نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۱۲-۱

Journal of Plant Protection
Vol. 31, No. 1, Spring 2017, P. 1-12

بررسی اثر کاربرد روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی، پخشیدگی و کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف‌وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu.)

حسین حمامی[1*]- محمد حسن راشد محصل[2]- مهدی پارسا[3]- محمد بنایان اول[4]- اسکندر زند[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱٤
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰٤/۳۱

چکیده

به منظور بررسی اثر روغن‌های گیاهی بر خصوصیات علف‌کش ستوکسیدیم یک سری آزمایش در دانشگاه فردوسی مشهد و پارک علم و فناوری خراسان رضوی در سال ۱۳۹۱ انجام شد. به منظور ارزیابی تاثیر روغن‌های گیاهی بر روی کشش سطحی آب مقطر، علف‌کش ستوکسیدیم و کارایی ستوکسیدیم در کنترل یولاف‌وحشی سه آزمایش به صورت فاکتوریل و بر اساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. همچنین آزمایش دیگری روی تاثیر کاربرد روغن‌های گیاهی بر میزان پخشیدگی محلول پاششی بر اساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد روغن‌های گیاهی به استثنای روغن کرچک منجر به کاهش کشش سطحی آب مقطر شد. در حالی که نتایج تاثیر روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی محلول علف‌کش ستوکسیدیم نشان داد که تمامی تیمارها به طور معنی‌داری موجب کاهش کشش سطحی شدند. اگر چه تمام روغن‌ها منجر به کاهش کشش سطحی شدند ولی بین کشش سطحی محلول ستوکسیدیم با روغن‌های گیاهی و کارایی کنترلی ستوکسیدیم رابطه منفی وجود داشت. نتایج رگرسیونی درصد خیس شدگی کاغذهای حساس با کشش سطحی نشان داد که بین میزان خیس‌شدگی کاغذهای حساس با کشش سطحی روغن‌های گیاهی یک رابطه منفی قوی وجود داشت. تمامی روغن های گیاهی باعث افزایش کارایی کنترل یولاف وحشی شدند.

واژه‌های کلیدی: پخشیدگی، روغن کرچک، کاغذ حساس به آب، کشش سطحی

مقدمه

رشد سریع جمعیت جهان و نیاز روزافزون به تولید غذا و کشاورزی فشرده، استفاده از مواد شیمیایی را در کشاورزی به منظور تضمین تولید اجتناب ناپذیر کرده است. از طرفی با توجه به دیدگاه منفی ناشی از اثرات سمی مواد شیمیایی بر انسان و محیط زیست گرایش به استفاده از مواد شیمیایی با سمیت کمتر، دارای تجمع زیستی کمتر و همچنین دارای پایداری کمتر در محیط افزایش یافته است (۲۹). به عنوان مثال همیلتون و همکاران (۱۴) گزارش کردند که کاربرد آترازین منجر به کاهش تعداد گونه‌هایی از فیتوپلانکتون ها، آمیب ها و خرچنگ ها می‌شود. پاگانلی و همکاران (۲۱) نیز گزارش کردند که وقتی جنین وزغ (*Xenopus laevis*) تحت تیمار با علف‌کش گلایفوست قرار گرفت، تغییرات غیر عادی ریختی، مانند تاول‌های چشمی و کوچک بودن سر در آن مشاهده شد.

با توجه به اثرات منفی ناشی از کاربرد مواد شیمیایی بر انسان و محیط زیست، کاهش مصرف این ترکیبات از جنبه‌های زیست محیطی و سلامت انسان بسیار ضروری به نظر می‌رسد البته از طرفی دیگر با توجه به نیاز شدید به افزایش تولید مواد غذایی نمی‌توان استفاده از این مواد را ممنوع کرد ولی با بهبود تکنولوژی‌های کاربرد و بهینه‌سازی روش‌های کاربرد، می‌توان کارایی آنها را افزایش و در نتیجه مقدار کاربرد را کاهش داد. یکی از مهمترین روش‌های بهینه کردن کاربرد علف‌کش‌ها استفاده از مواد افزودنی است. البته در مورد اثرات سمی مواد افزودنی نیز گزارشات زیادی وجود دارد برای مثال گزارش چان و همکاران (۷) نشان داد که مواد افزودنی دارای پلی‌اکسی اتیلن‌آلکیل اتر می‌توانند موجب کاهش فشار خون و کم کاری قلب به صورت سمیت حاد دهانی در انسان گردند. مواد افزودنی دارای تالوآمین‌های پلی‌اتوکسیله با غلظت ۲/۰۱ میلی‌گرم در لیتر برای گونه‌ای از میگو (*Thamnocephalus platyurus*) (۳) و برای لارو گونه‌ای از پشه (*Chironomus plumosus*) غلظت ۱۳ میلی‌گرم در لیتر بسیار سمی هستند (۴). سمیت کمتر روغن‌های گیاهی نسبت به سایر مواد افزودنی ثابت شده است (۱۷). بنابراین، کاربرد روغن‌های گیاهی به عنوان مواد افزودنی از دو جنبه‌ی خطرات کمتر برای کاربرها و سازگاری با محیط زیست مفید می‌باشد. روغن‌های گیاهی سمیت ذاتی نداشته و در محیط به سرعت تجزیه می‌شوند (۵). مزیت دیگرروغن‌های گیاهی این است که جزو منابع

۱- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: Hhammami@birjand.ac.ir)
۲، ۳ و ۴- استادان و دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- استاد موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور
DOI: 10.22067/jpp.v31i1.30527

تجدید شونده بوده و استفاده از آنها فرصت جدیدی را برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی فراهم می‌سازد (۲۲). مواد افزودنی ممکن است به نحوی کارایی علف‌کش را بهبود بخشند که غلظت یا کل مقدار علف‌کش مورد نیاز برای حصول سطح تاثیر معین کاهش یابد. استفاده از مواد افزودنی مناسب در برخی موارد سبب کاهش مقدار مصرف علف‌کش و هزینه‌های کاربرد به میزان پنج تا ده برابر می‌شود (۳۰).

استفاده از مواد افزودنی، خواص فیزیکی و شیمیایی محلول پاشش، شامل ویسکوزیته و کشش سطحی را به میزان زیادی تحت تاثیر قرار می‌دهد. این خصوصیات در تشکیل ذره پاششی و خصوصیات آن نقش مهمی دارند. به طوری کل، کمتر بودن کشش سطحی و ویسکوزیته سبب تولید قطرات کوچکتر می‌شود (۱۰ و ۱۹). مهمترین ویژگی فیزیکی و شیمیایی تاثیرگذار در نگهداری قطره‌ها روی سطح برگ، کشش سطحی محلول علف‌کش می‌باشد. کشش سطحی کم موجب تولید قطره‌های کوچک‌تر می‌شود و به دلیل اینکه انرژی قطره‌های کوچکتر کمتر می‌باشد، موجب نشست بیشتر علف‌کش می‌شوند (۱۰).

گزارشات زیادی مبنی بر تاثیر مواد افزودنی مختلف بر خصوصیات محلول علف‌کش مانند کشش سطحی، چگالی محلول، قابلیت پخش شدن محلول پاششی روی سطح برگ منتشر شده است (۱۰، ۲۲). بنابراین به نظر می‌رسد مطالعه تاثیر مواد افزودنی بر خصوصیات محلول علف‌کش می‌تواند به تفسیر نتایج حاصل از اثر کاربرد مواد افزودنی بر کارایی کنترلی علف‌کش‌ها کمک کند. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تاثیر روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی محلول علف‌کش ستوکسیدیم و میزان پخشیدگی محلول روی سطح کاغذهای حساس که نوعی شبیه‌سازی قابلیت پخشیدگی قطرات روی سطح برگ می‌باشد انجام شد.

