

بهبود کارایی ایمازتاپیر در کنترل تاتوره (*Datura stramonium* L.)

اکبر علی وردی^۱ - ابراهیم ایزدی دربندی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۲۷

چکیده

جستجو جهت پیدا کردن مواد طبیعی که استعداد کاربرد به همراه مواد شیمیایی کشاورزی را داشته باشد از اولویت‌های پژوهشی در زمینه کاربرد این مواد می‌باشد. از اینرو، یک آزمایش واکنش به مقدار علف‌کش تحت شرایط گلخانه‌ای جهت بررسی فعالیت روغن‌های اسانس سیاه دانه، رازیانه، کندور و گل سرخ، هر کدام در دو غلظت ۰/۵ و ۱ درصد حجمی/حجمی (V/V)، در بهینه‌سازی کارایی علف‌کش ایمازتاپیر بر روی علف‌هرز تاتوره اجرا شد. بر اساس شیب منحنی‌های واکنش به مقدار علف‌کش، اگر تمامی این مواد افزودنی در غلظت‌های مورد بررسی به تنهایی و بدون علف‌کش به کار برده شوند، از نظر زیستی بر روی تاتوره غیر فعال خواهند بود. وقتی که این مواد افزودنی به محلول پاشش علف‌کش ایمازتاپیر افزوده شد، بهبود معنی‌داری در کارایی آن مشاهده شد. در بین مواد افزودنی مورد بررسی، تنها در مورد روغن سیاه دانه، افزایش غلظت ماده افزودنی سبب بهبود معنی‌داری در کارایی علف‌کش شد. بر اساس داده‌های وزن تر تاتوره، کارایی ایمازتاپیر با کاربرد ۱ درصد (V/V) از روغن رازیانه تا حدود ۴/۶۱ برابر بهبود پیدا کرد. در حالی که، بر اساس داده‌های وزن خشک تاتوره، کارایی ایمازتاپیر با کاربرد ۱ درصد (V/V) از اسانس کندور تا حدود ۴/۵۰ برابر بهبود پیدا کرد. این تحقیق ثابت کرد که مواد طبیعی مورد بررسی دارای استعداد قابل توجهی در بهبود کارایی علف‌کش ایمازتاپیر در کنترل علف‌هرز تاتوره می‌باشند. بنابراین، این مواد را می‌توانند به عنوان مواد افزودنی با پایه گیاهی مناسب بکار برد.

واژه‌های کلیدی: روغن اسانس، علف‌کش، مواد افزودنی

مقدمه

رهیافت دیگری بهینه‌سازی مصرف علف‌کش‌هاست. پیش از این، این رهیافت‌ها در بسیاری موارد به وسیله کشاورزان، نه به خاطر نگرانی‌های زیست محیطی بلکه به دلیل فشار هزینه‌هایی که امروزه کشاورزان با آن رو به رو هستند، پذیرفته شده است (۲). نمود علف‌کش‌ها متاثر از تعدادی از عوامل زیستی و فیزیکی شیمیایی و دانشی از عوامل کلیدی موثر در کارایی علف‌کش است که پیش نیاز بهینه‌سازی مقدار مصرف می‌باشد. در این میان، مواد افزودنی از مهمترین عوامل قابل ملاحظه هنگام تعیین مقدار مصرف علف‌کش می‌باشد. به هر ماده شیمیایی که می‌توان به محلول پاشش اضافه کرد تا سبب بهبود کارکرد علف‌کش شود، ماده افزودنی گویند (۲). بر مبنای ویژگی کارکردی، مواد افزودنی را در پنج گروه دسته‌بندی می‌کنند که شامل بازدارنده‌های فرار پاشش، گسترش دهنده‌ها، چسباننده‌ها، خیس کننده‌ها و نفوذ دهنده‌ها. مواد افزودنی نفوذ دهنده را می‌توان از نظر شیمیایی به دو گروه روغن‌های معدنی و گیاهی دسته‌بندی کرد (۱۱). اگرچه برخی از گزارشات نشان داده است که روغن‌های گیاهی در مقایسه با روغن‌های معدنی در بهبود کارایی علف‌کش‌ها کمتر موثر هستند (۱۴)، ولی نظر به نگرانی‌های موجود در رابطه با محیط زیست، به نظر می‌رسد که کاربرد روغن‌های گیاهی جایگزین مناسبی برای روغن‌های معدنی باشد (۵) به دلیل اینکه روغن‌های گیاهی دارای یک سری مزایایی مانند داشتن قابلیت تجدیدپذیری و تجزیه زیستی

