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

بررسی اثر ریزگردها بر کارایی علف‌کش‌های بنتازون، پیریدیت و ایمازاتاپیر با و بدون مویان پی‌سی‌گیت در کنترل علف‌هرز خرفه (*Portulaca oleracea* L.)

The evaluation effect of dust on the pure and mixed efficiency of bentazone, imazethapyr and pyridate with PCGate on control of common purslane (*Portulaca oleracea* L.)

رضا بابایی[۱]، علی‌اصغر چیت‌بند[۲*] اکبرعلی وردی[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. دانشیار دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۹ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2024.364810.1669

چکیده

بابایی، ر.، چیت‌بند، ع. ا، وردی، ا.، . بررسی اثر ریزگردها بر کارایی علف‌کش‌های بنتازون، پیریدیت و ایمازاتاپیر با و بدون مویان پی‌سی‌گیت در کنترل علف‌هرز خرفه (*Portulaca oleracea* L.)
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۶ - شماره ۲- پیاپند ۱۳۹ تابستان ۱۴۰۲ صفحه: ۱۲۹-۱۰۳

پدیدهٔ گرد و غبار ازجمله وقایع بحرانی رو به رشد در کشور ایران است. بدین منظور سه آزمایش دُز-پاسخ گلخانه ای با شش دُز مختلف از تیمارهای علف کشی به صورت خالص و مخلوط با مویان در کنترل علف هرز خرفه (*Portulaca oleracea* L.) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه لُرستان در سال ۱۴۰۲ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل فاکتور اول؛ کاربرد هر یک از علف کش های بنتازون (بازاگران)، پیریدیت (لنتاگران) و ایمازاتاپیر (پرسوئیت) با و بدون مویان پی سی گیت (۲ v/v٪) و ده تیمار شاهد (بدون کاربرد علف کش) و فاکتور دوم؛ میزان خاک نشست کرده روی اندام هوایی (صفر، ۲۰ کیلوگرم در هکتار از طریق اتاقک گرد و خاک ساز) روی بوته های علف هرز خرفه تابستانه بود. نتایج آزمایش نشان داد کاربرد گرد و خاک، مویان پی سی گیت و هر سه علف کش بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت دارای تأثیر معنی داری بر کنترل علف هرز خرفه تابستانه بودند. شدت تأثیر گرد و خاک متناسب با کارایی علف کش ها در کنترل علف هرز متغیر بود. به طوری که علف کش پیریدیت دارای بالاترین شدت اثر (کمترین مقدار ED_{50} و ED_{90}) و علف کش ایمازاتاپیر دارای کمترین شدت کنترل (بیشترین مقدار ED_{50} و ED_{90}) بر خرفه بودند. افزودن مویان پی سی گیت به طور معنی داری منجر به افزایش کارایی علف کش های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت (کاهش مقادیر EDها) در شرایط حضور و عدم حضور گرد و خاک شد. بنابراین در شرایط بروز گرد و خاک، کاربرد دو علف کش بنتازون و پیریدیت به علت داشتن کارایی مطلوب در کنترل علف هرز خرفه تابستانه به همراه مویان پی سی گیت می تواند مناسب باشد.

واژه های کلیدی: بازدارندهٔ فتوسنتز، ترکیب علف کش ، گرد و غبار، مواد افزودنی، مقادیر ED.

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

مقدمه

حبوبات به عنوان یکی از مهم ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات در کشور به شمار می‌روند (Parsa & Bagheri, 2008). از ۲۰ گونه علف‌های هرز پهن برگ یکساله مشاهده شده در اراضی حبوبات، می توان به تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، سلمک (*Chenopodium album* L.)، تاج ریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.) و خرفه (*Portulaca oleracea* L.) اشاره کرد (Zand *et al.,* 2019). خرفه گیاهی علفی، گرمادوست، یکساله، خوابیده و گوشتی و از خانواده خرفه[1] است که هر بوته رشد یافته آن قادر است فضایی به قطر ۶۵ سانتی متر را اشغال کند. در آزمایشی گزارش شد که علف‌کش پندیمتالین و اس‌متولاکلر دارای بهترین پتانسیل کنترل علف هرز خرفه بودند (Norsworthy, 2005 & Smith). مدیریت شیمیایی علف های هرز به دلیل کارایی بالا و تأثیر سریع، بسیار بیشتر توسط کشاورزان مورد استقبال قرار گرفته است (Bazazi, 2005; Maghsoudi *et al.,* 2022). پیریدیت با نام تجاری لنتاگران و بنتازون با نام تجاری بازاگران از علف کش های بازدارندهٔ فتوسنتز می باشند که برای کنترل علف های هرز پهن برگ یکساله و چندساله در مزارع حبوبات به صورت پس رویشی مورد استفاده قرار می گیرد (Kantar *et al.,* 1999). ایمازاتاپیر با نام تجاری پرسوئیت جزء بازدارنده های استولاکتات سینتاز (ALS) بوده که مانع از تولید آنزیم استولاکتات سینتاز، آنزیمی حیاتی برای بیوسنتز اسیدهای آمینه های زنجیره‌ای شاخه‌دار یعنی والین، لوسین و ایزولوسین می شود (Cobb & Reade, 2010). این علف‌کش با دامنه تأثیر گسترده به صورت پیش رویشی و یا پس رویشی زود هنگام قادر به کنترل مؤثر بسیاری از گونه‌های پهن برگ مشکل ساز و نیز بسیاری از علف‌های هرز باریک برگ مورد استفاده قرار گیرد (Mousavi *et al.,* 2006؛ Soltani *et al.,* 2008).

