

بهینه‌سازی کارایی کلتودیم در کنترل دم‌روباهی سبز (*Setaria viridis*)

حسین حمامی^{۱*} و مهدی پارسا^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۱۴)

چکیده

بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌ها به وسیله مواد افزودنی یکی از راهکارهای اکولوژیکی و اقتصادی در مدیریت علف‌های هرز است. به منظور بررسی اثر کاربرد روغن‌های گیاهی بر کارایی علف‌کش کلتودیم در کنترل دم‌روباهی آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی شامل غلظت کلتودیم در شش سطح (صفر، ۷/۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و ماده افزودنی در هشت سطح (بدون روغن گیاهی و با روغن‌های گیاهی کنجد، بادام تلخ، بادام شیرین، پنبه‌دانه، کلزا، منداب و سویا) با چهار تکرار در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت کلتودیم، نوع روغن گیاهی و اثر متقابل غلظت در روغن گیاهی بر صفات اندازه‌گیری شده دم‌روباهی شامل ارتفاع، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و حجم ریشه معنی‌دار است. افزایش توانایی نسبی برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده بر اساس دز مؤثر ۵۰ درصد مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش کارایی کلتودیم در کنترل دم‌روباهی است. نتایج این مطالعه همچنین کاهش دز مؤثر ۹۰ درصد برای زیست‌توده تر و خشک دم‌روباهی سبز در حضور تمامی روغن‌های گیاهی را نشان داد. بیشتر بودن مقادیر توانایی نسبی برای زیست‌توده تر و خشک ریشه در مقایسه با زیست‌توده تر و خشک اندام هوایی حساسیت بیشتر ریشه به کاربرد روغن‌های گیاهی با افزایش انتقال کلتودیم به ریشه نشان داده شد. کاربرد روغن‌های گیاهی کنجد، بادام تلخ، بادام شیرین، پنبه‌دانه، کلزا، منداب و سویا به ترتیب منجر به افزایش کارایی کلتودیم در کاهش وزن خشک اندام هوایی دم‌روباهی سبز به ترتیب به میزان ۱/۲۰، ۱/۲۶، ۱/۴۲، ۱/۳۹، ۱/۴۱، ۱/۴۳ و ۱/۴۱ برابر شد. در نهایت، کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه دم‌روباهی سبز می‌تواند به عنوان رهیافتی اکولوژیکی و زیست‌محیطی مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: توانایی نسبی، حجم ریشه، دز مؤثر ۵۰ درصد، روغن گیاهی، علف‌کش

۱. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، ایران

۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Hhamami@Birjand.ac.ir

مقدمه

می‌توانند بسیار سریع در محیط تجزیه شوند (۲۳). از آنجا که ترکیب اسیدهای چرب در روغن‌های گیاهی بسیار متفاوت است، این تفاوت می‌تواند منجر به تفاوت در افزایش کارایی علف‌کش‌ها شود (۱۳ و ۱۷).

کلتودیم (Clethodim) علف‌کش بازدارنده استیل کوانزیم آ کربوکسیلاز و متعلق به خانواده هیدروکسی اکسوسیکلوهگزین کاربالدهید اکسیم (Hydroxy oxo cyclohexene carbaldehyde oxime) است (۷) که برای کنترل علف‌های هرز باریک‌برگی مانند سوروف، دم‌روباهی، یولاف وحشی، خونی‌واش و به‌صورت پس‌رویشی در محصولات پهن‌برگی همچون چغندر قند، سویا و پیاز در ایران ثبت شده است (۲۸).

دم‌روباهی (*Green foxtail (Setaria viridis)*) یکی از علف‌های هرز مهم یک‌ساله تابستانه در مزارع مختلف است که متعلق به خانواده گندمیان (Poaceae) است. این گیاه به دامنه وسیعی از شرایط محیطی سازگار است به‌طوری که بین عرض‌های جغرافیایی ۴۵ جنوبی تا ۵۵ شمالی مشاهده می‌شود. دم‌روباهی در سرتاسر قاره آسیا، اروپا، آمریکای شمالی و جنوبی، استرالیا و شمال آفریقا به‌عنوان علف هرز رایج حضور دارد. این گیاه به‌عنوان علف هرز بسیار مشکل‌ساز در کشورهای همچون ایران، اسپانیا و آمریکا شناخته شده است (۴). البته بیشترین میزان حضور این گیاه در مناطق گرمسیر مشاهده می‌شود. سرعت رشد دم‌روباهی بسیار زیاد بوده و ۴۵ روز بعد از جوانه‌زنی می‌تواند بذر تولید کند. همچنین توان تولید بذر بسیار بالایی دارد به‌طوری که هر گیاه می‌تواند تا بیش از ۳۴۰۰۰ بذر در هر گیاه تولید کند (۴). دم‌روباهی یکی از سمج‌ترین و مهم‌ترین علف‌های هرز باریک‌برگ دنیا شناخته شده است که به‌دلایلی همچون قدرت جذب آب و املاح زیاد و درنهایت قدرت رقابت بالا (۳ و ۶)، خاصیت دگرآسیبی شدید (۱۶)، میزبانی آفات، بیماری‌ها، ویروس‌ها و نماتدها (۶ و ۱۶)، قدرت تولید بذر زیاد با طول عمر بالا (۴)، خواب بذر (۲۶)، قدرت گسترش و پراکنندگی زیاد (۴) و همچنین مقاومت به علف‌کش‌های مختلف نظیر اتال فلورالین (Ethalfluralin)،

هزینه مدیریت علف‌های هرز با استفاده از روش‌های شیمیایی به‌عنوان یکی از ارزان‌ترین روش‌ها در مدیریت علف‌های هرز در مقایسه با سایر روش‌های مدیریت، به‌طور قابل توجهی برای کشاورزان کاهش یافته است و سود اقتصادی ناشی از کاربرد مدیریت شیمیایی عاملی است که باعث افزایش مصرف علف‌کش‌ها می‌شود (۸ و ۹). در حال حاضر در ایران علف‌کش‌ها تبدیل به مواد کلیدی در برنامه‌های مدیریتی علف‌های هرز شده‌اند. به‌طوری که در سال ۱۳۸۵ زمین‌های قابل کشت ایران مقدار ۱۱۱۰۰ تن علف‌کش دریافت کرده‌اند (۲). کنترل شیمیایی در مقایسه با سایر روش‌های مدیریتی مانند شخم منجر به فرسایش کمتر خاک، مصرف سوخت کمتر و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود (۹). بنابراین با توجه به نکات مثبت گفته شده در مورد کاربرد علف‌کش‌ها در مدیریت علف‌های هرز، امروزه رهیافت شیمیایی مدیریت علف‌های هرز نقش بسیار مهمی در مدیریت علف‌های هرز و فرایند تولید محصولات زراعی دارد. کاربرد علف‌کش‌ها منجر به مشکلات زیست‌محیطی مانند آسیب به گیاهان غیر هدف و جانوران نیز می‌شود بنابراین بهینه‌سازی غلظت علف‌کش‌ها در مدیریت علف‌های هرز می‌تواند منجر به کاهش اثرات جانبی زیست‌محیطی آنها نیز شود (۲۲ و ۲۸).

