نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۳۸۷-۳۷۴

Journal of Plant Protection
Vol. 31, No. 3, Fall 2017, P. 374-387

کُنش پیوسته برخی از مهمترین پهن‌برگ‌کش‌های قابل کاربرد در مزارع چغندرقند ایران (*Beta vulgaris* L.)

علی اصغر چیت بند[1*]- رضا قربانی[2] - محمدحسن راشدمحصل[3] - محبوبه نبی زاد[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۳

چکیده

ارزیابی اثرات اختلاط مواد شیمیایی می‌تواند براساس مفاهیم مختلف سمیت شناسی، داروشناسی و کنترل علف‌های‌هرز انجام گیرد. به‌منظور پیش بینی اثرات افزایشی، هم‌افزایی و یا هم‌کاهی اختلاط دو به دو مخلوط علف‌کشی دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید روی علف‌های‌هرز تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز، دو آزمایش بصورت دُز- پاسخ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰۵ تیمار در سال ۱۳۹۲ به اجرا درآمدند. تیمارهای آزمایش شامل هفت دُز خالص و مخلوط از علف‌کش‌های فوق با پنج نسبت اختلاط ۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰ بودند و برای هر یک از اختلاط‌ها سه تیمار شاهد در نظر گرفته شد. نتایج آزمایش نشان داد که اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه از حالت هم‌افزایی و در مورد علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز بیشتر از حالت هم‌افزایی تبعیت کرد. اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید بر روی هر دو علف‌هرز بیشتر از حالت هم-کاهی تبعیت کرد، بطوری‌که شدت اثرات هم‌کاهی در تاج‌خروس ریشه قرمز بیشتر از تاج‌ریزی سیاه بود. همچنین، اثرات اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با کلریدازون روی علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه بیشتر از حالت افزایشی و در مورد تاج خروس ریشه قرمز بیشتر از حالت هم‌کاهی تبعیت کرد. کاهش کارایی اختلاط‌های علف‌کشی می‌تواند به دلیل محدودیت در جذب و انتقال علف‌کش‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: اختلاط علف‌کش‌ها، اثر افزایشی، مدل دُز افزایشی، هم‌افزایی، هم‌کاهی

مقدمه

چغندرقند[5] از گیاهان زراعی کند رشد بوده و بسیاری از علف‌های هرز در این محصول ارتفاع زیادی به خود می‌گیرند. از بین ۲۵۰ گونه مهم علف‌هرز موجود در دنیا حدود ۶۰ گونهٔ از آنها در اراضی تحت کشت چغندرقند یافت می‌شوند. علف‌های‌هرز مهمترین عوامل محدود کنندهٔ کشت چغندرقند بوده و وجود علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع چغندرقند عامل اصلی کاهش عملکرد آن محسوب می‌شوند (۸). مهمترین علف‌های‌هرز پهن‌برگ مزارع چغندرقند عبارتند از: تاج-ریزی سیاه[6]، تاج‌خروس ریشه قرمز[7]، سلمه‌تره[8]، هفت‌بند[9]، تاتوره[10]، خرفه[11] و پیچک[12] که در این بین، سلمه‌تره و تاج‌خروس ریشه قرمز مشکل‌سازترین علف‌هرز مزارع چغندرقند هستند (۱۲ و ۲۴). این دو گونه علف‌هرز از مشکل‌سازترین علف‌های‌هرز در مزارع چغندرقند ایران نیز می‌باشند (۶ و ۸). هِندریک و همکاران (۱۷) گزارش کردند که وجود علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز با تراکم ۱۰ بوته در هر متر مربع منجر به کاهش ۴۹ درصدی در عملکرد چغندرقند می‌شود.

علف‌کش‌های کاربردی معمولاً روی برخی از گونه‌های علف‌هرز تأثیر زیادی دارند و در کنترل گونه‌های دیگر علف‌هرز، چندان موفق نبوده یا اصلاً آنها را کنترل نمی‌کنند. کشاورزان به خوبی از این موضوع آگاهی داشته و از مخلوط‌های علف‌کشی برای بهینه‌سازی کنترل علف‌های‌هرز و به حداقل رساندن هزینه‌ها استفاده می‌کنند (۸

۱- عضو هیأت علمی دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لُرستان
(*- نویسنده مسئول: (Email: a.a.chitband@gmail.com
۲، ۳ و ۴- استادان و کارشناس ارشد علوم علف‌های‌هرز، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jpp.v31i3.50875

5- *Beta vulgaris* L.
6- *Solanum nigrum* L.
7- *Amaranthus retroflexus* L.
8- *Chenipodium album* L.
9- *Polygonum aviculare* L.
10- *Datura stramonium* L.
11- *Portulaca oleracea* L.
12- *Convolvulus arvensis* L.

و ۲۲). امروزه، استفادهٔ همزمان دو یا چند علف‌کش، بصورت پیش اختلاط و یا اختلاط در مخزن قبل از کاربرد آنها، امری رایج در کشاورزی مدرن محسوب می‌شود. اگرچه ممکن است کاربرد خالص یک علف‌کش منجر به کنترل مطلوب علف‌های‌هرز مشخصی شود، ولی در اغلب موارد موجب عدم رضایت از هزینه و کنترل نامناسب کلیهٔ علف‌های‌هرز موجود در یک کشت‌بوم می‌شود (۶ و ۲۰). نتایج اثرات متقابل بین علف‌کش‌ها، ممکن است هم‌افزایی[1] (فعالیت افزایش یافته دو علف‌کش)، افزایشی[2] (بدون فعالیت برای دو علف کش) و یا هم‌کاهی[3] (فعالیت کاهش یافته دو علف‌کش) باشد. برای تعیین اثرات هم‌افزایی، افزایشی و یا هم‌کاهی اختلاط دو علف‌کش‌ها باید از مدل‌های مرجع مشترک[4] استفاده نمود. این مدل‌ها شامل مدل دُز افزایشی (ADM)[5] و مدل مضرب بقا (MSM)[6] می‌باشند (۱، ۵، ۶، ۲۶، ۲۸ و ۲۹). مدل ADM (مدل افزایش غلظت[7]) بر فرض افزایشی بودن دُزها استوار است، در این مدل علف‌کش می‌تواند به طور کامل یا تا حدودی به وسیله علف‌کش دیگری با دُز معادل جایگزین شود. در مدل MSM (مدل عمل مستقل[8]) فرض بر این است که کارایی مورد انتظار علف‌کش‌ها در مخلوط، از طریق ضرب کردن درصد بقای هر یک از علف‌کش‌ها به تنهایی، قابل محاسبه است، به عبارتی هر یک از علف‌کش‌ها نحوه عمل مستقلی داشته و هیچ یک از آنها بر دیگری اثر گذار نیست (۱، ۵، ۶، ۱۶ و ۲۱). در شکل (۱) اثرات هم‌افزایی، افزایشی و هم‌کاهی براساس دو مدل ADM و MSM نشان داده شده است.

در حال حاضر تعداد کمی علف‌کش برای کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ چغندرقند در ایران قابل دسترس هستند. علف‌کش‌های کلریدازون، دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و کلوپیرالید از آن جمله‌اند. این علف‌کش‌ها از گروه بازدارندگان فتوسنتز، بازدارندهٔ سنتز چربی و اکسین‌ها بوده که برای کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ در مزارع چغندرقند بکار می‌روند (۳۳). به‌منظور دستیابی طیف کنترل وسیعی از علف‌های‌هرز زراعین عموماً سایر علف‌کش‌های انتخابی مزارع چغندرقند (بازدارندگان فتوسیستم ۲) را در مقادیر کاهش یافته و بصورت مخلوط با علف‌کش کلوپیرالید بکار می‌برند (۸). وینسیل (۳۱) بیان نمود که کاربرد علف‌کش کلوپیرالید در زراعت چغندرقند به میزان ۲۵۰– ۳۵۰ میلی‌لیتر به همراه ۴ لیتر از علف‌کش فن‌مدیفام (بتانال) در هکتار، بطور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند علف‌های‌هرزی نظیر سلمه تره، شاه‌تره[9]، انواع تاج خروس و شقایق[10] را کنترل کند. گونیک و والکو (۱۵) بیان نمودند که کاربرد دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست (چهار لیتر در هکتار) با کلوپیرالید (۰/۴ لیتر در هکتار)، کنترل مؤثری بر علف‌های‌هرز پهن‌برگی همچون خارلته[11] داشته است. بروتیگرام (۴) نشان داد که کاربرد فن‌مدیفام + اتوفومیست (بِتانال تاندِم) با گُلتیکس (مِتامیترون) تأثیر بیشتری در کنترل علف های‌هرز داشته و از رقابت اولیه علف‌های‌هرز با چغندرقند جلوگیری کرده است. گاموو و همکاران (۱۳) بیان کردند که اختلاط کلریدازون (پیرامین) و دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست (بِتانال پُروگرس اُلِف) در مقادیر ۴ + ۶ لیتر در هکتار و در نصف دُز بکار رفته بعد از رویش علف‌های‌هرز دولپه‌ای، منجر به کنترل ۹۷ درصدی آنها می‌شود. همچنین، پارادوسکی و پراسیک (۲۳) گزارش کردند که کاربرد مخلوط کلریدازون با مِتامیترون می‌تواند موجب کنترل طیف وسیعی از علف‌های‌هرز در مزارع چغندرقند شود.

