورام سولفورون برای کاهش ۹۵ درصدی وزن خشک علف هرز سلمه تره به یکباره افزایش یافته، درحالیکه از مقدار دُز موثر مورد نیاز علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ چندان کاسته نشده است. همچنین در نسبت اختلاط ۸۷/۵ : ۱۲/۵ و ۷۵ : ۲۵ مقدار دُز موثر مورد نیاز علف‌کش فورام سولفورون تقریباً به اندازهٔ کاربرد خالص علف‌کش فورام سولفورون بوده و به ترتیب ۲۱۳/۱۹ و ۱۰۶ گرم مادهٔ موثره در هکتار از علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ نیز برای کاهش ۹۵ درصدی وزن خشک این علف هرز مورد نیاز بوده است که این امر نشان دهندهٔ تداخل بوجود آمده بین دو علف‌کش در این نسبت‌های اختلاط بویژه از سوی علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ است (جدول ۳ و شکل ۱-ج). ایساکس و همکاران (۲۰) بیان داشتند که به نظر نمی‌رسد علف‌کش توفوردی اثری روی جذب و انتقال علف‌کش هالوسولفورون در علف هرز سلمه‌تره داشته باشد، مگر اینکه دُز توصیه شدهٔ هالوسولفورون مصرف شود.

بحث

با توجه به اینکه دو علفکش اختلاط یافته در این آزمایش از دو گروه علفکشی با نحوهٔ عمل متفاوت بوده که به تبع آن جایگاه هدف متفاوتی نیز داشته و رقابت برای جایگاه هدف بین دو علفکش انجام نگرفته است، بنابراین انتظار می‌رفت اثرات تداخلی بین دو علفکش اختلاط یافته چندان قابل توجه نباشند و دو علفکش مستقل از هم

عمل کنند. ولی همانطور که ملاحظه می‌شود در برخی از نسبت‌های اختلاط علفکش‌ها روی گونه‌های علف‌هرزی احتمالاً تداخلاتی در مسیر جذب و انتقال علف‌کش‌های اختلاط یافته انجام شده است. حضور دُز موثر علفکش‌ها در جایگاه هدف بسیار مهم است. احتمال می‌رود به دلیل رقابت علفکش‌ها در جذب (وجود سطح برگ کوچکتر و روزنه‌های هوایی کمتر در این مرحلهٔ رشدی) هیچ یک از علفکش‌ها نتوانسته‌اند در دُز موثر به جایگاه هدف انتقال یابند. از این رو، مدت زمان زیادی نیاز بوده است تا علفکش‌ها در جایگاه هدف به غلظت موثر برسند. دِوین و وَندِن بورن (۹) بیان داشتند که افزایش جذب و انتقال علفکش گلیفوسیت به همراه سولفات آمونیوم[1] منجر به کنترل بهتر علف هرز گاوپنبه شده است، زیرا علفکش‌ها بایستی در جایگاه هدف خود در غلظت موثر حضور داشته باشند تا به طور موثری روی رشد گیاه هرز اثر داشته باشند. از طرف دیگر، زمانیکه جذب و انتقال علفکش‌ها کاهش می‌یابد، غلظت‌های کمتری از هر دو علفکش در درون گیاه انتقال خواهند یافت و گیاه هرز فرصت دارد تا مولکول‌های علفکش را متابوله کند. بنابراین، در برخی از نسبت‌های اختلاط که مقدار دُز موثر مورد نیاز برای کاهش وزن خشک علف هرز نسبت به اختلاط قبلی افزایش یافته و یا کاهش نیافته است، احتمالاً علفکش در غلظت موثر به جایگاه هدف انتقال نیافته و به مقدار بیشتری از غلظت علفکش برای رسیدن به سطح کنترلی مورد نیاز بوده است.