استفاده از مواد افزودنی مانند روغن‌های گیاهی و مویان‌ها می‌تواند از طریق افزایش کارایی علف‌کش‌های پس‌رویشی با افزایش نفوذپذیری کوتیکول و کاهش کشش سطحی منجر به افزایش کارایی علف‌کش‌ها شود (۱۷ و ۲۸). نتایج مطالعات بسیاری نشان داده است که روغن‌های گیاهی در غلظت‌هایی که به‌عنوان ماده افزودنی استفاده می‌شوند اثرات سمی بر گیاهان نداشته و همچنین از طریق تخریب کوتیکول و کاهش کشش سطحی باعث افزایش نفوذ علف‌کش به درون کوتیکول و نشست علف‌کش روی سطح برگ می‌شوند و درنهایت افزایش کارایی کنترل علف‌های هرز مشاهده می‌شود (۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۷، ۲۲، ۲۳ و ۲۸). روغن‌های گیاهی در محیط پسماندی نداشته و

به منظور جلوگیری از آلودگی بذور به عوامل بیماری‌زا، ضدعفونی سطحی بذور به کمک محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفته و سپس به مدت ۲۰ دقیقه با آب شستشو داده شدند. به منظور شکستن خواب بذور دموهای از تیمار جیبرلیک اسید (GA_3) (۲/۸۹ میلی‌مول) و نترات پتاسیم (KNO_3) (۳۰ میلی‌مول) استفاده شد (۲۶). بذور تیمار شده به سینی‌های کشت حاوی پیت منتقل شده و سینی‌های کشت به گلخانه با دمای ۳۰ درجه روز و ۲۰ درجه شب منتقل شدند. برای جلوگیری از تبخیر از سطح سینی‌ها و حفظ رطوبت به مدت دو روز روی آنها پلاستیک کشیده شد. پس از آن، پلاستیک‌ها برداشته شده و آبیاری سینی‌ها به صورت مداوم و هر روز انجام شد. پس از دو هفته گیاهچه‌های رشد یافته به گلدان‌های دو لیتری حاوی خاک (دارای بافت لومی رسی) و خاک برگ به نسبت سه به یک منتقل شدند. آبیاری بر اساس نیاز گیاه (۱۰۰ سی‌سی برای هر گلدان) و هر دو روز یکبار به کمک آب شیر انجام شد. در دو مرحله گیاهچه‌ها به پنج گیاهچه در هر گلدان تنک شدند و به میزان ۳۰ میلی‌لیتر از محلول سه گرم در لیتر کود N:P:K (۲۰:۲۰:۲۰) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد. در مرحله چهارم برگری کامل سمپاشی به کمک سمپاش ریلی شارژی با خروجی ۲۵۰ لیتر در هکتار انجام شد. به منظور توزیع مناسب روغن‌های گیاهی به هر کدام از آنها ۱۰ درصد امولسیون کننده سیتوگیت اضافه شد (۱۷).

چهار هفته پس از سمپاشی ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شده و سپس گیاهان از سطح خاک برداشت شده و توزین شدند. ریشه‌ها نیز با شستشو و به دقت از خاک جدا شده (حدود دو ساعت قبل از جداسازی ریشه‌ها، خاک هر گلدان به صورت مجزا خارج شده و درون تشت حاوی آب قرا داده شد و سپس به کمک الک و آب ریشه‌ها جداسازی شد) و حجم آنها (به وسیله غوطه‌وری در استوانه مدرج حاوی آب) اندازه‌گیری شد. ریشه‌ها در سایه و روی روزنامه به صورت سطحی خشک شدند (۳۰ دقیقه) و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. پس از آن نمونه‌های اندام هوایی و ریشه داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت

تریفلورالین (Trifluralin)، دیکلوفوپ متیل (Diclofop-methyl)، ستوکسیدیم (Sethoxydim)، ترالکوکسیدیم (Tralkoxydim)، فنوکساپروپ پی‌اتیل (Fenoxaprop-P-ethyl)، ایمازتاپیر (Imazethapyr)، نیکوسولفورون (Nicosulfuron)، سولفوسولفورون (Sulfosulfuron)، آترازین (Atrazine)، ایمازاماکس (Imazamox) و پینوکسادن (Pinoxaden) (۱۵) در اغلب نقاط دنیا منجر به بروز مشکلات فراوانی در مسیر تولید محصولات زراعی مختلف مانند گندم، جو، کتان، کلزا، کلم، گوجه‌فرنگی، چغندر قند، سویا، یونجه، سورگوم و ذرت شده است (۴).

در کنار سایر روش‌های مدیریت زراعی، مکانیکی و بیولوژیکی، استفاده از علف‌کش‌ها نقش مهمی در کنترل دموهای دارد. بنابراین استفاده از روش‌های مختلف مانند استفاده از علف‌کش‌های مناسب، تناوب در کاربرد علف‌کش‌ها، استفاده از غلظت‌های مناسب، کاربرد لکه‌ای و بهبودسازی کاربرد می‌تواند خطر بروز مقاومت به علف‌کش‌ها و آلوده‌سازی محیط را کاهش دهد. بهبودسازی کاربرد علف‌کش‌ها نه تنها باعث کاهش هزینه تولید شده بلکه باعث کاهش ورود علف‌کش‌ها به محیط زیست نیز می‌شود (۲۸). بنابراین این مطالعه با هدف بهبودسازی کارایی کلتودیم در کنترل دموهای سبز انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل غلظت علف‌کش کلتودیم در شش سطح (صفر، ۷/۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار از ماده تجاری سلکت سوپر ۱۲ درصد) و ماده افزودنی در هشت سطح (بدون روغن گیاهی و با روغن‌های گیاهی کنجد، بادام تلخ، بادام شیرین، پنبه‌دانه، کلزا، منداب و سویا) امولسیون شده با ۱۰ درصد حجمی مویان سیتوگیت بود.

