نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۲۳۱-۲۲۳

Journal of Plant Protection
Vol. 31, No. 2, Summer 2017, P. 223-231

ارزیابی اثر مویان‌های کاتیونی و غیر یونی بر کارآیی علف‌کش‌های بازدارنده‌ی استولاکتات سینتاز در کنترل یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.)

حسین حمامی[1*] - رضا قربانی[2] - اکبر علی وردی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۱۰

چکیده

امروزه یکی از مهمترین چالش‌های مدیریت شیمیایی علف‌های هرز انتخاب مویان مناسب برای علف‌کش‌های مورد استفاده است. برای تعیین بهبود کارآیی علف‌کش‌های سولفوسولفورون و متسولفورون متیل+ سولفوسولفورون در کنترل یولاف وحشی بوسیله‌ی افزودن دو نوع مویان شامل مویان کاتیونی فریگیت و مویان غیر یونی سیتوگیت، آزمایشی دز پاسخ گلدانی در محیط گلخانه و محیط باز انجام شد. سولفوسولفورون در ۶ غلظت (۲۰ و ۱۵ ،۱۰ ،۵ ،۲/۵ ،۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و مت‌سولوفرون متیل+ سولفوسولفورون در ۶ غلظت (۴۵ (۲/۸۱۳+۴۲/۱۸۷)، و ۳۳/۷۵ (۲/۱۰۹+۳۱/۶۴۱)، ۲۲/۵ (۱/۴۰۶+۲۱/۰۹۴)، ۱۱/۲۵ (۰/۷۰۳+۱۰/۵۴۶)، ۵/۶۲۵ (۰/۳۵۱+۵/۲۷۳) و ۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) به تنهایی و به همراه غلظت‌های ٪۰/۱ و ۰/۲ درصد حجمی مویان به کار برده شدند. هر دو نوع مویان در کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش ها مؤثر بودند. مقادیر کشش سطحی در سولفوسولفورون برای تیمارهای بدون مویان، فریگیت ٪۰/۱ و ٪۰/۲ حجمی و سیتوگیت ٪۰/۱ و ٪۰/۲ حجمی به ترتیب کاهش ۹/۵۸، ۳۳/۹۲، ۳۵/۴۰، ۴۷/۷۳ و ۵۹/۶۰ درصدی را نسبت به آب شیر نشان داد. این مقادیر برای متسولفورون متیل+ سولفوسولفورون به ترتیب ۱۱/۰۳، ۲۷/۰۷، ۲۹/۵۰، ۵۱/۹۳ و ۵۶/۳۹ درصد نسبت به آب شیر کاهش نشان داد. بنابراین مویان غیریونی در کاهش کشش سطحی مؤثرتر از مویان کاتیونی بود. مقادیر دز مؤثر ۵۰٪ در سولفوسولفورون برای تیمارهای بدون مویان، سیتوگیت ٪۰/۱ و ٪۰/۲ و فریگیت ٪۰/۱ و ٪۰/۲ حجمی در گلخانه به ترتیب برابر ۸/۹۴، ۴/۶۰، ۳/۱۷، ۲/۹۸ و ۲/۷۴ و در محیط باز به ترتیب برابر ۱۳/۱۱، ۷/۸۱، ۵/۹۰، ۵/۶۶ و ۳/۶۵ گرم ماده موثره در هکتار می‌باشد. مقادیر دز مؤثر ۵۰٪ در متسولفورون متیل+ سولفوسولفورون برای تیمارهای بدون مویان، سیتوگیت ٪۰/۱ و ٪۰/۲ و فریگیت ٪۰/۱ و ٪۰/۲ حجمی در گلخانه به ترتیب برابر ۱۳/۱۳، ۹/۷۱، ۷/۰۱، ۶/۳۴ و ۵/۵۷ و در محیط باز به ترتیب برابر ۲۷/۸۶، ۱۷/۴۸، ۱۳/۲۷، ۱۲/۷۲ و ۸/۲۷ گرم ماده موثره در هکتار می‌باشد. با توجه به مقادیر دز مؤثر ۵۰٪، کارآیی سولفوسولفورون از متسولفورون متیل+ سولفوسولفورون بیشتر بود. در این آزمایش کارآیی هر دو علف‌کش بر روی گیاهان رشد یافته در گلخانه در مقایسه با گیاهان محیط باز بیشتر بود. دز مؤثر هر دو علف کش وقتی در مخلوط با مویان ها بکار رفتند، کاهش یافت. مویان کاتیونی توانایی بیشتری در بهبود کارآیی علف‌کش‌های مورد آزمایش در هر دو آزمایش گلخانه‌ای و محیط باز داشت. نتایج این مطالعه این ایده را تأیید و تقویت کرد که مویان‌های محلول در آب باید برای علف‌کش های محلول در آب استفاده شوند و بالعکس.

واژه‌های کلیدی: دز پاسخ، سولفوسولفورون، سیتوگیت، فریگیت، متسولفورون متیل+ سولفوسولفورون

مقدمه

گونه‌های مختلف یولاف وحشی اغلب مزارع گندم و جو را در سرتاسر جهان آلوده کرده‌اند. یولاف وحشی از طریق رقابت برای نور، آب و مواد غذایی باعث کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شوند. آستانه‌ی خسارت اقتصادی یولاف در گندم (تراکم گندم ۳۵۰ بوته در متر مربع) ۵/۲۳ بوته در متر مربع گزارش شده است (۹). در سیستم‌های کشت زمستانه، یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana*) به مقدار زیادی اکوسیستم‌های کشاورزی ایران را آلوده کرده است (۳). یولاف وحشی می‌تواند منجر به کاهش بیش از ۳۰ درصد عملکرد گندم شود (۱۴). به عنوان مثال، عملکرد گندم رقم‌های فلات (۱۵) و چمران (۱۱) در تراکم‌های ۲۰ و ۶۱ بوته یولاف در متر مربع، به ترتیب ۱۸ و ۴۴ درصد کاهش یافت.