مرحلهٔ رشدی گیاه هرز می‌تواند در جذب و انتقال علفکش‌های اختلاط یافته با نحوهٔ عمل و جایگاه هدف متفاوت مهم باشد، بطوریکه در گیاهان هرز با برگ‌های بزرگتر مسیرهای ورودی برای جذب علفکش‌های اختلاط یافته بیشتر است. ضمن آنکه در گیاهان هرز بزرگتر انتقال شیرهٔ گیاهی نیز سریعتر بوده و این امر باعث می‌شود تا علفکش‌ها در غلظت بیشتری به جایگاه هدف رسیده و اثرات خود را اعمال کنند. شوستر و همکاران (۳۲) گزارش کردند که علفکش گلیفوسیت در سلمه‌تره‌هایی که ۱۵ سانتیمتر ارتفاع داشتند نسبت به آنهایی که ۲/۵ سانتیمتر ارتفاع داشتند، با سرعت بیشتری به جایگاه هدف منتقل می‌شود. بنابراین، در گیاهان هرز با مرحلهٔ رشدی بزرگتر (۴ تا ۶ برگی یا ۶ تا ۸ برگی) انتظار می‌رود مقدار و سرعت جذب و انتقال علفکش‌ها به جایگاه هدف بیشتر بوده و از تداخلات بوجود آمده بین دو علفکش که در برخی از نسبت‌های اختلاط در این مرحلهٔ رشدی ایجاد شده است، کاسته شود. با این حال، می‌بایست در نظر داشت که مقدار علفکش مورد نیاز برای کاهش ۹۰ و ۹۵ درصدی وزن خشک علف‌های هرز نیز در مرحلهٔ رشدی بزرگتر بیشتر خواهد بود. شوستر و همکاران (۳۲) بیان داشتند مقدار علفکش در واحد وزن گیاه برای ایجاد سمیت مهم است و با در نظر گرفتن مقدار جذب مشابه، غلظت علفکش گلیفوسیت در سلمه‌تره‌هایی که ۲/۵ سانتیمتر ارتفاع داشتند نسبت به آنهایی که ۱۵ سانتیمتر ارتفاع داشتند بیشتر بود. تحقیقات نشان داده‌اند درصد کمتری از علفکش‌های گروه سولفونیل اوره معمولاً از منطقهٔ تیمار شده به نواحی دیگر انتقال می‌یابند. دِوین و همکاران (۸) دریافتند که انتقال علفکش‌های گروه سولفونیل اوره از برگ‌های تیمار شدهٔ گندم سیاه[2] با قابلیت دسترسی اسیدهای آمینه زنجیری شاخه‌دار (لوسین، والین و ایزولوسین) محدود می‌شود. کاهش انتقال این اسیدهای آمینه با کمپلکس علفکش با آنزیم ALS منجر به توقف تقسیم سلولی مریستم‌ها می‌شود و با توقف تقسیم سلولی مریستم‌ها انتقال مواد فتوسنتزی به مریستم‌ها به دلیل کاهش قدرت مخزن متوقف می‌شود. از این رو، با اینکه سرعت جذب و انتقال علفکش‌های شبه اکسینی بیشتر از علفکش‌های گروه سولفونیل اوره است، ولی به دلیل رقابت بین دو علفکش در جذب چنانچه علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ در ابتدای سمپاشی نتواند در غلظت موثر به محل هدف انتقال یافته و موثر باشد، در ادامه علفکش گروه سولفونیل اوره با کاهش عمل انتقالی آوند آبکش از انتقال علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ که همراه با قندها و اسیدهای آمینه در این آوندها انتقال می‌یابد، ممانعت به عمل خواهد آورد.

نوع علف هرز نیز در جذب و انتقال علفکش‌ها به درون گیاه و نهایتاً در غلظت موثر به جایگاه هدف می‌تواند مهم باشد، بطوریکه احتمال می‌رود علف هرز سلمه‌تره به جهت داشتن سطح پوشش آردی مانع رسیدن بخشی از علفکش‌ها به سطح لایهٔ کوتیکولی شده است. به عبارتی دیگر، علفکش‌ها تمام سطح برگ گیاه را پوشش نداده‌اند. از این رو، در این گونه علف هرز نسبت به علف هرز تاج خروس ریشه قرمز برای جذب و انتقال سریع و رسیدن به دُز موثر در جایگاه هدف به مقدار بیشتری علفکش (با توجه به مسیرهای ورودی کمتر و عدم پوشش کامل لایهٔ کوتیکولی برگ توسط علفکش) نیاز بوده است که این امر در غلظت‌های بیشتر علفکشی در نسبت اختلاط فراهم می‌شود و کاربرد غلظت بیشتر علفکش‌ها باعث می‌شود تا تداخلات ایجاد شده در جذب و انتقال علفکش‌ها به جایگاه هدف در این گونهٔ علف هرزی نیز بیشتر باشد. ضمن آنکه متابولیسم سریعتر هر یک از علفکش‌ها در این گونهٔ علف هرزی به جهت جریان کمتر علفکش در درون گیاه نیز می‌تواند دلیلی بر کاربرد غلظت بیشتر علفکش‌ها در هر یک از نسبت‌های اختلاط برای رسیدن به غلظت موثر در جایگاه هدف باشد که کاربرد غلظت بیشتر هر یک از علفکش‌ها در هر یک از نسبت‌های اختلاط تداخلات بین دو علفکش در جذب و انتقال را موجب خواهد شد. تعیین اثرات اختلاط علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ با علفکش‌های گروه سولفونیل اوره در نسبت‌های مختلف اختلاط بر اساس مدل‌های کنش پیوسته[3] و مقدار علفکش جذب و انتقال یافته

1- Ammonium sulfate (AMS)

2- *Fagopyrum tataricum* L.