به دنبال تغییرات اقلیمی در سال های اخیر به علت تخریب گستردهٔ محیط زیست تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی، بروز پدیدهٔ گرد و غبار در ایران و به خصوص در مناطق غربی کشور به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا و معضلات در بخش کشاورزی تبدیل شده است (Nosratti *et al.,* 2016). ریزگردها طبیعی دارای اثرات منفی بر رشد و تولید محصولات کشاورزی هستند (Hatami *et al.,* 2017). ریزگردها با قرار گرفتن در سطح علف های هرز میتوانند تأثیرات بسیار زیادی بر کارایی علف‌کش های پس رویشی داشته و یکی از عوامل کاهش تأثیر علف کش ها محسوب می شوند (Zhou *et al*., 2006). بیشترین میزان جذب علف‌کش در اکثر گیاهان از طریق برگ انجام می پذیرد و ذرات گرد و غبار موجود روی برگ مانعی برای جذب علف کش ها می‌باشند. ذرات گرد و غبار در درجه اول شامل رس و مواد آلی هستند که این خصوصیات ریزگردها با توجه به بالا بودن جذب سطحی می تواند اثرات منفی زیادی بر جذب شاخساره ای علف کش‌های پس رویشی داشته باشد (McBride, ؛ Allen & Hajek, 1982

[1] Portulacaceae

1989). در تحقیقات انجام شده مشخص گردید که حضور گرد و خاک روی شاخساره علف‌های هرز می تواند منجر به کاهش کارایی علف‌کش شود (Shahbazi *et al.*, 2015, 2016 ؛ Zhou *et al.*, 2006). ذرات گرد و غبار با قطر ۰/۵ و ۰/۳ میکرون با قرار گرفتن روی سطح برگ قادر به نفوذ بین کرک ها و مسدود کردن روزنه ها هستند و می توانند به همین طریق از پخش شدن علف کش در سطح برگ و ساقه جلوگیری کنند و سبب کاهش نفوذ علف کش به داخل گیاه شوند و در دراز مدت موجب تقلیل حلالیت، جذب و نفوذ علف‌کش‌ها به داخل گیاه می شوند و با رسوب در دیواره سلولی از رسیدن علف‌کش به محل هدف جلوگیری نموده و در نهایت کاهش کارایی علف کش‌ها را سبب می‌شوند (Sharifi *et al.,* 2015؛ Zhou *et al.*, 2006). مطالعات دیگر نشان داد که حضور ریزگردها بر شاخ و برگ علف‌های هرز منجر به کاهش معنی‌دار کارایی علف کش مزوسولفورون متیل+ یدوسولفورون متیل سدیم (شوالیه) در کنترل آنها گردید (Shahbazi *et al.,* 2015). همچنین تحقیقات متعددی نشان داده است که وجود توأم خاک به همراه آب سمپاشی یا برروی شاخسارۀ علف‌های هرز باعث کاهش معنی‌دار کارایی علف کش‌های سیستمیک مانند نیکوسولفورون، فورام سولفورون و توفوردی+ ام سی پی آ (Nosratti *et al.,* 2016)، گلایفوسیت (Zhou *et al*. 2006؛ Simarmata *et al*., 2017)، اندوتال (Poovey & Skogerboe, 2004)، فلوریدون (Poovey *et al*., 2008) شده است. حضور گرد و خاک روی اندام‌های هوایی علف‌های هرز سوروف (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv) و تاج خروس ریشه قرمز سبب کاهش کارایی علف کش‌های نیکوسولفورون و فورام سولفورون به ترتیب به میزان ۷ و ۹/۱۳ درصد شد. سایر تحقیقات نشان داد که علف‌کش توفوردی+ اِم سی پی آ به عنوان بهترین تیمار علف کشی در کنترل علف هرز خرفه بود که به دلیل حساسیت بالای این علف هرز به این مخلوط علف کش است (Nosratti *et al.,* 2016). آنها همچنین گزارش کردند که در مجموع بهترین درصد کنترل علف هرز خرفه در تیمارهای علف کشی مختلف زمانی به‌دست آمد که گرد و خاک روی شاخساره این علف هرز وجود نداشت (کنترل ۲۸/۱۱ درصد در مقابل ۲۳/۲ درصد). نشست گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی علف‌های هرز می تواند اثر نامطلوبی بر کارایی علف کش‌ها داشته باشد و باید به طریقی این اثر نامطلوب برطرف بشود (Aliverdi & karami, 2021). از راه حل‌های توصیه شده برای کاهش اثرات منفی ریزگردها بر جذب و انتقال علف کش‌ها، استفاده از مواد افزودنی می‌باشد (Zhou *et al.,* ؛ Aliverdi & Ahmadvand, 2020).

مواد افزودنی ترکیباتی هستند که از طریق افزایش تأثیرگذاری یا کاهش مقدار مصرف فرمولاسیون سبب بهبود کارایی علف‌کش می‌شوند (Chitband *et al.,* 2013). در مطالعه‌ای نشان داده شد کاربرد مویان پی سی گیت به صورت مخلوط با علف‌کش گلایفوسیت به طور معنی‌داری توانسته کارایی تیمار علف

