

کنش پیوسته علف‌کش‌های انتخابی چغندرقد در علف‌های هرز خرفه و سلمه‌تره Joint action of sugar beet selective herbicides in *Portulaca oleracea* L. and *Chenopodium album* L.

علی اصغر چیت‌بند^{۱*}، محبوبه نبی زاده^۲ و رضا قربانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۰

ع.ا. چیت‌بند، م. نبی زاده و ر. قربانی. ۱۳۹۷. کنش پیوسته علف‌کش‌های انتخابی چغندرقد در علف‌های هرز خرفه و سلمه‌تره. چغندرقد، ۳۴(۱): ۹۳-۱۰۹.
DOI: 10.22092/jsb.2018. 109471.1147

چکیده

کاربرد موفقیت آمیز علف‌کش‌ها برای کنترل انتخابی و اقتصادی علف‌های هرز بدون آسیب به محیط و گیاه زراعی یکی از موفقیت‌های مهم در کشاورزی مدرن محسوب می‌شود. به منظور پیش‌بینی اثرات افزایشی، هم‌افزایی و یا هم‌گاهی اختلاط دو به دو علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید با استفاده از مدل دُز افزایشی (ADM)، دو آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با ۱۰۵ تیمار و سه تکرار برای هر یک از علف‌های هرز خرفه و سلمه‌تره در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل هفت دُز خالص علف‌کش‌های فوق برای پنج نسبت اختلاط ۱۰۰:۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ و سه تیمار شاهد برای هر یک از نسبت‌های علف‌کشی بودند. نتایج آزمایش نشان داد که اختلاط دو به دو علف‌کش‌ها وابستگی شدیدی به عوامل مختلفی از جمله نوع گونه علف‌هرز دارد. به طوری که هر یک از گونه‌ها با داشتن خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مختلف، اثر متفاوتی را بروز دادند. بر این اساس، اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و علف‌کش کلوپیرالید در علف‌های هرز خرفه و سلمه‌تره بر اساس مدل ADM، هم‌افزایی بود. همچنین، علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و کلریدازون نیز دارای اثر هم‌افزایی در کنترل علف‌های هرز خرفه و سلمه‌تره مطابق با مدل ADM بودند. اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید دارای اثر افزایشی در علف‌هرز خرفه و اثر هم‌گاهی در علف‌هرز سلمه‌تره بود.

واژه‌های کلیدی: اختلاط دوتایی، دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، مدل دُز افزایشی، هم‌افزایی، هم‌گاهی

a.a.chitband@gmail.com

۱- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. * نویسنده مسئول

۲- کارشناس ارشد علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ایران.

۳- استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

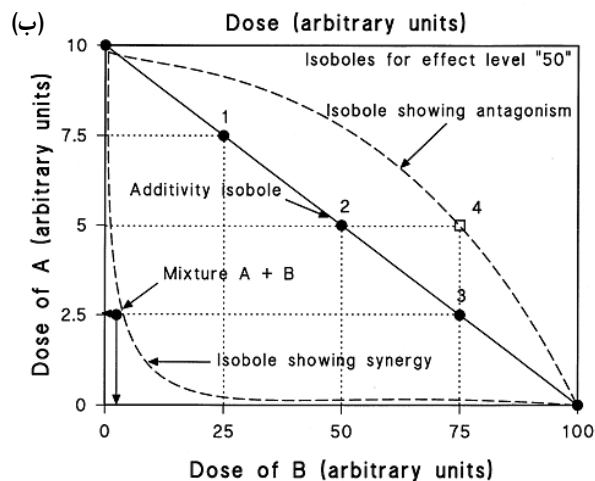
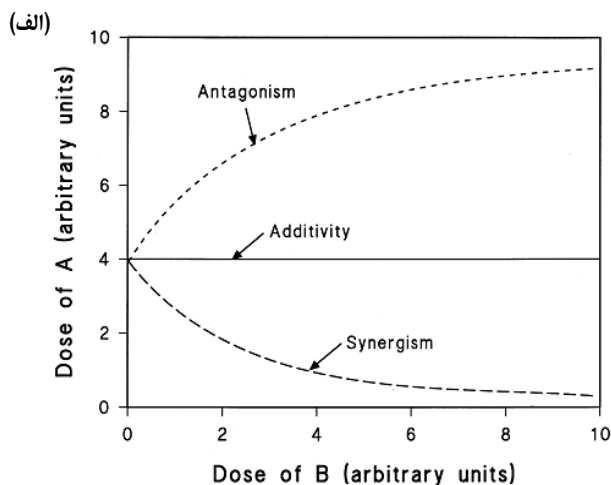
مقدمه

در حال حاضر تولید چغندرقد در سطح کشور شدیداً تحت تأثیر علف‌های هرز قرار دارد. به طوری که براساس تحقیقات انجام شده در ۱۴ استان مستعد کشت این محصول، از بین ۸۰ محدودیت مختلف شوری، خشکی، سرما، آفات و بیماری‌ها و غیره، علف‌های هرز مشکل اصلی تولید چغندرقد در تمام مناطق بوده است (Abdollahian- Noghahi 2007; Mirshekari 2008). با توجه به قدرت رقابت پایین چغندرقد در مقابل علف‌های هرز (Shahbazi and Rashed Mohassel 1999; Zafarian *et al.* 2015) و حساسیت آن به کاربرد علف‌کش‌هایی با طیف دامنه وسیع و نیز هزینه بر بودن عملیات‌های سمپاشی در طول دوره رشد چغندرقد، لازم است تا توجه بیشتری به روش‌های جایگزین از جمله شیوه‌هایی برای بهینه‌سازی کنترل علف‌های هرز و افزایش کارایی علف‌کش‌ها شود. استفاده از مخلوط علف‌کش‌ها و کاربرد مکرر مقادیر کاهش یافته علف‌کش‌ها می‌تواند جهت تحقق این امر سودمند باشد (Chitband *et al.* 2017).

در مدیریت مَدَرَن علف‌های هرز، از مخلوط علف‌کش‌ها برای کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز با حساسیت‌های متفاوت، برای به تأخیر انداختن گسترش بیوتیپ‌های مقاوم علف‌های هرز و کاهش هزینه‌های کاربرد و اثرات جانبی علف‌کش‌ها استفاده می‌شود (Streibig *et al.* 1998; Mathiassen and Kudsk 1993). در ترکیب دو یا چند علف‌کش با یکدیگر، از اصطلاح کنش پیوسته (Joint Action) برای ارتباط یک عامل بر روی عامل دیگر (اثرات متقابل = Interaction Effects) استفاده می‌شود (Damalas 2004; Chitband *et al.* 2015). نتایج اثرات متقابل بین علف‌کش‌ها، ممکن است هم‌افزایی

(Synergism = فعالیت افزایش یافته دو علف‌کش)، افزایشی (Additive = بدون فعالیت برای دو علف‌کش) و یا هم‌کاهی (Antagonism = فعالیت کاهش یافته دو علف‌کش) باشد (Morse 1978; Streibig *et al.* 1993; Verbruggen and Van den Brink 2010). آیزوبول (= Isobole = منحنی هم‌اثر) مشتق شده از کلمه ایزو؛ یکسان + بول؛ اثر (هم‌اثر) یک روش آنالیز آماری برای مشخص کردن اثر اختلاط دو ماده شیمیایی است. منحنی‌های هم‌اثر در واقع برش عرضی منحنی‌های دُز پاسخ در نسبت‌های مختلف اختلاط است. شکل ایجاد شده از منحنی‌های هم‌اثر را آیزوبولگرام (Isobologram) می‌نامند (Tammes 1964; Gessner 1995). فرم‌های کنش پیوسته عوامل شیمیایی به وسیله آیزوبول به صورت هم‌افزایی، هم‌کاهی و افزایشی طبقه‌بندی می‌شود. این اثرات در شکل (۱) نشان داده شده‌اند (Hatzios and Penner 1985; Green *et al.* 1995; Mathiassen *et al.* 2007).

به طور کلی سه مدل اثر افزایشی (Additive Effect Model = AEM، دُز افزایشی = Additive Dose Model) (ADM و مضرب بقا = Multiplicative Survival Model) (MSM) برای تعیین انواع واکنش‌های بین دو یا چند علف‌کش وجود دارد که تحت عنوان مدل‌های مرجع (Reference Models) نامیده شده‌اند (Morse 1978; Streibig *et al.* 1998; Streibig and Jensen 2000; Sørensen *et al.* 2010). در صورت عدم معنی‌دار بودن آنالیز واریانس اثر متقابل دو علف‌کش، فرض می‌شود که دو علف‌کش هیچ نوع اثر متقابلی با هم نداشته و باید دارای اثرات افزایشی باشند، این مدل تحت عنوان AEM نامیده می‌شود.