ریشه داشت (جدول ۱). اثر تیمارهای آزمایشی بر تمامی صفت‌ها معنی‌دار بود (در سطح معنی‌داری یک درصد). اثرهای متقابل نیز به استثنای صفت وزن تر ریشه (معنی‌دار در سطح پنج درصد)، در سطح معنی‌داری یک درصد معنی‌دار بود.

گزارش‌های متعددی نشان داده است که غلظت یک ماده تعیین‌کننده میزان سمیت آن است (۲۲). افزایش غلظت علف‌کش‌های مختلف مانند سولفوسولفورون و سولفوسولفورون به همراه مت‌سولفورون متیل بر زیست‌توده جو دره (*Hordeum spontaneum* Koch.) (۱۲)، کلودینافوپ پروپارژیل بر زیست‌توده یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu.) (۱۱) و خونی واش (*Phalaris minor* Retz.) (۲۷)، هالوکسی‌فوپ پی‌متیل و دایفنزوکوات متیل سولفات بر زیست‌توده یولاف وحشی (۱۱)، سولفوسولفورون، ایمازتامبزمیتیل و ستوکسیدیم بر زیست‌توده یولاف وحشی (۱۷)، هالوکسی‌فوپ پی‌متیل بر زیست‌توده قیاق (۲۰)، ایمازتاپیر بر زیست‌توده گاوپنبه (۲۰) و ایمازتاپیر بر زیست‌توده سوروف (۱۰) گزارش شده است. افزایش غلظت علف‌کش، شانس مولکول‌های علف‌کش را برای رسیدن به محل هدف بیشتر می‌کند. بنابراین اختلال در محل عمل علف‌کش، سریع‌تر و شدیدتر بروز می‌یابد. افزایش جذب علف‌کش گلایفوسیت از سطح برگ گیاه با افزایش میزان ماده موثره به‌کار رفته به‌ویژه در گیاهان هرز باریک‌برگ در مقایسه با پهن‌برگ نشان داده شده است (۱۸).

ارتفاع گیاه

جدول ۲ پارامترهای حاصل از برآزش داده‌های ارتفاع دم‌روباهی سبز به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و توانایی نسبی علف‌کش کلتودیم در کاهش ارتفاع دم‌روباهی را نشان می‌دهد. نتایج این جدول نشان‌دهنده افزایش کارایی کلتودیم در کاهش ارتفاع دم‌روباهی در صورت کاربرد روغن‌های گیاهی در مقایسه با عدم کاربرد آنها است. غلظت مؤثر ۵۰ درصد در تیمارهای کاربرد کلتودیم به همراه روغن گیاهی در مقایسه با عدم کاربرد روغن گیاهی کاهش یافته است. مقادیر توانایی

۴۸ ساعت منتقل شد و سپس مجدداً توزین شدند.

آنالیز واریانس داده‌های آزمایش به کمک نرم‌افزار SAS انجام گرفت. از داده‌های کل وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه دم‌روباهی در هر گلدان برای برآزش منحنی‌های پاسخ به دز استفاده شد. پاسخ علف هرز به مقدار علف‌کش کلتودیم در حضور روغن‌های گیاهی با تکنیک رگرسیون غیرخطی و با استفاده از نرم‌افزار R آنالیز شده و منحنی‌ها رسم شدند. برای هر علف‌کش، تمامی داده‌ها به‌طور همزمان با مدل چهار پارامتری لجستیک زیر (معادله ۱) برآزش داده شدند:

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

در این معادله، U_{ij} بیانگر وزن تر یا خشک اندام هوایی و ریشه، D حد مجانب بالای وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در مقادیر صفر و بی‌نهایت علف‌کش و b شیب منحنی در محدوده ED_{50} هستند (۲۵).

سپس، مقادیری از علف‌کش با و بدون روغن گیاهی که موجب پاسخ یکسانی شده بودند با استفاده از معادله ۲، که توانایی نسبی نامیده می‌شود، مورد مقایسه قرار گرفتند.

$$R = ED_{50f} / ED_{50f+v}; R \leq 1 \leq R \quad (2)$$

در این معادله، ED_{50f} و ED_{50f+v} به ترتیب نشانگر مقداری از علف‌کش بدون روغن گیاهی و به همراه هر یک از روغن گیاهی لازم برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک علف هرز بین حدود بالا و پایین D و C است. اگر توانایی نسبی کوچک‌تر و یا بزرگ‌تر از یک باشد، افزودن روغن گیاهی به ترتیب موجب کاهش و یا افزایش کارایی علف‌کش شده است (۲۵).

نتایج و بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت علف‌کش کلتودیم، نوع روغن گیاهی و همچنین اثرات متقابل غلظت علف‌کش کلتودیم در نوع روغن گیاهی بر تمامی صفت‌های مورد ارزیابی شامل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، و حجم

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده دمروباهی در حضور غلظت‌های مختلف علف‌کش کلتودیم و روغن‌های گیاهی (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه
غلظت کلتودیم	۵	۹۱۹۳/۷۸**	۷۰/۱۲**	۱۰/۸۰**	۱۸/۵۰**	۷/۱۴**	۳۷۶۵/۴۲**
روغن گیاهی	۷	۱۶۱/۹۹**	۰/۳۱**	۰/۶۶**	۰/۶۷**	۰/۳۰**	۳۵/۹۳**
غلظت × روغن گیاهی	۳۵	۲۲/۸۶۱**	۰/۱۰**	۰/۰۲**	۰/۰۵**	۰/۰۵**	۹/۶۳**
خطا	۱۴۴	۱۰/۵۹	۰/۰۲	۱۳/۷۹	۰/۰۳	۰/۰۱	۵/۵۴
CV (%)		۱۰/۷۲	۵/۹۹	۱۰/۶۸	۱۰/۱۷	۹/۳۲	۱۳/۰۰

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد است.