3- Joint action models

بر پایهٔ آزمایش‌های زیست سنجی می‌تواند نتایج این تحقیق را تأیید کند.

میزان خسارت بوته‌های ذرت

نتایج ارزیابی چشمی نشان داد که علفکش نیکوسولفورون در کاربرد خالص و اختلاط آن با علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ نسبت به دیگر تیمارهای علفکشی بیشترین خسارت را روی بوته‌های ذرت در ۷ روز پس از تیمار علفکشی ایجاد می‌کند. همچنین بخش تیمار شده توسط این علفکش در کاربرد خالص و اختلاط آن با توفوردی + ام-سی‌پی‌آ عدد کلروفیل متر کمتری را نسبت به شاهد همان کرت نشان داد، بطوریکه در نمای دور بوته‌های ذرت در بخش تیمار شده دارای رنگ سبز روشن‌تری نسبت به شاهد همان کرت بودند. علفکش ریمسولفورون + تیفن سولفورون + توفوردی باعث ۶ درصد آسیب و صدمه به بوته‌های ذرت در ۲۶ روز پس از تیمار علفکشی شد (۱۸). درصد خسارت علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ در کاربرد خالص متوسط بود، بطوریکه برخی بوته‌های ذرت درجاییکه علفکش بیشتری روی بوته‌ها پاشیده شد، کمی انحنا در ناحیه پائینی ساقه نشان دادند. از این رو، توصیه می‌شود در کاربرد علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ به صورت خالص و به عنوان جزیی از مخلوط اکیداً روی بوته‌ها بویژه جوانهٔ مرکزی آن سمپاشی صورت نگیرد. کاربرد علفکش فورام سولفورون به صورت خالص و در حالت اختلاط با علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ کمترین خسارت را روی بوته‌های ذرت داشت، بطوریکه در ۷ روز پس از سمپاشی عدد کلروفیل متر بخش تیمار شده توسط این علفکش در کاربرد خالص و اختلاط آن با توفوردی + امسی‌پی‌آ نزدیک و حتی بیشتر از بخش شاهد همان کرت بود. در مطالعهٔ بانتینگ و همکاران (۷) عملکرد دانه ذرت بوسیله کاربرد فورام-سولفورون به صورت خالص و یا کاربرد آن به صورت مخلوط با دیگر علف‌کش‌ها تحت تأثیر قرار نگرفت. همچنین بانتینگ و همکاران (۶) گزارش کردند که اضافه کردن ایزوکسادیفن-اتیل به علف‌کش فورام سولفورون مقدار خسارت این علفکش روی بوته‌های ذرت را کاهش می‌دهد. آنها بیان داشتند که ایزوکسادیفن-اتیل اثرات حفاظتی‌اش روی بوته‌های ذرت را ممکن است با افزایش فعالیت آنزیم سیتوکروم P-450، گلیکوزیل ترانسفراز و یا هر دو اعمال کند. با وجود خسارت بوته‌های ذرت در تیمار علفکشی با نیکوسولفورون در ۷ روز پس از سمپاشی، میزان خسارت بوته‌های ذرت در این تیمارها بر اساس ارزیابی چشمی در ۲۱ روز پس از سمپاشی کمتر بود، بطوریکه اعداد بدست آمده از دستگاه کلروفیل متر نیز این مطلب را تأیید می‌کند (جدول ۴). در کل، درصد خسارت علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره و علف‌کش توفوردی + امسی‌پی‌آ در در حالت کاربرد خالص و مخلوط بر بوته‌های ذرت چندان قابل توجه نبود و درجاییکه بوته‌های ذرت خسارتی دیدند، با گذشت زمان توانستند خسارت وارده را جبران نمایند.

