نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۶۲۱-۶۱۰

Journal of Plant Protection
Vol. 30, No. 4, Winter 2017, P. 610-621

استفاده از منحنی‌های هم‌اثر در بررسی اثرات مخلوط علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن در گندم (*Triticum aestivum*)

مسعود کارگر[۱]- رضا قربانی[۲*]- محمد حسن راشد محصل[۳]- مهدی راستگو[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۷

چکیده

به منظور ارزیابی اختلاط علف‌کش‌های مورد استفاده در گندم، چند آزمایش در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۳ انجام شد. در آزمایش‌های گلخانه‌ای، اثرات تیمار خالص و مخلوط علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون با پینوکسادن بر روی گونه‌های باریک برگ یولاف وحشی و علف قناری به عنوان گونه‌های محک باریک برگ در قالب طرح کاملا تصادفی بصورت فاکتوریل و با ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش مزرعه‌ای نیز در قالب طرح‌های بلوک کامل تصادفی و با ۳ تکرار اجرا شد. با توجه به اینکه در گلخانه ED_{50}های متناسبی به دست آمد لذا از دزهای توصیه شده برای آزمایش مزرعه‌ای استفاده شد. نتایج آزمایش‌های گلخانه‌ای نشان داد که کاربرد خالص علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون و پینوکسادن بر روی یولاف وحشی و علف قناری مؤثر بود. نتایج آزمایش اختلاط علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون با پینوکسادن بر روی یولاف وحشی و علف قناری نشان داد که این مخلوط دارای اثر افزایشی بر هر دو گونه می‌باشد. نتایج مزرعه‌ای نیز تقریبا هماهنگ با نتایج مزرعه‌ای بود به نحوی که بین نسبت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری در هر دو گونه یولاف وحشی و علف قناری مشاهده نشد. نتایج عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد پارامترهای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. تیمار وجین کامل و بدون وجین به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد همچنین با توجه به اینکه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد بین نسبت‌های بکار برده شده معنی‌دار نشد نتایج این بخش نیز هماهنگ با نتایج گلخانه‌ای بود و نشان داد که هیچ کدام از علف‌کش‌ها بر روی دیگری اثر نداشته است. لذا بر اساس این نتایج می‌توان این علف‌کش‌ها را برای افزایش طیف کنترلی علف‌های هرز و همچنین به تعویق انداختن مقاومت علف‌های هرز به صورت مخلوط بکار برد.

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

مقدمه

گندم یکی از اصلی‌ترین و پر ارزش‌ترین مواد غذایی بشر و مهمترین محصول زراعی ایران می‌باشد. نیاز روز افزون بشر به مواد غذایی به ویژه گندم و سعی در افزایش تولیدات کشاورزی با بهره‌گیری از روش‌های نوین از جمله مدیریت علف‌های هرز، از اهمیت خاصی برخوردار است (۱۸). مطالعات نشان داده است، میانگین خسارت ناشی از رقابت علف‌های هرز در مزارع گندم ایران حدوداً ۳۰ درصد است (۱۱).

علف‌کش‌ها به دلیل کارآیی و صرفه اقتصادی، نقش محوری در مدیریت علف‌های هرز ایفا می‌کند و امروزه با وجود مشکلات زیست محیطی و اقتصادی هنوز به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از علف‌کش‌ها در کنار سایر نهاده‌های کشاورزی منجر به افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. به عنوان مثال در آمریکا به ازا مصرف هر دلار هزینه برای علف‌کش‌ها حدود ۴ دلار درآمد اضافی عاید کشاورزان می‌شود (۱۹).

اختلاط علف‌کش‌ها امری است که مورد توجه بسیاری از کشاورزان و محققان قرار گرفته است. به عنوان مثال در مزارع ذرت ایالات متحده میزان کاربرد علف‌کش‌ها به صورت مخلوط از ۳۹٪ در سال ۱۹۸۰ به ۷۰٪ در سال ۱۹۹۲ رسیده است (۲). هدف از مخلوط مناسب این است که تأثیر ترکیب بر روی علف‌های هرز افزایش یابد بدون اینکه صدمه‌ای به محصول زراعی بزند. این می‌تواند توسط جستجو برای مخلوط‌هایی که ضریب انتخابی را افزایش دهند تحقق یابد، که به عنوان دزی که فقط ۱۰٪ بر محصول تأثیر بگذارد (ED_{10}) و دزی که ۹۰٪ از علف‌های هرز را کنترل کند (ED_{90}) تعریف می‌شود (۱۵).

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکترا، استادان و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: reza-ghorbani@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jpp.v30i4.50213

اثرات اختلاط علف‌کش‌ها می‌تواند افزایشی[1] باشد؛ یعنی در نتیجه اختلاط، دو علف‌کش هیچ تعاملی با یکدیگر نداشته باشند. همچنین اختلاط دو علف‌کش ممکن است منجر به اثرات هم‌افزایی[2] یا هم‌کاهی[3] در آن‌ها شود. اختلاط دو علف‌کش ممکن است منجر به بروز ناسازگاری‌های فیزیکی، شیمیایی، زمانی و کاربردی شود. افزایش طیف کنترل علف‌های هرز، کاهش هزینه‌های تولید محصول، کاهش فشردگی خاک از طریق کاهش تعداد عملیات سمپاشی، کاهش ورود مواد شیمیایی به محیط زیست و تأخیر در توسعه مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها همگی از مزایای استفاده از اختلاط علف‌کش‌هاست (۱۸).

استفاده فزاینده سموم و عدم وجود تنوع در نحوه عمل، آن‌ها کشاورزان را وادار به استفاده از علف‌کش‌هایی با نحوه عمل یکسان نموده است. کاربرد هم زمان پهن‌برگ‌کش‌ها و باریک‌برگ‌کش‌ها همواره به منظور کاهش دفعات سمپاشی مدنظر کشاورزان بوده است. از مرسوم‌ترین اختلاط‌های علف‌کش که در حال حاضر در مزارع گندم کشور رایج است، کاربرد مخلوط کلودینافوپ پروپارژیل و تری بنورون متیل است که در پاره‌ای از نقاط باعث بروز مقاومت علف‌های هرز گندم شده است (۶). استفاده مداوم از علف‌کش‌ها باعث بروز مقاومت در بیش از ۱۸۳ گونه علف هرز از سال ۱۹۷۰ تاکنون شده است. همچنین کاربرد مداوم بازدارنده‌های استیل کوآنزیم‌آ کربوکسیلاز (ACCase) منجر به بروز مقاومت در ۳۵ گونه علف هرز باریک برگ در ۲۷ کشور شده است (۴). در کاربرد این دو گروه از علف‌کش‌ها اشلی و همکاران دریافتند که عملکرد ذرت در سال ۱۹۹۶ بطورکلی نشان داد که کنترل مناسبی از علف‌های هرز به وسیله تیمارهای مخلوط ستوکسیدیم با علف‌کش‌های ALS بدون صدمه به گیاه به دست آمد همچنین عملکرد تمامی تیمارها بطور معنی‌داری بیشتر از تیمار کنترل بود همچنین در آزمایشی دیگر اختلاط اسن دو خانواده علف‌کشی دارای اثر افزایشی بود. برای مثال (Liebl and Worsham) مشاهده کردند که مخلوط کلروسولفورون هیچ اثر هم‌کاهی بر جذب، انتقال و متابولیسم دایکلوفوپ متیل نداشت (۹). همچنین Montazeri (2004) دریافت که مخلوط کلودینافوپ پروپارژیل با تری بنورون متیل هیچ اثر متقابلی بر روی یکدیگر در کنترل یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu.) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) نداشتند.

هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه اثرات اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن بر روی علف‌های هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu) و علف قناری (*Phalaris minor* Retz.) و عملکرد گندم بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلخانه‌ای

به منظور ارزیابی اختلاط علف‌کش‌های مورد استفاده در گندم، چند آزمایش در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در آزمایش‌های گلخانه‌ای، اثرات تیمار خالص و مخلوط علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن بر روی گونه‌های باریک برگ یولاف وحشی و علف قناری به عنوان گونه‌های نمادین باریک برگ گندم در قالب طرح کاملا تصادفی بصورت فاکتوریل و با ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش مزرعه‌ای نیز در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۳ اجرا شد.

برای جوانه‌دار کردن علف قناری پس از قرار دادن بذرهای این گونه در اسیدسولفوریک ۹۸٪ به مدت ۵/۵ دقیقه در پتری‌دیش‌های با قطر ۹ سانتی‌متر حاوی کاغذ صافی قرار داده شدند و ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد و سپس در ژرمیناتور با دمای متناوب ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز قرار گرفتند. بذرهای یولاف وحشی نیز بدون تیمار به صورت مستقیم کشت شدند (۱۰).

بعد از جوانه‌دار شدن بذرهای علف قناری، پتری‌دیش‌ها به گلخانه منتقل شدند و قبل از انتقال گیاهچه‌ها گلدان‌ها آبیاری شدند و تعداد زیادی از بذرها در روی سطح خاک هر گلدان حاوی خاک، خاک‌برگ و ماسه بادی با نسبت حجمی مساوی با قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر قرار داده شدند و مقداری خاک بر روی بذرها ریخته و به آرامی آبیاری شدند. بعد از سبز شدن بذرها آبیاری به صورت روزانه ادامه یافت.

در مرحله دوبرگی، گیاهان به ۴ بوته در هر گلدان تنک شدند دمای گلخانه در مدت رشد، بین ۲۶ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد در طول روز و ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طول شب متغیر بود. با این روش در زمان اعمال تیمارها واحدهای آزمایشی دارای گیاهان یک اندازه بودند.

گیاهان در مرحله ۳ تا ۴ برگی کامل با استفاده از سمپاش متحرک ریلی مجهز به نازل بادبزنی معمولی با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار با فشار پاشش ۲۰۰ کیلو پاسکال (kPa) تحت تیمار قرار گرفتند. شرایط محیطی در هنگام پاشش علف‌کش‌ها یکنواخت بود. بطوری‌که دما در حین سمپاشی ۳±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶±۴۵ درصد بود.

آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی به اجرا درآمد. بطوری‌که علف‌کش‌های پینوکسادن و مزوسولفورون+ یدوسولفورون در دزهای ۰، ۶، ۱۲، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد دز توصیه شده در قالب نسبت‌های اختلاط (۰:۱۰۰)، (۲۵:۷۵)، (۵۰:۵۰)، (۷۵:۲۵) و (۱۰۰:۰) از دو علف‌کش مخلوط شدند. در این آزمایش پارامترهای درصد کنترل و وزن خشک اندازه‌گیری شدند. کل

1- Additive
2- Synergism
3- Antagonism

تیمارهایی که از مخلوط علف‌کش پینوکسادن با مزوسولفورون+ یدوسولفورون روی علف‌قناری و یولاف وحشی به عنوان گونه‌های نمونه باریک برگ در مرحله ۳ تا ۴ برگی کامل بکار برده شدند، در زیر ذکر شده است:

تیمارهای این آزمایش عبارت بودند از:

دزهای صفر دو علف‌کش به عنوان تیمارهای شاهد (بدون علف‌کش) در نظر گرفته شده بودند.

۱- علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون در مقادیر ۰، ۱/۲، ۲/۴، ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ گرم ماده مؤثره در هکتار به عنوان تیمار ۱۰۰ درصد مزوسولفورون+ یدوسولفورون

۲- علف‌کش پینوکسادن در مقادیر ۰، ۲/۸۱، ۵/۶۲، ۱۱/۲۵، ۲۲/۵، ۳۳/۷۵ و ۴۵ گرم ماده مؤثره در هکتار به عنوان تیمار ۱۰۰ درصد پینوکسادن

۳- نسبت اختلاط ۷۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰، ۰/۹، ۱/۸، ۴/۵، ۹، ۱۳/۵، ۱۸ گرم ماده مؤثره در هکتار) + ۲۵٪ پینوکسادن (به ترتیب در مقادیر ۰، ۰/۷، ۱/۴، ۲/۸۱، ۵/۶۲، ۸/۴۳ و ۱۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار).

۴- نسبت اختلاط ۵۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰، ۰/۶، ۱/۲، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) + ۵۰٪ پینوکسادن (به ترتیب در مقادیر ۰، ۱/۴، ۲/۸۱، ۵/۶۲، ۱۱/۲۵، ۱۶/۸۷ و ۲۲/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار).

۵- نسبت اختلاط ۲۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون (به ترتیب در مقادیر ۰، ۰/۳، ۰/۶، ۱/۵، ۳ ، ۴/۵ و ۶ گرم ماده مؤثره در هکتار) + ۷۵٪ پینوکسادن (به ترتیب در مقادیر ۰، ۲/۱، ۴/۲۱، ۸/۴۳، ۱۶/۸۷، ۲۵/۳ و ۳۳/۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار).

پاسخ وزن خشک علف‌های هرز مورد آزمایش به کاربرد غلظت‌های مختلف علف‌کش‌ها به کمک رگرسیون غیرخطی و با برازش معادله لجستیک ۴ پارامتره (معادله ۱) ارزیابی شد (۱۶):

$$U_{ij} = C + \frac{D-C}{1+exp[b_i(log(z_{ij}) - log(ED_{50(i)}))]} \quad \text{معادله ۱}$$

که در آن U_{ij} بیانگر وزن خشک jام که موجب پاسخ در دز iام علف‌کش (z_{ij}) می‌شود، D و C حد بالا و پایین مجانب وزن خشک در مقادیر صفر و بی‌نهایت علف‌کش، $ED_{50(i)}$ مقدار علف‌کش در غلظت iام مورد نیاز برای نصف کردن پاسخ بین حدود بالا (D) و پایین (C) و b_i متناسب با شیب منحنی در محدوده $ED_{50(i)}$ می‌باشد (۱۶).

در آنالیز داده‌ها در صورت معنی‌دار نشدن F test بین مدل‌های لجستیک سه و چهار پارامتره از مدل سه پارامتره استفاده شد که معادله آن در زیر آمده است.

$$U_{ij} = \frac{D}{1+exp[b_i(log(z_{ij}) - log(ED_{50(i)}))]} \quad \text{معادله ۲}$$

استفاده از مدل افزایش غلظت Concentration addition (۱۶) برای تعیین اثرات هم‌افزایی، هم‌کاهی و افزایشی ترکیب علف‌کش‌های مورد نظر.

مدل افزایش غلظت مدلی است خطی، که دارای پارامترهای b، c، d، e، f می‌باشد. این مدل بصورت زیر بیان می‌شود:

$$\frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} = 1 \quad \text{معادله ۳ (Equation3)}$$

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

مدل هولت[1] مدل غیر خطی است که دارای یک انحنا[2] (تحدب یا تقعر) است و دارای پارامترهای b، c، d، e، f و g است و به صورت زیر بیان می‌شود (۱۷):

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

در معادله (۴):

λ: پارامتر مربوط به اثر متقابل است و سایر پارامترها مشابه مدل افزایش غلظت است.