جدول ۲. پارامترهای حاصل از برآزش داده‌های ارتفاع دمروباهی سبز (*Setaria viridis*) به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و توانایی نسبی علف‌کش کلتودیم در کاهش ارتفاع

تیمار	شیب (b)	حد بالا	دز مؤثر ۵۰ درصد	توانایی نسبی
ارتفاع دمروباهی سبز				
کلتودیم بدون روغن گیاهی	۱/۳۰ (۰/۱۶)*	۵۳/۳۲ (۱/۹۸)	۴۳/۰۵ (۴/۷۷)	۱
کلتودیم + روغن کنجد	۱/۲۲ (۰/۱۵)	۵۲/۵۴ (۲/۱۶)	۲۱/۱۴ (۲/۴۴)	۲/۰۴
کلتودیم + روغن بادام تلخ	۱/۲۱ (۰/۱۶)	۵۰/۹۵ (۲/۱۶)	۲۵/۳۸ (۳/۰۸)	۱/۷۰
کلتودیم + روغن بادام شیرین	۱/۱۸ (۰/۱۵)	۵۰/۴۸ (۲/۱۵)	۲۶/۲۰ (۳/۲۷)	۱/۶۴
کلتودیم + روغن پنبه	۱/۲۷ (۰/۱۵)	۵۲/۹۴ (۲/۱۳)	۲۱/۱۱ (۲/۳۳)	۲/۰۴
کلتودیم + روغن کلزا	۱/۳۵ (۰/۱۷)	۵۲/۴۴ (۲/۱۴)	۲۰/۴۳ (۲/۱۸)	۲/۱۱
کلتودیم + روغن منداب	۱/۴۸ (۰/۲۰)	۵۱/۶۸ (۲/۱۲)	۲۲/۰۱ (۲/۲۴)	۱/۹۶
کلتودیم + روغن سویا	۱/۳۳ (۰/۱۸)	۵۱/۱۴ (۲/۱۷)	۲۳/۰۰ (۲/۵۹)	۱/۸۷

* داده‌های داخل پرانتز خطای استاندارد را نشان می‌دهند.

توان رشد سلول‌ها و همچنین تقسیم سلولی کاهش می‌یابد که در نتیجه منجر به کاهش رشد گیاه و در نهایت کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (۲۱). کاربرد روغن‌های گیاهی کرچک، زیتون، بادام تلخ و کنجد تراکم و رشد دمروباهی سبز را در مقایسه با به‌کار نبردن روغن‌ها به‌همراه علف‌کش نیکوسولفورون کاهش بیشتری را نشان داد (۱۹).

وزن تر اندام هوایی

پارامترهای حاصل از برآزش داده‌های وزن تر اندام هوایی دمروباهی سبز به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و توانایی نسبی

نسبی در مورد تمام روغن‌ها در مقایسه با عدم کاربرد روغن‌ها بیشتر از یک است که نشان‌دهنده افزایش توان علف‌کش در کاهش ارتفاع دمروباهی است. بیشترین و کمترین میزان کاهش ارتفاع به ترتیب در حضور روغن‌های گیاهی کلزا (۲/۱۱ برابر) و بادام شیرین (۱/۶۴ برابر) مشاهده شد. کاهش ارتفاع سوروف در اثر کاربرد روغن‌های گیاهی نارگیل، بادام زمینی، بادام تلخ، نارگیل و کرچک به‌همراه علف‌کش ایمازتاپیر گزارش شده است (۱۰).

کلتودیم علف‌کشی است که از سنتز اسیدهای چرب، که یکی از مهم‌ترین اجزای سازنده غشای سلولی هستند، جلوگیری می‌کند. بنابراین در گیاهان تیمار شده با این علف‌کش

جدول ۳. پارامترهای حاصل از برازش داده‌های وزن تر و خشک اندام هوایی دم‌روبهایی سبز (*Setaria viridis*) به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و توانایی نسبی علف‌کش کلتودیم در کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی

تیمار	شیب (b)	حد بالا	دز مؤثر ۵۰ درصد	دز مؤثر ۹۰ درصد	توانایی نسبی
وزن تر اندام هوایی دم‌روبهایی سبز					
کلتودیم بدون روغن گیاهی	۲/۵۲ (۰/۲۹)*	۳/۶۲ (۰/۰۸)	۳۰/۰۶ (۱/۳۸)	۷۴/۶۳ (۶/۵۵)	۱
کلتودیم + روغن کنجد	۱/۹۱ (۰/۱۶)	۳/۷۵ (۰/۰۹)	۲۳/۶۰ (۱/۲۷)	۷۱/۹۱ (۶/۳۹)	۱/۲۷
کلتودیم + روغن بادام تلخ	۲/۰۸ (۰/۱۷)	۳/۷۶ (۰/۰۹)	۲۳/۴۲ (۱/۱۴)	۶۷/۳۷ (۵/۷۶)	۱/۲۸
کلتودیم + روغن بادام شیرین	۱/۹۱ (۰/۱۴)	۳/۹۰ (۰/۰۹)	۲۰/۴۷ (۱/۰۲)	۶۴/۵۱۹ (۵/۴۳)	۱/۴۷
کلتودیم + روغن پنبه	۱/۹۷ (۰/۱۶)	۳/۷۴ (۰/۰۹)	۲۰/۸۲ (۱/۱۵)	۶۳/۷۱ (۵/۷۶)	۱/۴۴
کلتودیم + روغن کلزا	۱/۹۴ (۰/۱۴)	۳/۸۳ (۰/۰۹)	۲۰/۲۹ (۱/۱۷)	۶۳/۰۱ (۵/۳۶)	۱/۴۸
کلتودیم + روغن منداب	۱/۷۷ (۰/۱۳)	۳/۷۴ (۰/۰۹)	۱۸/۰۴ (۰/۹۹)	۶۲/۲۳ (۵/۸۵)	۱/۶۷
کلتودیم + روغن سویا	۱/۸۲ (۰/۱۳)	۳/۸۱ (۰/۰۹)	۱۷/۴۰ (۰/۹۰)	۵۸/۳۱ (۵/۴۱)	۱/۷۳
وزن خشک اندام هوایی دم‌روبهایی سبز					
کلتودیم بدون روغن گیاهی	۱/۹۳ (۰/۲۳)*	۱/۵۱ (۰/۰۵)*	۲۸/۰۶ (۲/۰۷)*	۸۸/۸۰ (۱۰/۸۹)*	۱
کلتودیم + روغن کنجد	۱/۹۷ (۰/۲۲)	۱/۵۱ (۰/۰۵)	۲۴/۶۰ (۱/۶۷)	۷۳/۸۷ (۸/۸۴)	۱/۲۰
کلتودیم + روغن بادام تلخ	۲/۰۱ (۰/۲۳)	۱/۵۱ (۰/۰۵)	۲۳/۴۲ (۱/۶۱)	۷۰/۷۲ (۸/۳۵)	۱/۲۶
کلتودیم + روغن بادام شیرین	۱/۹۰ (۰/۱۸)	۱/۵۶ (۰/۰۵)	۱۹/۴۷ (۱/۳۱)	۶۲/۳۷ (۷/۱۸)	۱/۴۲
کلتودیم + روغن پنبه	۲/۲۸ (۰/۲۸)	۱/۳۳ (۰/۰۴)	۲۴/۸۲ (۱/۶۰)	۶۳/۶۹ (۸/۲۰)	۱/۳۹
کلتودیم + روغن کلزا	۱/۸۷ (۰/۱۹)	۱/۵۴ (۰/۰۵)	۱۹/۲۹ (۱/۳۴)	۶۳/۰۶ (۷/۴۵)	۱/۴۱
کلتودیم + روغن منداب	۱/۷۳ (۰/۱۷)	۱/۵۱ (۰/۰۵)	۱۷/۰۴ (۱/۲۸)	۶۲/۰۸ (۸/۰۳)	۱/۴۳
کلتودیم + روغن سویا	۱/۶۹ (۰/۱۶)*	۱/۵۵ (۰/۰۵)*	۱۷/۰۶ (۱/۲۴)*	۶۲/۸۲ (۸/۲۰)	۱/۴۱

* داده‌های داخل پرانتز خطای استاندارد را نشان می‌دهند.