بدلیل محدودیت های موجود در سایر روش‌های مدیریت علف‌هرز یولاف وحشی در مزارع گندم، مدیریت این علف‌هرز در این محصول به کنترل شیمیایی محدود شده است (۱۴). حدود ۲ دهه قبل، علف‌کش‌های مختلف از گروه بازدارنده‌های استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز مانند کلودینافوپ پروپارژیل، دیکلوفوپ متیل و فنوکساپروپ پی اتیل به منظور مدیریت علف‌های هرز باریک‌برگ در گندم و جو در ایران ثبت شدند (۲). در سال‌های پس از ثبت این

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: HHammami@birjand.ac.ir)
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه، فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

DOI: 10.22067/jpp.v0i0.48272

علف‌کش‌ها، به دلیل کارآیی کنترلی زیاد، کاربرد این علف‌کش‌ها به شدت افزایش یافت (۳۱). در فاصله‌ی زمانی بین سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ میلادی حدود ۸۳۷۱ هکتار از مزارع گندم و جو در ایران با این سه علف‌کش سمپاشی شدند (۶). بدلیل کاربرد زیاد این علف‌کش‌ها، مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده‌ی استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز در جمعیت‌های مختلف یولاف وحشی توسعه یافت (۱۳).

با توجه به بروز مقاومت در جمعیت‌های مختلف یولاف وحشی به علف‌کش‌های بازدارنده‌ی استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز، جایگزینی گروهی دیگر از علف‌کش ها برای مدیریت یولاف وحشی در مزارع گندم و جو ضرورت یافت. بدلیل مزایایی همچون طیف کنترل وسیع‌تر (پهن‌برگ و باریک‌برگ)، مقدار کاربرد ماده‌ی مؤثره کمتر در واحد سطح و سمیت کمتر برای پستانداران (۱۰)، علف‌کش‌های بازدارنده‌ی استولاکتات سینتاز به عنوان جایگزین مناسب برای بازدارنده‌های استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز مورد ارزیابی و تأیید قرار گرفتند (۳۰). بنابراین در فاصله زمانی بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ میلادی، علف‌کش‌های مختلف از گروه بازدارنده های استولاکتات سینتاز شامل سولفوسولفورون، مت سولفورون متیل+ سولفوسولفورون و غیره برای کنترل یولاف وحشی و سایر علف‌های هرز مشکل‌ساز در ایران ثبت شدند (۳۰).

کاربرد مواد افزودنی می‌تواند منجر به افزایش کارآیی کنترلی علف‌های هرز توسط علف‌کش‌ها شود (۱ و ۱۸). یکی از معایب بسیار مهم علف‌کش‌های بازدارنده‌ی استولاکتات سینتاز، پایداری زیاد بقایای فعال آنها در خاک است (۱۰) که می‌تواند بر گسترش مقاومت علف‌های هرز مؤثر باشد (۷). بنابراین استفاده از مویان‌های مناسب که بتواند منجر به افزایش کارآیی کنترلی و در نتیجه کاهش مقدار مصرف شود، ضرورت می‌یابد.

اگرچه کارآیی علف‌کش‌های برگ مصرف به مقدار زیادی تحت تأثیر کاربرد مویان‌ها قرار می‌گیرد، ولی کاربرد هر مویانی اثر هم‌افزایی بر کارآیی علف‌کش‌ها ندارد (۲۳). حتی در برخی شرایط، کاربرد مویان ها موجب اثرات هم‌کاهی نیز می‌شود. به عنوان مثال، گزارشی منتشر شده که نشان دهنده‌ی اثر هم‌کاهی کاربرد مویان کاتیونی بر کارآیی گلایفوسیت می‌باشد (۵). کارکردهای مختلف مویان‌ها در صورت کاربرد با علف‌کش های مختلف ثابت شده است (۱۹). علاوه بر این، هر مویانی نمی‌تواند منجر به افزایش نفوذ علف‌کش ها به درون گیاه شود.

با توجه به اطلاعات بسیار مختصر موجود بر روی برچسب علف‌کش‌ها در مورد کاربرد مویان‌ها و جلوگیری از سردرگمی کشاورزان به هنگام استفاده از علف‌کش‌ها، به نظر می‌رسد تعیین دقیق نوع مویان توصیه شده برای هر علف‌کش ضروری می‌باشد. بنابراین، این مطالعه با هدف تعیین اثر مویان‌های کاتیونی فریگیت و غیر یونی سیتوگیت بر کارآیی علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل+ سولفوسولفورون در کنترل یولاف وحشی انجام شد.

مواد و روش‌ها

کاشت گیاه

بذرهای یولاف وحشی از محیط پردیس دانشگاه فردوسی مشهد جمع آوری شدند. پس از جمع آوری بذور، به منظور تسهیل در جوانه‌زنی، ابتدا با دست پوست کنی شدند و سپس بذور به پتری‌دیش‌هایی دارای یک لایه کاغذ صافی منتقل شد. به هر یک از پتری دیش‌ها ۵ سی سی از محلول ۰/۰۲ درصد نیترات پتاسیم اضافه شده و برای مدت ۴۸ ساعت در درون یخچال با دمای ۵-۴ درجه سانتی گراد و در تاریکی قرار داده شدند (۲۰). پس از طی مدت زمان فوق، بذور در سینی‌های کشت (۳×۳×۳ سانتی متر) حاوی پیت ماس کاشته شدند. یک هفته پس از کاشت وقتی گیاهچه‌ها در مرحله‌ی یک برگی قرار داشتند، به گلدان‌های ۲ لیتری حاوی نسبت برابر شن، خاک و خاکبرگ منتقل شدند. پس از اتمام مرحله‌ی یک برگچه‌ای و آغاز مرحله‌ی دو برگچه‌ای، گیاهان داخل هر گلدان به پنج گیاه تنک شدند و به هر گلدان مقدار ۴۰ میلی لیتر کود N:P:K (۲۰:۲۰:۲۰) حاوی ۳ گرم در لیتر کود، اضافه شد. آبیاری گلدان‌ها هر دو روز یک بار انجام شد.