شکل ۱ تعاملات ممکن در اختلاط دو ماده شیمیایی، فعال بودن یک ماده شیمیایی (الف) و در صورت فعال بودن هر دو ماده شیمیایی (ب)

که صرف نظر از نوع گونه و علف‌کش، اثرات هم‌گاهی سه برابر بیشتر از اثرات هم‌افزایی رخ می‌دهد. وی همچنین بیان داشت که اثرات هم‌افزایی بیشتر در گونه‌های علف‌های هرز پهن‌برگ و در اختلاط‌هایی با ترکیبات علف‌کشی متعلق به گروه‌های شیمیایی یکسانی اتفاق می‌افتد. درحالی که اثرات هم‌گاهی به عدم توانایی گیاه در متابولیز دو یا تعداد بیشتری از علف‌کش‌ها مربوط می‌شود که بیشتر در خانواده‌های گندمیان، بقولات و آفتابگردان، همچنین علف‌های هرز باریک‌برگ و در مخلوط‌هایی رخ می‌دهد که علف‌کش‌ها مورد آزمون متعلق به گروه‌های شیمیایی متفاوتی باشند. این علف‌کش‌ها دارای ساختار شیمیایی، مکانیسم عمل و مسیر متابولیسمی متفاوتی‌اند (Damalas *et al.* 2006; Zhang *et al.* 1995). به‌عنوان مثال، برخی از مطالعات نشان می‌دهد کارایی باریک‌برگ‌کشی‌هایی مانند پروپاکوئیزآفوپ (Propaquizafop)، هالوکسی فوپ- متیل (Haloxypop-methyl) و ستوکسیدیم (Cycloxydim)، در ترکیب با کلریدازون کاهش پیدا کرد (Abdollahi and Ghadiri 2004). گاموو و همکاران (Gamuev *et al.* 1996) گزارش دادند که اختلاط دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست (سه لیتر در هکتار)

با فرض معنی‌دار بودن آنالیز واریانس اثر متقابل دو علف‌کش و داشتن اثرات متقابل بین آنها، از مدل‌های ADM و MSM استفاده می‌شود. مدل ADM را که معادل با مدل افزایش غلظت (Concentration Addition= CA) در نظر می‌گیرند، 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 که همان مدل عمل مستقل (Independent Action= IA) 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 دارند و هیچ یک از علف‌کش‌ها بر دیگری اثرگذار نیست. بنابراین، تفاوت اساسی بین مدل‌های MSM و ADM مربوط به این است که در ADM به مقادیر دُز توجه می‌شود در حالی که در MSM اثرات علف‌کش مد نظر است. در بسیاری از منابع از مدل ADM برای بررسی سمیت اختلاط‌های علف‌کشی استفاده می‌شود (Morse 1978; Hatzios and Penner 1985; Kudsk and Mathiassen 2004). دامالاس (Damalas 2004) گزارش داد

خلوص ۹۸ درصد قرار داده شد و سپس به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه زیر شیر آب مورد شستشو قرار گرفتند. بذور به درون پتری دیش‌هایی با قطر ۱۱ سانتی‌متر حاوی یک لایه کاغذ صافی منتقل شدند. پتری دیش‌های حاوی بذور به مدت ۷۲-۹۶ ساعت در دستگاه ژرمیناتور (Germinator (Grow Chamber, 375 L, Iran) با شرایط دمایی 3 ± 25 درجه سانتی‌گراد و شرایط فتوپریود ۱۸/۶ ساعت روشنایی/ تاریکی با شدت نور ۱۸۰۰۰ لوکس قرار گرفتند (Andersen 1968). بذور خرفه بدون تیمار با اسید نیز به مدت یک هفته درون پتری دیش‌های حاوی کاغذ صافی و آب مقطر کشت و در شرایط مناسب در یخچال نگهداری شده و پس از ظهور ساقچه و ریشه‌چه، بطور مستقیم با تراکم ده بذر در گلدان یک لیتری حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی (۱:۱:۱ v/v) در عمق نیم سانتی‌متر کاشته شدند. گیاهچه‌های هر گلدان هر دو تا سه روز از طریق زیر گلدانی آبیاری شده و در مرحله دو برگی، به چهار گیاهچه تنک شدند و به میزان ۳۰ میلی‌لیتر از محلول (۳ گرم در هزار) 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 دُزهای صفر، ۱۸/۶۹، ۳۷/۳۸، ۷۴/۷۵، ۱۴۹/۵، ۲۲۴/۲۵ و ۲۹۹/۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست (بتنال پُروگرس - اُواف، EC ۲۷/۴ درصد، تراگوسا اسپانیا (Tragusa, Spain))، صفر، ۷۱/۱۴، ۱۴۲/۲۹، ۲۸۴/۵۸، ۵۶۹/۱۶، ۸۵۳/۷۳ و ۱۱۳۸/۳۱ گرم ماده مؤثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش کلریدازون (پیرامین، WP ۶۵ درصد، بایر آلمان (Bayer Crop Science, Germany)) و صفر، ۸/۰۹، ۱۶/۱۸، ۳۲/۳۶، ۶۴/۷۲، ۹۷/۰۸ و ۱۲۹/۴۴ گرم ماده مؤثره در هکتار

با علف‌کش ستوکسیدیم (دو لیتر در هکتار) منجر به کنترل مناسبی از علف‌های هرز پهن و باریک‌برگ در اراضی چغندرقد می‌شود. یوخین و آبسترو (Yukhin and Absatrov 1996) مشخص نمودند که مخلوط فن‌مدیفام + اتوفومیست (۳/۳ لیتر در هکتار) به همراه هالوکسی فوپ (۰/۵ لیتر در هکتار) بیش از ۸۸ درصد علف‌های هرز پهن‌برگ را در مرحله دو برگی چغندرقد کنترل کرد. کاربرد هر یک از علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید در دُز توصیه شده بیش از مقدار مورد نیاز بوده و مقدار علف‌کش بیشتری را به محیط وارد می‌کند. بنابراین، هدف از اجرای این تحقیق، دستیابی به ترکیب مناسبی (کاهش دُز مصرف) از مخلوط علف‌کش‌های مورد نظر برای مهار بهتر علف‌های هرز و مطالعه اثرات افزایشی، هم‌افزایی و یا هم‌گاهی ناشی از اختلاط علف‌کش‌ها بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات اختلاط علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید بر کنترل علف‌های هرز خرفه (*Portulaca oleracea* L.) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) در مقادیر کاهش یافته، دو آزمایش دُز-پاسخ، در قالب طرح کامل 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 بر روی بذور علف‌های هرز خرفه و سلمه‌تره نشان داد که بذور خرفه فاقد خواب بوده درحالی که بذور سلمه‌تره دارای خواب می‌باشد. بنابراین به‌منظور شکست خواب، بذور سلمه‌تره به مدت ۳ دقیقه در اسید سولفوریک با

در رابطه (۱)؛ U بیانگر وزن خشک در دُز z ، d حد بالا وزن خشک در مقادیر صفر فرمولاسیون، ED_{50} (Effective Dose) مقدار فرمولاسیون لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک علف‌های هرز و b متناسب با شیب منحنی در محدوده ED_{50} می‌باشد. با پارامترگذاری مجدد در رابطه (۱)، پارامتر ED_{50} می‌تواند با هر مقداری از پارامتر ED یعنی، ED_{90} جایگزین و با استفاده از رابطه ۲ تعیین گردد (Devilliers *et al.* 2001; Mathiassen *et al.* 2007):

$$U_{ij} = \frac{D}{1 + \exp[b_i(\log(z_{ij}) + 1.99/b_i - \log(ED_{90(i)}))]} \quad (2)$$

که در آن ED_{90} بیانگر مقدار علف‌کش در غلظت اُم لازم برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز بین حدود بالا و پایین D و C می‌باشد. اختلاط دو علف‌کش در هر نسبت به کار رفته براساس مدل ADM و در هر سطح پاسخ از پیش تعریف شده (ED_{50} ، ED_{80} و ED_{90}) از رابطه (۳) محاسبه گردید (Streibig *et al.* 1998):

$$Z_A = r \cdot Z_B = z_A + r \cdot z_B \quad (3)$$

که در آن، Z_A و Z_B ، ED_x علف‌کش‌های خالص، Z_A و Z_B دُزهای علف‌کش‌ها در مخلوط است، از اینرو، $(Z_A + rZ_B)$ مخلوط به دست آمده از ED_x ، در واحدهای Z_A بیان می‌شود. همچنین، با فرضیات فوق پتانسیل نسبی (R) بین علف‌کش‌های Z_A و Z_B از رابطه (۴) به دست آمده بود:

$$R = Z_A / Z_B \quad (4)$$

پتانسیل نسبی (R) بین دو علف‌کش A و B نرخ بیولوژیکی بین علف‌کش‌ها را زمانیکه به تنهایی بکار می‌روند، بیان می‌کند. دُز ED_{50} ، ED_{80} و ED_{90} پیش‌بینی شده مخلوط‌ها مطابق با ADM (برای مثال ED_{50mix}) می‌تواند به آسانی بر پایه