کشی را در کنترل سه علف هرز کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و خاکشیر معمولی (*Descurainia sophia* L.) افزایش دهد (Chitband, 2023). در مطالعهٔ دیگری نیز نشان دادند کاربرد علف کش های پاراکوات و بنتازون به همراه مویان پی‌سی‌گیت باعث افزایش کارایی علف کش ها به ترتیب به میزان ۱۱ و ۱۵ درصد در کنترل علف هرز عروسک پشت پرده شود (Kordmir *et al.,* 2022). همچنین مشخص شد که استفاده از افزودنی‌ها در علف کش‌ها موجب افزایش کارایی علف کش‌ها به مقدار ۱۷ درصد به‌خصوص در شرایط ریزگرد در مزرعه می گردد (Shahbazi *et al.,* 2016). در تحقیق دیگری نیز بیان شد کارایی علف‌کش پاراکوات در حضور باران گل آلود حاوی ۱، ۲، ۴ و ۸ کیلوگرم خاک در هکتار جهت کنترل یولاف وحشی زمستانه به مقدار ۱، ۱/۲، ۱/۶ و ۲/۵ و ۷ برابر نسبت به شاهد کاهش یافت. همچنین همه مواد افزودنی (کلرید کلرمکوات[1]، کلرید آکریفلاوین[2] و کلرید مپیکوات[3]) در کاهش معنی دار اثر نامطلوب باران گل آلود بر فعالیت پاراکوات در کنترل یولاف وحشی زمستانی مؤثر بودند (Aliverdi & Ahmadvand, ۲۰۲۰). در گزارشات دیگر هم بیان شد که وجود ریزگرد بیشترین تأثیر را بر کاهش کارایی علف کش توفوردی داشت به طوری که وزن خشک علف‌های هرز در شرایط حضور و عدم حضور ریزگرد برای توفوردی به ترتیب برابر با ۵۰/۷ و ۱۸/۵ گرم در متر مربع بود (Naghib alsadati *et al.,* 2020). همچنین مطالعات انجام شده نشان داد که وجود ذرات گرد و غبار بر سطح برگ علف های هرز موجب کاهش تأثیر علف‌کش ها شده و افزودن مواد افزودنی در افزایش میزان نفوذ علف کش ها را به عنوان راه حلی مؤثر در جهت کاهش تأثیر منفی ریزگردها و میزان مصرف علف کش‌ها به عنوان معرفی کردند (Rytwo & Tavasi, 2003؛ Rytwo & Tropp, 2001؛ Zhou *et al.,* 2006). همچنین در جای دیگری بیان شد که استفاده از افزودنی‌ها در کاربرد همزمان با علف کش‌ها، موجب افزایش کارایی علف کش‌ها به‌خصوص در شرایط وجود ریزگردها می شود (تحقیقات Mathiassen & Kudsk, 1999; Shahbazi *et al.,* 2015). سایر گزارشات نیز نشان داد کاربرد ماده افزودنی سولفات آمونیوم به همراه علف کش توفوردی+ اِم سی پی آ توانسته بود اثرات نامطلوب کاهندگی حضور گرد و خاک بر کارایی علف‌کش را رفع کند و درصد کنترل علف هرز خرفه افزایش یابد (Nosratti *et al.,* 2016). بنابراین با توجه به افزایش شرایط گرد و خاک در اکثر نقاط کشور و تأثیر احتمالی آن در کارایی علف کش‌ها، هدف از این تحقیق بررسی اثر ریزگردها بر کارایی علف کش‌های بنتازون، پیریدیت و ایمازاتاپیر در کنترل علف هرز خرفه (*Portulaca oleracea* L.) و استفاده از مویان پی‌سی‌گیت به‌عنوان راهکاری در جهت رفع اثرات منفی ناشی از حضور گرد و خاک بر کارایی علف کش‌های مذکور بود.

۱Chloride chlormequat
۲Chloride acriflavine
۴Chloride mepiquat.

مواد و روش ها

به‌منظور بررسی اثر ریزگردها بر کارایی خالص و مخلوط علف کش‌های بنتازون، پیریدیت و ایمازاتاپیر بدون و با مویان پی سی گیت در کنترل علف هرز خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، سه آزمایش دُز-پاسخ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۴۰۲ به اجرا درآمد.

بذور علف‌هرز خرفه به عنوان یک گیاه پهن برگ یکساله تابستانه از اطراف مزارع محصولات مختلف چغندرقند، ذرت، لوبیا، باغ‌ها و تاکستان‌ها به مقدار لازم در سال ۱۴۰۱ جمع آوری شده و تا زمان آزمایش در یخچال نگهداری شد. به منظور بررسی میزان جوانه زنی بذور علف های هرز جمع آوری شده خرفه، بذور در ابتدا در پتری دیش های شیشه ای با یک لایه کاغذ صافی واتمن شماره یک[1] (۲۵ عدد درون هر پتری دیش) قرار داده شدند. پتری دیش های حاوی بذور در ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی گراد به مدت ۱۶ ساعت در روشنایی و دمای ۱۵ درجهٔ سانتی گراد در تاریکی به مدت ۸ ساعت، به ترتیب با رطوبت نسبی ۴۵ و ۶۵ درصد برای یک دورهٔ هفت روزه نگهداری شدند. نتایج نشان داد که در این شرایط بیش از ۹۰ درصد از بذور علف‌های هرز خرفه جوانه‌دار شدند (Chitband *et al.*, 2019). سپس بذور جوانه دار شده در داخل گلدان‌های پلاستیکی یک کیلویی حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی با نسبت حجمی برابر کشت شدند.

۱. Wathman no.1

گیاهان برحسب نیاز به‌صورت یکنواخت و برابر آبیاری شده و در مرحله یک تا دو برگی حقیقی گیاهان هرز هر گلدان تنک شده و در هر گلدان تنها چهار بوته علف هرز خرفه باقی ماندند. در همین مرحله، به میزان ۳۰ میلی لیتر از محلول ۰/۳ کود ۲۰: ۲۰: ۲۰ (N:P:K) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد. شرایط نگهداری گیاهان خرفه تا مرحلهٔ ۳ تا ۴ برگی به صورت ۱۶ ساعت روشنایی، دمای ۱۹ تا ۳۳ درجهٔ سانتی گراد و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۱۷ تا ۲۷ درجهٔ سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶ ± ۴۵ درصد بود. در مرحلهٔ چهار تا شش برگی، تیمارهای مختلف به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی اعمال شدند. تیمارهای آزمایش شامل فاکتور اول؛ کاربرد ترکیب تجاری علف کش بنتازون (بازاگران، SL ۴۸ درصد، افراسم، اصفهان) در مقادیر ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۴۸۰ (دُز توصیه شده) گرم مادهٔ مؤثر در هکتار، کاربرد ترکیب تجاری علف‌کش پیریدیت (لنتاگران، EC ۶۰ درصد، افراسم، اصفهان) در مقادیر ۳۷/۵، ۷۵، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ (دُز توصیه شده) گرم مادهٔ مؤثر در هکتار و کاربرد ترکیب تجاری علف کش ایمازاتاپیر (پرسوئیت، SL ۱۰ درصد، گل سم، گرگان) در مقادیر ۳/۱۳، ۶/۲۵، ۱۲/۵، ۲۵ و ۵۰ (دُز توصیه شده) گرم مادهٔ مؤثره در هکتار را با و بدون مویان پی سی گیت (۲ v/v٪) و ده تیمار شاهد (بدون کاربرد علف کش) و فاکتور دوم؛ میزان خاک نشست کرده روی اندام هوایی (صفر، ۲۰ کیلوگرم در هکتار از طریق اتاقک گرد و خاک ساز) روی بوته‌های علف هرز خرفه بود. در جدول (۱) مشخصات