کاربرد هر یک از علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید در دُز توصیه شده بیش از مقدار مورد نیاز بوده و مقدار علف‌کش بیشتری را به محیط وارد می‌کند. بر این اساس، کاهش دُز علف‌کش‌های بکار رفته برای کنترل علف‌های هرز در کاربرد خالص و اختلاط با یکدیگر به خصوص در مراحل ابتدایی رشد از اهداف اصلی این پژوهش بوده است. دستیابی به ترکیب مناسبی از مخلوط‌های علف‌کشی مورد نظر برای مهار بهتر علف‌هرز و مطالعه اثرات افزایشی، هم‌افزایی و یا هم‌کاهی ناشی از اختلاط علف‌کش‌ها از دیگر اهداف تحقیق حاضر بود.

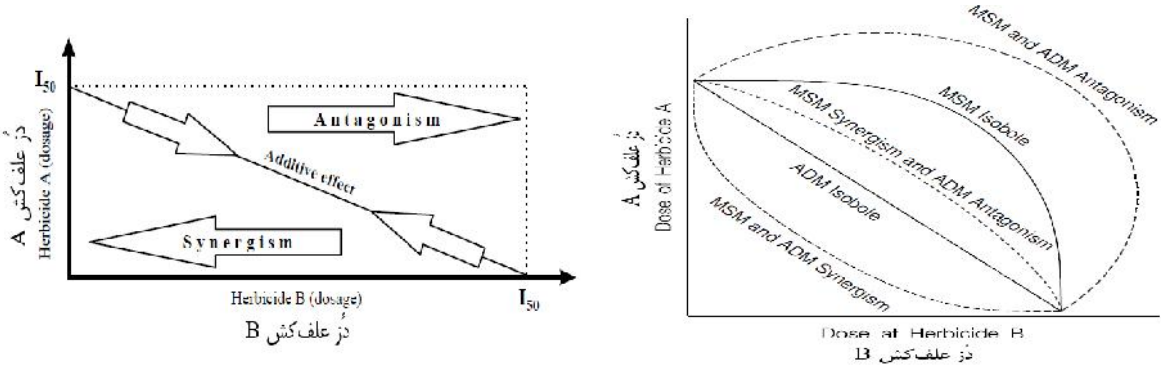
مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات اختلاط علف‌کش‌های دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید بر کنترل علف‌های‌هرز تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز در مقادیر کاهش یافته، دو آزمایش دُز–پاسخ، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰۵ تیمار علف‌کشی برای هر علف‌هرز و سه تکرار برای هر تیمار، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ به اجرا درآمد.

آزمایش‌های اولیه انجام شده روی بذور علف‌های‌هرز تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز نشان داد که بذور علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه فاقد خواب بوده، درحالی‌که بذور علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز دارای خواب می‌باشند.

1- Synergism
2- Additive
3- Antagonism
4- Reference model
5- Additive Dose Model (ADM)
6- Multiplicative Survival Model (MSM)
7- Concentration Addition = CA
8- Independent Action = IA

9- *Fumaria officinalis* L.
10- *Papaver* spp.
11- *Cirsium arvense* L.



شکل ۱- تعاملات ممکن در اختلاط دو مادهٔ شیمیایی (ID_{50} = مقادیر علف‌کش‌های بکار رفته بصورت خالص و یا در مخلوط که منجر به کنترل ۵۰ درصد از علف‌های‌هرز می‌شود) (a)؛ اثرات هم‌افزایی، هم‌کاهی و افزایشی براساس دو مدل ADM و MSM (b)

Figure 1- Schematic presentation of herbicide interactions (ID_{50} = rates of herbicides, applied alone or in mixture, for a 50% weed control) (a); Isoboles for mixtures of herbicides at a given response level, e.g ED_{50} based on ADM and MSM models (b)

بنابراین به‌منظور خواب شکنی، بذور تاج خروس ریشه قرمز به مدت ۲ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ ۹۸ درصد[1] قرار گرفته و آبشویی شدند. سپس بذور این علف‌هرز به درون پتری دیش‌هایی با قطر ۱۱ سانتی‌متر حاوی یک لایه کاغذ صافی منتقل شدند. پتری دیش‌های حاوی بذور تاج خروس ریشه‌قرمز به مدت ۷۲ تا ۹۶ ساعت در دستگاه ژرمیناتور[2] با شرایط دمایی ۳ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری ۱۸/۶ ساعت روشنایی/ تاریکی با شدت نوری ۱۸۰۰۰ لوکس قرار گرفتند. سپس بذور جوانه زده به داخل گلدان منتقل شدند. بذور تاج‌ریزی سیاه نیز به مدت یک هفته به‌همراه آب مقطر در یخچال در دمای ۳ تا ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری و پس از ظهور ساقه‌چه و ریشه‌چه، بذور بطور مستقیم با تراکم ده عدد در گلدان‌های یک لیتری محتوی یک‌سوم خاک، خاکبرگ و ماسه بادی در عمق نیم‌سانتی‌متری کاشته شدند. گلدان‌ها هر دو تا سه روز یکبار از طریق زیر گلدانی آبیاری شده و در مرحله دو برگی کامل علف‌های هرز، چهار عدد گیاهچه در هر گلدان حفظ شده و مابقی تنک شدند.

پس از حذف بوته‌های اضافی، به میزان ۳۰ میلی‌لیتر از محلول ۰/۳ کود ۲۰: ۲۰: ۲۰ (N:P:K) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد. دمای گلخانه در طول مدت رشد، بین ۱۸ تا ۳۱ درجه سانتی‌گراد در طول روز و ۱۶ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طول شب متغیر بود. تیمارهای آزمایش شامل هفت دُز خالص و مخلوط از علف‌کش‌های دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست (بِتانال پُروگرس- اُوِف، EC ۲۷/۴ درصد، تراگوسا اسپانیا[3])، کلریدازون (پیرامین، WP ۶۵ درصد، بایر آلمان[4]) و کلوپیرالید (لونترل، SL ۳۰ درصد، گل‌سم گرگان[5]) در ۵ نسبت اختلاط ۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰ به‌همراه سه تیمار شاهد برای هر یک از مخلوط‌های علف‌کشی در جدول (۱) آورده شده است.

گیاهان در مرحله ۴ تا ۶ برگی کامل با استفاده از سمپاش متحرک ریلی[6] مجهز به نازل بادبزنی معمولی[7] با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار با فشار پاشش ۲۰۰ کیلو پاسکال سمپاشی شدند. شرایط محیطی در هنگام پاشش علف‌کش‌ها یکنواخت بود (دما ۳± ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶ ± ۴۵ درصد). اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده چهار هفته پس از اعمال تیمارها از روی سطح گلدان‌ها برداشت شده و وزن‌تر و خشک آنها اندازه‌گیری شد و از میانگین وزن خشک در هر گلدان برای برازش منحنی‌های آیزوبول استفاده شد. تمامی داده‌ها به طور همزمان با استفاده از نرم افزار R، با مدل لجستیک سه پارامتره (معادله ۱) برازش داده شدند (۷، ۲۱، ۲۸ و ۲۹):

$$U = \frac{d}{1 + \exp\left[b\left(\log\left(z\right) - \log\left(ED\,50\right)\right)\right]} \qquad (۱)$$

1- Sulfuric Acid (H2SO4 98%) Art 100713 MERCK , Minatajhiz.co.LTD
2- Germinator (Grow Chamber, 375 L, Iran)

3- Tragusa, Spin
4- Bayer Crop Science, Germany
5- Golsam, Gorgan
6- Matabi 121030 Super Agro 20 l sprayer; Agratech Services-Crop®, Spraying Equipment, Rossendale, UK
7- 8002 flat – fan nozzle

جدول ۱- تیمارهای علف‌کشی با نسبت‌های مختلف خالص و اختلاط بر علف‌های‌هرز تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز برحسب گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از آزمایش‌های گلخانه‌ای

Table 1- Herbicidal treatments with different pure and mixture ratios on the black nightshade red root pigweed weeds (g a.i. ha^{-1}) in greenhouse experiments