ترکیب تجاری علف‌کش کلوپیرالید (لونتزل، ۳۰ SL درصد، گل‌سم گرگان (Golsam, Gorgan)) برای علف‌هرز خرفه و صفر، ۲۶/۷۴، ۵۳/۴۷، ۱۰۶/۹۴، ۲۱۳/۸۹، ۳۲۰/۸۳ و ۴۲۷/۷۷ گرم ماده مؤثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست، صفر، ۸۵/۱۱، ۱۷۰/۲۳، ۳۴۰/۴۶، ۶۸۰/۹۲ و ۱۰۲۱/۳۷ و ۱۳۶۱/۸۳ گرم ماده مؤثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش کلریدازون و صفر، ۹/۳۲، ۱۸/۶۵، ۳۷/۲۹، ۷۴/۵۸ و ۱۱۱/۸۷ و ۱۴۹/۱۶ گرم ماده مؤثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش کلوپیرالید برای علف‌هرز سلمه‌تره برای پنج نسبت اختلاط ۱۰۰:۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و صفر به ۱۰۰ به‌همراه سه تیمار شاهد برای هر یک از تیمارهای علف‌کشی فوق در نظر گرفته شد. گیاهان در مرحله ۴-۶ برگی با استفاده از سمپاش متحرک ریلی 1 Matabi 121030 Super Agro (Matabi 121030 Super Agro 2011; Agratech Services-Crop, Spraying Equipment, Rossendale, UK) مجهز به نازل بادبزی معمولی (8002 flat – fan nozzle) 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 25 ± 3 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 6 ± 45 درصد). اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده چهار هفته پس از اعمال تیمارها از روی سطح گلدها برداشت شدند و وزن تر و خشک آنها اندازه‌گیری شد و از میانگین وزن خشک در هر گلدها برای برآزش منحنی‌های آیزوبول استفاده شد. تمامی داده‌ها به طور همزمان با استفاده از محیط گرافیکی نرم افزار R (RStudio)، با مدل لجستیک سه پارامتره (رابطه ۱) برآزش داده شدند (Ritz and Streibig 2012; Chitband *et al.* 2012):

$$U = \frac{d}{1 + \exp[b(\log(z) - \log(ED_{50}))]} \quad (1)$$

گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۱۷/۹۹ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون منجر به کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز خرفه نسبت به شاهد شد. درحالی‌که در همین نسبت اختلاط، کاربرد ۵۰/۱۱ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۱۹۰/۴۸ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و ۲۱۳/۴۵ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و ۲۴/۳۰ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید چنین کنترلی را ایجاد کرد. در نسبت اختلاط ۷۵:۲۵، کاربرد ۵۵/۰۷ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز خرفه مورد نیاز بود که ۴۲/۵ درصد دُز به دست آمده برای این علف‌کش در مصرف تنها است. همچنین، نسبت اختلاط نیز مقدار دُز مورد نیاز علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست کمتر از مقدار دُز مورد نیاز علف‌کش کلریدازون در اختلاط با علف‌کش کلوپیرالید بود و این تأثیر اختلاط بهتر علف‌کش دس-مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید نسبت به اختلاط کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید بر علف‌هرز خرفه را نشان می‌دهد. براساس منحنی‌های دُز-پاسخ، کاربرد ۲۰/۷۱ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۲۳۶/۱۱ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون منجر به کنترل ۹۰ درصدی علف‌هرز خرفه شد (شکل ۲، جدول ۱). اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید بر علف‌هرز سلمه‌تره در نسبت‌های ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ به ترتیب بهتر از سایر اختلاط‌های علف‌کش‌های کلریدازون با کلوپیرالید و دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون بود، به طوری که

دُز ED_{50} علف‌کش‌های بکار رفته خالص و نسبت علف‌کش‌ها در مخلوط از رابطه (۵) محاسبه شود:

$$ED_{50mix} = ED_{50A} / (\alpha + (1 - \alpha)R) \quad (5)$$

که در آن ED_{50A} ، دُز ED_{50} علف‌کش A، α نسبت علف‌کش A در مخلوط و R پتانسیل نسبی است که در معادله ۴ بیان شد (Kudsk and Mathiassen 2004; Sobyte *et al.* 2011; Chitband *et al.* 2015).

نتایج و بحث

ارزیابی دُز-پاسخ کاربرد مخلوط علف‌کش‌ها

براساس نتایج حاصل از برازش منحنی‌های دُز-پاسخ، تأثیر اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با کلوپیرالید در تمامی نسبت‌های اختلاط بر علف‌هرز خرفه بهتر از اختلاط علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با کلریدازون و کلریدازون با کلوپیرالید بود. بر این اساس، کاربرد ۹۴/۴۳ گرم ماده مؤثره در هکتار (۸۲/۵۵ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۱۱/۸۸ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید) موجب کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک علف‌هرز خرفه در نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ شد، در حالی‌که در این نسبت اختلاط کاربرد ۱۸۵/۹۷ گرم ماده مؤثره در هکتار (۸۲/۰۳ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف-کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و ۱۰۳/۹۴ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون) و ۳۰۷/۲۴ گرم ماده مؤثره در هکتار (۲۹۶/۰۴ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و ۱۱/۲۱ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید) موجب کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک این علف‌هرز شد (شکل ۲، جدول ۱). در نسبت اختلاط ۵۰:۵۰، کاربرد ۴۱/۵۹

رفته شده دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست در مخلوط، کنترل مناسبی از علف‌هرز سلمه‌تره ایجاد گردید، بطوریکه برای کاهش ۹۰ درصدی این علف‌هرز به ۱۱۰/۳۱ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست و ۱۱۷/۰۲ گرم ماده مؤثره در هکتار از کلریدازون نیاز بود (شکل ۲، جدول ۱).

تعیین اثرات اختلاط علف‌کشی بر اساس مدل گنشی پیوسته

ADM

در اختلاط علف‌کش دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید مشاهدات ۴ نسبت اختلاط از ۹ نسبت اختلاط درون خط آیزوبول قرار گرفتند، بدین معنی که اختلاط‌ها فعال‌تر و مؤثرتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM صرف‌نظر از سطح پاسخ بودند. به طور کلی، دُزهای ED₅₀ و ED₈₀ تخمین زده شده برای ۲ نسبت اختلاط از ۳ نسبت اختلاط بر اساس ۹۵ درصد فاصله قابل اطمینان جانبی بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM بودند و تنها یکی از اختلاط‌ها (۲۵:۷۵) برای دُز ED₅₀ و اختلاط (۵۰:۵۰) برای دُز ED₈₀ انحراف معنی‌داری از خط ADM بر اساس ۹۵ درصد فاصله قابل اطمینان جانبی نداشت. درحالی‌که هر سه نسبت اختلاط برای دُزهای ED₉₀ تخمین زده شده بر اساس ۹۵ درصد فاصله قابل اطمینان جانبی کمتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM بودند و دو تا از نسبت‌های اختلاط (۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵) مطابق با خط آیزوبول و فرضیه افزایشی دُزها عمل کردند. در اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز خرفه نسبت‌های اختلاط بخوبی در طول آیزوبول پخش شدند و مشاهدات ۵ نسبت اختلاط از ۹ نسبت اختلاط بیرون خط آیزوبول

در نسبت اختلاط ۲۵:۷۵، با کاربرد ۹۸/۴۸ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست و ۱۱/۴۴ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید منجر به کنترل ۹۰ درصدی علف‌هرز سلمه‌تره و کاربرد ۶۲/۳۷ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست و ۲۱/۷۴ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید کنترل ۹۰ درصدی از علف‌هرز مذکور را باعث شد.

