نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۶- شماره ۲- پیاپند ۱۳۹ تابستان ۱۴۰۲

ارزیابی کیفیت آب سمپاشی تحت حامل‌های متفاوت پاشش و مویان بر کارایی علف‌کش‌های بنتازون و پاراکوات در کنترل عروسک پشت‌پرده (*Physalis divaricata* L.)

The evaluation of water quality under different spray carriers and surfactant on bentazone and paraquat efficacy on control of ground cherry (*Physalis divaricata* L.)

معصومه کردمیر[۱]، علی اصغر چیت بند[۲*]، جهانشیر شاکرمی[۳]

۱. : دانش‌آموخته کارشناس ارشد علوم علف‌های هرز، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.
۲. استادیار دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران ، (نگارنده مسئول)
۳. استاد دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۹ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2024.363622.1657

چکیده

کردمیر، م.، چیت‌بند، ا.، شاکرمی، ج.، **. ارزیابی کیفیت آب سمپاشی تحت حامل‌های متفاوت پاشش و مویان بر کارایی علف‌کش‌های بنتازون و پاراکوات در کنترل عروسک پشت‌پرده (*Physalis divaricata* L.)**
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۶ - شماره ۲- پیاپند ۱۳۹ تابستان ۱۴۰۲ صفحه: ۳۹-۱۹

کیفیت آب حامل از فاکتورهای مهم در افزایش کارایی علف‌کش‌ها است. بدین‌منظور آزمایش گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده (*Physalis divaricata* L.) در دانشگاه لُرستان در سال ۱۴۰۰ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل شش دُز مختلف از تیمارهای علف‌کشی بنتازون (بازاگران) و پاراکوات (گراماکسون) به‌صورت خالص و مخلوط با مویان پی‌سی‌گیت به‌عنوان فاکتور اول و چهار حامل مختلف آب مقطر، کربنات سدیم، کربنات منیزیم و کربنات آلومینیوم به‌عنوان فاکتور دوم بودند که با استفاده از مدل لگاریتم لجستیک سه پارامتری به‌صورت دُز-پاسخ انجام شدند. نتایج آزمایش نشان داد کاربرد تیمار حامل‌های آب و دُزهای مختلف علف‌کش‌های بنتازون و پاراکوات بر وزن تر علف‌هرز عروسک پشت‌پرده معنی‌دار بود ($P<0.01$). مطابق مقادیر هر یک از ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} مربوط به حامل‌های مختلف محلول سمپاشی علف‌کش‌های بنتازون و پاراکوات، کربنات آلومینیوم و کربنات سدیم به ترتیب دارای حداکثر و حداقل تأثیر هم‌کاهی در کارایی علف‌کش‌ها بودند. براساس نتایج مقادیر ED ها و مقایسه میانگین، قدرت هم‌کاهی کاتیون‌های آب سخت بستگی به ظرفیت کاتیونی آنها داشت و به‌صورت زیر بود: $Al^{3+} > Mg^{2+} > Na^{+} > DW$. بنابراین وجود کاتیون‌های آب سخت منجر به کاهش معنی‌دار اثرات علف‌کش‌های بنتازون و پاراکوات در کنترل علف‌هرز عروسک پشت‌پرده شد، به‌طوری‌که استفاده از مویان پیسی‌گیت باعث افزایش کارایی علف‌کش‌ها (کاهش معنی‌دار مقادیر ED ها) در تمامی حامل‌های کاربردی آب سخت گردید. همچنین دُزهای کاربردی ۴۸۰ و ۳۰۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار به ترتیب از علف‌کش‌های بنتازون و پاراکوات به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت به‌عنوان بهترین تیمارهای علف‌کشی جهت کنترل علف‌هرز عروسک پشت‌پرده توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: حامل آب، دُز-پاسخ، کاتیون آب سخت، مادهٔ افزودنی، مقادیر ED.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: chitband.a.a@lu.ac.ir

مقدمه

عروسک پشت پرده (*Physalis divaricata* L.) از خانوادهٔ سیب‌زمینی (Solanaceae) علف هرزی یکساله تابستانه و گونه‌ای مهاجم و مشکل ساز که در مزارع مختلف حبوبات، چغندرقند و ذرت گزارش شده است. این علف هرز می‌تواند از طریق رقابت برای آب، مواد غذایی و نور در طول فصل رشد با گیاه زراعی حساس مانند نخود و لوبیا منجر به کاهش عملکرد آن ها شود (Sabeti *et al.,* 2021). بنتازون علف‌کشی است انتخابی از گروه بنزوتیادیازینون که دارای خاصیت تماسی و انتخابی بوده و جهت کنترل علف های هرز پهن برگ یکساله و چندساله در مزارع سویا، لوبیا، نخودفرنگی، شبدر، یونج مورد استفاده قرار می‌گیرد. پاراکوآت علف کشی تماسی و غیرانتخابی از گروه بای پیریدیلیوم ها بوده که می تواند در سیستم های کشت مستقیم و دیم اراضی حبوبات به عنوان یک جایگزین مناسب با علف کش گلایفوسیت جهت کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرد. این علف‌کش ها با خاصیت اسیدی ضعیف بوده و درصورت حل شدن در آب باعث کند آزاد شدن یون H^+ خواهند شد. بخش غیرقابل یونیزه شدهٔ مولکول این علف کش ها پس از اختلاط با آب توسط اندام هوایی گیاهان جذب می شود. بخش یونیزه شده دارای بار منفی است که می تواند با کاتیون های دارای بار مثبت در محلول سمپاش اتصال برقرار کند که بسته به نوع کاتیون پیوند یافته، جذب علف کش افزایش یا کاهش خواهد یافت (Torabi *et al.,* 2017؛ Devkota *et al.,* 2016).

آب به عنوان اصلی‌ترین و قابل دسترس ترین حامل علف‌کش‌ها است و کیفیت آن تحت تأثیر عواملی چون اسیدیته، کدری و سختی آب حامل قرار می‌گیرد. کاتیون های موجود در آب سخت شامل کلسیم (Ca^{+2})، منیزیم (Mg^{+2})، سدیم (Na^{+})، آلومینیوم (Al^{+3})، منگنز (Mn^{+3}) و روی (Zn^{+2}) و پتاسیم (K^{+}) می باشند. این کاتیون ها قادرند که با مولکول علف کش های دارای بار منفی (Zollinger *et al.,* 2010) پیوند برقرار کنند و تشکیل رسوب داده و از کارایی، جذب و انتقال آن‌ها جلوگیری نمایند (Hoffmann *et al.,* 2008). در آزمایشی نشان داده شد کربنات کلسیم موجب اثر بازدارندگی بر کارایی علف کش توفوردی در کنترل تاج خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) و سلمه تره (*Chenopodium album* L.) می شود، به طوری که افزایش سختی آب منجر به کاهش بیشتر اثر علف کشی خواهد شد (Izadi *et al*., ۲۰۰۱). در آزمایشی مشابه مشخص شد که کاربرد ۵۰۰ میلی گرم در لیتر بی کربنات سدیم در مخزن حاوی علف کش کوئین کلوراک، کنترل علف هرز بیدگیاه (چمن انگلیسی) (*Elymus repens* (L.) Gould) کاهش پیدا کرد (Woznica *et al.,* 2003). سایر مطالعات در این ارتباط، نشان از حساسیت علف کش‌های بنتازون، دایکامبا، ام سی پی آ و ستوکسیدیم دارند (Petroff, 2000). اثر کاهندگی یون کلسیم بر کارایی علف کش هایی همچون گلیفوسینات (Maschhoff *et al.,* 2000)، کلتودیم (Nandula *et al.,* 2007)، یون سدیم روی علف‌کش ستوکسیدیم (Matysiak & Nalewaja, 1999) و یون منگنز و کلسیم روی

گلایفوسیت (Bailey *et al.,* 2002; Bernards *et al.,* 2005; Mirzaei *et al.,* 2023) به اثبات رسیده است.