علف‌کش Herbicide	نسبت‌های اختلاط Mixture ratios				
	۱۰۰:۰ 100:0	۷۵ : ۲۵ 75:25	۵۰ : ۵۰ 50:50	۲۵ : ۷۵ 25:75	۰:۱۰۰ 0:100
تاج‌ریزی سیاه *Solanum nigrum* L.	دزهای هر علف‌کش در مخلوط (گرم مادهٔ موثره در هکتار) Herbicide doses in mixture (g a.i. ha^{-1})				
کلوپیرالید+ دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست †Des+Phen+Etho + Clopyralid	19.79 + 0	14.85 + 2.07	9.9 + 4.14	4.95 + 6.21	0 + 8.28
"	39.58 + 0	29.7 + 4.14	19.79 + 8.28	9.9 + 12.42	0 + 16.55
"	79.15 + 0	59.37 + 8.28	39.58 + 16.56	19.79 + 24.84	0 + 33.1
"	158.3 + 0	118.74 + 16.56	79.16 + 33.12	39.58 + 49.68	0 + 66.2
"	237.45 + 0	178.11 + 24.84	118.74 + 49.68	59.37 + 74.52	0 + 99.3
"	316.6 + 0	237.48 + 33.12	158.32 + 66.24	79.16 + 99.36	0 + 132.4
کلوپیرالید + کلریدازون Chloridazon + Clopyralid	71.82 + 0	53.88 + 2.07	35.92 + 4.14	17.96 + 6.21	0 + 8.28
"	143.65 + 0	107.76 + 4.14	71.84 + 8.28	35.91 + 12.42	0 + 16.55
"	287.29 + 0	215.52 + 8.28	143.68 + 16.56	71.82 + 24.84	0 + 33.1
"	574.58 + 0	431.04 + 16.56	287.36 + 33.12	143.64 + 49.68	0 + 66.2
"	861.87 + 0	646.56 + 24.84	431.04 + 49.68	215.46 + 74.52	0 + 99.3
"	1149.16 + 0	862.08 + 33.12	574.72 + 66.24	287.28 + 99.36	0 + 132.4
کلریدازون + دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست Des+Phen+Etho +Chloridazon	19.79 + 0	14.85 + 17.96	9.9 + 35.99	4.95 + 53.88	0 + 71.82
"	39.58 + 0	29.7 + 35.91	19.79 + 71.84	9.9 + 107.76	0 + 143.65
"	79.15 + 0	59.37 + 71.82	39.58 + 143.68	19.79 + 215.52	0 + 287.29
"	158.3 + 0	118.74 + 143.64	79.16 + 287.36	39.58 + 431.04	0 + 574.58
"	237.45 + 0	178.11 + 215.46	118.74 + 431.04	59.37 + 646.56	0 + 861.87
"	316.6 + 0	237.48 + 287.28	158.32 + 574.72	79.16 + 862.08	0 + 1149.16
تاج‌خروس ریشه قرمز *Amaranthus retroflexus* L.					
کلوپیرالید+ دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست †Des+Phen+Etho + Clopyralid	21.49 + 0	16.12 + 2.15	10.75 + 4.29	5.37 + 6.44	0 + 8.58
"	42.99 + 0	32.24 + 4.29	21.49 + 8.58	10.75 + 12.87	0 + 17.16
"	85.99 + 0	64.47 + 8.58	42.98 + 17.16	21.49 + 25.74	0 + 34.32
"	171.98 + 0	128.94 + 17.16	85.96 + 34.32	42.98 + 51.48	0 + 68.65
"	257.97 + 0	193.41 + 25.74	128.94 + 51.48	64.47 + 77.22	0 + 102.97
"	343.96 + 0	257.88 + 34.32	171.92 + 68.64	85.96 + 102.96	0 + 137.29
کلوپیرالید + کلریدازون Chloridazon + Clopyralid	75.98 + 0	56.99 + 2.15	37.99 + 4.29	18.99 + 6.44	0 + 8.58
"	151.97 + 0	113.97 + 4.29	75.98 + 8.58	37.99 + 12.87	0 + 17.16
"	303.94 + 0	227.94 + 8.58	151.96 + 17.16	75.98 + 25.74	0 + 34.32
"	607.87 + 0	455.88 + 17.16	303.99 + 34.32	151.96 + 51.48	0 + 68.65
"	911.81 + 0	683.82 + 25.74	455.88 + 51.48	227.94 + 77.22	0 + 102.97
"	1215.74 + 0	911.76 + 34.32	607.84 + 68.64	303.92 + 102.96	0 + 137.29
کلریدازون + دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست Des+Phen+Etho +Chloridazon	21.49 + 0	16.12 + 18.99	10.75 + 37.99	5.37 + 56.99	0 + 75.98
"	42.99 + 0	32.24 + 37.99	21.49 + 75.98	10.75 + 113.97	0 + 151.97
"	85.99 + 0	64.47 + 75.98	42.98 + 151.96	21.49 + 227.94	0 + 303.94
"	171.98 + 0	128.94 + 151.96	85.96 + 303.92	42.98 + 455.88	0 + 607.87
"	257.97 + 0	193.41 + 227.94	128.94 + 455.88	64.47 + 683.82	0 + 911.81
"	343.96 + 0	257.88 + 303.92	171.92 + 607.84	85.96 + 911.76	0 + 1215.74

† Des+Phen+Etho = Desmedipham + phenmedipham + ethofumesate

در معادله (۱)؛ U بیانگر وزن خشک در دُز z، d حد بالای وزن خشک در مقادیر صفر از علف‌کش مورد نظر، ED_{50} مقدار علف‌کش لازم[1] برای کاهش ۵۰ درصدی در وزن خشک علف‌های‌هرز و b متناسب با شیب منحنی در محدوده ED_{50} می‌باشد. با پارامترگذاری مجدد در معادلهٔ (۱)، پارامتر ED_{50} می‌تواند با هر مقداری از پارامتر ED جایگزین شود، بطوریکه مقادیر ED_{90} با استفاده از معادلهٔ ۲ تعیین شد (۶ و ۱۰):

$$Uij=\frac{D}{1+\exp\left[b_i\left(\log\left(z_{ij}\right)+1.99/b_i-\log\left(ED_{90(i)}\right)\right)\right]} \quad (۲)$$

که در آن ED_{90} بیانگر مقدار علف‌کش در غلظت i اُم لازم برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز بین حدود بالا و پایین D و C می‌باشد. اختلاط دو علف‌کش در هر نسبت بکار رفته براساس مدل ADM و در هر سطح پاسخ از پیش تعریف شده (ED_{50}، ED_{80} و ED_{90}) از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\partial_1 = r.\partial_2 = d_1 + r.d_2 \quad (۳)$$

که در آن، ∂_1 و ∂_2، ED_x علف‌کش‌های خالص، و d_1 و d_2 دُزهای علف‌کش‌ها در مخلوط است، از اینرو، $(d_1 + rd_2)$ مخلوط بدست آمده از ED_x، در واحدهای ∂_1 بیان می‌شود. آیزوبول با تعریف حالت افزایشی با مدل ADM می‌تواند در هر سطح پاسخی به صورت زیر توضیح داده شود:

$$\frac{d_1}{\partial_1}+\frac{d_2}{\partial_2}=1 \quad (۴)$$

با فرضیات فوق، پتانسیل نسبی (R) بین علف‌کش‌های ∂_1 و ∂_2 از رابطهٔ زیر بدست آمد:

$$R = \partial_1 / \partial_2 \quad (۵)$$

R، پتانسیل نسبی بین دو علف‌کش، نرخ بیولوژیکی بین علف کش‌ها را زمانی‌که به تنهایی بکار می‌روند، بیان می‌کند. دُز ED_{50}، ED_{80} و ED_{90} پیش‌بینی شدهٔ مخلوط‌ها مطابق با ADM (برای مثال ED_{50mix}) می‌تواند به آسانی بر پایهٔ دُز ED_{50} علف‌کش‌های بکار رفتهٔ خالص و نسبت علف‌کش‌ها در مخلوط محاسبه شود:

