نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 3، پاییز 1394، ص. 303-295

Journal of Plant Protection
Vol. 29, No. 3, Fall 2015, P. 295-303

# ارزیابی اثر مواد افزودنی بر کارایی علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون در کنترل علف‌قناری (*Phalaris minor* Retz.)

مسعود کارگر[1*]- محمد حسن راشد محصل[2]- احمد نظامی[3]- ابراهیم ایزدی دربندی[4]

تاریخ دریافت: 1392/03/12
تاریخ پذیرش: 1392/12/14

## چکیده

با توجه به اثرات مخرب زیست‌محیطی و انسانی علف‌کش‌ها کاربرد مواد افزودنی از مهم‌ترین راهکارهای افزایش کارایی و کاهش مقدار کاربرد علف‌کش‌هاست. به منظور بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف مویان سیتوگیت، روغن‌های گیاهی کرچک و منداب در 8 سطح (0، 0/01، 0/05، 0/1، 0/15، 0/2، 0/25 و 0/3) درصد حجمی (*v/v* %) بر کشش سطحی آب در قالب طرح کاملاً تصادفی با 4 تکرار در آزمایشگاه تحقیقات علف‌های هرز دانشگاه فردوسی در سال 1389 شد. هم‌چنین پژوهشی گلخانه‌ای به منظور ارزیابی اثر مویان سیتوگیت، روغن‌های گیاهی کرچک و منداب بر کارایی مزوسولفورون + یدوسولفورون در کنترل علف‌قناری انجام شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و بصورت فاکتوریل با 4 تکرار بود که در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1389 انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل غلظت مواد افزودنی در 3 سطح (0، 0/1 و 0/2 درصد حجمی) و مقدار کاربرد علف‌کش در 6 سطح (0، 12/5 ، 25، 50، 75 و 100 درصد) مقدار توصیه شده علف‌کش بودند. نتایج پژوهش آزمایشگاهی نشان داد که کمترین کشش سطحی مربوط به سیتوگیت و بیشترین کشش سطحی مربوط روغن منداب بود هم‌چنین نتایج آزمایش گلخانه‌ای نشان داد که همه مواد افزودنی توانستند کارایی علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون را افزایش دهند. پتانسیل نسبی (R) وزن خشک نیز به ترتیب به 1/4، 1/35 و 1/13 در اثر مویان سیتوگیت، روغن کرچک و منداب افزایش یافت. سیتوگیت کارایی مزوسولفورون + یدوسولفورون را بیشتر از سایر مواد افزودنی افزایش داد. با افزایش غلظت مواد افزودنی از 0/1 به 0/2 درصد حجمی (*v/v* %) نیز فعالیت شاخساره‌ای علف‌کش افزایش یافت.

**واژه‌های کلیدی:** روغن‌های گیاهی، کشش سطحی، مویان

## مقدمه

بخش اعظم آفت‌کش‌های مصرفی به هدف نمی‌رسند و با ورود به محیط موجب آلودگی و انواع مسمومیت‌ها می‌شوند که به این ترتیب موجودات غیرهدف (برای مثال کارگران مزرعه، مصرف-کنندگان، پرندگان، زنبور عسل، ماهی‌ها و غیره) نیز همپای موجودات هدف در معرض سموم قرار می‌گیرند. تجمع آفت‌کش‌ها در محیط به مرور آثار سوء و صدمات عمده‌ای بر اکوسیستم وارد می‌کند. از طرف دیگر اگر مقدار یا شیوه مصرف آفت‌کش‌ها بر اساس موازین علمی و بهداشتی زراعی نباشد، این عوارض چند برابر می‌شود و سلامت انسان به سرعت تحت تاثیر قرار خواهد گرفت (6، 12 و 14). مصرف بی‌رویه علف‌کش‌ها و بروز مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد این سموم، باعث شده تا بشر به دنبال رویکرد جدیدی در استفاده از علف کش‌ها باشد. در این رویکرد هنوز علف‌کش‌ها به عنوان یکی از اجزاء مهم مدیریت علف‌های هرز مطرح می‌باشد، ولی از طریق روش‌های جدید، مصرف آن‌ها کاهش خواهد یافت. یکی از مهم‌ترین راهبردهای کاهش مصرف علف‌کش‌ها، بهینه‌سازی مصرف آن‌هاست که در این زمینه، موثرترین و زودبازده‌ترین روش برای بهینه‌سازی و کاهش مصرف علف‌کش‌ها، افزایش سطح دانش و آگاهی بهره‌برداران درباره علف‌کش‌ها و روش صحیح کاربرد آن‌ها می‌باشد (23). بهینه‌سازی مصرف علف‌کش‌ها پیش از این در بسیاری موارد، نه تنها به خاطر نگرانی‌های زیست محیطی، بلکه به دلیل فشار هزینه‌هایی که امروزه کشاورزان با آن روبه‌رو هستند، پذیرفته شده است (17).

نمود علف‌کش‌ها متاثر از فاکتورهای زیستی و فیزیکوشیمیایی متعددی بوده و از عوامل کلیدی موثر در کارایی علف‌کش است که پیش‌نیاز بهینه‌سازی مقدار مصرف می‌باشد. در این میان مواد افزودنی از مهم‌ترین عوامل قابل ملاحظه در افزایش کارایی علف‌کش‌ها می‌باشند (10). مواد افزودنی ممکن است به نحوی کارایی علف‌کش را بهبود بخشند که غلظت یا کل مقدار علف‌کش مورد نیاز برای حصول سطح تاثیر معینی کاهش یابد. استفاده از مواد افزودنی مناسب در برخی موارد سبب کاهش مقدار مصرف علف‌کش و هزینه‌های

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادان و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: masoud.kargar@stu.um.ac.ir)

کاربرد به میزان 5 تا 10 برابر می‌شود (23). انتخاب مناسب مواد افزودنی سبب کاهش میزان مصرف علف‌کش‌ها می‌شود، که این امر از طریق افزایش فعالیت علف‌کش‌ها، مرتفع کردن تاثیر شرایط نامناسب کاربرد علف‌کش یا به عبارتی، کاهش تغییرات نمود مقادیر کاهش یافته علف‌کش، حاصل می‌شود.