جدول ۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. The soil characteristics at the experimental location

عمق نمونه برداری Sampling depth (cm)	شن (٪) Sand	سیلت (٪) Silt	رُس (٪) Clay	بافت خاک Soil texture	مادهٔ آلی (٪) Organic material	نیتروژن Nitrogen (mg/kg)	فسفر Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم Potassium (mg/kg)	هدایت الکتریکی (EC) (dS/m)	اسیدیته pH
0-30	13	39	35	Silty-clay	1.01	0.13	7.3	301	0.59	6.92

خاک محل نمونه‌برداری شدهٔ آزمایش آورده شده است.

روش تهیه خاک برای قرار دادن آن روی اندام هوایی خرفه به این صورت بود که ابتدا نمونه‌هایی از خاک برداشت (جدول ۱) و سپس از ستون الک‌های لرزان آزمایشگاهی به ترتیب با مش‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ عبور داده شدند. خاک جمع‌آوری شده به مدت یک روز در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد درون آون قرار گرفته و سپس درون ظرف درب بسته ای نگهداری شدند. قطر ذرات خاکی که از الک با مش ۲۰۰ عبور کرده کمتر از ۷۵ میکرون است. پس از تهیهٔ خاک، گلدان ها درون اتاقک گرد و خاک ساز قرار داده شده و خاک تهیه شده بر روی آن‌ها پاشیده شدند. طول، عرض و ارتفاع اتاقک گرد و خاک ساز به ترتیب برابر ۴۵، ۴۵ و ۱۲۰سانتی متر بود. این اتاقک از جنس پلاستیک شفاف با ضخامت جداره پنج میلی‌متری ساخته شده که دارای چهار الک ۵۰ مشی با قطر دهانه ۱۴ سانتی‌متر بوده که با سیم مفتول به یکدیگر متصل هستند و از طریق کِش به جداره اتاقک اتصال داده شدند. فنری به طول ۴۵ سانتی متر و به قطر دو سانتی‌متر در فاصله سه سانتی متری بالاتر از محل نصب الک ها به جداره اتاقک نصب شدند. این اتاقک دارای درب در بخش فوقانی است که امکان ریختن خاک تهیه شده را درون الک ها را فراهم می‌سازد. با استفاده از کشیدن طنابی که به مرکز فنر وصل می شود و از درب اتاقک عبور داده می شود، فنر به ارتعاش درآورده می شود. ارتعاش فنر باعث ارتعاش الک ها می شود. در پایین هر الک پارچه نازکی از جنس ریون نصب شده تا خاک را به طور یکنواخت بر روی سطوح علف هرز خرفه پخش سازد. پس از اتمام عمل گرد و خاک سازی، به مدت ۱۵ دقیقه به گرد و خاک فضای داخل اتاقک اجازه داده شد تا بر روی اندام‌های هوایی خرفه نشست کند. سپس گیاهان در معرض سم‌پاشی قرار گرفتند (شکل ۱).

شکل ۱- اتاقک طراحی شده برای توزیع یکنواخت گرد و خاک به وسیله این اتاقک (چپ) و اعمال گرد و خاک بر روی اندام های هوایی علف هرز خرفه تابستانه (راست)

Figure 1. The chamber on the left designed for uniform distribution of dust and on the right, the application of dust on the aerial organs of summer purslane

جدول ۲- مشخصات آنالیز آب مورد استفاده برای سمپاشی تیمارهای آزمایش

Table 2. Analytical characteristics of water used for spraying experimental treatments

نمونهٔ آب Water sample	اسیدیته pH	سدیم (Na)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	سولفات (SO_4)	کلر (Cl)	بیکربنات (HCO3)
Spraying water	6.92	0.51	0.78	0.98	3.93	2.3	2.89

ارزیابی چشمی گیاه‌سوزی (EWRC[1]) بوته های علف های هرز بر اثر کاربرد تیمارهای علف کشی نسبت به تیمار شاهد عدم کاربرد علف کش در ۱۴ و ۲۸ روز بعد از اعمال تیمارها انجام گرفتند (Moss *et al.*, 2007). 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 «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. چهار هفته بعد از کاربرد تیمارها، بوته‌های خرفه از سطح گلدان برداشت شده و وزن تر آنها اندازه‌گیری شده و وزن خشک تیمارها بعد از گذاشتن پاکت‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت اندازه گیری و یاداشت شدند. پس از برداشت داده ها، آنالیز واریانس داده‌ها و مقایسات لازم بر روی آنها انجام شد.