اگر $\lambda = 1$ حالت افزایش غلظت (افزایشی)

$\lambda > 1$ حالت تشدید کنندگی (هم‌افزایی)

$\lambda < 1$ حالت بازدارندگی (هم‌کاهی)

مدل وولوند[3] مدل غیر خطی است که دارای دو انحنا (تحدب یا تقعر) است و دارای پارامترهای b، c، d، e، f، g و h می‌باشد و بصورت زیر بیان می‌شود:

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

در معادله: η_1 و η_2 پارامترهای تعیین کننده شکل آیزوبول (تحدب منحنی هم‌اثر) هستند و تعریف سایر پارامترها مشابه مدل‌های قبلی می‌باشد (۱۷).

آزمایش مزرعه‌ای

به منظور بررسی امکان اختلاط علف‌کش پینوکسادن با مزوسولفورون+ یدوسولفورون بر روی علف‌های هرز باریک برگ در محصول گندم نیز مطالعه‌ای در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. پس از تهیه نقشه طرح، قطعه زمینی با ابعاد ۳۰×۳۰ متر قبل از کاشت با گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شده و سپس با استفاده از دیسک به صورت دوبار عمود بر هم خاک نرم شده و کلوخه‌ها خرد شد و در

1- Hewlett
2- Curvature
3- Voelund

مرحله بعد با استفاده از لولر تسطیح شد. بذرهای گندم رقم گاسکوژن توسط دستگاه خطی کار با فاصله ۲۰ سانتی پشته‌ها و بروی هر پشته ۳ ردیف با تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع کشت شد. طول و عرض کرت‌ها در این آزمایش ۶×۳ متر مربع در نظر گرفته شد. کاشت در اواخر مهرماه سال ۱۳۹۲، پس از عملیات آماده‌سازی زمین انجام شد. کود پایه مورد نیاز به دنبال انجام آزمایش خاک و قبل از کشت به زمین داده شد.

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در قسمتی از مزرعه که تمام علف‌های هرز پهن برگ آن وجین شده بودند، برای بررسی کارایی اختلاط پینوکسادن با مزوسولفورون+ یدوسولفورون بر روی علف‌های هرز باریک‌برگ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل علف‌کش پینوکسادن در دز ۰/۵ لیتر در هکتار (۱۰۰ درصد دز توصیه شده)، اختلاط علف‌کش پینوکسادن در دز ۰/۳۷۵ لیتر در هکتار (۷۵٪ دز توصیه شده) با مزوسولفورون+ یدوسولفورون در دز ۰/۳۷۵ لیتر در هکتار (۲۵٪ دز توصیه شده)، اختلاط پینوکسادن در دز ۰/۲۵ لیتر در هکتار (۵۰٪ دز توصیه شده) با مزوسولفورون+ یدوسولفورون در دز ۰/۷۵ لیتر در هکتار (۵۰٪ دز توصیه شده)، اختلاط پینوکسادن در دز ۰/۱۲۵ لیتر در هکتار (۲۵٪ دز توصیه شده) با مزوسولفورون+ یدوسولفورون در دز ۱/۱۲۵ لیتر در هکتار (۷۵٪ دز توصیه شده) و تیمار مزوسولفورون+ یدوسولفورون در دز ۱/۵ لیتر در هکتار (۱۰۰ درصد دز توصیه شده) بود. علاوه بر آن به مجموع تیمارهای آزمایشی ۲ تیمار با وجین کامل و عدم وجین علف‌های هرز به منظور مقایسه اضافه شد. بدین ترتیب هر تکرار آزمایش در بردارنده ۷ تیمار آزمایشی بود.

برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌ها در بخش آزمایش‌های مزرعه‌ای نیز قبل از کاربرد علف‌کش یک کوآدرات ثابت به ابعاد ۷۵ در ۷۵ سانتی‌متر در هر کرت با طناب مشخص شد و علف‌های هرز به تفکیک گونه و تراکم، قبل از مصرف علف‌کش، ۱۵ و ۳۰ روز بعد از مصرف شمارش و ثبت و وزن خشک گونه ها به تفکیک گونه مشخص و اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد نمونه‌برداری‌ها، پس از قطع آخرین آبیاری و رسیدگی فیزیولوژیک کامل گندم انجام شد. بدین منظور، دو ردیف کنار و یک متر ابتدا و یک متر انتها به عنوان حاشیه در نظر گرفته و بقیه سطح کرت برداشت شد و عملکرد دانه و بیولوژیک در ۲ متر مربع مورد ارزیابی قرار گرفت. برای بررسی صفات تعداد پنجه بارور، پنجه کل و ارتفاع، ۵ بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و پس از جداسازی صفات مذکور اندازه‌گیری شد. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها (با استفاده از آزمون LSD) در سطح معنی‌داری ۵ درصد با استفاده از نرم افزار نرم افزار Minitab 16.0 صورت گرفت. همچنین برای آنالیز رگرسیون از نرم افزار R استفاده شد.

نتایج و بحث

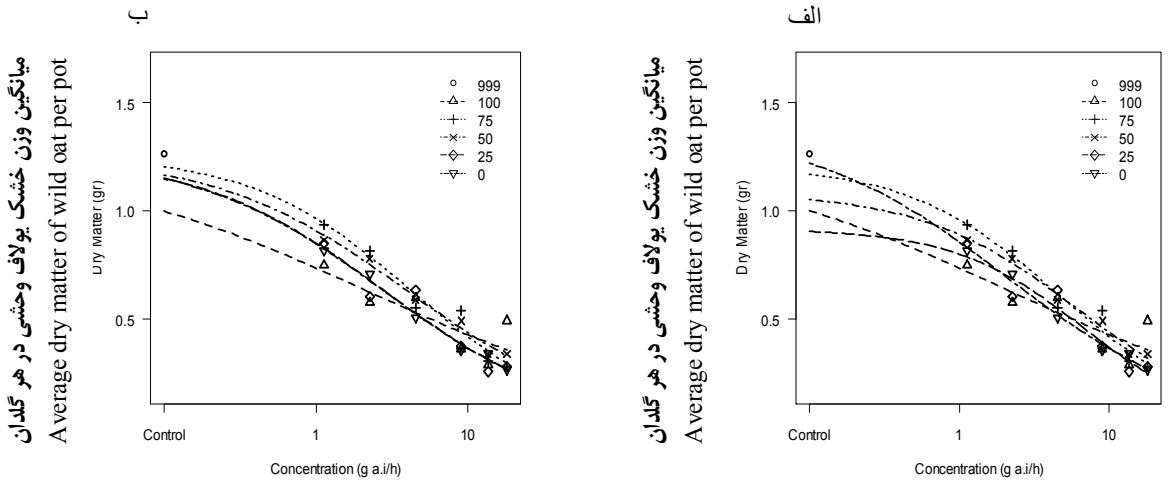
تأثیر اختلاط علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن بر وزن خشک یولاف وحشی در گلخانه

به دلیل اینکه آزمون F بین مدل لجستیک لگاریتمی سه و چهار پارامتره معنی‌دار نشد (p= ۰/۹۷)، بنابراین داده‌های وزن خشک حاصل از اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن با مدل لجستیک لگاریتمی سه پارامتره برازش داده شد. آزمون عدم برازش در سطح (P≤ ۰/۰۱) نیز برای این مدل (لجستیک لگاریتمی با سه پارامتر) معنی‌دار نشد (p= ۰/۷۸) بنابراین معلوم شد داده‌ها برازش خوبی به مدل لجستیک سه پارامتره داشتند. در کل پراکنش داده‌ها در طی منحنی نیز روند خوبی داشت (شکل ۱).