از شناخته‌شده‌ترین اثر مویان‌ها تاثیر آن‌ها در کاهش کشش سطحی محلول پاشش می‌باشد. کاهش کشش سطحی محلول پاشش به معنای آن است که قطره‌ها بیشتر از حالت اولیه‌شان پخش می‌شوند که این امر باعث افزایش پوشش علف‌کش شده و سطح جذب علف‌کش را افزایش می‌دهد (21). استفاده از مواد افزودنی، خواص فیزیکی و شیمیایی محلول پاشش، شامل گرانروی و کشش سطحی را به میزان زیادی تحت تاثیر قرار می‌دهد. این خصوصیات در ذره پاششی نیز نقش مهمی دارند. بطور کلی، کمتر بودن کشش سطحی و گرانروی سبب تولید ذرات ریزتری می‌شود (4و 15). کارایی علف‌کش‌ها اغلب به وسیله پارامترهای مختلفی فراتر از توان کنترل کاربر تحت تاثیر قرار می‌گیرد. خشک شدن قطره در اثر هوای گرم و تجزیه نوری از جمله‌ی این عوامل ناخواسته می‌باشند که مواد افزودنی می‌توانند به عنوان ابزاری موثر برای کشاورزان در کنترل این عوامل ناخواسته محسوب شوند. بنابراین انتخاب ماده افزودنی و فرمولاسیون علف‌کش حایز اهمیت ویژه می‌باشد (11). برای مثال برای کاهش اثر خشک شدن سریع در اثر هوای گرم جذب کننده‌های رطوبت بکار برده می‌شوند که این مواد به وسیله جذب رطوبت از اتمسفر در برابر خشک شدن حتی پس از خشک شدن محلول آبکی مقاومت می‌کنند. گلیسرین، پروپانیل گلیکول، دی اتیلن گلیکول، پلی اتیلن گلیکول، اوره و سولفات آمونیوم به عنوان جذب‌کنندگان رطوبت می‌باشند. مواد روغنی، شبیه روغن‌های گیاهی غلیظ شده یا روغن بذری متیله‌شده نیز در برابر خشک شدن مقاومت می‌کنند (21).

در حال حاضر هیچ مویانی وجود ندارد که بتواند جذب هر نوع علف‌کشی را افزایش دهد. علاوه بر آن هیچ تئوری علمی یا مدل جامعی وجود ندارد که بتواند به طور کمی اثر مویانی را بر جذب یک علف‌کش پیش‌گویی کند. همچنین کاربرد نوع و میزان مویان برای مصرف‌کننده مشخص نمی‌باشد (24).

علف‌قناری (*Phalaris minor* Retz.) یکی از علف‌های‌هرز مهم مزارع گندم می‌باشد و در بعضی مناطق ایران خسارت زیادی را در اثر رقابت با گندم به وجود می‌آورد و علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون بطور گسترده‌ای جهت کنترل آن به کار می‌رود (23). از این رو، این پژوهش با هدف بهینه‌سازی کارایی علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون در نتیجه‌ی بهره‌گیری از مویان سیتوگیت[1]، روغن‌های گیاهی کرچک و منداب در کنترل علف‌قناری انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### امکان‌سنجی افزایش کارایی علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون به وسیله مواد افزودنی در محیط گلخانه

این پژوهش در سال 1389 در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل کاربرد مواد افزودنی (سیتوگیت، روغن کرچک و منداب)، غلظت مواد افزودنی در 3 سطح (0، 0/1 و 0/2 درصد حجمی در 1 لیتر آب) و مقدار کاربرد علف‌کش در 6 سطح شامل0، 12/5 ، 25، 50، 75 و 100 درصد مقدار توصیه شده (1/5 لیتر در هکتار) در گندم بودند. علف‌کش مورد استفاده مخلوط تجاری علف‌کش مزوسولفورون (10 گرم در لیتر) + یدوسولفورون (2 گرم در لیتر) + 30 گرم مفن پایر دی اتیل با نام تجاری آتلانتیس و فرمولاسیون OD بود.

بذرهای علف‌قناری در اردیبهشت ماه سال 1389 از منطقه مشهد محل پردیس دانشگاه فردوسی مشهد با طول جغرافیایی "24 '18 °36 شمالی و عرض جغرافیایی " 38 '31 °59 شرقی و ارتفاع 980 متر از سطح دریا جمع‌آوری شد. بذرها درون پتری‌دیش‌هایی با قطر 9 سانتی‌متر که حاوی یک لایه کاغذ صافی واتمن بودند، قرار داده شدند. سپس مقدار 4 میلی‌لیتر از محلول 2 گرم در لیتر نیترات پتاسیم به هر یک از پتری‌دیش‌ها اضافه شد. پتری‌دیش‌های حاوی بذر به مدت 10 روز در دمای 5 درجه سانتی‌گراد در تاریکی مطلق در انکوباتور نگهداری شدند. پس از اعمال سرما، پتری‌دیش‌ها به درون ژرمیناتور انتقال یافتند و در دمای متناوب 10/20 درجه سانتی‌گراد روزانه/شبانه به ترتیب به مدت 16 ساعت در روشنایی و 8 ساعت در تاریکی مطلق و به ترتیب با رطوبت نسبی 45 و 65 درصد، جوانه‌دار شدند (13).

تعداد 9 گیاهچه علف‌قناری با اندازه‌های تقریبا یکسان که برگ کولئوپتیل آن‌ها 5 سانتی‌متر رشد کرده بود در هر گلدان حاوی خاک، خاک‌برگ و ماسه بادی با نسبت حجمی مساوی با قطر دهانه 12 سانتی‌متر نشاء شدند. نشاء کردن به صورتی بود که ریشه گیاهچه‌ها به طور کامل در عمق حدود 7 سانتی‌متری خاک قرار گرفتند. در مرحله 2 برگی، گیاهان به 4 بوته در هر گلدان تنک شدند. تعداد کل گلدان‌ها 215 عدد بود.