تجزیه داده‌ها

تمامی داده های وزن تر و خشک به‌طور همزمان با استفاده از نرم افزار R و محیط گرافیکی آن (RStudio) و افزوده شدن بستهٔ *drc* با مدل لُگاریتم لُجستیک چهار پارامتری (معادلهٔ ۱) برازش داده شد:

معادله ۱

$$Uij = \frac{D-C}{1+\exp\left[bi(\log(z_{ij})-\log(ED50_{(i)}))\right]}+C$$

که در معادله (۱) U_{ij} بیانگر وزن خشک زام که موجب پاسخ در دُز زام فرمولاسیون (z_{ij})

[1] European Weed Research Council

می‌شود. D و C حد بالا و پایین وزن خشک در مقادیر صفر و بی نهایت فرمولاسیون، $ED_{50(i)}$[1] مقدار فرمولاسیون، i، لازم برای ۵۰ درصد وزن خشک علف‌هرز بین حدود بالا و پایین D و C، b_i متناسب با شیب منحنی در محدودهٔ $ED_{50(i)}$ می باشد (Chitband *et al.,* 2020؛ Streibig *et al.*, 1993؛ Sørensen *et al.,* 2007; 2010). در آزمایش‌های زیست‌سنجی، درصورت معنی‌دار نشدن آزمون عدم برازش[2] بر مدل لگا ریتم لُجستیک چهار پارامتری، این مدل به صورت مدل لگاریتم لُجستیک سه پارامتری (C= ۰، حد پایین منحنی حذف شده است) زیر تبدیل می‌شود (Chitband *et al.,* 2020؛ Streibig *et al.,* 1993):

معادله ۲

$$Uij = \frac{D}{1+\exp\left[bi(\log(z_{ij}) - \log(ED50_{(i)}))\right]}$$

برا ی تعیین وزن خشک، نمونه‌ها پس از برداشت در آون با ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس وزن شدند. تجزیه وار یانس داده های حاصل از نمونه برداری با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.4 مورد آنالیز قرا ر گرفتند. همچنین مقایسات میانگین های صفا ت مورد بررسی، به روش آزمون LSD با سطح احتمال پنج درصد بوسیله نرم افزار MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتباط زیست سنجی داده ها

برا ساس ارتباط زیست سنجی داده‌ها، نتا یج حاصل از کاربرد علف‌کش‌های بنت ازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت در حالت خالص و به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت بود نشا ن داد که آزمون F که جهت مقایسهٔ دو مدل لگاریتم لُجستیک چهار پارامتری و سه پارامتری استفاده شده بود، غیر معنی دار است (۰/51 و ۰/۴۰، ۰/۰۵= p). بدین معنی که مدل لگاریتم لُجستیک سه پارامتری برا زش بهتری از روند داده‌های وزن تر علف هرز خرفه دارد. به‌عبارت دیگر، آزمون F بین مدل لگاریتم لُجستیک چهار پارامتری و سه پارامتری معنی‌دار نشد. از طرفی، با برازش آزمون عدم برازش بر داده‌های وزن تر علف هرز خرفه در سطح ۵ درصد به ترتیب برای سه علف‌کش بنتازو ن، ایمازاتاپیر و پیریدیت با استفاده از مدل لگاریتم لُجستیک سه پارامتری، این آزمون معنی‌دار نشد (۰/۷۹ و ۰/۲۲، ۰/۳۵= p)، که نشان دهندهٔ برازش مناسب مدل لگ لُجستیک سه پارامتری بر داده‌ها بوده است (جدول ۳).

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۳)، کار برد خ الص علف‌کش بنتازون منجر به کنترل معنی‌دار علف هرز خرفه در ۲۸ روز پس از مصرف شده بود. به طوری که از مقدار کاربرد این علف کش در بالاترین دُز به میزان ۴۸۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار مقدار ED_{50} = ۱۳۸/۷۵ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار بدس ت آمد . در مطالعه ای پیشنهاد شد که استفاده از علف کش بنتازون بطور معنی‌داری منج ر به کاهش کلروفیل a، کلروفیل b و بیو ماس کل در علف هرز تاج خروس ریشه قرمز شده بود (Sharifi *et al.*, 2021). در مطالعهٔ

۱Effective dose

۲ Lack-of-fit test

دیگری بیان شد که مصرف علف کش بنتازون به طور معنی‌داری منجر به کنترل علف های هرز پهن برگ مانند تاج خروس ریشه قرمز، توق (*Xanthium strumarium* L.)، سلمه تره، پنیرک (*Malva retundifolia* L.) و پیچک صحرائی (*Convolvulus arvensis* L.) در اراضی لوبیا می شود (Sadeghipoor & Ghafari , 2003). با کاربرد مویان پی سی گیت به همراه علف کش بنتازون کارایی کنترل علف هرز خرفه را بسیار افزایش یافته به طوری که مقدار دُز مورد نیاز آن را به میزان ۱۹/۰۹ = ED_{50} گرم مادهٔ مؤثره در هکتار کاهش داده است. نتایج مشابهی در مقادیر ED_{90} بدست آمده بوده و مقدار این پارامتر از میزان ۸۳۲/۵۶ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار به مقدار ۲۶۱/۲۶ گرم کاهش یافته بود که حاکی از تأثیر معنی دار مویان پی سی گیت در استفاده آن به همراه علف کش بنتازون بوده است. میزان بهبود کارایی حاصل شدهٔ بنتازون جهت گیاه سوزی ۵۰ و ۹۰ درصدی اندام های هوایی خرفه به ترتیب ۵۷/۴۱ و ۶۸/۲۴ درصد بود. نتایج حاصل از آنالیز داده های وزن تر علف هرز خرفه در مرحلهٔ ۴ تا ۶ برگی در ۲۸ روز پس از کاربرد نیز حاکی از کاهش وزن تر آن با استفاده از دُزهای خالص علف کش ایمازاتاپیر بود. به طوری که اعمال بالاترین دُز مصرفی این علف کش در مقدار ۵۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار باعث بروز ۴۳/۱۹ = ED_{50} گرم شد. در تحقیق انجام شده گزارش شد که از بین تیمارهای علف کشی تریفلورالین (ترفلان)، پندیمتالین (استامپ)، ایمازاتاپیر (پرسوئیت)، هالوکسی فوپ-آر-متیل استر (گالانت) و پاراکوات (گراماکسون)، علف کش ایمازاتاپیر به مقدار ۰/۸ لیتر در هکتار توانسته بود تراکم و وزن خشک علف هرز خرفه در چین اول به ترتیب ۷۱ و ۷۰ درصد و در چین دوم به ترتیب ۷۷ و ۷۲ درصد کاهش دهد. علف‌کش ایمازاتاپیر همچنین منجر به افزایش زیست تودهٔ گیاه دارویی حنا (*Lawsonia inermis* L.) به مقدار ۷۲ درصد در چین های مختلف شده بود (Mamnoie *et al.,* 2021). با مخلوط نمودن علف کش ایمازاتاپیر با مویان پی سی گیت کارایی بهتری از علف کش در کنترل علف هرز خرفه بدست آمد و مقدار ED_{50} روند کاهش معنی‌داری بیشتری را نشان داد و مقدار آن به ۲۴/۴۰ گرم رسید. به عبارتی، با مخلوط کردن علف‌کش ایمازاتاپیر با مویان پی سی گیت کارایی علف‌کش جهت کنترل خرفه به مقدار ۴۳/۵۱ درصد افزایش نشان داد. در بررسی پارامتر ED_{90} نیز نتایج مشابه‌ی مشاهده شد به طوری که مقدار این پارامتر از ۸۸۶/۴۸ گرم به ۱۶۴/۸۷ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار رسید که حاکی از افزایش کارایی علف کش ایمازاتاپیر به مقدار ۸۱/۴۰ درصد در کاربرد توأم با مویان پی سی گیت می‌باشد. نتایج حاصل از جدول (۳) نشان داد که مقدار کاربرد علف کش پیریدیت از ۶۰۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار به ۱۸۹/۳۶ گرم در پارامتر ED_{50} کاهش یافت که نشان می دهد این علف کش کارایی بسیار معنی داری در کنترل علف هرز خرفه داشته است. در تحقیقی بیان شد کاربرد مقادیر مختلف پیریدیت شامل ۲/۵ و ۲ لیتر در هکتار منجر به کاهش به ترتیب ۱۰۰ و ۷۴/۴ درصدی در تعداد علف های هرز تاج خروس وحشی و خردل وحشی و سلمه