با توجه به اینکه برای رسم نمودارهای هم‌اثر[1]، بایستی حد بالا (d) و حد پایین (c) منحنی‌های دز- پاسخ در نسبت‌های مختلف اختلاط علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن یکسان باشند بنابراین از آنجایی‌که آزمون F بین مدل لجستیک ۳ پارامتره با حد بالا و پایین مستقل با مدل دوم یعنی مدل لجستیک ۳ پارامتره با حد بالا و پایین یکسان معنی‌دار نشد (P= ۰/۹۹) می‌توان از مدل ۳ پارامتره با حد بالا و پایین یکسان استفاده کرد و امکان رسم منحنی‌های هم‌اثر وجود داشت. آزمون عدم برازش، برای مدل دوم (مدل لجستیک ۳ پارامتره با حد بالا و پایین یکسان) نیز معنی‌دار نشد (P= ۰/۹۱) که نشان داد این مدل برازش خوبی به داده‌های وزن خشک یولاف وحشی در اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن داشته است.

نمودارهای هم‌اثر حاصل از اختلاط نسبت‌های مختلف مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن شامل: خط عمود (محور y) نسبت ۱۰۰٪ پینوکسادن، خط افقی (محور x) ۱۰۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و خطهای اریب (از سمت محور y) به ترتیب شامل نسبت‌های ۷۵٪ پینوکسادن و ۲۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون، ۵۰٪ پینوکسادن و ۵۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و در نهایت ۲۵٪ پینوکسادن و ۷۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون می‌باشد (شکل ۲). بر روی خطهای منقطع (نقطه چین) خطهای مشکی و توپری قرار دارد که نشان دهنده خطای استاندارد ED_{50} هر یک از نسبت‌ها می‌باشد. خط مستقیمی که تمام منحنی‌ها را قطع می‌کند خط اثر افزایش غلظت (هم‌اثر) است، نقاطی که به صورت معنی‌داری پایین‌تر از این خط قرار می‌گیرد، اثرات تشدیدکنندگی (هم‌افزا) و نقاطی که به طور معنی‌داری بالاتر از این خط قرار گیرند نشان دهنده اثرات بازدارنده (هم‌کاهی) در اختلاط دو علف‌کش می‌باشد. با توجه به اینکه تمامی دامنه تمامی خطاهای استاندارد خط هم‌اثر را قطع می کند در سطح معنی‌داری ۵ درصد اثر هیچ یک از نسبت‌ها، حالت تشدیدکنندگی و یا کاهندگی را ندارد.

1- Isobole

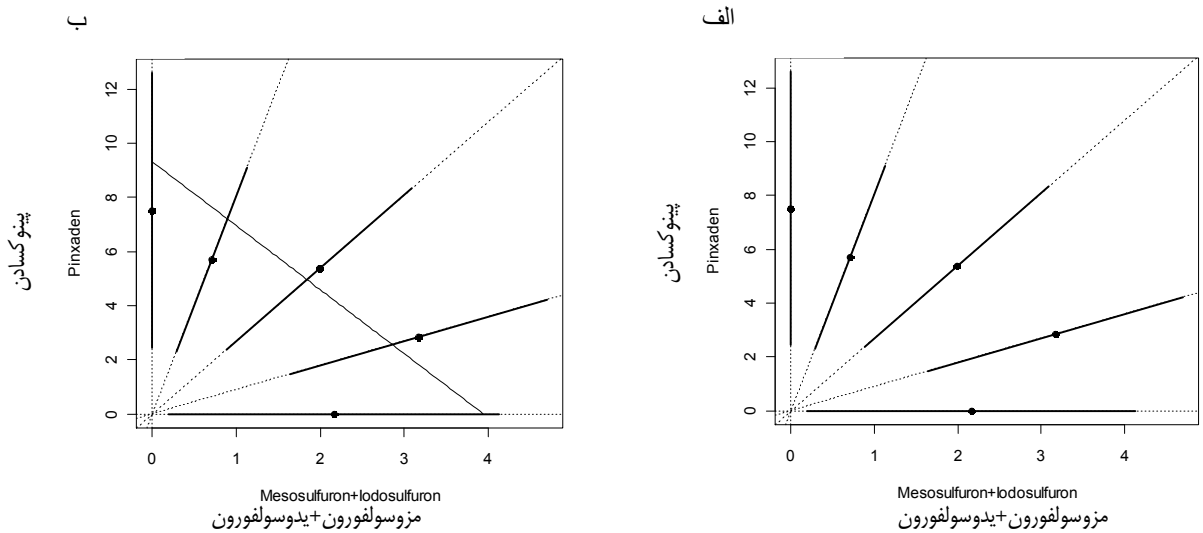


شکل ۱- برازش آزادانه مدل لجستیک سه پارامتره با حد بالا و پایین غیر یکسان (الف) و یکسان (ب) در حالت اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن. محورx مقدارهای اختلاط یافته دو علف‌کش بر حسب گرم ماده مؤثره در هکتار و محور y میانگین وزن خشک یولاف وحشی می‌باشد

۹۹۹ تیمار شاهد بدون علف‌کش، ۱۰۰ (۱۰۰٪ مزوسولفورون+یدوسولفورون)، ۷۵ (۷۵٪ مزو + ۲۵ پینوکسادن)، ۵۰ (۵۰٪ مزو + ۵۰٪ پینوکسادن)، ۲۵ (۲۵٪ مزو + ۷۵٪ پینوکسادن)، ۰ (۱۰۰٪ پینوکسادن)

Figure 1- Free fitted 3 parameter sigmoidal model with the (a) same and non- same (b) upper and lower limit in mixing mesosulfuron-methyl+iodosulfuron with pinoxaden. X-axis is mixing herbicides based on grams of active ingredient per hectare and the y-axis is of wild oat

999 control treatment without herbicides, 100 (%100 mesosulfuron-methyl+iodosulfuron), 75 (%75 mesosulfuron-methyl+iodosulfuron + %25 pinoxaden), 50 (%50 mesosulfuron-methyl+iodosulfuron + %50 pinoxaden), 25 (%25 mesosulfuron-methyl+iodosulfuron + %75 pinoxaden), 0 (%100 pinoxaden)**



شکل ۲- نمودارهای هم‌اثر (آیزوبول) اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن. (الف) مدل برازش آزادانه (Free) و (ب) مدل اثر افزایش غلظت (Concentration Addition)

Figure 2- Isobologram of mesosulfuron-methyl+iodosulfuron and pinoxaden herbicide mixtures applied on wild oat. Free (a) and Concentration Addition (CA) (b) model

در رسم نمودارهای هم‌اثر مبنا بر این است که زمانی‌که دو علف‌کش با هم مخلوط می‌شوند اختلاط دو علف‌کش به صورت افزایش غلظت[1] است و دو علف‌کش هیچ اثر متقابلی با یکدیگر نداشته و حالت تشدیدکنندگی و یا کاهندگی بر روی یکدیگر ندارند یعنی اثر دو علف‌کش در حالت اختلاط با اثر هر یک از علف‌کش‌ها در حالت خالص برابر است (۱۳) در صورتی‌که علف‌کش‌ها بر روی یکدیگر اثر بگذارند منجر به ایجاد اثر افزایشی یا کاهشی دو علف‌کش نسبت به میزان پاسخ پیش‌بینی شده خواهد شد.

در این آزمایش آزمون F بین مدل برازش آزادانه و مدل اثر افزایش غلظت معنی‌دار شد (P= ۰/۰۱۱۶) ولی بین مدل اثر افزایش غلظت و مدل غیرخطی هولت معنی‌دار نبود (P= ۰/۸). یعنی مدل خطی اثر افزایش غلظت اثر اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن را بهتر بیان می‌کند و اثر اختلاط این دو علف‌کش از مدل اثر افزایش غلظت پیروی می‌کند.