گیاهان در مرحله 3 تا 4 برگی کامل با استفاده از سمپاش متحرک ریلی مجهز به نازل بادبزنی معمولی با خروجی 200 لیتر در هکتار با فشار پاشش 200 کیلو پاسکال (kPa) تحت تیمار قرار گرفتند.

1 -Citogate

**جدول 1- مواد افزودنی به کار برده شده و ضریب چربی دوستی/ آبدوستی[1] (HLB) آن‌ها (1، 18)**

**Table1 – Used adjuvant and their lipophilic hydrophilic balance (1، 18)**

| ماده افزودنی Adjuvants | توضیحات Explanations | ضریب چربی دوستی/آبدوستی lipophilic hydrophilic balance |
|---|---|---|
| سیتوگیت Citogate | آلکیل آریل پلی گلیکول اتر Alkylarylpolyglycol ether | 8 |
| روغن کرچک Castor oil | روغن کرچک محتوی 88-91% (C18:1[OH]) + 10%مولسیفایر 90% castor oil containing 88-91%(C18:1[OH])+%10 emulsifier | 8 |
| روغن منداب rapeseed oil | روغن منداب محتوی 61% (C18:1[OH]) +10% امولسیفایر 90% rapeseed oil containing 88-91%(C18:1[OH])+%10 emulsifier | 8 |

شرایط محیطی در هنگام پاشش علف‌کش‌ها یکنواخت بود. بطوریکه دما در حین سمپاشی 3±25 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 6±45 درصد بود. به منظور حل کردن روغن در محلول پاشش علف‌کش نیز، به ترتیب از مقدار 9:1 امولسیون کننده Tween 20 و روغن کرچک و منداب استفاده شد.

جهت تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش گلخانه‌ای پس از اندازه‌گیری درصد بقاء (معادله 3)، اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده 4 هفته پس از اعمال تیمارها از سطح گلدان برداشت شدند و وزن خشک آن‌ها با ترازوی 0/001 اندازه‌گیری شدند و از کل ماده خشک و درصد بقاء در هر گلدان برای برازش منحنی‌های پاسخ به دز استفاده شد.

$$\text{survival rate} = \frac{\text{The number of live plants after 4 weeks}}{\text{The number of plants before treatment}} \times 100 \quad (3)$$

پاسخ وزن خشک و درصد بقا علف‌قناری به مقدار کاربرد علف‌کش در حضور غلظت‌های مختلف 3 نوع ماده افزودنی با روش رگرسیون غیر خطی و با استفاده از نرم افزار R آنالیز شد. تمامی داده‌ها با مدل 4 پارامتر لجستیک (معادله 4) برازش داده شدند و غلظت علف‌کش لازم برای 10، 50 و 90 درصد کاهش وزن خشک علف هرز محاسبه و در تحلیل نتایج آزمایش به کار گرفته شدند (11).

$$U_{ij} = \frac{D - C}{1 + \exp\left[bi(\log(z_{ij}) - \log(ED50_{(i)}))\right]} + C \quad (4)$$

در این معادله‌ها $U_{ij}$ بیانگر وزن خشک و درصد j ام که موجب پاسخ در دز j ام فرمولاسیون ($z_{ij}$) می‌شود. D و C حد بالا و پایین وزن خشک و درصد بقا در مقادیر صفر و بی نهایت فرمولاسیون، $ED_{50(i)}$[2] مقدار علف‌کش مورد نیاز برای کاهش وزن خشک علف هرز و درصد بقا به میزان 50 درصد و $b_i$ شیب منحنی در محدوده $ED_{50(i)}$ می‌باشد (11). پتانسیل نسبی هر یک از تیمارهای آزمایش نیز با معادله (5) محاسبه شد.

$$R = \frac{Z_a}{Z_b} \quad (5)$$

در این معادله R پتانسیل نسبی و $Z_a$، $ED_{50}$ برای علف‌کش به تنهایی و $Z_b$، $ED_{50}$ برای علف‌کش به همراه مواد افزودنی می‌باشد. اگر R برابر 1 باشد، دو فرمولاسیون دارای توانایی نسبی یکسانی خواهند بود. اگر R بزرگ‌تر از 1 باشد، فرمولاسیون مورد آزمون دارای فعالیت شاخ و برگی بیشتری از فرمولاسیون استاندارد خواهد بود و اگر R کوچک‌تر از 1 باشد، فرمولاسیون استاندارد قوی‌تر از فرمولاسیون مورد آزمایش خواهد بود. به عبارتی دیگر، اگر توانایی نسبی کوچک‌تر و یا بزرگ‌تر از 1 باشد، استفاده از مویان موجب کاهش و یا افزایش کارایی یا فعالیت شاخ و برگی علف‌کش شده است (23).

### اندازه‌گیری کشش سطحی

به منظور اندازه‌گیری اثر غلظت‌های مختلف مواد افزودنی بر کشش سطحی آب (آب مقطر) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در 4 تکرار در آزمایشگاه تحقیقات علف‌های هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1389 اجرا شد. در این آزمایش محلول‌های 0، 0/01، 0/05، 0/1، 0/15، 0/2، 0/25 و 0/3 درصد حجمی در 1 لیتر آب مقطر (v/v %) از مواد افزودنی (جدول 1) تهیه شد (20). برای اندازه‌گیری ضریب چربی دوستی/ آب دوستی نیز از شفافیت محلول به صورت چشمی استفاده شد. مقدار ضریب چربی دوستی/ آب دوستی بر اساس مشاهده پراکنش پذیری مویان در آب قابل برآورد می‌باشد (بدون پراکنش =1 تا 3، پراکنش ضعیف = 3 تا 6، پراکنش ناپایدار شیری 6 تا 8، پراکنش پایدار شیری 8 تا 10، پراکنش شفاف تا نیمه شفاف= 10 تا 13 و محلول شفاف بیش از 13) (23).