استفاده از عوامل حفظ نباتات تحت نگاه موشکافانه روز افزونی قرار دارند. آفت‌کش‌ها تصویر عمومی بدی دارند، بنابراین باید تلاش کرد تا کاربرد درستی از آنها به جامعه ارائه داد. در بیشتر کشورها توجه زیادی به اثرات ناسازگار آفت‌کش‌ها در سلامت انسان و محیط زیست به وجود آمده است. به طوری که پژوهش‌های زیادی به منظور جستجو برای کاهش اثرات جانبی آفت‌کش‌ها بر روی گونه‌های غیر هدف، آلودگی آب‌های سطحی و زیر سطحی و باقیمانده آن‌ها در مواد غذایی به اجرا در آمده است. با این وجود، توافق‌های عمومی وجود دارد که آفت‌کش‌ها یک عنصر جامع در کشاورزی مدرن هستند و اگر کشاورز به آفت‌کش دسترسی نداشته باشد، درآمد کل صنعت کشاورزی کاهش خواهد یافت (۹). برای کاهش خطرات ناسازگار علف‌کش‌ها، نوآوری‌هایی به وجود آمده است. ایجاد مناطق بافر کننده، کاربرد علف‌کش خاص در مناطق خاص، کنترل دقیق تجهیزات سم پاشی و تعلیم کشاورزان از جمله این نوآوری‌ها است.

۱ - استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

۲ - دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: e-izadi@um.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jpp.v0i0.51115

درصد هیپوکلرید سدیم برای مدت ۱۰ دقیقه ضد عفونی شدند و با آب مقطر شسته شدند. حدوداً تعداد ۲۵ بذر تاتوره در عمق ۰/۵ سانتی متری خاک در درون گلدان‌های ۲ لیتری کشت شدند. ترکیب خاک درون گلدان شامل نسبت‌های مساوی از خاک، ماسه بادی و خاکبرگ بود. در این روش، تقریباً ۸۸ درصد بذور تاتوره کاشته شده سبز شدند. گلدان‌ها هر سه روز یکبار تحت آبیاری مساوی قرار گرفتند. در مراحل رشدی یک برگی و دو برگی تاتوره، گیاهچه‌ها تنک شدند تا به یک جمعیت نهایی ۴ بوته در درون هر گلدان برسند. علاوه بر این، با تنک سازی دو مرحله ای سبب شد تا بوته‌های باقیمانده در تمامی واحدهای آزمایشی از نظر اندازه تقریباً یکنواخت باشند. پس از هر بار تنک سازی، گلدان‌ها به میزان ۲۰ میلی لیتر از محلول ۳ گرم کود ازت:فسفر:پتاسیم (۲۰:۲۰:۲۰) در لیتر آب کوددهی شدند. دمای گلخانه در ساعات روشنایی روز از ۲۷ تا ۳۶ درجه سانتی گراد و در ساعات شبانه از ۱۴ تا ۲۱ درجه سانتی گراد متغییر بود. رطوبت نسبی نیز از ۶۰ تا ۷۰ درصد در نوسان بود.

در مرحله چهار برگی که ارتفاع بوته‌های تاتوره بین ۱۲ تا ۱۵ سانتی متر بود، عملیات تیماردهی شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل در چهار تکرار انجام شد. فاکتور مقدار علف کش شامل مقادیر صفر، ۴/۶۹، ۹/۳۸، ۱۸/۷۵، ۳۷/۵ و ۷۵ گرم ماده موثره از علف کش ایمازتاپیر در هکتار و فاکتور ماده افزودنی طبیعی شامل با و بدون کاربرد غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد (۱/۱) از روغن‌های خام سیاه دانه^۲، رازیانه^۳، کندور^۴ و گل سرخ^۵ بود. از فرمولاسیون تجاری ایمازتاپیر (پرسوئیت ۱۰٪ مایع محلول) در این آزمایش استفاده شد. به منظور امولسیون کردن روغن‌ها در محلول پاشش از امولسیون کننده آلکیل آریل گلیکول اتر استفاده شد. نسبت کاربرد امولسیون کننده به روغن خام به صورت ۹۵ به ۵ درصد بود. عملیات تیماردهی با استفاده از سمپاش متحرک ریلی مجهز به نازل بادبزی معمولی با شماره نازل ۸۰۰۲ با خروجی ۱۸۰ لیتر در هکتار و با فشار پاشش ۲۰۰ کیلوپاسکال انجام گرفت. سه هفته پس از تیماردهی، زیست توده موجود بر روی سطح خاک هر گلدان جمع آوری و توزین شدند. سپس، زیست توده جمع آوری شده در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و توزین شدند. سپس، از میانگین وزن تر یا خشک در هر گلدان برای برآزش منحنی‌های واکنش به مقدار استفاده شد.