آزمایش کشش سطحی

از تکنیک خاصیت مویینگی برای اندازه‌گیری کشش سطحی محلول‌ها استفاده شد (۲۸). در این روش با استفاده از معادله‌ی زیر [۱] کشش سطحی محاسبه شد:

$$\gamma = 0.5\rho gr(h + (r/3)) \quad (۱)$$

که در آن r شعاع داخلی لوله مویین برحسب میلی متر، g شتاب جاذبه زمین (۹/۸)، ρ چگالی برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، h ارتفاع مایع در لوله برحسب میلی متر و γ کشش سطحی بر حسب نیوتن بر متر مربع می‌باشند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های کشش سطحی، آنها به میلی‌نیوتن بر متر مربع تبدیل شدند. غلظت توصیه شده‌ی هر کدام از علف‌کش‌ها در ۲۰۰ لیتر آب (غلظت‌های ۲۰ و ۴۵ گرم ماده موثره به ترتیب از علف‌کش های سولفوسولفورون و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون) تهیه شده و مویان کاتیونی فریگیت (۸۱/۲ ٪ تالوآمین پلی اتوکسیله، شرکت بیوساینس انگلستان) و مویان غیر یونی سیتوگیت (۱۰۰٪ آلکیل آریل پلی گلیکول اتر، شرکت زرنگاران پارس ایران) در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ درصد برای این آزمایش استفاده شدند. برای هر کدام از علف‌کش‌ها آزمایشی مجزا بصورت

طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار برای هر کدام از تیمارها استفاده شد. تیمارهای آزمایش شامل علف‌کش در غلظت توصیه شده (غلظت‌های ۲۰ و ۴۵ گرم ماده موثره به ترتیب از علف‌کش های سولفوسولفورون و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون) با و بدون هر یک از مویان‌ها در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ درصد حجمی بودند. داده‌ها تحت آنالیز واریانس با نرم افزار SAS 9.1 قرار گرفته و برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

آزمایش‌های دز پاسخ

این آزمایش ها به صورت گلدانی در سال ۱۳۹۲ در دانشگاه فردوسی مشهد در شرایط گلخانه و شرایط محیط باز انجام شد. در هر کدام از آزمایش‌ها تیمارها شامل: علف‌کش سولفوسولفورون (Apyrous® WG, 75% sulfosulfuron) در غلظت‌های ۲۰ و ۱۵ ،۱۰ ،۵ ،۲/۵ ،۰ گرم ماده مؤثره در هکتار و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون (Total® WG, 5% metsulfuron-methyl + 75% sulfosulfuron) در دزهای ۴۵ (۲/۸۱۳+۴۲/۱۸۷)، ۳۳/۷۵ (۲/۱۰۹+۳۱/۶۴۱)، ۲۲/۵ (۱/۴۰۶+۲۱/۰۹۴)، ۱۱/۲۵ (۰/۷۰۳+۱۰/۵۴۶)، ۵/۶۲۵ (۰/۳۵۱+۵/۲۷۳) و ۰ گرم ماده مؤثره در هکتار بود. هر کدام از غلظت ها با و بدون مویان‌های غیر یونی و کاتیونی در دو غلظت ۰/۱ و ۰/۲ درصد حجمی در چهار تکرار بکار رفتند.

پاشش تیمارهای علف‌کشی در مرحله‌ی ۴ برگی کامل به کمک سمپاش متحرک ریلی ماتابی (Matabi 121030 Super Agro) مجهز به نازل بادبزنی یکنواخت ۸۰۰۲ با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار در فشار ۲ بار انجام شد. شرایط پاشش برای هر دو آزمایش گلخانه‌ای و محیط باز مشابه و اعمال تیمارها تقریباً همزمان بود (گلدان های آزمایش محیط باز برای سمپاشی به درون گلخانه منتقل شده و پس از سمپاشی مجدداً به محل قبلی خود باز گردانده شدند). برای آزمایش محیط باز گلدان‌ها برای اعمال تیمار به محیط گلخانه مجهز به سمپاش ریلی منتقل شده و پس از اعمال تیمارها دوباره به محل قبلی خود منتقل شدند. ۴ هفته پس از اعمال تیمارها، گیاهان هر گلدان از سطح خاک بریده شده و وزن خشک آنها پس از قرار دادن در آون (۴۸ ساعت در ۷۵ درجه سانتیگراد) اندازه‌گیری شد.

آنالیز رگرسیون غیر خطی

پاسخ وزن خشک یولاف وحشی به مقدار علف‌کش ها در حضور غلظت‌های مختلف دو مویان با تکنیک رگرسیون غیر خطی و با استفاده از از نرم افزار *Slide Write* آنالیز شد. تمامی داده‌ها به طور همزمان با مدل چهار پارامتری لجستیک (معادله ۲) برازش داده شدند:

$$Y = \frac{D - C}{1 + exp(\, b(log(X) - log(ED_{50}))\,)} + C \quad (۲)$$

که در آن Y بیانگر واکنش علف‌هرز (وزن خشک) ، D و C به ترتیب حد مجانب بالا و پایین در کمترین و بیشترین مقدار کاربرد، ED_{50} مقدار علف‌کش لازم برای ۵۰ درصد کنترل علف‌هرز (کاهش وزن خشک) ، و b شیب منحنی در محدوده‌ی ED_{50} می‌باشند (۲۷).

بخش میانی منحنی که بیانگر ویژگی موسوم به فعالیت ذاتی علف‌کش در گیاه است اهمیت علمی خاصی را دارا می‌باشد. استفاده از ED_{50}از راه های مهم نشان دادن تمایز بین اثرات علف‌کش‌ها و مواد افزودنی است (۱ و ۱۹). مقادیر علف‌کش و علف‌کش به علاوه مویان که موجب پاسخ یکسانی می‌شوند را می‌توان با استفاده از اختلاف جابجاشدگی افقی منحنی‌های پاسخ به غلظت مورد مقایسه قرار داد. در این مورد تفاوت جابجا شدگی افقی دو منحنی نشان‌دهنده‌ی تاثیر تیمار آزمایشی در مقایسه با فرمولاسیون است. جابجا شدگی افقی، بیانگر نسبت بین مقادیر علف‌کشی است که منتهی به پاسخ یکسان می‌شود. این نسبت، پتانسیل نسبی یا (R) نامیده می‌شود که بر اساس معادله ۲ محاسبه می‌شود (۱۹):