تره شدند (Sarparast & Sheikh, 2010). آنها همچنین خاطرنشان کردند که درصورت گران بودن هزینه های کارگری جهت وجین دستی، استفاده از تیمار پیریدیت ۲ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن برای کنترل علف های هرز در شرایط منطقه گلستان، اقتصادی تر به نظر می‌رسد. پژوهشگران همچنین نشان دادند که مصرف ۲ کیلوگرم در هکتار پیریدیت موجب توقف فتوسنتز درعلف هرز تاج خروس شده و گیاه ظرف مدت سه روز از بین رفت (Gimenez *et al.*, 1995). در مطالعه‌ای که با استفاده از سیانازین، لینوران و پیریدیت روی علف های هرز خردل وحشی در منطقه گلستان صورت گرفت، نشان داده شد که پیریدیت تعداد خردل وحشی و شاه تره (*Fumaria officinalis* L.) را به طور معنی داری نسبت به شاهد و دیگر علف کش های لینوران و سیانازین کاهش داد و قابل مقایسه با وجین کامل بود (Bagherani, 1999). با مخلوط نمودن این علف کش با مویان پی سی گیت باز هم روند پارامتر ED_{50} کاهش یافته و به مقدار ۴۷/۹۴ گرم رسیده بود و مقدار پارامتر ED_{90} نیز از ۷۴۸/۰۶ گرم به ۱۰۴/۶۹ گرم کاهش یافته بود. مقادیر کاهش یافته پارامترهای ED_{50} و ED_{90} حاکی از کاربرد مؤثر مویان پی سی گیت در افزایش کارایی علف کش پیریدیت به میزان ۷۴/۶۸ و ۸۶/۰۱ درصد بوده است. همچنین این نتایج در منحنی های دُز-پاسخ ارائه شده در شکل (۲) نیز نشان داده شده است که در آن محور x دُزهای مختلف علف کش‌های به کار رفتهٔ بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت بر حسب گرم مادهٔ مؤثره در هکتار و محور y مادهٔ خشک گیاه هرز خرفه تابستانه می‌باشد. علف کش‌های بنتازون و پیریدیت به علت داشت ماهیت تماسی و ایجاد پوشش مناسب در سطح گیاه هرز در مقایسه با علف کش ایمازاتاپیر که ماهیت سیستمیک دارد، کارایی بیشتری برای کنترل علف های هرز بخصوص علف های هرز یکساله مانند خرفه دارند. در این شرایط جهت حصول بهترین نتیجه از کاربرد علف کش های تماسی لازم است که این علف کش‌ها حتما با یک مادهٔ افزودنی و مویان به کار برده شوند. همچنین کوتیکول مانع اصلی ورود علف‌کش های شاخ و برگ مصرف به درون گیاه محسوب می شود. ترکیبات علف کش محلول در چربی مانند پیریدیت به راحتی در کوتیکول نفوذ کرده و از کوتیکول عبور کرده و به سرعت در گیاه حرکت می کنند. کاربرد هر یک از علف کشهای بنتازون و ایمازاتاپیر که محلول در آب هستند به‌راحتی قادر به نفوذ نیستند. حضور مویان پی‌سی‌گیت در محلول سمپاشی از یک طرف باعث پخش شدن محلول علف کش ها در سطح گیاه شده و امکان تماس آب با قسمتهای آبدوست (هیدروفیلیک) سطح برگ و جذب آن را فراهم می سازد و از طرف دیگر باعث حل شدن کوتیکول سطح برگ شده و احتمال نفوذ علف کش های محلول در آب را به داخل کوتیکول افزایش می دهد (Chitband, 2023). کارایی متفاوت علف کش‌های مورد مطالعه در کنترل علف هرز خرفه تابستانه را میتوان در درجهٔ اول به نحوهٔ عمل متفاوت آنها نسبت داد. به طوری که علف کش های پیریدیت و بنتازون از طریق تأثیر مستقیم بر دستگاه

جدول ۳- حد بالا، شیب منحنی و مقادیر ED_{50} و ED_{90} علفکش های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت در کاربرد خالص و به همراه موبان پی سی گیت تحت شرایط با و بدون گرد و خاکی بر وزن تر علف هرز خرفه در مرحله چهار تا شش برگی در ۲۱ روز پس از اعمال تیمار