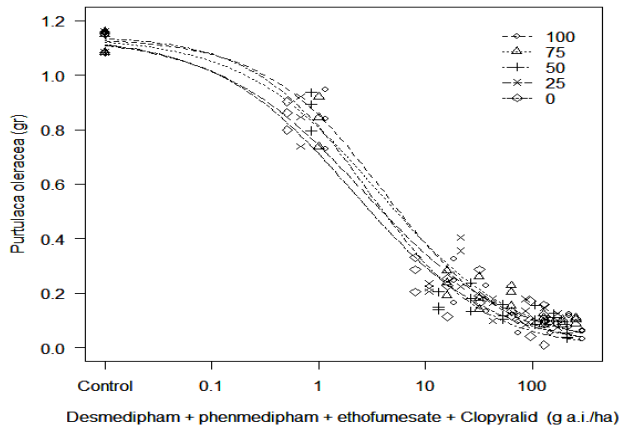
در نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ نیز کاربرد ۳۷/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست و ۳۸/۹۲ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید منجر به کنترل ۹۰ درصدی علف‌هرز سلمه‌تره نسبت به تیمار شاهد شد. در هر سه نسبت اختلاط ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ دو علف‌کش کلریدازون با کلوپیرالید کنترل رضایت‌بخشی از علف‌هرز سلمه‌تره ایجاد نشد. در این نسبت‌های اختلاط به ترتیب به ۲۷۳/۴۵، ۱۹۳/۱۲ و ۱۱۴/۲۶ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون و ۹/۹۹ و ۲۱/۴۸ و ۳۷/۵۳ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلوپیرالید برای کنترل ۹۰ درصدی علف‌هرز مذکور به کار رفت. همچنین در دو نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ علف‌کش‌های دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست با کلریدازون نیز کنترل مناسبی از علف‌هرز سلمه‌تره ایجاد نگردید. در این نسبت‌های اختلاط به ترتیب ۶۳/۲۴ و ۳۰/۱۶ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست، و ۲۰۱/۳۲ و ۲۸۷/۷۷ گرم ماده مؤثره در هکتار از کلریدازون برای دستیابی به ۹۰ درصد کاهش در وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره در مخلوط استفاده گردید. در نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ دو علف‌کش دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون به علت بالاتر بودن نسبت علف‌کش بکار

ED₉₀ نسبت‌های اختلاط (۲۵:۷۵ و ۵۰:۵۰) به ترتیب درون و روی خط آیزوبول قرار گرفته و نسبت اختلاط (۷۵:۲۵) بیرون خط آیزوبول بوده و براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی مطابق با خط آیزوبول و فرضیه دُز افزایشی بود (شکل ۳ ه).

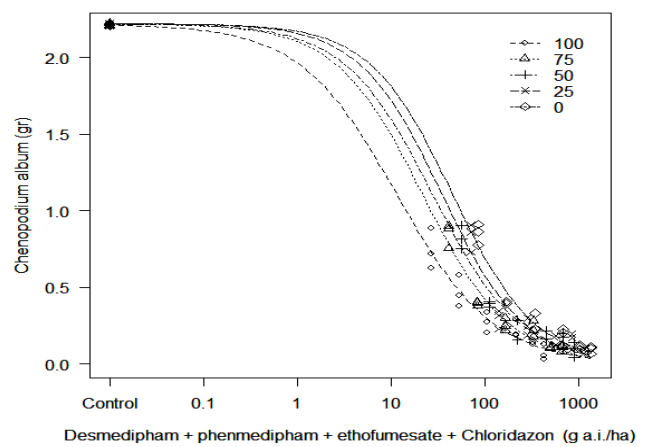
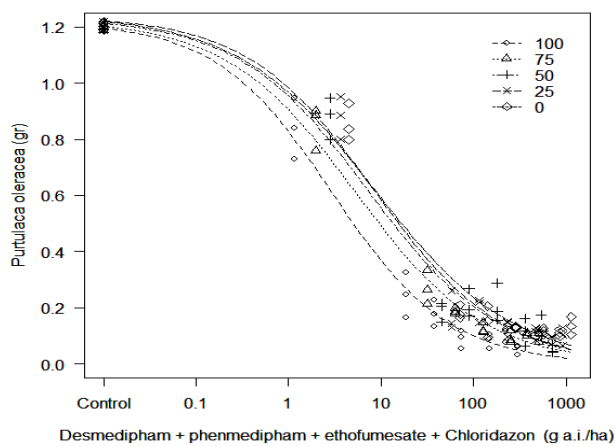
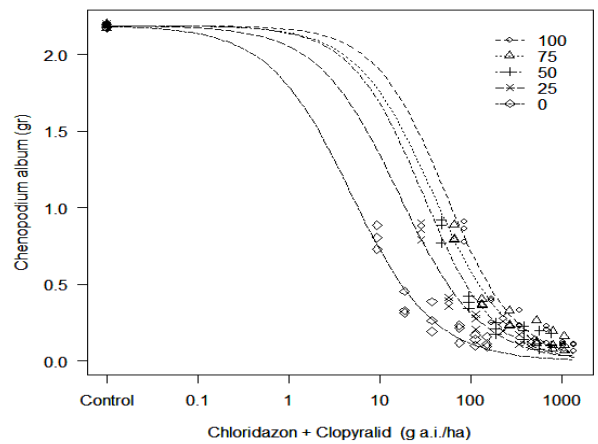
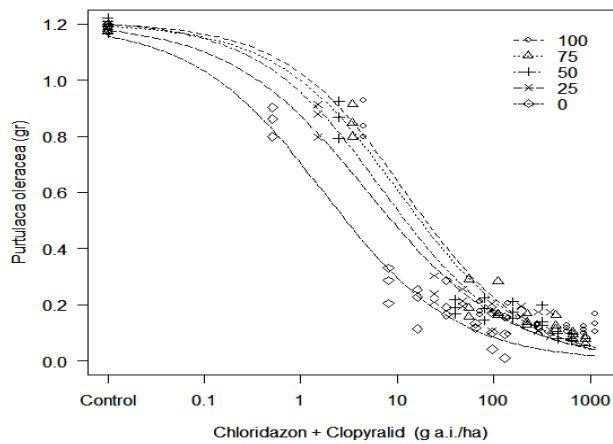
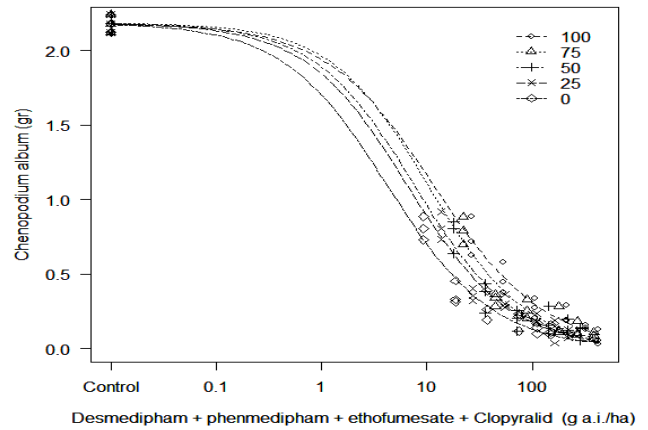
به طور کلی، اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید و علف‌کش دس‌مدیفام + فن-مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون کارایی بهتری در مقایسه با اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید نسبت به مقدار پیش‌بینی شده و مورد انتظار مطابق با ADM داشت و تفاوت بین دو اختلاط بیشتر در سطح پاسخ ED₉₀ مشهود بود. کارایی کاهش یافته اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید را می‌توان به سبب نوع فرمولاسیون و ناسازگاری فیزیکوشیمیایی که منجر به حلالیت و در نهایت نفوذ کمتر آن به درون گیاه هرز می‌شود، نسبت داد، به طوری که این ناسازگاری باعث محدودیت جذب و انتقال این مخلوط علف‌کشی می‌شود. در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز سلمه‌تره نیز نسبت‌های اختلاط بخوبی در طول آیزوبول پخش شدند. در سطح پاسخ ED₅₀، مشاهدات هر ۳ نسبت اختلاط به طور معنی‌داری براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی به ترتیب بالاتر از ED₅₀ دُز مورد انتظار مطابق با قرار گرفتند. این امر نشان می‌دهد که منحنی‌های دُز-پاسخ علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و کلوپیرالید در حالت اختلاط نسبت به کاربرد خالص آنها در سطوح پاسخ کمتری به ۵۰ درصد کاهش در وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره رسیده‌اند.