$$ED_{50\,mix} = ED_{50\,A} / \left(\sim + (1-\sim)R\right) \quad (۶)$$

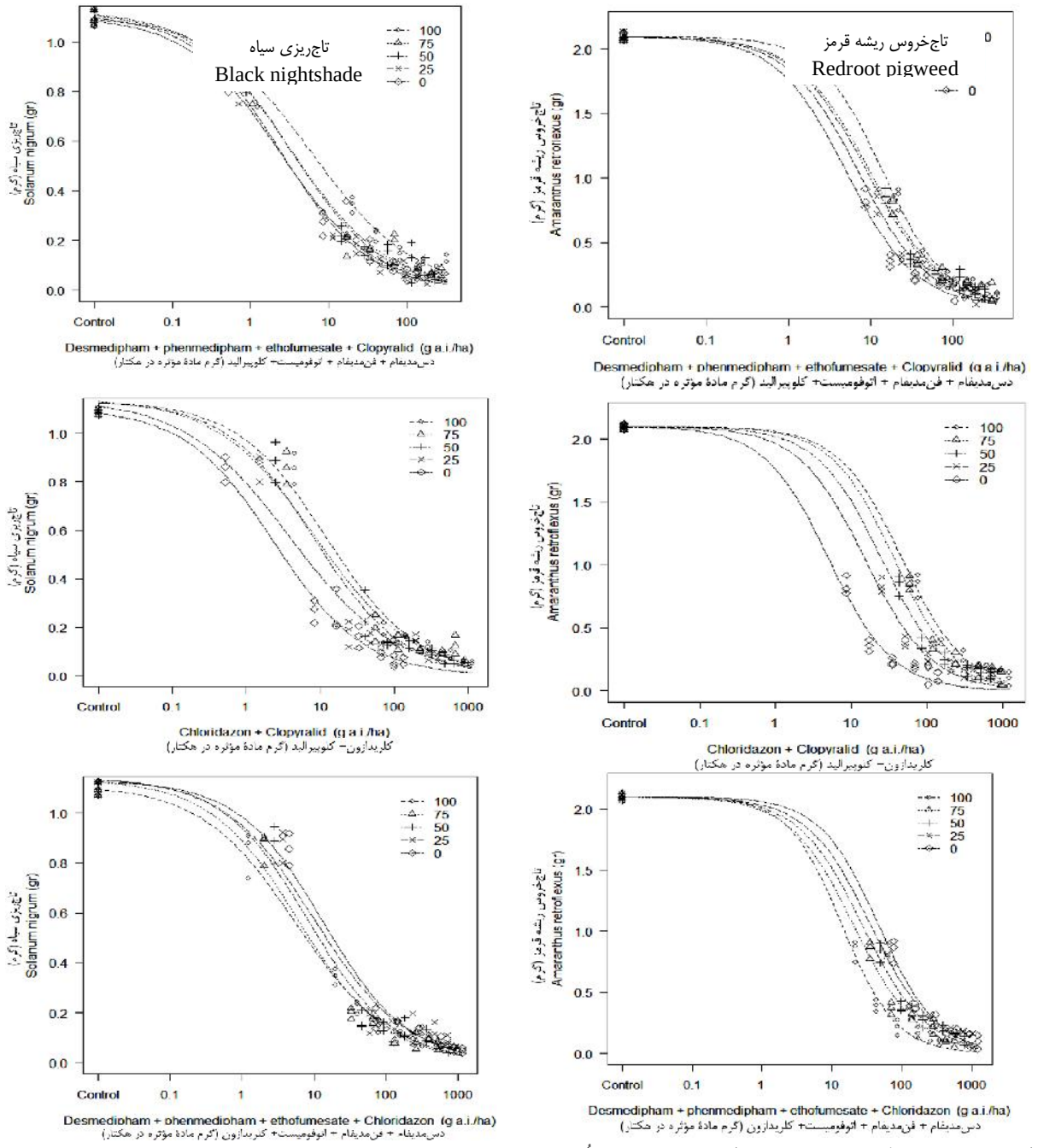
که در آن ED_{50A}، دُز ED_{50} علف‌کش A، $\sim$ نسبت علف‌کش A در مخلوط و R پتانسیل نسبی است که در معادلهٔ (۵) بیان شد (۶، ۲۱ و ۲۵). شکل‌های آیزوبول مدل ADM با مشخص کردن ED_{50}، ED_{80} و ED_{90} دُز هر یک از علف‌کش‌ها در مخلوط روی محور x و y وصل کردن یک خط راست بین آنها قابل ترسیم است. دُزهای ED_{50}، ED_{80} و ED_{90} مشاهده‌ای روی شکل رسم شده و با شکل آیزوبول مدل ADM مقایسه شدند. نقاط بالای خط آیزوبول مدل ADM نشان دادند که مقدار کُنش پیوسته مخلوط کمتر از مقدار پیش‌بینی شده بوسیلهٔ مدل ADM است، درحالیکه نقاط پایین‌تر از خط آیزوبول مدل ADM بیانگر مقادیر کُنش پیوسته بالاتر از مقدار پیش‌بینی شده بوسیلهٔ مدل ADM بودند (۶ و ۲۱).

نتایج و بحث

ارزیابی دُز-پاسخ کاربرد مخلوط علف‌کش‌ها

بر اساس نتایج حاصل از برازش منحنی‌های دُز-پاسخ (شکل ۲)، تأثیر اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف کش کلوپیرالید در کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه در هر سه نسبت اختلاط ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ بهتر از اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید و اختلاط علف‌کش دس-مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون بود، بطوریکه تأثیر اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید در تمامی نسبت‌های اختلاط بر علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه بهتر از کاربرد خالص آنها بود. بر این اساس، کاربرد ۶۸/۶۵ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۹/۵۷ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید به ترتیب موجب کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه در نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ شد، درحالیکه برای کاهش ۹۰ درصدی در وزن خشک این علف‌هرز، به ۱۶۳/۴۶ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از تیمار خالص علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست نیاز و ۵۰/۸۷ گرم مادهٔ مؤثره از تیمار خالص علف‌کش کلوپیرالید نیاز بود. در این نسبت اختلاط کاربرد ۱۰۸/۸۸ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار (۴۹/۲۸ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس-مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۵۹/۶۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون) و ۱۷۸/۲۳ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار (۱۷۱/۶۳ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و ۶/۶۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید) موجب کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک این علف‌هرز شد، درحالی‌که برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک این علف‌هرز به ۲۷۳/۰۹ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از تیمار خالص علف‌کش کلریدازون نیاز بود (جدول ۲).

1- Effective Dose



شکل ۲- منحنی‌های دُز-پاسخ حاصل از برازش مدل سه پارامتری لُجستیک علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست در کاربرد خالص و اختلاط با علف‌کش‌های کلریدازون و کلوپیرالید با نسبت‌های مختلف بر وزن خشک علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه (چپ) و تاج‌خروس ریشه قرمز (راست) در مرحلهٔ چهار تا شش برگی. نسبت‌های اختلاط بر اساس نسبت علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون و دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست به ترتیب از بالا به پایین در مخلوط نشان داده شده‌اند

Figure 2- Dose–response curves of three log-logistic model fitting applied alone and mixture of desmedipham plus phenmedipham plus ethofumesate with chloridazon and clopyralid with different mixture ratio on *Solanum nigrum* L. (a-c) and *Amaranthus retroflexus* L. (d-f) dry matter at four- to six-true leaf stage. Mixture ratios have been shown based on desmedipham plus phenmedipham plus ethofumesate, chloridazon and desmedipham plus phenmedipham plus ethofumesate ratio in mixture from above to below, respectively

در نسبت اختلاط ۵۰:۵۰، کاربرد ۳۹/۹۸ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۱۷/۷۷ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید منجر به کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه نسبت به شاهد شد. درحالی‌که در همین نسبت اختلاط، کاربرد ۳۸/۱۷ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۱۳۸/۴۹ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و کاربرد ۱۵۷/۰۱ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و ۱۸/۰۹ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید کنترل ۹۰ درصدی این علف‌هرز را ایجاد کرد که مقدار کاربرد خالص هر سه علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید در مقایسه با مصرف مخلوط آنها بطور معنی‌داری کاهش یافته بود (شکل ۲ و جدول ۲).

همچنین در اختلاط ۲۵:۷۵، کاربرد ۱۸/۵۱ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و به همراه ۲۳/۲۳ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید و نیز کاربرد ۱۸/۶۵ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست به همراه ۲۰۳/۰۱ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و کاربرد ۹۰/۶۸ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و به همراه ۳۱/۳۶ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید منجر به کاهش ۹۰ درصدی در وزن خشک علف‌هرز تاج ریزی سیاه نسبت به شاهد شد (شکل ۲ و جدول ۲). همچنین در هر سه نسبت اختلاط ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵، کاربرد به ترتیب ۲۱/۶۸، ۱۲/۶۳ و ۵/۸۵ درصدی از علف‌کش دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام + اتوفومیست نسبت به تیمار خالص منجر به کاهش ۹۰ درصدی در وزن خشک علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه شد.

در حالی‌که، در این نسبت‌های اختلاط کاربرد به ترتیب ۵۴/۲۳، ۴۹/۵۹ و ۲۸/۶۴ درصدی از علف‌کش کلریدازون نسبت به تیمار خالص موجب کاهش ۹۰ درصدی در وزن خشک علف‌هرز مذکور شد. ضمن آنکه در این نسبت‌های اختلاط مقدار دُز بکار رفتهٔ علف کش کلوپیرالید در اختلاط با دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست نیز کمتر از مقدار دُز بکار رفته آن در اختلاط با علف‌کش کلریدازون بود (جدول ۲). همچنین، اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون در هر سه نسبت اختلاط نیز تأثیر در حالی‌که، در این نسبت‌های اختلاط کاربرد به ترتیب ۵۴/۲۳، ۴۹/۵۹ و ۲۸/۶۴ درصدی از علف‌کش کلریدازون نسبت به تیمار خالص موجب کاهش ۹۰ درصدی در وزن خشک علف‌هرز مذکور شد. ضمن آنکه در این نسبت‌های اختلاط مقدار دُز بکار رفتهٔ علف-کش کلوپیرالید در اختلاط با دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست نیز کمتر از مقدار دُز بکار رفته آن در اختلاط با علف‌کش کلریدازون بود (جدول ۲).

