

بهبودسازی کارایی علف‌کش ایمازاتاپیر در کنترل سوروف (*Echinochloa crus-galli* Beauv) به وسیله روغن‌های گیاهی

حسین حمامی^{۱*} و سید سجاد محمودی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۵)

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد روغن‌های گیاهی بر کارایی علف‌کش ایمازاتاپیر در کنترل سوروف، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. تیمارها شامل غلظت علف‌کش ایمازاتاپیر در شش سطح (صفر، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) و نوع ماده افزودنی گیاهی در شش سطح شاهد (بدون روغن گیاهی) و روغن‌های گیاهی نارگیل، بادام‌زمینی، منداب، بادام تلخ و کرچک بودند. نتایج نشان داد که غلظت علف‌کش، نوع ماده افزودنی و اثر متقابل غلظت در ماده افزودنی بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع، وزن تازه و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم و طول ریشه اثر معنی‌داری دارد. روغن‌های کرچک و نارگیل به ترتیب بیشترین و کمترین توان را در افزایش کارایی ایمازاتاپیر نشان دادند. در حضور روغن‌های گیاهی مقادیر ED_{۵۰} مورد نیاز برای صفات وزن تازه اندام هوایی و ریشه، کاهش بیشتری در مقایسه با وزن خشک اندام هوایی و ریشه نشان داد. مقادیر توانایی نسبی نشان داد که با کاربرد هر کدام از روغن‌های گیاهی می‌توان مقدار علف‌کش مورد نیاز برای کنترل سوروف را به شدت کاهش داد. به‌طور کلی با توجه به کاهش بیشتر صفات اندازه‌گیری شده سوروف در تیمارهای دارای روغن گیاهی، به نظر می‌رسد کاربرد این مواد افزودنی در کاهش ورود علف‌کش ایمازاتاپیر که دارای پسماند نسبتاً زیادی در خاک است، به محیط زیست بسیار مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: توانایی نسبی، صفات مورفولوژیکی، علف‌کش، ماده افزودنی

۱ و ۲. به ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

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

مقدمه

مدیریت عوامل کاهش دهنده تولید مواد غذایی نظیر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌تواند راهکاری برای حل مسئله نیاز روزافزون به تولید مواد غذایی باشد (۶). علف‌های هرز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید مطرح هستند به طوری که به ترتیب دلیل کاهش ۱۰ و ۲۵ درصدی عملکرد کل محصولات کشاورزی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه هستند (۲۱). بنابراین مدیریت مناسب علف‌های هرز یکی از راه‌های اصلی رسیدن به تولید مطلوب و همچنین رسیدن به موفقیت در امر تولید محصولات کشاورزی است (۹). یکی از عمده‌ترین روش‌های مدیریت علف‌های هرز کاربرد علف‌کش‌ها است (۴۴).

سوروف (*Echinochloa crus-galli* Beauv) گیاهی یک‌ساله متعلق به خانواده غلات و یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز مزارع مختلف در ایران و جهان است. سوروف در بیش از ۶۱ کشور و در ۳۶ محصول مشکل ایجاد کرده و باعث کاهش عملکرد می‌شود (۲۶). سوروف از گیاهان چهار کربنه است و به همین دلیل از رشد و پنجه‌دهی سریعی برخوردار بوده و در نتیجه موجب کاهش شدیدتر عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (۲۰ و ۳۲). سوروف یکی از سمج‌ترین و مهم‌ترین علف‌های هرز باریک‌برگ دنیا است که به دلایلی همچون قدرت رقابت بالا (۲۹)، خاصیت دگرآسیبی شدید (۲۴)، قدرت تولید بذر زیاد با طول عمر بالا (۷، ۱۰ و ۱۶)، خواب بذر (۴۱)، قدرت گسترش زیاد (۲۶) و همچنین مقاومت به علف‌کش‌ها (۳، ۱۵، ۲۲ و ۲۸) در اغلب نقاط دنیا منجر به بروز مشکلات فراوانی در مسیر تولید محصولات زراعی مختلف شده است. بذر سوروف تا حدود ۹ سال می‌تواند به حالت خواب باقی‌مانده و سپس جوانه بزنند (۷). بذر تازه ریزش کرده کمتر از ۱/۵ درصد جوانه‌زنی دارند اما پس از گذشت هشت ماه این بذر بیش از ۷۰ درصد جوانه‌زنی دارند (۴۱). کاهش عملکرد ۲۶ و ۸۴ درصدی میوه گوجه‌فرنگی در نتیجه حضور سوروف به ترتیب در تراکم‌های ۱۶ و ۶۴ بوته در

مترمربع گزارش شده است (۵)، این در حالی است که کاهش عملکرد ۲۱ تا ۷۹ درصدی در برنج (۲۹ و ۴۳)، ۱۹ تا ۳۳ درصدی در سیب‌زمینی (۴۰) و بیش از ۸۰ درصدی در چغندر قند (۲۷) در نتیجه حضور تراکم‌های مختلف سوروف گزارش شده است.

سوروف به‌عنوان یکی از گیاهان بسیار پرخطر از نظر بروز مقاومت به علف‌کش‌های مختلف شناخته می‌شود که از این طریق باعث بروز مشکلاتی همچون افزایش مصرف علف‌کش‌ها، کاهش کارایی علف‌کش‌ها، افزایش هزینه مدیریت علف‌های هرز و همچنین افزایش خطر آلودگی اکوسیستم‌ها می‌شود (۳ و ۲۸). با توجه به مشکلات زیادی که سوروف در تولید محصولات زراعی ایجاد می‌کند، مدیریت مناسب سوروف که یکی از علف‌های هرز بسیار مشکل‌ساز در سرتاسر دنیا است برای حصول عملکرد مطلوب بسیار ضروری است (۲۸). کشت بذر گیاه زراعی عاری از بذر سوروف (بوجاری بذر) (۴۵)، استفاده از ارقام زراعی دارای سرعت رشد زیاد و همچنین دارای قدرت رقابت بالا (۲۵)، استفاده از ارقام زراعی دارای خاصیت دگرآسیبی (۱۸ و ۳۹)، وجین دستی در مزارع کوچک (۱)، استفاده از عوامل بیماری‌زای اختصاصی سوروف (کنترل بیولوژیکی) (۱۹) و همچنین مدیریت شیمیایی و بهبود کارایی علف‌کش‌ها از جمله روش‌های عمده مدیریت سوروف در محصولات مختلف است. با توجه به محدودیت‌های سایر روش‌های مدیریت سوروف نظیر هزینه زیاد و زمان‌بر بودن، کاربرد علف‌کش‌ها به‌عنوان یکی از روش‌های مقرون به صرفه و اقتصادی اجتناب‌ناپذیر است (۴). علف‌کش‌های زیادی به‌منظور کنترل این علف هرز در جهان استفاده قرار می‌شوند که از آن جمله می‌توان کوین‌کلراک (۴۰) (Quinclorac)، ایمازاتاپیر (۳۷) (Imazethapyr)، بیس پیریباک سدیم (۲۸) (Bispyribac-sodium)، آت‌رازین (۲۳) (Atrazine)، کلومازون (۲) (Clomazone)، پنوکسولام (۳۷) (Penoxsulam)، فنوکساپروپ (Fenoxaprop)، بن‌سولفورون (Bensulfuron)، بوتاکلر (Butachlor)، تیوبنکارب (Thiobencarb)، مولینیت