دم‌روبهایی سبز به ترتیب در حضور روغن‌های سویا (۱/۷۳ برابر) و کنجد (۱/۲۷ برابر) مشاهده شد. مقدار دز مؤثر ۵۰ درصد برای کنترل وزن تر یولاف وحشی در صورت کاربرد روغن‌های گیاهی مختلف شامل بادام شیرین، کرچک، کنجد، کلزا، زیتون، بادام تلخ، پنبه‌دانه، سویا و منداب به همراه علف‌کش‌های سولفوسولفورون، ایمازامتابنزمیتیل و ستوکسیدیم نسبت به عدم کاربرد کاهش یافت که نشان‌دهنده افزایش کارایی کنترلی یولاف وحشی توسط این علف‌کش‌ها است (۱۷).

وزن خشک اندام هوایی

پارامترهای حاصل از برازش داده‌های وزن خشک اندام هوایی

علف‌کش کلتودیم در کاهش وزن تر اندام هوایی در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان ماده مؤثره علف‌کش کلتودیم برای کاهش ۵۰ درصدی وزن تر دم‌روبهایی سبز با کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه کلتودیم کاهش یافته است (جدول ۳). بنابراین می‌توان بیان داشت که کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه کلتودیم باعث افزایش کارایی آن در کنترل دم‌روبهایی سبز می‌شود. مقادیر غلظت مؤثر ۹۰ درصد نیز همین روند را نشان می‌دهد. افزایش مقادیر توانایی نسبی در حضور تمامی روغن‌های گیاهی در مقایسه با عدم کاربرد روغن‌های گیاهی مشاهده می‌شود. با توجه به مقادیر توانایی نسبی بیشترین و کمترین میزان افزایش کارایی کلتودیم در کاهش وزن تر

را بدون کاهش کارایی، کاهش دهد (۱۷، ۲۲ و ۲۸).

وزن تر ریشه

پارامترهای حاصل از برازش داده‌های وزن تر ریشه دم‌روباهی سبز به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و توانایی نسبی علف‌کش کلتودیم در کاهش وزن تر ریشه در جدول ۴ نشان داده شده است. کاربرد روغن‌های گیاهی به‌همراه کلتودیم باعث کاهش دز مؤثر ۵۰ درصد وزن تر ریشه شد. این نتایج نشان‌دهنده افزایش کارایی کلتودیم در کاهش وزن تر ریشه دم‌روباهی سبز در صورت استفاده از روغن‌های گیاهی به‌عنوان ماده افزودنی است. بیشترین و کمترین میزان تأثیر کلتودیم بر وزن تر ریشه دم‌روباهی سبز به ترتیب در حضور روغن‌های گیاهی سویا (۱/۹۹ برابر) و بادام تلخ (۱/۱۷ برابر) مشاهده شد. نتایج این مطالعه کاهش دز مؤثر ۹۰ درصد را نیز نشان می‌دهد (جدول ۴).

از آنجا که کلتودیم علف‌کشی سیستمیک بوده و به اندام‌های زیرزمینی منتقل می‌شود و همچنین بیشترین میزان تأثیر را در سلول‌های مریستمی نشان می‌دهد. علاوه بر این کاربرد روغن‌های گیاهی با تخریب کوتیکول منجر به افزایش جذب و در نهایت انتقال کلتودیم می‌شود. بنابراین کاربرد روغن‌های گیاهی به‌همراه علف‌کش کلتودیم منجر به افزایش انتقال شده و با ممانعت از فعالیت سلول‌های مریستمی از رشد و توسعه ریشه ممانعت می‌کند. کاربرد روغن‌های گیاهی به‌همراه ایمازتاپیر منجر به کاهش بیشتر زیست‌توده تر تولیدی به‌وسیله ریشه سوروف در مقایسه با عدم کاربرد روغن‌های گیاهی شد (۱۰). علاوه بر این، نتایج مطالعه دیگری روی سلمه‌تره نشان داد که کاربرد روغن گیاهی منداب و روغن معدنی سیتوگیت به‌همراه بتنازون به اضافه سیفلورفن و ایمازتاپیر نسبت به عدم کاربرد این مواد افزودنی منجر به کاهش بیشتر زیست‌توده تر ریشه شد (۱).

وزن خشک ریشه

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون وزن خشک ریشه دم‌روباهی

دم‌روباهی سبز به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و توانایی نسبی علف‌کش کلتودیم در کاهش وزن خشک اندام هوایی در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان ماده مؤثره کلتودیم لازم برای کاهش ۵۰ درصدی زیست‌توده خشک تولیدی توسط دم‌روباهی سبز در حضور روغن‌های گیاهی در مقایسه با کاربرد علف‌کش به‌تنهایی، کاهش را نشان داد (جدول ۳). کاهش دز مؤثر ۵۰ درصد نشان‌دهنده افزایش کارایی علف‌کش کلتودیم در کاهش وزن خشک دم‌روباهی است. بیشترین و کمترین میزان تأثیر کلتودیم بر وزن خشک اندام هوایی دم‌روباهی سبز به ترتیب در حضور روغن‌های گیاهی منداب (۱/۴۳ برابر) و کنجد (۱/۲۰ برابر) مشاهده شد. افزایش کارایی کنترل‌ی یولاف وحشی و خونی‌واش (کاهش زیست‌توده خشک) با علف‌کش‌های دیکلوفوپ متیل، سیکلوکسیدیم و کلودینافوپ پروپارژیل در حضور روغن‌های گیاهی کرچک و زیتون گزارش شده است (۲۳). کاهش زیست‌توده خشک تولیدی خونی‌واش به‌وسیله کاربرد روغن‌های گیاهی بادام، کنجد و نارگیل با علف‌کش هالوکسی‌فوپ آرمیتل استر نیز گزارش شده است (۲۴). علاوه بر این کاربرد روغن‌های گیاهی مختلف شامل بادام شیرین، کرچک، کنجد، کلزا، زیتون، بادام تلخ، پنبه‌دانه، سویا و منداب به‌همراه علف‌کش‌های سولفوسولفورون، ایمازمتابن‌متیل و ستوکسیدیم منجر به کاهش غلظت مؤثر برای کاهش ۵۰ درصدی زیست‌توده خشک یولاف وحشی شد (۱۷). کلتودیم از طریق اختلال در بیوستز اسیدهای چرب، افزایش پراکسیده شدن لیپیدها، آسیب به غشای سلولی، افزایش تولید اکسیژن فعال منجر به اختلال در فعالیت‌های متابولیکی سلول‌های گیاه شده و در نهایت رشد و تولید زیست‌توده گیاه را محدود می‌کند (۲۱). کاربرد روغن‌های گیاهی منجر به تخریب کوتیکول و افزایش نفوذپذیری آن شده بنابراین استفاده از روغن‌های گیاهی به‌همراه علف‌کش‌های پس‌رویشی می‌تواند منجر به افزایش نفوذ علف‌کش به داخل گیاه هدف شده و میزان علف‌کش مورد نیاز برای کنترل مناسب علف‌های هرز