جهت کاهش واکنش کاتیون‌های آب سخت با علف‌کش‌ها، نوآوری‌های، مختلفی پیشنهاد شده است. اولین نوآوری کاربرد علف کش با حجم‌های پایینی از حامل در مخزن بود. از آنجایی که هر کاتیون موجود در آب سخت قادر است به دو یا بیشتر مولکول علف کش اتصال پیدا کنند، وقتی از حجم حامل پاشش کاسته شود، از تعداد کاتیون ها نیز کاسته می شود (Zollinger *et al.,* 2010). دومین و مهم‌ترین نوآوری، استفاده از مواد افزودنی به همراه محلول پاشش است که می تواند کاهش مصرف علف‌کش و صرفه‌جویی اقتصادی را به دنبال داشته باشد. مویان‌ها ترکیبات فعال سطحی هستند که از طریق افزایش امولسیون کنندگی، مرطوب کنندگی، پخش شدگی، خیس خوردگی کشش سطحی را کاهش داده و با کاهش زاویهٔ تماس قطرک ها با سطح برگ موجب خیس شدن بهتر آن می‌شوند (Ramsey *et al.,* 2005). پی‌سی‌گیت یکی از مویان های مهم و قابل استفاده علف‌کش هاست که دارای خاصیت چسبندگی و پوشش سریع بوده و با کاهش کشش سطحی محلول علف کش باعث کاهش قطر قطرات خروجی از نازل شده و در ایجاد پوشش یکنواخت روی سطح گیاه مؤثرند. همچنین، از به هم پیوستن قطرات و تشکیل قطرات بزرگتر علف‌کش جلوگیری کرده و به جذب و کارکرد علف کش‌های سیستمیک و نفوذپذیری آن‌ها کمک می‌کند (Zand *et al.,* 2019). در مطالعه ای بیان شد که اضافه کردن سولفات آمونیوم به علف کش گلیفوسیت موجب به تأخیر انداختن یا جلوگیری از کریستاله شدن گلیفوسیت روی سطح برگ شده و با این عمل طول مدت زمان نفوذ گلیفوسیت در کوتیکول افزایش می یابد (Young *et al.,* 2003). این ترکیبات با مولکول علف کش تشکیل نمک قابل جذب در گیاه را می دهند در نتیجه کاتیون‌های آب سخت نمی توانند با مولکول علف‌کش واکنش دهند (Penner *et al.,* 2005). همچنین گزارش شد که آب محتوای ۵۰۰ میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم موجب کاهش کارایی گلایفوسیت و گلایفوسیت-آمونیوم در کنترل گاوپنبه می‌شود (Pratt *et al.,* 2003). آن‌ها گزارش کردند که افزودن ۲۰ گرم در لیتر سولفات آمونیوم از اثرات هم کاهی[1] آن جلوگیری می کند. در تحقیق دیگری ثابت شد آب حاوی یون کلسیم (۵۹۰ میلی گرم در لیتر)، منیزیم (۶۳۰ میلی گرم در لیتر)، منگنز (۴/۹۷ لیتر در هکتار) و روی (۳۳/۲ لیتر در هکتار) موجب اثر منفی بر کارایی علف‌کش های دای کامبا و توفوردی در کنترل سلمه تره و تاج خروس ریشه قرمز شده است و افزودن سولفات آمونیوم به محلول هر دو علف کش باعث جلوگیری اثر کاهندگی این کاتیون ها شد (Roskamp *et al.,* 2013). گزارش های دیگر از تأثیر سولفات آمونیوم به عنوان مادهٔ افزودنی در کاهش اثر مضر آب‌های سخت بر کارایی گلایفوسیت شده است (Aladesanwa & Oladimeji, 2005; Penner *et al.,* 2005;

1.Antagonistic effects

Woznica & Waniorek, 2008; Soltani *et al.*, 2011). همچنین، در بررسی تأثیر حامل آب سخت (کلسیم و منیزیم) بر کارایی علف کش توفوردی+ اِم سی پی آ جهت کنترل شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) در زمین چمن مشخص شد که با افزایش درصد سولفات آمونیوم (چهار درصد) با آب محتوای ۴۵ پی پی اِم سختی شامل کاتیون های کلسیم و منیزیم، افزایش کارایی علف کش توفوردی+ ام سی پی آ حاصل شده بود.

بنابراین با توجه به وجود سنگ بستر آهکی در ایران و وفور کاتیون های مختلف آب سخت در منابع آبی، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کاتیون های مختلف آب سخت بر کارایی علف کش‌های بنتازون و پاراکوات در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده و نیز استفاده از مویان پی۲سی گیت در جهت رفع اثرات منفی ناشی از حضور این عناصر در محلول سم‌پاشی بر کارائی علف‌کش های مذکور بود.

مواد و روش ها

به‌منظور بررسی تأثیر حامل‌های متفاوت محلول سم‌پاشی بر کارایی مقادیر مختلف علف کش‌های بنتازون و پاراکوات در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده (*Physalis divaricata* L.)، دو آزمایش دُز-پاسخ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۴۰۰ به اجرا درآمد.

بذر علف هرز عروسک پشت پرده از پردیس دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه لُرستان در سال ۱۳۹۹ جمع‌آوری شده و تا زمان آزمایش در یخچال نگهداری شد. به منظور جوانه‌زنی و سبز شدن یکنواخت بذور، ابتدا بذور با محلول هیپوکلرید سدیم (یک درصد) ضدعفونی و در پتری دیش هایی با قطر ۸ سانتی متر روی دو لایه کاغذ واتمن شماره یک قرار داده شدند. سپس محلول اسیدجیبرلیک (۱۲۵۰ پی پی اِم) به آن ها اضافه شده و به مدت ۲۴ ساعت در اتاقک رشد در تناوب نوری ۱۲/۱۲ ساعت (روز/شب) قرار داده شد. بذرها از اتاقک رشد خارج و با آب مقطر مورد شستشو قرار گرفته و در دمای اتاق قرار داده شدند (Ghodrati *et al.*, 2015). با این روش بیش از ۹۵ درصد بذور جوانه دار شدند. بذرها با تراکم ده عدد در گلدان یک لیتری حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی در عمق ۰/۲۵ سانتی متر در ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۰ کاشته شدند. گیاهچه های هر گلدان هر دو تا سه روز آبیاری شده و در مرحلهٔ دو برگی، به چهار گیاهچه تنک شدند و به میزان ۳۰ میلی لیتر از محلول ۰/۳ کود ۲۰: ۲۰: ۲۰ (N:P:K) به هر یک از گلدان ها اضافه شد. دمای هوا در طول مدت رشد، بین ۱۵ تا ۲۲ درجه سانتی گراد در طول روز و ۱۱ تا ۱۷ درجه سانتی گراد در طول شب متغیر بود. تیمارهای آزمایش علف هرز عروسک پشت پرده شامل کاربرد ۶ سطح از علف کش های بنتازون (بازاگران، SL ۴۸ درصد، آریاشیمی (Ariashimi, Iran) در مقادیر ۰، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۴۸۰ گرم در هکتار مادهٔ مؤثره و پاراکوات (گراماکسون، SL ۲۰ درصد، آریاشیمی (Ariashimi, Iran) در مقادیر ۰، ۱۸/۷۵، ۳۷/۵، ۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰ گرم در هکتار مادهٔ مؤثره بدون و به همراه مویان پی سی

گیت (۲٪ v/v) و کاربرد ۴ سطح از حامل های مختلف آب مقطر (Distilled Water (DW)، کربنات سدیم ($Na_2^+ CO_3$ (Na)، کربنات منیزیم ($Mg_2^+ CO_3$ (Mg^2) و کربنات آلومینیوم (Al_2^+ (Al^3) ($(CO_3)_3$)) محلول سمپاشی به همراه سه تکرار برای هر یک از تیمارهای علف کشی فوق در نظر گرفته شد. گیاهان در مرحله ۴ تا ۶ برگی با استفاده از سمپاش ماتابی[1] مجهز به نازل بادبزنی معمولی[2] با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار با فشار پاشش ۲۰۰ کیلو پاسکال (نزدیک ۲ بار) تحت تیمار قرار گرفتند. شرایط دمایی در هنگام پاشش علف کش های بنتازون و پاراکوات بین ۴± ۲۳ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷ ± ۴۳ درصد بود. اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده چهار هفته پس از اعمال تیمارها از روی سطح گلدان ها برداشت شدند و وزن تر و خشک آن ها اندازه گیری شد. تمامی داده های وزن تر به طور همزمان با استفاده از نرم افزارR و محیط گرافیکی آن (R) (RStudio Core Team, 2021) و افزوده شدن بستهٔ *drc* با مدل لُگاریتم لُجستیک سه پارامتری (معادلهٔ ۱) برازش داده شدند (Chitband *et al.,* 2020):

فرمول ۱

$$f(x,(b,d,e)) = \frac{d}{1+\exp\{b(\log(x)-\log(e))\}}$$

در معادلهٔ (۱)؛ *f(x* بیانگر وزن تر در دُز z، dحد بالا وزن تر در مقادیر صفر فرمولاسیون، x دُز علف کش، ED_{10}[3]، ED_{50} = e و ED_{90} مقدار فرمولاسیون لازم برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد وزن تر علف هرز و b متناسب با شیب منحنی در محدودهٔ ED_{50} می باشد. برای محاسبهٔ پتانسیل (توانایی) نسبی[4] دو حالت فرمولاسیون خالص و به همراه مویان پی سی گیت علف کش‌های بنتازون و پاراکوات از فرمول زیر استفاده شد:

فرمول ۲

$$RP = \frac{z_1}{z_2}$$

در معادلهٔ (۲)؛ z_1 و z_2 به ترتیب دُز علف کش های ۱ و ۲ در مقادیر ED_{50}، اگر RP برابر یک باشد نشان دهندهٔ این است که اضافه کردن مویان پی‌سی گیت هیچ اثری بر روی فعالیت شاخ و برگی علف کش های بنتازون و پاراکوات ندارد. ولی اگرRP بزرگتر و یا کوچکتر از یک باشد، کاربرد مویان پی سی گیت با علف‌کش های بنتازون و پاراکوات در مقایسه با کاربرد خالص آن، کارایی یا فعالیت شاخ و برگی آن را افزایش و یا کاهش داده است (Chitband *et al.,* 2020).

در فاصلهٔ زمانی ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از اعمال تیمارهای علف کشی، میزان خسارت هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات بر روی علف هرز عروسک پشت پرده با روش استاندارد EWRC[5] مورد ارزیابی چشمی قرار گرفت. در این روش برای کنترل با بیش از ۸۰ درصد از واژه «کنترل بسیار خوب یا نابودی کامل»، کنترل بین ۷۰ تا ۸۰ درصد از واژه

1.Matabi 121030 Super Agro 20l sprayer; Agratech Services-Crop®, Spraying Equipment, Rossendale, UK

2. 8002 flat – fan nozzle

3.Effective Dose

4.Relative Potency (RP)

5. European Weed Research Council

«کنترل مطلوب»، کنترل ۵۰ تا ۷۰ درصد از واژه «کنترل کمی مطلوب»، کنترل ۳۰ تا ۵۰ درصد از واژه «کنترل متوسط»، کنترل ۱۲/۵ تا ۳۰ درصد از واژه « کنترل ضعیف « کنترل صفر تا ۱۲/۵ «بدون تاثیر» استفاده شد (Moss *et al.*, 2007).