با توجه به نمودار ایزوبول مدل اثر افزایش غلظت و همچنین بر اساس ED_{50} نسبت‌های مختلف اختلاط علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن مشخص شد این دو علف‌کش بر روی هم اثر تشدیدکنندگی یا بازدارندگی ندارند و در نتیجه اثر اختلاط علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن افزایشی[2] است و اختلاط آن‌ها از مدل الگوی افزایش غلظت پیروی می‌کند در تعداد زیادی از مقالات از جمله (۷، ۸، ۱۲، ۱۳ و ۱۴) اثر کاهندگی مخلوط علف‌کش‌های بازدارنده‌های ACC*ase* با علف‌کش‌های اکسینی بیان شده است. با این وجود تعدادی مطالعات نشان دادند که کنترل علف‌های هرز در مخلوط علف‌کش‌های بازدارنده ACC*ase* با بازدارنده‌های ALS از نوع هم‌افزایی و افزایشی می‌باشد. برای مثال (Liebl and Worsham) مشاهده کردند که مخلوط کلروسولفورون هیچ اثر هم‌کاهی بر جذب، انتقال و متابولیسم دایکلوفوپ متیل نداشت (۹). همچنین Montazeri (۲۰۰۴) دریافت که مخلوط کلودینافوپ پروپارژیل با تری بنورون متیل هیچ اثر متقابلی بر روی یکدیگر در کنترل یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu.) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) نداشتند. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش و آزمایش‌های قبلی به نظر می‌رسد که مخلوط این دو علف‌کش در هر دو گونه اثری بر جذب، انتقال و متابولیسم هم نداشته‌اند و مستقل از هم عمل کرده‌اند.

همانطور که در نمودار ایزوبول وزن خشک یولاف وحشی می‌بینید ۲ تا از نسبت‌های اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن در بالای خط هم‌اثر قرار دارند و مابقی در زیر خط هم‌اثر می‌باشند. ED_{50} نسبت‌های مختلف این دو علف‌کش نشان داد که بیشترین کارایی (بیشترین شدت اثر) در کاهش وزن خشک یولاف وحشی مربوط به نسبت ۱۰۰ : ۰ مزوسولفورون+ یدوسولفورون:پینوکسادن با ED_{50}= ۲/۱۶ و کمترین کارایی (کمترین شدت اثر) در کاهش وزن خشک مربوط به نسبت ۷۵ : ۲۵ مزوسولفورون+ یدوسولفورون:پینوکسادن با ED_{50}= ۴/۲۲ بود. در مخلوط دو علف‌کش بهترین نسبت اختلاط مربوط به نسبت ۲۵ : ۷۵ مزوسولفورون+ یدوسولفورون:پینوکسادن بود، بنابراین به نظر می‌رسد که این نسبت بهترین حالت برای مخلوط این دو علف‌کش می‌باشد (جدول ۱).

اختلاط علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن بر وزن خشک علف‌قناری در گلخانه

در آزمون F مشخص شد که داده‌های وزن خشک علف قناری که به وسیله مخلوط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن تیمار شده بودند در مدل لجستیک لگاریتمی چهار پارامتره و سه پارامتره اختلاف معنی‌داری دارند (p = ۰/۰۲۲)، لذا برای برازش داده‌ها از مدل چهار پارامتره استفاده شد. از آنجایی‌که آزمون عدم برازش مدل لجستیک لگاریتمی چهار پارامتره نیز معنی‌دار نشد (p = ۰/۱۹) مشخص شد که داده‌ها برازش خوبی به این مدل داشتند. روند داده‌ها نیز در طی منحنی روند خوبی بود و نقاط در سراسر منحنی پراکنش خوبی داشتند (شکل ۳).

نتایج آنالیز داده‌ها در آزمون F بین مدل لجستیک ۴ پارامتره با حد بالا و پایین مستقل با مدل لجستیک ۴ پارامتره با حد بالا و پایین یکسان به لحاظ آماری معنی‌دار نشد (P= ۰/۵۳) که نشان می‌دهد امکان استفاده از مدل لجستیک ۴ پارامتره با حد بالا و پایین یکسان وجود دارد چرا که تعداد پارامترهای این مدل کمتر است و در صورت معنی‌دار نشدن بین دو مدل باید از مدلی استفاده شود که تعداد پارامتر کمتری دارد. آزمون عدم برازش، برای مدل لجستیک ۴ پارامتره با حد بالا و پایین یکسان) نیز معنی‌دار نشد (P= ۰/۰۸) که نشان دهنده برازش خوب داده‌ها به این مدل می‌باشد (شکل ۴).

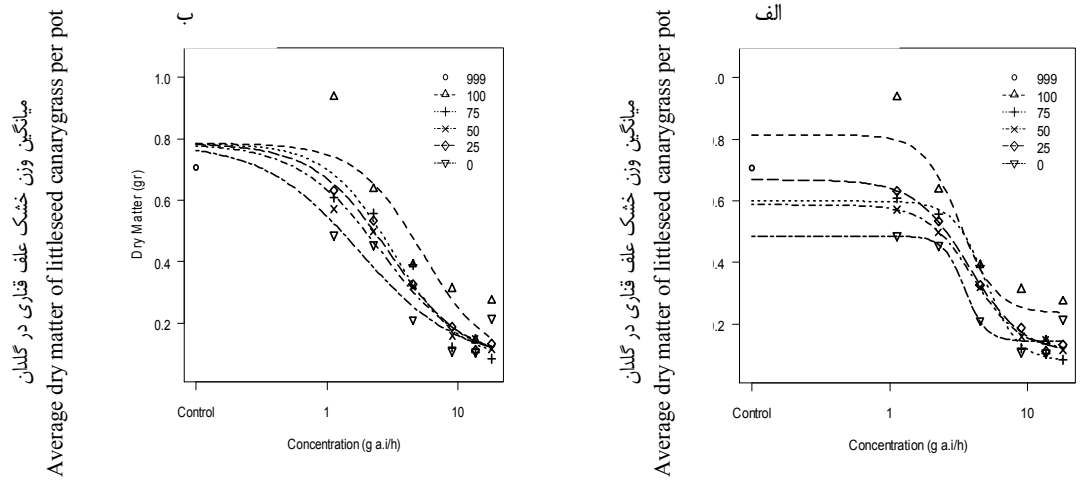
در این آزمایش آزمون F بین مدل برازش آزادانه و مدل اثر افزایش غلظت معنی‌دار شد (P= ۰/۰۱۳) ولی بین مدل اثر افزایش غلظت و مدل غیرخطی هولت معنی‌دار نبود (P= ۰/۴۲) و از آنجایی که مدل هولت دارای پارامترهای بیشتری نسبت به مدل اثر افزایش غلظت می‌باشد و در صورت معنی‌دار نشدن بین دو مدل آماری، اولویت با مدلیست که کمترین پارامتر را دارد، لذا مدل خطی اثر افزایش غلظت اثر اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن را بهتر بیان می‌کند و اثر اختلاط این دو علف‌کش از مدل اثر افزایش غلظت پیروی می‌کند و مخلوط این دو علف‌کش در کنترل علف قناری تأثیری بر هم ندارند.