همچنین، اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون در هر سه نسبت اختلاط نیز تأثیر خوبی در کنترل علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه نسبت به دُز علف‌کشی بکار رفتهٔ دو علف‌کش در حالت خالص داشت (جدول ۲)، بطوریکه با افزایش دُز مصرفی علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست در مخلوط مذکور، مقدار دُز مخلوط علف‌کشی کمتری برای حصول کاهش ۹۰ درصدی در وزن خشک علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه مورد نیاز بود (جدول ۲).

همچنین، تأثیر اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید بر روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز در هر سه نسبت اختلاط ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ بهتر از اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید و اختلاط علف‌کش دس مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با کلریدازون بود. بر این اساس، کاربرد ۸۹/۷۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار (۷۹/۱۵ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۱۰/۵۶ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید)) در نسبت اختلاط ۷۵:۲۵، کاربرد ۸۵/۶۲ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار (۶۱/۲۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۲۴/۴۲ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید) در نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ و کاربرد ۶۱/۸۸ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار (۲۸/۱۴ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۳۴/۷۹ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید) در نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ منجر به کاهش ۹۰ درصدی در وزن خشک علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز شد. حال آنکه برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک این علف‌هرز به ترتیب به ۱۰۷/۰۷ و ۳۹۱/۱۹ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از تیمار خالص علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و کلریدازون نیاز بود. همچنین، کاربرد ۱۳۱/۳۴ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار (۹۸/۰۸ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و ۳۴/۳۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف کش کلوپیرالید) در نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ و کاربرد ۱۹۷/۶۸ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار (۹۰/۷۶ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش دس-مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۱۰۶/۹۲ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون در نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ منجر به کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز شد. در نسبت‌های اختلاط ۲۵:۷۵ و ۵۰:۵۰ علف‌کش‌های کلریدازون با کلوپیرالید مقدار دُز حاصل شده برای کاهش ۹۰ درصدی در وزن

خشک علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز کمتر و یا نزدیک مقادیر ED_{90} بدست آمده از اختلاط دو علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون در نسبت‌های ۵۰ :۵۰ و ۷۵:۲۵ آنها بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر دُز مؤثر مورد نیاز علف‌کش‌های کلوپیرالید و کلریدازون در اختلاط آنها با دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست در نسبت‌های مختلف برای بدست آوردن کاهش ۵۰، ۸۰ و ۹۰ درصدی در وزن خشک نسبت به تیمار شاهد علف‌های‌هرز تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز در مرحلهٔ چهار تا شش برگی (خطاهای استاندارد در داخل پرانتز گزارش شده‌اند)

Table 2- Doses required of clopyralid and chloridazon in mixture with Desmedipham plus phenmedipham plus ethofumesate in various fixed-ratio binary mixtures for 50%, 80% and 90% reduction in on black nightshade and redroot pigweed aboveground dry matter compared to untreated check at four-to six-true leaf stage. SE values are given in parenthesis

Weed species گونهٔ علف‌هرز	Herbicide علف‌کش	Mixture ratio نسبت اختلاط	Effective dose (g a.i. ha^{-1}) دُزهای مؤثر هر علف‌کش (گرم مادهٔ مؤثره در هکتار)		
			ED_{50}	ED_{80}	ED_{90}
تاج‌ریزی سیاه *Solanum nigrum* L.	† Des+Phen+Etho دس+ فن+ اتو	100 : 0	5.77 (1.01)	47.57 (5.21)	163.46 (19.60)
	Des+Phen+Etho + Clopyralid کلوپیرالید + دس+ فن+ اتو	75 : 25	2.47+0.34 (0.71+0.11) ‡	20.13+2.81 (3.29 + 1.09)	68.65+9.57 (11.98+2.93)
	"	50 : 50	2.51+1.11 (0.43 +0.21)	14.39+6.39 (2.02+1.01)	39.98+17.77 (6.89+3.68)
	"	25 : 75	1.04 +1.31 (0.12 +0.27)	6.41 +8.04 (0.67 +0.92)	18.51+23.23 (2.16 +2.48)
	Clopyralid کلوپیرالید	0 : 100	2.38 (0.51)	16.42 (2.21)	50.87 (7.07)
	Chloridazon کلریدازون	100 : 0	12.47 (2.69)	87.43 (12.49)	273.09 (37.82)
	Chloridazon + Clopyralid کلوپیرالید + کلریدازون	75 : 25	12.64+0.49 (1.83+ 0.15)	65.53 +2.97 (9.28 +0.95)	171.64 +6.60 (32.24+2.75)
	"	50 : 50	6.10 +0.70 (1.83 +0.25)	47.35 +5.46 (8.05 +2.37)	157.01+18.09 (26.02+4.01)
	"	25 : 75	3.91 +1.35 (0.93 +0.29)	28.42 +9.83 (4.05 +2.96)	90.68 +31.36 (22.79 +5.16)
	Clopyralid کلوپیرالید	0 : 100	2.38 (0.51)	16.42 (2.21)	50.87 (7.07)
	Des+Phen+Etho دس+ فن+ اتو	100 : 0	5.77 (1.01)	47.57 (5.21)	163.46 (19.60)
	Des+Phen+Etho +Chloridazon کلریدازون + دس+ فن+ اتو	75 : 25	3.59 +4.34 (0.88 +0.98)	18.72 +22.67 (2.49 +2.55)	49.28+ 59.60 (7.46+ 9.70)
	"	50 : 50	1.62+ 5.86 (0.20+1.82)	11.88+ 43.11 (2.95+6.94)	38.17+138.49 (6.57+24.96)
	"	25 : 75	1.05 +11.38 (0.39 +2.35)	6.57+ 70.07 (2.98+ 10.55)	18.65+203.01 (5.06+43.22)
	Chloridazon کلریدازون	100 : 0	12.47 (2.69)	87.43 (12.49)	273.09 (37.82)
تاج‌خروس ریشه قرمز *Amaranthus retroflexus* L.	Des+Phen+Etho دس+ فن+ اتو	100 : 0	12.93 (1.57)	49.07 (3.47)	107.07 (11.24)
	Des+Phen+Etho + Clopyralid کلوپیرالید + دس+ فن+ اتو	75 : 25	9.05+ 1.21 (1.01 +0.24)	35.56 +4.74 (1.85+ 1.02)	79.15 + 10.56 (9.94+2.24)
	"	50 : 50	6.48+ 2.59 (0.98+ 0.19)	26.72+ 10.66 (1.84+ 1.15)	61.20 +24.42 (7.63 +4.44)
	"	25 : 75	3.22+ 3.98 (0.40 + 0.41)	12.64 +15.63 (0.94 + 1.03)	28.14+34.79 (3.52+ 4.16)
	Clopyralid کلوپیرالید	100 : 0	5.05 (0.70)	19.63 (1.63)	43.43 (6.53)
	Chloridazon کلریدازون	100 : 0	46.72 (5.19)	178.55 (12.56)	391.19 (48.17)
	Chloridazon + Clopyralid کلوپیرالید + کلریدازون	75 : 25	35.31+ 1.33 (3.82+ 0.75)	132.77+ 5.01 (9.05+ 1.78)	288.14+10.87 (38.56+3.52)
	"	50 : 50	21.33 +2.41 (2.64 +0.75)	89.88+ 10.15 (5.54+ 2.54)	208.45 +23.54(26.92+4.07)
	"	25 : 75	11.77+ 4.12 (0.91+ 0.82)	44.85+ 15.68 (2.99 +1.38)	98.08+34.30 (12.16+5.66)
	Clopyralid کلوپیرالید	100 : 0	5.05 (0.70)	19.63 (1.63)	43.43 (6.53)
	Des+Phen+Etho دس+ فن+ اتو	100 : 0	12.93 (1.57)	49.07 (3.47)	107.07 (11.24)
	Des+Phen+Etho +Chloridazon کلریدازون + دس+ فن+ اتو	75 : 25	9.80 +11.55 (1.21+ 1.54)	39.92+ 47.03 (3.59+ 3.86)	90.76+106.92 23.52+20.85)
	"	50 : 50	5.49+ 19.40 (0.87 +2.88)	26.62+ 94.06 (4.27+ 5.48)	67.01+236.82 15.81+20.82)
	"	25 : 75	3.23+ 34.22 (0.41+3.85)	13.05+138.48 (3.12+ 8.14)	29.56+313.66 (5.86+41.58)
	Chloridazon کلریدازون	100 : 0	46.72 (5.19)	178.55 (12.56)	391.19 (48.17)

† Des+Phen+Etho = Desmedipham + phenmedipham + ethofumesate

‡ Standard errors are in parentheses

دس+ فن+ اتو = دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست

‡ خطاهای استاندارد در داخل پرانتز گزارش شده‌اند.