به منظور اندازه‌گیری کشش سطحی محلول‌ها از روش خاصیت مویینگی و بر اساس فرمول زیر استفاده شد (1):

1- تعادل چربی دوستی- آبدوستی که بین 0تا 20 متغیر است. بر اساس اثر تیندال، اگر نور از محلول تهیه شده به خوبی عبور کند HLB آن بالا است و برعکس.

2 - Effective dose

$$\gamma = \frac{1}{2}\rho.g.r(h+\frac{r}{3}) \quad (6)$$

در این معادله $\gamma$ نشان دهنده کشش سطحی بر حسب نیوتن بر متر، $\rho$ چگالی (جرم حجمی) مایع بر حسب کیلوگرم در متر مکعب، $g$ شتاب گرانش زمین[1] برابر با 9/8 متر بر مجذور ثانیه، $r$ شعاع مقطع لوله مویین بر حسب متر و $h$ ارتفاع ستون مایع در لوله مویین از سطح محلول بر حسب متر می‌باشند (1).

برای اندازه‌گیری چگالی مایع، بورت مدرج را از محلول مورد نظر آزمایش و مقدار 50 میلی‌لیتر از آن داخل بشر ریخته شد و با ترازویی با دقت 0/001 گرم توزین گردید و بر اساس فرمول زیر چگالی مایع محاسبه شد (1):

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (7)$$

که در آن $\rho$ نشان دهنده چگالی مایع (جرم حجمی) بر حسب گرم در سانتی‌متر مکعب، $m$ جرم (وزن) مایع بر حسب گرم و $v$ حجم مایع بر حسب سانتی‌متر مکعب است. در آزمایش‌های اندازه‌گیری کشش سطحی از لوله مویین شیشه‌ای با قطر دهانه داخلی 1 میلی‌متر استفاده شد. دمای محیط آزمایشگاه حین اندازه‌گیری‌ها 1±26 درجه سانتی‌گراد بود. برای تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری کشش سطحی از نرم افزار MSTAT-C و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)[2] در سطح احتمال 1 درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

### تاثیر مواد افزودنی بر کشش سطحی آب مقطر

نتایج نشان داد که کاربرد مویان سیتوگیت، روغن‌های گیاهی کرچک و منداب به طور معنی‌داری ($P\leq 0/01$) موجب کاهش کشش سطحی آب شدند. به‌طوری‌که با افزایش غلظت آن‌ها تا غلظت 0/15 درصد حجمی کشش سطحی آب به طور معنی‌داری کاهش یافت. در غلظت‌های بالاتر، علی رغم کاهش کشش سطحی، روندی نسبتاً ثابت و پایدار وجود داشت. به‌طوری‌که غلظت‌های بالاتر از آن تاثیر بسیار کمی در کاهش کشش سطحی بر جای گذاشت (شکل 1). غلظت 0/15 درصد برای مویان سیتوگیت، روغن کرچک و منداب به عنوان غلظت میسل بحرانی (CMC)[3] خوانده می‌شود که در این غلظت برای اولین بار میسل‌ها تشکیل می‌شوند (20). میسل حالتی از آرایش مولکول‌های مویان است که در آن بخش‌های چربی دوست ملکول مویان در قفسی کروی از بخش‌های آب دوست قرار می‌گیرد. در شرایط ایستا، غلظت میسل بحرانی به غلظتی از مویان در آب خالص گفته می‌شود که دارای کمترین کشش سطحی باشد و با افزایش غلظت مویان بالاتر از آن کاهش کشش سطحی معنی‌دار نبوده و به حالت پایداری می‌رسد (15). مقدار کشش سطحی آب در اثر کاربرد مویان سیتوگیت ($34/8\ mN\ m^{-1}$)[4] نسبت به سایر مواد افزودنی در نقطه غلظت میسل بحرانی کمتر بود. سپس روغن کرچک ($44/82\ mN\ m^{-1}$) و منداب ($45/93\ mN\ m^{-1}$) به ترتیب روی کشش سطحی آب اثرگذار بودند (شکل 1). به طور کلی نتایج این مطالعه نشان از کاهش کشش سطحی آب با افزایش غلظت مواد افزودنی داشت که در انطباق با نتایج سایر محققین (16 و 20) نیز می‌باشد. از سوی دیگر بر اساس نتایج حاصل مشخص شد سیتوگیت نسبت به سایر مواد افزودنی تاثیر بیشتری در کاهش کشش سطحی آب دارد.

### پاسخ وزن خشک علف‌قناری به کاربرد علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون با مواد افزودنی

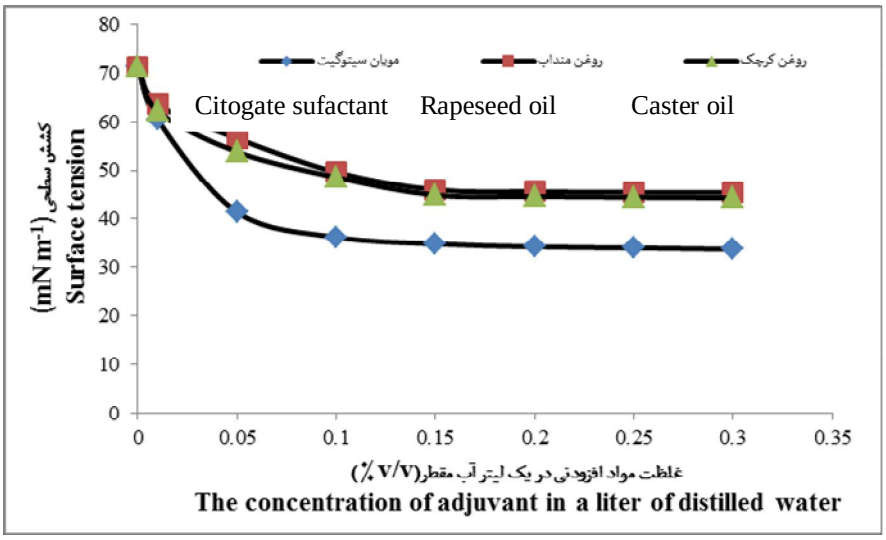
نتایج نشان دهنده اثر مثبت مویان سیتوگیت و روغن‌های کرچک و منداب هر کدام با غلظت‌های 0/1 و 0/2 درصد حجمی در مقایسه با عدم کاربرد مواد افزودنی در کارایی علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون و اثرگذاری آن روی وزن خشک علف‌قناری و درصد بقا می‌باشد (شکل‌های 2 و 3)