و ۳ نسبت اختلاط بر روی خط آیزوبول قرار گرفتند. در سطح پاسخ ED₅₀ دو نسبت اختلاط، دُزهای ED₅₀ بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM داشته و یکی از نسبت‌های اختلاط (۲۵:۷۵) روی خط آیزوبول قرار گرفت. هیچ‌کدام از سه نسبت اختلاط در سطح پاسخ ED₈₀، اختلاف معنی‌داری با خط آیزوبول نداشته و در سطح پاسخ ED₉₀ در ۲ نسبت اختلاط براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی دُزهای ED₉₀ ایجاد کردند که مطابق با خط آیزوبول بوده و از فرضیه افزایشی دُزها براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی تبعیت کرد و تنها در یکی از مشاهدات (۵۰:۵۰) دُزهای ED₉₀ بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM بود (شکل ۳ الف و ج). در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون روی علف‌هرز خرفه در سطح پاسخ ED₅₀ و ED₈₀، دو نسبت اختلاط دُزهای ED₅₀ بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM داشتند و یکی از نسبت‌های اختلاط (۲۵:۷۵) پاسخی کمتر از مقدار پیش‌بینی شده مطابق با ADM بدون داشتن اختلاف معنی‌داری با خط آیزوبول براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی دُزهای ED₅₀ داشتند، درحالی‌که در سطح پاسخ ED₈₀ یکی از مشاهدات (۵۰:۵۰) درون خط آیزوبول قرار گرفته و دارای پاسخ کمتر از مقدار پیش‌بینی شده با ADM براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی داشت. در سطح پاسخ ED₉₀ نسبت‌های اختلاط (۲۵:۷۵ و ۵۰:۵۰) به ترتیب درون و روی خط آیزوبول قرار گرفته و نسبت اختلاط (۷۵:۲۵) بیرون خط آیزوبول بوده و براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی مطابق با خط آیزوبول و فرضیه دُز افزایشی بود (شکل ۳ ه). در سطح پاسخ

خرغه
Portulaca oleracea



سلمه‌تره
Chenopodium album



شکل ۲ منحنی‌های دُز-پاسخ حاصل از برازش مدل سه پارامتری لُجستیک ($R^2 = 0.9786$) علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست در اختلاط با علف‌کش‌های کلریدازون و کلوپیرالید با نسبت‌های مختلف بر وزن خشک علف‌هرز خرفه (چپ) و سلمه‌تره (راست) در مرحله 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.

اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف-کش کلریدازون روی علف‌هرز سلمه‌تره در سطح پاسخ ED₅₀، تمامی مشاهدات بیرون خط آیزوبول قرار گرفته و یک مشاهده (۲۵:۷۵) براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی مطابق با ADM بود. در سطح پاسخ ED₈₀، ۲ تا از مشاهدات بیرون و یک مشاهده (۷۵:۲۵) روی خط آیزوبول قرار گرفته بود. در سطح پاسخ ED₉₀، ۲ مشاهده درون و یک مشاهده (۷۵:۲۵) بیرون خط آیزوبول قرار گرفت. بطور کلی، از ۹ مشاهده صرفنظر از سطوح پاسخ ED₅₀، ED₈₀ و ED₉₀، تنها ۲ مشاهده درون خط آیزوبول، یک مشاهده روی خط و ۶ مشاهده بیرون خط آیزوبول قرار گرفتند. در بین این مشاهدات ۳ مشاهده روی خط آیزوبول قرار گرفته و براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی مطابق با ADM بوده و از فرضیه افزایشی دُرها تبعیت نمودند، و ۵ مشاهده بیرون خط آیزوبول بوده و اثر هم‌گاهی را نشان دادند. این امر نشان می‌دهد که همانند اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید، اختلاط دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف-کش کلریدازون روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز گرایش بیشتری به بخش بیرونی خط آیزوبول و نشان از حالت هم‌گاهی داشت (شکل ۳ و).

نتایج این آزمایش نشان داد که اثرات متقابل علف‌کش‌های به‌کار رفته در مخلوط به گونه علف‌هرز هدف بستگی دارد. سورنسن و همکاران (Sorensen et al. 1987) نشان دادند که ترکیب علف‌کش بنتازون با علف‌کش اسیفلورفن موجب افزایش کارایی آنها بر روی علف‌های هرز سلمه‌تره و گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medik.) گردید، درحالی‌که کارایی کنترل علف‌هرز توق (*Datura stramonium* L.) و تاج‌خروس ریشه قرمز تحت تأثیر علف‌کش‌های فوق کاهش پیدا کرد.

حالت اختلاط نسبت به کاربرد خالص آنها در سطوح پاسخ کمتری به ۵۰ درصد کاهش در وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره رسیده‌اند. در سطح پاسخ ED₈₀ تمامی مشاهدات درون خط آیزوبول قرار گرفته ولی اختلاف معنی‌داری با خط آیزوبول براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی نداشته و از فرضیه افزایشی دُرها تبعیت نمودند. در حالی که در سطح پاسخ ED₉₀، ۲ مشاهده درون خط آیزوبول قرار گرفته و کاملاً حالت هم‌افزایی را نشان داده و یکی از مشاهدات (۷۵:۲۵) بیرون خط آیزوبول بوده و حالت هم‌گاهی ضعیفی را بروز داد. در اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز سلمه‌تره نیز بهترین پاسخ‌ها از نسبت اختلاطی بدست آمد که در آن نسبت علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست به علف‌کش کلوپیرالید بیشتر بود و در نسبت برابر و یا بالاتر علف‌کش کلوپیرالید پاسخ‌ها پراکندگی مناسبی نداشتند، بطوریکه در سطح پاسخ ED₈₀ به قسمت بالای خط آیزوبول گرایش داشته و در سطح پاسخ ED₉₀ نیز بیرون خط آیزوبول قرار گرفتند (شکل ۳ ب). در اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز سلمه‌تره تمامی مشاهدات در سطح پاسخ ED₅₀، ED₈₀ و ED₉₀، بیرون خط آیزوبول قرار گرفتند و اختلاط-ها کمتر از حد انتظار مطابق با ADM، فعال و مؤثر بودند. هر ۳ نسبت در سطح پاسخ ED₅₀، بطور معنی‌داری بالاتر از ED₅₀ دُز پیش‌بینی شده و مورد انتظار مطابق با ADM قرار داشتند. در سطح پاسخ ED₈₀ مشاهدات ۲ نسبت اختلاط بیرون از خط آیزوبول و یکی از مشاهدات (۵۰:۵۰) انحراف معنی‌داری از خط ADM براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی نداشت. در سطح پاسخ ED₉₀، نیز هر ۳ مشاهده بیرون خط آیزوبول قرار گرفته، با این تفاوت که ۲ مشاهده انحراف معنی‌داری از خط ADM براساس ۹۵ درصد فاصله اطمینان جانبی نداشتند و یک مشاهده (۵۰:۵۰) هم‌گاهی ضعیفی را نشان داد (شکل ۳ د). در

جدول ۱ مقادیر دُز مؤثر مورد نیاز علف‌کش‌های کلویرالید 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 علف‌های هرز خرفه و سلمه‌تره در مرحله چهار تا شش برگی