جدول ٤- نتایج عدد کلروفیل متر و ارزیابی چشمی درصد خسارت بوته‌های ذرت در کاربرد خالص و اختلاط علفکش‌های گروه سولفونیل اوره با علفکش توفوردی + امسی‌پی‌آ در نسبت‌های مختلف اختلاط در آزمایش مزرعه‌ای

علف‌کش	نسبت اختلاط	عدد کلروفیل متر (روز پس از سمپاشی)				ارزیابی چشمی درصد خسارت بوته‌های ذرت (تعداد روز پس از سمپاشی)		
		۷ روز		۲۱ روز				
		شاهد	تیمار شده	شاهد	تیمار شده	۷ روز	۱٤ روز	۲۱ روز
توفوردی + امسی‌پی‌آ	۱۰۰ : ۰	۴۹/۵	۴۵/۹۳	۴۹/۵۷	۴۹/۳۳	۷	۵/۳۳	۵/۷
فورام سولفورون : توفوردی + امسی‌پی‌آ	۷۵ : ۲۵	۵۰/۴۳	۵۱/۰۳	۵۰/۸۳	۵۱/۲۷	۴/۷	۴	۴
"	۵۰ : ۵۰	۴۷/۴۳	۴۷/۷۶	۴۵/۶۷	۴۷	۵/۷	۴/۷	۴/۳
"	۲۵ : ۷۵	۴۷/۶۳	۴۸/۵۷	۴۵/۸۷	۴۶/۴۷	۶/۳	۵/۳	۴/۷
فورام سولفورون	۰ : ۱۰۰	۴۵/۸۳	۴۶/۳۳	۴۶/۷	۴۸/۲۳	۳/۷	۲/۳	۳
نیکوسولفورون : توفوردی + امسی‌پی‌آ	۲۵ : ۷۵	۴۴/۴۷	۴۲/۶۷	۵۰/۵۳	۴۸	۹	۶/۷	۷
"	۵۰ : ۵۰	۴۲/۸۷	۳۹/۸	۴۸/۰۳	۴۸/۹	۸/۷	۷/۳	۷
"	۷۵ : ۲۵	۴۶/۰۳	۴۱/۳	۴۷/۴۳	۴۵/۸	۹	۸	۷
نیکوسولفورون	۱۰۰ : ۰	۴۹	۴۲/۴	۴۷/۹۷	۴۶/۱۳	۸	۸/۷	۸

منابع

۱-رحیمی ا. و آقاعلیخانی م. ۱۳۸۹. تأثیر تراکم بوته و زمان سبز شدن تاج خروس ریشه قرمز بر کارایی استفاده از نور، ضریب خاموشی و توزیع