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری کشش سطحی

به‌منظور اندازه‌گیری کشش سطحی از دستگاه تانسیومتر کا ۱۰۰[1] واقع در پارک علم و فناوری خراسان رضوی استفاده شد. دستگاه فوق به منظور جلوگیری از تاثیر بارهای الکتروستاتیکی موجود در هوا دارای سیستم تولید هوای یونیزه است که به هنگام استفاده از هوای یونیزه درب اتاقک اندازه‌گیری باید بسته باشد و این هوا نباید توسط کاربر تنفس شود. برای اندازه‌گیری کشش سطحی توسط این دستگاه از روش صفحه یا پلیت و معادله ۱ استفاده شد.

معادله ۱:
$$\sigma = \frac{F}{L \cos \theta}$$

که در این معادله σ کشش سطحی، F نیروی بالابرنده (میلی نیوتن)، L طول خیس شده صفحه و θ زاویه بین صفحه و مایع.

به‌منظور اندازه‌گیری اثر غلظت‌های مختلف روغن‌های گیاهی (به همراه امولسیون کننده) بر کشش سطحی آب (آب مقطر) و محلول علف‌کش ستوکسیدیم دو آزمایش مجزا با استفاده از روغن‌های گیاهی و غلظت‌های مختلف آنها انجام شد. در این دو آزمایش غلظت‌های بدون روغن، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ ، ۰/۴ و ۰/۵ درصد حجمی (% *v/v*) از روغن‌های گیاهی استفاده شد. آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد.

برای ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف روغن‌های گیاهی (منداب، سویا، پنبه، آفتابگردان، زیتون، کرچک، کنجد، ذرت و کلزا) بر کشش سطحی محلول علف‌کش، ابتدا نمونه‌هایی از محلول علف‌کش تهیه شد. با توجه به این که در مطالعات گلخانه‌ای بعد از کالیبره کردن سمپاش با میزان خروجی نازل ۲۳۸ لیتر در هکتار بود محلول ها بر حسب خروجی نازل (برای یک لیتر) تهیه شدند. برای تهیه یک لیتر نمونه محلول ۱۲/۶ میلی‌لیتر از ماده تجاری علف‌کش ستوکسیدیم در یک لیتر آب مقطر حل شده و سپس اثر غلظت‌های بدون روغن، ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ ، ۰/۴ و ۰/۵ درصد حجمی (%*v/v*) از روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی آب مقطر و محلول علف‌کش ستوکسیدیم ارزیابی شد. برای آنالیز آماری از نرم افزار دستگاه تانسیومتر K100 که تحت محیط EXCEL بوده و نرم افزارSAS استفاده شد. این دستگاه در واحدهای زمانی کوتاه اندازه‌گیری را تکرار می‌کند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح معنی‌داری یک درصد استفاده گردید.

شبیه‌سازی نشست و گسترش قطره‌های پاشش

به‌منظور بررسی نشست قطره‌ها روی سطح، از کاغذهای حساس به رطوبت (که در ابتدا زرد رنگ بوده و پس از اعمال تیمار رنگ آن به آبی تیره تبدیل شد) استفاده شد. سطح این کاغذها توسط ماده برموفنول بلو[2] پوشیده شده است که در حضور رطوبت منجر به تغییر رنگ کاغذ می‌شود (۹). در هنگام سمپاشی کاغذها در کنار گلدان‌ها قرار داده شده (فقط برای غلظت‌های توصیه شده با و بدون روغن‌های گیاهی) و پس از اعمال تیمار سمپاشی کاغذ ها بلافاصله جمع‌آوری شده و از آنها عکس گرفته شد. سپس در مرحله بعد برای تعیین میزان سطح تغییر رنگ یافته کاغذها از نرم‌افزار (MIP software) استفاده گردید.

آزمایش‌های پاسخ به مقدارعلف‌کش

به منظور یکنواختی و سهولت در جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه‌های یولاف‌وحشی، ابتدا پوسته در بردارنده بذر از آنها جدا شدو

1- K100 Tensiometer

2- Bromophenol-blue

سپس بذور توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد (%v/v) به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی سطحی شده و بعد به مدت۵ دقیقه با آب شستشو داده شدند. بذرها درون پتری‌دیش‌های شیشه‌ای با قطر ۱۱ سانتیمتر که حاوی یک لایه کاغذ صافی (واتمن شماره ۱) بودند، قرار داده شده و مقدار ده میلی‌لیتر از محلول ۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم[1] به هر یک از پتری‌دیش‌ها اضافه شد. پتری‌دیش‌های حاوی بذر به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴ تا ۵ درجه سانتیگراد (در درون یخچال) در تاریکی مطلق نگهداری شدند. پس از اعمال سرما، پتری‌دیش‌ها برای مدت ۴۸ ساعت به ژرمیناتور با دوره دمایی ۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۶ ساعت و دمای ۱۰ درجه سانتیگراد به مدت ۸ ساعت در تاریکی مطلق، به ترتیب با رطوبت نسبی ۴۵ و ۶۵ درصد، برای شکستن خواب، منتقل شدند (۲، ۱۵و ۲۰). پس از اینکه بذور در ژرمیناتور جوانه‌دار شدند، پتری‌دیش‌ها به گلخانه منتقل شده و تعداد ده گیاهچه یولاف‌وحشی با ریشه‌چه یکسان و سالم در سطح خاک گلدان ۱/۵ لیتری حاوی خاک، خاک‌برگ و ماسه‌بادی با نسبت حجمی مساوی قرار داده شدند. سپس روی گیاهچه‌های یولاف‌وحشی خاک پاشیده شد (روی سطح بذرها بطور کامل پوشانده شد). آبیاری گلدان‌ها بر اساس نیاز گیاه انجام می‌شد. در مرحله یک برگی گیاهچه‌ها به چهارگیاهچه در هر گلدان تنک شدند و به میزان ۳۰ میلی‌لیتر از محلول ۳ گرم در لیتر کود $N:P:K$ (۲۰:۲۰:۲۰) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد (۱۶). دمای گلخانه در مدت رشد، بین ۲۷ تا ۳۲ درجه سانتیگراد در طول روز و ۱۶ تا ۲۴ درجه سانتیگراد در طول شب متغیر بود. گیاهان در مرحله چهار برگی با استفاده از سمپاش متحرک ریلی مجهز به نازل بادبزنی معمولی با خروجی ۲۳۸ لیتر در هکتار با فشار پاشش ۲۰۰ کیلوپاسکال تحت تیمار قرار گرفتند. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های صفر، ۲۳/۴۴، ۴۶/۸۷، ۹۳/۷۵، ۱۸۷/۵، ۲۸۱/۲۵ و ۳۷۵ گرم در هکتار ماده موثره علف‌کش ستوکسیدیم در ده سطح ۱) بدون روغن گیاهی، و روغن‌های گیاهی : ۲) منداب ۳) سویا، ۴) پنبه دانه، ۵) آفتابگردان، ۶) زیتون، ۷) کرچک، ۸) کنجد، ۹) ذرت و ۱۰) کلزا در سه تکرار بودند. به منظور آماده‌سازی هر یک از مواد افزودنی بالا، میزان پنج درصد از مویان سیتوگیت به عنوان امولسیون‌کننده روغن‌های گیاهی در درون آب سمپاش، به حجم روغن‌های گیاهی اضافه شد. هر یک از روغن‌های گیاهی به میزان پنج درصد حجمی (پنج در هزار) مورد استفاده قرار گرفتند.

اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده چهار هفته پس از اعمال تیمارها از روی سطح گلدان برداشت شدند و پس از ۴۸ ساعت خشک شدن در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد، وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد و از میانگین وزن خشک در هر گلدان برای برازش منحنی‌های پاسخ به مقدار به کمک نرم‌افزار R استفاده شد. پاسخ وزن خشک یولاف‌وحشی به مقدار محلول علف‌کش در حضور روغن‌های گیاهی مختلف با تکنیک رگرسیون غیر خطی و با استفاده از نرم‌افزار R آنالیز شد. تمامی داده ها به طور همزمان با مدل چهار پارامتری لجستیک (معادله ۲) برازش داده شدند (۵ و ۶).

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

معادله ۲:

که در آن U_{ij} بیانگر وزن خشک j ام که موجب پاسخ در دز i ام فرمولاسیون (z_{ij}) می‌شود، D حد مجانب بالا وزن خشک در مقادیر صفر فرمولاسیون و روغن‌های گیاهی بدون علف‌کش، $ED_{50(i)}$ مقدار فرمولاسیون i لازم برای ۵۰ درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز و b_i متناسب با شیب منحنی در محدوده $ED_{50(i)}$ می‌باشند (۵، ۶).

بخش میانی منحنی که بیانگر ویژگی موسوم به فعالیت ذاتی علف‌کش در گیاه است اهمیت علمی خاصی را دارا می باشد. به طوریکه استفاده از ED_{50} از راه‌های مهم نشان دادن تمایز بین اثرات علف‌کش ها و مواد افزودنی است (۲۴). مقادیر علف‌کش و علف‌کش بعلاوه روغن‌های گیاهی که موجب پاسخ یکسانی می‌شوند را می‌توان با استفاده از اختلاف جابجاشدگی افقی منحنی‌های پاسخ به دز مورد مقایسه قرار داد. در این مورد تفاوت جابجا شدگی افقی دو منحنی نشان‌دهنده تاثیر تیمار آزمایشی در مقایسه با فرمولاسیون است. جابجا شدگی افقی، بیانگر نسبت بین مقادیر علف‌کشی است که منتهی به پاسخ یکسانی می‌شوند. این نسبت، توانایی نسبی یا شدت نسبی (R) نامیده می‌شود که بر اساس معادله ۳ محاسبه می‌شود (۲۴):

$$R = \frac{Z_a}{Z_b}$$

معادله ۳:

که در آن Z_a و Z_b نشانگر مقادیری از ED_{50} تیمارهای علف‌کش و علف‌کش بعلاوه روغن‌های گیاهی با اثرات مشابه محسوب می‌شوند. توانایی نسبی نشان‌دهنده این است که برای حصول تاثیری مشابه اثر مقدار Za از فرمولاسیونی استاندارد (در این تحقیق، علف‌کش بدون روغن) چه مقدار از فرمولاسیون مورد آزمون (در این تحقیق، علف‌کش با روغن‌های گیاهی)، بیشتر یا کمتر، باید به کار رود. اگر R برابر یک باشد، دو فرمولاسیون دارای توانایی نسبی یکسانی خواهند بود. اگر R بزرگتر از یک باشد، کاربرد علف‌کش به همراه روغن‌های گیاهی دارای فعالیت شاخ و برگی بیشتری نسبت به کاربرد علف‌کش به تنهایی خواهد بود و اگر R کوچکتر از یک باشد، نشان دهنده اثر منفی کاربرد روغن‌های گیاهی بر کارایی علف‌کش مورد آزمایش خواهد بود. به عبارتی دیگر، اگر توانایی نسبی کوچکتر و یا بزرگتر از یک باشد، استفاده از روغن‌های گیاهی موجب کاهش و یا افزایش کارایی یا فعالیت شاخ و برگی علف‌کش شده‌اند (۱۶).

1- KNO_3

نتایج و بحث

ارزیابی تاثیر روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی آب مقطر

نتایج آزمایش حاکی از عدم تاثیر سیتوگیت در غلظت ۰/۰۱ درصد حجمی بر کشش سطحی آب مقطر بود (جدول ۱). گزارش منتشر شده توسط علی‌وردی و همکاران (۱) نیز نشان داد که کاربرد سیتوگیت در این غلظت موجب کاهش جزئی در کشش سطحی شده ولی بر کارایی کنترلی اثری نداشت. نتایج این آزمایش نشان داد که تمامی تیمارها به استثنای روغن کرچک که باعث افزایش کشش سطحی آب مقطر شده به طور معنی‌داری ($P<0/01$) موجب کاهش کشش سطحی آب مقطر شدند. مطالعات محققین گذشته نیز گواه بر عدم تاثیر و یا حتی افزایش کشش سطحی آب مقطر در حضور روغن کرچک بود (۱۱) که این نتایج در این آزمایش نیز مشاهده و تایید شد. با توجه به نتایج مطالعه انجام شده توسط راشد محصل و همکاران (۲۵) و مقایسه آنها با نتایج این آزمایش می‌توان دریافت که تاثیر روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی آب مقطر بسیار کمتر از مویان‌های تجاری نظیر سیتوگیت است (جدول ۱). در حالی که کشش سطحی آب مقطر در غلظت‌های ۰/۲ درصد حجمی از مویان‌های سیتوگیت و فریگیت کشش سطحی آب مقطر را به حدود ۴۰ میلی نیوتن بر متر رساندند (۲۵) کمترین میزان کشش سطحی آب مقطر ناشی از افزودن روغن‌های گیاهی از ۵۳ میلی نیوتن بر متر بیشتر کاهش نیافت (جدول ۱).

کشش سطحی آب با افزایش غلظت روغن‌های گیاهی منداب و سویا تا ۰/۲ درصد حجمی و در مورد روغن‌های زیتون، ذرت، آفتابگردان، کلزا، کنجد و پنبه‌دانه تا ۰/۱ درصد حجمی و در مورد روغن کرچک تا ۰/۰۵ درصد حجمی به طور معنی‌داری کاهش یافت در حالی که در غلظت‌های بالاتر از این مقادیر قدرت تاثیر روغن‌های فوق بر کاهش کشش سطحی به شدت افت کرده و کاهش می‌یابد (جدول ۱). پایداری امولسیون تشکیل شده از روغن‌های گیاهی به همراه امولسیفایر علاوه بر خصوصیات فاز پیوسته و پراکنده به امولسیفایر و غلظت آن نیز بستگی دارد. در غلظت‌های بالای روغن‌های گیاهی ممکن است در نتیجه چسبیدن قطرات فاز پراکنده (روغن‌های گیاهی به همراه امولسیفایر) به دلیل افزایش نیروی جاذبه بین قطرات بیشتر از نیروی دافعه بین آنها و یا یکی شدن قطرات امولسیون تشکیل شده حالت ناپایدار به خود گرفته و باعث شوند که کاهش کشش سطحی بیشتری از این غلظت‌ها به بالا مشاهده نشود. این خصوصیت در مورد روغن کرچک بسیار چشمگیرتر از سایر روغن‌ها می‌باشد بطوریکه در مورد این روغن افزایش غلظت بیشتر از ۰/۰۵ درصد حجمی تاثیری بر کشش سطحی نداشت. با توجه به جدول ۱ می‌توان به یک رابطه غیر معمول در مورد اثر روغن‌ها بر کشش سطحی آب پی برد. در مورد تمام روغن‌ها کشش سطحی آب مقطر کاهش یافته در حالی که در مورد روغن کرچک عکس این حالت روی داده است یعنی در حضور روغن کرچک کشش سطحی آب مقطر نه تنها کاهش نیافته بلکه افزایش نیز یافته است. مشابه این نتایج توسط دوندرا و همکاران (۱۱) نیز مشاهده شده است. ممکن است دلیل اینچنین تاثیری مربوط به ویسکوزیته بالای این روغن باشد (جدول ۱).