$$R = \frac{ED_{50a}}{ED_{50b}} \quad (۳)$$

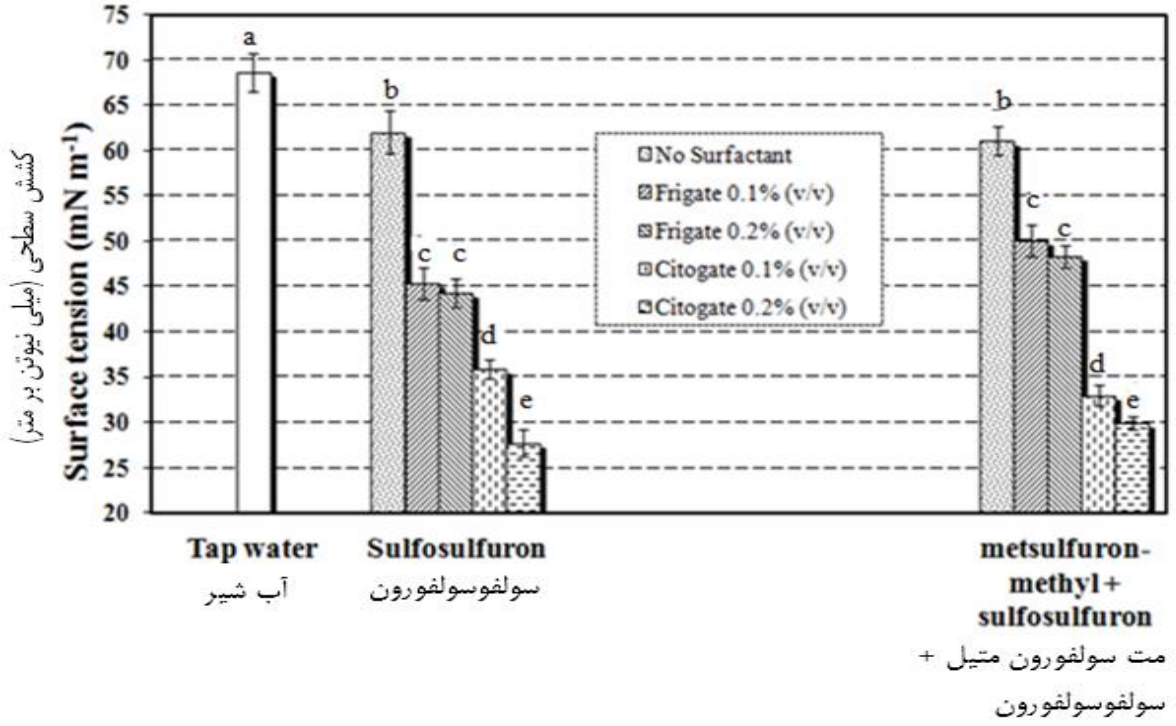
در معادله فوق ED_{50a}و ED_{50b}به ترتیب نشانگر مقادیری از (ED_{50}) تیمارهای علف‌کش و علف‌کش به همراه مویان با اثرات مشابه محسوب می‌شوند. پتانسیل نسبی مشخص کننده‌ی این است که چه مقدار از فرمولاسیون مورد آزمون در مقایسه با علف‌کش به همراه مویان، بیشتر یا کمتر، باید به کار رود (۱۹). اگر R برابر یک باشد، تیمارها دارای پتانسیل نسبی یکسانی خواهند بود. اگر R بزرگتر از یک باشد، کاربرد علف‌کش به همراه مویان دارای فعالیت شاخ و برگی بیشتری نسبت به کاربرد علف‌کش به تنهایی خواهد بود و اگر R کوچکتر از یک باشد، نشان‌دهنده اثر منفی کاربرد مویان بر کارآیی علف‌کش مورد آزمایش خواهد بود. به عبارتی دیگر، اگر پتانسیل نسبی کوچکتر و یا بزرگتر از یک باشد، استفاده از مویان به ترتیب موجب کاهش و یا افزایش کارآیی یا فعالیت شاخ و برگی علف‌کش شده‌اند (۱۹).

نتایج و بحث

کشش سطحی

کشش سطحی آب مورد استفاده به عنوان حامل ۶۸/۶۱ میلی نیوتن بر متر بود. علف‌کش‌های سولفوسولفورون و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون باعث کاهش معنی‌دار کشش سطحی شدند (شکل ۱). کشش سطحی محلول سولفوسولفورون و متسولفورون متیل +

سولفوسولفورون به ترتیب برابر ۶۲/۰۴ و ۶۱/۰۴ بود. به عبارتی دیگر کاربرد سولفوسولفورون و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون به ترتیب باعث کاهش ۹/۵۸ و ۱۱/۰۳ درصدی کشش سطحی آب می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد هر دو نوع مویان در کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش‌های سولفوسولفورون و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون بسیار مؤثر بودند. البته قدرت مویان غیر یونی در کاهش کشش سطحی از مویان کاتیونی بیشتر بود. نتایج همچنین نشان داد که بین غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ درصد حجمی مویان کاتیونی فریگیت اختلاف معنی‌داری در کاهش کشش سطحی مشاهده نشد، در حالی که بین غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ درصد حجمی مویان غیر یونی سیتوگیت اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۱).



شکل ۱- اثر مویان های سیتوگیت و فریگیت بر کشش سطحی سولفوسولفورون و مت سولفورون متیل + سولفوسولفورون. خطوط عمودی بالای هر ستون نشان دهنده‌ی خطای استاندارد است. حروف نشان دهنده‌ی تفاوت معنی دار آماری بوسیله آزمون توکی (سطح معنی‌داری ۵٪) است.

Figure 1- Effect of surfactants Frigate and Citogate on surface tension of sulfosulfuron and metsulfuron-methyl + sulfosulfuron. The vertical lines on the bars show the standard errors. Letters denote statistically significant differences as determined by Tukey test ($P \leq 0.05$).

