



Original Article

Screening of Safe Postemergence Herbicides for Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and Safety Enhancement of a Selected Herbicide (Betanal Progress OF) using Seed Priming with Ascorbic Acid

Akbar Aliverdi*, Samira Karami

Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Article Info

Received:
August 02, 2024

Accepted:
December 14, 2024

First published online:
December 21, 2024

Corresponding Author:
Akbar Aliverdi
Email:
a.aliverdi@basu.ac.ir

Key words: Hormone, medicinal plant, safener.

Abstract

To screen a safe post-emergence herbicide for coriander, a pot experiment was conducted outside the greenhouse at Bu-Ali Sina University in 2023. Six doses (0, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, and 1 time the labeled dose) of 26 herbicides were sprayed on coriander at the 4-5 leaf stage. Following the previous experiment, a dose-response experiment was conducted on coriander and lambsquarters to investigate the selectivity index of one of the screened herbicides (phenmedipham+ desmedipham+ ethofumesate) when coriander seeds were primed with ascorbic acid (1 mM). Among the herbicides, clodinafop propargyl at the labeled dose (64 g a.i. ha⁻¹) did not injure coriander. Coriander was relatively well-tolerant to the labeled dose of phenmedipham+ desmedipham+ ethofumesate. In the two experiments above, the doses of phenmedipham+ desmedipham+ ethofumesate required for 10% desiccation were 705.1 and 724.5 g a.i. ha⁻¹, differing by 11% and 14% from the labeled dose (822 g a.i. ha⁻¹). Seed priming of coriander with ascorbic acid protected it from minor metabolic damage caused by phenmedipham+ desmedipham+ ethofumesate, increasing the selectivity index from 1.49 to 1.74.

Cite this article: Aliverdi, A. and Karami, S. (2025). Screening of safe postemergence herbicides for coriander (*Coriandrum sativum* L.) and safety enhancement of a selected herbicide (Betanal Progress OF) using seed priming with ascorbic acid. Iran J. of Weed Sci. 20(2): 71-84. DOI: [10.22034/ijws.2025.368214.1480](https://doi.org/10.22034/ijws.2025.368214.1480).





مقاله پژوهشی

گزینش علف کش پس‌رویشی ایمن برای گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و افزایش ایمنی علف کش منتخب (بتانال پروگرس.ا.ف.) با پیش تیمار بذر با اسید آسکوربیک

اکبر علی‌وردی^{*}، سمیرا کرمی

گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

چکیده

با هدف گزینش علف کش پس‌رویشی ایمن برای گشنیز، یک آزمایش گلدانی در محوطه (بیرون گلخانه) دانشگاه بوعلی سینا در سال ۱۴۰۲ انجام شد که در آن شش دُز (صفر، $1/16$ ، $1/8$ ، $1/4$ ، $1/2$ و یک برابر دُز برچسب شده علف کش) از ۲۶ علف کش مختلف روی گشنیز چهار تا پنج برگه‌ای شده پاشیده شد. به دنبال آزمایش قبلی، آزمایشی به صورت دُز-پاسخ روی گشنیز و سلمه‌تره اجرا شد تا شاخص انتخابی یکی از علف کش‌های منتخب (فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت) تحت شرایط پیش تیمار بذر گشنیز با اسید آسکوربیک (یک میلی‌مولار) بررسی شود. در بین علف کش‌ها، کلودینافوب-پروپارزیل در دُز برچسب شده منجر به گیاه‌سوزی گشنیز نشد. گشنیز به‌خوبی به دُز برچسب شده فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت تا حدودی متحمل بود. در دو آزمایش بالا، دُز لازم از فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت برای خشکاندن ۱۰ درصدی برابر $705/1$ و $724/5$ گرم در هکتار برآورد شد که به ترتیب ۱۱ و ۱۴ درصد با دُز برچسب شده (۸۲۲ گرم در هکتار) تفاوت داشت. پیش تیمار بذر گشنیز با اسید آسکوربیک منجر به حفاظت آن از آسیب متابولیکی جزئی ناشی از کاربرد فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت شد؛ به‌طوری که منجر به افزایش شاخص انتخابی از $1/49$ به $1/74$ شد.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۵/۱۲

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۹/۲۴

تاریخ انتشار برخط:

۱۴۰۳/۱۰/۰۱

نویسنده مسئول:

اکبر علی‌وردی

ایمیل:

a.aliverdi@basu.ac.ir

واژه‌های کلیدی: ایمن‌ساز،

گیاه دارویی، هورمون.

استناد: علی‌وردی، ا. و کرمی، س. (۱۴۰۳). گزینش علف کش پس‌رویشی ایمن برای گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و افزایش ایمنی علف کش منتخب (بتانال پروگرس.ا.ف.) با پیش تیمار بذر با اسید آسکوربیک. دانش علف‌های هرز ایران، ۲۰(۲): ۷۱-۸۴

DOI: [10.22034/ijws.2025.368214.1480](https://doi.org/10.22034/ijws.2025.368214.1480)

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان است. © ۱۴۰۳. ناشر این مقاله، انجمن علوم علف‌های هرز ایران و موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور است. این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.



Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

مقدمه

گشنیز گیاهی علفی یکساله متعلق به خانواده چتریان (Apiaceae) است که دارای تاریخچه‌ای غنی است. این گیاه دارای ترکیبات معطر و اسانس با اجزای فعال زیستی است که فعالیت‌های ضد باکتریایی، ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی نشان می‌دهد. از برگ و ساقه گشنیز به عنوان سبزی خوردنی، از بذر گشنیز به عنوان ادویه و از اسانس گشنیز به عنوان دارو و عطر استفاده می‌شود (Nouioura et al., 2024). سطح زیر کشت سالیانه گشنیز در ایران بیش از ۳۲۰۰ هکتار و میانگین عملکرد آن دو تن در هکتار است (Pouryousef et al., 2015). از نظر تولید گشنیز، ایران با تولید حدود ۵۶ هزار تن رتبه چهارم جهانی را به خود اختصاص داده است (Moradi Behjoo et al., 2021).