درصد به‌مدت پنج دقیقه صورت گرفت و سپس پنج دقیقه با آب شستشو داده شدند (۱۷). سپس بذور به سینی‌های کشت حاوی پیت منتقل و گلخانه با دمای ۳۰ درجه روز و ۲۰ درجه شب منتقل شدند. آبیاری سینی‌های کشت به‌صورت مداوم و هر دو روز یک‌بار انجام شد. پس از دو هفته گیاهچه‌های رشد یافته به گلدان‌های ۱/۵ لیتری حاوی خاک (دارای بافت لومی‌شنی) و خاک‌برگ به نسبت چهار به یک منتقل شدند. آبیاری بر اساس نیاز گیاه و هر دو روز یک‌بار با آب شیر انجام شد. در مرحله دو برگی گیاهچه‌ها به چهار گیاهچه در هر گلدان تنک شدند و به‌میزان ۳۰ میلی‌لیتر از محلول سه گرم در لیتر کود اوره به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد. در مرحله چهار برگی کامل سمپاشی به‌کمک سمپاش پستی شارژی با خروجی ۲۵۰ لیتر در هکتار انجام شد. دما و رطوبت نسبی گلخانه در زمان سمپاشی به ترتیب ۲۵ درجه و ۳۶ درصد بودند. روغن‌های گیاهی مورد استفاده حاوی ۱۰ درصد امولسیون‌کننده سیتوگیت (شرکت پارس زرنگاران، ایران) بودند. چهار هفته پس از سمپاشی ارتفاع گیاه هرز سوروف اندازه‌گیری شده و سپس گیاهان از سطح خاک برداشت شده و ریشه‌ها به‌دقت از خاک جدا شده و وزن تازه آنها به‌وسیله ترازوی ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس حجم (به‌وسیله غوطه‌وری در استوانه مدرج حاوی آب) و طول ریشه (به‌وسیله خط‌کش) اندازه‌گیری شد. پس از آن نمونه‌های اندام‌هوایی و ریشه داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت منتقل شد و سپس مجدداً توزین شدند.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل غلظت علف‌کش ایمازاتاپیر در شش سطح صفر، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار از ماده تجاری پرسوئیت ۱۰ درصد، فرمولاسیون مایع قابل‌حل در آب و ساخت شرکت بسف آلمان (Pursuit, ۱۰% SL, Basf, Germany) و ماده افزودنی در شش سطح شاهد (بدون روغن‌های گیاهی) و

(۱۴) (Molinate) و غیره اشاره کرد. هرچند استفاده از علف‌کش‌ها در مدیریت تلفیقی سوروف، در کنار روش‌های مدیریت زراعی، مکانیکی و بیولوژیکی ضروری است (۸) اما انتخاب علف‌کش مناسب، تناوب در کاربرد علف‌کش‌ها، استفاده از غلظت‌های مناسب، کاربرد لکه‌ای و بهینه‌سازی کاربرد از عوامل بسیار مهم و تعیین‌کننده در کارایی مدیریت شیمیایی است (۳۱). به‌منظور بهینه‌سازی کاربرد علف‌کش‌ها استفاده از مواد افزودنی بسیار رایج است. در میان مواد افزودنی، به‌دلیل کم بودن اثرات سمی و همچنین سرعت تجزیه بالا در محیط (۱۷) تمایل به کاربرد روغن‌های گیاهی نسبت به روغن‌های معدنی بیشتر است. روغن‌های گیاهی از طریق افزایش حلالیت‌پذیری کوتیکول منجر به افزایش نفوذ علف‌کش به داخل برگ می‌شوند (۱۳ و ۱۷). کاربرد روغن‌های گیاهی شامل روغن‌های بادام شیرین، کرچک، کلزا، کنجد، زیتون، بادام تلخ، پنبه‌دانه، سویا و منداب به‌همراه علف‌کش‌های ایمازامتازبنزمتیل، ستوکسیدیم و سولفوسولفورون منجر به افزایش کارایی کنترلی یولاف وحشی توسط این علف‌کش‌ها شد (۱۷). با توجه به افزایش کارایی علف‌کش‌های مختلف در نتیجه کاربرد روغن‌ها به‌نظر می‌رسد روغن‌های گیاهی می‌تواند باعث افزایش کارایی ایمازاتاپیر و در نتیجه کاهش مصرف و در نهایت پسماند آن در محیط شود. بنابراین این مطالعه با هدف بهینه‌سازی کارایی علف‌کش ایمازاتاپیر در کنترل سوروف به‌وسیله روغن‌های گیاهی و همچنین انتخاب بهترین روغن گیاهی برای افزایش فعالیت بیولوژیکی علف‌کش ایمازاتاپیر انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور شکستن خواب بذور سوروف از تیمار خراش‌دهی با اسید سولفوریک غلیظ به‌مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. سپس بذور به‌مدت ۳۰ دقیقه با آب شیر شسته شدند. به‌منظور جلوگیری از آلودگی بذور و گیاهچه‌های حاصل از آن، ضدعفونی سطحی بذور به کمک محلول هیپوکلریت سدیم پنج

نتایج

نتایج آزمایش نشان داد که غلظت ایمازاتاپیر، نوع ماده افزودنی و همچنین اثرات متقابل ماده افزودنی و غلظت ایمازاتاپیر، دارای اثر معنی‌داری (در سطح معنی‌داری ۰/۰۱) بر تمامی صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع، وزن تازه و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم و طول ریشه دارد (جدول ۱). با توجه به کاهش معنی‌دار تمامی صفات اندازه‌گیری شده در گیاه سوروف شامل وزن تازه و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم و طول ریشه در نتیجه کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه علف‌کش ایمازاتاپیر، بهبود کارایی کنترلی سوروف به وسیله ایمازاتاپیر در نتیجه کاربرد روغن‌های گیاهی مشاهده شد.

گزارش‌های متعدد منتشر شده نشان داده است که اثر غلظت‌های مختلف علف‌کش‌های مزوتریون (۳۰)، دیکلوفوپ متیل، سیکلوکسیدیم، کلودینافوپ پروپارژیل (۳۴)، ستوکسیدیم و فنوکسپروپ (۳۵) بر صفاتی مانند وزن خشک و تازه اندام هوایی معنی‌دار است. بدین معنی که اثر علف‌کش‌های فوق وابسته به غلظت به‌کار رفته است. پاراسلوس در ۴۰۰ سال پیش نشان داد که غلظت یک ماده، تعیین‌کننده سمیت آن است (۳۳). مطالعات دیگر نیز این نتایج را تأیید کرده است به‌عنوان مثال حمامی و همکاران (۱۲) نشان دادند که غلظت سولفوسولفورون و سولفوسولفورون + مت‌سولفورون متیل، اثر معنی‌داری بر وزن خشک تولیدی توسط جودره (*Hordeum spontaneum* Koch.) دارد. شریعتمداری و همکاران (۳۹) نیز اثر معنی‌دار غلظت کلودینافوپ پروپارژیل بر وزن خشک و تازه اندام هوایی خونی‌واش (*Phalaris minor* Retz.) را گزارش کردند. علاوه بر این حمامی و همکاران (۱۱) نیز نشان دادند که غلظت علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل، هالوکسی فوپ پی‌متیل و دایفنزوکوات متیل سولفات، اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu.) دارد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول ۲ بیان شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که هیچ‌کدام از روغن‌های گیاهی امولسیونه (در صورت کاربرد به‌تنهایی) باعث کاهش معنی‌دار

روغن‌های گیاهی نارگیل، بادام‌زمینی، منداب، بادام تلخ و کرچک امولسیون شده با ۱۰ درصد مویان سیتوگیت بود. آنالیز واریانس داده‌های آزمایش به کمک نرم‌افزار SAS ۹/۱ انجام گرفت. از داده‌های کل وزن تازه و خشک اندام هوایی و ریشه سوروف در هر گلدان برای برآزش منحنی‌های دز پاسخ استفاده شد. پاسخ علف‌هرز سوروف به مقدار علف‌کش ایمازاتاپیر به صورت خالص و در حضور روغن‌های گیاهی با مدل رگرسیون غیرخطی و با استفاده از نرم‌افزار سیگما پلات آنالیز شده و منحنی‌ها رسم شدند. برای علف‌کش ایمازاتاپیر با و بدون روغن‌های گیاهی، تمامی داده‌ها به‌طور همزمان با مدل چهار پارامتری لجستیک زیر (معادله ۱) برآزش داده شدند.