ارزیابی کشش سطحی علف‌کش ستوکسیدیم

پس از خروج محلول پاششی از نازل، قطرات ممکن است بعد از برخورد با سطح برگ، روی آن باقی مانده و یا از روی سطح برگ به هوا پرتاب شوند. قطرات پس از پرتاب از روی سطح برگ به شکل قطرات کوچکتری در آمده که ممکن است در برخوردهای ثانویه روی برگ قرار گرفته و یا از بین بروند. از جمله عوامل بسیار موثر در این فرایند خصوصیات ریختی سطح برگ، انرژی جنبشی قطره و کشش سطحی محلول علف‌کش است. اغلب مواد افزودنی که به منظور افزایش کارایی علف‌کش های برگ مصرف بکار می روند منجر به کاهش کشش سطحی محلول شده و منجر به ایجاد پوشش یکنواخت تر و همچنین جلوگیری از برگشت قطره از روی سطح برگ می‌شوند. امروزه تکنولوژی های بسیاری در جهت کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش و در نتیجه افزایش کارایی مانند کاربرد مواد افزودنی (۲۶) و استفاده از میدان مغناطیسی (۸) بکار می‌رود.

نتایج تاثیر روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی محلول علف‌کش ستوکسیدیم نشان داد که تمامی تیمارها به طور معنی‌داری ($P<0/01$) موجب کاهش کشش سطحی شدند (جدول ۲). با توجه به آزمایش قبلی که کشش سطحی آب مقطر را ۷۲/۲۱۱ میلی نیوتن بر متر نشان داد (جدول ۱) و با توجه به اینکه در این آزمایش کشش سطحی ستوکسیدیم به تنهایی ۴۲/۶۲۱ میلی نیوتن بر متر اندازه‌گیری شد بنابراین علف‌کش ستوکسیدیم به تنهایی موجب کاهش معنی‌داری در کشش سطحی آب شده است. در حالی که نتایج این مطالعه کشش سطحی محلول علف‌کشی به تنهایی را برابر ۴۲/۶۲۱ میلی نیوتن بر متر نشان داد (جدول ۲) نتایج راشد محصل و همکاران (۲۶) کشش سطحی علف‌کش ستوکسیدیم را برابر ۴۳/۵۷ میلی نیوتن بر متر گزارش کرده‌اند. این تفاوت ممکن است ناشی از روش مورد استفاده در اندازه‌گیری کشش سطحی، شرکت سازنده علف‌کش و یا فرمولاسیون علف‌کش باشد. البته با توجه به اینکه در این دو تحقیق مجزا دقیقاً از یک نوع علف‌کش با فرمولاسیون و درصد ماده موثره مشابه استفاده شد اختلاف موجود در کشش سطحی باید مربوط به روش مورد استفاده در اندازه‌گیری کشش سطحی باشد. در آزمایش انجام شده توسط راشد محصل و همکاران (۲۶) از روش لوله‌های مویین و خاصیت مویینگی تحت شرایط آزمایشگاهی استفاده شد. با در نظر گرفتن اینکه دمای محیط و مایع به شدت بر کشش

سطحی محلول اثر می‌گذارد و اینکه دمای آزمایشگاه در زمان‌های متفاوت اندازه‌گیری دارای نوسان زیادی است بنابراین درصد خطای این روش در مقایسه با روش استفاده از دستگاه تانسیومتر K100 که مجهز به حمام آب گرم است بیشتر است (نوسان دما در روش تانسیومتری کمتر از ۰/۲ درجه سانتیگراد است). شرکت‌های متفاوت سازنده علف‌کش ممکن است از مواد افزودنی متفاوت و یا حامل‌هایی با کیفیت متفاوت استفاده کنند بنابراین ترکیبات تجاری مختلف باعث تاثیرهای متفاوتی بر کشش سطحی می‌شوند. به عنوان مثال گاوریت و لامرنی (۱۳) کشش سطحی کلودینافوپ پروپارژیل با نام تجاری سیلیو (۱۰ درصد) را ۵۱ میلی نیوتون بر متر گزارش کردند در حالی که علی وردی و همکاران (۱) کشش سطحی فرمولاسیون علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل با نام تجاری تاپیک (۸ درصد) را ۵۷/۳۹ میلی نیوتن بر متر گزارش کردند. البته به دلیل اختلاف روش مورد استفاده در این دو تحقیق یکی دیگر از دلایل اختلاف نتایج مشاهده شده ممکن است مربوط به روش مورد استفاده در این دو تحقیق باشد. نوع فرمولاسیون نیز به شدت بر کشش سطحی محلول علف‌کش تاثیر می‌گذارد بطوریکه گزارشات چو و لی (۸) و علی وردی و همکاران (۱) نشان داد که فرمولاسیون‌هایی که حالت گرانوله داشته و در آب بصورت ذرات کلوئیدی در می‌آیند منجر به کاهش کمتر کشش سطحی محلول علف‌کش در مقایسه با فرمولاسیون امولسیون می‌شوند. مقایسه کشش سطحی دو نوع فرمولاسیون مختلف کلودینافوپ پروپاژیل و تری بنورون متیل توسط علی وردی و همکاران (۱) این اختلاف را بخوبی نشان داد. بطوریکه کلودینافوپ پروپاژیل با فرمولاسیون امولسیون کشش سطحی آب را به ۵۷/۳۹ میلی نیوتن بر متر رسانده است در حالی که تری بنورون متیل با فرمولاسیون گرانوله وتابل کشش سطحی آب را به ۶۹/۱۰ میلی نیوتن بر متر رساند. اگر کشش سطحی مهمترین عامل تاثیر گذار بر جذب علف‌کش باشد (صرف نظر از سایر عوامل) با توجه به گزارش منتشر شده توسط علی وردی و همکاران (۱) به نظر می‌رسد در مورد علف‌کش‌های گرانوله مانند تری بنورون متیل ضرورت کاربرد مواد افزودنی نظیر سیتوگیت و فریگیت با غلظت‌های بالاتر، بیشتر از فرمولاسیون‌های امولسیون می‌باشد. چرا که شدت کاهش کشش سطحی در مورد فرمولاسیون گرانوله بیشتر بوده بطوریکه در حضور مویان‌های سیتوگیت و فریگیت کشش سطحی محلول علف کش تری بنورون متیل از ۶۹/۱۰ میلی نیوتن بر متر به ترتیب به ۳۲/۸۸ و ۳۹/۲۳ میلی نیوتن بر متر رسیده است که معادل کاهش ۳۶/۲۲ و ۲۹/۸۷ میلی نیوتن بر متر است. در حالی که در مورد کلودینافوپ پروپارژیل این مقادیر کاهش به ترتیب ۲۴/۸۳ و ۱۹/۳۸ میلی نیوتن بر متر بود. نکته جالب در مورد اختلاف اثر روغن کرچک در تاثیر بر کاهش کشش سطحی آب مقطر و محلول علف‌کش بود. در حالی که روغن کرچک نه تنها باعث کاهش کشش سطحی آب مقطر نشد بلکه باعث افزایش آن نیز شد در مورد تاثیر بر کشش سطحی محلول علف‌کش این وضعیت مشاهده نشد و با افزایش غلظت آن نیز کاهش کشش سطحی به میزان بیشتری نمود یافت. دلیل آن ممکن است مربوط به ترکیبات موجود در فرمولاسیون علف‌کش باشد. ترتیب کشش سطحی محلول ستوکسیدیم در حضور روغن‌های گیاهی به ترتیب عبارتند از کرچک، منداب، زیتون، سویا، پنبه دانه، کلزا، ذرت، آفتابگردان و کنجد بود. روغن‌های منداب و زیتون در غلظت ۰/۵ درصد حجمی به ترتیب با ۳۹/۳۳۸ و۳۸/۳۰۵ میلی نیوتن بر متر دارای بیشترین کشش سطحی محلول ستوکسیدیم و روغن‌های کرچک و پنبه‌دانه به ترتیب با ۳۰/۰۹۶ و ۳۰/۷۵۸ دارای کمترین کشش سطحی محلول ستوکسیدیم می‌باشند (جدول ۲). نتایج مطالعه دوندرا و همکاران (۱۱) نشان داد که میزان تاثیر روغن کرچک بر کارایی علف‌کش ها به شدت به نوع و فرمولاسیون علف‌کش وابسته است. بنابراین ممکن است نتایج تاثیر این روغن ها بر سایر علف‌کش‌ها متفاوت با نتایج به دست آمده در این تحقیق باشد.