گشنیز در شرایط آبی کشت می‌شود و از جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد رویشی آهسته‌ای برخوردار است؛ از این رو، علف‌های هرز خسارت بسیار جدی را بر عملکرد گشنیز وارد می‌کنند. به ترتیب اهمیت، علف‌های هرز مزارع گشنیز عبارتند از تاجریزی سیاه، سلمه‌تره، کنف وحشی، خردل وحشی، تاج-خروس ریشه‌قرمز، خارشتر، پیچک صحرایی و علف هفت‌بند و علف‌های هرز باریک‌برگ شامل دم-روباهی سبز، دم‌روباهی کبیر، سوروف، یولاف وحشی و جودره (Mohammadi et al., 2022). گزارش‌ها نشان می‌دهد که حضور علف‌های هرز در مزارع گشنیز باعث کاهش ۵۵٪ (Hassanein et al., 2020) و ۸۲ درصدی عملکرد این گیاه شده است

(Savaliya et al., 2017). در حال حاضر، علف‌های هرز مزارع گشنیز عمدتاً با روش‌های مکانیکی مانند وجین دستی کنترل می‌شوند. به همین دلیل، اثر برخی از روش‌های کنترل علف‌های هرز نظیر مالچ‌های زنده و غیر زنده (Mohammadi et al., 2023)، ژنوتیپ (Alaei et al., 2024a)، کشت مخلوط همراه ماشک گل‌خوشه‌ای (Nasiri et al., 2020)، کشت مخلوط همراه فلفل (Gasti & Chakravorty, 2019) و شنبلیله (Pouryousef et al., 2015)، منبع کود نیتروژن (Alaei et al., 2024b)، تراکم کاشت (Pouryousef et al., 2015) و ویژگی دگرآسیبی آن (Dhima et al., 2009) در مطالعات مختلف مورد توجه قرار گرفته است.

کارایی روش‌های ذکر شده در بالا همیشه کافی و قانع‌کننده نیست. توان رقابتی پایین گشنیز در برابر علف‌های هرز و هزینه‌های بالای روش‌های کنترل مکانیکی، محققان را وادار به ابداع یک روش مدیریت راحت، ارزان و سریع علف‌های هرز برای جلوگیری از افت کمی و کیفی گشنیز ساخته است. علف‌کش‌ها بخشی جدایی‌ناپذیر از کشاورزی مدرن هستند و می‌توانند چنین تقاضایی را برآورده کنند، اگرچه نگرانی‌هایی در مورد باقی‌مانده‌های آنها در محصولات و عوارض جانبی بر موجودات غیر هدف وجود دارد (Job et al., 2025). تاکنون هیچ علف‌کشی برای استفاده در مزارع گشنیز ثبت نشده است (Neshev et al., 2022).

تاکنون ۲۹۴ علف‌کش کشف و مورد استفاده قرار گرفته است که در این بین ۲۶۰ علف‌کش هنوز تولید شده و در دسترس هستند (HRAC, 2024). اخیراً، برخی از محققان لزوم غربالگری علف‌کش‌ها را برای یافتن علف‌کش انتخابی مناسب برای استفاده در مزارع گشیز دنبال کرده‌اند. در آزمایش‌های اولیه با چهار علف‌کش، پندی‌متالین مناسب تشخیص داده شد (Mohammed & Elamin, 2003). در تحقیق دیگر با چهار علف‌کش، گزارش شد که علف‌کش‌های پندی‌متالین و پری‌تلاکلر ضمن کنترل موثر علف‌هرز ترتیزک خوک دوقلو (*Coronopus didymus*)، آسیب جزئی به گشیز وارد کردند (Tewari et al., 2005).

در تحقیقی روی ۳۱ علف‌کش، مناسب‌ترین آنها پندی‌متالین، لینورون و تری‌فلورالین تشخیص داده شد (Pickett & Zheljzakov, 2016). در تحقیقی با شش علف‌کش، پندی‌متالین با کارایی کنترل ۹۶ درصدی علف‌های هرز و عدم آسیب به گشیز مناسب تشخیص داده شد (Hassanein et al., 2020). کاربرد ۳/۵ لیتر در هکتار متوبرومورون باعث آسیب متابولیکی در گشیز شد که به صورت تاخیر در رشد نمایان شد. در مقابل، گشیز تیمار شده با ۲/۵ لیتر در هکتار متوبرومورون، هیچ آسیب متابولیکی نمایان نکرد (Neshev et al., 2022). در تحقیقات فوق، کاربرد برخی علف‌کش‌های خاک‌مصرف برای کاربرد در گشیز ایمن تشخیص داده شده است. علی‌رغم امکان کاربرد ایمن ایمازتاپیر با یک‌چهارم دُز برچسب‌شده در گشیز که در کنترل علف‌های هرز

موثر نیست (Harish et al., 2022)، تاکنون امکان کنترل پس‌رویشی علف‌های هرز در گشیز به وسیله علف‌کش شاخ و برگ‌مصرف ایمن میسر نشده است. تحقیقات قبلی که در بالا ذکر شد، به صورت یک آزمایش دُز-پاسخ انجام نشده است و تنها دُز برچسب‌شده یا کاهش‌یافته علف‌کش‌ها مورد آزمایش قرار گرفته است. اجرای یک آزمایش دُز-پاسخ برای بررسی پاسخ گیاهی به دُزهای مختلف علف‌کش‌ها این امکان را فراهم می‌سازد که اگر گیاه دُز(های) کمتر از دُز برچسب را تحمل کند، همچنان یک علف‌کش مناسب در نظر گرفته می‌شود زیرا با استفاده از یک ایمن‌ساز مناسب می‌توان آسیب‌های متابولیکی جزئی به گیاه را از بین ببرد (Akbari Darabkhani et al., 2024).

آسیب‌های متابولیکی ناشی از علف‌کش‌ها در گیاهان زراعی را می‌توان با پیش‌تیمار بذر با برخی از هورمون‌های گیاهی مانند اسیدآسکوریک (Wang et al., 2018)، اسید جاسمونیک (Ma et al., 2021)، اسیدسالیسیلیک (Khatooni et al., 2022)، براسینوستروئید (Zhou et al., 2015) و ملاتونین (Aliverdi & Mansouri, 2023) کاهش داد. در تحقیقات فوق، اثرات تسکین‌دهندگی هورمون‌های گیاهی بر آسیب‌های متابولیکی ناشی از علف‌کش‌ها روی گیاهان زراعی به افزایش فعالیت آنزیم‌های حفاظتی دخیل در سرکوب رادیکال‌های اکسیژن نوزاد که موجب پراکسیداسیون لیپیدی غشاهای سلولی یا افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در تجزیه علف‌کش در گیاه زراعی می‌شوند نسبت داده شده

است. در تحقیق حاضر، دُز-پاسخ گشنیز به ۲۶ علف کش شاخ و برگ مصرف ثبت شده در کشور با هدف گزینش علف کش ایمن برای کاربرد در مزارع تولید بذر گشنیز بررسی شد. در ادامه، امکان ارتقای ایمنی علف کش منتخب (بتانال پروگرس-ا.اف.) با پیش تیمار بذر گشنیز با اسید آسکوربیک بررسی شد.