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

در این معادله، U_{ij} بیانگر وزن تازه یا خشک اندام هوایی و ریشه، D و C_i حد مجانب بالا و پایین وزن تازه و خشک اندام هوایی و ریشه در مقادیر صفر و بی‌نهایت علف‌کش، b_i شیب منحنی در محدوده ED_{50} ، x غلظت‌های علف‌کش ایمازاتاپیر در مقیاس لگاریتمی و ED_{50} غلظتی از علف‌کش ایمازاتاپیر است که منجر به کاهش ۵۰ درصد وزن تازه و خشک علف‌هرز سوروف می‌شود، هستند (۳۸).

سپس، مقادیری از علف‌کش خالص و به‌همراه روغن گیاهی که موجب پاسخ یکسانی شده بودند با استفاده از معادله ۲، که توانایی نسبی نامیده می‌شود، مقایسه شدند (۳۸).

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

در این معادله، ED_{50f} و ED_{50f+v} به ترتیب نشانگر مقداری از علف‌کش خالص و به‌همراه هریک از روغن گیاهی لازم برای کاهش ۵۰ درصد در وزن خشک علف‌هرز بین حدود بالا و پایین D و C است. اگر توانایی نسبی کوچک‌تر و یا بزرگ‌تر از یک باشد، افزودن روغن گیاهی موجب کاهش و یا افزایش کارایی یا فعالیت شاخ‌وبرگی علف‌کش شده است (۳۸).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده علف‌هرز سوروف در حضور غلظت‌های مختلف علف‌کش ایمازاتاپیر و روغن‌های گیاهی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	وزن تازه اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تازه ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	طول ریشه
غلظت ایمازاتاپیر	۵	۲۶۰۰۷/۰۷**	۱۲۶۲/۲۳**	۲۳۷۹/۸۸**	۱۸۸۲/۰۹**	۴۴۸/۸۵**	۱۹۱۵/۷۶**	۱۲۳۱/۱۱**
روغن گیاهی	۵	۱۸۷/۸۸**	۵۸/۷۱**	۷۶/۶۵**	۸۲/۸۵**	۱۶/۸۲**	۴۰/۵۱**	۳۰۷/۱۵**
ایمازاتاپیر × روغن گیاهی	۲۵	۲۳/۹۲**	۱۳/۲۷**	۶۲/۰۹**	۱۶/۲۵**	۲/۶۴**	۱۲/۱۲**	۲۰/۷۸**
خطا	۱۰۸	۸/۲۷	۱/۸۷	۱۳/۷۹	۲/۲۲	۰/۶۸	۴/۶۲	۹/۲۴
CV (%)		۸/۵۵	۱۶/۸۲	۷/۹۹	۱۵/۷۶	۱۹/۵۰	۲۰/۳۸	۱۸/۳۹

** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری است.

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌هرز سوروف در حضور غلظت‌های مختلف علف‌کش ایمازاتاپیر و روغن‌های گیاهی