Table 3. The upper limit, curve slope and ED_{50} and ED_{90} values of bentazone, imazethapyr and pyridate herbicides in pure application and with PCGate on fresh weight of common purslane under application of dust 0 (left) and 20 (right)) kg.ha^{-1} in four to six leaves stage in 21 days after treatment (DAT)

گرد و خاکی Dust (Kg.ha^{-1})	علفکش Herbicide (g.a.i.ha^{-1})	شیب منحنی B[1]	حد بالای منحنی D[2]	ذز مؤثر علفکش (گرم مادهٔ مؤثره در هکتار) Herbicide effective dose (g.ai.ha^{-1})		آزمون عدم برازش
				ED_{50}	ED_{90}	
0	بنتازون Bentazone	1.23 ± 0.20	7.57 ± 0.42	138.75 ± 22.28	832.56 ± 216.66	0.35 (NS)[5]
	بنتازون + پی سی گیت Bentazone + PCGate	1.88 ± 0.82	7.75 ± 0.41	59.09 ± 5.46	261.26 ± 17.20	
	ایمازاتاپیر Imazethapyr	0.60 ± 0.16	7.82 ± 0.56	43.19 ± 8.27	886.48 ± 221.26	0.22 (NS)
	ایمازاتاپیر+ پی سی گیت Imazethapyr + PCGate	0.74 ± 0.17	7.78 ± 0.57	24.40 ± 2.51	164.87 ± 96.50	
	پیریدیت Pyridate	1.60 ± 0.30	7.96 ± 0.48	189.36 ± 29.94	748.06 ± 189.90	
	پیریدیت+ پی سی گیت Pyridate + PCGate	2.81 ± 0.82	7.77 ± 0.56	47.94 ± 5.17	104.69 ± 24.70	0.59 (NS)
20	بنتازون Bentazone	1.49 ± 0.42	7.50 ± 0.47	269.82 ± 44.35	1179.03 ± 460.21	0.89 (NS)
	بنتازون + پی سی گیت Bentazone + PCGate	0.96 ± 0.19	7.70 ± 0.53	64.42 ± 15.04	642.41 ± 262.13	
	ایمازاتاپیر Imazethapyr	0.63 ± 0.20	7.86 ± 0.60	59.26 ± 17.21	1296.23 ± 507.17	0.05 (NS)
	ایمازاتاپیر + پی سی گیت Imazethapyr + PCGate	0.59 ± 0.17	7.81 ± 0.59	39.37 ± 6.46	669.79 ± 273.17	
	پیریدیت Pyridate	1.68 ± 0.44	7.93 ± 0.49	322.70 ± 53.72	1194.50 ± 410.57	
	پیریدیت+ پی سی گیت Pyridate + PCGate	1.37 ± 0.30	7.80 ± 0.61	114.09 ± 23.31	564.58 ± 195.87	0.97 (NS)

تمامی مقادیر پارامترها به همراه خطای استاندارد هستند.(۱) b= شیب منحنی؛(۲) D= حد بالای منحنی؛(۳) ED= ذز مؤثر علفکش= ذزی که منجر به کاهش ۵۰ یا ۹۰ درصد در وزن تر علف هرز خرفه می شود؛(۴) آزمون عدم برازش = Lack of fit test (5%)؛(۵) ns = عدم معنی داری در سطح احتمال ۵٪ هستند.

All parameter values are presented with standard error. [1]b = Slop around the ED_{50}, [2]D = Upper limit, when herbicide doses are zero, [3]ED = Effective dose: The dose causes 50% decrease in response (weeds drywieght), [5]ns: non significant, significant at the 5% level of probability respectively, [4]Lack of Fit test.

فتوسنتزی و تولید سریع استرس اکسیداتیو[1] منجر به قطع انتقال الکترون و تجمع انرژی شده و درنهایت باعث آسیب سلولی و مرگ گیاه می شوند (Caverzan *et al.*, 2019). نوع و اجزاء فرمولاسیون علف کش‌های مورد مطالعه هم می‌تواند باعث افزایش یا کاهش کارایی آنها در کنترل علف هرز خرفه تابستانه شود. علف کش های فرموله شده محتوی جزء فعال مخلوط شده با اجزاء اصلی فرمولاسیون هستند که منجر

۱Reactive Oxygen Species (ROS)

به افزایش چسبندگی قطره سمپاشی شده روی برگ های گیاه، افزایش جذب و یا ممانعت از تجزیه سریع ترکیب فعال علف‌کشی می شوند. مقایسهٔ پاسخ علف کش های پیریدیت، بنتازون و ایمازاتاپیر به خوبی نشان داد که علف کش پیریدیت با داشتن فرمولاسیون امولسیون شونده غلیظ نسبت به فرمولاسیون مایعات حل شونده در آب کارایی بیشتری در کنترل علف هرز خرفه داشته است.

در تحقیقات قبلی مشخص شد که فرمولاسیون ECs در مقایسه با انواع دیگر فرمولاسیون ها دارای نشست، ماندگاری و نفوذ شاخ و برگی مناسب تری از علف‌کش‌ها برای رسیدن به محل اثر هستند (Chitband *et al.*, 2019). مطالعات انجام شده حاکی از بهتر بودن جذب و نفوذ فرمولاسیون های EC و EW در مقایسه با فرمولاسیون WPs بود (Wirth *et al.*, 1991; Grayson *et al.*, 1993). در شرایط اعمال گرد و خاک نیز آزمون F حاصل از کاربرد علف کش های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت در حالت خالص و به همراه مویان پی‌سی‌گیت بین مدل لگاریتم لُجستیک چهار پارامتری و سه پارامتری معنی‌دار نشد (۰/۵۱ و ۰/۴۰ = p/۰۵، ۰). بدین معنی که مدل لگاریتم لُجستیک سه پارامتری برازش بهتری از روند داده های وزن تر علف هرز خرفه تابستانه نشان داده است. از طرفی، برازش آزمون عدم برای سه علف کش بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت بر داده های وزن تر علف هرز خرفه در سطح ۵ درصد با استفاده از مدل لگاریتم لُجستیک سه پارامتری، این آزمون معنی دار نشد (۰/۷۹ ،۰/۵۳ ،۰/۳۱ = p).