مواد و روش‌ها

گزینش علف کش ایمن برای گشنیز

این آزمایش به صورت گلدانی در محوطه دانشگاه بوعلی سینا در بهار ۱۴۰۲ اجرا شد. برای هر علف-کش (جدول ۱)، یک آزمایش به صورت دُز-پاسخ بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد شش دُز علف کش (۰، ۱/۱۶، ۱/۸، ۱/۴، ۱/۲ و یک برابر دُز برچسب شده علف کش) در مرحله چهار تا پنج برگی گشنیز بودند که در شرایط هوای آزاد توسط یک سمپاش پستی شارژی مجهز به نازل بادبزی لبه یکنواخت ۱۱۰۰۲ با حجم خروجی ۲۳۰ لیتر در هکتار در فشار سه بار اعمال شدند. تمامی محلول‌های پاشش حاوی مویان غیر یونی ترند ۹۰ با غلظت ۰/۱ درصد حجمی بود. دُزهای استفاده شده برای هر علف کش در جدول ۱ ذکر شده است. حداکثر دُز آزمایش شده علف-کش‌ها برابر با کمترین دُز برچسب شده برای سایر گیاهان زراعی بود.

گشنیز (توده نه‌آوند) در گلدان‌های دو لیتری پلاستیکی قهوه‌ای‌رنگ با سطح مربع ۱۳×۱۳×۱۳ سانتی‌متر پرورش یافت. خاک بستر بذر دارای بافت

لومی‌شنی بود که از مزرعه مجاور جمع‌آوری و به مقدار مساوی به گلدان‌ها اضافه شد. بافت خاک شامل ۱۲ درصد رس، ۲۷ درصد سیلت و ۶۰ درصد ماسه بود. هدایت الکتریکی خاک ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر، پی‌اچ ۷/۶، مواد آلی ۱/۱ درصد، فسفر ۵۷ پی‌پی‌ام، پتاسیم ۳۶۸ پی‌پی‌ام، و نیتروژن ۰/۱ درصد بود. گلدان‌ها تا خروج زه آب آبیاری شدند. سپس، تعداد ۱۰ عدد بذر در هر گلدان روی سطح خاک توزیع و به میزان ۰/۵ سانتی‌متر خاک روی آنها اضافه شد. آبیاری بعدی گلدان‌ها به فاصله هر سه روز یکبار و به مقدار برابر انجام شد. گیاهان در دو مرحله یک و دو برگی تنک شدند تا نهایتاً پنج بوته در هر گلدان که از نظر اندازه و ارتفاع تا حد زیادی برابر بودند حفظ شود. چهار هفته پس از تیمار، اندام هوایی گیاهان از سطح خاک برداشت و بلافاصله وزن تر آنها توزین شد. سپس وزن خشک آنها پس از ۲۴ ساعت خشک شدن در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد توزین شد. سپس، نسبت وزن تر به وزن خشک محاسبه و در تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. نسبت وزن تر به وزن خشک گشنیز بیانگر میزان سوختگی گیاه در برابر علف کش است. کمترین نسبت ممکن یک است که نشان می‌دهد کل سطح اندام هوایی گشنیز به‌طور کامل خشک شده است. به عبارتی دیگر، هرچه نسبت فوق به یک نزدیکتر باشد، فعالیت علف کش بیشتر است (Rytwo & Tropp, 2001). پاسخ نسبت وزن تر به وزن خشک گشنیز (Y) به دُز هر علف کش با استفاده از روش رگرسیون غیر خطی در محیط نرم-افزار R تجزیه و تحلیل شد. بر اساس نتایج آزمون

عدم برازش، مدل چهارپارامتری لجستیک (معادله ۱) توانست برازش قابل قبولی بر داده‌ها فراهم کند. با بررسی نمودار باقیمانده‌های مربوط به هر منحنی دُز-پاسخ، توزیع مستقل، تصادفی و یکنواخت آنها محرز بود.

(معادله ۱)

$$Y = ((D - C) + C / (1 + \exp(B(\log X) - \log D_{50})))$$

در معادله فوق، D و C به ترتیب حدود حداکثر و حداقل مجانب Y هستند؛ D_{50} جایی است که Y در نیمه راه بین D و C قرار دارد و بیانگر دُزی از علفکش است که برای خشکیدگی 50% درصدی Y لازم است؛ و B شیب خط در اطراف D_{50} است. D_{10} و D_{90} به ترتیب بیانگر دُزی از علفکش هستند که برای کاهش 10% و 90% درصدی Y لازم است (Ritz et al., 2015).

ایمنی فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+توفومازیت برای گشنیز پیش‌تیمار شده با اسیدآسکوریک

به دنبال آزمایش بالا، آزمایشی به صورت دُز-پاسخ اجرا شد تا شاخص انتخابی علفکش منتخب (فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+توفومازیت) بررسی شود و نیز امکان بهبود شاخص انتخابی با پیش‌تیمار بذر گشنیز با اسیدآسکوریک مورد بررسی قرار گیرد. طرح آزمایش به صورت فاکتوریل (دو فاکتور) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار بود. فاکتور اول شامل شش دُز علفکش بتانال پروگرس اِف. (صفر، $1/4$ ، $1/2$ ، 1 ، $1/2$ و دو برابر دُز برچسب‌شده علفکش) و فاکتور دوم شامل پیش‌تیمار بذر گشنیز

با آب و آب + $0/176$ گرم اسیدآسکوریک (یک میلی‌مولار) بود. برای سلمه‌تره (به عنوان یکی از علف‌های هرز مهم مزارع گشنیز)، یک آزمایش به صورت دُز-پاسخ بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد شش دُز علفکش (صفر، $1/16$ ، $1/8$ ، $1/4$ ، $1/2$ و یک برابر دُز برچسب‌شده علفکش) در مرحله چهار تا پنج‌برگی سلمه‌تره بود. تمامی مراحل کشت، داشت، تیمار، برداشت و نیز تجزیه و تحلیل داده‌ها مشابه آزمایش قبلی انجام شد.