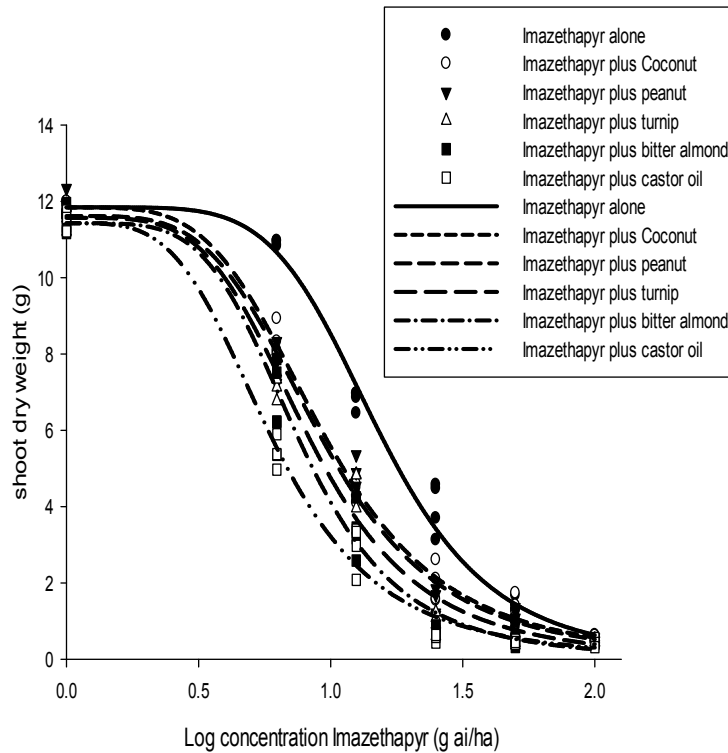
غلظت ایمازاتاپیر (گرم ماده مؤثره در هکتار)	روغن گیاهی	ارتفاع	وزن تازه اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تازه ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه (سانتی مترمکعب)	طول ریشه (سانتی متر)
شاهد	بدون روغن گیاهی	۸۲/۶۵ ^a	۱۸/۵۶ ^a	۱۱/۷۵ ^a	۲۲/۴۹ ^a	۱۱/۹۰ ^a	۲۳ ^b	۲۹۰ ^a
شاهد	روغن نارگیل	۶۵/۸۲ ^a	۱۸/۶۳ ^a	۱۱/۸۱ ^a	۲۲/۶۸ ^a	۱۱/۷۴ ^a	۲۶/۷۵ ^a	۲۹۵ ^a
شاهد	روغن بادام‌زمینی	۸۱/۲۵ ^a	۱۸/۶۳ ^a	۱۱/۶۷ ^{ab}	۲۲/۸۸ ^a	۱۱/۸۴ ^a	۲۸ ^a	۲۹۷/۵ ^a
شاهد	روغن منداب	۷۹/۵۵ ^a	۱۸/۳۸ ^a	۱۱/۶۵ ^{ab}	۲۲/۷۰ ^a	۱۱/۰۲ ^{ab}	۲۸/۲۵ ^a	۳۰۰/۷۵ ^a
شاهد	روغن بادام تلخ	۸۱/۲۵ ^a	۱۸/۵۲ ^a	۱۱/۴۵ ^{ab}	۲۲/۵۸ ^a	۱۱/۴۴ ^{ab}	۲۶/۷۵ ^a	۲۹۵ ^a
شاهد	روغن کرچک	۸۰/۰۰ ^a	۱۸/۴۳ ^a	۱۱/۴۵ ^{ab}	۲۲/۵۲ ^a	۱۱/۵۹ ^a	۲۸/۲۵ ^a	۲۹۷/۵ ^a
۶/۲۵	بدون روغن گیاهی	۷۵/۳۵ ^b	۱۷/۱۶ ^{ab}	۱۰/۹۱ ^{ab}	۲۱/۹۸ ^a	۱۰/۳۷ ^b	۱۸/۲۵ ^c	۲۶۳/۷۵ ^{ab}
۶/۲۵	روغن نارگیل	۷۳/۷۵ ^{bc}	۱۶/۱۴ ^{bc}	۸/۳۴ ^c	۱۹/۰۵ ^b	۷/۳۲ ^c	۱۷/۷۵ ^c	۱۸۵ ^{de}
۶/۲۵	روغن بادام‌زمینی	۷۰/۲۵ ^{cd}	۱۵/۵۱ ^{bc}	۷/۸۲ ^{cd}	۱۷/۹۱ ^{bc}	۶/۷۷ ^{cd}	۱۶/۲۵ ^{cd}	۱۷۰ ^{d-g}
۶/۲۵	روغن منداب	۶۸/۰۴ ^{de}	۱۴/۵۶ ^{cd}	۷/۱۹ ^{cd}	۱۶/۶۹ ^{cd}	۶/۱۰ ^d	۱۳/۷۵ ^{de}	۱۷۶/۲۵ ^{d-f}
۶/۲۵	روغن بادام تلخ	۶۵/۸۵ ^e	۱۲/۰۷ ^{ef}	۶/۹۶ ^d	۱۵/۳۵ ^{de}	۶/۲۴ ^{cd}	۱۱/۵۰ ^{ef}	۱۵۲/۱۲۵ ^{e-h}
۶/۲۵	روغن کرچک	۶۱/۱۵ ^f	۱۱/۱۴ ^{e-g}	۵/۴۰ ^e	۱۳/۹۹ ^{ef}	۵/۸۰ ^d	۱۰/۲۵ ^{f-h}	۱۱۷/۵ ^{h-l}
۱۲/۵	بدون روغن گیاهی	۳۳/۱۸ ^g	۱۲/۹۸ ^{de}	۶/۸۱ ^d	۱۴/۵۳ ^{ef}	۵/۶۵ ^d	۱۱ ^{e-g}	۲۲۷/۵ ^{bc}
۱۲/۵	روغن نارگیل	۲۷/۱۳ ^h	۱۰/۹۸ ^{fg}	۴/۳۷ ^{ef}	۱۰/۷۹ ^g	۳/۵۱ ^{ef}	۹/۷۵ ^{f-h}	۱۹۷/۲۵ ^{cd}
۱۲/۵	روغن بادام‌زمینی	۲۲/۱۸ ⁱ	۹/۷۷ ^{gh}	۴/۷۵ ^e	۱۰/۴۵ ^g	۳/۲۳ ^{e-g}	۸/۵۰ ^{f-i}	۱۶۷/۵ ^{d-g}
۱۲/۵	روغن منداب	۱۹/۵ ^{i-k}	۸/۶۷ ^{hi}	۴/۴۷ ^{ef}	۸/۰۲ ^h	۲/۷۴ ^{fg}	۸ ^{g-j}	۱۶۷/۵ ^{d-g}
۱۲/۵	روغن بادام تلخ	۲۰/۹۳ ^{ij}	۷/۵۳ ^{ij}	۳/۳۶ ^{fg}	۶/۴۲ ^h	۲/۴۰ ^{f-h}	۷/۷۵ ^{h-k}	۱۵۳/۵۹ ^{e-h}
۱۲/۵	روغن کرچک	۱۹/۶۳ ^{i-k}	۶/۶۵ ^j	۲/۹۴ ^g	۵/۹۴ ^h	۲/۳۱ ^{gh}	۶/۲۵ ^{i-m}	۱۲۷/۵ ^{g-k}
۲۵	بدون روغن گیاهی	۱۶/۲۵ ^{kl}	۱۲/۱۷ ^{ef}	۱/۴۷ ^b	۱۳/۱۲ ^f	۱/۱۶ ^e	۵/۷۵ ⁱ⁻ⁿ	۲۱۰ ^{cd}
۲۵	روغن نارگیل	۱۷/۳۸ ^{jk}	۶/۴۵ ^j	۴/۴۶ ^{ef}	۶/۲۵ ^h	۴/۰۵ ^e	۷/۲۵ ^{h-l}	۱۸۵/۵ ^{c-e}
۲۵	روغن بادام‌زمینی	۱۲/۲۸ ^{lm}	۲/۲۲ ^k	۱/۴۸ ^h	۲/۰۲ ⁱ	۱/۰۲ ⁱ	۵ ^{j-n}	۱۳۱/۲۵ ^{g-j}
۲۵	روغن منداب	۱۰/۸۴ ^{mn}	۱/۵۰ ^k	۰/۹۶ ^h	۱/۵۸ ⁱ	۰/۸۶ ⁱ	۳/۲۵ ^{mn}	۱۱۳/۷۵ ^{h-m}
۲۵	روغن بادام تلخ	۸/۹۸ ^{m-o}	۱/۱۰ ^k	۰/۸۳ ^h	۱/۳۵ ⁱ	۰/۷۵ ⁱ	۴ ^{mn}	۸۲/۴۳ ^{l-n}
۲۵	روغن کرچک	۷/۴۳ ^{no}	۰/۹۴ ^k	۰/۵۷ ^h	۱/۴۳ ⁱ	۰/۶۸ ⁱ	۳/۲۵ ^{mn}	۷۹ ^{l-n}
۵۰	بدون روغن گیاهی	۸/۵۳ ^{m-o}	۲/۰۱ ^k	۱/۰۶ ^h	۲/۲۷ ⁱ	۰/۹۰ ⁱ	۵/۷۵ ⁱ⁻ⁿ	۲۰۵ ^{cd}
۵۰	روغن نارگیل	۱۱/۰۵ ^{mn}	۲/۲۰ ^k	۱/۴۳ ^h	۲/۹۶ ⁱ	۱/۳۵ ^{hi}	۸/۲۵ ^{g-i}	۱۳۶/۷۵ ^{f-i}
۵۰	روغن بادام‌زمینی	۱۰/۷۳ ^{mn}	۱/۳۰ ^k	۱/۱۴ ^h	۱/۲۶ ⁱ	۰/۷۲ ⁱ	۶ ⁱ⁻ⁿ	۱۰۲/۵ ⁱ⁻ⁿ
۵۰	روغن منداب	۸/۴۳ ^{m-o}	۱/۱۵ ^k	۰/۵۱ ^h	۱/۴۰ ⁱ	۰/۵۵ ⁱ	۳/۲۵ ^{mn}	۹۲/۷۵ ^{j-n}
۵۰	روغن بادام تلخ	۸ ^{no}	۱/۰۶ ^k	۰/۴۸ ^h	۱/۲۰ ⁱ	۰/۵۳ ⁱ	۳/۲۵ ^{mn}	۸۶/۹۱ ^{k-n}
۵۰	روغن کرچک	۷/۵۰ ^{no}	۱/۰۴ ^k	۰/۴۶ ^h	۱/۲۲ ⁱ	۰/۴۸ ⁱ	۳ ⁿ	۷۵ ^{l-n}
۱۰۰	بدون روغن گیاهی	۷/۶۸ ^{no}	۰/۱۰ ^k	۰/۵۶ ^h	۱/۷۳ ⁱ	۰/۸۶ ⁱ	۴/۲۵ ^{l-n}	۱۶۷/۶۵ ^{d-g}
۱۰۰	روغن نارگیل	۷/۶۵ ^{no}	۰/۹۸ ^k	۰/۵۶ ^h	۱/۷۱ ⁱ	۰/۸۴ ⁱ	۳/۷۵ ^{mn}	۱۰۵/۵ ⁱ⁻ⁿ
۱۰۰	روغن بادام‌زمینی	۶/۰۸ ^o	۰/۸۸ ^k	۰/۴۸ ^h	۱/۵۶ ⁱ	۰/۶۶ ⁱ	۴/۷۵ ^{k-n}	۸۲/۵ ^{l-n}
۱۰۰	روغن منداب	۵/۸۳ ^o	۰/۸۷ ^k	۰/۴۷ ^h	۱/۳۳ ⁱ	۰/۵۳ ⁱ	۳ ⁿ	۶۷/۵ ⁿ
۱۰۰	روغن بادام تلخ	۵/۵۰ ^o	۰/۸۲ ^k	۰/۴۶ ^h	۱/۱۶ ⁱ	۰/۵۱ ⁱ	۳ ⁿ	۷۳/۳۵ ^{mn}
۱۰۰	روغن کرچک	۶/۱۰ ^o	۰/۷۷ ^k	۰/۴۴ ^h	۱/۰۸ ⁱ	۰/۴۵ ⁱ	۳ ⁿ	۷۲ ^{mn}
	LSD	۴/۰۳	۱/۹۲	۰/۵۰	۲/۰۹	۱/۱۵	۳/۰۱	۴۲/۶۱