دُز مؤثر (گرم ماده مؤثره در هکتار) ^۱			نسبت اختلاط	علف‌کش	گونه علف‌هرز
ED ₉₀	ED ₈₀	ED ₅₀			
۱۱/۸۷۷۲ + ۸۲/۵۵۲۴ (۲/۸۵۷۵ + ۱۶/۵۹۲۵)	۳/۵۸۵۹ + ۲۴/۹۲۳۸ (۰/۴۶۴۳ + ۳/۹۴۵۷)	-/۴۶۲۸ + ۳/۲۱۶۶ (۰/۱۱۶۵ + ۰/۴۴۹۲۵)†	۲۵ : ۷۵	دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست + کلویرالید	خرفه <i>(Portulaca oleracea)</i>
۱۷/۹۹۴۲ + ۴۱/۵۸۶۵ (۴/۹۶۷۷ + ۸/۱۸۲۳)	۵/۱۷۹۵ + ۱۱/۹۷۰۵ (۰/۸۷۷۵ + ۲/۸۱۲۵)	-/۶۱۶۰ + ۱/۴۲۳۷ (۰/۲۳۷۵ + ۰/۴۴۲۵)	۵۰ : ۵۰	"	
۵۵/۰۷۰۷ + ۴۲/۴۵۹۸ (۱۵/۹۶۷۴ + ۸/۴۳۲۶)	۱۳/۶۴۷۸ + ۱۰/۵۲۳۴ (۲/۷۱۱۵ + ۲/۶۳۸۵)	۱/۲۵۸۹ + ۰/۹۷۰۸ (۰/۵۴۳۷ + ۰/۲۱۷۵)	۷۵ : ۲۵	"	
۱۱/۲۰۴۱ + ۲۹۶/۰۳۵۹ (۲/۹۹۲۵ + ۵۲/۷۶۷۵)	۳/۰۱۲۹ + ۷۹/۵۹۷۱ (۰/۸۵۲۵ + ۱۲/۹۲۷۵)	-/۳۱۹۱ + ۸/۴۳۰۹ (۰/۰۵۲۸ + ۲/۱۳۷۲)	۲۵ : ۷۵	کلریدازون + کلویرالید	
۲۴/۲۹۶۸ + ۲۱۳/۴۵۳۱ (۴/۱۸۵۵ + ۴۶/۳۸۴۵)	۶/۱۹۴۱ + ۵۴/۴۱۶۱ (۰/۹۹۵۲ + ۱۰/۵۸۴۸)	-/۵۹۹۰ + ۵/۲۶۲۳ (۰/۱۱۲۶ + ۱/۵۶۷۵)	۵۰ : ۵۰	"	
۴۴/۷۷۷۲ + ۱۳۱/۲۳۳۳ (۷/۱۵۸۳ + ۳۲/۸۳۱۷)	۱۲/۲۱۶۵ + ۳۵/۸۰۴۲ (۱/۱۰۵۵ + ۶/۸۸۴۵)	۱/۳۳۵۷ + ۳/۸۸۵۳ (۰/۲۴۶۲ + ۰/۶۸۳۸)	۷۵ : ۲۵	"	
۱۰۳/۹۳۹۹ + ۸۲/۰۳۰۱ (۱۷/۱۸۳۳ + ۱۲/۷۵۶۸)	۲۶/۰۲۸۵ + ۲۰/۵۴۱۹ (۴/۴۸۲۵ + ۳/۴۳۷۵)	۲/۴۴۲۶ + ۱/۹۲۷۷ (۰/۷۵۲۵ + ۰/۴۳۶۵)	۲۵ : ۷۵	دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست + کلریدازون	
۱۹۰/۴۷۴۰ + ۵۰/۱۰۷۸ (۴۱/۵۳۶۹ + ۱۵/۵۵۳۱)	۵۴/۹۴۶۲ + ۱۴/۴۵۴۶ (۱۰/۶۶۲۵ + ۲/۶۴۷۵)	۶/۵۶۴۵ + ۱/۷۲۶۹ (۱/۴۱۴۵ + ۰/۶۵۵۵)	۵۰ : ۵۰	"	
۲۳۶/۱۱۲۷ + ۲۰/۷۰۸۵ (۵۰/۶۳۴۵ + ۳/۵۳۵۵)	۶۹/۳۳۰۶ + ۶/۰۸۰۷ (۱۲/۶۲۷۵ + ۰/۹۸۲۵)	۸/۵۳۲۳ + ۰/۷۴۸۳ (۲/۱۵۷۳ + ۰/۱۷۳۷)	۷۵ : ۲۵	"	
۱۱/۴۳۸۷ + ۹۸/۴۸۰۶ (۲/۴۱۲۹ + ۱۲/۰۲۷۱)	۴/۷۸۳۷ + ۴۱/۱۸۵۲ (۰/۷۹۲۵ + ۳/۳۹۷۵)	۱۰۰۷۸۱ + ۹/۲۸۱۸ (۰/۱۷۶۵ + ۱/۶۹۳۵)	۲۵ : ۷۵	دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست + کلویرالید	
۳۱/۷۳۸۹ + ۶۲/۳۷۱۱ (۳/۸۷۵۴ + ۹/۴۷۴۶)	۹/۲۰۳۵ + ۲۶/۴۰۵۸ (۰/۹۳۴۵ + ۲/۵۲۵۵)	۲/۱۱۶۶ + ۶/۰۷۲۷ (۰/۶۱۶۵ + ۱/۰۶۳۵)	۵۰ : ۵۰	"	
۳۸/۹۲۰۳ + ۳۷/۲۴۹۹ (۵/۲۰۷۵ + ۴/۸۱۲۵)	۱۵/۹۷۷۸ + ۱۵/۲۹۲۰ (۱/۵۴۱۵ + ۱/۰۲۸۵)	۳/۴۸۴۵ + ۳/۳۳۵۰ (۰/۵۴۷۵ + ۰/۵۰۲۵)	۷۵ : ۲۵	"	
۹/۹۸۱۷۱ + ۲۷۳/۵۹۴۵ (۲/۱۶۵۸ + ۳۴/۵۱۴۲)	۴/۸۱۷۹ + ۱۳۳/۹۰۲۶ (۰/۷۳۵۹ + ۸/۲۵۴۱)	۱/۴۴۰۶ + ۳۹/۴۶۶۱ (۰/۱۰۵۴ + ۳/۵۱۴۶)	۲۵ : ۷۵	کلریدازون + کلویرالید	
۲۱/۱۴۴۸ + ۱۹۳/۱۱۶۱ (۳/۷۱۲۴ + ۲۷/۷۰۷۶)	۱۰/۱۶۷۷ + ۹۲/۸۶۱۷ (۲/۰۴۵۸ + ۵/۸۵۴۲)	۲/۹۰۸۳ + ۲۶/۵۶۱۷ (۰/۸۹۵۷ + ۲/۵۴۴۳)	۵۰ : ۵۰	"	
۳۷/۵۳۱۴ + ۱۱۴/۲۵۸۷ (۶/۲۴۲۵ + ۱۵/۴۰۷۵)	۱۶/۳۸۳۲ + ۴۹/۸۷۶۱ (۲/۱۶۵۰ + ۲/۸۵۵۲)	۳/۹۷۳۱ + ۱۲/۰۹۵۶ (۰/۴۹۲۵ + ۱/۴۹۷۵)	۷۵ : ۲۵	"	
۱۱۷/۰۱۸۷ + ۱۱۰/۳۰۹۹ (۱۱/۶۸۲۵ + ۱۱/۰۲۷۵)	۴۸/۴۰۷۷ + ۴۵/۶۳۲۵ (۳/۹۹۰۸ + ۳/۲۱۹۲)	۱۰/۷۰۱۷ + ۱۰/۰۸۸۲ (۱/۷۳۷۵ + ۱/۲۱۲۵)	۲۵ : ۷۵	دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست + کلریدازون	
۲۰/۱۳۱۷۳ + ۶۳/۲۴۴۸ (۲۱/۲۱۵۱ + ۱۱/۳۷۴۹)	۹۱/۵۵۰۸ + ۲۸/۷۵۹۹ (۴/۸۰۴۷ + ۲/۹۹۵۳)	۲۵/۲۸۰۶ + ۷/۹۴۱۸ (۲/۳۱۰۸ + ۱/۱۳۹۲)	۵۰ : ۵۰	"	
۲۸۷/۷۷۱۲ + ۳۰/۱۶۰۹ (۳۶/۴۸۲۹ + ۷/۴۹۷۱)	۱۲۶/۹۴۵۱ + ۱۳/۳۰۵۱ (۹/۸۱۷۵ + ۳/۲۹۲۵)	۳۱/۳۳۴۱ + ۳/۲۸۴۳ (۶/۰۴۴۴ + ۰/۳۶۵۶)	۷۵ : ۲۵	"	

* - خطاهای استاندارد در داخل پرانتز گزارش شده‌اند.

هوایی کمتر در مرحله رشدی اولیه) هیچ یک از علف‌کش‌ها احتمالاً نتوانسته‌اند 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 وندین بورن (Devine and Vanden Born 1985) گزارش نمودند که افزایش جذب و انتقال علف‌کش گلایفوسیت به‌همراه سولفات آمونیوم منجر به کنترل بهتر علف‌هرز گاوپنبه گردید، 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، زمانی که 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. نوع و اجزاء فرمولاسیون علف‌کش‌ها می‌تواند نقش محوری در جذب ماده فعال علف‌کش به گیاه بازی کند و به نظر می‌رسد که نوع فرمولاسیون در یک علف‌کش می‌تواند روی جذب ماده فعال دیگر فرمولاسیون در مخلوط علف‌کشی نیز تأثیر به‌سزایی داشته باشد (Kudsk and Mathiassen 2004). مقایسه پاسخ‌های علف‌کشی دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش‌های کلوپیرالید و کلریدازون بخوبی نشان داد که اجزای ترکیب شونده و فرمولاسیون امولسیون شونده غلیظ در فرمولاسیون مایعات حل شونده علف‌کش کلوپیرالید می‌تواند روی کنش پیوسته مخلوط تأثیر مثبتی داشته باشد، بطوریکه مشاهدات حاصل از ترکیب علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش

همچنین، نوع گونه علف‌هرز نیز در جذب و نفوذ علف‌کش‌ها به درون گیاه و نهایتاً در غلظت مؤثر به جایگاه هدف می‌تواند مهم باشد، به طوری که علف‌هرز سلمه‌تره به جهت داشتن پوشش سفید و آرد مانند خود بر روی برگ مانع از رسیدن بخشی از علف‌کش به سطح لایه کوتیکولی می‌شوند. به عبارت دیگر، علف‌کش‌ها تمام سطح برگ گیاه را پوشش نمی‌دهند. از این رو، در این گونه از علف‌های هرز نسبت به سایر علف‌های هرز برای جذب و انتقال سریع و رسیدن به دُز مؤثر در جایگاه هدف خصوصاً بر روی دستگاه فتوسنتزی، به مقدار بیشتری از علف‌کش (با توجه به مسیرهای ورودی کمتر و عدم پوشش کامل لایه کوتیکولی برگ توسط علف‌کش) نیاز است (Chitband *et al.* 2015).