تفاوت ساختارهای تشکیل دهنده هر یک از روغن‌ها ممکن است دلیل اصلی اختلاف تاثیر گذاری روغن‌ها بر کشش سطحی محلول ستوکسیدیم باشد. نتایج بررسی‌های سایر محققین نشان داده است که هر چه میزان درصد اسیدهای چرب غیر اشباع و طول زنجیره کربنی اسیدهای چرب روغن‌های گیاهی بیشتر باشد روغن فوق دارای کشش سطحی بالاتر و در نتیجه قدرت کاهندگی کشش سطحی آنها کمتر می‌شود (۱۲و ۲۸). البته این محققین اهمیت طول زنجیره کربنی اسیدهای چرب را بیشتر از درصد اسیدهای چرب غیر اشباع دانستند. همانند نتایج شو و همکاران (۲۸) و فریتاس و همکاران (۱۲) نتایج این آزمایش نیز نشان داد که با افزایش درصد اسیدهای چرب غیر اشباع و کاهش درصد اسیدهای چرب اشباع، کشش سطحی محلول ستوکسیدیم افزایش پیدا می‌کند. به عبارتی دیگر، قدرت کاهندگی کشش سطحی محلول علف‌کش به وسیله روغن‌های گیاهی رابطه‌ای منفی با میزان اسیدهای چرب غیر اشباع و رابطه‌ای مثبت با میزان اسیدهای چرب اشباع دارد.

ارزیابی نشست و گسترش قطره بر روی کاغذ حساس به رطوبت

نتایج حاصل از گسترش قطره های نشست کرده محلول سم در غلظت توصیه شده (با و بدون روغن‌های گیاهی) روی کاغذهای حساس نشان داد که محلول علف‌کش ستوکسیدیم هنگامی که به تنهایی به کار برده شد درصد خیس شدگی سطح کاغذ حساس در مقایسه با کاربرد روغن‌های گیاهی کمتر بوده و در غیاب روغن‌های گیاهی قطره‌های نشست کرده دارای اندازه‌های بزرگتری می‌باشند. (شکل ۲).

جدول ۱- اثر غلظت‌های مختلف روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی آب مقطر

Table 1- Effect of different vegetable oil concentrations on distilled water surface tension

غلظت روغن Oil concentration (% v/v)	روغن منداب Turnip Oil	روغن زیتون Olive Oil	روغن سویا Soybean Oil	روغن ذرت Corn Oil	روغن آفتابگردان Sunflower Oil	روغن کلزا Canola Oil	روغن کنجد Sesame Oil	روغن کرچک Castor Oil	روغن پنبه دانه Cottonseed Oil
	کشش سطحی ($mN\ m^{-1}$)* Surface tension ($mN\ m^{-1}$)								
	ستوکسیدیم** Sethoxydim								
بدون روغن	42.621								
71.101	67.681	63.312	62.000	58.784	62.567	63.888	61.725	75.842	69.968
62.406	65.513	61.326	60.429	56.368	61.106	63.165	60.679	74.329	69.462
37.211	62.704	58.311	58.118	54.184	60.009	61.965	58.325	74.038	67.656
33.448	61.495	58.216	56.923	53.326	59.694	60.784	57.189	74.001	67.503
33.330	61.389	57.192	56.729	53.895	59.478	60.623	56.976	73.916	66.742
33.108	61.206	57.152	56.627	53.776	59.326	60.514	56.685	73.825	66.456
33.099	61.148	57.007	56.595	53.711	59.162	60.462	56.445	73.512	66.329
LSD (0.01)	1.323								

* دمای دستگاه در حین اندازه گیری ها ۲۵/۲ ۰ درجه سانتیگراد بود.

** ۳۷۵ گرم ماده موثره ستوکسیدیم در ۲۳۸ لیتر آب مقطر.

* 0.2± Tensiometer temperature in measuring time was 25

** 375 g ai sethoxydim in 238 l distilled water

جدول ۲- اثر غلظت های روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی علف‌کش ستوکسیدیم

Table 2- Effect of different vegetable oil concentrations on sethoxydim herbicide surface tension

غلظت روغن	کشش سطحی (mN m-1)* Surface tension (mN m-1)								
	ستوکسیدیم** Sethoxydim								
(% v/v)	روغن مناب Turnip Oil	روغن زیتون Olive Oil	روغن سویا Soybean Oil	روغن ذرت Corn Oil	روغن آفتابگردان Sunflower Oil	روغن کلزا Canola Oil	روغن کنجد Sesame Oil	روغن کرچک Castor Oil	روغن پنبه دانه Cottonseed Oil
بدون روغن					42.621				
0.01	42.207	41.625	40.754	42.581	40.797	39.999	40.569	43.103	39.229
0.05	41.386	40.448	40.712	40.425	39.306	37.228	37.421	31.709	37.581
0.1	40.893	39.205	39.234	39.908	37.002	36.401	36.106	30.621	32.911
0.2	39.696	39.106	38.991	37.935	36.178	35.521	35.101	30.316	32.700
0.3	39.456	38.800	37.002	36.001	34.833	34.123	33.864	30.253	31.011
0.4	39.407	38.564	36.945	36.701	33.789	33.936	33.563	30.121	30.821
0.5	39.338	38.305	36.793	36.384	33.339	33.758	33.239	30.096	30.758
LSD (0.01)					1.021				

*دمای دستگاه در حین اندازه گیری ها ۰۲۵/۲ درجه سانتیگراد بود.

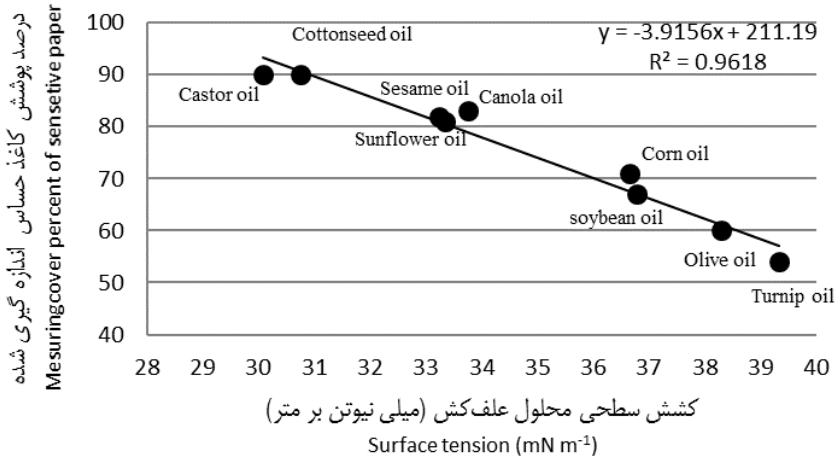
** ۳۷۵ گرم ماده موثره ستوکسیدیم در ۲۳۸ لیتر آب مقطر.