در این آزمایش برازش داده‌های حاصل از تیمارهای علف کشی با مدل لگاریتم لُجستیک چهار و سه پارامتری و انجام آزمون عدم برازش (Lack of fit test) انجام گرفت. در صورت معنی دار نشدن این آزمون از مدل لگاریتم لُجستیک سه پارامتری و در صورت معنی دار شدن آن از مدل لگاریتم لُجستیک چهار پارامتری استفاده شد (جدول ۱) (Chitband *et al.*, 2020). هم‌چنین داده های حاصل از وزن تر علف هرز عروسک پشت پرده تحت تأثیر حامل های مختلف محلول سمپاشی بر کارایی مقادیر متفاوت علف کش های بنتازون و پاراکوات با استفاده از نرم افزار SAS ۹,۴ مورد آنالیز قرار گرفتند. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودار با نرم افزار EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

ارزیابی ارتباط زیست سنجی دُز-پاسخ

مقادیر پارامترهای حاصل از برازش مدل لگاریتمی لجستیک سه پارامتری شامل میانگین و خطای استاندارد آن ها در جدول ۱ و منحنی های دُز-پاسخ (لُگاریتم لُجستیک) مربوط به حامل های متفاوت سمپاشی در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده در شکل ۱ آورده شده است.

آزمون عدم برازش (Lack of fit test) بر مبنای آزمون ANOVA در سطح احتمال ۵ درصد حاصل از برازش مدل لگاریتم لُجستیک چهار و سه پارامتری برای داده‌های مربوط به کاربرد حامل های متفاوت بر وزن تر علف هرز عروسک پشت پرده در دُزهای مختلف علف کش های بنتازون و پاراکوات با و بدون مویان پی سی گیت معنی‌دار نیست (جدول ۱). بنابراین داده های مربوط به کاربرد حامل های مختلف علف هرز عروسک پشت پرده تحت تأثیر علف کش های بنتازون و پاراکوات با مدل لگاریتم لُجستیک سه پارامتری برازش داده شد. هم‌چنین عدم معنی داری آزمون عدم برازش در سطح ۵ درصد برای مدل لگاریتمی لُجستیک سه پارامتری در این آزمایش مشاهده شد (جدول ۱)، این امر نشان‌دهندهٔ برازش خوب مدل لُجستیک سه پارامتری برای داده‌ها و نیز حاکی از یکسان بودن آنالیز رگرسیون غیرخطی بر تجزیه واریانس بوده است. منحنی‌های دُز-پاسخ مربوط به مربوط به کاربرد حامل های مختلف بر علف هرز عروسک پشت پرده در دُزهای مختلف علف کش های بنتازون و پاراکوات در شکل ۱ و مقادیر پارامترهای حاصل از برازش مدل لگاریتمی لُجستیک سه پارامتری شامل میانگین و خطای استاندارد حد بالا، شیب منحنی و هر یک از شاخص های ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} در جدول ۱ نشان داده شده است. براساس منحنی های دُز-پاسخ دو علف کش در شکل ۱، ضرایب b (حداکثر شیب منحنی پس از آستانه پاسخ) برای پاراکوات تندتر از بنتازون یا به عبارتی توان این علف کش در کاهش مادهٔ خشک عروسک پشت پرده بیشتر

از بنتازون است. در صورت بالا بردن مقدار هر دو علف‌کش اختلافی در میزان کنترل بین آن‌ها مشاهده نخواهد شد (حد پایین در منحنی های شکل ۱). همچنین بین شیب منحنی های مربوط به علف‌کش بنتازون پاشیده شده تحت حامل های آب مقطر و کاتیون‌های آب سخت اختلاف معنی داری مشاهده نشد. از این رو، می توان منحنی‌های آن‌ها را موازی در نظر گرفت. در چنین حالتی می‌توان نتیجه گرفت که عمل هم کاهی کاتیون‌ها موجود در آب سخت (جدول ۱ و شکل ۱) در تمامی غلظت های علف کشی برابر عمل کرده است (Kudsk & Mathiassen, 2007). برعکس، شیب منحنی های مربوط به علف کش پاراکوات پاشیده شده با حامل‌های آب مقطر و کاتیون‌ها آب سخت دارای اختلاف معنی‌داری بودند. در چنین وضعیتی می توان نتیجه گیری نمود که عمل هم کاهی کاتیون‌ها در غلظت های پایین علف کشی دارای اثر بیشتری است (Kudsk & Moss, 2017).

نتایج آزمایش نشان داد که وزن خشک علف هرز عروسک پشت پرده تحت تأثیر تمامی دُزهای مختلف علف کش های بنتازون و پاراکوات قرار گرفت به طوری که مقدار وزن خشک این علف هرز با افزایش مقدار دُز کاربردی هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات، کاهش یافت. مقادیر هر یک از حد مجاز ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} برای علف کش های بنتازون و پاراکوات تحت تأثیر حامل های مختلف در حالت خالص و به همراه مویان پی سی گیت در جدول ۱ و شکل ۲ آمده است.

مقادیر ED_{50} وزن خشک تمامی حامل های آب مقطر، کربنات سدیم، کربنات منیزیم و کربنات آلومینیوم دارای روندی متفاوت از ۱۵۳/۹۹ تا ۲۳۳/۴۸ برای علف کش بنتازون و ۶۹/۳۲ تا ۱۱۵/۲۲ برای علف کش پاراکوات در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده بود. به طوری که بیش‌ترین ED_{50} در حامل کربنات آلومینیوم با مقادیر ED_{50} = ۲۳۳/۴۸±۱۱/۰۹ و ED_{50} = ۱۱۵/۲۲±۷/۱۸ و کم‌ترین آن در تیمار حامل آب مقطر با مقدار ED_{50} = ۱۵۳/۹۹±۵/۰۲ و ED_{50} = ۶۹/۳۲±۲/۸۶ به ترتیب مربوط به کاربرد هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات برای علف هرز عروسک پشت پرده مشاهده شد (جدول ۱). در واقع تیمار حامل آب مقطر هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات دارای کمترین شدت اثر در کاهش کارایی علف کش های مذکور داشت و در مقادیر بسیار کمتر علف کش ها توانسته بود شدت اثر بیشتری در کاهش وزن خشک علف هرز عروسک پشت پرده ایجاد کند.

درحالی که تیمار حامل کربنات آلومینیوم هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات به ترتیب دارای بیشترین شدت اثر در کاهش کارایی علف کش ها (بیشترین عمل هم کاهی) بود و به مقادیر بالاتری از دُزهای علف کشی جهت کنترل معنی دار عروسک پشت پرده نیاز داشت. تیمار حامل کربنات منیزیم به همراه هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات با مقادیر ED_{50} = ۲۰۶/۹۳±۶/۴۷ و ED_{50} = ۹۲/۰۱±۵/۶۳ نیز دارای شدت تأثیر معنی داری در کاهش کنترل علف هرز عروسک پشت پرده

جدول ۱- مقادیر آنالیز رگرسیون دُز-پاسخ دُزهای مختلف علف کش های بنتازون و پاراکوات تحت حامل های متفاوت سمپاشی بدون و به همراه مویان پی سی گیت در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده (*Physalis divaricata* L.)

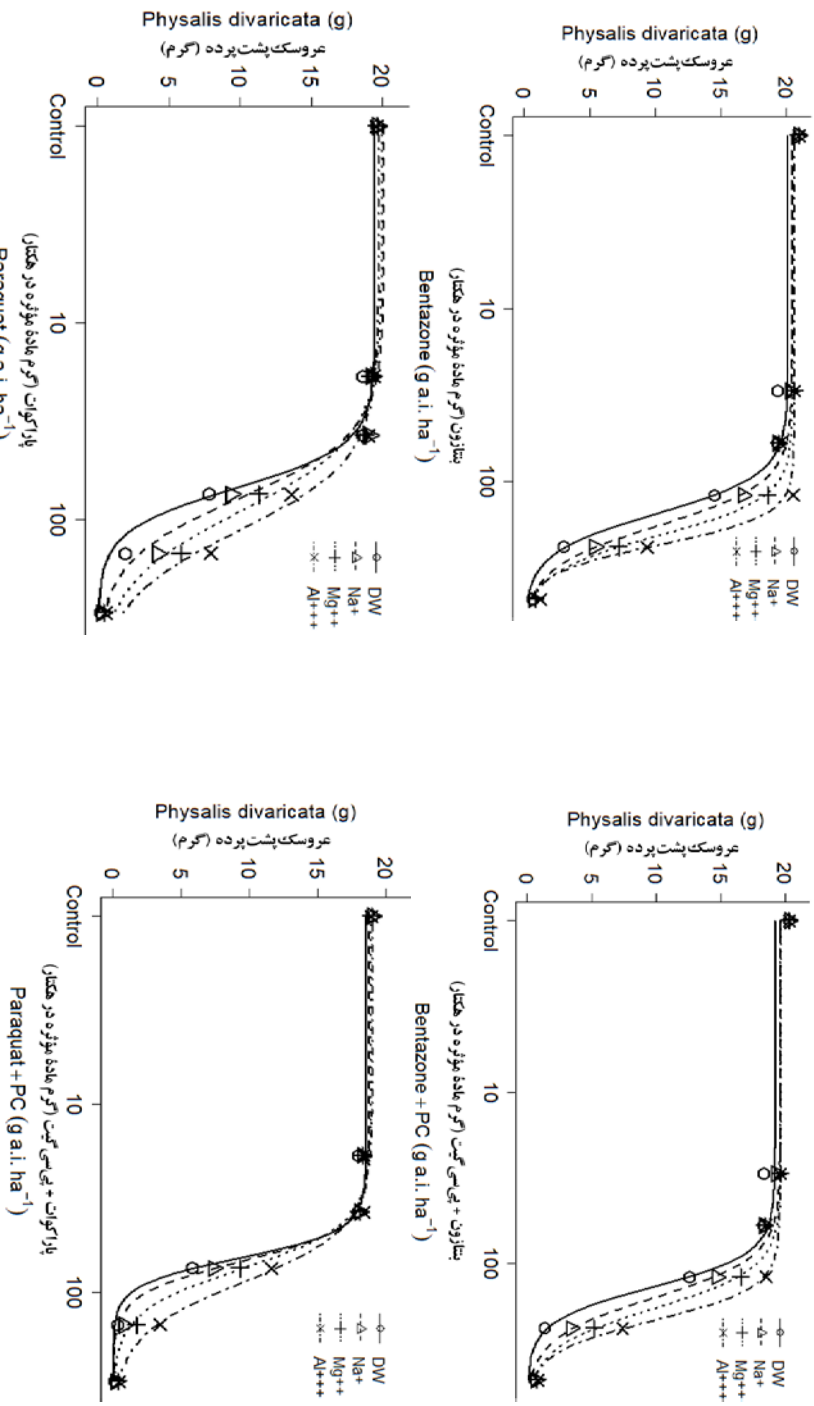
Table 1. Dose-response regression analysis values of different doses of bentazone and paraquat herbicides under different spray carriers without and with PC Gate surfactant on the control of ground cherry (*Physalis divaricata* L.)