قدرت متفاوت علف‌کش های مختلف در کاهش کشش سطحی آب ممکن است مربوط به فرمولاسیون آنها باشد (۱). نتایج مطالعه علی وردی و همکاران (۱) نشان داد که قدرت کاهش کشش سطحی آب مقطر در علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل با فرمولاسیون امولسیون[1] نسبت به تری بنورون متیل با فرمولاسیون روان ریز خشک[2] بیشتر بود. اختلاف تأثیر مویان ها در کاهش کشش سطحی را می توان به ساختار تشکیل دهنده‌ی آنها نسبت داد. مویان غیر یونی (سیتوگیت) حاوی تعداد کمتری زنجیره اکسید اتیلنی در مقایسه با مویان کاتیونی (فریگیت) در ساختار شیمیایی خود می‌باشد (۲۰). نتایج مطالعات محققین نشان داده است که مویان‌های دارای تعداد کمتری زنجیره‌ی اکسید اتیلن نسبت به مویان‌های دارای تعداد بیشتری زنجیره ی اکسید اتیلن در کاهش کشش سطحی مؤثرتر هستند (۱۸، ۲۴ و ۲۶). هنگامی که یک واحد اکسید اتیلن به ساختار مویان افزوده می‌شود، سهم گروه‌های آب‌گریز کاهش یافته و در نتیجه میزان قدرت تأثیر بر کشش سطحی کاهش می‌یابد (۲۰).

1- Emulsifiable Concentration
2- Dry Flowable

آزمایش دز پاسخ

بطور کلی مقادیر دز مؤثر۵۰٪ در سولفوسولفورون برای تیمارهای بدون مویان، سیتوگیت ۰/۱٪ و ۰/۲٪ و فریگیت ۰/۱٪ و ۰/۲٪ حجمی در گلخانه به ترتیب برابر ۸/۹۴، ۴/۶۰، ۳/۱۷، ۲/۹۸ و ۲/۷۴ و در محیط باز به ترتیب برابر ۱۳/۱۱، ۷/۸۱، ۵/۹۰، ۵/۶۶ و ۳/۶۵ گرم ماده موثره در هکتار می‌باشد. مقادیر دز مؤثر۵۰٪ در متسولفورون متیل+ سولفوسولفورون برای تیمارهای بدون مویان، سیتوگیت ۰/۱٪ و ۰/۲٪ و فریگیت ۰/۱٪ و ۰/۲٪ حجمی در گلخانه به ترتیب برابر ۱۳/۱۳، ۹/۷۱، ۷/۰۱، ۶/۳۴ و ۵/۵۷ و در محیط باز به ترتیب برابر ۲۷/۸۶، ۱۷/۴۸، ۱۳/۲۷، ۱۲/۷۲ و ۸/۲۷ می‌باشد.

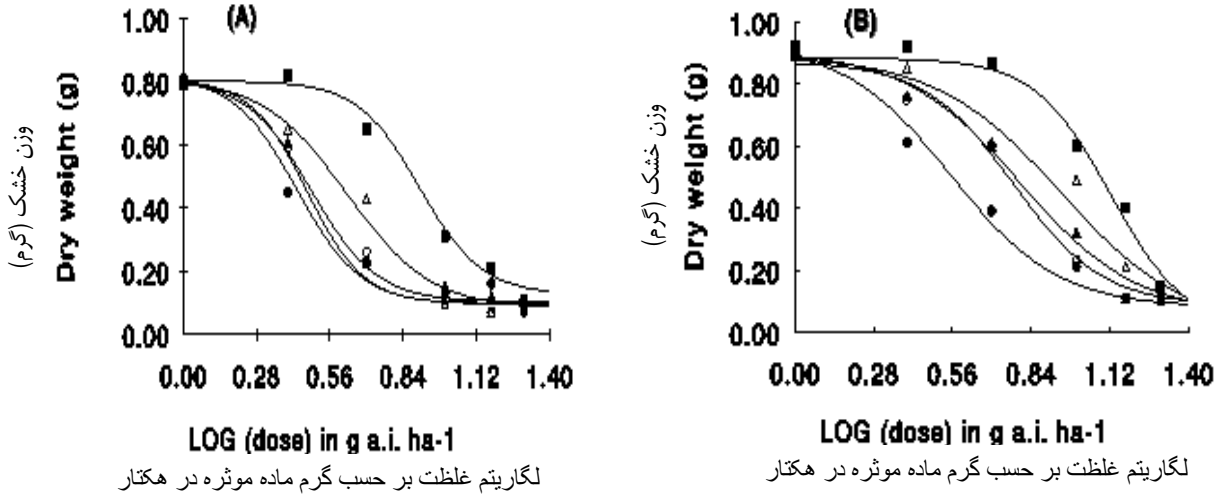
با توجه به مقادیر دز مؤثر۵۰٪، کارآیی سولفوسولفورون از متسولفورون متیل+ سولفوسولفورون بیشتر بود. این یافته‌ها (با توجه به مقادیر دز مؤثر۵۰٪ و مقادیر پتانسیل نسبی) نشان داد که در غلظت برابر سولفوسولفورون دارای تأثیر بیشتری نسبت به متسولفورون متیل + سولفوسولفورون بود. یافته‌های خلاصه شده در جدول ۱ نشان می‌دهد که غلظت مورد نیاز برای کنترل یولاف وحشی در محیط باز در مقایسه با گلخانه برای هر دو علف‌کش بیشتر است. تفاوت غلظت مورد نیاز در آزمایش گلخانه‌ای و محیط باز برای کنترل یولاف وحشی ممکن است وابسته به تفاوت در محیط رشد و در نتیجه تفاوت در خصوصیات میکرومورفولوژی سطح برگ و همچنین ضخامت کوتیکول باشد (۱۷). نتایج برخی مطالعات نشان دهنده‌ی حساسیت بیشتر گیاهان پرورش یافته در گلخانه نسبت به مزرعه و محیط باز به علف‌کش‌ها می‌باشد (۴؛ ۲۱).

جدول ۱- اثر مویان ها و غلظت آنها بر دز مؤثر ۵۰ و ۹۰ درصد سولفوسولفورون و مت سولفورون متیل + سولفوسولفورون بر یولاف وحشی در گلخانه و محیط باز. داده‌ها بر حسب میانگین بیان شده‌اند. داخل پرانتز خطای استاندارد در سطح ۵ درصد است. R پتانسیل نسبی در دز مؤثر ۵۰ درصد است. پتانسیل نسبی در ۵۰ درصد بدون مویان به دز ۵۰ درصد با مویان است که نشان‌دهنده میزان جابجا شدگی افقی منحنی‌ها است.