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد است

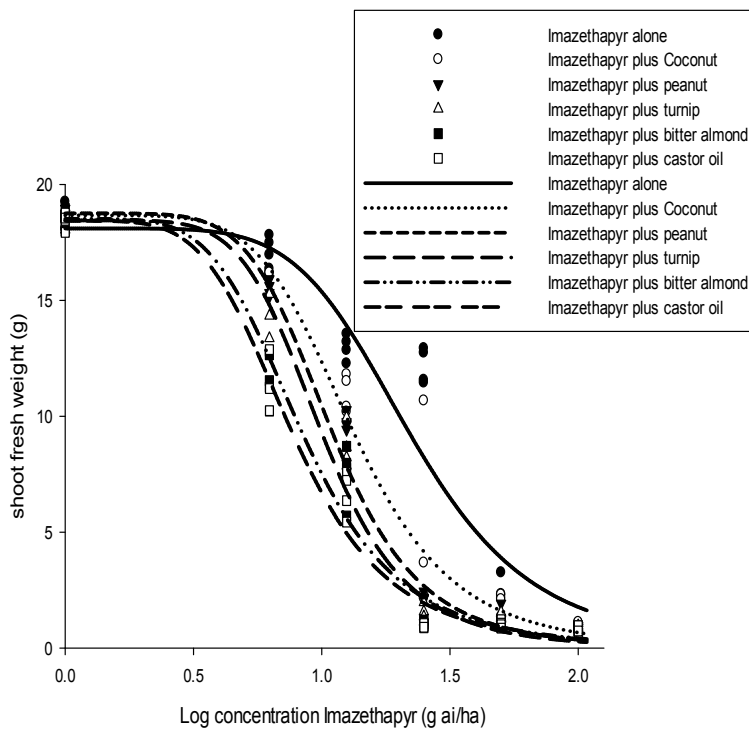
مختلف نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۳ و منحنی‌های دز-پاسخ (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴) می‌توان دریافت که به‌طور کلی تمام روغن‌های گیاهی استفاده شده منجر به افزایش کارایی ایمازاتاپیر شده‌اند. روغن‌های کرچک، بادام تلخ، منداب، بادام‌زمینی و نارگیل به‌ترتیب بیشترین افزایش کارایی را نشان دادند. افزایش کارایی علف‌کش‌ها در حضور روغن‌های گیاهی به‌دلیل نرم شدن، افزایش نفوذپذیری و همچنین حل شدن بخش زیادی از کوتیکول است در نتیجه روغن‌های گیاهی را می‌توان در گروه مواد افزودنی نفوذ دهنده قرار داد (۱۳). جدول‌های ۳ و ۴ به‌ترتیب مقادیر ED_{50} و توانایی نسبی را در حضور روغن‌های گیاهی و روی صفت‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به این جدول‌ها روغن کرچک بیشترین اثر کاهش را در وزن تازه و خشک ریشه و اندام هوایی نشان داد که دلیل آن وابسته به خصوصیات روغن کرچک، علف‌کش ایمازاتاپیر و یا حتی خصوصیات کوتیکول سطح برگ سوروف و شرایط محیط رشد آن باشد. شریعتمداری و همکاران (۳۹) نشان دادند که روغن کرچک تأثیر کمی بر افزایش کارایی کلودینافوپ پروپارزایل در کنترل فالاریس دارد. نتایج گزارش شده توسط ایزدی و همکاران (۱۷) نیز گواهی بر تأثیر کمتر روغن کرچک بر افزایش کارایی علف‌کش‌های سولفوسولفورون، ایمازاتابن‌متیل و ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی در مقایسه با سایر روغن‌های گیاهی داشت. نتایج این مطالعه عکس نتایج راستگو و همکاران (۳۶) است که گزارش کرده بودند روغن نارگیل در مقایسه با روغن‌های کنجد و بادام بیشترین کارایی را در کنترل علف هرز فالاریس توسط علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل استر دارد. به‌طوری که کمترین کارایی در این آزمایش مربوط به روغن نارگیل بود. اختلاف در نتایج این گزارش‌ها ممکن است مربوط به اختلاف در خصوصیات علف‌کش و حتی نوع فرمولاسیون علف‌کش، خصوصیات کوتیکول برگ و توان متفاوت روغن‌های گیاهی در حل کردن و افزایش نفوذپذیری کوتیکول و همچنین کاهش به دام افتادن علف‌کش در داخل بخش