علفکش Herbicide	حامل Carrier	بهبود دهندهٔ آب Water conditioner	شیب منحنی[1] b	حد بالا منحنی[2] D	دُز مؤثر (گرم مادهٔ مؤثره در هکتار) Effective dose (g.a.i. ha^{-1})			آزمون عدم برازش[4]	پتانسیل نسبی(RP)[5]
					ED_{10}	ED_{50}[3]	ED_{90}		
بنتازون Bentazone	آب مقطر Distilled water (DW)	بدون مویان None sufactant	3.77 (0.37)	20.09 (0.35)	86.01 (5.72)	153.99 (5.02)	275.72 (17.84)	0.29 ns	1.11 (0.15)
		پی سی گیت (PC Gate)	4.38 (0.60)	19.16 (0.34)	83.69 (5.84)	138.14 (4.15)	228.01 (18.22)	0.36 ns	
	آب مقطر + کربنات سدیم $DW + Na_2CO_3$	بدون مویان None sufactant	3.53 (0.34)	20.39 (0.35)	96.76 (7.38)	180.38 (6.16)	336.27 (20.27)	0.99 ns	1.13 (0.17)
		پی سی گیت (PC Gate)	3.67 (0.37)	19.55 (0.35)	87.61 (6.41)	159.32 (5.49)	289.73 (19.08)	0.14 ns	
	آب مقطر + کربنات منیزیم $DW + MgCO_3$	بدون مویان None sufactant	3.99 (0.49)	20.42 (0.37)	119.47 (10.09)	206.93 (6.47)	358.42 (21.96)	0.98 ns	1.12 (0.16)
		پی سی گیت (PC Gate)	3.73 (0.39)	19.60 (0.37)	102.30 (8.15)	184.27 (6.44)	331.90 (20.19)	0.53 ns	
	آب مقطر + کربنات آلومینیوم $DW + Al_2(CO_3)_3$	بدون مویان None sufactant	5.13 (1.13)	20.55 (0.39)	152.09 (15.27)	233.48 (11.09)	358.40 (33.45)	0.92 ns	1.08 (0.11)
		پی سی گیت (PC Gate)	4.56 (0.75)	19.55 (0.36)	133.49 (12.99)	216.15 (6.47)	349.99 (24.69)	0.38 ns	
پاراکوآت Paraquat	آب مقطر Distilled water (DW)	بدون مویان None sufactant	3.94 (0.82)	19.44 (0.53)	39.88 (5.14)	69.32 (2.86)	120.49 (13.64)	0.28 ns	1.05 (0.09)
		پی سی گیت	5.99 (1.83)	18.48 (0.44)	45.71 (7.01)	65.94 (3.09)	95.12 (7.39)	0.36 ns	

	(PC Gate)							
آب مقطر + کربنات سدیم	بدون مویان	2.68	20.05	34.27	77.76	176.42	0.99 ns	1.12 (0.15)
$DW + Na_2CO_3$	None sufactant	(0.33)	(0.54)	(3.93)	(4.17)	(19.78)		
	پی سی گیت	4.92	18.70	44.05	68.83	107.54	0.14 ns	
	(PC Gate)	(1.15)	(0.43)	(5.60)	(2.38)	(9.71)		
آب مقطر + کربنات منیزیم	بدون مویان	2.32	19.92	35.66	92.01	237.37	0.98 ns	1.22 (0.23)
$DW + MgCO_3$	None sufactant	(0.25)	(0.55)	(4.56)	(5.63)	(25.45)		
	پی سی گیت	3.73	18.84	41.82	75.38	135.87	0.53 ns	
	(PC Gate)	(0.57)	(0.44)	(4.16)	(2.73)	(12.87)		
آب مقطر + کربنات آلومینیوم	بدون مویان	2.39	19.70	45.93	115.22	289.07	0.92 ns	1.29 (0.28)
$DW + Al_2(CO_3)_3$	None sufactant	(0.26)	(0.53)	(6.24)	(7.18)	(29.09)		
	پی سی گیت	3.03	18.98	43.07	89.01	183.93	0.38 ns	
	(PC Gate)	(0.33)	(0.45)	(3.98)	(3.86)	(15.86)		

مقادیر داخل پرانتز، خطای استاندارد هر پارامتر هستند. [1]شیب منحنی در محدودهٔ ED_{50}، [2] حد بالای منحنی وقتی غلظت علفکش صفر است، [3] دُزی مؤثری (گرم مادهٔ مؤثره در هکتار) که منجر به کاهش ۵۰ درصد (وزن خشک علف های هرز) پاسخ می شود، ns: غیرمعنی دار در سطح احتمال ۵٪ است، [4] Lack of Fit test، [5] Relative Potency (RP)

Standard errors are shown in parenthesis. [1]Slop around the ED_{50}, [2]Upper limit, when herbicide doses are zero, [3]ED_{50} (Effective dose): The dose causes 50% decrease in response (weeds drywieght), ns; non significant at the 5% level of probability, [4]Lack of Fit test, [5]Relative Potency (RP)



شکل ۱- منحنی های لگاریتم لُجستیک دُز-پاسخ (Dose-response) مقادیر دُزهای مختلف علف کش های بنتازون و پاراکوات بدون (چپ) و با میزان پی سی گیت (راست) تحت حامل های متفاوت سمپاشی آب مقطر (DW)، کربنات های سدیم (Na^+) و منیزیم (Mg^{++}) و آلومینیوم (Al^{+++}) در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده (*Physalis divaricata* L.)

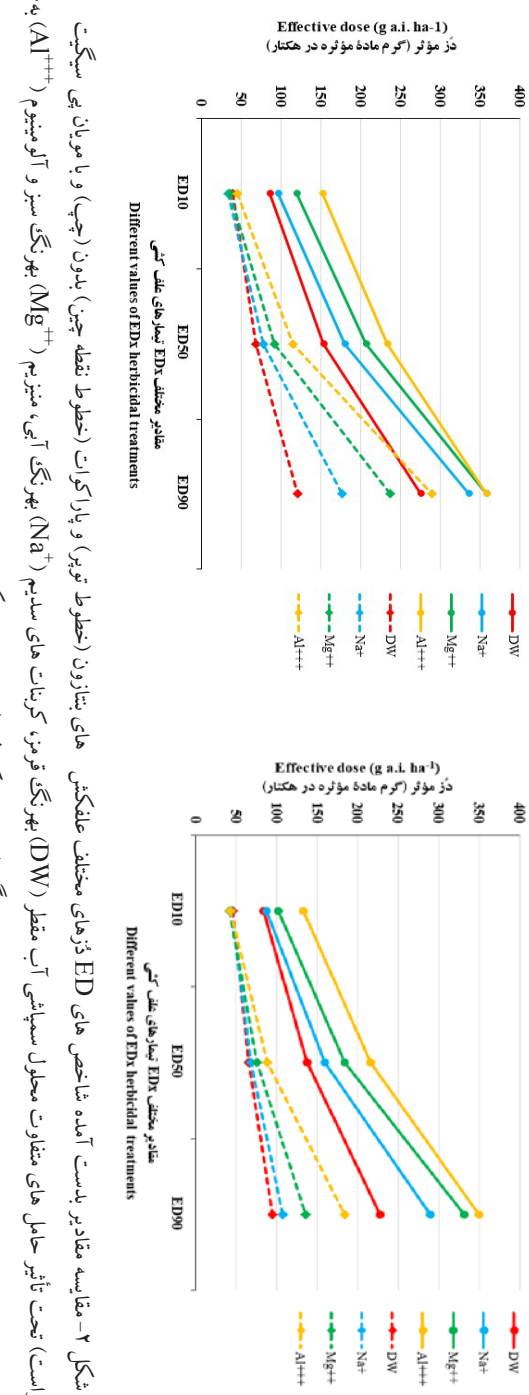
Figure 1. Log-logistic dose-response curves of different doses of bentazone and paraquat herbicides without (Left) and with PC Gate (Right) surfactant under different spray carriers distilled water (DW), Na_2CO_3 (Na^+), $MgCO_3$ (Mg^{++}) and $Al_2(CO_3)_3$ (Al^{+++}) on the control of ground cherry (*Physalis divaricata* L.)