واکنش وزن تر یا خشک تاتوره به مقدار علف کش ایمازتاپیر با تکنیک رگرسیون غیر خطی و با استفاده از نرم افزار R آنالیز شد. تمامی داده‌ها به طور همزمان با مدل چهار پارامتری لجستیک زیر

هستند (۶). گزارش‌ها نشان می‌دهند که کاربرد روغن اسانسی حاصل از گیاهان دارویی در غلظت‌های پایین نه تنها دارای فعالیت بهبود دهنده کارایی علف‌کش‌ها هستند (۲ و ۶)، بلکه کاربرد این مواد در غلظت‌های بالا نیز می‌تواند منجر به ایجاد فعالیت‌های علف‌کشی شود (۴، ۱۲ و ۱۳). به طور کلی، اعتقاد بر آن است که منفعت حاصل از روغن‌های گیاهی در بهبود کارایی علف‌کش‌ها را می‌توان به توانایی آنها در (۱) کاهش میزان و سرعت خشک شدن قطرات پاشش از زمان آزاد سازی آنها تا لحظه برخورد آنها با هدف؛ (۲) کاهش میزان برگشت‌پذیری قطرات پاشش پس از برخورد با هدف؛ (۳) کاهش زاویه تماس قطرات پاشش با سطوح برگی و متعاقباً بهبود گسترش قطرات پاشش بر روی آنها؛ (۴) تاخیر در فرآیند ایجاد بلور ماده موثره علف-کشی بر روی سطوح برگ؛ (۵) کاهش تجزیه نوری ماده موثره علف-کشی که بر روی سطوح برگ قرار گرفته‌اند؛ و (۶) حل و یا شل‌سازی کوتیکول مومی موجود در سطوح برگی و نفوذپذیرسازی آن برای عبور ماده موثره علف‌کش، دانست (۵، ۹). از آنجایی که روغن‌های گیاهی در آب مخزن قابلیت حل و پخش ندارند، از اینرو، معمولاً آنها را با نسبت ۹۵ درصد روغن به همراه ۵ درصد امولسیون کننده مورد بررسی قرار می‌دهند. آزمایشات قبلی نشان داده است که کاربرد امولسیون کننده آلکیل آریل گلیکول اتر به تنهایی هیچگونه تاثیری بر کارایی برخی از علف‌کش‌ها ندارد (۹).

یک بخش اساسی تحقیقات در زمینه مواد شیمیایی کشاورزی شامل جستجو و کشف مواد شیمیایی طبیعی است که با داشتن ویژگی‌های ذکر شده در بالا بتواند ما را به سیاست کاهش مصرف علف‌کش‌ها نزدیک نماید. از اینرو، این پژوهش جهت بررسی فعالیت روغن‌های اسانسی سیاه دانه، رازیانه، کندور و گل سرخ در بهینه‌سازی کارایی علف‌کش ایمازتاپیر بر روی علف‌هرز تاتوره به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

برای اجرای آزمایش، علف‌هرز تاتوره به عنوان گونه گیاهی محک به دلیل آسان بودن مراحل کاشت، داشت و برداشت، انتخاب شد. کپسول‌های رسیده تاتوره ۱ از مزارع اطراف شهر قزوین در پاییز سال ۱۳۹۱ هجری شمسی جمع آوری شد. بذور درون کپسول‌ها در شرایط دمای اتاق تا روز اجرای آزمایش نگهداری شدند. آزمایش در طی ماه‌های تیر تا شهریور ماه سال ۱۳۹۲ هجری شمسی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. بذور تاتوره هر یک ساعت برای مدت هفت روز متوالی تحت سستشوی سنگین آب شرب قرار گرفتند تا بازدارنده‌های موجود در پوسته بذر از بین برود (۱). سپس، بذور بطور سطحی با محلول ۵

2- *Nigella sativa* L.

3- *Foeniculum vulgare* L.

4- *Boswellia sacra* Flueck.

5- *Rosa damascena* L.

1- *Datura stramonium* L.