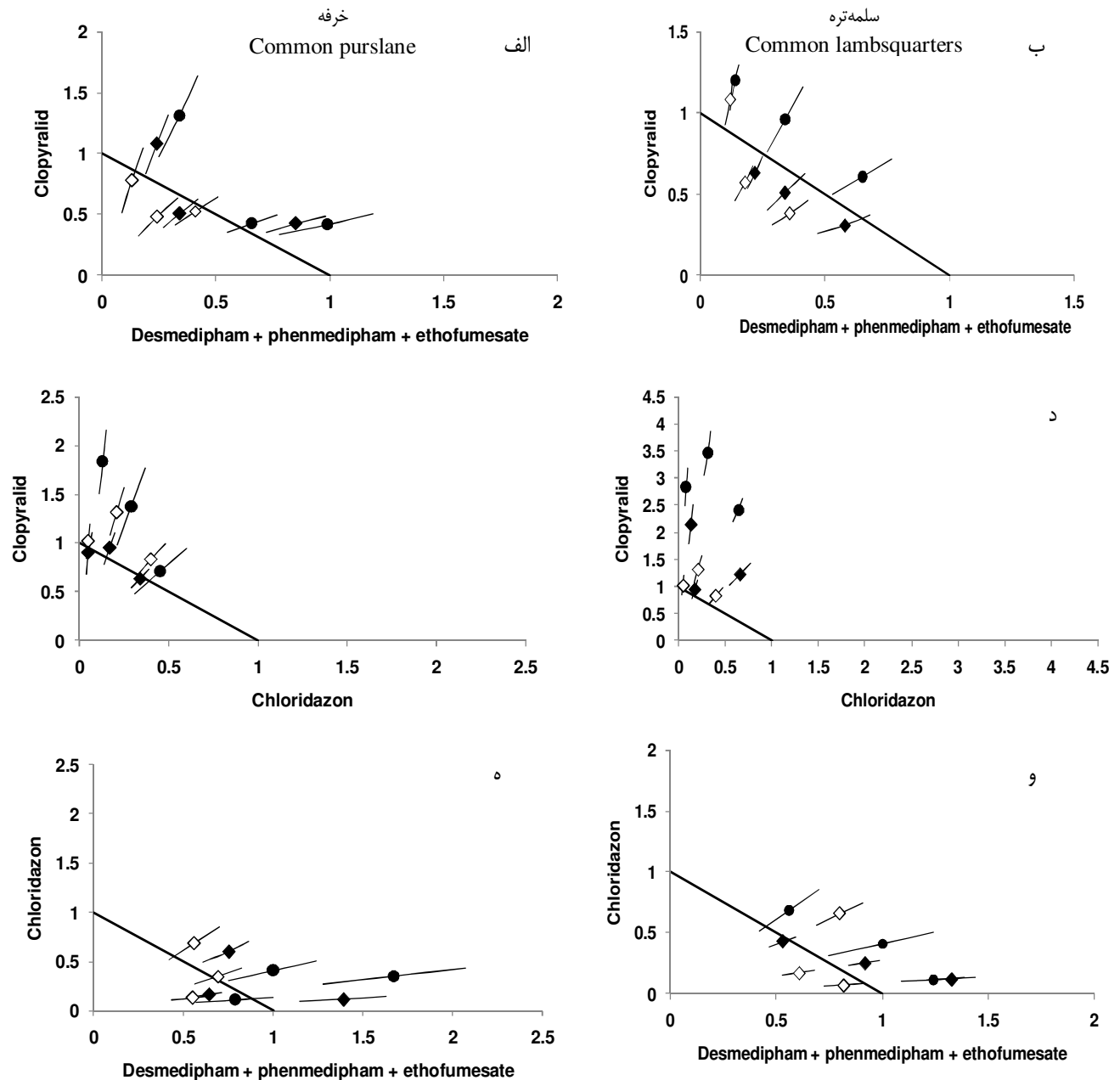
به علاوه، سطح برگ علف‌هرز سلمه‌تره از ۶۶ درصد مواد قطبی تشکیل شده در حالیکه سطح برگ علف‌های هرز تاج‌خروس ریشه قرمز و تاج‌ریزی سیاه به ترتیب دارای ۵۵ و ۱۱ درصد مواد قطبی است (Harr *et al.* 1991). همچنین، لایه موم اپیکوتیکولاری سطح برگ سلمه‌تره دارای ساختاری کریستالی است که منجر به نگاهداشت کمتر محلول سمپاشی شده علف‌کش در مقایسه با کوتیکولار صاف می‌شود (De Ruiter *et al.* 1991; Harr *et al.* 1990). از طرفی احتمال می‌رود متابولیسم سریعتر هر یک از علف‌کش‌ها در گونه‌های سلمه‌تره به دلیل جریان کمتر علف‌کش در درون گیاه نیز دلیلی بر کاربرد غلظت بیشتر علف‌کش‌ها در هر یک از نسبت‌های اختلاط برای رسیدن به غلظت مؤثر 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. حضور دُز مؤثر علف‌کش در جایگاه هدف حائز اهمیت است. به دلیل رقابت علف‌کش‌ها در جذب (وجود سطح برگ کوچکتر و روزه‌های

همکاران (Najafi et al. 2010) در منطقه خراسان رضوی، تهران و آذربایجان غربی حاکی از عدم وجود گیاه سوزی ناشی از اعمال ترکیب علف‌کش‌های تراپلوسولفورون متیل + دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون + تراپلوسولفورون متیل و کلریدازون + دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست بر روی برگ‌های چغندر قند براساس شاخص EWRS بود.

بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که اختلاط علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز با دیگر گروه‌های علف‌کشی ضمن کنترل طیف وسیع‌تر و پیشگیری از بروز مقاومت یا تحمل در این گونه‌های علف‌هرزی می‌تواند باعث مهار بهتر علف‌های-هرز مورد مطالعه شود. خصوصیات ساختاری و مکانیسمی مانند گونه علف‌هرز، ترکیب کوتیکول، مواد شیمیایی علف‌کشی، ویژگی‌های فرمولاسیون، محیطی که در آن برگ گسترش یافته و یا وقایع جذب رخ داده شده از جمله عواملی است که سطح تماس علف‌کش را کاهش و مانع از تأثیر گذاری بهتر علف‌کش می‌شوند، به طوری که با کاربرد همزمان دو علف‌کش و وجود رقابت بین آنها برای جذب و رسیدن به جایگاه هدف با مقاومت ساختاری و فیزیولوژیکی علف‌هرز مواجه شده و این امر مانع از رسیدن غلظت مؤثر هر یک از علف‌کش‌ها به جایگاه هدف و در نهایت موجب افزایش یافتن مقدار دُز هر یک از علف‌کش‌ها در مخلوط می‌شود. از این‌رو، در عملیات‌های کنترلی علف‌های‌هرز بسته به نوع گونه و تراکم علف‌هرز منطقه باید اقدامات مدیریتی خاص را اتخاذ کرد تا گونه علف‌هرز هدف به‌خوبی کنترل شود، بطوریکه در مورد علف‌های‌هرزی که دارای موانع ساختاری و یا مکانیسمی هستند بهتر است از مواد همراه و یا مویان‌هایی در فرمولاسیون علف-کشی استفاده کرد که جذب و نفوذ علف‌کش‌های اختلاط یافته را تسهیل کرده و موجبات کنترل بهتر و مناسب‌تر علف‌های‌هرز را فراهم آورد.

کلوپیرالید نسبت به ترکیب این علف‌کش با کلریدازون که فرمولاسیون آن بصورت پودرهای و تابل مرطوب‌شونده می‌باشد، دارای اثراتی بیشتر از ADM و یا مطابق با ADM بوده است. درحالی‌که در اختلاط کلریدازون با علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و یا کلوپیرالید، پودرهای و تابل مرطوب شونده موجود در ترکیب آن ممکن است سبب محدود شدن عمل پراکنده‌ها در فرمولاسیون امولسیون شونده و یا مایعات حل شونده شوند. در نتیجه ماده مؤثره فرمولاسیون امولسیون شونده و یا مایعات حل شونده لخته و ته نشین می‌شوند.