Table 1- Effect of surfactants and their concentrations on ED_{50} and ED_{90} (g a.i. ha^{-1}) of Sulfosulfuron and Metsulfuron-methyl + sulfosulfuron on wild oat in greenhouse and outdoor. Data are expressed as the means. Standard errors are in parentheses at 5 percent probability. R is the relative potency at ED_{50}. R = $ED_{50\ without\ surfactant}$ / $ED_{50\ with\ surfactant}$, showing horizontal displacement between curves.

علف‌کش Herbicides	مویان Surfactant	غلظت مویان Concentration (% v/v)	دز مؤثر ۵۰٪ ED_{50} (g a.i. ha^{-1})	دز مؤثر ۹۰٪ ED_{90} (g a.i. ha^{-1})	پتانسیل نسبی R
سولفوسولفورون (گلخانه) Sulfosulfuron (Greenhouse)	بدون مویان None	-	8.94 (0.71)	13.81 (0.38)	1.00
	سیتوگیت Citogate	0.1	4.60 (0.52)	8.66 (0.41)	1.94 (0.18)
		0.2	3.17 (0.44)	6.52 (0.33)	2.81 (0.08)
	فریگیت Frigate	0.1	2.98 (0.43)	5.09 (0.19)	3.00 (0.22)
		0.2	2.74 (0.55)	4.99 (0.12)	3.25 (0.41)
سولفوسولفورون (محیط باز) Sulfosulfuron (Outdoor)	بدون مویان None	-	13.11 (0.82)	21.16 (0.51)	1.00
	سیتوگیت Citogate	0.1	7.81 (0.73)	17.68 (0.46)	1.67 (0.14)
		0.2	5.90 (0.55)	13.99 (0.43)	2.22 (0.27)
	فریگیت Frigate	0.1	5.66 (0.16)	11.89 (0.49)	2.31 (0.04)
		0.2	3.65 (0.55)	8.69 (0.35)	3.59 (0.22)
متسولفورون متیل + سولفوسولفورون (گلخانه) Metsulfuron-methyl + sulfosulfuron (Greenhouse)	بدون مویان None	-	13.13 (0.91)	25.56 (0.41)	1.00
	سیتوگیت Citogate	0.1	9.71 (0.54)	18.57 (0.13)	1.35 (0.09)
		0.2	7.01 (0.26)	19.96 (0.23)	1.87 (0.11)
	فریگیت Frigate	0.1	6.34 (0.72)	13.67 (0.12)	2.07 (0.23)
		0.2	5.57 (0.56)	11.65 (0.11)	2.35 (0.05)
متسولفورون متیل + سولفوسولفورون (محیط باز) Metsulfuron-methyl + sulfosulfuron (Outdoor)	بدون مویان None	-	27.86 (0.90)	43.57 (0.42)	1.00
	سیتوگیت Citogate	0.1	17.48 (0.23)	40.17 (0.33)	1.59 (0.17)
		0.2	13.27 (0.95)	31.39 (0.35)	2.09 (0.15)
	فریگیت Frigate	0.1	12.72 (0.66)	26.77 (0.29)	2.18 (0.18)
		0.2	8.27 (0.87)	19.31 (0.11)	3.36 (0.26)

مقادیر پتانسیل نسبی (جدول ۱) و منحنی‌های دز پاسخ سولفوسولفورون (شکل ۲) و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون (شکل ۳) نشان می‌دهد که کاربرد هر دو مویان کاتیونی و غیر یونی منجر به افزایش کارآیی کنترلی یولاف وحشی شده است بطوری‌که وقتی از مویان‌ها استفاده شد مقدار دز مؤثر ۵۰ و ۹۰٪ کاهش نشان داد (جدول ۱). میزان تأثیر کنترلی علف‌کش‌های فوق به غلظت مویان نیز وابسته بود (شکل‌های ۲ و۳).



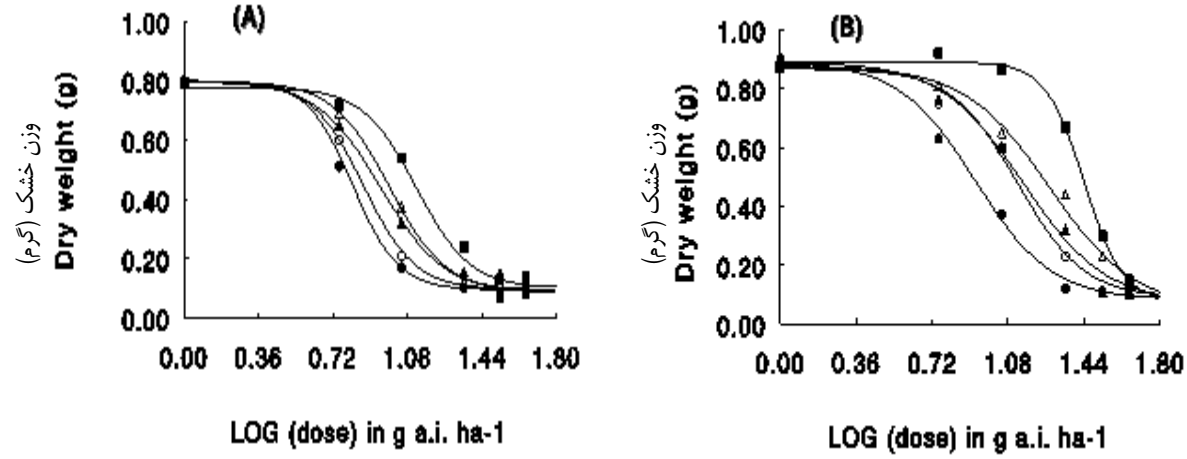
شکل ۲-منحنی های دز پاسخ سولفوسولفورون به تنهایی (■) و در ترکیب با فریگیت غلظت ۰/۱ ٪ (○) و ۰/۲ ٪ (●) و سیتوگیت غلظت ۰/۱ ٪ (Δ) و ۰/۲ ٪ (▲) بر روی وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی در گلخانه (A) و محیط باز (B)

Figure. 2- Dose-response curves of sulfosulfuron, alone (■) and in mixture with Frigate at concentrations of 0.1% (○) or 0.2% (●) or Citogate at concentrations of 0.1% (Δ) or 0.2% (▲) on the shoot dry weight of wild oat in greenhouse (A) and outdoor conditions (B).