برازش داده شدند (۱۰):

$$Y = C + \{D - C / 1 + \exp[B(\log X - \log E)]\}$$

که در آن: Y بیانگر وزن تر یا خشک، D و C حد مجانب بالا و پایین وزن تر یا خشک در مقادیر صفر و بی نهایت علف کش GR₅₀، بیانگر مقدار علف کش لازم (X) برای کاهش ۵۰ درصد وزن تر یا خشک علف هرز بین حدود بالا و پایین (C و D) است، و B متناسب با شیب منحنی در محدوده GR₅₀ می باشد. با استفاده از دستورات نرم افزار R، مقادیر GR₁₀ و GR₉₀ برآورد شدند که به ترتیب بیانگر مقدار علف کش لازم برای کاهش ۱۰ و ۹۰ درصد وزن تر یا خشک علف هرز بین حدود بالا و پایین (C و D) می باشد. بخش میانی منحنی، از اهمیت علمی خاصی برخوردار می باشد. به طوری که بیانگر ویژگی موسوم به فعالیت ذاتی علف کش در گیاه است. به طوری که از نسبت آنها برای ارزیابی جابه جایی افقی منحنی در اثر کاربرد مواد افزودنی استفاده می شود. این نسبت را پتانسیل نسبی (R) می نامند که براساس معادله ۲ محاسبه می شود (۱۰):

$$R = GR_{50a} / GR_{50b}; R \leq 1 \leq R$$

که در آن: صورت و مخرج معادله نشانگر مقادیری از ایمازتاپیر (GR₅₀) به ترتیب بدون ماده افزودنی (a) و به همراه ماده افزودنی (b) که دارای اثرات مشابهی در کنترل علف هرز تاتوره بوده اند. اگر R برابر یک باشد، دو منحنی دارای پتانسیل نسبی یکسانی خواهند بود. اگر پتانسیل نسبی بزرگتر از یک باشد، منحنی دوم دارای فعالیت شاخ و برگ بیشتری از منحنی اول خواهد بود و اگر پتانسیل نسبی کوچکتر از یک باشد، برعکس آن صادق خواهد بود. اختلاف بین مقادیر پتانسیل نسبی بر اساس خطای استاندارد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

منحنی های واکنش به مقدار علف کش مورد استفاده در این تحقیق وقتی که با و بدون مواد افزودنی طبیعی بر روی علف هرز تاتوره پاشیده شده بود، در شکل ۱ نشان داده شده است. در جدول ۱ نیز نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل رگرسیون غیرخطی این شکل نشان داده شده است. با وجود اختلاف بین شیب منحنی ها، ولی برحسب خطاهای استاندارد، هیچگونه اختلاف معنی داری بین منحنی های واکنش به مقدار علف کش مشاهده نشد. به عبارتی دیگر، تمامی منحنی های واکنش به مقدار دارای شیب برابری هستند.

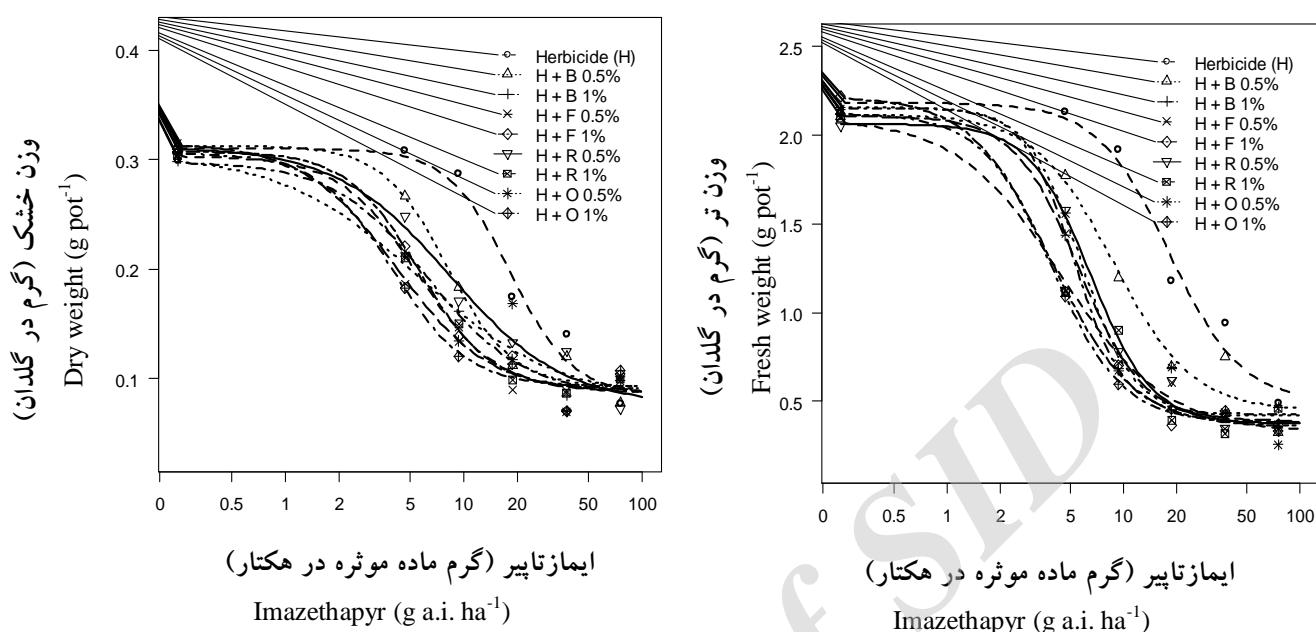
بر اساس ریتز و استریبیگ (۱۰)، در زمانی که اختلاف معنی داری بین شیب منحنی ها وجود نداشته باشد، آنها را می توان موازی در نظر گرفت. در چنین وضعیتی، می توان نتیجه گیری کرد که اگر هر یک از این مواد افزودنی طبیعی در غلظت های مورد بررسی به تنهایی و بدون علف کش بر روی تاتوره پاشش شوند، از نظر زیستی به خودی-