نتایج و بحث

گزینش علفکش ایمن برای گشنیز

مقادیر D_{10} ، D_{50} و D_{90} برای همه علفکش‌ها روی گشنیز در جدول ۱ برآورد شده است. در مورد کلودینافوپ-پروپارژیل و فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+توفومازیت، مقادیر D_{50} و D_{90} برآورد شده بیش از حداکثر دُز اعمال‌شده در این آزمایش بودند. آنها از طریق برون‌یابی مدل برآورد شدند. از این‌رو، آنها به‌طور کامل قابل اعتماد نیستند، مگر اینکه آزمایشی با دُزهای بالاتر تکرار شود. براساس نتایج به‌دست آمده، گشنیز حساسیت بسیار شدیدی به بنتازون، آیوکسینیل، مزوسولفورون+یدوسولفورون‌متیل سدیم، پریدیت و سولفوسولفورون داشت؛ به‌طوری‌که مقدار D_{10} برآوردشده برای علفکش‌های فوق کمتر از 10% درصد دُز برچسب‌شده است. گشنیز تحمل بسیار خوبی به کلودینافوپ-پروپارژیل نشان داد؛ به‌طوری‌که مقدار D_{10} برآوردشده برای کلودینافوپ-

پروپارژیل (۶۱/۲۱ گرم ماده موثره در هکتار) در مقایسه با دُز برچسب‌شده آن (۶۴ گرم ماده موثره در هکتار) کمتر از پنج درصد اختلاف داشت. از این‌رو، پس از آزمایش‌های تکمیلی، می‌توان کلودینافوپ-پروپارژیل را برای استفاده در مزارع گشنیز در نظر گرفت. کلودینافوپ-پروپارژیل عضوی از علف-کش‌های گروه یک (HRAC, 2024) است که باریک‌برگ‌کش هستند و معمولاً برای گیاهان دولپه‌ای کشنده نیستند؛ ولی به دلیل عدم بقایا، فقط در گندم استفاده می‌شود. دلیل عدم تأثیر کلودینافوپ-پروپارژیل بر گشنیز را می‌توان به عدم اتصال علف‌کش به شکل هترومری استیل‌کوآنزیم A کربوکسیلاز نسبت داد. در واقع، باریک‌برگ‌ها حاوی شکل همومری استیل‌کوآنزیم A کربوکسیلاز هستند که علف‌کش‌های گروه یک می‌توانند به آن متصل شوند. از این‌رو، دو سرنوشت احتمالی برای کلودینافوپ-پروپارژیل در گشنیز می‌توان دنبال کرد که عبارتند از (۱) تجزیه کلودینافوپ-پروپارژیل به ترکیبات غیر سمّی و (۲) الحاق کلودینافوپ-پروپارژیل به قسمت‌های مختلف سلول بدون هیچگونه تغییر در ساختار آن. تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که علف‌کش‌ها ممکن است با اتصال به یک مولکول درون سلولی (به عنوان مثال، یک قند) غیر فعال شود یا ممکن است حرکت کند و از نواحی فعال متابولیکی سلول به مناطق غیر فعال (مانند دیواره سلولی) که هیچ اثری ندارد رسوب کند. در این صورت، پس از مصرف سلول (گیاه) توسط حیوانات یا انسان، علف‌کش می‌تواند آزاد و باعث بیماری-های گوناگون شود. پدیده الحاق علف‌کش در

برخی از علف‌کش‌های گروه یک قبلاً گزارش شده است (Konishi & Sasaki, 1994). به همین دلیل، اگر بقایایی از علف‌کش کلودینافوپ-پروپارژیل به دلیل تجزیه (سرنوشت اول) در گشنیز باقی نماند و نیز پس از انجام آزمایش‌های میدانی، می‌توان کلودینافوپ-پروپارژیل را برای استفاده در مزارع گشنیز توصیه کرد. نتایج نشان داد که گشنیز تحمل نسبتاً خوبی به فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+توفومازیت از خود به نمایش گذاشت؛ به‌طوری که مقدار D₁₀ برآوردشده (۷۰۵/۱۴ گرم ماده موثره در هکتار) برای آن حدوداً ۱۴ درصد با دُز برچسب‌شده آن (۸۲۲ گرم ماده موثره در هکتار) اختلاف داشت و دُزهای به‌کاررفته باعث مرگ گشنیز نشد.

با توجه به نتیجه فوق و وجود دو نحوه عمل علف‌کشی مختلف در فرمولاسیون علف‌کش فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+توفومازیت (بتانال-پروگرس‌ا.اف.)، به نظر می‌رسد که گشنیز پتانسیل تجزیه این علف‌کش‌ها را دارد. از این‌رو، امکان ارتقای ایمنی فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+توفومازیت از طریق یک ایمن‌ساز طبیعی (اسیدآسکوربیک) بررسی شد. بعد از کلودینافوپ-پروپارژیل و فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+توفومازیت، گشنیز تحمل متوسطی به ایمازتاپیر از خود به نمایش گذاشت؛ به-طوری که مقدار D₁₀ برآوردشده (۴۸/۱۱ گرم ماده موثره در هکتار) با دُز برچسب‌شده آن (۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار) حدوداً ۴۸ درصد اختلاف داشت.

جدول ۱- علف‌کش‌ها و دُزهای ($1/16$, $1/8$, $1/4$, $1/2$, & $1 \times$ labeled dose) استفاده شده در این پژوهش و دُز علف‌کش مورد نیاز برای کاهش نسبت وزن تازه به خشک گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) تا ۱۰ (D₁₀)، ۵۰ (D₅₀) و ۹۰ درصد (D₉₀).

Table 1. Herbicides and doses ($1/16$, $1/8$, $1/4$, $1/2$, & $1 \times$ labeled dose) applied in the study and the dose of herbicide required to reduce the fresh-to-dry weight ratio of coriander (*Coriandrum sativum* L.) by 10% (D₁₀), 50% (D₅₀), and 90% (D₉₀).