جدول ۴. پارامترهای حاصل از برازش داده‌های وزن تر و خشک ریشه دم‌روباهی سبز (*Setaria viridis*) به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و توانایی نسبی علف‌کش کلتودیم در کاهش وزن تر و خشک ریشه

تیمار	شیب (b)	حد بالا	دز موثر ۵۰ درصد	دز موثر ۹۰ درصد	توانایی نسبی
وزن تر ریشه دم‌روباهی سبز					
کلتودیم بدون روغن گیاهی	۱/۳۲ (۰/۱۳)*	۲/۹۰ (۰/۰۸)	۴۵/۹۸ (۳/۵۴)	۸۹/۲۱ (۱۱/۲۳)	۱
کلتودیم+ روغن کنجد	۰/۹۹ (۰/۱۰)	۲/۷۴ (۰/۰۹)	۳۹/۲۸ (۴/۱۳)	۶۵/۶۴ (۹/۱۳)	۱/۱۷
کلتودیم+ روغن بادام تلخ	۱/۱۰ (۰/۱۱)	۲/۷۵ (۰/۰۸)	۳۹/۶۳ (۳/۸۰)	۶۲/۹۰ (۹/۲۲)	۱/۱۶
کلتودیم+ روغن بادام شیرین	۱/۰۰ (۰/۱۰)	۲/۶۹ (۰/۰۹)	۳۳/۸۶ (۳/۵۹)	۶۷/۲۴ (۸/۲۲)	۱/۳۶
کلتودیم+ روغن پنبه	۰/۹۵ (۰/۰۹)	۲/۶۷ (۰/۰۹)	۲۸/۹۰ (۳/۱۷)	۶۰/۲۸ (۷/۲۰)	۱/۵۹
کلتودیم+ روغن کلزا	۰/۸۵ (۰/۰۸)	۲/۶۹ (۰/۰۹)	۲۶/۷۶ (۳/۱۸)	۵۹/۰۲ (۷/۱۱)	۱/۷۲
کلتودیم+ روغن منداب	۰/۸۹ (۰/۰۹)	۲/۷۵ (۰/۰۹)	۲۵/۳۷ (۲/۹۲)	۵۶/۶۶ (۷/۰۱)	۱/۸۱
کلتودیم+ روغن سویا	۱/۰۳ (۰/۰۹)	۲/۷۳ (۰/۰۹)	۲۳/۱۶ (۲/۳۰)	۵۵/۲۲ (۷/۰۲)	۱/۹۹
وزن خشک ریشه دم‌روباهی سبز					
کلتودیم بدون روغن گیاهی	۱/۲۸ (۰/۱۳)*	۱/۵۹ (۰/۰۵)	۳۹/۹۷ (۳/۳۷)	۸۴/۳۵ (۱۰/۰۱)	۱
کلتودیم+ روغن کنجد	۱/۲۴ (۰/۱۴)	۱/۵۰ (۰/۰۵)	۳۹/۵۸ (۱/۷۸)	۷۳/۳۳ (۸/۷۶)	۱/۰۱
کلتودیم+ روغن بادام تلخ	۱/۴۲ (۰/۱۳)	۱/۶۴ (۰/۰۵)	۳۰/۱۳ (۱/۲۶)	۷۵/۲۲ (۸/۹۲)	۱/۳۳
کلتودیم+ روغن بادام شیرین	۱/۰۹ (۰/۱۰)	۱/۶۴ (۰/۰۵)	۲۵/۹۹ (۱/۴۵)	۶۸/۳۷ (۸/۱۶)	۱/۵۴
کلتودیم+ روغن پنبه	۱/۱۰ (۰/۱۰)	۱/۶۲ (۰/۰۵)	۲۱/۲۵ (۱/۹۵)	۶۳/۵۹ (۷/۵۴)	۱/۸۸
کلتودیم+ روغن کلزا	۰/۹۴ (۰/۰۹)	۱/۶۱ (۰/۰۵)	۱۶/۴۱ (۱/۷۳)	۶۰/۳۸ (۷/۲۲)	۲/۴۴
کلتودیم+ روغن منداب	۰/۸۴ (۰/۰۹)	۱/۶۲ (۰/۰۵)	۱۴/۹۶ (۱/۸۳)	۵۹/۵۴ (۷/۰۵)	۲/۶۷
کلتودیم+ روغن سویا	۰/۶۷ (۰/۰۸)	۱/۵۵ (۰/۰۵)	۱۰/۸۶ (۱/۶۵)	۵۷/۴۳ (۶/۵۴)	۳/۶۷

* داده‌های داخل پرانتز خطای استاندارد را نشان می‌دهند.

کلتودیم در حضور روغن‌های گیاهی نشان می‌دهد که به‌طور کلی ریشه نسبت به اندام هوایی به کاربرد روغن‌های گیاهی به‌همراه کلتودیم حساس‌تر است. بهبود جذب و انتقال کلتودیم توسط دم‌روباهی سبز در نتیجه کاربرد روغن‌های گیاهی منجر به کاهش زیست‌توده تولیدی توسط ریشه گیاه می‌شود. نتایج این مطالعه همسو با نتایج گزارش شده در مورد کاهش وزن خشک ریشه سوروف توسط ایمازتاپیر و سلمه‌تره به‌وسیله بنتازون به اضافه اسیفلورفن و ایمازتاپیر است که نشان دادند که کاربرد مواد افزودنی معدنی و گیاهی منجر به کاهش وزن خشک ریشه می‌شود (۱).