خود غیر فعال خواهند بود. به عبارتی دیگر، هیچگونه خاصیت گیاهسوزی بر روی این علف هرز ایجاد نخواهند کرد.

همان طور که در شکل مشخص است، کاربرد تمامی مواد افزودنی طبیعی موجب کشیده شدن منحنی واکنش و واکنش به مقدار به سمت چپ منحنی علف کش ایمازتاپیر به تنهایی شده است، که نشان دهنده افزایش کارایی ایمازتاپیر به وسیله این مواد افزودنی است. این نتیجه از جدول نیز معلوم است. به طوری که بر اساس داده های وزن تر و خشک تاتوره، زمانی که علف کش به تنهایی مورد استفاده قرار گرفت، مقادیر پارامتر GR₁₀ به ترتیب برابر ۷/۵۰ و ۱۸/۰۸ گرم ماده موثره در هکتار، مقادیر پارامتر GR₅₀ به ترتیب برابر ۱۹/۰۱ و ۵۰/۴۸ گرم ماده موثره در هکتار و مقادیر پارامتر GR₉₀ به ترتیب برابر ۴۳/۵۴ و ۶/۴۷ گرم ماده موثره در هکتار بدست آمد (جدول ۱). همان طور که از جدول استنتاج می شود، مواد افزودنی طبیعی به طور معنی داری باعث کاهش مقادیر GR₁₀، GR₅₀ و GR₉₀ علف کش ایمازتاپیر در کنترل علف هرز تاتوره شد. کاهش پارامتر GR₅₀ سبب شد تا مقادیر پارامتر پتانسیل نسبی بزرگتر از یک بدست آید، که نشان دهنده افزایش کارایی علف کش می باشد.

داده های وزن تر و خشک روند تقریباً مشابهی را نشان دادند، البته با یک سری اختلافات جزئی که توضیحی برای آن یافت نشد. بر اساس داده های وزن تر تاتوره بهترین نتیجه بهینه سازی با کارایی ایمازتاپیر وقتی که به همراه روغن رازیانه با غلظت ۱ درصد (۷/۷) بدست آمد. به طوری که کاربرد این ماده افزودنی کارایی علف کش در کنترل وزن تر تاتوره حدود ۴/۶۱ برابر افزایش پیدا کرد. در حالی که بر اساس داده های وزن خشک تاتوره، بهترین نتیجه بهینه سازی با کارایی ایمازتاپیر وقتی که به همراه روغن کندور با غلظت ۱ درصد (۷/۷) بدست آمد. به طوری که کاربرد این ماده افزودنی کارایی علف کش در کنترل وزن تر تاتوره حدود ۴/۵۰ برابر افزایش پیدا کرد (جدول ۱). نتایج نشان داد که با افزایش غلظت هر یک از مواد افزودنی مورد بررسی، پتانسیل نسبی بیشتر افزایش یافت. ولی تنها در مورد روغن سیاه دانه، افزایش غلظت ماده افزودنی سبب بهبود معنی داری در کارایی علف کش شد. به طوری که بر اساس داده های وزن خشک تاتوره، هنگام کاربرد علف کش به همراه ۰/۵ و ۱ درصد (۷/۷) از روغن سیاه دانه، مقدار پتانسیل نسبی علف کش به ترتیب برابر ۲/۲۴ و ۳/۵۸ بدست آمد. منفعت حاصل از افزایش غلظت روغن های گیاهی در بهبود کارایی علف کش ها قبلاً به وسیله محققان دیگری گزارش شده است.