Herbicide (Formulation)	Doses applied (g a.i. ha ⁻¹)	D ₁₀ (g a.i. ha ⁻¹)	D ₅₀ (g a.i. ha ⁻¹)	D ₉₀ (g a.i. ha ⁻¹)
Bentazon (Bazagran 48% SL)	90, 180, 360, 720, & 1440	65.21 ± 4.7	210.23 ± 16.5	988.10 ± 75.3
Bensulfuron-methyl (Londax 60% DF)	2.8, 5.6, 11.25, 22.5, & 45	5.77 ± 0.3	8.49 ± 0.5	13.48 ± 1.2
Bispyribac-sodium (Nominee 10% OF)	1.5, 3.1, 6.2, 12.5, & 25	5.15 ± 0.2	11.21 ± 0.4	14.05 ± 0.7
Clodinafop- propargyl (Topic 8% EC)	4, 8, 16, 32, & 64	61.24 ± 6.1	> 88	> 106
Clopyralid (Lontrel® 30% SL)	11.25, 22.5, 45, 90, & 180	18.07 ± 2.0	31.16 ± 9.1	44.95 ± 5.8
Diflufenican+Iodosulfuron-methyl-sodium+Florasulam (Joystick 47% WG)	6.75, 13.5, 27, 54, & 108	22.05 ± 0.4	28.74 ± 3.3	49.52 ± 3.5
Fomesafen (Reflex 22.8% SL)	14.25, 28.5, 57, 114, & 228	49.11 ± 2.9	73.20 ± 4.9	98.14 ± 5.2
Foramsulfuron (Equip 22.5% OD)	28.1, 56.25, 112.5, 225, & 450	86.55 ± 4.0	149.01 ± 12.5	257.22 ± 29.6
Flucetosulfuron (Zechor 10% WG)	3.75, 7.5, 15, 30, & 30	7.46 ± 0.2	13.35 ± 0.8	21.70 ± 2.2
Fluroxypyr (Kavin Flurox 20% EC)	28.1, 56.25, 112.5, 225, & 450	98.82 ± 6.3	153.80 ± 8.1	188.12 ± 8.5
Nicosulfuron (Cruz 4% SC)	5, 10, 20, 40, & 80	18.88 ± 0.5	32.37 ± 4.1	60.81 ± 6.2
Imazamox (Imox 12.1% SL)	2.75, 5.5, 11, 22, & 44	16.35 ± 5.4	24.78 ± 5.6	31.01 ± 7.5
Imazethapyr (Pursuit 10% SL)	6.2, 12.5, 25, 50, & 100	48.11 ± 4.5	82.04 ± 7.2	98.38 ± 16.0
Ioxynil (Totryl 22.5% EC)	28.1, 56.25, 112.5, 225, & 450	41.06 ± 5.1	166.17 ± 12.5	350.51 ± 26.9
Mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium (Atlantis 1.2% OD)	1.1, 2.25, 4.5, 9, & 18	1.57 ± 0.1	4.61 ± 0.2	13.55 ± 0.5
Penoxsulam+Cyhalofop-butyl (Pinocy 6% OD)	7.5, 15, 30, 60, & 120	38.21 ± 3.0	61.04 ± 9.2	74.90 ± 11.8
Phenmedipham+Desmedipham+Ethofumesate (Betanal Progress 27.4% EC)	51.3, 102.75, 205.5, 411, & 822	705.14 ± 7.2	> 1125	> 1350
Pinoxaden+Florasulam (Axial One 9.5% WG)	5.3, 10.6, 21.25, 42.5, & 85	12.52 ± 1.4	38.98 ± 4.4	51.15 ± 5.2
Pyridate (Lentagran 60% EC)	75, 150, 300, 600, & 1200	95.29 ± 5.7	261.23 ± 11.5	802.51 ± 35.8
Pyrazosulfuron (Saathi 10% WG)	0.9, 1.8, 3.75, 7.5, & 15	1.18 ± 0.1	4.49 ± 0.2	10.05 ± 0.5
Sulfosulfuron (Apyros 75% WG)	1.2, 2.5, 5, 10, & 20	3.16 ± 0.4	5.09 ± 0.5	7.83 ± 0.9
Topramezone (Clio 29.7% SC)	2.3, 4.6, 9.25, 18.5, & 37	7.45 ± 1.2	23.11 ± 3.5	31.77 ± 4.2
Triafamone+Ethoxysulfuron (Council 30% WG)	3.75, 7.5, 15, 30, & 30	10.45 ± 3.2	16.01 ± 1.4	24.05 ± 3.7
Tribenuron-methyl (Granstar 75% DF)	0.7, 1.4, 2.8, 5.6, & 11.25	2.42 ± 0.2	3.18 ± 0.2	4.95 ± 0.6
Trifloxysulfuron-sodium (Envoke 75% WG)	0.75, 1.5, 3, 6, & 12	4.22 ± 0.2	6.41 ± 0.5	8.01 ± 0.5
Triflusulfuron-methyl (Safari 60% DF)	1.1, 2.25, 4.5, 9, & 18	5.01 ± 0.8	9.08 ± 1.4	11.42 ± 2.1

Value ± standard error.

نتیجه مشابهی در تحقیقات قبلی مشاهده شده است، به طوری که امکان کاربرد ایمن ایمازتاپیر با یک چهارم دُز برچسب شده در گشنیز گزارش شده است؛ ولی این مقدار در کنترل علف‌های هرز موثر نیست. به همین دلیل، محققان پیشنهاد دادند که ایمازتاپیر به صورت مخلوط با علف کش ایمن دیگری به کار برده شود (Harish *et al.*, 2022). در نهایت، مقدار D_{10} برآورد شده برای سایر علف-کش‌های آزمایش شده بین ۱۰ (کلوپیرالید) تا ۳۷ (نیکوسولفورون) درصد دُز برچسب شده بود که علف کش ایمنی برای گشنیز تلقی نمی‌شوند. از این-رو، به دلیل آسیب یا مرگ قابل توجه گشنیز ناشی از دُزهای پایین آنها، قرار گرفتن گشنیز در معرض بادبردگی یا آلودگی مخزن سمپاش با آنها باید برای پرورش دهندگان گشنیز نگران کننده باشد. لذا، هنگام استفاده از این علف کش‌ها در نزدیکی مزارع گشنیز باید احتیاط کرد. با این حال، می‌توان انتظار داشت که کاربرد این علف کش‌ها در گیاهان زراعی مربوطه بتواند به طور مؤثری گشنیز داوطلب را کنترل کند.

براساس نتایج حاصل از این بخش و پس از تایید در آزمایش مزرعه‌ای، علف کش کلودینافوپ پروپارژیل به عنوان علف کش انتخابی گندم (Naser & Aliverdi, 2020) و علف کش فن مدیفام+دس مدیفام+توفومازیت به عنوان علف-کش انتخابی چغندر قند (Aliverdi & Malmir, 2023) در گشنیز قابل کاربرد هستند.

کاربرد ایمن برخی علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف نظیر ستوکسیدیم و ایزوکساین در دُز برچسب شده (Pickett & Zheljaskov, 2016) و در یک چهارم دُز برچسب شده مثل ایمازتاپیر (Harish *et al.*, 2022) در گشنیز قبلاً گزارش شده است. از سوی دیگر، کاربرد برخی علف‌کش‌های خاک مصرف برای کاربرد در گشنیز ایمن تشخیص داده شده است نظیر علف‌کش‌های پندی متالین، پری تلاکسر، لینورون، تری فلورالین و متوبرومورون (Mohammed & Elamin, 2003; Tewari *et al.*, 2005; Pickett & Zheljaskov, 2016; Hassanein *et al.*, 2020; Neshev *et al.*, 2022). علاوه بر این، امکان کاربرد ۱/۵ کیلو گرم آلاکسر در هکتار در کشت مخلوط موفق گشنیز و فلفل نیز گزارش شده است (Gasti & Chakravorty, 2019). در تحقیقات قبلی، مکانیسم تحمل گشنیز به علف‌کش‌های مذکور مورد بررسی قرار نگرفته است؛ از این رو، هنوز از ادعای برچسب آنها می‌توان متوجه شد که کاربرد آنها در گشنیز مجاز نیست. نتایج مطالعه نشان داد که کلودینافوپ پروپارژیل و فن مدیفام+دس مدیفام+توفومازیت قابلیت کاربرد در گشنیز را دارند؛ ولی پس از تشخیص مکانیسم تحمل گشنیز به آنها، در صورتی که مکانیسم تحمل گشنیز مبتنی بر تجزیه علف کش به متابولیت‌های غیر سمی باشد، می‌توان آنها را در مزارع گشنیز به کار برد.