در مورد هر دو مویان کاتیونی و غیر یونی مورد استفاده روند مشابهی در کاهش مقدار دز مؤثر ۵۰٪ در هر دو آزمایش محیط باز و گلخانه مشاهده شد. بطور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که در افزایش کارآیی کنترلی یولاف وحشی مویان کاتیونی از مویان غیر یونی مؤثرتر بود (شکل‌های ۲ و۳). افزایش فعالیت علف‌کشی سولفوسولفورون (شکل ۲) و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون (شکل ۳) بوسیله‌ی مویان ها ممکن است مربوط به بهبود جذب و انتقال ماده موثره‌ی در یولاف وحشی باشد. در فرآیند جذب و انتقال کشش سطحی قطرک‌ها از عوامل مهم در نشست و پخش بر روی سطح برگ هستند (۱، ۱۶ و ۲۵). مویان‌ها باعث کاهش کشش سطحی شده و در نتیجه تولید قطرات ریزتر و بهبود نشست پاشش را باعث می‌شوند (۲۳) در نتیجه یکی از دلایلی که مویان‌ها کارآیی علف‌کش ها را افزایش می‌دهند، مربوط به بهبود نشست و افزایش خیس پذیری از طریق کاهش کشش سطحی است (شکل ۱).

بطور کلی افزایش غلظت مویان کاتیونی نسبت به مویان غیر یونی اثر کمتری بر کارآیی سولفوسولفورون و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون (1 > ضریب حلالیت در اکتانول و آب[1]) داشت (جدول ۱). این نتایج در تقابل با نتایج منشر شده بوسیله‌ی علی وردی و همکاران (۱) و راشد محصل و همکاران (۲۰) بر علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل، تریب بنورون متیل و ستوکسیدیم (1 < ضریب حلالیت در اکتانول و آب) بود، که دلیل آن مربوط به حلالیت در آب علف‌کش های مورد آزمایش است. نتایج آزمایش علی وردی و همکاران (۱) نشان داد که مویان کاتیونی دارای حلالیت در آب بسیار بالایی است، بطوری‌که محلول مویان در آب بسیار شفاف بود (تعادل آب‌دوست_چربی‌دوست[2] بالا)، در حالی که محلول مویان غیر یونی حالت شیری رنگ را در آب ایجاد کرد (تعادل آب‌دوست_چربی دوست پایین) که نشان‌دهنده‌ی حلالیت کمتر آن در آب بود.

1- Log Kow
2- Hydrophilic-Lipophilic Balance (HLB)



شکل ۳. منحنی‌های دز پاسخ مت سولفورون متیل+ سولفوسولفورون به تنهایی (■) و در ترکیب با فریگیت غلظت ۰/۱ ٪ (○) و ۰/۲ ٪ (●) و سیتوگیت غلظت ۰/۱ ٪ (Δ) و ۰/۲ ٪ (▲) بر روی وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی در گلخانه (A) و محیط باز (B)

Figure. 3. Dose-response curves of metsulfuron-methyl + sulfosulfuron, alone (■) and in mixture with Frigate at concentrations of 0.1% (○) or 0.2% (●) or Citogate at concentrations of 0.1% (Δ) or 0.2% (▲) on the shoot dry weight of wild oat in greenhouse (A) and outdoor conditions (B).

میزان حلالیت علف‌کش در آب و یا حلال‌های آلی از جمله عوامل بسیار مهم و تأثیر گذار بر روابط مویان و علف‌کش بوده و در نتیجه بر میزان تأثیر مویان بر کارایی علف‌کش مؤثر است. بنابراین کاربرد مویان‌های دارای محتوی اکسید اتیلن بالا مانند مویان کاتیونی فریگیت برای علف‌کش‌های دارای حلالیت بیشتر در آب و کاربرد مویان های دارای محتوی اکسید اتیلن پایین مانند مویان غیر یونی سیتوگیت برای علف‌کش‌های دارای حلالیت کمتر در آب منجر به رسیدن به کارآیی کنترلی بیشتر می‌شود (۱۲). مشابه این نتایج در مورد علف‌کش های گلایفوسیت (حلالیت در آب بالا) و کلروتورون (حلالیت در چربی بالا) گزارش شده است. کاربرد مویان دارای محتوی اکسید اتیلن بالا منجر به افزایش کارآیی گلایفوسیت و مویان دارای محتوی اکسید اتیلن پایین منجر به افزایش کارآیی کلروتورون شد (۸ و ۲۹).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد مویان‌های دارای محتوی اکسید اتیلن بالا برای علف‌کش‌های دارای حلالیت بیشتر در آب کارآیی بیشتری از مویان های دارای محتوی اکسید اتیلن پایین دارد. در این آزمایش خصوصیت حلالیت اهمیت بیشتری را در مقایسه با کشش سطحی نشان داد. بطوری که مویان کاتیونی قدرت کمتری در کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش های سولفوسولفورون و متسولفورون متیل + سولفوسولفورون داشت، در حالی که این مویان کارآیی کنترلی بیشتری را در صورت کاربرد با این علف‌کش ها نشان داد. بنابراین برای حصول بهترین نتیجه در کاربرد مویان‌ها، باید خصوصیات فیزیکوشیمیایی مویان و علف‌کش در نظر گرفته شود.

منابع

1-Aliverdi A., Rashed-Mohassel M.H., Zand E., and Nassiri-Mahallati M. 2009. Increased foliar activity of clodinafoppropargyl and/or tribenuron-methyl by surfactants and their synergistic action on wild oat (*Avena ludoviciana*) and wild mustard (*Sinapis arvensis*). Weed Biology and Management, 9: 292-299.

2-Baghestani M.A., Zand E., Soufizadeh S., Beheshtian M., Haghighie A., Barjasteh A., Ghanbarani D., 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, 26: 1759-1764.