برای مثال، یک رابطه مثبتی قوی بین غلظت روغن منداب و تاثیر آن بر کارایی علف کش های فن مدیفام (۶) و گلیفوسیت (۳) مشاهده شده است. به طوری که افزایش غلظت روغن منداب از ۰/۱ به ۱ درصد (۷/۷) سبب بهبود کارایی هر دو علف کش شده است.



شکل ۱- منحنی‌های واکنش وزن تر (راست) و خشک (چپ) علف‌هرز تاتوره به مقادیر مختلف علف‌کش ایمازتاپیر پاشیده شده به تنهایی (H) و به همراه روغن‌های اسانس‌های سیاه دانه (B)، رازیانه (F)، گل سرخ (R) و کندور (O) در دو غلظت ۰/۵ و ۱ درصد (v/v).

Figure 1- Dose-response curves of the shoot fresh (right) and dry (left) weights of jimsonweed on imazethapyr (g a.i. ha⁻¹) doses alone (H) and with the essential oils of Blackseed (B), Fennel (F), Olibanum (O), and Rose (R) at two concentrations of 0.5 and 1% (v/v)

روغن‌های گیاهی مورد استفاده در بخش مقدمه مورد توجه قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری کلی

نظر به اینکه کوتیکول مومی سطح برگ مانع اصلی جهت نفوذ دادن ماده موثره علف‌کش‌های محلول در آبی مانند ایمازتاپیر به بافت‌های درونی برگ است؛ لذا، ثابت شده است که مواد افزودنی روغنی دارای عملکرد مناسبی باشند (۶). نتایج این تحقیق نیز این موضوع را به اثبات رساند. از طرفی دیگر، در افکار عمومی یک تغییری در روند تمایل در کاربرد مواد افزودنی از مواد افزودنی مخالف محیط زیست به سمت مواد افزودنی دوستدار محیط زیست مشاهده می‌شود.

در حال حاضر، مواد افزودنی نفوذدهنده بر مبنای روغن‌هایی گیاهی به مواد افزودنی نفوذدهنده بر مبنای روغن معدنی ترجیح داده می‌شوند (۱۵) به دلیل اینکه آنها تجدید و تجزیه پذیر هستند. بنابراین، ضروری است که به دنبال کشف روغن‌های اسانس‌ی از گیاهان دارویی به عنوان مواد بالقوه طبیعی جهت بهبود کارایی علف-

تاکنون، هیچ گزارشی مبنی بر کاربرد این مواد افزودنی طبیعی به همراه آفت‌کش‌ها ارائه نشده است، ولی گزارشات دیگری (۲، ۵، ۷) مبنی بر کاربرد مواد افزودنی طبیعی دیگری به عمل آمده است. کابانی (۲) گزارش کرده است که کارایی علف‌کش کلودینافوپ - پروپازریل تقریباً به میزان ۶ برابر با افزودن ۰/۵ درصد (v/v) از روغن اسانس‌ی کاج^۱ بهبود پیدا می‌کند. ایزدی دربندی و همکاران (۵) نیز گزارش کردند که کارایی برخی از علف‌کش‌های گروه B/۲ در کنترل علف‌هرز یولاف وحشی^۲ به وسیله تعدادی از روغن‌های گیاهی بهبود پیدا می‌کند.

برای مثال، کارایی علف‌کش ایمازمتابنژ متیل به همراه روغن منداب^۱ تقریباً به میزان ۸ برابر افزایش پیدا کرد. علاوه بر این، آنها دریافتند که بین ظرفیت بهبود دهندگی روغن‌های گیاهی در کارایی علف‌کش و نسبت اسیدهای اشباع به غیراشباع روغن‌های گیاهی یک رابطه منفی وجود دارد (۵). دلایل بهبود کارایی ایمازتاپیر به وسیله

1- *Pinus pinaster* Ait.

2- *Avena ludoviciana* L.

کش‌های شاخ و برگ مصرف بود.

جدول ۱- ضرایب رگرسیون غیرخطی تاثیر غلظت‌های روغن‌های اسانس‌ی بر کارایی ایمازتاپیر در کنترل وزن تر و خشک تاتوره.