*0.2± Tensiometer temperature in measuring time was 25

** 375 g ai sethoxydim in 238 l distilled water

با اضافه کردن روغن‌های گیاهی به محلول علف‌کش ستوکسیدیم سطح خیس شده کاغذ های حساس افزایش یافت نتایج رگرسیونی درصد خیس شدگی کاغذهای حساس با کشش سطحی ناشی از محلول‌های علف‌کشی نشان داد که بین میزان خیس شدگی کاغذهای حساس با کشش سطحی روغن‌های گیاهی یک رابطه منفی قوی (R^2=۰/۹۶۱) وجود دارد (شکل ۱).

ترتیب کشش سطحی محلول علف‌کش ستوکسیدیم به همراه روغن‌های گیاهی مورد استفاده در این آزمایش به ترتیب از زیاد به کم عبارت بودند از: منداب> زیتون> سویا> ذرت>کلزا> آفتابگردان >کنجد>پنبه دانه >کرچک (جدول ۲) و ترتیب درصد پوشش کاغذ حساس از کم به زیاد منداب> زیتون> سویا> ذرت>کلزا> آفتابگردان >کنجد>پنبه دانه =کرچک بود (شکل‌های ۱ و ۲).



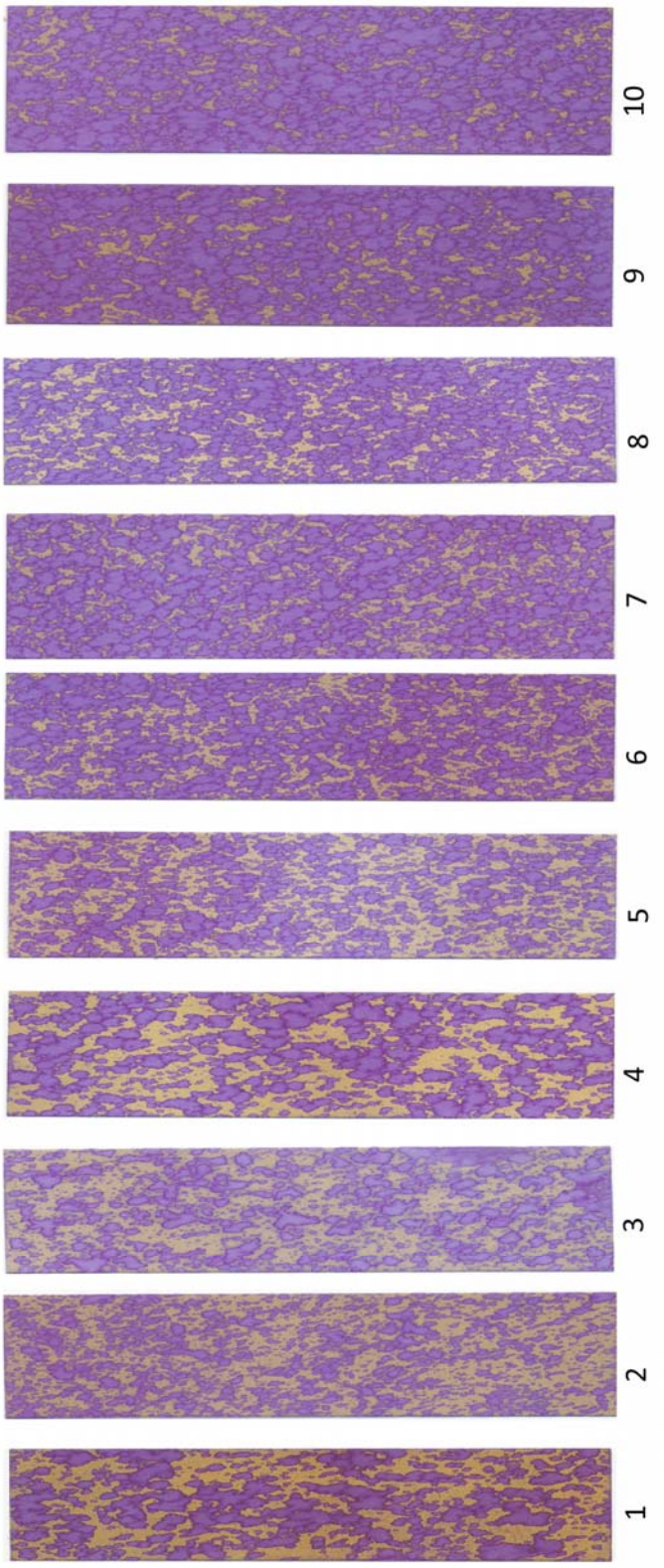
شکل۱- رابطه بین کشش سطحی محلول علف‌کش و درصد پوشش کاغذ حساس

Figure 1. Relationship between herbicide solution Surface tension and cover percent of sensitive paper

در مطالعات محققین دیگر نیز گزارش شده است که روغن‌های گیاهی باعث کاهش کشش سطحی می شوند (۱۸). کاهش کشش سطحی قطره‌های پاشش موجب تولید قطره‌های کوچکتری می‌شود و در واقع در این شرایط قطر میانه حجمی قطرات اسپری پاشش کمتر می‌شود. در این شرایط به دلیل اینکه انرژی قطره‌های کوچکتر کمتر می‌باشد، پرش آنها از روی سطح برگ گیاه هدف کمتر شده و همچنین موجب نشست بیشتر پاشش می‌شود (۲۲). علاوه بر این، کشش سطحی پایین موجب گسترش بیشتر قطره نشست کرده می‌شود (۲۶). به همین دلیل روغن‌های گیاهی با کاهش کشش سطحی محلول پاششی ستوکسیدیم موجب شده‌اند که سطح بیشتری از کاغذ حساس به وسیله محلول پاششی پوشیده شود (شکل ۱).

ارزیابی تاثیر روغن‌های گیاهی بر فعالیت زیستی ستوکسیدیم

جدول ۳ که بیان کننده پارامترهای مختلف منحنی‌های پاسخ به غلظت علف‌کش و پارامترهای برآورد شده از معادله چهار پارامتره لجستیک می‌باشد، اثر کاربرد روغن‌های گیاهی بر افزایش کارایی ستوکسیدیم در کنترل یولاف‌وحشی را نشان می‌دهد. این جدول تاثیر کاربرد روغن‌های گیاهی بر افزایش فعالیت زیستی ستوکسیدیم را نشان می‌دهد. نتایج پژوهش انجام شده نشان داد که کاربرد روغن‌های گیاهی منجر به کاهش بسیار شدید غلظت موثر ۵۰ درصد (ED_{50}) ستوکسیدیم در کنترل یولاف‌وحشی شده که بطور قابل توجهی از همین مقدار برای کاربرد علف‌کش ستوکسیدیم به تنهایی کمتر است. نتایج حاصل از مقایسه کارایی ستوکسیدیم در کنترل یولاف‌وحشی در کاربرد با و بدون روغن‌های گیاهی که به آن پتانسیل نسبی می‌گویند حاکی از اثرات بسیار زیاد روغن‌های گیاهی در کاهش مقادیر ED_{50} مورد نیاز برای کنترل یولاف‌وحشی بود (جدول ۳). نتایج پتانسیل نسبی برای تمامی روغن‌ها از یک بیشتر می‌باشد که نشان‌دهنده اثر افزایشی بر کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی در نتیجه کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه علف‌کش ستوکسیدیم می‌باشد (جدول ۳). مشابه این نتایج توسط ایزدی و همکاران (۱۷) در مورد اثر کاربرد روغن‌های گیاهی بر افزایش کارایی علف‌کش‌های ایمازامتابنزمتیل و سولفوسولفورون در کنترل یولاف‌وحشی نیز گزارش شده است.