داشت که نشان دهندهٔ کنترل کمتر علف کش های مورد استفاده تحت کاربرد این کاتیون بود (جدول ۱). کم ترین کاهش معنی دار در کارایی هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات تحت کاربرد حامل کربنات سدیم با مقدار ED_{50} = ۱۸۰/۳۸±۶/۱۶ و ED_{50} = ۷۷/۷۶±۴/۱۷ بدست آمد (جدول ۱). همچنین براساس شکل ۱ مشخص می شود که کاربرد حامل های آب سخت موجب کشیده شدن منحنی های لگاریتم لُجستیک دُز-پاسخ هر یک از علف‌کش‌ها به

سمت راست منحنی علف کش به کار رفته با آب مقطر شده است، که نشان دهندهٔ کاهش کارایی علف کش‌ها به سبب حضور کاتیون های فلزی درون حامل آب سخت است. مطابق با نتایج کمترین مقادیر ED_{50}ابتدا در تیمار حامل آب مقطر و سپس در تیمار حامل کربنات سدیم مشاهده شد. بنابراین درصورت وجود کاتیون در محلول سمپاشی، حامل کربنات سدیم قدرت هم کاهی کمتری در کارایی هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات در مقایسه با دو کربنات آلومینیوم و منیزیم ایجاد خواهد کرد.

تحقیقات قبلی نشان داده است که وجود کاتیون‌های فلزی در آب موجب کاهش کارایی علف‌کش‌ها به ویژه علف‌کش‌های اسیدی ضعیف می‌شوند (Penner *et al.,* 2005). کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و منیزیم (Nalewaja & Matysiak, 2000) و منگنز (Bernards *et al.,* 2005) موجود در آب باعث کاهش کارایی گلایفوسیت شده است. علف کش هایی که خاصیت اسید ضعیفی دارند، مثل بنتازون و پاراکوات ممکن است در محلول آب به بخش های آنیونی و کاتیونی تفکیک شوند و بخش آنیونی آنها با کاتیون‌های فلزی موجود در آب سخت پیوند برقرار کند. در نتیجه مولکول کاتیون-علف‌کش به وجود می‌آید که نسبت به مولکول علف‌کش نامحلول بوده و به خوبی بر روی برگ نشست نمی کند و از طریق برگ‌های گیاهان به خوبی جذب نمی‌شود (Torabi *et al.,* 2017; Bayer Crop Science, 2017; Penner *et al.,* 2005). مطالعات نشان داد که یون‌های کاتیونی موجود در آب سخت، می توانند با مولکول گلایفوسیت کمپلکس تشکیل داده و مانع از تشکیل پیوند بین مولکول گلایفوسیت با آنزیم EPSPS (۵- اینول پیرووِیل شیکیمات ۳ فسفات سنتاز) شوند و به همین دلیل کنترل مطلوب علف‌های هرز صورت نخواهد گرفت (Hall *et al.,* 2000). همچنین، کاتیون‌های موجود در آب سخت طبیعی بر فعالیت زیستی پاراکوات در کنترل علف هرز نیز تأثیر گذار بوده است (Torabi *et al.,* 2017). در مطالعه ای دیگر نیز ثابت شد که با افزایش سختی آب (حاوی کربنات کلسیم)، اندازهٔ قطره های پاشش افزایش می‌یابد و این امر باعث کاهش نشست و جذب قطره روی برگ هدف و متعاقباً موجب کاهش کارایی علف‌کش می‌شود (Hoffmann., *et al* ۲۰۰۸). همچنین گزارش شده است که کاتیون موجود در آب سخت از طریق پیوند با فرمولاسیون آمینی علف کش توفوردی سبب تشکیل رسوب بر روی جدارهٔ لوله ها و خروجی‌های سمپاش شده و موجبات گرفتگی آن ها را فراهم می آورند (Patton *et al.,*2016).

براساس مقادیر ED، کارایی دُزهای مختلف علف کش پاراکوات بیشتر از علف کش بنتازون در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده بود (جدول ۱ و شکل ۲). همجنین مقایسه مقادیر شاخص‌های ED برای کاهش وزن خشک علف هرز عروسک پشت پرده در شکل ۲ نشان داده شده است. همان طور که از این شکل استنتاج می‌شود، قدرت هم کاهی کاتیون‌ها بر فعالیت زیستی هر یک از علف‌کش‌ها به ظرفیت کاتیونی آن‌ها بستگی دارد. به عبارت دیگر،



شکل ۲– مقایسه مقادیر بدست آمده شاخص های ED دزهای مختلف علفکش های بنتازون (خطوط توپر) و پاراکوات (خطوط نقطه چین) بدون (چپ) و با مویان پی سیگیت (راست) تحت تأثیر حامل های متفاوت محلول سمپاشی آب مقطر (DW) بهرنگ قرمز، کربنات های سدیم (Na^+) بهرنگ آبی، منیزیم (Mg^{++}) بهرنگ سبز و آلومینیوم (Al^{+++}) به-رنگ نارنجی در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده

Figure 2. Comparison of ED values obtained for different doses of bentazone (Solid lines) and paraquat (Dotted lines) herbicides without (Left) and with PC Gate surfactant (Right) under different spray solution carriers distilled water (DW) in red color, Na_2CO_3 (Na^+) in blue color, $MgCO_3$ (Mg^{++}) in green color and $Al_2(CO_3)_3$ (Al^{+++}) in orange color on the control of ground cherry (*Physalis divaricata* L.)

قدرت هم کاهی کاتیون های سه ظرفیتی ($Al^{+۳}$) بیشتر از کاتیون‌های دو ظرفیتی ($Mg^{+۲}$) و آن‌ها نیز بیشتر از کاتیون تک ظرفیتی (Na^+) بود. بنابراین، با وجود اینکه غلظت کاتیون آلومینیوم پایین تر از کاتیون‌های دیگر است ولی دارای بیشترین قدرت کاهندگی کارایی هر دو علف کش را داراست. احتمالاً این به آن دلیل است که هر سه مولکول علف کش به وسیلهٔ یک کاتیون آلومینیوم خنثی می شود. درحالی که هر یک مولکول علف کش به وسیلهٔ یک کاتیون سدیم خنثی می شود (Aliverdi *et al.*, 2014; Nalewaja & Matysiak, 2000). عواملی چون نوع کاتیون، نوع علف کش و گونهٔ علف هرز

هدف می‌تواند در کارایی علف‌کش ها تحت کاربرد نمک های مختلف موجود در آب‌های سخت مؤثر باشد (Nalewaja & Matysiak, 2000). تحمل گونه های مختلف علف های هرز به کاربرد علف کش‌ها بستگی به خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی علف های هرز دارد که خود نیز از عوامل مهم تأثیرگذار بر کارایی علف کش هاست (Holm & Henry, 2005). ازطرفی، حساسیت علف کش‌های مختلف نسبت به سختی آب متفاوت است. در تحقیقی مشخص شد که علف کش تربوتیلازین به سختی آب دارای حساسیت زیادی است، درحالی که علف کش مزوتریون پاسخ معنی‌داری به سختی آب نشان نداد و علف‌کش نیکوسولفورون نیز به تغییرات سختی دارای حساسیت متوسطی بود. این اختلاف‌ها به علت تفاوت در ساختار شیمیایی و فیزیکی علف کش‌هاست که می‌تواند ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آنها را تحت تأثیر قرار دهد (Istvan & Endre, 2009).

مطابق نتایج جدول ۱، استفاده از مویان پی سی‌گیت به طور معنی داری منجر به کاهش مقادیر ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} در تمامی کاتیون های یک، دو و سه ظرفیتی مورد استفاده شدند. به طوری که هر یک از مقادیر ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} به ترتیب دارای روند وزن خشک متفاوتی از ۳۹/۸۸ تا ۴۳/۰۷، ۶۹/۳۲ تا ۸۹/۰۱ و ۱۲۰/۴۹ تا ۱۸۳/۹۳ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار تحت حامل های آب مقطر، کربنات سدیم، کربنات منیزیم و کربنات آلومینیوم برای علف هرز عروسک پشت پرده بودند. به عبارت دیگر، مویان پی‌سی گیت شدت اثر سمیت هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات را در کنترل علف هرز افزایش داده بود. همچنین نتایج حاصل از پتانسیل نسبی نیز این نتایج را تأیید می کند (جدول ۱). در مطالعه ای گزارش شد که برای جلوگیری از اثرات ناسازگار املاح موجود در آب حامل در کارایی علف کش ها، کاربرد مویان ها ضروری است. به عبارت دیگر، کاربرد مویان پی سی گیت منجر به کاهش کشش سطحی محلول علف کشی، تولید قطره‌های ریزتر، نشست بیشتر قطره‌های پاشش شده و جذب بیشتر مادهٔ مؤثره هر یک از علف‌کش های بنتازون و پاراکوات شده و درنهایت خیس پذیری بیشتر علف هرز عروسک پشت پرده را به همراه داشته است (Ramsey *et al.*, 2005). در تحقیق انجام شده بیان شد که خیس شدگی بیشتر سطح برگ از طریق گسترش قطره بر روی سطح برگ و کاهش زاویه تماس آن تحت تأثیر مویان ها ایجاد شده که باعث پوشش بیشتر ناحیه ای از کوتیکول مومی برگ شده و کارایی قطره را افزایش می دهند (Sharma & Singh, 2005). پوشاندن سطح بیشتر از سطح برگ موجب افزایش نفوذ ماده مؤثرهٔ علف‌کش به درون بافت های گیاه از طریق کوتیکول و روزنه‌ها می‌شود (Penner *et al.*, 2005). بنابراین، احتمالاً مویان پی سی گیت با کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش‌های بنتازون و پاراکوات موجب کاهش زاویهٔ تماس قطرهٔ پاشش با سطح برگ عروسک پشت پرده شده و در نتیجه موجب خیس شدن سطوح بیشتر از کوتیکول برگ این علف هرز می‌شود. این عمل موجب جذب بیشتر ماده مؤثره علف‌کش های بنتازون و پاراکوات و افزایش کارایی آن