1- Concentration Addition
2- Additive

جدول ۱- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های وزن خشک یولاف وحشی به معادله سیگموئیدی ۳ پارامتره در حالت برازش آزادانه با حد بالا و حد پایین یکسان در نسبت‌های مختلف

Table 1- Statistical parameters of 3- parameter sigmoidal model of mesosulfuron-methyl+iodosulfuron with pinoxaden tested on wild oat

		پارامترهای منحنی Curve parameters				
	علف‌کش Herbicide	نسبت اختلاط Mixture ratio	شیب منحنی Curve (b) SE±slope	حد بالا (d) Upper limit	حد پایین (c) Lower limit	دز مؤثر ۵۰ درصد ED_{50}
زن خشک یولاف وحشی Dry matter of wild oat	مزوسولفورون+یدوسولفورون : پینوکسادن mesosulfuron-methyl+iodosulfuron + pinoxaden	0:100	0.12±0.43	0.08±1.25	-	0.98±2.16
	"	25:75	0.15±0.81	"	-	1.01±4.22
	"	50:50	0.13±0.68	"	-	1.1±3.97
	"	75:25	0.15±0.7	"	-	0.84±2.81
	"	100:0	0.16±0.7	"	-	0.93±2.78

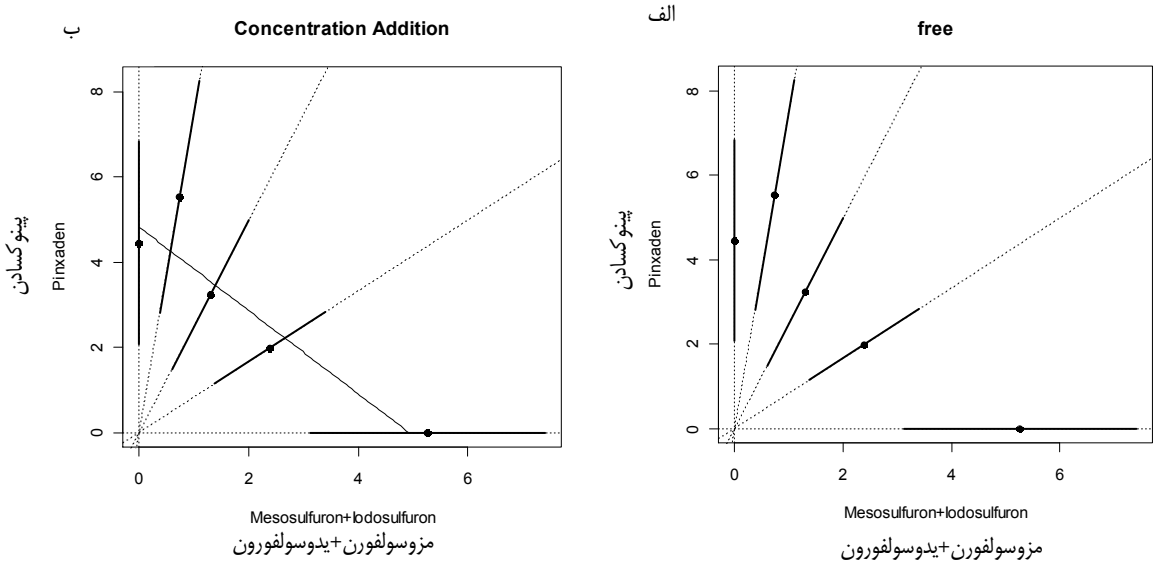


شکل ۳- برازش آزادانه مدل لجستیک چهار پارامتره با حد بالا و پایین غیر یکسان (الف) و یکسان (ب) در حالت اختلاط دو علف‌کش مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن محور x مقدارهای اختلاط یافته دو علف‌کش بر حسب گرم ماده مؤثره در هکتار و محور y وزن خشک علف‌قناری می‌باشد

**** ۹۹۹ تیمار شاهد بدون علف‌کش، ۱۰۰ (۱۰۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون)، ۷۵ (۷۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون+۲۵ پینوکسادن)، ۵۰ (۵۰٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون+۵۰٪ پینوکسادن)، ۲۵ (۲۵٪ مزوسولفورون+ یدوسولفورون+۷۵٪ پینوکسادن)، ۰ (۱۰۰٪ پینوکسادن)**

Figure 3- Free fitted 4- parameter sigmoidal model with the (a) same and non- same (b) upper and lower limit in mixing mesosulfuron-methyl+iodosulfuron with pinoxaden. X-axis is mixing herbicides based on grams of active ingredient per hectare and the y-axis is average dry matter

** 999 control treatment without herbicides, 100 (%100 mesosulfuron-methyl+iodosulfuron), 75 (%75 mesosulfuron-methyl+iodosulfuron + %25 pinoxaden), 50 (%50 mesosulfuron-methyl+iodosulfuron + %50 pinoxaden), 25 (%25 mesosulfuron-methyl+iodosulfuron + %75 pinoxaden), 0 (%100 pinoxaden)



شکل ٤- نمودار هم‌اثر (آیزوبول) لجستیک لگاریتمی ٤ پارامتره برای نشان دادن اثر اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن بر علف قناری با (a) مدل برازش آزادانه (Free) و (b) مدل اثر افزایش غلظت (Concentration Addition)

Figure 4- Isobologram of mesosulfuron-methyl+iodosulfuron and pinoxaden herbicide mixtures applied on littleseed canarygrass. Free (a) and Concentration Addition (CA) (b) model

در مثالی مشابه از این دو گروه علف‌کشی بر روی اویارسلام زرد در ذرت مقاوم به ستوکسیدیم کاربرد این علف‌کش با هالوسولفورون نشان داد که این علف‌کش‌ها بر روی هم اثر هم‌کاهی ندارند. بنابراین ۴۸ روز بعد از اعمال تیمار بدون اینکه کارایی این دو علف‌کش کاهش یابد کنترل ۹۰ تا ۱۰۰ درصدی ایجاد گردید. همچنین کنترل بالایی به وسیله ستوکسیدیم به تنهایی و در مخلوط با پرایمی سولفورون و مخلوط تجاری پرایمی سولفورون و پروسولفورون ایجاد شد. در حالی‌که کنترل ۳۶ درصدی در مخلوط هالوسولفورون با ستوکسیدیم، ۳۹٪ در مخلوط ستوکسیدیم با مخلوط تجاری دایکمبا با آترازین و ۴۸٪ در مخلوط ستوکسیدیم با بنتازون ایجاد شد (۱).

در برخی موارد، پژوهش‌های قبلی به اثر هم‌افزایی بین این باریک برگ‌کش با پهن برگ‌کش‌ها اشاره شده است که نشان دهنده این است که علف‌کش‌های سولفونیل اوره‌ها همیشه با باریک برگ‌کش‌ها آنتاگونیسم نیستند. به عنوان مثال سی‌هالوفوپ و کلیفوکسیدیم به صورت مخلوط با آزیم سولفورون در برنج به ثبت رسیده است (۵). کلرانسولام متیل نیز موجب افزایش کارایی کنترل سورگوم به وسیله علف‌کش‌های سیتوکسیدیم و کلتودیم می‌شود (۳). همچنین Jordan (۱۹۹۵) گزارش کرد که بن سولفورن به همراه فنوکساپروپ اثر هم افزایی در کنترل سوروف در مزارع برنج داشت.

نتایج حاصل از ED_{50} نسبت‌های مختلف نشان داد که بیشترین کارایی (بیشترین شدت اثر) در کاهش وزن خشک علف قناری مربوط به نسبت ۰: ۱۰۰ مزوسولفورون+ یدوسولفورون: پینوکسادن با ۱/۷۷ =ED_{50} و کمترین کارایی (کمترین شدت اثر) در کاهش وزن خشک مربوط به نسبت ۱۰۰ : ۰ مزوسولفورون+ یدوسولفورون:پینوکسادن با ۵/۲۶ =ED_{50} بود. بهترین کارایی در زمانی که علف‌کش‌ها به صورت مخلوط بکار برده شدند نسبت ۵۰:۵۰ با ۲/۵۸=ED_{50} بود (جدول ۲). که در کل در صورت تمایل به استفاده از دو علف‌کش به‌صورت مخلوط به عنوان راهکار مدیریتی می‌توان از این نسبت استفاده کرد.