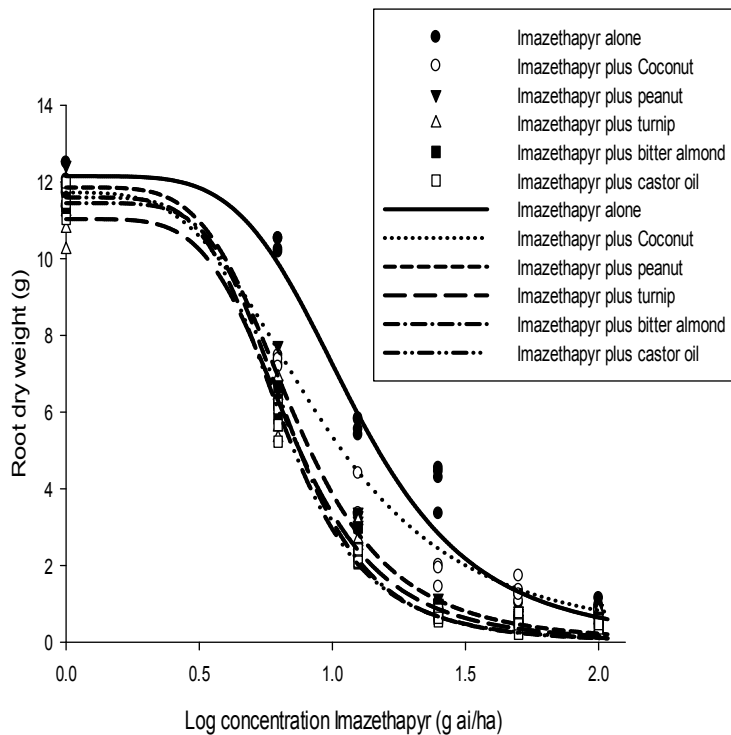
در صفات رشدی سوروف نشدند و فاقد اثرات سمی بر رشد سوروف بودند. عدم سمیت روغن‌های گیاهی منداب، بادام تلخ و کرچک در غلظت ۵/۰ درصد حجمی بر روی یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu) توسط ایزدی و همکاران (۱۷) گزارش شده است. اغلب روغن‌های گیاهی سمیتی برای گیاهان ندارند اما گزارش‌هایی وجود دارد که نشان‌دهنده سمیت برخی از روغن‌های گیاهی است. به‌عنوان مثال توورسکی (۴۰) نشان داد که از میان ۲۵ روغن گیاهی مورد مطالعه روی برگ‌های گل قاصد در شرایط آزمایشگاهی، روغن‌های آویشن قرمز، دارچین و میخک منجر به افزایش نشت الکترولیت‌ها از سلول‌های برگ و در نهایت اثرات سمی هستند. نتایج مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان می‌دهد که به‌دلیل از بین رفتن گیاه هرز سوروف در غلظت‌های بالای ایمازاتاپیر در تیمارهای خالص و به‌همراه روغن، بیشترین اثر کاهش روغن‌های گیاهی بر صفات مورد مطالعه در سوروف در غلظت‌های پایین علف‌کش ایمازاتاپیر رخ می‌دهد به‌عنوان مثال اختلاف معنی‌داری در صفت‌های وزن تازه اندام هوایی، وزن تازه ریشه و وزن خشک ریشه در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار در حضور و عدم حضور روغن‌های گیاهی مشاهده نمی‌شود (جدول ۲). درحالی که در مورد صفات ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و حجم ریشه عدم اختلاف معنی‌داری کاربرد روغن‌های گیاهی و عدم کاربرد آنها در غلظت ۱۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار مشاهده می‌شود. تنها صفتی که در تمامی غلظت‌های علف‌کش، واکنشی وابسته به کاربرد و عدم کاربرد روغن‌های گیاهی نشان داد، طول ریشه بود. شکل ۱ منحنی‌های واکنش به غلظت علف‌کش ایمازاتاپیر با صفت وزن خشک اندام هوایی سوروف را نشان می‌دهد. با توجه به جابه‌جایی افقی منحنی‌ها به سمت چپ در حضور روغن‌های گیاهی، این شکل گواهی بر افزایش کارایی کنترلی ایمازاتاپیر در حضور روغن‌های گیاهی است. مشابه این روند برای صفت‌های وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک ریشه و وزن تازه ریشه مشاهده می‌شود (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). جدول ۳ مقادیر غلظت مؤثر ۵۰ درصد را برای صفات



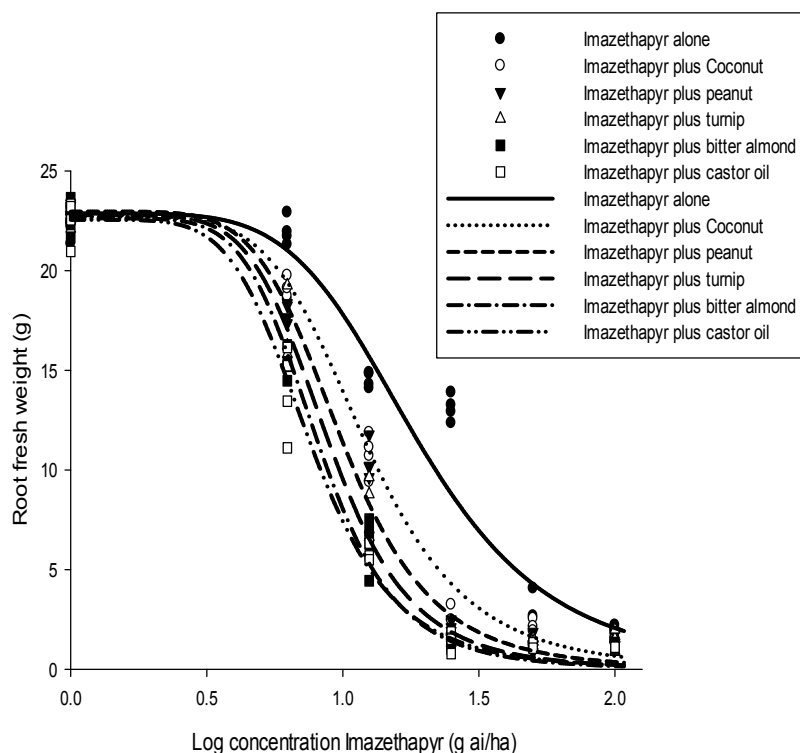
شکل ۱. منحنی دز-پاسخ برای علف‌کش ایمازاتاپیر خالص (●) با روغن‌های گیاهی نارگیل (○)، بادام زمینی (▼)، منداب (△)، بادام تلخ (■) و روغن کرچک (□). خطوط بر اساس وزن خشک اندام هوایی رسم شده است.



شکل ۲. منحنی دز-پاسخ برای علف‌کش ایمازاتاپیر خالص (●) با روغن‌های گیاهی نارگیل (○)، بادام زمینی (▼)، منداب (△)، بادام تلخ (■) و روغن کرچک (□). خطوط بر اساس وزن تازه اندام هوایی رسم شده است.



شکل ۳. منحنی دز-پاسخ برای علف‌کش ایمازاتاپیر خالص (●) با روغن‌های گیاهی نارگیل (○)، بادام‌زمینی (▼)، منداب (△)، بادام تلخ (■) و روغن کرچک (□). خطوط بر اساس وزن خشک ریشه رسم شده است.



شکل ۴. منحنی دز-پاسخ برای علف‌کش ایمازاتاپیر خالص (●) با روغن‌های گیاهی نارگیل (○)، بادام‌زمینی (▼)، منداب (△)، بادام تلخ (■) و روغن کرچک (□). خطوط بر اساس وزن تازه ریشه رسم شده است.

جدول ۳. غلظت‌های ED_{۵۰} (گرم ماده مؤثره در هکتار) ایمازاتاپیر خالص و ایمازاتاپیر به همراه روغن‌های مختلف گیاهی