ها شده است. همچنین گزارش شده است که کودهای شیمیایی منگنز (Mn^{+2}) را زمانی که به همراه علف‌کش گلایفوسیت برده شود، به دلیل وجود کاتیون‌های منگنز در محلول علف‌کش، از فعالیت گلایفوسیت می کاهد. آن ها با استفاده از اسید سیتریک، ای دی تیِ ا و سولفات آمونیوم از اثرات منفی کاتیون منگنز کاستند (Bernards *et al.,* 2005). به طور مشابه مشخص شده است که با کاربرد مواد افزودنی به علف‌کش ها می توان پاسخ گونه‌های علف هرز را تحت تأثیر هم کاهی نمک موجود در آب محلول پاشی کاهش داد (Devkota ;۲۰۰۰ Nalewaja & Matysiak & Johnson, 2019,). طی آزمایشات گلخانه ای و مزرعه ای ثابت شد کاتیون های کلسیم و منیزیم موجود در آب حامل برای سمپاشی موجب کاهش کارایی علف کش توفوردی + اِم سی پی ای در کنترل شیرین بیان می شود. آن ها بیان داشتند که افزودن مواد افزودنی سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم به محلول علف کش به طور مؤثری از عمل کاهندگی کاتیون‌ها کاست (Nosratti *et al.,* 2012). همچنین گزارش شد که آب محتوی ۵۰۰ میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم موجب کاهش کارایی گلایفوسیت و گلایفوزینت-آمونیوم در کنترل گاوپنبه می‌شود. آن‌ها گزارش کردند که افزودن ۲۰ گرم در لیتر سولفات آمونیوم قبل از افزودن علف کش به آب سخت از اثرات هم کاهی آن جلوگیری می کند (Pratt *et al.,* 2003).

مقادیر پتانسیل نسبی یا فعالیت شاخ و برگی هر یک از علف کش‌های بنتازون و پاراکوات در حضور مویان پی‌سی گیت به طور قابل توجه‌ی بیشتر از یک بود (جدول ۱). به طوری که کارایی ۱ کیلوگرم مادهٔ مؤثره بنتازون و پاراکوات در هکتار در حضور مویان پی سی گیت معادل ۱/۱۱، ۱/۱۳، ۱/۱۲ و ۱/۰۸ کیلوگرم مادهٔ مؤثره بنتازون در هکتار به تنهایی و ۱/۰۵، ۱/۱۲، ۱/۲۲ و ۱/۲۹ کیلوگرم مادهٔ مؤثره پاراکوات در هکتار به تنهایی برای عروسک پشت پرده تحت حامل های آب مقطر، کربنات سدیم، کربنات منیزیم و کربنات آلومینیوم بود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که اضافه کردن مویان پی سی گیت به علف کش بنتازون و پاراکوات به طور مؤثری موجب افزایش کارایی آن شد.

نتایج تجزیه واریانس کاربرد دُزهای مختلف علف کش های بنتازون و پاراکوات به صورت خالص و به همراه مویان پی سی گیت تحت تأثیر حامل های متفاوت محلول سمپاشی در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده در جدول ۲ آورده شده است. مطابق جدول ۲ اثر کاربرد دُزهای مختلف علف کش های بنتازون و پاراکوات به صورت خالص و به همراه مویان پی سی گیت تحت تأثیر حامل های متفاوت محلول سمپاشی در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده معنی دار بود ($P<0.01$). براساس نتایج مقایسه میانگین، دُزهای متفاوت علف کش های بنتازون و پاراکوات تحت تأثیر هر یک از حامل های مختلف محلول سمپاشی قرار گرفت، به طوری که با افزایش دُز کاربردی، شدت اثر علف کش ها بیش‌تر شد و در دُزهای حداکثر پنج و شش علف کشی وزن‌تر علف هرز عروسک پشت پرده به کمترین مقدار خود

جدول ۲-نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) اثر دُزهای متفاوت علف کش های بنتازون و پاراکوات بدون و به همراه مویان پی سی گیت تحت تأثیر حامل های متفاوت محلول سمپاشی بر وزن تر علف هرز عروسک پشتپرده

Table 2. Results of analysis of variance (ANOVA) for the effect of different doses of bentazone and paraquat herbicides without and with PC Gate under different spray solution carriers on fresh weight of ground cherry (*Physalis divaricata* L.)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کاربرد خالص Pure application		کاربرد خالص + پی سی گیت Pure application + PC Gate	
		بنتازون Bentazone	پاراکوات Paraquat	بنتازون Bentazone	پاراکوات Paraquat
علفکش (A) Herbicide (A)	5	866.09**	821.80**	849.13**	809.23**
حامل آب (B) Water carrier (B)	3	18.82**	15.70**	17.30**	9.33**
حامل آب (B) × علفکش (A) Herb. (A) × wat. carr. (B)	15	207.51**	197.51**	203.08**	191.69**
خطا Error	48	0.77	1.11	0.72	1.06

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ هستند.

ns, *,** non significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین وزن تر علف هرز عروسک پشت پرده در پاسخ به دُزهای متفاوت علف کش های بنتازون و پاراکوات بدون و به همراه مویان پی سی گیت تحت تأثیر حامل های متفاوت محلول سمپاشی

Table 3. Mean comparison for the effect of the different doses of bentazone and paraquat herbicides without and with PC Gate under different spray solution carriers on fresh weight of ground cherry (*Physalis divaricata* L.)

تیمار Treatment	کاربرد خالص Pure application		کاربرد خالص + پی سی گیت Pure application + PC Gate	
	بنتازون Bentazone	پاراکوات Paraquat	بنتازون Bentazone	پاراکوات Paraquat
آب مقطر Distilled water (DW)	12.97	11.13	11.90	10.20
کربنات سدیم Na_2CO_3 (Na^+)	13.89	11.64	12.76	10.59
کربنات منیزیم $MgCO_3$ (Mg^{++})	14.59	12.52	13.46	11.10
کربنات آلومینیوم $Al_2(CO_3)_3$ (Al^{+++})	15.37	13.34	14.19	11.87
$LSD_{0.05}$	1.44	1.73	1.39	1.84

رسیده بود (جدول ۳). همچنین تأثیر حامل های مختلف محلول سمپاشی تحت تیمارهای متفاوت علف‌کش های بنتازون و پاراکوات نشان داد که حداقل کاهش وزن تر علف هرز عروسک پشت پرده در تیمار حامل آب مقطر و حداکثر کاهش در تیمار حامل کربنات آلومینیوم مشاهده شد. تیمارهای حامل کربنات سدیم و کربنات منیزیم دارای وزن تر متوسط و مابین تیمارهای حداقل و حداکثر قرار گرفته که در تمام تیمارها بجز تیمار کاربرد علف کش پاراکوات به همراه مویان پی سی گیت، دارای اختلاف معنی داری با یکدیگر بودند (جدول ۳).

ارزیابی چشمی(EWRC) کاربرد علف کش‌ها

علائم خسارت علف کش های بازدارندگان فتوسنتز (بنتازون و پاراکوات) به‌علت گسیختگی فرآیند فتوسنتز به سرعت توسعه پیدا کرد. این علف کش ها منجر به بروز علائمی چون

جدول ۴- ارزیابی چشمی (EWRC) درصد خسارت علف هرز عروسک پشت پرده در ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از مصرف با علف کش های علف کش های بنتازون و پاراکوات در مرحلهٔ چهار تا شش برگی کامل

Table 4. Visual observations (EWRC) of ground cherry (*Physalis divaricata* L.) injury after 7, 14 and 21 days of spraying with bentazone and paraquat herbicides without and with PC Gate at four- to six-true leaf stage.

	بدون مویان None sufactant			با پی سیگیت PC Gate		
علف کش Herbicide	روز ۷ 7 Day	روز ۱۴ 14 Day	روز ۲۱ 21 Day	روز ۷ 7 Day	روز ۱۴ 14 Day	روز ۲۱ 21 Day
بنتازون Bentazone						
30	23.70	31.87	49.70	23.71	41.47	59.74
60	32.60	42.20	57.25	42.14	52.50	67.65
120	40.00	54.54	63.54	50.60	64.51	73.14
240	42.33	69.20	79.25	52.39	79.25	87.05
480	56.00	75.12	87.12	66.07	85.82	92.12
پاراکوآت Paraquat						
18.75	40.45	46.52	58.45	50.65	56.22	68.55
37.5	51.25	66.45	78.45	61.23	76.65	88.35
75	59.78	83.96	89.75	69.58	93.46	95.85
150	66.12	87.66	92.45	76.18	97.26	100.55
300	69.91	91.79	97.91	79.96	100.49	100.11
بنتازون + کاتیون Bentazone + Cations						
آب مقطر Distilled water (DW)	10.06	46.60	59.70	20.16	56.67	69.72
آب مقطر + کربنات سدیم $DW + Na_2CO_3$	27.06	55.56	67.53	37.66	65.51	77.51
آب مقطر + کربنات منیزیم $DW + MgCO_3$	20.33	51.90	65.16	30.13	61.70	75.14
آب مقطر + کربنات آلومینیوم $DW + Al_2(CO_3)_3$	18.73	48.30	61.90	28.93	58.34	71.50
پاراکوآت + کاتیون Paraquat + Cations						
آب مقطر Distilled water (DW)	53.90	78.90	85.70	63.97	88.40	95.74
آب مقطر + کربنات سدیم $DW + Na_2CO_3$	62.40	84.00	96.03	72.41	94.04	100.43
آب مقطر + کربنات منیزیم $DW + MgCO_3$	58.33	81.43	92.33	68.37	91.45	97.53
آب مقطر + کربنات آلومینیوم $DW + Al_2(CO_3)_3$	55.46	80.06	89.16	65.47	90.66	94.16
$LSD_{0.05}$	8.93	12.62	13.85	9.96	13.51	14.98

پژمردگی، کلروز[1] سریع و نکروز[2] شدن در حاشیه برگ ها شدند. علائم بعدی آن ها شامل خشک شدگی و سوخته شدن ظاهری برگ ها و در نهایت با گذشت زمان قهوه ای و خشک شدن کامل برگ‌ها بود.