سطح برگ و مادهٔ خشک در تاج پوشش ذرت. مجلهٔ دانش علف هرز ۶ (۱): ۷۷-۶۵.
۲-زند ا.، باغستانی م.ع.، نظام آبادی ن.، مین باشی معینی م. و هادیزاده م.ح. ۱۳۸۸. مروری بر آخرین فهرست علف‌کش‌ها و علف‌های هرز مهم ایران. مجلهٔ پژوهش علف‌های هرز ۱ (۲): ۱۰۰-۸۳.
۳- میرزایی ر.، رستمی م.، اویسی م.، بنایان اول م. و باغستانی م.ع. ۱۳۸۴. تعیین آستانه خسارت اقتصادی و درصد افت عملکرد اقتصادی ذرت دانه‌ای در رقابت با علف هرز تاج خروس وحشی. نشریهٔ آفات و بیماری‌های گیاهی ۷۳ (۱): ۱۲-۱.
4- Arnold R.N., Smeal D. and O'Neill M.K. 2005. Broadleaf weed control in field corn with postemergence herbicides. Online. Crop Manage. doi:10.1094/ CM-2005-0224-01-RS.
5- Brown D.W., Al-Khatib K., Regehr D.L., Stahlman P.W. and Loughin T.M. 2004. Safening grain sorghum injury from metsulfuron with growth regulator herbicides. Weed Science, 52:319–325.
6- Bunting J.A., Sprague C.L. and Riechers D.E. 2004. Physiological basis for tolerance of corn hybrids to foramsulfuron. Weed Science, 52: 711-717.
7- Bunting J.A., Sprague C.L. and Riechers D.E. 2005. Incorporating foramsulfuron into annual weed control systems for corn. Weed Technology, 19:160–167.
8- Devine M.D., Bestman H.D. and Vandenborn W.H. 1990. Physiological basis for the different phloem mobilities of chlorsulfuron and clopyralid. Weed Science, 38:1–9.
9- Devine M.D. and Vanden Born W.H. 1985. Absorption, translocation, and foliar activity of clopyralid and chlorsulfuron in Canada thistle (*Cirsium arvense*) and perennial sowthistle (*Sonchus arvensis*). Weed Sci. 33:524–530.
10- Diggle A.J., Neve P.B. and Smith F.P. 2003. Herbicides used in combination can reduce the probability of herbicide resistance in finite weed populations. Weed Research, 43:371–382.
11- Dobbels A.F. and Kapusta G. 1993. Post-emergence weed control in corn (*Zea mays*) with nicosulfuron combinations. Weed Technology, 7: 844–850.
12- Fletcher W.W. 1983. Recent Advances in Weed research. Common wealth Agricultural Bureaux.
13- Hart S.E. 1997. Interacting effects of MON 12000 and CGA-152005 with other herbicides in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science, 45:434–438.
14- Hart S.E. and Maxwell D.J. 1995. Postemergence broadleaf weed control in corn. Dekalb, IL. Research report. North Central Weed Science Society, 52:128–129.
15- Hatzios K.K. and Penner D. 1985. Interactions of herbicides with other agrochemicals in higher plants. Weed Science, 1:1–63.
16- Himmelstein F.J. and Durgy R.J. 1996. Common ragweed control in field corn with postemergence herbicides. Proceeding of the Northeastern Weed Science Society, 50:161.
17- Holm L.G., Plucknett D.L., Pancho J.V. and Herberger J.P. 1977. The World's Worst Weeds. East-West Center Book. Honolulu: University Press of Hawaii, Honolulu. Pp. 84–91.
18- Isaacs M.A., Wilson H.P. and Toler J.E. 2002. Rimsulfuron plus thifensulfuron-methyl combinations with selected postemergence broadleaf herbicides in corn (*Zea mays*). Weed Technology, 16:664-668.
19- Isaacs M.A., Wilson H.P. and Toler J.E. 2003. Combinations of sethoxydim with postemergence broadleaf herbicides in sethoxydim-resistant corn (*Zea mays*). Weed Technology, 17:224–228.
20- Isaacs M.A., Hatzios K.K., Wilson H.P. and Toler J. 2006. Halosulfuron and 2,4-D Mixtures' Effects on Common Lambsquarters (*Chenopodium album*). Weed Technology, 20:137–142.
21- Kalnay P.A., Glen S. and Phillips W.H. 1995. Hemp dogbane and lambsquarters control in no-till corn with MON 12037 tank mixtures. Proceeding of the Northeastern Weed Science Society, 49:38.
22- Manley B.S., Wilson H.P. and Hines T.E. 1998. Characterization of imidazolinone-resistant smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*). Weed Technology, 4:575–584.
23- Mathiassen S.K. and Kudsk P. 1993. Joint action of sulfonylurea herbicides and MCPA. Weed Research, 33:441–447.
24- Menbere H. and Ritter R.L. 1995. Postemergence control of triazine-resistant common lambsquarters in no-till corn. Proc. Northeast. Weed Science Society, 49:92.
25- Ohmes G.A. and Kendig J.A. 1999. Inheritance of an ALS-cross-resistant common cocklebur (*Xanthium strumarium*) biotype. Weed Technology, 13:100–103.
26- Olson W.A. and Nalewaja J.D. 1981. Antagonistic effects of MCPA on wild oat (*Avena fatua*) control with diclofop. Weed Science, 29:566–571.
27- 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.
28- Regehr D.L. 1997. Postemergence Herbicides for Weed Control in Grain Sorghum. Manhattan, KS: Ashland Bottoms Research Farm, Kansas State University, Field Data Report.
29- Ritz C. and Streibig J.C. 2005. Bioassay analysis using R. Journal of Statistical Software, 12 (5):1–22.
30- Santos B.M., Dusky J.A., Stall W.M. and Gilreath J.P. 2004. Influence of common lambsquarters (*Chenopodium album*) densities and phosphorus fertilization on lettuce. Crop Protection, 23:173–176.
31- Schuster C.L., Al-Khatib K. and Dille J.A. 2008. Efficacy of sulfonylurea herbicides when tank mixed with mesotrione. Weed Technology, 22:222–230.
32- Schuster C.L., Shoup D.E. and Al-Khatib K. 2007. Response of common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) to glyphosate as affected by growth stage. Weed Science, 55:147-151.
33- Smith C.W., Betran J. and Runge E.C.A. 2004. Corn (origin, History, Technology, and Production). john wiley & sons, INC.
34- Streibig J.C., Rudemo M. and Jensen J.E. 1993. Dose-response models. p. 29-55. In J.C. Streibig, and P. Kudsk (ed.) Herbicide Bioassay. CRC Press, Boca Raton, FL.
35- 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.
36- Zhang J., Hamill A.S. and Weaver S.E. 1995. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. Weed Technology, 9:86–90.