ایمنی فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت برای گش‌نیز پیش‌تیمار شده با اسیدآسکوربیک

منحنی‌های دُز-پاسخ نسبت وزن تر به وزن خشک گش‌نیز و سلمه‌تره به فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت در شکل ۱ نشان داده شده است. تحمل خوب گش‌نیز به فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت مجدداً محرز شد؛ به‌طوری‌که دُز موثر ED₁₀ برآورد شده (۷۲۴/۵ گرم ماده موثره در هکتار) برای آن حدوداً ۱۱ درصد با دُز برچسب-شده آن اختلاف داشت. نتایج نشان داد که با پیش-تیمار بذر گش‌نیز با اسیدآسکوربیک مقادیر D₁₀، D₅₀ و D₉₀ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲) که نشان‌دهنده افزایش ایمنی فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت برای گش‌نیز می‌باشد. این موضوع با محاسبه شاخص انتخابی (که با تقسیم D₁₀ گش‌نیز به D₉₀ سلمه‌تره به‌دست می‌آید) نیز اثبات شد؛ به‌طوری‌که با پیش‌تیمار بذر گش‌نیز با اسیدآسکوربیک شاخص انتخابی از ۱/۴۹ به ۱/۷۴ افزایش یافت. در تحقیقات قبلی، کاهش آسیب متابولیکی پندی‌متالین روی آفتابگردان (Kaya, 2017)، مزوسولوفورون+یدوسولوفورون-متیل سدیم روی گندم (Khatami et al., 2022)، ایزوپروتورون روی گندم (Wang et al., 2018)، فنوکساپروپ-پی-اتیل روی گندم (Yaman & Nalbantoğlu, 2020) و گلایفوسیت روی ذرت (Sacała & Roszak, 2018) با پیش-تیمار بذر و کاربردهای برگی اسیدآسکوربیک

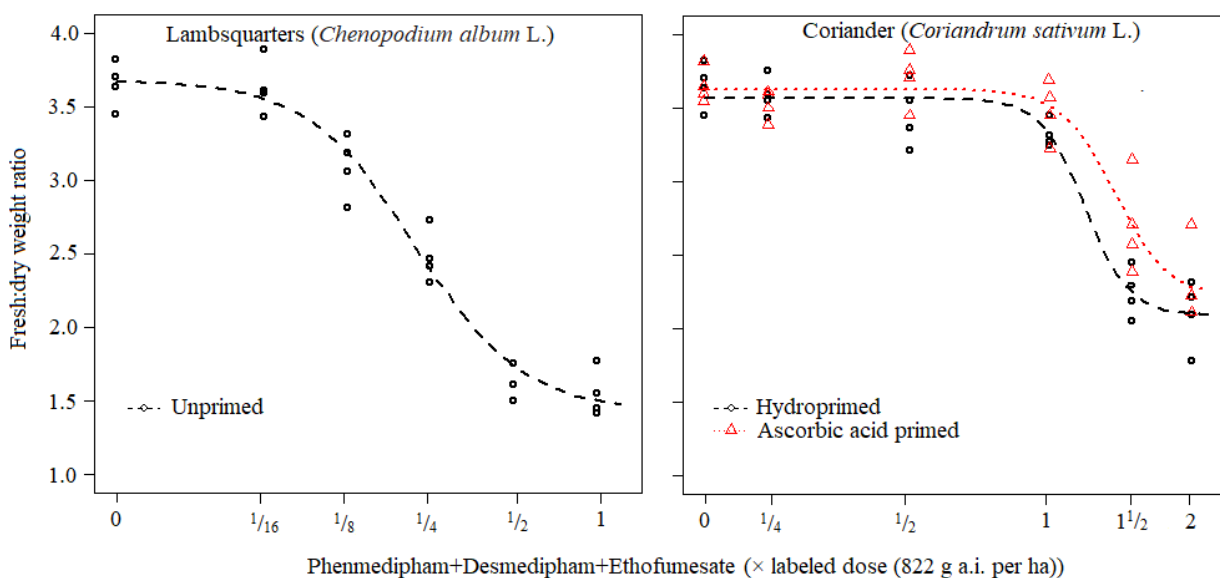
گزارش شده است. مکانیسم تحمل گش‌نیز به فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت احتمالاً مبتنی بر محل هدف علف‌کش و یا متابولیسم علف‌کش می‌باشد که لازم است این موضوع در مطالعات آینده دقیقاً مشخص شود. در هر حالت، مطالعات قبلی روی سایر گیاهان زراعی نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض علف‌کش‌های انتخابی مربوطه اغلب به صورت یک تنش غیر زیستی عمل کرده و منجر به بیان بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن در سطح سلولی می‌شود (Kaya, 2017). این گونه‌های فعال اکسیژن از طریق پراکسیداسیون لیپید و در نهایت آسیب به غشاء موجب تحمل آسیب متابولیکی به گیاهان می‌شوند که آثار آن از طریق کاهش رشد نمایان می‌شود. برای مثال، افزایش محتوی مآلودی‌آلدئید^۲ به عنوان رایج‌ترین محصول جانبی پراکسیداسیون لیپیدی غشاهای سلولی و آب‌اکسیژنه‌پس از در معرض قرار گرفتن گندم با مزوسولوفورون+یدوسولوفورون‌متیل (Khatami et al., 2022) و نخود فرنگی با ایزوپروتورون (Singh et al., 2016) گزارش شده است. در کل، برای جلوگیری از آسیب ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن، گیاهان مجهز به یک سیستم آنتی‌اکسیدانی سلولی هستند که شامل آنزیم‌های مختلف است که به‌طور مؤثر گونه‌های فعال اکسیژن را تا حدی از بین می‌برند. با این حال، سیستم آنتی‌اکسیدانی طبیعی و عملکرد تنظیمی آن اغلب به اندازه کافی مؤثر نیست تا بر آسیب ناشی از علف‌کش‌ها غلبه کند. تغییرات در

3. H₂O₂

2. Malondialdehyde

سوپراکسید دیسموتاز، سوپراکسید^۴ را به آب-اکسیژنه تبدیل می‌کند. از آنجایی که آب اکسیژنه هنوز سمی است، به وسیله آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز به آب و سایر ترکیبات غیر سمی تبدیل می‌شود تا از آسیب به غشاء جلوگیری شود. آنزیم آسکوربات پراکسیداز که به طور گسترده در بخش‌های مختلف سلول توزیع شده است از اسید آسکوربیک به عنوان دهنده الکترون استفاده می‌کند.

آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی در چندین گیاه زراعی در معرض علف‌کش قرار گرفته در پاسخ به تیمار اسید آسکوربیک مشاهده شده است (Kaya, 2017; Wang *et al.*, 2018; Sacala & Roszak, 2018; Yaman & Nalbantoğlu, 2020; Khatami *et al.*, 2022). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده در این مطالعات ارتباط قوی با تحمل به علف‌کش داشته‌اند. این محققان نشان دادند که اسید آسکوربیک با شرکت در واکنش پاکسازی کلروپلاست از آب-اکسیژنه نقش مهمی ایفا می‌کند. برای مثال، آنزیم



شکل ۱- منحنی‌های دُز-پاسخ نسبت وزن تازه به وزن خشک گشنیز و سلمه‌تره به فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت. بذر گشنیز با آب یا آب + اسید آسکوربیک پیش‌تیمار شد.

Figure 1. Dose-response curves of the fresh-to-dry weight ratio of coriander and lambsquarters to phenmedipham+desmedipham+ethofumesate. Coriander seeds were hydroprimed or hormone-primed with ascorbic acid.

جدول ۲- دُز فن‌مدیفام + دس‌مدیفام + اتوفومازیت مورد نیاز برای کاهش نسبت وزن تر به وزن خشک گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) به میزان ۱۰ (ED₁₀)، ۵۰ (ED₅₀) و ۹۰ درصد (ED₉₀). بذر گشنیز با آب یا آب + اسید آسکوربیک پیش تیمار شد.

Table 2. Dose of phenmedipham+desmedipham+ethofumesate required to reduce the fresh-to-dry weight ratio of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and lambsquarters (*Chenopodium album* L.) by 10 (ED₁₀), 50 (ED₅₀), and 90% (ED₉₀). Coriander seeds were hydroprimed or hormone-primed with ascorbic acid.

Plant species	Seed priming	ED ₁₀ (g a.i. ha ⁻¹)	ED ₅₀ (g a.i. ha ⁻¹)	ED ₉₀ (g a.i. ha ⁻¹)	Selectivity Index
Coriander	Hydroprimed	724.5 ± 38.1	949.5 ± 44.7	1245.14 ± 56.5	1.49 ± 0.04
Coriander	Ascorbic acid primed	848.2 ± 34.2	1138.1 ± 61.4	1527.03 ± 70.9	1.74 ± 0.12
Lambsquarters	Unprimed	68.18 ± 5.4	181.44 ± 16.3	483.9 ± 24.4	

Value ± standard error. Selectivity Index = ED₁₀ crop / ED₉₀ weed.

در تحقیقات قبلی نشان داده شده است که فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات-پراکسیداز در گیاهانی که با اسید آسکوربیک تیمار شده بودند به طور معنی داری افزایش یافت و از این طریق از آسیب ناشی از علف کش مزوسولفورون+یدوسولفورون متیل به گیاهچه گندم جلوگیری کرده و موجب افزایش تحمل به علف-کش شد (Khatami et al., 2022).

نتیجه گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد کلودینافوپ پروپارژیل در دُز برچسب شده منجر به گیاه سوزی گشنیز نمی‌شود. لذا، پیشنهاد می‌شود که پس از اطمینان از عدم حضور کلودینافوپ-

پروپارژیل در گشنیز تیمار شده با کلودینافوپ-پروپارژیل و نیز پس از انجام آزمایش‌های میدانی، کلودینافوپ پروپارژیل برای کاربرد در مزارع گشنیز توصیه شود. علاوه بر این، گشنیز به خوبی به دُز برچسب شده فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت متحمل است؛ به طوری که در دو آزمایش مجزا، دُز لازم برای خشکاندن ۱۰ درصدی به وسیله فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت با دُز برچسب شده آن حدوداً ۱۱ و ۱۴ درصد اختلاف داشت. به منظور کاهش همین مقدار آسیب ناشی از فن‌مدیفام+دس‌مدیفام+اتوفومازیت روی گشنیز، توصیه می‌شود که بذر گشنیز قبل از کاشت با اسید آسکوربیک پیش-تیمار شود تا منجر به مصونیت گشنیز در برابر آسیب متابولیکی جزئی علف کش فوق شود.

منابع

- Akbari Darabkhani, E. Ahmadvand, G. and Aliverdi, A. 2024. Sensitivity and tolerance of quinoa to 22 herbicides registered for other crops. J. Crop Prot. 13(4): 349-360.
- Alaei, F. Maleki Farahani, S. Habibi, H. Fotokian, M.H. and Khodadadi, M. 2024a. Effect of nitrogen sources on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in competition with weeds. Iran J. Field Crop Sci. 22(2): 155-167.
- Alaei, F. Maleki Farahani, S. Habibi, H. Fotokian, M.H. and Khodadadi, M. 2024b. Coriander response to nitrogen fertilizer sources in different competing levels of weeds. Heliyon. 10(5): e26816.
- Aliverdi, A. and Malmir, M. 2022. The effect of surfactant type and its concentration on the efficacy of the selective herbicide of sugar beet (Betanal Progress O.F.). J. Sugar Beet 38(1): 109-122.