وزن تازه اندام هوایی		وزن خشک اندام هوایی		وزن تازه ریشه		وزن خشک ریشه		روغن‌های گیاهی
R ^۲ adj	ED _{۵۰} (SE)	R ^۲ adj	ED _{۵۰} (SE)	R ^۲ adj	ED _{۵۰} (SE)	R ^۲ adj	ED _{۵۰} (SE)	
۰/۹۳	۳۱/۰۲ (۱/۰۷)	۰/۹۹	۱۵/۱۹ (۱/۰۴)	۰/۹۳	۲۱/۸۳ (۱/۰۴)	۰/۹۸	۱۳/۲۷ (۱/۰۶)	بدون روغن گیاهی
۰/۹۵	۱۴/۵۳۱ (۱/۰۹)	۰/۹۹	۹/۳۷ (۱/۰۳)	۰/۹۹	۱۱/۵۷ (۱/۰۴)	۰/۹۹	۷/۸۹ (۱/۰۴)	روغن نارگیل
۰/۹۹	۱۲/۴۱ (۱/۰۳)	۰/۹۹	۹/۲۰ (۱/۰۴)	۰/۹۹	۱۰/۸۴ (۱/۰۴)	۰/۹۹	۷/۱۶ (۱/۰۳)	روغن بادام‌زمینی
۰/۹۸	۱۱/۱۵ (۱/۰۴)	۰/۹۸	۸/۳۱ (۱/۰۵)	۰/۹۸	۹/۲۵ (۱/۰۴)	۰/۹۹	۶/۸۹ (۱/۰۴)	روغن منداب
۰/۹۸	۸/۸۳ (۱/۰۶)	۰/۹۹	۷/۶۳ (۱/۰۴)	۰/۹۹	۸/۲۵ (۱/۰۳)	۰/۹۹	۶/۶۹ (۱/۰۲)	روغن بادام تلخ
۰/۹۸	۷/۹۵ (۱/۰۵)	۰/۹۹	۶/۰۷ (۱/۰۴)	۰/۹۸	۷/۶۰ (۱/۰۴)	۰/۹۹	۶/۲۶ (۱/۰۲)	روغن کرچک

اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد را در سطح یک درصد نشان می‌دهد و R^۲adj: مقدار ضریب تبیین تعدیل شده است (حاصل تأثیر واقعی متغیرهای مستقل مدل بر وابسته است).

جدول ۴. توانایی نسبی ایمازاتاپیر بر اساس صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه

ریشه و وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه	وزن تازه ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تازه اندام هوایی	روغن‌های گیاهی
توانایی نسبی				
۱/۶۸	۱/۸۹	۱/۶۲	۲/۱۴	روغن نارگیل
۱/۸۶	۲/۰۱	۱/۶۵	۲/۵۰	روغن بادام‌زمینی
۱/۹۳	۲/۳۶	۱/۸۳	۲/۷۸	روغن منداب
۱/۹۸	۲/۶۵	۱/۹۹	۳/۵۱	روغن بادام تلخ
۲/۱۲	۲/۸۷	۲/۵۰	۳/۹۰	روغن کرچک

اعداد داخل جدول نشان‌دهنده میزان توانایی نسبی است که نسبت دز مؤثر ۵۰ درصد (۵۰ درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی) بدون ماده افزودنی به دز مؤثر ۵۰ درصد (۵۰ درصد کاهش وزن خشک اندام هوایی) همراه ماده افزودنی است.

افزایش حلالیت و نفوذپذیری کوتیکول (از دست دادن آب) و اختلال در سیستم‌های آوندی دلایل عمده واکنش بیشتر زیست‌توده تازه سوروف به ایمازاتاپیر به همراه روغن‌های گیاهی در مقایسه با زیست‌توده خشک است (۱۳، ۱۷، ۳۶، ۳۸ و ۳۹). نتایج این مطالعه نشان داد نه تنها در مورد وزن تازه و خشک اندام هوایی بلکه در مورد وزن تازه و خشک ریشه نیز روند ثابتی وجود داشت به طوری که در تمامی صفات مورد بررسی بهترین و مؤثرترین روغن در افزایش کارایی ایمازاتاپیر روغن کرچک بود و بالعکس پایین‌ترین کارایی مربوط به روغن نارگیل بود.

مومی کوتیکول باشد. نتایج مقادیر توانایی نسبی بر اساس تمامی صفات زیست‌توده تولیدی نشان می‌دهد که کاربرد روغن‌های گیاهی نارگیل، بادام‌زمینی، منداب، بادام تلخ و کرچک منجر به افزایش کارایی ایمازاتاپیر شد. به‌طور کلی نتایج توانایی نسبی نشان داد که وزن تازه اندام هوایی و ریشه حساسیت بیشتری در مقایسه با وزن خشک اندام هوایی و ریشه به کاربرد روغن‌های گیاهی داشت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد کاهش بیشتر قدرت جذب آب توسط علف‌هرز تیمار شده با ایمازاتاپیر به همراه روغن‌های گیاهی،

نتیجه‌گیری

کرد چرا که روند کاملاً مشابهی در مورد صفتهای وزن تازه و خشک اندام هوایی و ریشه مشاهده شد. بنابراین از آنجا که اندازه‌گیری صفات مرتبط با ریشه مشکل‌تر است می‌توان فقط از صفات وزن تازه و خشک اندام هوایی استفاده کرد. با توجه به پسماند نسبتاً طولانی علف‌کش ایمازاتاپیر (نیمه‌عمر سه تا شش ماه) در محیط، کاربرد این روغن‌ها می‌تواند باعث کاهش مصرف ایمازاتاپیر بدون کاهش کارایی شود، بنابراین به این روش می‌توان باعث کاهش ورود این علف‌کش به محیط و در نتیجه کاهش تبعات زیست‌محیطی آن شد.

بر اساس نتایج این مطالعه به نظر می‌رسد کاربرد روغن‌های گیاهی با توجه به اثرات زیست‌محیطی کمتر نسبت به کاربرد مواد افزودنی معدنی یا سنتزی می‌تواند اثرات منفی زیست‌محیطی کمتری داشته باشد. البته بین روغن‌ها از نظر میزان افزایش کارایی ایمازاتاپیر تفاوت وجود داشت که در این میان روغن کرچک و روغن نارگیل به ترتیب بیشترین و کمترین اثر را داشتند. نتایج این آزمایش همچنین نشان داد که از تمامی صفات وزن تازه و خشک اندام هوایی می‌توان برای تعیین اثر علف‌کش‌ها استفاده

منابع مورد استفاده

1. Akbar, N., K. Ehsanullah Jabran and M. A. Ali. 2011. Weed management improves yield and quality of direct seeded rice. *Australian Journal of Crop Science* 5: 688-694.
2. Bagavathiannan, M. V., J. K. Norsworthy, P. Jha and K. Smith. 2011. Does resistance to propanil or clomazone alter the growth and competitive abilities of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*)? *Weed Science* 59: 353-358.
3. Beckie, H. J. 2006. Herbicide-resistant weeds: management tactics and practices. *Weed Technology* 20: 793-814.
4. Beltran, J. C., D. J. Pannell and G. J. Doole. 2012. Economic implications of herbicide resistance and high labor costs for management of annual barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) in Philippine rice farming systems. *Crop Protection* 31: 31-39.
5. Bhowmik, P. C. and K. N. Reddy. 1988. Effects of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) on growth, yield and nutrient status of transplanted tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Weed Science* 36: 775-778.
6. Carvalho, F. P. 2006. Agriculture, pesticides, food security, and food safety. *Environmental science and policy* 9: 685-692.
7. Chin, D. V. 2001. Biology and management of barnyardgrass, red sprangletop and weedy rice. *Weed Biology and Management* 1: 37-41.
8. Chauhan, B. S. and S. B. Abugho. 2013. Effects of water regime, nitrogen fertilization, and rice plant density on growth and reproduction of lowland weed *Echinochloa crus-galli* L. *Crop Protection* 54: 142-147.
9. Ghorbani, R., M. H. Rashed Mohasel, A. Hosseini, K. Mosavi and K. Haj mohammadnia ghalibaf. 2009. Sustainable Weed Management. Publishers University of Mashhad. Mashhad.
10. Gibson, K. D., A. J. Fischer, T. C. Foin and J. E. Hill. 2002. Implications of delayed *Echinochloa* spp. germination and duration of competition for integrated weed management in water-seeded rice. *Weed Research* 42: 351-358.
11. Hammami, H., A. Aliverdi and M. Parsa. 2014. Effectiveness of Clodinafop-Propargyl, Haloxyfop-pmethyl and Difenzoquat-methyl-sulfate Plus Adigor® and Propel™ Adjuvants in Controlling *Avena ludoviciana* Durieu. *Journal of Agriculture Science and Technology* 16: 291-299.
12. Hammami, H., M. Parsa and A. Aliverdi. 2014. 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.
13. Hazen, J. L. 2000. Adjuvants terminology, classification, and chemistry. *Weed Technology* 14: 773-784.
14. Heap, I. 2014a. Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science* 70: 1306-1315.
15. Heap, I. 2014b. Herbicide resistant weeds. pp. 281-301. In: Pimentel, D. and R. Peshin (Eds.), *Integrated Pest Management*. Springer, Netherlands.
16. Holm, L. G., D. L. Plunknett, J. V. Pancho and J. P. Herberger. 1991. *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. Jabran, K., G. Mahajan, V. Sardana and B. S. Chauhan. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection* 72: 57-65.
19. Jing, L., W. Tao, A. R. Sun and H. W. Ni. 2013. Evaluation of *Curvularia lunata* Strain B6 as a potential