Table 1. The non-line regression coefficients of effect of essence oil concentrations on the efficacy of imazethapyr to control the dry and fresh weight of jimsonweed.

تیمارها Treatments	غلظت (% v/v) Concentration	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight					پتانسیل نسبی Relative potency	پتانسیل نسبی Relative potency
		شیب منحنی Slope (b)	GR ₁₀	GR ₅₀	GR ₉₀	گرم ماده موثره در هکتار (g a.i. ha ⁻¹)		
ایمازتاپیر Imazethapyr (I)	-	2.14 (0.66)	6.47 (1.57)	18.08 (3.37)	50.48 (3.21)		1.00	
ایمازتاپیر + سیاه دانه I + Blackseed oil	0.5	1.94 (1.12)	2.82 (0.90)	8.75 (1.32)	27.10 (1.71)	2.06 (0.49) *	1.00	
ایمازتاپیر + سیاه دانه I + Blackseed oil	1	3.07 (0.83)	2.56 (0.54)	5.25 (0.46)	10.73 (2.31)	3.44 (0.71) *	1.66 (0.29) *	
ایمازتاپیر + روغن رازیانه I + Fennel oil	0.5	2.38 (0.75)	2.22 (0.67)	5.58 (0.60)	14.02 (4.44)	3.24 (0.69) *	1.00	
ایمازتاپیر + روغن رازیانه I + Fennel oil	1	1.88 (1.22)	1.23 (0.61)	3.92 (0.61)	12.56 (4.45)	4.61 (1.12) *	1.42 (0.27) ^{ns}	
ایمازتاپیر + اسانس گل سرخ I + Rose	0.5	2.51 (0.72)	2.70 (0.69)	6.47 (0.70)	15.49 (4.52)	2.79 (0.60) *	1.00	
ایمازتاپیر + اسانس گل سرخ I + Rose essence	1	2.47 (0.44)	1.00 (0.52)	4.43 (0.80)	19.56 (8.53)	4.08 (4.08) *	1.46 (0.30) ^{ns}	
ایمازتاپیر + کندور I + Frankincense	0.5	2.87 (1.05)	2.67 (0.73)	5.74 (0.54)	12.33 (3.90)	3.15 (0.65) *	1.00	
ایمازتاپیر + کندور I + Frankincense	1	2.18 (0.99)	1.44 (0.81)	3.93 (0.61)	10.75 (4.16)	4.59 (1.11) *	1.45 (0.26) ^{ns}	
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight								
ایمازتاپیر Imazethapyr (I)	-	2.50 (1.12)	7.50 (2.19)	19.01 (3.97)	43.54 (4.83)		1.00	
ایمازتاپیر + سیاه دانه I + Blackseed oil	0.5	2.41 (0.87)	3.23 (1.13)	8.06 (1.26)	20.07 (7.59)	2.24 (0.60) *	1.00	
ایمازتاپیر + سیاه دانه I + Blackseed oil	1	1.63 (0.62)	1.64 (0.90)	5.30 (1.43)	24.26 (4.21)	3.58 (0.91) *	1.52 (0.35) *	
ایمازتاپیر + روغن رازیانه I + Fennel oil	0.5	1.65 (0.72)	1.12 (0.77)	5.60 (0.98)	15.88 (8.56)	4.28 (1.37) *	1.00	
ایمازتاپیر + روغن رازیانه I + Fennel oil	1	2.16 (0.86)	2.03 (0.87)	4.22 (0.94)	15.44 (6.80)	3.22 (0.89) *	1.32 (0.21) ^{ns}	
ایمازتاپیر + اسانس گل سرخ I + Rose	0.5	1.37 (0.67)	1.69 (0.04)	8.33 (2.81)	41.40 (3.37)	2.16 (0.87) *	1.00	
ایمازتاپیر + اسانس گل سرخ I + Rose essence	1	2.01 (0.73)	1.84 (0.83)	6.51 (1.01)	16.43 (6.98)	2.92 (0.94) *	1.27 (0.58) ^{ns}	
ایمازتاپیر + کندور I + Frankincense	0.5	1.20 (0.60)	0.77 (0.06)	5.68 (2.11)	41.63 (4.06)	3.17 (1.37) *	1.00	
ایمازتاپیر + کندور I + Frankincense	1	2.09 (1.21)	1.40 (0.04)	4.01 (0.87)	11.46 (6.08)	4.50 (1.39) *	1.41 (0.61) ^{ns}	

علف‌کش + روغن با غلظت ۵/۵ GR₅₀ هر یک از تیمارهای دیگر محاسبه شده است. پتانسیل نسبی ۲ به صورت GR₅₀ علف‌کش تنها تقسیم بر GR₅₀ پتانسیل نسبی ۱ به صورت به ترتیب معنی داری در سطح ns علف‌کش + همان روغن با غلظت ۱ درصد محاسبه شده است. اعداد داخل پرانتز نشان دهنده خطای استاندارد هستند. *، ** و GR₅₀ درصد تقسیم بر احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی داری را نشان می‌دهد.