نتایج حاصل از برازش داده‌های وزن خشک و درصد بقا علف-قناری به معادله لجستیک 4 پارامتره نشان داد که در حضور مویان سیتوگیت، روغن‌های کرچک و منداب پارامترهای $ED_{10}$، $ED_{50}$ و $ED_{90}$ بطور قابل توجهی کمتر از کاربرد علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون به تنهایی بود (جدول 2) که نشان از افزایش کارایی علف‌کش در کنترل علف‌قناری است. علاوه بر این، نتایج حاصل از پتانسیل نسبی (جدول 2) نیز این موارد را تایید می‌کند. پتانسیل نسبی حاصل از کاربرد علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون در حضور مواد افزودنی همواره از 1 بیشتر شده است که نشان می‌دهد وقتی مواد افزودنی به محلول مزوسولفورون + یدوسولفورون اضافه شوند کارایی علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون افزایش می‌یابد و فعالیت شاخساره‌ای این علف‌کش را زیاد می‌کند. از این رو به نظر می‌رسد با توجه به نتایج حاصل، کاربرد مواد افزودنی ضمن اینکه توانسته است تاثیر زیادی بر روی کشش سطحی آب داشته باشد (شکل 1) منجر به افزایش قابل توجهی در کارایی مصرف علف‌کش نیز شده است.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون داده‌های آزمایش مشاهده شد که با کاربرد مویان سیتوگیت، روغن‌های کرچک و منداب

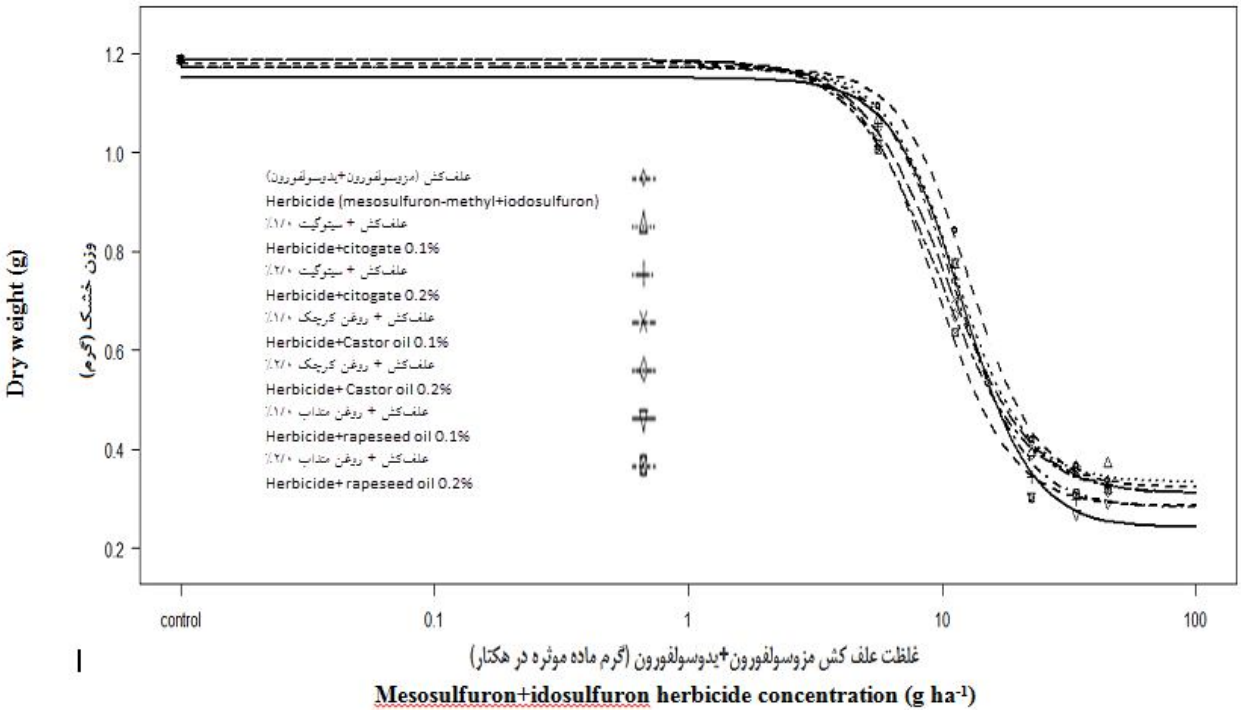
1- Acceleration due to gravity
2- Least significant difference
3- Critical Micelle Concentration (CMC)
4 - Milli Newton per meter

با غلظت 0/1 درصد، مقادیر $ED_{10}$ به ترتیب 31، 12/4 و 7/28 درصد و $ED_{50}$ به ترتیب 11/45، 3/33 و 16/83 درصد و $ED_{90}$ به ترتیب 14/25، 4/04 و 3/52 درصد گرم ماده موثره در هکتار نسبت به تیمار کاربرد علف‌کش به تنهایی کاهش پیدا کرد. در مورد درصد بقاء نیز همین روند مشاهده شد یعنی در اثر مواد افزودنی پارامترهای ED کاهش پیدا کرد (جدول 2). به‌طوری‌که با کاربرد مویان سیتوگیت، روغن‌های کرچک و منداب و با غلظت 0/2 درصد، مقادیر $ED_{10}$ به ترتیب 41/55، 26/59 و 14/25 درصد و $ED_{50}$ به ترتیب 13/97، 28/54 و 12/53 درصد و $ED_{90}$ به ترتیب 18/64، 12/58 و 5/98 درصد گرم ماده موثره در هکتار در مقایسه با کاربرد علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون به تنهایی برای درصد بقا کاهش پیدا کرد (جدول 2).