براساس مشاهدات چشمی[3] جدول ۴، در اولین ارزیابی (روز ۷) کاربرد اولین دُز مصرفی ۳۰ و ۱۸/۷۵ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف کش‌های بنتازون و پاراکوات منجر به بروز خسارت ۲۳/۷۰ و ۴۰/۴۵ درصد علف هرز عروسک پشت پرده شد. با افزایش دُز مصرف این علف کش ها، میزان خسارت در علف هرز روند صعودی داشت، به‌طوری که با کاربرد ۴۸۰ و ۳۰۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار علف کش‌های بنتازون و پاراکوات، ۵۶ و ۶۹/۹۱

1.Chlorosis

2. Necrosis

3. Visual observations

درصد خسارت در علف هرز مشاهده شد. طی ارزیابی چشمی دوم و سوم (روز ۱۴ و ۲۱) درصد خسارت بیشتر و با افزایش دُز مصرفی نیز افزایش یافته بود و به ۷۵/۱۲، ۹۱/۷۹، ۸۷/۱۲ و ۹۷/۹۱ درصد به ترتیب تحت کاربرد علف کش های بنتازون و پاراکوات رسیده بود. براساس ارزیابی های روز ۷، ۱۴ و ۲۱ تحت کاربرد علف کش های بنتازون به همراه کاتیون های کربنات سدیم، کربنات منیزیم و کربنات آلومینیوم، بالاترین و کمترین مقدار خسارت به علف هرز عروسک پشت پرده به ترتیب بوسیلهٔ کاتیون‌های سدیم به میزان ۲۷/۰۶، ۵۵/۵۶ و ۶۷/۵۳ درصد و آلومینیوم به میزان ۱۸/۷۳، ۴۸/۳۰ و ۶۱/۹۰ درصد بود. کربنات منیزیم دارای درصد خسارت ما بین کاتیو ن های سدیم و آلومینیوم به میزان ۲۰/۳۳، ۵۱/۹۰ و ۶۵/۱۶ درصد در ارزیابی ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از اعمال تیمارها بود. روند مشابه‌ای در کاربرد علف کش پاراکوات به همراه این کاتیون‌ها مشاهده شد (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های تحقیقاتی که حاکی از تأثیر بازدارندگی کاتیون ها بر کارایی علف کش‌هاست، مطابقت دارد (Devkota *et al.,* 2016; Torabi *et al.,* 2017; Devkota & Johnson, 2019; Nosratti *et al.,* 2012; Izadi *et al.,* 2011). از طرف دیگر کاربرد مویان پی سی گیت به طور معنی‌داری منجر به افزایش درصد خسارت به علف هرز عروسک پشت پرده تحت دُزهای مختلف علف‌کش‌های بنتازون و پاراکوات شد. همچنین کاربرد مویان پی سی گیت تأثیر هم کاهی کاتیون ها را در کارایی هر یک از علف کش های بنتازون و پاراکوات کاهش داده بود که مقدار این کاهش بسته به ظرفیت کاتیون ها متفاوت بود (جدول ۴).

نتیجه گیری

براساس نتایج این پژوهش، وجود کاتیون های آب سخت مانند سدیم، منیزیم و آلومینیوم برای تهیه محلول علف کش های اسیدی ضعیف (مانند بنتازون و پاراکوات)، منجر به کاهش کارایی آن ها در کنترل علف های هرز خواهد شد. به طوری که کربنات آلومینیوم و کربنات سدیم به ترتیب دارای حداکثر و حداقل تأثیر در کاهش کارایی علف کش های بنتازون و پاراکوات بودند. استفاده از مویان پی سی گیت به طور معنی داری منجر به افزایش کارایی علف کش های بنتازون و پاراکوات در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده شده بود. به طوری که هر یک از مقادیر ED_{10}، ED_{50} و ED_{90} به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده بود. از آنجایی که حداکثر فعالیت زیستی علف کش ها تحت تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی علف کش، گونهٔ علف هرز و کاربرد مواد افزودنی قرار می‌گیرد، در حالت ایده آل، باید عوامل و شرایط مطلوب را برای استفاده از علف‌کش‌ها در نظر گرفت. ازاین رو، با توجه به وجود آب‌های با کیفیت پایین در کشور و لزوم سمپاشی با آن می توان کاهش کارایی ناشی از وجود حامل‌های کاتیونی در محلول سمپاشی را با مخلوط کردن یک ماده افزودنی به عنوان بخشی از فرمول تجاری یا به صورت اختلاط در مخزن کاست.

Refrerences:

Aladesanwa, R.D., and Oladimeji, M.O. 2005. Optimizing herbicidal efficacy of glyphosate isopropylamine salt through ammonium sulphate as surfactant in oil palm plantation in a rainforest area of Nigeria. *Crop Protection*, 24:1068-1073.

Aliverdi, A., Ghanbari, A., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahallati, M., and Zand, E. 2014. A new method to minimize the cations' reaction of hard water with herbicides. Ph.D thesis. Department of Agonomy, Faculty of Agiculture: Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English summary).

Bailey, W.A., Poston, D.H., Wilson, H.P., and Hines, T.E. 2002. Glyphosate interactions with manganese. *Weed Technology*, 16:792-799.

Bayer Crop Science (PLUS). 2017. Effects of hard water on herbicide efficacy. Developed in partnership with technology. Development & Agronomy by Monsanto; RoundupReadyPLUS.com.

Bernards, M.L., Thelen, K.D., and Penner, D. 2005. Glyphosate efficacy is antagonized by manganese. *Weed Technology*, 19:27-34.

Chitband, A.A., Nassiri Mahallati, M., and Rashed Mohassel, M.H. 2020. Dose-response studies using drc package in R (The concepts and data analysis in weed science and ecotoxicology). Ferdowsi University of Mashhad Press. 160 pp. (In Persian with English Summary)

Devkota, P., and Johnson, W.G. 2019. Influence of carrier water pH, foliar fertilizer, and ammonium sulfate on 2,4-D and 2,4-D plus glyphosate efficacy. *Weed Technology,* 33:562-568.

Devkota, P., Spaunhorst, D.J., and Johnson, W.G. 2016. Influence of carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfate on mesotrione efficacy. *Weed Technology*, 30:617-628.

Ghodrati, E., Zaefarian, F., Rezvani, M., and Mansouri, M. 2015. Studying the effect of different treatments on seed dormancy breaking of ground cherry (*Physalis alkekengi*). In Proceeding of the 6th Iranian Weed Sciences Congress, 1-3 September, Birjand University, Birjand. Iran. 277-280 pp. (In Persian with English Summary)

Hall, G.J., Hart, C.A., and Jones, C.A. 2000. Plants as sources of cations antagonistic to glyphosate activity. *Pest Management Science*, 56:351-358.

Hoffmann, W.C., Bagley, W.E., Fritz, B.K., Lan, Y., and Martin, D.E. 2008. Effects of water hardness on spray droplet size under aerial application conditions. *Applied Engineering in Agriculture*, 24:11-14.

Holm, F.A., and Henry, J.L. 2005. Water quality and herbicides. Farm Facts, Saskatchewan Agriculture and Food. http://www.gov.sk.ca. Accessed October 11, 2006.

Istvan, D., and Endre, M. 2009. Efficacy of herbicides influenced by spray carrier water pH and hardness. 5th International Plant Protection.Symposium. Debrecen. 141-146.

Izadi, E., Nesari, N., and Azarian, F. 2011. Evaluation of the effect of water hardness on the performance of 2,4-D amine herbicide in weed control of *Amaranthus retroflexus* L. and *Chenopodium album* L.. *Journal* of *Plant Protection*, 25(3),258-265. (In Persian with English Summary)

Kudsk, P., and Moss, S. 2017. Herbicide dose: What is a low dose?. In: Pesticide dose: Effects on the environment and target and non-target organisms. Duke, S.O., P. Kudsk, and K. Solomon (eds.).pp: 15-24. American Chemical Society, Washington, DC.

Kudsk, P., and Mathiassen, S.K. 2007. Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameters. *Crop Protection*, 26:328-334.

Maschhoff, J.R., Hart, S.E., and Baldwin, J.L. 2000. Effect of ammonium sulfate on the efficacy, absorption, and translocation of glufosinate. *Weed Science*, 48:2-6.

Matysiak, R., and Nalewaja, J.D. 1999. Temperature, adjuvants, and UV light affect sethoxydim phytotoxicity. *Weed Technology*, 13:94-99.

Mirzaei, M., Zand, E., Rastgoo, M., Hasanfard, A., and Kudsk, P. 2023. Effects and mitigation of poor water quality on herbicide performance: A review. *Weed Research,* 63(3), 139-152.