تعیین اثرات اختلاط علف‌کشی براساس مدل کُنش پیوسته ADM

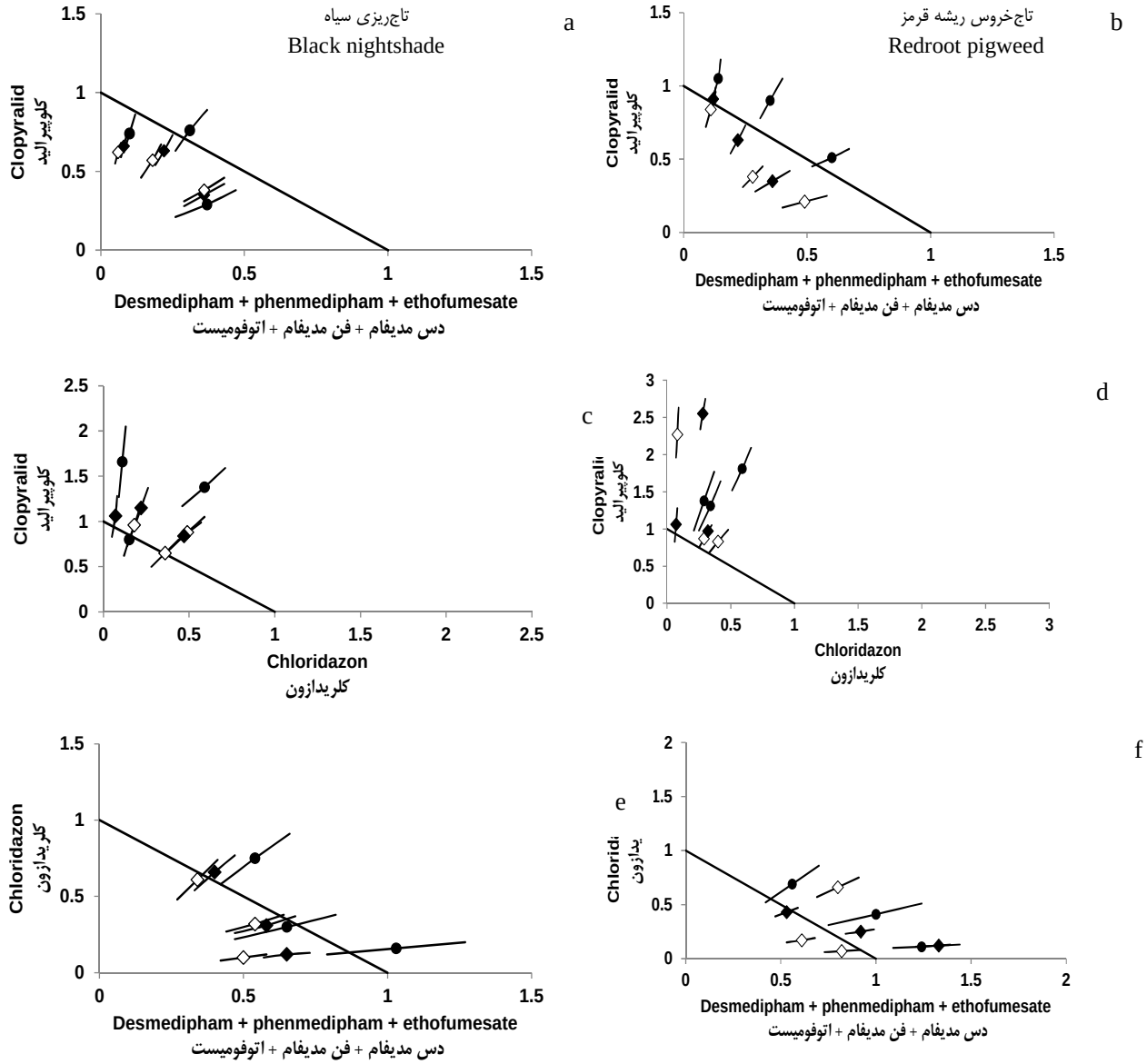
در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه تمامی مشاهدات بجز یکی از مشاهدات در سطح پاسخ ED_{50} (نسبت اختلاط ۵۰:۵۰) در درون خط آیزوبول قرار گرفتند و بر اساس ۹۵ درصد فاصلهٔ قابل اطمینان جانبی کمتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM بودند، بدین معنی که اختلاط‌ها فعال‌تر و مؤثرتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM صرفنظر از سطح پاسخ بودند. این نتایج بدین معنی است که دُزهای ED_{80} و ED_{90} بدست آمده برای علف‌کش‌های اختلاط یافته بسیار کمتر از مقدار دُزهای بکار رفته در کاربرد خالص علف‌کش‌هاست و این امر نشان می‌دهد که اختلاط انجام گرفته بین علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه کاملاً از حالت هم‌افزایی تبعیت کرده است و با افزایش نسبت علف‌کش دس‌مدیفام + فن-مدیفام + اتوفومیست در اختلاط با علف‌کش کلوپیرالید این اثر مشهودتر بود (شکل ۳ a).

در اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه، مشاهدات ۷ نسبت اختلاط بیرون از خط آیزوبول و ۲ نسبت اختلاط بر روی خط آیزوبول قرار گرفتند. در سطح پاسخ ED_{50}، مشاهدات بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM بودند و تنها یکی از آنها (نسبت اختلاط ۵۰:۵۰) روی خط آیزوبول قرار گرفت. در سطوح پاسخ ED_{80} و ED_{90} یکی از مشاهدات آنها روی خط آیزوبول قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری با ADM نداشت در سطح پاسخ ED_{80} تنها نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ و در سطح پاسخ ED_{90} نیز فقط نسبت اختلاط (۲۵:۷۵) به طور معنی‌داری بیرون از خط آیزوبول قرار گرفت (شکل ۳ c). بنابراین در اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید اثرات اختلاط علف‌کشی صرفنظر از سطوح پاسخ از حالت هم‌کاهی تبعیت نمود. در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون روی علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه در سطح پاسخ ED_{50}، ۲ تا از مشاهدات بیرون و یک مشاهده درون خط آیزوبول قرار گرفته و بطور کلی هر ۳ مشاهده اختلاف معنی‌داری با خط آیزوبول براساس ۹۵ درصد فاصلهٔ اطمینان جانبی نداشتند. در سطح پاسخ ED_{80}، ۲ تا از مشاهدات درون و یک مشاهده بیرون از خط آیزوبول قرار گرفته و در کل از ۳ نسبت اختلاط ۲ نسبت اختلاط آنها اختلاف معنی‌داری با مقدار پیش‌بینی شده بر اساس ۹۵ درصد فاصلهٔ اطمینان جانبی نداشته و یکی از مشاهدات (نسبت اختلاط ۷۵:۲۵) درون خط آیزوبول قرار گرفت و دارای اثر هم‌افزایی بود. در سطح پاسخ ED_{90}، هر ۳ نسبت اختلاط درون خط آیزوبول قرار گرفته و تنها نسبت اختلاط (۷۵:۲۵) دارای اثر هم‌افزایی و ۲ نسبت دیگر این اختلاط، اختلاف معنی‌داری با خط آیزوبول براساس ۹۵ درصد فاصلهٔ اطمینان جانبی نداشتند. بطور کلی اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون از حالت افزایشی تبعیت کرد (شکل ۳ e).

در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز در سطح پاسخ ED_{50}، هر ۳ مشاهده بیرون از خط آیزوبول قرار گرفتند، بدین معنی که پاسخ‌های اختلاط بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM بودند. در سطح پاسخ ED_{80} و ED_{90} نیز مشاهدات ۲ نسبت اختلاط به‌طور معنی‌داری درون خط آیزوبول قرار گرفتند و تنها یکی از مشاهدات در نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ در سطوح پاسخ ED_{80} و ED_{90} روی خط آیزوبول قرار گرفت. در کل از ۹ مشاهده صرفنظر از سطوح پاسخ، ۳ مشاهده بیرون از خط آیزوبول، ۲ مشاهده روی خط آیزوبول و ۴ مشاهده بطور معنی‌داری پایین‌تر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با خط آیزوبول قرار گرفتند.

این امر نشان می‌دهد که اختلاط انجام گرفته بین دو علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز بسته به سطح پاسخ می‌تواند متفاوت باشد. در این مخلوط، نسبت‌های مختلف اختلاط براساس سطوح مختلف پاسخ بخوبی در طول خط آیزوبول پخش شده‌اند و هرچه از نسبت اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست کم شده و به نسبت اختلاط علف‌کش کلوپیرالید افزوده شد، مشاهدات گرایش بیشتری بسمت خط آیزوبول و بخش بیرونی آن نشان دادند (شکل ۳ b).

در اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز در سطح پاسخ ED_{50}، تمامی مشاهدات بیرون از خط آیزوبول قرار گرفتند. در سطح پاسخ ED_{80} و ED_{90} تمامی مشاهدات بیرون از خط آیزوبول قرار گرفتند و تنها یکی از مشاهدات در سطح پاسخ ED_{80} اختلاف معنی‌داری بر اساس ۹۵ درصد فاصلهٔ اطمینان جانبی با ADM نداشت. بنابراین، اختلاط دو علف‌کش کلریدازون و علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز نشان داد که اختلاط آنها بیشتر از حالت هم‌کاهی تبعیت می‌نماید (شکل ۳ d). در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز در سطح پاسخ ED_{50}، تمامی مشاهدات بطور معنی‌داری بیرون از خط آیزوبول قرار گرفتند، درحالیکه در سطح پاسخ ED_{80} و ED_{90}، تمامی مشاهدات بجز یک مشاهده (۷۵:۲۵) در سطح پاسخ ED_{80} مطابق با ADM بوده و از فرضیهٔ افزایشی دُزها تبعیت نمود.



شکل ۳- آیزوبول و اطلاعات مربوط به اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه (a) و روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (b)، اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه (c) و روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (d) و اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون روی علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه (e) و روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (f) در سطوح پاسخ ED_{50} (●)، ED_{80} (◆) و ED_{90} (◇). میله‌ها (بارها) فاصله اطمینان ۹۵ درصدی برای دُزهای ED_{50}، ED_{80} و ED_{90} تخمینی را نشان می‌دهند. دُزها روی محورهای x و y استاندارد شده‌اند، بطوریکه دُز ED_{50}، ED_{80} و ED_{90} علف‌کش های بکار رفته بصورت خالص روی ۱ ثابت شده است

Figure 3- Isoboles and data for fixed-ratio binary mixtures of desmedipham plus phenmedipham plus ethofumesate with clopyralid on black nightshade (a) and on redroot pigweed (b), mixture of chloridazon with clopyralid on black nightshade (c) and on redroot pigweed (d) and mixture of desmedipham plus phenmedipham plus ethofumesate with chloridazon on black nightshade (e) and on redroot pigweed (f) at the ED_{50} (●), ED_{80} (◆) and ED_{90} (◇) response levels. Bars indicate 95% confidence intervals for the estimated ED_{50}, ED_{80} and ED_{90} doses. The doses have been scaled so that the doses of the herbicides applied separately are 1.0

بنابراین، از ۹ مشاهده صرف‌نظر از سطح پاسخ، تنها ۴ مشاهده بیرون از خط آیزوبول قرار گرفته و سایر مشاهدات بر اساس ۹۵ درصد فاصلهٔ اطمینان جانبی مطابق با ADM بوده و از فرضیهٔ افزایشی دُزها پیروی کردند (شکل ۳ f).

از آنجایی‌که اختلاط‌های دو به دو علف‌کش‌ها در کل آزمایش های انجام گرفته از دو گروه مختلف با نحوهٔ عمل متفاوت بوده که دارای جایگاه هدف متفاوتی نیز می‌باشند، براساس مدل الگوی عمل مستقل علف‌کش‌ها، انتظار می‌رفت که دو علف‌کش مستقل از هم اثر کنند و هیچ اثر متقابلی در اختلاط وجود نداشته باشد. حال آنکه آزمایش‌ها نشان داد که مخلوط‌های علف‌کشی روی یکدیگر تأثیر گذاشته و تداخلاتی در مسیر جذب و انتقال هر یک از علف‌کش‌ها ایجاد می‌شود که این امر منجر به حالت کاهشی مخلوط دو مادهٔ شیمیایی نسبت به کاربرد تنهای هر یک از آنها می‌شود.

عوامل مختلف ساختاری و مکانیسمی نظیر گونهٔ علف‌هرز، ترکیب کوتیکول، مواد شیمیایی علف‌کشی، ویژگی‌های فرمولاسیون، محیطی که در آن برگ گسترش یافته و یا وقایع جذب رخ داده شده همگی از ویژگی‌هایی هستند که سطح تماس قطره و در نهایت جذب علف کش‌ها را کاهش می‌دهند (۱۶). علف‌کش‌های پس رویشی برای مؤثر واقع شدن باید در فرم و مقدار مناسب جذب شده و به جایگاه هدف انتقال یابند.

جذب علف‌کش‌های شاخ و برگی فرآیندی است که تحت تأثیر ترکیب کوتیکول، ویژگی‌های فرمولاسیون علف‌کش، محیطی که در آن برگ گسترش یافته و یا وقایع جذب رخ داده قرار می‌گیرد (۱۶). حضور دُز مؤثر علف‌کش در جایگاه هدف حائز اهمیت است. به دلیل رقابت علف‌کش‌ها در جذب (وجود سطح برگ کوچکتر و روزنه‌های هوایی کمتر در مرحلهٔ رشدی اولیه) هیچ یک از علف‌کش‌ها احتمالاً نتوانسته اند در دُز مؤثر به جایگاه هدف انتقال یابند. از این رو، مدت زمان زیادی نیاز بوده است تا علف‌کش‌ها در جایگاه هدف به غلظت مؤثر برسند. دوین و وَندِن بورن (۱۱) گزارش نمودند که افزایش جذب و انتقال علف‌کش گلایفوسیت به‌همراه سولفات آمونیوم منجر به کنترل بهتر علف‌هرز گاوپنبه شده بود، زیرا علف‌کش‌ها بایستی در جایگاه هدف خود در غلظت مؤثر حضور داشته باشند تا به طور مؤثری روی رشد علف‌هرز اثر داشته باشند. از طرف دیگر، زمانیکه جذب و انتقال علف‌کش‌ها کاهش می‌یابد، غلظت کمتری از هر دو علف‌کش در درون گیاه انتقال خواهند یافت و علف‌هرز فرصت دارد تا مولکول‌های علف‌کش را متابوله کند. بنابراین، در برخی از نسبت‌های اختلاط که دُز مؤثر مورد نیاز برای کاهش وزن خشک علف‌هرز نسبت به اختلاط قبلی افزایش یافته و یا کاهش نیافته است، احتمالاً علف‌کش در غلظت مؤثر به جایگاه هدف انتقال نیافته و به مقدار بیشتری از غلظت علف‌کش برای رسیدن به سطح کنترلی مورد نیاز بوده است. همچنین، اثرات متقابل علف‌کش‌های بکار رفته در مخلوط به گونه علف‌هرز هدف بستگی دارد (۲۰). سورنسِن و همکاران (۲۶) نشان دادند که ترکیب علف‌کش بنتازون با علف‌کش اسیفلورفن موجب افزایش کارایی آنها روی علف‌های‌هرز سلمه‌تره و گاوپنبه[1] شده، درحالیکه کارایی کنترل علف‌هرز تاتوره[2] و تاج‌خروس ریشه قرمز تحت تأثیر علف‌کش‌های فوق کاهش پیدا نمود. بارنز و اُلیور (۳) گزارش کردند که مخلوط کلرومورون با کلتودیم موجب کاهش کنترل سوروف و سورگوم و بروز اثرات هم‌افزایی در کنترل علف‌هرز *Brachiaria platyphylla* شد. بعلاوه، ترکیب علف‌کش‌های بازدارندهٔ استولاکتات سینتاز (ایمازاکوئین و کلریمورون) با علف‌کش های گروه دی فنیل اترها (اسیفلورفن و فومسافِن) باعث افزایش کارایی آنها بر علف‌هرز سیدا[3] شد، درحالیکه کارایی آنها در کنترل علف‌هرز توق معمولی[4] کاهش یافت (۳۲). نوع و اجزاء فرمولاسیون علف‌کش‌ها در مخلوط علف‌کشی هم می‌تواند باعث افزایش یا کاهش کارایی علف‌کش‌ها نسبت به کاربرد تنهای هر یک از علف‌کش‌ها شود. علف‌کش‌های فرموله شده محتوی جزء فعال مخلوط شده با اجزاء اصلی فرمولاسیون هستند که منجر به افزایش چسبندگی قطره سمپاشی شده روی برگ‌های گیاه، افزایش جذب و یا ممانعت از تجزیه سریع ترکیب فعال علف‌کشی می‌شوند. درصورت فرموله نشدن، علف‌کش‌ها به لحاظ بیولوژیکی به ترکیبات غیرفعال تبدیل می‌شوند (۲۰ و ۲۶). مقایسهٔ پاسخ مخلوط علف‌کشی دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش‌های کلوپیرالید بخوبی نشان داد که فرمولاسیون امولسیون شونده غلیظ در فرمولاسیون مایع قابل حل در آب علف‌کش کلوپیرالید می‌تواند روی کُنش پیوسته مخلوط تأثیر مثبتی داشته باشد، بطوریکه مشاهدات حاصل از ترکیب علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید نسبت به

1- *Abutilon theophrasti* L.
2- *Datura stramonium* L.
3- *Sida spinosa* L.
4- *Xanthium strumarium* L.