شکل۲- شبیه‌سازی میزان نشست و گسترش قطره های پاشش؛ ۱- علف‌کش ستوکسیدیم به تنهایی، علف‌کش به همراه روغن‌های گیاهی امولسیون شده با سیتوگیت۲- منداب، ۳- زیتون، ٤- سویا، ٥- ذرت، ٦- آفتابگردان، ۷- کلزا، ۸- کنجد، ۹- کرچک و ۱۰- پنبه دانه. نقاط دارای رنگ آبی سطح تغییر رنگ یافته را نشان می‌دهند.

Figure 2. Simulation of deposition value and distribution of spray drops; 1) Sethoxydim herbicide alone and Sethoxydim plus citogate and vegetable oils 2) Turnip, 3) Olive, 4) Soybean, 5) Corn, 6) Sunflower, 7) Canola, 8) Sesame, 9) Castor and 10) Cottonseed. Blue spot showed changing color surface.

جدول ۳- پارامترهای حاصل از برازش معادله چهار پارامتره لجستیک و پتانسیل نسبی

Table 3- Parameters resulted of four parameter logistic curve and relative potential

تیمار ها Treatments	پتانسیل نسبی Relative potential± SE	آزمون عدم برازش Lack of fit test	ED_{50} (g ai L^{-1})± SE	شیب منحنی Curve slope ±SE	حد پایین Lower limit ±SE	حد بالا Upper limit ±SE
ستوکسیدیم Sethoxydim	1 ±0.057	0.0646 (NS)	110.144± 6.300	1.0067± 0.0622	0.0826± 0.0189	0.7664± 0.0166
ستوکسیدیم+ روغن مناب Sethoxydim+Turnip oil	4.028 ± 0.184	0.4106 (NS)	27.344± 0.946	0.7311± 0.1072	0.0700± 0.0230	0.7831± 0.0201
ستوکسیدیم+ روغن ذرت Sethoxydim+Corn oil	2.927± 0.057	0.4910 (NS)	37.629± 2.987	0.9765± 0.0168	0.0929± 0.0168	0.7869± 0.0192
ستوکسیدیم+ روغن زیتون Sethoxydim+Olive oil	3.463 ± 0.050	0.2291 (NS)	31.810± 2.312	1.0139± 0.0132	0.1011± 0.0130	0.7692± 0.0740
ستوکسیدیم+ روغن سویا Sethoxydim+Soybean oil	3.147 ± 0.048	0.6290 (NS)	35.003± 2.578	0.9886± 0.1013	0.0701± 0.0160	0.7790± 0.0180
ستوکسیدیم+ روغن آفتابگردان +Sunflower oil Sethoxydim	2.754± 0.017	0.2308 (NS)	39.998± 2.541	0.9707± 0.0488	0.0794± 0.0308	0.7869± 0.0146
ستوکسیدیم+ روغن کنجد Sethoxydim+Sesame oil	1.976 ± 0.011	0.5530 (NS)	55.751± 2.852	1.2457± 0.0590	0.0592± 0.0167	0.7843± 0.0144
ستوکسیدیم+ روغن کلزا Sethoxydim+Canola oil	2.084 ± 0.008	0.6701 (NS)	52.856± 3.247	1.1233± 0.0589	0.0837± 0.0264	0.7799± 0.0159
ستوکسیدیم+ روغن کرچک Sethoxydim+Castor oil	1.793± 0.015	0.4085 (NS)	61.439± 4.070	1.3511± 0.0897	0.0941± 0.0189	0.7942± 0.0203
ستوکسیدیم+ روغن پنبه دانه +Cottonseed oil Sethoxydim	1.245± 0.014	0.0756 (NS)	88.449 ± 6.217	1.2480± 0.0488	0.0851± 0.0258	0.7721± 0.0191

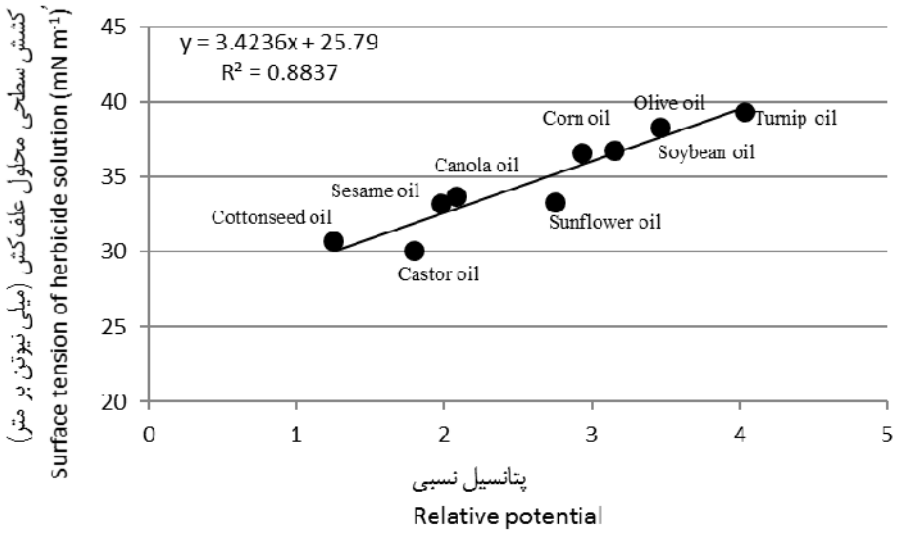
البته این محققین اختلافاتی را که در اثر روغن‌های مشابه بر کارایی این علف‌کش ها مشاهده می‌شود را مربوط به نوع فرمولاسیون این علف‌کش ها دانسته‌اند. مقایسه روغن‌ها با یکدیگر نیز نشان داد که بین میزان اثر روغن‌ها نیز تفاوت‌های بسیار زیادی در اثر گذاری بر کنترل یولاف‌وحشی توسط ستوکسیدیم می‌باشد. ترتیب روغن‌ها در افزایش کارایی ستوکسیدیم به ترتیب زیر بود (جدول ۳):

مناب> زیتون> سویا> ذرت> آفتابگردان> کلزا> کنجد> کرچک> پنبه دانه

نتایج این مطالعه حاکی از تاثیر کاهشی تمامی روغن‌های گیاهی بر کشش سطحی محلول ستوکسیدیم بود (جدول ۲). بنابراین می‌توان بیان داشت که یکی از خصوصیاتی که می‌تواند بر کارایی این نوع از مواد افزودنی موثر واقع شود قدرت آنها در کاهش کشش سطحی است. البته با توجه به شکل ۳ می‌توان به رابطه مثبت کشش سطحی محلول علف‌کش و مقادیر پتانسیل نسبی پی برد. با وجود اینکه در حضور تمامی روغن‌های گیاهی از میزان کشش سطحی محلول علف‌کش کاسته شده بود (جدول ۲) ولی بین قدرت کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش و پتانسیل نسبی رابطه منفی مشاهده شد (شکل ۳). با توجه به این وضعیت به نظر می‌رسد که علاوه بر کشش سطحی فاکتورهای دیگری نیز وجود دارند که بر کارایی ستوکسیدیم موثرند.