Moss, S.R., Perryman, S.A.M., and Tatnell, L.V. 2007. Managing herbicide-

resistance black grass (*Alopecurus myosuroides*) theory and practice. *Weed Technology*, 21: 300-309.

Nalewaja, J.D., and Matysiak, R. 2000. Spray deposits from nicosulfuron with salts that affect efficacy. *Weed Technology*, 14:740-749.

Nandula, V.K., Poston, D.H., Reddy, K.N., and Koger, C.H. 2007. Formulation and adjuvant effects on uptake and translocation of clethodim in bermudagrass (*Cynodon dactylon*). *Weed Science*, 55:6-11.

Patton, A.J., Weisenberger, D.V., and Johnson, W.G. 2016. Divalent cations in spray water influence 2,4-D efficacy of dandelion (*Taraxacum officinale*) and broadleaf plantain (*Plantago major*). *Weed Technology,* 30:431-440.

Nosratti, I., Alizade, H., and Mashhadi, H.R. 2012. Effect of some adjuvants in reducing antagonistim of spray carrier water cations to 2,4-D+MCPA efficacy on licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.). *Annals of Biological Research*, 3:2631-2635.

Penner, D.J., Michael, J.W., and Brown, G. 2005. A novel water conditioning adjuvant for use with properties and environment. *Weed Technology*, 8:591-597.

Petroff, R. 2000. Water quality and pesticide performance. http://scarab.msu.montana.edu. Accessed: October 11, 2006.

Pratt, D., Kellsand, J.J., and Penner, D. 2003. Substitutes for ammonium sulfate as additives with glyphosate and glufosinate. *Weed Technology*, 17:576-581.

R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/.

Ramsey, R.J.L., Stephenson, G.R., and Hall, J.C. 2005. A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 82:162-175.

Roskamp, J.M., Chahal, G.S., and Johnson, W.G. 2013. The effect of cations and ammonium sulfate on the efficacy of dicamba and 2,4-D. *Weed Technology*, 27:72-77.

Sabeti, P., Oveisi, M., Rahimian, H., Alizadeh, H., and Nosratt, I. 2021. Evaluation the comparitive phenology of annual ground cherry (*Physalis divaricata* L.) and its effect on Mmaize yield in Kermanshah Region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(2), 217-231. (In Persian with English Summary)

Sharma, S.D., and Singh, M. 2000. Optimizing foliar activity of glyphosate on *Bidens frondosa* and *Panicum maximum* with different adjuvant types. *Weed Research*, 40:523-533.

Soltani, N., Robert, E., Darren, N., Robinson, E., and Sikkema, P.H. 2011. Effect of ammonium sulfate and water hardness on glyphosate and glufosinate activity in corn. *Canadian Journal of Plant Science*, 91:1053-1509.

Torabi, H., Bazoobandi, M., Radjabi, A., Hadizadeh, M.H., and Torabi, E. 2017. Reducing the 2,4-D+MCPA antagonism from hard spray waters by ammonium sulfate. *Journal of Plant Protection*, 30(4), 553-561. (In Persian with English Summary)

Woznica, Z., and Waniorek, W. 2008. Importance of water conditioners for glyphosate efficacy. *Progress Plant Protection*, 1: 329-335.

Woznica, Z., Nalewaja, J.D., Messersmith, C.G., and Milkowski, P. 2003. Quinclorac efficacy as affected by adjuvants and spray carrier water. *Weed Technology*, 17:582-588.

Young, B.G., Knepp, A.W., Wax, L.M., and Hart, S.E. 2003. Glyphosate translocation in common lambsquarters (*Chenopodium album*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in response to ammonium sulfate. *Weed Science*, 51:151-156.

Zand, E., NezamAbadi, N., Baghestani, M.A., Shimi, P., and Mousavi, S.K. 2019. A guide to chemical control of weeds in Iran. Mashhad University of Jihad Press. 216 pp. (In Persian with English Summary)

Zollinger, R.K., Nalewaja, J.D., Peterson, D.E., and Young, B.G. 2010. Effect of hard water and ammonium sulfate on weak acid herbicide activity. *Journal of ASTM International*, 7:1-10.

The evaluation of water quality under different spray carriers and surfactant on bentazone and paraquat efficacy on control of ground cherry (*Physalis divaricata* L.)

Masoumeh Kordmir[1], Ali Asghar Chitband[*2], Jahanshir Shakarami[3]

1. Graduated M.Sc. of Weed Science, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran.
2. Assistant Professor of Weed Science, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran. (Corresponding author)
3. Professor of Entomology Science, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran.

Received: September 2023 Accepted: August 2024- DOI: 10.22092/aj.2024.363622.1657

Extended Abstract

Kordmir, M., Chitband, A. A., Shakarami, J.,. The evaluation of water quality under different spray carriers and surfactant on bentazone and paraquat efficacy on control of ground cherry (*Physalis divaricata* L.)
Applied Research in Field Crops Vol 36, No. 2, 2023 04-06: 19-39(in Persian)

Introduction:

Ground cherry, scientifically known as *Physalis divaricata* L. is a member of the solanaceae family. It is an annual summer weed and an invasive and troublesome species reported in various fields of beans, sugar beet and corn. This weed can decrease the yield of sensitive crops such as peas and beans due to competition for water, food and light during the growing season (Sabeti *et al.,* 2021). Bentazone is a selective herbicide from the benzothiadiazinone group and is used to control annual and perennial broadleaf weeds in soybean and legume fields. Paraquat, a foliar-applied contact herbicide from bipyridylium chemical family, is the second most widely used pesticide globally. Although it is a non-selective herbicide, its use is extensive in both agricultural and non-agricultural ecosystems. Water, universal solvent, is used as a primary carrier for crop protection product applications. The properties of water used as a carrier in spray solutions can greatly influence the performance of herbicides, including glyphosate, paraquat and bentazone. Quality of water used in spray tanks can affect herbicides efficacy. Water hardness is

Email address of the corresponding author: chitband.a.a@lu.ac.ir

primarily dependent on the concentration of cations such as calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}) in water. Many studies have shown a reduction in weak acid herbicide performance into the leaf when used with water hardness. The addition of adjuvants such as ammonium (AMS) to weak acid herbicide solution reduces the antagonistic effect of cations and enhances the control of certain weed species (Pratt *et al.,* 2003). Zollinger et al. (2010) reported that the activity of the four weak acid herbicides, such as, dicamba plus diflufenzopyr, and glufosinate increased with addition of ammonium sulphate to the spray solution; they were all antagonized by calcium and magnesium, and ammonium sulfate overcame this antagonism.

Materials & Methods:

Two experiments were conducted at the research greenhouse of the Agricultural Faculty, Lorestan University, Lorestan, Iran (Lat 32° 3' N, Long 48° 21' E; 1117 m altitude) from May to September 2021. Ground cherry seeds were collected from a legume field near the research greenhouse at Lorestan University, Lorestan, Iran. The seeds were germinated by adding 1250 ppm GA_3 in glass Petri dishes. Ten germinated seedlings were planted at a depth of 1 cm in each 2 L plastic pot filled with a mixture of sand, clay loam soil, and peat (1:1:1; v/v/v). The experiment was factorial based on completely randomized design with four carrier water treatments; distilled water (DW), Na_2CO_3 (Na^+), $MgCO_3$ (Mg^{2+}) and $Al_2(CO_3)_3$ (Al^{3+}) in dose-response arrangements with three replications for each treatment. Treatments were sprayed at four-to-five-leafy stage by using an overhead trolley sprayer equipped with a flat-fannozzle. Four weeks after spraying, the shoots of the experimental units control and treated plants were harvested, oven-dried at 75°C for 48 h, and then weighed. The statistical analysis of data was performed using RStudio with drc package and the PROC GLM procedure of SAS.

Results&Discussion:

The results showed that the fresh weight of *Physalis divaricata* L. was significantly affected by different water carriers and doses of bentazone and paraquat herbicides ($P<0.01$). According to ED_{10} ،ED_{50} and ED_{90} values for different carriers of bentazone and paraquat spray solutions, the highest and the lowest antagonistic effects on herbicides efficacy were recoded with $Al_2(CO_3)_3$ (Al^{3+}) and Na_2CO_3,

respectively. The intensity of the antagonistic effects depended on the cation's valence and ranked as follows: $Al_2(CO_3)_3$ (Al^{3+}) > $MgCO_3$ (Mg^{2+}) > Na_2CO_3 (Na^+) > distilled water (DW). All the EDs values for different hard water carrier were reduced using the PC Gate surfactant. The highest damage to P. *divaricate* was observed 21 days after spraying with doses of 300 and 480 gr of paraquat and bentazone.

Conclusion:

In conclusion, using an adjuvant is essential to maintain herbicide efficiency when cations are present in the water used for spraying. Also, applying bentazone at 480 g a.i. ha^{-1} and paraquat at 300 g a.i. ha^{-1} with PC Gate is recommended as the most effective herbicide treatment to control *Physalis divaricata* L. weeds

Keywords: Adjuvant, dose-response, ED values, hard water cation, surfactant, water carrier.

References:

Pratt, D., Kells, J.J., and Penner, D. 2003. Substitutes for ammonium as additives with glyphosate and glufosinate. *Weed Technology*, 17:576-81.

Sabeti, P., Oveisi, M., Rahimian, H., Alizadeh, H., and Nosratt, I. 2021. Evaluation the comparitive phenology of annual ground cherry (*Physalis divaricata* L.) and its effect on Mmaize yield in Kermanshah Region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(2), 217-231 (In Persian with English Summary)

Zollinger, R.K., Nalewaja, J.D., Peterson, D.E., and Young, B.G. 2010. Effect of hard water and ammonium on weak acid herbicide activity. *The Journal of ASTM International*, 7:1-10.