- mycoherbicide to control barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Journal of Integrative Agriculture* 12: 1201-1207.
20. Juliano, L. M., M. C. Casimero and R. Llewellyn. 2010. Multiple herbicide resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in direct-seeded rice in the Philippines. *International Journal of Pest Management* 56: 299-307.
 21. Kropff, M. J. and L. A. P. Lotz. 1992. Systems approaches quantify crop-weed interactions and their application in weed management agricultural systems. *Weed Science* 40:265-282.
 22. Leeson, J. Y., A. G. Thomas, L. M. Hall, C. A. Brenzil, T. Andrews, K. R. Brown and R. C. Van Acker. 2005. Prairie Weed Surveys of Cereal, Oilseed and Pulse Crops from the 1970s to the 2000s. In: Weed Survey Series Publication 051. Agriculture and Agri-Food Canada, Saskatoon Research Centre, Saskatoon, Saskatchewan.
 23. Lopez-Martinez, N., G. Marshall and R. De Prado. 1997. Resistance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to atrazine and quinclorac. *Pesticide Science* 51: 171-175.
 24. Lorenzo, P., M. I. Hussain and L. Gonzalez. 2013. Role of allelopathy during invasion process by alien invasive plants in terrestrial ecosystems. pp. 3- 21. In: Cheema, Z. A., M. Farooq and A. Wahid (Eds.), *Allelopathy: Current Trends and Future Applications*. Springer, Verlag Berlin Heidelberg,
 25. Mahajan, G. and B. S. Chauhan. 2013. The role of cultivars in managing weeds in dry-seeded rice production systems. *Crop Protection* 49: 52-57.
 26. Michael, P. W. 2003. *Echinochloa P beauv.* pp. 390- 403. In: Barkworth, M. E., et al. (Eds.), *Flora of North America North of Mexico*, vol. 25. Oxford University Press, New York, U.S.A.
 27. Norris, R. F. 1992. Case history for weed competition/population ecology: barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in sugarbeets (*Beta vulgaris*). *Weed Technology* 6: 220-227.
 28. Norsworthy, J. K., M. J. Wilson, R. C. Scott and E. E. Gbur. 2014. Herbicidal activity on acetolactate synthase-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas, USA. *Weed Biology and Management* 14: 50-58.
 29. Ottis, B. V. and R. E. Talbert. 2007. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) control and rice density effects on rice yield components. *Weed Technology* 21: 110-118.
 30. Pannacci, E. and G. Covarelli. 2009. Efficacy of mesotrione used at reduced doses for post-emergence weed control in maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection* 28: 57-61.
 31. Powles, S. B. and Q. Yu. 2010. Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology* 61: 317-347.
 32. Rao, A. N., D. E. Johnson, B. Sivaprasad, J. K. Ladha and A. M. Mortimer. 2007. Weed management in direct-seeded rice. *Advances in Agronomy* 93: 153-255.
 33. Rashed Mohassel, M. H., M. Rastgoo, K. Mosavi, R. valiallahpoor and A. Haghighi. 2006. *Weed Science Compendium*. Publish by Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad.
 34. 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.
 35. Rashed-Mohassel, M. H., A. Aliverdi and S. Rahimi. 2011. Optimizing dosage of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl with adjuvants to control wild oat. *Industrial Crops and Products* 34: 1583-1587.
 36. 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). *Applied Field Crops Research (Pajouhesh & Sazandegi)* 104: 153-161.
 37. Riar, D. S., J. K. Norsworthy, V. Srivastava, V. Nandula, J. A. Bond and R. C. Scott. 2013. Physiological and molecular basis of acetolactate synthase-inhibiting herbicide resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 61: 278-289.
 38. Ritz, C., A. R. Kniss and J. C. Streibig. 2015. Research methods in weed science: statistics. *Weed Science* 63: 166-187.
 39. 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.
 40. Tworokski, T. 2002. Herbicide effects of essential oils. *Weed Science* 50: 425-431.
 41. Van Acker, R. C. 2009. Weed biology serves practical weed management. *Weed Research* 49: 1-5.
 42. Vangessel M. J. and K. A. Renner. 1990. Redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) interference in potatoes (*Solanum tuberosum*). *Weed Science* 1:338-43.
 43. Wilson, M. J., J. K. Norsworthy R. C. Scott and E. E. Gbur. 2014. Program approaches to control herbicide-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in mid southern United States rice. *Weed Technology* 28: 39- 46.
 44. Zand, A., K. Mosavi and A. Heidari 2015. *Herbicides and their Application*. Published by Jahad Daneshgahi of Mashhad, Mashhad.
 45. Zhang, Z. P. 2003. Development of chemical weed control and integrated weed management in China. *Weed Biology and Management* 3: 197-203.

Optimizing the Performance of Imazethapyr in Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* Beauv) Control by Vegetable Oils Adjuvants

H. Hammami^{1*} and S. S. Mahmoodi²

(Received: March 1-2018; Accepted: November 26-2018)

Abstract

To study the effects of vegetable oils on the performance of Imazethapyr (a herbicide with a relatively high amount of residue in the soil and environment) in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* Beauv) control, a factorial experiment based on completely randomized design with four replications was conducted in the Research Greenhouse of College of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran in 2016. The treatments consisted of Imazethapyr concentration at six levels (0, 6.25, 12.5, 25, 50, and 100 g ai ha⁻¹) and adjuvant at 6 levels (with and without Coconut, Peanut, Turnip, Bitter almond and Castor oils). The results of this study revealed that the concentration of herbicide, the type of adjuvants and the interaction between concentration and adjuvants were significant on all measured traits including height, fresh and dry weight of the shoot and root, root volume and root length. Castor oil and coconut oil showed the highest and lowest potential in improving the efficacy of Imazethapyr. In the presence of vegetable oils, the ED₅₀ values required for the traits of shoot and root fresh weight were decreased significantly compared to the dry weight of the shoot and root. Relative potency values showed that using any of the vegetable oils could reduce the amount of herbicide needed to control the *E. crus-galli*. Due to the lessened reduction in measured traits in the presence of vegetable oil treatments, using these additives has the potency to reduce the entry of Imazethapyr herbicide to the environment.

Keywords: Adjuvant, Herbicide, Morphological traits, Relative potential

1, 2. Assistant Professor and Graduate Student, Respectively, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

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