Relative potency = GR₅₀ / GR₅₀, showing horizontal displacement between curves. Relative potency 1 = GR₅₀ none adjuvant / GR₅₀ each adjuvant; Relative potency 2 = GR₅₀ adjuvant at 0.5 (% v/v) / GR₅₀ adjuvant at 1 (% v/v). Standard errors are in parentheses. * - Statistical significance (P ≤ 0.05); ** - Highly statistical significant (P ≤ 0.01); ns - No statistical significant.

سپاسگزاری

از دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. همچنین، از همکاری صمیمانه خانم سمیه ابراهیم‌پور فرجی و آقای هادی مهدی‌خانی در اجرای این تحقیق صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

این موضوع می‌تواند ما را در به سمت پیشبرد سیاست کاهش مصرف مواد شیمیایی کشاورزی سوق دهد تا از خطرات ناشی از کاربرد کاسته شود. از نتایج بدست آمده از این تحقیق، می‌توان به این جمع بندی نهایی رسید که روغن‌های اسانسی سیاه دانه، رازیانه، کندور و گل سرخ قادرند تا فعالیت علف‌کش ایمازتاپیر را در کنترل علف‌هرز تاتوره افزایش دهند. از اینرو، از این مواد طبیعی می‌توان برای توسعه مواد افزودنی نفوذ دهنده تجاری بهره برد. توصیه می‌شود که موضوع کیفیت عمل انتخابی علف‌کش برای گیاه زراعی در هنگام کاربرد این مواد افزودنی در نظر گرفته شود. از اینرو، لازم است تحقیقات مزرعه ای بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

منابع

- 1- Andersen R.N. 1968. Germination and establishment of weeds for experimental purposes. Weed Science Society of America, Urbana, IL, USA.
- 2- Cabanne F. 2000. Increased efficacy of clodinafop-propargyl by terpeneols and synergistic action with esterified fatty acids. Weed Research, 40:81-189.
- 3- Gauvrit C., Muller T., Milius A., and Trouve G. 2007. Ethoxylated rapeseed oil derivatives as non-ionic adjuvants for glyphosate. Pest Management Science, 63:707-713.
- 4- Haig T.J., Seal A.N., Pratley J.E., An M., and Wu H. 2009. Lavender as a source of novel plant compounds for the development of a natural herbicide. Journal of Chemical Ecology, 35:1129-1136.
- 5- 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.
- 6- Muller T., Brancq B., Milius A., Okori N., Vaille C., and Gauvrit C. 2002. Ethoxylated rapeseed oil derivatives as novel adjuvants for herbicides. Pest Management Science, 58:1243-1249.
- 7- Nalewaja J.D., Praczyk T., and Matysiak R. 1995. Surfactants and oil adjuvants with nicosulfuron. Weed Technology, 9:689-695.
- 8- 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.
- 9- 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.
- 10- Ritz C., and Streibig J.C. 2005. Bioassay Analysis using R. Journal of Statistical Software, 12:1-22.
- 11- Somerville A., Betts G., Gordon B., Green V., Burgis M., and Henderson R. 2012. Adjuvants - Oils, surfactants and other additives for farm chemicals. Grains Research and Development Corporation. Conservation Farmers Inc. Australia.
- 12- Uddin M.R., Li X., Won O.J., Park S.U., and Pyon J.Y. 2011. Herbicidal activity of phenolic compounds from hairy root cultures of *Fagopyrum tataricum*. Weed Research, 52:25-33.
- 13- Vaughn S.F., and Holser R.A. 2007. Evaluation of biodiesels from several oilseed sources as environmental friendly contact herbicides. Industrial Crops and Products, 26:63-68.
- 14- Zawierucha J.E., and Penner D. 2001. Adjuvant efficacy with quinclorac in canola (*Brassica napus*) and turf grass. Weed Technology, 15:220-223.
- 15- Zollinger R.K. 2000. Extension perspective on grower confusion in adjuvant selection. Weed Technology, 14:814-818.