ترکیب این علف‌کش با علف‌کش کلریدازون (با فرمولاسیون پودر وِتابل مرطوب‌شونده) دارای اثراتی بیشتر از ADM و یا مطابق با ADMبود. درحالی‌که در اختلاط کلریدازون با علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و یا کلوپیرالید، فرمولاسیون پودر وِتابل مرطوب شونده موجود در ترکیب آن ممکن است سبب محدود شدن عمل پراکننده‌ها در فرمولاسیون امولسیون شونده و یا مایع قابل حل در آب شود. این امر ممکن است باعث شود تا مادهٔ مؤثره این فرمولاسیون‌ها لخته و ته نشین می‌شوند. کوتینگ و زینک (۱۹) بیان نمودند که اختلاط ۷۵ درصد از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست (بِتانال پُروگرس) با دُز توصیه شده فن‌مدیفام + اتوفومیست (بِتانال تاندِم) منجر به کنترل بسیار خوبی از علف‌های‌هرز مزارع چغندرقند می‌شود. دیل و همکاران (۹) گزارش دادند که کنترل سلمه‌تره و گونه‌های تاج‌خروس با مخلوط دس‌مدیفام + فن‌مدیفام و دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست بدون هیچ‌گونه خسارتی روی چغندرقند، افزایش یافت.

نتیجه‌گیری کلی

اختلاط علف‌کش‌های بازدارندهٔ فتوسنتز با دیگر گروه‌های علف کشی ضمن کنترل طیف وسیعتر و پیشگیری از بروز مقاومت یا تحمل در این گونه‌های علف‌هرزی می‌تواند باعث مهار بهتر علف های‌هرز مورد مطالعه شود. در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن-مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید در هر سه نسبت اختلاط مقدار دُز مورد نیاز برای کاهش۵۰، ۸۰ و ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه نسبت به کاربرد خالص هر یک از علف‌کش‌ها کاهش یافت و اثرات این اختلاط کاملاً از حالت هم افزایی پیروی کرد، بطوریکه تمام مشاهدات به‌غیر از یکی از آنها بر اساس ۹۵ درصد فاصلهٔ اطمینان جانبی زیر خط آیزوبول قرار گرفتند. اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید روی این علف‌هرز از حالت هم‌کاهی ضعیف تبعیت کرد. در صورتیکه در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون بیشتر مشاهدات روی خط آیزوبول قرار گرفته و این اختلاط بیشتر از حالت افزایشی تبعیت کرد. در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز اثرات اختلاط بسته به سطح پاسخ متفاوت بود. در اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید هم‌کاهی شدیدی در اختلاط دو علف‌کش مشاهده شد. در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون نیز سطوح پاسخ ED_{80} و ED_{90} حالت افزایشی را نشان دادند. از اینرو، در عملیات کنترلی علف‌های‌هرز بسته به نوع گونه و تراکم آن در منطقه اقدامات مدیریت خاصی انجام داد و در مورد علف‌های‌هرزی که دارای موانع ساختاری و یا مکانیسمی هستند کاربرد مویان در فرمولاسیون علف-کشی جهت جذب بهتر علف‌کش‌های اختلاط یافته و نهایتاً کنترل مناسب‌تر علف‌های‌هرز ضروری بنظر می‌رسد.

منابع

1- Abbaspoor M., Chitband A.A., Molkara M.R., and Tavakoli H. 2013. Isobolographic analysis for additive, Synergism and antagonism effects in binary mixture of glyphosate and clopyralid on *Acroptylon repense*. Journal of Plant Protection, 27(3): 294-300. (In Persian with English abstract).

2- Abdollahi F., and Ghadiri H. 2004. Effect of separate and combined applications of herbicides on weed control and yield of sugar beet. Weed Technology, 18: 968-976.

3- Barnes J.W., and Oliver L.R. 2004. Cloransulam antagonizes annual grass control with aryloxyphenoxy propionate graminicides but not cyclohexanediones1. Weed Technology, 18: 763-772.

4- Brautigram H. 1995. Does nitrogen fertilizer affect weed populations in sugar beet? PSP Pflanzenschutz-Praxis, 1: 24-26.

5- Chitband A.A., Ghorbani R., Rashed Mohassel M.H. Zare A., and Abbaspoor M. 2013. 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)*. Iranian Society of Weed Science, 9: 93-104. (In Persian with English abstract).

6- Chitband A.A., Ghorbani R., Rashed Mohassel M.H., Nassiri Mahallati M., and Abbasi R. 2015. Joint action of photosynthesis + lipid and auxin-inhibiting herbicides in sugar beet. p. 817-822. In Proceeding of the 6th Iranian

Weed Science Congress, 1-3 Sep. 2015. Birjand, Iran. (In Persian with English abstract)

7- Chitband, A.A., Abbaspoor, M. and Nabizade, M. 2012. Utilizing drc package in R software for dose-response studies: The concept and data analysis. P. 1-5. In Proceeding of the 12th Iranian Crop Sciences Congress, 4-6 Sep. 2012. Islamic Azad University, Karaj. Iran. (In Persian with English abstract).

8- Chitband A.A., Ghorbani R., Rashed Mohassel M.H., Abbaspoor M., and Abbasi, R. 2015. Reduced dose of PSII + fatty acid inhibitors herbicides and clopyralid mixtures and their chlorophyll fluorescence evaluation to control important broadleaf weeds in Sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Ph.D. Dissertation. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English abstract).

9- Dale T.M., Renner K.A., and Kravchenko A.N. 2006. Effect of herbicides on weed control and sugarbeet (*Beta vulgaris*) yield and quality. Weed Technology, 20: 150–156.

10- Devilliers B.L., Kudsk P., Smit J.J., and Mathiassen S.K. 2001. Tralkoxydim: adjuvant, MCPA and other effects. Weed Research, 41: 547-556.

11- Devine M.D., and Vanden Born W.H. 1985. Translocation and foliar activity of clopyralid and chlorsulfuron in Canada thistle and perennial sowthistle. Weed Science, 33: 524-530.

12- Dexter A.G. 1998. Weed control guide for sugar beet. *www.sbreb.org/98/weed/98p3.htm*.

13- Gamuev V.V., Vilkov V., and Repina G. 1996. Sugar beet protection based on a Betanal system. Sakharnaya Svekla, 3: 21-23.

14- Gessner P.K. 1995. Isobolographic analysis of interactions: an update on applications and utility. Toxicology, 105: 161- I79.

15- Gonik G.E., and Val'ko A.P. 1996. How to increase the effectiveness of Centurion. Sakharnaya Svekla, 1: 8-9.

16- Hatzios K.K., and Penner D. 1985. Interactions of herbicides with other agrochemicals in higher plants. Review. Weed Science, 1: 1-63.

17- Hendrick L.W., Meggitt W.F., and Penner D. 1974. Basis for selectivity of phenmedipham and desmedipham on wild mustard, redroot pigweed, and sugar beets. Weed Science, 22: 179–184.

18- Kortenkamp A., and Altenburger R. 1998. Synergisms with mixtures of xenoestrogens: A reevaluation using the method of isoboles. The Science of the Total Environment, 221: 59-73.

19- Kotting K., and Zink J. 1992. Present requirements for a beet herbicide reflected in betanal progress. Germany Gesunde Pflanzen, 44(2): 60-64.

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

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

22- Kudsk P., and Streibig J.C. 2003. Herbicides-a two edged sword. Weed Research, 43: 90–102.

23- Paradowski A., and Praczyk T. 2004. Evaluation of selected mixtures of active ingredients for weed control in sugar beet. Progress in Plant Protection, 44(2): 1004-1007.

24- Petersen J. 2004. A review on weed control in sugar beet. p. 467–515. In Inderjit (ed.) Weed Biology and Management, Dordrecht (The Netherlands). Springer Netherlands.

25- Sobye K.W., Streibig, J.C., and Cedergreen, N. 2011. Prediction of joint herbicide action by biomass and chlorophyll a fluorescence. Weed Research, 51: 23–32.

26- Sørensen V.M., Meggitt W.F., and Penner D. 1987. The interaction of acifluorfen and bentazon in herbicidal combinations. Weed Science, 35: 449–56.

27- Streibig J.C. 1988. Herbicide bioassay. Weed Research, 28: 479-484.

28- Streibig J.C., Kudsk P., and Jensen J.E. 1998. A general joint action model for herbicide mixture. Pesticide Science, 53: 21- 28.

29- Streibig J.C., and Jensen J.E. 2000. Actions of herbicides in mixtures. *In:* Herbicides and Their Mechanisms of Action. A.H. Cobb and R.C. Kirkwood, Eds., Sheffield Academic Press, Boca Raton, FL: CRC Press, 295 pp. England, UK

30- Tammes P.M.L. 1964. Isoboles, a graphic representation of synergism in pesticides. Netherland Journal of Plant Path, 70: 73-80.

31- Vencil W.K. 2002. Herbicide handbook. 8th edition. Weed Sci Society of America. Lawernce, KS. USA. p. 493.

32- Wesley M.T., and Shaw D.R. 1992. Interactions of diphenyl-ether herbicides with chlorimuron and imazaquin.

Weed Technology, 6: 345–51.

33- Zand E., Baghestani M.A., Nezamabadi N. and Shimi P. 2011. Herbicides and important weeds in Iran. University Press Center. p. 143.

34- Zhang J., Hamill A.S., and Weaver S.E. 1995. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. Weed Technology, 9: 86–90.