3-Bijanzadeh E., Naderi R., and Behpoori A. 2010. Interrelationships between oilseed rape yield and weeds population

under herbicides application. Australian Journal of Crop Science, 4: 155-162.
4-Clark J., Ortego L., and Fairbrother A. 2004. Sources of variability in plant toxicity testing. Chemosphere, 57: 1599-1612.
5-Collins R.T., and Helling C.S. 2002. Surfactant enhanced control of two *Erythroxylum* species by glyphosate. Weed Technology, 16: 851-859.
6-Deihimfard R., Zand E., Damghani A.M., and Soufizadeh S. 2007. Herbicide risk assessment during the wheat self-sufficiency project in Iran. Pest Management Science, 63: 1036-1045.
7-Fischer A.J., Cheetham D.P., Vidotto F., and Deprado R. 2004. Enhanced effect of thiobencarb on bispyribacsodium control of *Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss. In California rice (*Oryza sativa* L.). Weed Biology and Management, 4: 206-212.
8-Gaskin R.E., and Holloway P.J. 1992. Some physiochemical factors influencing foliar uptake enhancement of glyphosate-mono (isopropyl ammonium) by polyoxyethylene surfactants. Pesticide Science, 34: 195-206.
9-Gerkhloo J., Mazaheri D., Ghanbari A, and Ghanadha M.R. 2007. Evaluation of economic threshold of weeds in wheat. Iranian Journal of Agriculture Science, 36: 1429-1435. (In Persian with English abstract)
10-Green J.M. 2007. Review of glyphosate and ALS-inhibiting herbicide crop resistance and resistant weed management. Weed Technology, 21: 547-558.
11-Hesammi E. 2011. Different densities of weeds and wild oats (*Avena ludoviciana*) and canary grass (*Phalaris minor*) on yield and yield components of wheat cultivar Chamran. Advance Environment Biology, 5: 2497-2500.
12-Hess D., and Foy C.L. 2000. Interaction of surfactants with plant cuticles. Weed Technology, 14: 807-813.
13-Kashani F.B., Zand E., and Alizadeh H.M. 2007. Study on diclofop-methyl resistance in wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.): A comparison between the whole plant and seed bioassay. Pakistan Journal of Weed Science Research, 13: 69-81.
14-Kazemi H., and Shimi P. 2005. Determination of the host range of *Fusarium moniliforme* isolated from winter wild oat (*Avena ludoviciana*) in Iran. Iranian Journal of Weed Science, 1: 67-72.
15-Montazeri M. 2007. Influence of winter wild oat (*Avena ludoviciana*), annual canary grass (*Phalaris minor*) and wild mustard (*Sinapis arvensis*) at different density on yield and yield component of wheat. Pajouhesh-va-Sazandegi, 74: 72-78. (In Persian with English abstract)
16-Penner D. 2000. Activator adjuvants. Weed Technology, 14: 785-791.
17-Pfleeger T., Olszyk D, Lee EH. and Plocher M. 2011. Comparing effects of low levels of herbicides on greenhouse and field grown potatoes (*Solanum tuberosum* L.) soybeans (*Glycine max* L.) and peas (*Pisum sativum* L.). Environment Toxicology Chemistry, 30: 455-468.
18-Ramsey R.J.L., Stephenson G.R., and Hall J.C. 2005. A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. Pesticide Biochemistry and Physiology, 82: 162-175.
19-Rashed-Mohassel M.H., Aliverdi A., Hammami H., and Zand E. 2010. Optimizing the performance of diclofop-methyl, cycloxydim, and clodinafop-propargyl on littleseed canarygrass (*Phalaris minor*) and wild oat (*Avena ludoviciana*) control with adjuvants. Weed Biology and Management, 10: 57-63.
20-Rashed-Mohassel M.H., Aliverdi A., and Rahimi S. 2011. Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl with adjuvants to control wild oat. Industrial Crops and Products, 34: 1583-1587.
21-Riemens M., Dueck T., and Kempenaar C. 2008. Predicting sublethal effects of herbicides on terrestrial non-crop plant species in the field from greenhouse data. Environmental Pollution, 155: 141-149.
22-Singh S., and Singh M. 2005. Evaluation of some adjuvants for improving glyphosate efficacy. Journal of ASTM International, 2: 1-10.
23-Singh M., Tan S., and Sharma S.D. 2002. Adjuvants enhance weed control efficacy of foliar applied diuron. Weed Technology, 16: 74-78.
24-Sharma S.D., Kirkwood R.C., and Whateley T.L. 1996. Effect of nonionic nonylphenol surfactants on surface physicochemical properties, uptake, and distribution of asulam and diflufenican. Weed Research, 36: 227-239.
25-Stagnari F., Chiarini M., and Pisante M. 2007. Influence of fluorinated surfactants on the efficacy of some post-emergence sulfonylurea herbicides. Journal of Pesticide Science, 32: 16-23.
26-Stock D., and Holloway P.J. 1993. Possible mechanisms for surfactant induced foliar uptake of agrochemicals. Pesticide Science, 38: 165-177.
27-Streibig J.C., Rudemo M., and Jensen J.E. 1993. Dose-response models. In: Herbicide Bioassay (ed. Streibig JC & Kudsk P). CRC Press, Boca Raton, FL, 29-55.
28-Vanhanen J., Hyvarinen A.P., Anttila T., Viisanen Y., and Lihavainen H. 2008. Ternary solution of sodium chloride, succinic acid and water surface tension and its influence on cloud droplet activation. Atmosphere Chemistry and Physics, 8: 4595-4604.
29-VanToor R.F., Hayes A.L., Cooke B.K., and Holloway P.J. 1994. Relationships between the herbicidal activity and foliar uptake of surfactant-containing solutions of glyphosate applied to foliage of oats and field beans. Crop Protection, 13: 260-270.

30-Zand E., Baghestani M.A., Alikhani M.A., Soufizadeh S., Khayami M.M., Pourazar R., Sabeti P., Jamali M., Bagherani N., and Forouzesh S. 2010. Chemical control of weeds in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. Crop Protection, 29: 1223-1231.

31-Zand E., Kashani F.B., Baghestani M.A., Maknali A., Minbashi M., Soufizadeh S., Deihimfard R. 2007. Investigating the distribution of clodinafop-propargyl resistant wild oat (*Avena ludoviciana*) populations in South Western Iran. Environmental Science, 4: 85-92.