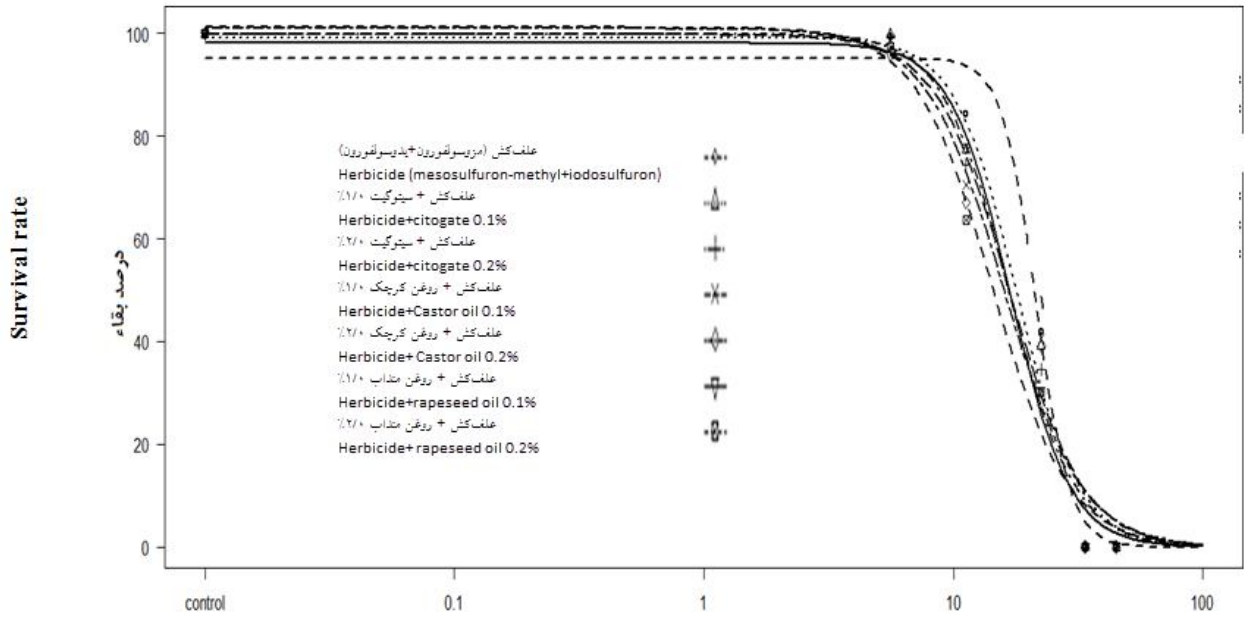

**شکل 1- تاثیر مواد افزودنی بر کشش سطحی آب**

**Figure 1- The effect of adjuvant on the surface tension of water**




**شکل 2- پاسخ وزن خشک علف‌قناری به مصرف علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون با و بدون مواد افزودنی**

**Figure 2- Response of dry weight to mesosulfuron+idosulfuron herbicide with and without adjuvants**




**شکل 3- پاسخ درصد بقاء علف قناری به مقدار مصرف علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون با و بدون مواد افزودنی**
**Figure 3- Response of Survival rate to mesosulfuron+idosulfuron herbicide with and without adjuvants**

همچنین مقادیر پتانسیل نسبی یا فعالیت شاخ و برگی علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون افزایش یافت. برای مثال هر دو پارامتر وزن خشک و درصد بقا در غلظت 0/1 درصد در مویان سیتوگیت 1/22 بود که بیشتر از 1 شده است و پارامترهای اندازه‌گیری شده (وزن خشک و درصد بقاء) در تمام مواد افزودنی از این روند پیروی می‌کنند (جدول2).

در کل این نتایج نشان می‌دهد با اضافه کردن مواد افزودنی به محلول مزوسولفورون+یدوسولفورون؛ افزایش قابل توجهی در کارایی علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون ایجاد می‌شود (جدول 2). با افزایش غلظت از 0/1 به 0/2 درصد حجمی مواد افزودنی کارایی مصرف مخلوط تجاری علف‌کش‌ها افزایش یافت. جا به جا شدگی منحنی‌های تیمارهایی که در آن‌ها مواد افزودنی به کار برده شده نسبت به تیمارهای عدم کاربرد مواد افزودنی به سمت چپ به وسیله مواد افزودنی نیز مشخص می‌شود که افزایش غلظت مواد افزودنی سبب افزایش کارایی علف‌کش شده است (شکل‌های 2 و 3).

نتایج نشان داد که بر اساس پارامترهای ED و پتانسیل نسبی، سیتوگیت در مقایسه با سایر مواد افزودنی دارای بیشترین اثر در کارایی علف‌کش بود و موجب کاهش بیشتری در پارامتر ED در وزن خشک و درصد بقاء علف‌قناری شد و همین طور پتانسیل نسبی را نیز نسبت به سایر مواد افزودنی بیشتر افزایش داد. بعد از آن روغن کرچک قرار داشت که ED را در غلظت‌های 0/1 و 0/2 درصد حجمی هم در وزن خشک و هم درصد بقاء علف‌قناری بیشتر کاهش داد و آخر از همه نیز روغن منداب در غلظت‌های 0/1 و 0/2 درصد حجمی به همراه علف‌کش ED را کاهش و پتانسیل نسبی را افزایش داد (جدول 2).

پژوهش‌های قبلی در این رابطه بیانگر تایید نتایج فوق هستند. برای مثال در پژوهشی سیتوگیت موجب افزایش 61 درصدی کارایی مخلوط دو علف‌کش پیرامین و بتانال آ- ام در کنترل علف‌های هرز پهن برگ مزارع چغندرقند و افزایش 9 درصدی عملکرد ریشه چغندرقند شد (7).