سبز به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و توانایی نسبی علف‌کش کلتودیم در کاهش وزن خشک ریشه در جدول ۴ نشان داده شده است. کاهش دز موثر ۵۰ درصد کلتودیم برای کاهش وزن خشک ریشه در نتیجه کاربرد روغن‌های گیاهی مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش کارایی کلتودیم در کاهش وزن خشک ریشه دم‌روباهی سبز در صورت استفاده از روغن‌های گیاهی به‌عنوان ماده افزودنی است. بیشترین کمترین میزان تأثیر کلتودیم بر وزن خشک ریشه دم‌روباهی سبز به ترتیب در حضور روغن‌های گیاهی سویا (۳/۶۷ برابر) و کنجد (۱/۰۱ برابر) مشاهده شد. مقایسه توانایی نسبی

جدول ۵. پارامترهای حاصل از برازش داده‌های حجم ریشه دمروباهی سبز (*Setaria viridis*) به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و توانایی

نسبی علف‌کش کلتودیم در کاهش حجم ریشه

توانایی نسبی	دوز مؤثر ۵۰ درصد	حد بالا	شیب (b)	تیمار
حجم ریشه دمروباهی سبز				
۱	۲۳/۴۷ (۲/۴۸)	۳۵/۲۱ (۱/۲۵)	۱/۱۲ (۰/۱۲)*	کلتودیم بدون روغن گیاهی
۱/۱۴	۲۰/۷۰ (۲/۵۴)	۳۲/۹۵ (۱/۲۶)	۱/۰۱ (۰/۱۱)	کلتودیم + روغن کنجد
۱/۱۸	۱۹/۹۶ (۲/۱۵)	۳۳/۵۲ (۱/۲۵)	۱/۱۷ (۰/۱۲)	کلتودیم + روغن بادام تلخ
۱/۵۷	۱۴/۹۳ (۱/۶۱)	۳۵/۹۲ (۱/۲۶)	۱/۰۴ (۰/۱۱)	کلتودیم + روغن بادام شیرین
۱/۱۹	۱۹/۷۰ (۲/۱۵)	۳۵/۷۴ (۱/۲۷)	۱/۰۷ (۰/۱۱)	کلتودیم + روغن پنبه
۱/۲۶	۱۸/۶۹ (۲/۰۷)	۳۱/۶۸ (۱/۲۴)	۱/۱۸ (۰/۱۴)	کلتودیم + روغن کلزا
۲/۰۱	۱۱/۶۸ (۱/۵۰)	۳۵/۵۹ (۱/۳۰)	۰/۹۱ (۰/۱۰)	کلتودیم + روغن منداب
۱/۷۰	۱۳/۸۲ (۱/۸۱)	۳۴/۸۴ (۱/۲۸)	۰/۸۷ (۰/۱۰)	کلتودیم + روغن سویا

* داده‌های داخل پیرانتز خطای استاندارد را نشان می‌دهند.

حجم ریشه

جدول ۵ پارامترهای حاصل از آنالیز رگرسیونی حجم ریشه دمروباهی سبز به مدل سه پارامتری سیگموئیدی و همچنین توانایی نسبی علف‌کش کلتودیم در کاهش حجم ریشه را نشان می‌دهد. کاهش بیشتر حجم ریشه در کاربرد روغن‌های گیاهی در مقایسه با عدم کاربرد آنها مشاهده شد. غلظت مؤثر ۵۰ درصد کلتودیم در حضور روغن‌های گیاهی برای کاهش حجم ریشه کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان تأثیر کلتودیم بر حجم ریشه دمروباهی سبز به ترتیب در حضور روغن‌های گیاهی منداب (۲/۰۱ برابر) و کنجد (۱/۱۴ برابر) مشاهده شد. کاهش فعالیت سلول‌های مریستمی ریشه در نتیجه افزایش جذب و انتقال کلتودیم به سلول‌های ریشه منجر به کاهش رشد و توسعه سلول‌های ریشه شده و در نهایت کاهش حجم ریشه بروز پیدا می‌کند علاوه بر این میزان پایداری غشای سلولی گونه‌های مقاوم به ستوکسیدیم و کلتودیم در مقایسه با گونه‌های حساس بیشتر است (۵).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت کلتودیم، روغن‌های گیاهی و اثر متقابل غلظت در روغن گیاهی منجر به کاهش معنی‌دار صفات رشدی دمروباهی سبز شامل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و حجم ریشه شد. به‌طور کلی روغن‌های سویا و منداب بیشترین افزایش توانایی نسبی و روغن کنجد کمترین افزایش توانایی نسبی را نسبت به عدم کاربرد روغن‌های گیاهی نشان دادند. کاربرد روغن‌های گیاهی منجر به افزایش کارایی کنترل دمروباهی سبز شده که می‌تواند منجر به کاهش مصرف کلتودیم، کاهش هزینه‌های تولید و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی شود. ضمن اینکه گزارشی از پسماند سمی روغن‌های گیاهی در غلظت‌های مورد استفاده به‌عنوان ماده افزودنی برای موجودات زنده وجود ندارد. بنابراین استفاده از روغن‌های گیاهی به‌همراه کلتودیم به‌عنوان رهیافتی برای کاهش مصرف این علف‌کش می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Abu-ali, S., S. Mahmoodi and H. Hammami. 2019. Optimizing the Performance of Bentazon + Acifluorfen and Imazethapyr on *Chenopodium album* L. (Common Lambsquarter) Control by Adjuvants. *Journal of Plant Protection* 33: 99-110. (In Farsi).