کاربرد مخلوط مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن در آزمایش مزرعه‌ای

نتایج تجزیه واریانس آزمایش مزرعه‌ای مخلوط مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن نشان داد که تیمارهای به‌کار برده در این آزمایش تأثیر معنی‌داری بر روی پارامترهای اندازه‌گیری شده از علف‌های هرز باریک برگ داشتند در حالی‌که بین تکرارها (بلوک) تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۲- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های وزن خشک علف‌قناری به معادله سیگموییدی ٤ پارامتره در حالت برازش آزادانه با حد بالا و حد پایین غیر یکسان در نسبت‌های مختلف

Table 2- Statistical parameters of 3- parameter sigmoid of mesosulfuron-methyl+iodosulfuron with pinoxaden mixture tested on littleseed canarygrass

		پارامترهای منحنی Curve parameter				
	علف‌کش Herbicide	نسبت اختلاط Mixture ratio	شیب منحنی Slope SE±curve	حد بالا Upper SE±limit	حد پایین Lower SE±limit	دز مؤثر±خطای استاندارد ED_{50}±SE
وزن خشک علف‌قناری Dry matter of littleseed canarygrass	مزوسولفورون+یدوسولفورون : پینوکسادن mesosulfuron-methyl+iodosulfuron + pinoxaden	0:100	0.42±1.75	0.05±0.87۰	0.48±0.07	1.07±5.26
	"	25:75	0.48±1.7	"	-	0.67±3.18
	"	50:50	0.44±1.26	"	-	0.72±2.58
	"	75:25	0.45±1.51	"	-	0.72±2.95
	"	100:0	0.41±1.17	"	-	0.47±1.77

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده علف‌های هرز باریک برگ تیمار شده با مخلوط علف‌کش‌های مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن

Table 3- Analysis of variance and mean square of mesosulfuron-methyl+iodosulfuron and pinoxaden mixtures on grass weeds at different

گونه علف‌هرز Weed species	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	درصد کنترل (خسارت) Percent control (Damage)	درصد کاهش وزن خشک Percent dry weight reduction	درصد کاهش جمعیت Percent decrease in population
یولاف وحشی Wild oat	تیمار Treatment	6	3858**	4079.4**	3788.7**
	بلوک Block	2	13.8 ns	118.5ns	13.2 ns
	خطا Error	12	6.5	59.5	18.2
	کل Total	20			
علف‌قناری Littleseed canarygrass	تیمار Treatment	6	3751.3**	3392.4**	3927.3**/
	بلوک Block	2	10.3 ns	33.5 ns	1.1ns
	خطا Error	12	3.9	20.9	4
	کل Total	20			

ns بی معنی، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

همانطور که در جدول زیر نتایج تیمارهای مختلف مخلوط علف‌کش‌های مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن را مشاهده می‌نمایید، کاربرد این تیمارها بر روی درصد کنترل، درصد کاهش وزن خشک و درصد کاهش جمعیت تأثیر معنی‌داری داشت به نحوی که تیمار وجین کامل و بدون وجین به‌ترتیب توانستند بیشترین و کمترین اثر را در کنترل یولاف وحشی و علف قناری داشته باشند. در

مورد سایر تیمارها بعد از وجین کامل نسبت ۰:۱۰۰ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن توانست بیشترین اثر را بر پارامترهای اندازه‌گیری شده یولاف وحشی داشته باشد بطوری‌که این نسبت، یولاف وحشی را به میزان ۹۵ درصد کنترل کرد. همچنین این نسبت، وزن خشک و جمعیت یولاف وحشی را به میزان ۹۴/۸۶ و ۹۴/۶۹ درصد کاهش داد. از طرفی نیز در پارامتر درصد کنترل بین نسبت‌های مختلف این علف‌کش‌ها بجز نسبت ۷۵: ۲۵ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در کل نتایج این بخش با نتایج حاصل از نتایج گلخانه و نمودارهای هم‌اثر هماهنگ بود (جدول ۴).

پارامترهای اندازه‌گیری شده علف‌قناری نیز تقریبا با نتایج گلخانه‌ای هماهنگ بود. به‌طوری‌که بیشترین کنترل در نسبت ۰ : ۱۰۰ مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن ایجاد شد که کنترل ۹۸/۶۶ درصدی ایجاد کرد و از طرفی نیز توانست وزن خشک و جمعیت این علف‌هرز را به‌ترتیب به میزان ۹۴/۷۶ و ۹۹/۶۶ درصد کاهش دهد. این نتایج با نتایج گلخانه‌ای هماهنگ بود چرا که بیشترین کنترل در همین نسبت ایجاد شد (جدول ۴).

با توجه به اینکه نتایج آنالیز رگرسیون و نمودارهای هم‌اثر داده‌های گلخانه نشان داد که علف‌کش‌های مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن بر روی هم اثر ندارند و در نتایج مزرعه‌ای هم بین نسبت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد لذا به نظر می‌رسد اختلاط این دو علف‌کش بر روی یولاف وحشی و علف قناری از نوع افزایشی است.

Baghestani (۲۰۰۸) دریافتند که کاهش جمعیت و بیوماس علف‌های هرز باریک برگ (به ویژه علف قناری) زمانی‌که فنوکساپروپ پی اتیل به تنهایی به کار برده شد کمتر از مخلوط این علف‌کش با دیگر علف‌کش‌ها بود که اثر هم‌افزایی آشکار علف‌کش‌های پهن برگ‌کش را بر روی فنوکساپروپ پی اتیل را نشان داد. آن‌ها همچنین دریافتند که تقریبا تمامی علف‌کش‌های ACCase در مخلوط با پهن برگ‌کش‌ها، جمعیت و وزن خشک یولاف وحشی را بطور کامل کاهش دادند این امر نشان داد که که هیچ اثر هم‌کاهی بین علف‌کش‌های باریک برگ‌کش با پهن برگ‌کش مشاهده نشد (۲).

جدول ٤- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مخلوط علف‌کش‌های مزوسولفورون+ یدوسولفورون و پینوکسادن بر علف‌های هرز باریک برگ با استفاده از آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد

Table 4- Mean comparison of population and biomass reduction of grass weeds at different ratios of mesosulfuron-methyl+iodosulfuron and pinoxaden mixture on grass weed with LSD test at 5% level

گونه علف‌هرز Weed species	نسبت اختلاط (تیمارها) Mixture ratio	درصد کنترل (خسارت) Percent of control	درصد کاهش وزن خشک Biomass reduction	درصد کاهش جمعیت Population reduction
یولاف وحشی Wild oat	وجین کامل (شاهد) Hand weeding (control)	100a	100a	100a
	عدم وجین (شاهد) Without treatment (control)	0d	0c	0c
	0:100	98.33ab	99.6a	95.68ab
	75:25	82c	50.06b	84.86 b
	50:50	94.66ab	91.96a	94.32 ab
	25:75	91.66b	78.65a	89.31 ab
	100: 0	95ab	94.86 a	94.69 ab
علف‌قناری Littleseed canarygrass	وجین کامل (شاهد) Hand weeding (control)	100a	100a	100a
	عدم وجین (شاهد) Without treatment (control)	0c	0b	0d
	0:100	86.66b	81.42a	84.33c
	75:25	92.66ab	82.06a	86.66bc
	50:50	96.46a	84.26a	92.33b
	25:75	95.55a	90.63a	90.33bc
	100: 0	98.66a	94.76a	99.66a

ستون‌های جدول با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد تفاوت آماری با هم ندارند

عملکرد و اجزای عملکرد در آزمایش مزرعه‌ای

همانطور که در جدول زیر مشاهده می‌کنید اکثر پارامترهای اندازه‌گیری شده در گندم در آزمایش مزرعه‌ای بی‌معنی بودند. نتایج نشان داد که در این آزمایش تیمارها بر روی پارامترهای عملکرد دانه و بیولوژیک در سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌دار داشتند.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات)عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر کاربرد نسبت‌های مختلف اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن بر روی علف‌های هرز باریک برگ