- Aliverdi, A. and Mansouri, H. 2023. Effect of melatonin on the stress caused by fomesafen on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under greenhouse conditions. J. Sugar Beet, 39(1): 77-90.
- Dhima, K.V. Vasilakoglou, I.B. Gatsis, T.D. Panou-Philotheou, E. and Eleftherohorinos, I.G. 2009. Effects of aromatic plants incorporated as green manure on weed and maize development. Field Crops Res. 110: 235-241.
- Gasti, V.D. and Chakravorty, S. 2019. Efficacy of herbicidal weed management in chili + coriander intercropping system. Int. J. Chem. Stud. 7(1): 2530-2535.
- Harish, M.C. Lalitha, B.S. Jayadeva, H.M. and Jadipujari, J. 2022. Efficacy of different herbicides on weed control in coriander. Mysore J. Agric. Sci. 56(3): 101-111.
- Hassanein, A.M.A. Kenawy, A.G.M. and Ibrahim, H.M. 2020. Effect of some weed control practices on coriander (*Coriandrum sativum* L.) productivity and their associated weeds. J. Plant Prod. 11: 1349-1359.
- HRAC. 2024. Herbicide Resistance Act Committee. Mode of action classification. <https://hracglobal.com/tools/2024-hrac-globalherbicide-moa-classification>.
- Job, M. Makutonin, M. Job, J. Niri, V. Nimmagadda, S. MacKenzie, J.A. and Geetha-Loganathan, P. 2025. Toxic effects of atrazine on freshwater mussels (*Elliptio complanata*). Environ. Toxicol. Chem. 44(4): 1007-1019.
- Kaya, A. 2017. Exogenous ascorbic acid improves defence responses of sunflower (*Helianthus Annuus*) exposed to multiple stresses. Biol. Futura, 68: 290-299.
- Khatami, S.A. Barmaki, M. Alebrahim, M.T. and Bajwa, A.A. 2022. Salicylic acid pre-treatment reduces the physiological damage caused by the herbicide mesosulfuron-methyl + iodosulfuron-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). Agron. 12: 3053.
- Khatooni, M. Karimmojeni, H. Zali, A.G. Razmjoo, J. and Tseng, T.M. 2022. Salicylic acid enhances tolerance of *Valeriana officinalis* L. to bentazon herbicide. Ind. Crops Prod. 177: 114495.
- Konishi, T. and Sasaki, Y. 1994. Compartmentalization of two forms of Acetyl-CoA carboxylase in plants and the origin of their tolerance toward herbicides. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. pp. 3598-3601.
- Ma, L.Y. Zhai, X.Y. Qiao, Y.X. Zhang, A.P. Zhang, N. Liu, J. and Yang, H. 2021. Identification of a novel function of a component in the jasmonate signaling pathway for intensive pesticide degradation in rice and environment through an epigenetic mechanism. Environ. Pollut. 268: 115802.
- Mohammed, S.M. and Elamin, S.E. 2003. Preliminary screening of herbicides on coriander (*Coriandrum sativum* L.). Dissertation, University of Khartoum, Sudan.
- Mohammadi, M., Pouryousef, M. and Naderloo, M. 2023. Investigation the use of living and non-living mulches in weed control of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iran Agric. Res. 41(2): 53-71.
- Moradi Behjoo, A. Amalshi, H.A. and Khosravi, H. 2021. A study on the status of coriander production and trade in the world and Iran. The first national conference on the applications of advanced chemical and agricultural research for the development of medicinal plants (focusing on the *Coriandrum sativum* L.). Hamedan – Nahavand, 29 May 2021.
- Naser, N. and Aliverdi, A. 2020. Effect of nozzle type and spray volume on clodinafop-propargyl efficacy in winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* Durieu.) control. Iran. J. Weed Sci. 16(1): 37-48.
- Nasiri, Y. 2020. Effect of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) on weeds control and production of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in intercropping. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 30(3): 1-19.

- Neshev, N. Shishkova, M. Delibaltova, V. Mitkov, A. Yanev, M. Chavdarov, P. and Nesheva, M. 2022. Study on the herbicide praxim (500 g L⁻¹ metobromuron) applied for weed control in coriander (*Coriandrum sativum* L.). Eur. J. Hortic. Sci. 87(4): 1-10.
- Nouioura, G. El Fadili, M. El Hachlafi, N. Maache, S. Mssillou, I. Abuelizz, H.A. Lafdil, F.Z. Er-rahmani, S. Lyoussi, B. and Derwich, E. 2024. *Coriandrum sativum* L., essential oil as a promising source of bioactive compounds with GC/MS, antioxidant, antimicrobial activities: *in vitro* and *in silico* predictions. Front. Chem. 12: 1369745.
- Pickett, K.M. and Zheljazkov, V.D. 2016. Screening of preemergence and postemergence herbicides for weed control in dill (*Anethum graveolens*), fennel (*Foeniculum vulgare*), coriander (*Coriandrum sativum*), and basil (*Ocimum basilicum*). In: Medicinal and aromatic crops: production, phytochemistry, and utilization. First edition, American Chemical Society Symposium Series.
- Pouryousef, M. Yousefi, A.R. Oveisi, M. and Asadi, F. 2015. Intercropping of fenugreek as living mulch at different densities for weed suppression in coriander. Crop Prot. 69: 60-64.
- Ritz, C. Kniss, A.R. and Streibig, J.C. 2015. Research methods in weed science: Statistic. Weed Sci. 63: 166-187.
- Rytwo, G. and Tropp, D. 2001. Improved efficiency of a divalent herbicide in the presence of clay, by addition of monovalent organocations. Appl. Clay Sci. 18: 327-333.
- Sacala, E. and Roszak, M. 2018. Mitigation of glyphosate-based herbicide toxicity in maize (*Zea mays* L.) seedlings by ascorbic acid. Toxicol. Environ. Chem. 100(5-7): 550-559.
- Savaliya, D.V. Patel, T.U. Patel, D.D. Arvadiya, L.K. Patel P.S. and Patel, D.K. 2017. Weed management in coriander. Agres. 6: 142-146.
- Singh, H. Singh, N.B. Singh, A. Hussain, I. and Yadav, V. 2016. Physiological and biochemical effects of salicylic acid on *Pisum sativum* exposed to isoproturon. Arch. Agron. Soil Sci. 62: 1425-1436.
- Tewari, A.N. Tiwari, S.N. Tripathi, A.K. and Singh, S.K. 2005. Herbicidal control of weeds in coriander (*Coriandrum sativum*) with special reference to *Coronopus didymus*. Indian J. Weed Sci. 37(3&4): 234-236.
- Wang, X. Wu, L. Xie, J. Li, T. Cai, J. Zhou, Q. Dai, T. and Jiang, D. 2018. Herbicide isoproturon aggravates the damage of low temperature stress and exogenous ascorbic acid alleviates the combined stress in wheat seedlings. J. Plant Growth Regul. 84: 293-301.
- Yaman, M. and Nalbantoğlu, B. 2020. Investigation of the effects of the fenoxaprop-p-ethyl herbicide and salicylic acid on the ascorbic acid and vitamin B6 vitamers in wheat leaves. J. Plant Growth Regul. 39: 729-737.
- Zhou, Y. Xia, X. Yu, G. Wang, J. Wu, J. Wang, M. Yang, Y. Shi, K. Yu, Y. Chen, Z. Gan, J. and Yu, J. 2015. Brassinosteroids play a critical role in the regulation of pesticide metabolism in crop plants. Sci. Rep. 5: 9018.