هم‌چنین سیتوگیت موجب افزایش کارایی علف‌کش‌های توفوردی و گلیفوسیت در کنترل پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis*) گردید (5). کاربرد روغن‌های گیاهی نیز باعث افزایش کارایی علف-کش در پژوهش‌های قبلی شد. راشد محصل و همکاران (18) گزارش کردند که کارایی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل و سیکلوکسیدیم با کاربرد روغن‌های گیاهی زیتون و کرچک در کنترل علف‌های هرز یولاف وحشی و علف‌قناری افزایش یافت. بر اساس این گزارش، روغن‌ها در کنترل این دو گونه متفاوت عمل کردند. بطوریکه روغن زیتون در کنترل علف قناری کاراتر و روغن کرچک نیز در کنترل یولاف وحشی از زیتون موثرتر بود. شارما و سینگ (20) نیز طی آزمایشی بیان داشتند که استفاده از مویان ارگانوسیلیکونی و روغن گیاهی غلیظ کارایی علف‌کش گلیفوسیت را در کنترل دودندان (*Bidens frondosa*) و ارزن وحشی (*Panicum maxicum*) بهبود بخشید.

جدول ۲- پارامترهای حاصل از برازش داده‌های وزن خشک و درصد بقا علف‌قناری و پتانسیل نسبی در تیمارهای مختلف آزمایش

Table 2. The results of fitting the dry weight and survival rate data of littleseed canarygrass and relative potential of different treatments

| تیمارها Treatment | پتانسیل نسبی Relative potency | | $ED_{90}$ (g a.i. $ha^{-1}$) | | $ED_{50}$ (g a.i. $ha^{-1}$) | | $ED_{10}$ (g a.i. $ha^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | درصد بقا Survival rate | وزن خشک Dry weight | درصد بقا Survival rate | وزن خشک Dry weight | درصد بقا Survival rate | وزن خشک Dry weight | درصد بقا Survival rate | وزن خشک Dry weight |
| مزوسولفورون+یدوسولفورون Mesosulfuron+idosulfuron | 1 | 1 | 39.42 | 24.97 | 19.55 | 11.7 | 9.89 | 6.45 |
| مزوسولفورون+یدوسولفورون+سیتوگیت ۰/۱٪ Mesosulfuron+idosulfuron+Citogate %0/1 | 1.22 | 1.22 | 32.49 | 21.41 | 16.01 | 10.3 | 7.77 | 4.45 |
| مزوسولفورون+یدوسولفورون+سیتوگیت ۰/۲٪ Mesosulfuron+idosulfuron+Citogate %0/2 | 1.39 | 1.4 | 32.07 | 15.25 | 13.97 | 9.01 | 5.78 | 4.11 |
| مزوسولفورون+یدوسولفورون+روغن کرچک ۰/۱٪ Mesosulfuron+idosulfuron+Castor oil %0/1 | 1.12 | 1.12 | 35.79 | 23.96 | 17.33 | 11.3 | 9.21 | 5.65 |
| مزوسولفورون+یدوسولفورون+روغن کرچک ۰/۲٪ Mesosulfuron+idosulfuron+castor oil %0/2 | 1.19 | 1.35 | 34.46 | 22.07 | 16.41 | 9.73 | 7.26 | 5.33 |
| مزوسولفورون+یدوسولفورون+روغن منداب ۰/۱٪ Mesosulfuron+idosulfuron+rapeseed oil %0/1 | 1.05 | 1.35 | 37.55 | 24.09 | 18.45 | 9.73 | 9.51 | 5.98 |
| مزوسولفورون+یدوسولفورون+روغن منداب ۰/۲٪ Mesosulfuron+idosulfuron+rapeseed oil %0/2 | 1.14 | 1.13 | 37.06 | 23.02 | 17.1 | 11.2 | 8.48 | 5.52 |

Relative potency of herbicides alone toward herbicides plus adjuvants application

*پتانسیل علف کش بکار رفته به تنهایی نسبت به کاربرد علف‌کش همراه با مواد افزودنی ($R^*$)

در آزمایشی دیگر کاربرد روغن‌های گیاهی و معدنی در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) و چچم (*Lolium multifloru*) توانستند کارایی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل را افزایش دهند (22).

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه افزایش کارایی این علف‌کش در حضور مواد افزودنی به کاربرده شده احتمالا در اثر کاهش بیشتر کشش سطحی محلول پاشش نسبت به عدم کاربرد این مواد افزودنی می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه بر اساس مطالعات انجام شده روی روغن‌ها معلوم شده که در اثر حل کردن و نفوذ پذیرتر کردن کوتیکول می‌توانند در جذب علف‌کش نقش مهمی داشته باشند، روغن‌های مورد استفاده نیز احتمالا از این طریق توانسته‌اند در افزایش کارایی مصرف علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون تاثیرگذار باشند. چنان‌که در پژوهش‌های قبلی نیز بیان شده است مویان سیتوگیت موجب کاهش کشش سطحی آب و محلول پاشش کلودینافوپ پروپارژیل شد. بطوریکه کشش سطحی آب با افزایش غلظت سیتوگیت تا غلظت 0/15 درصد حجمی به طور معنی‌داری کاهش یافت. در غلظت‌های بالاتر، علی رغم کاهش کشش سطحی، روندی نسبتا ثابت و پایدار وجود داشت. به‌طوری‌که غلظت‌های بالاتر از آن تاثیر بسیار کمی در کاهش کشش سطحی بر جای گذاشت (2). از آن‌جا که کشش سطحی کم محلول پاشش حتی با وجود بزرگ بودن قطره‌ها، روی گونه‌های سخت خیس پذیر مانند اغلب باریک برگ‌ها سبب نگهداشت مناسب می‌شود (14)، احتمالاً کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون به وسیله مواد افزودنی موجب نشست بیشتر قطره‌های پاشش شده و در نتیجه نفوذ بیشتر ماده موثره علف‌کش به برگ علف‌قناری شده و این عمل باعث افزایش کارایی مصرف علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون در کنترل علف‌قناری شده است. بر اساس مطالعات انجام شده موم کوتیکول می‌تواند در اثر کاربرد روغن‌های گیاهی نرم و حل شود و اجازه دهد تا ماده موثره بیشتری در کوتیکول انتشار یابد (9). هم‌چنین روغن‌های گیاهی که چربی دوست هستند با علف‌کش‌های چربی دوست در کوتیکول نفوذ می‌کنند (3).