Table 5- Variance analysis (mean square) of yield and yield components at different ratios of mesosulfuron-methyl+iodosulfuron and pinoxaden mixture on grass weed

	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	پنجه پر Full tiller	پنجه کل Total tiller	ارتفاع Height	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index
پینوکسادن +مزوسولفورون + یدوسولفورون Pinoxaden + mesosulfuron-methyl+iodosulfuron	تیمار Treatment	6	1.23 ns	1.97 ns	7.48 ns	3198105*	20385030*	29.22 ns
	بلوک Block	2	0.116 ns	0.116ns	0.34 ns	2941458ns	12068065ns	32.6ns
	خطا Error	12	2.06	3.39	5.1	819340	5197857	34.01
	کل Total	20						
	C.V		16.2	16.9	24.8	20.2	18.2	19.9

ns بی‌معنی و * معنی‌دار در سطح ۵ درصد

مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که، آزمایش کاربرد مخلوط مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن بر روی علف‌های هرز باریک برگ تیمار وجین کامل بیشترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت. تیمار بدون وجین نیز کمترین مقدار را در پارامترهای عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد. با توجه به اینکه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد بین نسبت‌های بکار برده شده معنی‌دار نشد نتایج این بخش نیز هماهنگ با نتایج گلخانه‌ای بود و نشان داد که هیچ کدام از علف‌کش‌ها بر روی دیگری اثر نداشته است. برای مثال عملکرد دانه کل در نسبت ۰:۱۰۰ ۴۱۹۱/۷ کیلوگرم در هکتار بود ولی این مقدار در نسبت ۱۰۰:۰، ۳۷۰۸/۳ کیلوگرم در هکتار بود که هر دو در یک گروه قرار داشتند و بین آن‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). این نتایج نشان داد که دو علف‌کش بر روی هم اثر چندان سوئی نداشته و احتمالا بر جذب، انتقال و متابولیسم یکدیگر اثرگذار نبوده‌اند لذا با استفاده از این اختلاط می‌توان از مزایایی دیگر اختلاط نظیر افزایش طیف کنترل علف‌های هر و تأخیر در توسعه مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها استفاده نمود (۱۹).

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در نسبت‌های مختلف اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن بر روی علف‌های هرز باریک برگ بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد

Table 6- Mean comparison of yield and yield components at different ratios of mesosulfuron-methyl+iodosulfuron and pinoxaden mixture on grass weed with LSD test in 5%

علف‌کش‌ها Herbicides	نسبت اختلاط (تیمارها) Mixture ratio	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield
مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن Pinoxaden+ mesosulfuron-methyl+iodosulfuron	وجین کامل (شاهد) Hand weeding (control)	4816.7a	14400a
	عدم وجین (شاهد) Without treatment (control)	1916.7b	6800b
	0:100	4191.1ab	11733ab
	75:25	3375ab	11733ab
	50:50	2441.7ab	8208ab
	25:75	4208.3ab	12650ab
	100:0	3708.3ab	10738ab

میانگین‌های با یک حرف مشترک در سطح معنی‌داری ۵ درصد بر اساس آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه نتایج گلخانه‌ای اختلاط مزوسولفورون+ یدوسولفورون با پینوکسادن از نوع افزایشی بود و هیچ یک از آن‌ها بر روی دیگری اثر نداشت و در آزمایش مزرعه‌ای هم همین نتایج به دست آمد احتمالا می‌توان این دو علف‌کش را بدون کاسته شدن از کارایی هر کدام در مدیریت علف‌های هرز برای به تعویق انداختن مقاومت علف‌های هرز و همچنین با توجه به وجود محدودیت کشت در اثر کاربرد آتلانتیس در زمان کاربرد تنهای این علف‌کش، از این مخلوط استفاده کرد.

منابع

1- Ashley J.E. Jr. 1998. Evaluation of weed control and crop tolerance with post-emergence herbicides in sethoxydim-tolerant corn. MSc Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
2- Baghestani M.A., Zand E., Soufizadeh S., Beheshtian M., Haghighi A., Barjasteh A., Birgani D.G., and Deihimfard R. 2008. Study on the efficacy of weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) with tank mixtures of grass herbicides with broadleaved herbicides. Crop Protection, 27:104-111.
3- Barnes J.W., and Oliver L.R. 2004. Cloransulam antagonizes annual grass control with aryloxyphenoxypropionate graminicides but not cyclohexanediones1. Weed Technology, 18:763-772.
4- Blackshaw R.E., Harker K.N., Clayton G.W., and O'Donovan J.T. 2006. Broadleaf Herbicide Effects on Clethodim and Quizalofop-P Efficacy on Volunteer Wheat (*Triticum aestivum*) Weed Technology, 20:221-226.
5- Damalas C.A., Dhima K.V., and Eleftherohorinos I.G. 2006. Control of early watergrass (*Echinochloa oryzoides*) and late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) with cyhalofop, clefoxydim, and penoxsulam applied alone and in mixture with broadleaf herbicides. Weed Technology, 20:992-998.
6- Jamali M.R., Baghestani M.A., and Feridonfar M. 2010. Efficacy of axial and traxos herbicides in weed control in barley fields of Fars province. Abstracts nineteenth Iranian Plant Protection Congress 9-12 mordad.
7- Jensen K., and Caseley J. 1990. Antagonistic effects of 2, 4-D amine and bentazone on control of *Avena fatua* with tralkoxydim. Weed Research, 30:389-395.
8- Jordan D.L. 1995. Interactions of fenoxaprop-ethyl with bensulfuron and bentazon in dry-seeded rice (*Oryza sativa*). Weed Technology, 9:724-727.
9- Liebl R., and Worsham A.D. 1987. Effect of chlorsulfuron on diclofop phytotoxicity to italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). Weed Science, 35:383–387.
10- Matus-Cadiz M.A., and Hucl P. 2005. Rapid and effective germination methods for overcoming seed dormancy in annual canarygrass. Crop Science. 45: 1696–1703.
11- Montazeri M., Zand E., and Baghestani M.A. 2004. Weed and controlling them in wheat fields in Iran. Weed Research Department, Pest and Disease Res. Ins Tehran, Iran. Pp. 85
12- Mueller T.C., Witt W.W., and Barrett M. 1989. Antagonism of johnsongrass (*Sorghum halepense*) control with fenoxaprop, haloxyfop and sethoxydim by 2, 4-D. Weed Technology, 3:86-89.
13- Olson W.A., and Nalewaja J.D. 1981. Antagonistic effects of MCPA on wild oat (*Avena fatua*) control with diclofop. Weed Science, 26:566-571.
14- Shimabukuro R.H., Walsh W.C., and Hoerauf R.A. 1986. Reciprocal antagonism between the herbicides, diclofop-methyl and 2, 4-D, in corn and soybean tissue culture. Plant Physiology, 80:612-617.
15- Streibig J.C., Kudsk P., and Jensen J.E. 1998. A general joint action model for herbicide mixture. Pestic Science, 53:21- 28.
16- Streibig J.C., and Jensen J.E. 2000. Actions of herbicides in mixtures. In Cobb, A. and Kirkwood R.C. (Eds.), Herbicides and their mechanisms of action. CRC Press.
17- Streibig J.C., and Kudsk P. 1993. Herbicide bioassay. CRC press Boca Raton Ann Arbor London, Tokyo.
18- Tavasoli R.A., Mighani F., Bagherani N., and Mirhadi M.J. 2009. Examination of dual purpose herbicides on some physiological indexes of wheat (*Triticum aestivum* L.) in different stages of phenology, 2:25-39.
19- Zand E., Mousavi S.K., and Hidari A. 2008. Herbicides and methods of their use. Jihad, Mashhad University Press.