کوتینگ و زینک (Kotting and Zink 1992) بیان نمودند که مخلوط ۷۵ درصد از دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست (بتنال پُروگرس) با دُز توصیه شده فن‌مدیفام + اتوفومیست (بتنال تاندم) منجر به کنترل بسیار خوبی از علف‌های‌هرز مزارع چغندر قند می‌شود. گاموو و همکاران (Gamuev et al. 1996) بیان نمود که اختلاط کلریدازون (پیرامین) و دس-مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست (بتنال پُروگرس) در مقادیر ۴ + ۶ لیتر در هکتار در نصف دُز بکار رفته بعد از رویش علف‌های‌هرز دولپه‌ای، منجر به کنترل ۹۷ درصد آنها شد. همچنین براساس نتایج حاصل شده این آزمایش، درصد خسارت علف‌کش‌های گروه بازدارنده فتوسنتز + سنتز چربی و کلوپیرالید در حالت کاربرد خالص و مخلوط بر بوته‌های چغندر قند معنی‌دار نبود و با توجه به بالا بودن قدرت گیاه چغندر قند در بهبود خسارت ناشی از سموم در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، با گذشت زمان توانستند خسارت وارده را جبران نمایند (Chitband et al. 2017). دلیل و همکاران (Dale et al. 2006) گزارش دادند که کنترل سلمه‌تره و گونه‌های تاج‌خروس با مخلوط دس‌مدیفام + فن‌مدیفام و دس-مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست بدون هیچ‌گونه خسارتی بر روی گیاه زراعی چغندر قند، افزایش پیدا کرد. تحقیقات نجفی و



شکل ۳ آیزوبول و اطلاعات مربوط به اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز خرفه (الف) و روی علف‌هرز سلمه‌تره (ب)، اختلاط علف‌کش کلریدازون با علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌هرز خرفه (ج) و روی علف‌هرز سلمه‌تره (د) و اختلاط علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش کلریدازون روی علف‌هرز خرفه (ه) و روی علف‌هرز سلمه‌تره (و) در سطوح پاسخ ED_{50} (●)، ED_{80} (◆) و ED_{90} (◇). میله‌ها (بارها) فاصله اطمینان ۹۵ درصدی برای دُرهای ED_{50} ، ED_{80} و ED_{90} تخمینی را نشان می‌دهند. دُرهای روی محورهای X و Y استاندارد شده‌اند، به طوری که دُر ED_{50} ، ED_{80} و ED_{90} علف‌کش‌های بکار رفته بصورت خالص روی ۱ ثابت شده است.

References:**منابع مورد استفاده**

- Abdollahi F, Ghadiri H. Effect of separate and combined applications of herbicides on weed control and yield of sugar beet. *Weed Technol.* 2004; 18: 968-976.
- Abdollahian- Noghabi M. A review on growth and production of sugar beet crops in Iran during the recent years. *Journal of Sugar Beet.* 2007; 23: 197-198. (in Persian, abstract in English)
- Andersen RN. Germination and establishment of weeds for experimental purposes. *Weed Science Society of American, Urbana IL.* 1968. 26-27.
- Chitband AA, Abbaspoor M, Nabizade M. Utilizing drc package in R software for dose-response studies: The concept and data analysis. *Proceeding of the 12th Iranian Crop Sciences Congress; 2012 September 4-6; Islamic Azad University, Karaj. Iran.* (in Persian)
- Chitband AA, Ghorbani R, Nabizade M, Zaidali E. Evaluation of some broadleaf herbicides mixture doses to important broadleaf weeds control in sugar beet. *Journal of Sugar Beet.* 2017; 33: 91-101. (in Persian, abstract in English)
- Chitband AA, Ghorbani R, Rashed Mohassel MH, Nassiri Mahallati M., Abbasi R. Joint action of photosynthesis + lipid and auxin-inhibiting herbicides in sugar beet. *Proceeding of the 6th Iranian Weed Sciences Congress; 2015 September 1-3; Birjand University, Birjand. Iran.* (in Persian)
- Dale TM, Renner KA, Kravchenko AN. Effect of herbicides on weed control and sugar beet (*Beta vulgaris L.*) yield and quality. *Weed Technol.* 2006; 20: 150–156.
- Damalas CA, Dhima KV, Eleftherohorinos IG. Control of early watergrass (*Echinochloa oryzoides*) and late water grass (*Echinochloa phyllopogon*) with cyhalofop, clefoxydim, and penoxsulam applied alone and in mixture with broadleaf herbicides. *Weed Technol.* 2006; 20: 992-998.
- Damalas CA. Herbicide Tank mixtures: Common interactions. *Rev. International Journal of Agriculture and Biology.* 2004; 6: 209-212.
- De Ruiter H, Uffing AJM, Meinen E, Prins A. Influence of surfactants and plant species on leaf retention of spray solutions. *Weed Science.* 1990; 38: 567–572.
- Devilliers BL, Kudsk P, Smit JJ, Mathiassen SK. Tralkoxydim: adjuvant, MCPA and other effects. *Weed Research.* 2001; 41: 547-556.
- Devine MD, Vanden Born WH. Translocation and foliar activity of clopyralid and cholorsulfuron in Canada thistle and perennial sowthistle. *Weed Science.* 1985; 33: 524-530.
- Gamuev VV, Vilkov V, Repina G. Sugar beet protection based on a Betanal system. *Sakharnaya Svekla.* 1996; 3: 21-23.
- Gessner PK. Isobolographic analysis of interactions: an update on applications and utility. *Toxicology.* 1995; 105: 161- 179.

- Green JM, Jensen JE, Streibig JC. Models to assess joint action of pesticide mixtures. *Aspects of Applied Biology*. 1995; 41: 61-68.
- Harr J, Guggenheim R, Schulke RH, Falk RH. *Chenopodium album* L. The Leaf Surface of Major Weeds. Sandoz Agro Ltd. 1991.
- Hatzios KK, Penner D. Interactions of herbicides with other agrochemicals in higher plants. *Rev. Weed Science*. 1985; 1: 1-63.
- Kotting K, Zink J. Present requirements for a beet herbicide reflected in betanal progress. Germany, *Gesunde Pflanzen*. 1992; 44: 60-64.
- Kudsk P, Mathiassen SK. Joint action of amino acid biosynthesis inhibiting herbicides. *Weed Research*. 2004; 44: 313-322.
- Mathiassen SK, Kudsk P. Joint action of sulfonylurea herbicides and MCPA. *Weed Research*. 1993; 33: 441-447.
- Mathiassen SK, Ravn HW, Kudsk P. Is dose-splitting of graminicides as effective as a single application? *Weed Research*. 2007; 47: 252-261.
- Mirshekari B. Efficiency of empirical competition models for simulation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield at interference with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *Journal of Sugar Beet*. 2008; 24: 73-91. (in Persian, abstract in English)
- Morse PM. Some comments on assessment of joint action in herbicide mixtures. *Weed Science*. 1978; 26: 58-71.
- Najafi H, Bazoobandi M, Jafarzadeh N. Evaluation of efficacy values in herbicide various components on broadleaf weeds control of sugar beet. *Weed Research Journal*. 2010; 2(1): 43-53. (in Persian, abstract in English)
- Ritz C, Streibig JC. Dose response curves and other nonlinear curves in *Weed Science and Ecotoxicology with the add-on package drc in R*. 2012. pp. 1-51.
- Shahbazi HA, Rashed Mohassel MH. Effect of weed competition on the growth and dry matter partitioning in the sugar beet parts. *Journal of Sugar Beet*. 1999; 15: 1-19. (in Persian, abstract in English)
- Sobye KW, Streibig JC, Cedergreen N. Prediction of joint herbicide action by biomass and chlorophyll a fluorescence. *Weed Research*. 2011; 51: 23-32.
- Sørensen H, Cedergreen N, Streibig JC. A random effects model for binary mixture toxicity experiments. *Journal of Agriculture Biology and Environment. Statistics*. 2010; 15: 562-577.
- Sørensen VM, Meggitt WF, Penner D. The interaction of acifluorfen and bentazon in herbicidal combinations. *Weed Science*. 1987; 35: 449-56.
- Streibig JC, Jensen JE. *Actions of herbicides in mixtures*. Sheffield Academic Press, Boca Raton, CRC Press of England, 2000; pp. 295.
- Streibig JC, Kudsk P, Jensen JE. A general joint action model for herbicide mixture. *Pesticide Science*. 1998; 53: 21- 28.

- Streibig JC, Kudsk P. Intruduction. Sheffield Academic Press, Boca Raton, CRC Press of England, 1993; pp. 1-5.
- Tammes PML. Isoboles, a graphic representation of synergism in pesticides. Netherland Journal of Plant Path. 1964; 70: 73-80.
- Verbruggen EMJ, Van den Brink PJ. Review of recent literature concerning mixture toxicity of pesticides to aquatic organisms. RIVM, P.O. Box 1, 3720 BA Bilthoven, the Netherlands. www.rivm.nl. National Institute for Public Health and the Environment. 2010; pp. 1-36.
- Yukhin IP, Absatrov KHS. Separate post-emergence application of herbicides. Sakharnaya Svekla. 1996; (3): 21-22.
- Zafarian M, Nasirpour M, Mir Alavi V, Jahani AR. Study on efficiency of integrated weed management in sugar beet using mulch and herbicide. Journal of Sugar Beet. 2015; 31: 177-187. (in Persian, abstract in English)
- Zhang J, Hamill AS, Weaver SE. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. Weed Technol. 1995; 9: 86-90.