2. Baghestani, M. A., E. Zand, S. Soufizadeh, M. Beheshtian, A. Haghighi, A. Barjasteh, D. Ghanbarani Birgani and R. Deihimfard. 2008. Study on the efficacy of weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) with tank mixtures of grass herbicides with broadleaved herbicides. *Crop Protection* 27: 104-111.
3. Blackshaw, R. E., E. H. Stobbe and A. R. W. Sturko. 1981. Effect of seeding dates and densities of green foxtail (*Setaria viridis*) on the growth and productivity of spring wheat (*Triticum eastivum*). *Weed Science* 29: 212-217.
4. Defelice, M. S. 2002. Green foxtail, *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. *Weed Technology* 16: 253-257.
5. Dotray, P. A., J. M. DiTomaso, J. W. Gronwald, D. L. Wyse and L. V. Kochian. 1993. Effects of acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors on root cell transmembrane electric potentials in graminicide-tolerant and-susceptible corn (*Zea mays* L.). *Plant Physiology* 103: 919-924.
6. Douglas, B. J., T. A. Gordon, I. N. Morrison and M. G. Maw. 1985. The biology of Canadian weeds. 70. *Setaria viridis* (L.) Beauv. *Canadian Journal of Plant Science* 65: 669-690.
7. Forouzes, A., E. Zand, S. Soufizadeh and S. Samadi Foroushani. 2015. Classification of herbicides according to chemical family for weed resistance management strategies-an update. *Weed Research* 55: 334-358.
8. Gianessi, L. P. 2005. Economic and herbicide use impacts of glyphosate resistant crops. *Pest Management Science, (formerly Pesticide Science)* 61: 241-245.
9. Gianessi, L. P. 2013. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pest Management Science* 69: 1099-1105.
10. Hammami, H. and S. S. Mahmoodi. 2019. Optimizing the performance of imazethapyr on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* beauv) control by vegetable oils. *Journal of Crop Production and Processing* 9: 187-198. (In Farsi).
11. Hammami, H., A. Aliverdi and M. Parsa. 2014a. Effectiveness of Clodinafop-Propargyl, Haloxyfop-pmethyl and Difenzoquat-methyl-sulfate Plus Adigor[®] and Propel[™] Adjuvants in Controlling *Avena ludoviciana* Durieu. *Journal of Agriculture Science Technology* 16: 291-299.
12. Hammami, H., M. Parsa and A. Aliverdi. 2014b. Optimizing the efficacy of sulfosulfuron and sulfosulfuron + mesosulfuron-methyl to control wild barley and their border security for wheat with adjuvants. *Journal of Plant Protection* 29: 211-219. (In Farsi).
13. Hammami, H., M. H. Rashed Mohassel, M. Parsa, M. Bannayan-Aval, E. Zand, M. Hassanzadeh-Khayyat and H. Nassirli. 2014c. Photochemical behavior of Sethoxydim in the presence of vegetable oils. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 62: 6263-6268.
14. Hazen, J. L. 2000. Adjuvants terminology, classification and chemistry. *Weed Technology* 14: 773-784.
15. Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Saturday, July 20, 2019. Available www.weedscience.org.
16. Holm, L. G., D. L. Plunknett, J. V. Pancho and J. P. 1991. Herberger. The World's Worst Weeds. Distribution and Biology. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
17. Izadi-Darbandi, E., A. Aliverdi and H. Hammami. 2013. Behavior of vegetable oils in relation to their influence on herbicides' effectiveness. *Industrial Crops and Products* 44: 712-717.
18. Liu, Z. Q. 2003. Characterisation of glyphosate uptake into grass species. *Australian Journal of Agricultural Research* 54: 877-884.
19. Mohammadvand, E., K. Moradi and J. Asghari. 2018. The effect of some vegetable oils on optimizing nicosulfuron efficacy in corn. *Journal of Crop Production* 11: 91-107. (In Farsi).
20. Parsa, M., A. Aliverdi and H. Hammami. 2013. Effect of the recommended and optimized doses of haloxyfop-P-methyl or imazethapyr on soybean-*Bradyrhizobium japonicum* symbiosis. *Industrial Crops and Products* 50: 197-202.
21. Radwan, D. E. M. 2012. Salicylic acid induced alleviation of oxidative stress caused by clethodim in maize (*Zea mays* L.) leaves. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 102: 182-188.
22. Rashed Mohassel, M. H., M. Rastgoo, K. Mosavi, R. valiallahpoor and A. Haghighi. 2006. Weed Science Compendium. Publish by Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad.
23. Rashed-Mohassel M. H., A. Aliverdi, H. Hammami and E. Zand. 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.
24. Rastgoo, M., M. kargar and H. Asadollahi. 2015. Evaluation the possibility of reducing Haloxyfop-R-methyl ester (Gallant super[®]) dose by some vegetable oils in little seed canary grass (*Phalaris minor* Retz.). *Agronomy Journal (Research and development)* 104: 153-161. (In Farsi).
25. Ritz C., A. R. Kniss and J. C. Streibig. 2015. Research methods in weed science: statistics. *Weed Science* 63: 166-187.
26. Sebastian, J., M. K. Wong, E. Tang, and J. R. Dinneny. 2014. Methods to promote germination of dormant *Setaria viridis* seeds. *PLoS One* 9: 95-109.
27. Shariatmadari, M., S. M. Nabavy kalat, M. Bazobandi, H. Hammami and A. Aliverdi. 2014. Optimizing the efficacy

- of clodinafop-propargyl to control littleseed canarygrass (*Phalaris minor* Retz.) with the vegetable oils. *Journal of Plant Protection* 28: 171-183. (In Farsi).
28. Zand, A., K. Mosavi and A. Heidari. 2015. *Herbicides and Their Application*. Published by Jahad Daneshgahi of Mashhad.

Optimizing the Performance of Clethodim in Green foxtail (*Setaria viridis*) Control

H. Hammami^{1*} and M. Parsa²

(Received: August 10-2019; Accepted: November 05-2019)

Abstract

Optimizing the effectiveness of herbicides by additives is one of the ecological and economical approaches for weed management. The aim of this study was to investigate the effect of vegetable oils on the efficacy of clethodim herbicide in control of foxtail as a factorial based on a completely randomized design including clethodim concentration in six levels (0, 7.5, 15, 30, 60 and 120 g ai per ha) and additives in eight levels (without vegetable oil and vegetable oils of sesame, bitter almonds, sweet almonds, cottonseed, canola, rapeseed and soybean) with four replications in 2014 in Research Greenhouse of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. The results of this study showed that clethodim concentration, vegetable oil types and interaction effect of concentrations in vegetable oils had a significant effect on measured traits of foxtail including height, fresh and dry weight of shoot and root and root volume. Increasing relative potency for all traits measured based on 50% effective dosage was observed, which indicates an increase in the efficiency of clethodim in foxtail control. The results of this study also showed a 90% effective dose reduction for fresh and dry weight of green foxtail in the presence of all vegetable oils. The higher relative potency for fresh and dry weight of roots compared with fresh and dry weight of the shoot showed greater root susceptibility to the application of vegetable oils by increasing the transfer of clethodim to the root. The application of sesame, bitter almonds, sweet almonds, cottonseed, canola, rapeseed and soybean oil led to 1.20, 1.26, 1.42, 1.39, 1.41, 1.43, and 1.41 times increases, respectively, in clethodim performance. Finally, application of vegetable oils as additives to clethodim herbicide can be considered as an ecological and environmental approach for controlling green foxtail.

Keywords: Effective dose 50%, Herbicide, Relative potential, Root volume, Vegetable oil

1. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*: Corresponding Author, Email: Hhammami@Birjand.ac.ir