روغن‌های گیاهی به روش‌های مختلف دیگری مانند افزایش نفوذ به کوتیکول و جذب و انتقال علف‌کش، کاهش تبخیر قطره و کاهش فرار علف‌کش، باعث افزایش کارآیی علف‌کش‌ها می‌شوند. در بسیاری از مطالعات روغن‌های گیاهی را در گروه عوامل نفوذ دهنده طبقه‌بندی کرده و دلیل اصلی افزایش کارایی علف‌کش‌ها در حضور روغن‌های گیاهی را مربوط به افزایش نفوذ از طریق افزایش ایجاد حالت نرمی، قابلیت ارتجاع و یا حل شدن موم کوتیکولی دانسته‌اند (۲۳ و ۲۷).

شکل ۳ نشان‌دهنده رابطه مثبت بین کشش سطحی محلول علف‌کش ستوکسیدیم به همراه روغن‌های گیاهی و پتانسیل نسبی می‌باشد که این در تناقض با نتایج بدست آمده در مورد مواد افزودنی دیگر نظیر سیتوگیت و فریگیت است (۱ و ۱۵). رابطه بین کشش سطحی محلول علف‌کش ستوکسیدیم به همراه روغن‌های گیاهی و پتانسیل نسبی گواه بر اهمیت بیشتر روش‌های دیگر تاثیرگذاری روغن‌های گیاهی بر افزایش کارایی مانند ایجاد حالت نرمی، قابلیت ارتجاع و یا حل شدن موم کوتیکولی نتایج می‌باشد (۲۳ و ۲۷).



شکل ۳- رابطه بین پتانسیل نسبی و کشش سطحی محلول علف‌کش

Figure 3- Relationship Between relative potential and Surface tension of herbicide solution

جمع‌بندی

نتایج این مطالعه نشان داد که بین میزان پخشیدگی محلول علف‌کش و کشش سطحی رابطه منفی وجود دارد یعنی با افزایش کشش سطحی از میزان پخشیدگی محلول علف‌کش روی کاغذ کاسته می‌شود. نکته مهم در این مطالعه وجود رابطه مثبت بین کشش سطحی محلول علف‌کش ستوکسیدیم به همراه روغن های گیاهی و پتانسیل نسبی ستوکسیدیم در کنترل یولاف‌وحشی است بطوریکه محلول‌های دارای کشش سطحی بالاتر کارایی کنترلی بیشتری داشتند و این در حالی است که گزارشات منتشر شده توسط علی وردی و همکاران (۱) و راشد محصل و همکاران (۲۶) نشان داده است که بین کشش سطحی محلول علف‌کش و کارایی کنترلی آن رابطه معکوس وجود دارد. بنابراین نتایج این مطالعه گواه بر اهمیت بیشتر ایجاد حالت نرمی، قابلیت ارتجاع و یا حل شدن موم کوتیکولی نسبت به کاهش کشش سطحی می‌باشد (۲۳ و ۲۷). از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که کشش سطحی کمتر ممکن است منجر به کارایی کنترلی بیشتر علف‌کش‌ها نشود.

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- Andersen R.N. 1968. Germination and Establishment of Weeds for Experimental Purposes. A Weed Science Society of America Handbook. Urbana, USA.

3- Brausch J.M., and Smith P.N. 2007. Toxicity of three polyethoxylated tallow amine surfactant formulations to laboratory and field collected fairy shrimp (*Thamnocephalus platyurus*). Environmental Contamination Toxicology, 52: 217-221.

4- Buhl K.J., and Faerber N.L. 1989. Acute toxicity of selected herbicides and surfactants to larvae of the midge (*Chironomus riparius*). Archives Environmental Contamination and Toxicology, 18:530-536.

5- 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.

6- Cabanne F. 2000. Increased efficacy of clodinafop-propargyl by terpineols and synergistic action with esterified fatty acids. Weed Research, 40: 181-189.

7- Chan Y.C., Chang S.C., Hsuan S.L., Chien M.S., Lee W.C., and Kand J.J. 2007. Cardiovascular effects of herbicides and formulated adjuvants on isolated rat aorta and heart. Toxicology in Vitro, 21:595-603.

8- ChoY.I., and Lee S.H. 2005. Reduction in the surface tension of water due to physical water treatment for fouling

control in heat exchanger. International Communications in Heat and Mass Transfer, 32: 1-9.
9- Cunha M., Carvalho C., and Marcal A.R.S. 2012. Assessing the ability of image processing software to analyse spray quality on water-sensitive papers used as artificial targets. biosystems engineering, 111: 11-23.
10- 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.
11- Devendra R., Umamahesh V., Prasad T.V.R., PrasadT.G., Asha S.T., and shok A. 2004. Influence of surfactants on efficacy of different herbicides in control of *Cyperus rotundus* and *Oxalis latifolia*. Current Science, 86: 1148-1151.
12- Freitas S.V.D., Oliveira M.B., Queimada A.J., Pratas M.J., LIMA A.S., Couyinho J.A.P. 2011. Measurement and prediction of biodiesel surface tensions. Energy Fuels, 25: 4811-4817.
13- Gauvrit C., and Lamrani T. 2008. Influence of application volume on the efficacy of clodinafop-propargyl and fenoxaprop-P-ethyl on oats. Weed Research, 48: 78-84.
14- Hamilton P.B., Jackson G.S., Kaushik N.K., Solomon K.R., and Stephenson G.L. 1988. The impact of two applications of atrazine on the plankton communities of in situ enclosure. Aquatic Toxicology, 13: 123-140.
15- Hammami H., Rashed Mohassel M.H., and Aliverdi A. 2011. Surfactant and rainfall influenced clodinafop-propargyl efficacy to control wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.). Australian Journal of Crop Science, 5: 39-43.
16- Hsiao A.I., LiuS.H., and QuickW.A. 1996. Effect of ammonium sulfate on the phytotoxicity, foliar uptake, and translocation of Imazamethabenz in wild oat. Plant Growth Regulation, 15: 115-120.
17- Izadi-Darbandi E., Aliverdi A., and Hammami H. 2013. Behavior of vegetable oils in relation to their influence on herbicides' effectiveness. Industrial Crops and Products, 44: 712-717.
18- Jinxia S. 1996. Characterization of organosilicone surfactants and their on sulfonylurea herbicide activity. (Eds: Foy, C. L. C., R. L. Grayson, K. K. Hatzios, J. L. Hess, and D. M. Orectt) Blacksburg, Virginia.
19- Mosavi K., Zand A., and Saremi H. 2005. Physiological function and application of herbicides. Published by university of Zanjan.
20- Nandula V.K., and MessersmithC.G.2003. Imazamethabenz-resistant wild oat (*Avena fatua* L.) is resistant to diclofop-methyl. Pesticide Biochemistry and Physiology, 74: 53-61.
21- Paganelli A., Gnazzo V., Acosta H., Lopez S.L., and Carrasco A.E. 2010. Glyphosate based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. Chemistry Research Toxicology, 23:1586-1595.
22- Penner D. 2000. Activator adjuvants. Weed Technology, 14: 785-791.
23- Ramsey R.J.L., Stephenson G.R., and HallJ.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.
24- Rashed Mohassel M.H., Rastgoo M., Mosavi K., valiallahpoor R., and Haghighi A. 2006. Publish by Ferdowsi university of Mashhad.
25- Rashed-Mohassel M.H., Aliverdi A., Hammami H., and Zand E. 2010. Optimizing theperformance 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.
26- 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.
27- 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.
28- Shu Q., Wang J., Peng B., Wang D., and Wang G. 2008. Predicting the surface tension of biodiesel fuels by a mixture topological index method, at 313 K. Fuel, 87: 3586-3590.
29- Stenersen J. 2004.Chemical pesticides: mode of action and toxicology. CRC Press. www.crcpress.com.
30- Zand A., Mosavi K., and Saremi H. 2008. Herbicides and their application. Published by Ferdowsi university of Mashhad.