در مقایسه کارایی مویان سیتوگیت با روغن‌های گیاهی، به نظر می‌رسد که مویان سیتوگیت احتمالا با کاهش بیشتر کشش سطحی بیشتر محلول پاشش، به نظر می‌رسد که توانسته نسبت به دو روغن گیاهی دیگر وزن خشک علف‌قناری را بیشتر کاهش دهد. علی وردی و همکاران (2) گزارش کردند که مویان سیتوگیت نسبت به فریگیت کشش سطحی را بیشتر کاهش داد. بنابراین با توجه به پژوهش‌های پیشین می‌توان اظهار داشت که مویان سیتوگیت نسبت به دو روغن ذکر شده کارایی بیشتری داشته است.

## نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش آزمایشگاهی مشخص شد که مویان سیتوگیت بیشتر از روغن‌های گیاهی توانست کشش سطحی آب را کاهش دهد. همچنین در آزمایش گلخانه‌ای کارایی علف‌کش مزوسولفورون + یدوسولفورون در اثر کاربرد تمامی مواد افزودنی افزایش یافت. نتایج نشان داد که کارایی این علف‌کش در اثر کاربرد مویان سیتوگیت نسبت به سایر مواد بیشتر افزایش یافت که با توجه به نتایج آزمایشگاهی به نظر می‌رسد این برتری به دلیل کاهش بیشتر کشش سطحی توسط مویان سیتوگیت باشد با توجه به نتایج این آزمایش، توصیه می‌شود که پس از انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای در صورت مثبت بودن اثرات این مواد، از آن‌ها در افزایش کارایی مصرف این علف‌کش استفاده شود.

## منابع


1- Aliverdi A., Rashed Mohassel M.H., Zand E. and Nassiri Mahallati, M. 2009. Increased foliar activity of clodinafop-propargyl 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- Aliverdi A., Rashed Mohassel M.H., Zand E., Nasiri Mahallati M. 2009. Optimizing performance of herbicides Clodinafop propargyl and Tribenuron Methyl by Citogate, frigate and their mixture for wild oat (*Avena ludoviciana* L.) and wild mustard .(*Sinapis arvensis* L.). M.Sc. thesis. Agricultur faculity of Ferdowsi University of Mashhad.

3- Cabanne F., Gaudry J. and Streibig J. C. 1999. Influence of alkyl oleates on efficacy of phenmedipham applied as an acetone: water solution on *Galium aparine*. Weed Research. 39: 57-67.

4- DeRuiter H., Holterman H. J., Kempenaar C., Mol H. G. J., DeVliger J. J., and DeZade J. C. V. 2003. Influence of adjuvants and formulations on the emission of pesticides to the atmosphere. Wageningen, Plant Research International B.V.

5- Faraji M.S., Baheshtian M., Abbasi R., Nasiri A. and Alizade M.H. 2007. Chemical control of field bindweed in fallow year, valuation of impact of reduced doses of adjuvants. Weed Science Conference Proceedings Iran. 9 and 10 February 2007. 421-417.

6- Frotan Y. 1993. Safety and hygiene in the production and consumption of agricultural pesticides. Motarjem Press.

7- Ghanbari D., Hossienpour M., Abdolahian noghabi M. and Shimi P. 2005. Mixture experiment of some herbicides with mineral oils for more efficacy in sugar beet (Beta vulgaris). Weed Science Conference Proceedings Iran. 9 and 10 February 2007. 409-412.
8- Hall F. R., Chapple A. C., Downer R. A., Kirchner L. M. and Thacker J. R. M. 1993. Pesticide application as affected by spray modifiers. Pesticide Science. 38: 123-133.
9- Hazen J. L. 2000. Adjuvants terminology, classification and chemistry. Weed Technology. 14: 773-784.
10- Kudsk P. 2008. Optimizing herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. Environmentalist. 28: 49–55.
11- Kudsk P. and Mathiassen S. K. 2007. Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameters. Crop Protecion. 26: 328-334.
12- Kudsk P. and Streibig J. C. 2003. Herbicides – a two-edged sword. European Weed Research Society Weed Research.43: 90–102.
13- 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.
14- Monaco T. J., Weller S. C. and Ashton F. M. 2002. Weed Science: Principles and Practices. 4th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.
15- Mousavi K., Zand E. and Saremi H. 2005. Physiological function and application of herbicides. Zanjan University Press.
16- 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.
17- Rashed Mohassel M.H., Rastgoo M., Mousavi K., Valiolahpour R. and Haghighi A. 2006. Principles of weed science. Ferdowsi University of Mashhad Press.
18- Rashed-Mohassel M. H., Aliverdi A., Hamami 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.
19- Sazegar P. 1992. Impact of pesticides on the environment (air, water and soil). Iranian Tobacco Company.
20- Sharma S. D. and Singh M. 2000. Optimizing foliar activity of glyphosate on *Bidens frondosa* and *Panicum maximum* with different adjuvant types. Weed Research. 40: 523-533.
21- Sondhia S. and Varshney, J. G. 2010. Herbicides. SSPH. New Dehli.
22- Stagnari F. and Onofri A. 2006. Influence of vegetable and mineral oils on the efficacy of some post-emergence herbicides for grass weed control in wheat. Pesticide Science Society of Japan. 31(3): 339–343.
23- Zand E., Mousavi S.K. and Heidari A. 2008. Herbicides and their application. Jahad Daneshgahi Mashhad press.
24- Zhiqian L. 2004. Effects of surfactants on foliar uptake of herbicides - a complex scenario. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 35: 149-153.