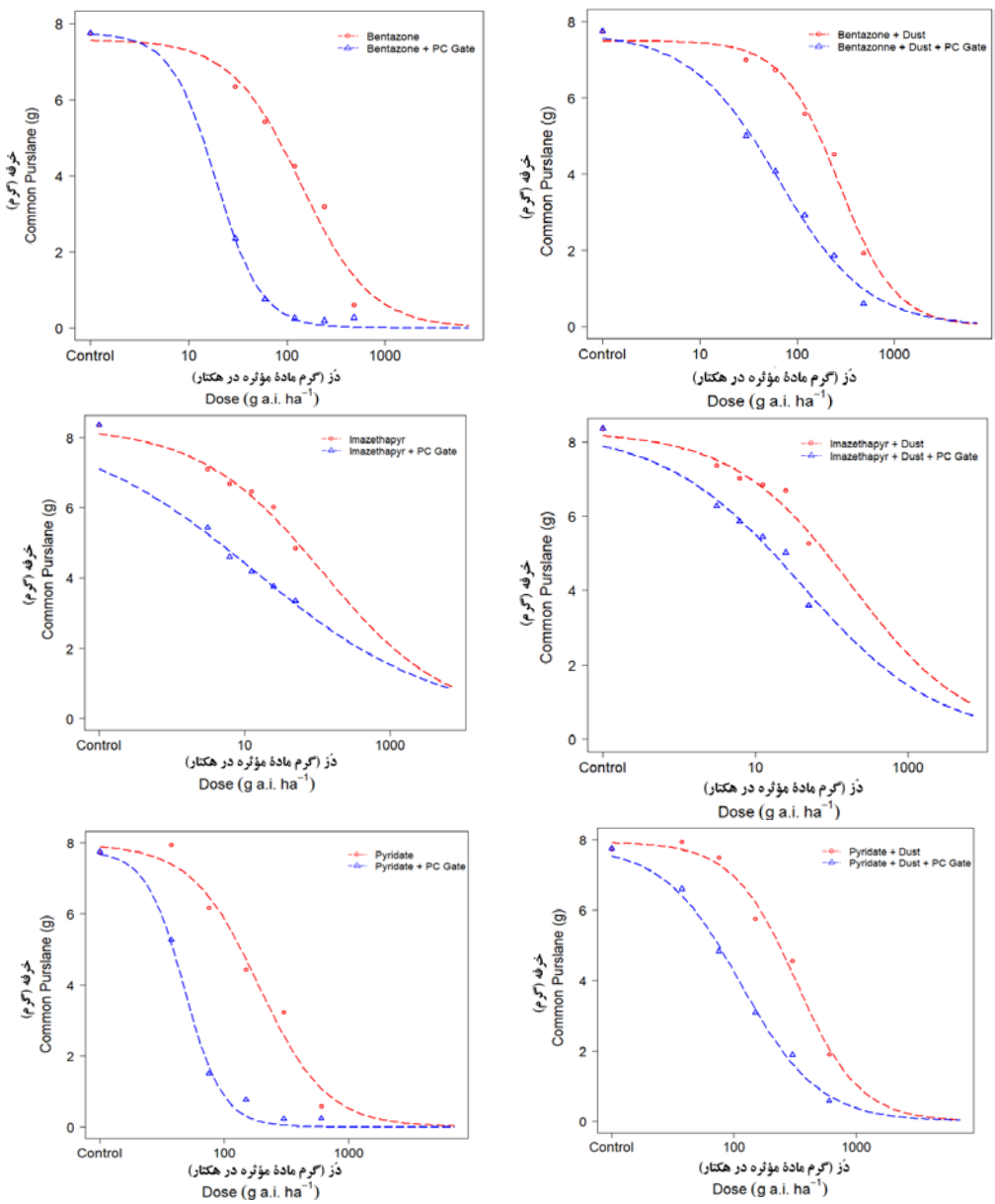
که نشان دهندهٔ برازش مناسب مدل لُجستیک سه پارامتری بر داده‌ها بوده است (جدول ۳).

نتایج اعمال گرد و خاک به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش پارامترهای ED_{50} و ED_{90} تحت کاربرد علف کش بنتازون شده بود، به طوری که مقادیر آنها به ترتیب برابر با ۴۴/۳۵ ± ۲۶۹/۸۲ و ۴۶۰/۲۱ ± ۱۱۷۹/۰۳ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار بود. یعنی درصورت وجود گرد و خاک کارایی علف کش بنتازون در کنترل علف هرز خرفه کاهش معنی داری یافته بود که افزایش پارامترهای ED را به همراه داشته است. در شرایط اعمال ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک، کاربرد مویان پی سی‌گیت منجر به افزایش کارایی علف کش بنتازون در کنترل علف هرز خرفه شده بود. به عبارتی استفاده از مویان پی سی گیت توانسته بود اثرات منفی ناشی از کاربرد گرد و خاک در کنترل علف هرز را کاهش دهد و منجر به کاهش معنی دار پارامترهای ED به ترتیب به ۱۵/۰۴ ± ۶۴/۴۲ و ۲۶۲/۱۳ ± ۶۲۴ شده بود. به عبارت دیگر، کاربرد مویان پی‌سی‌گیت توانسته بود به ترتیب افزایش ۷۶/۱۲ و ۴۵/۵۱ درصدی در پارامترهای ED_{50} و ED_{90} علف کش بنتازون ایجاد کند و کارایی آن را افزایش دهد (جدول ۳). همچنین حضور گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی خرفه سبب کاهش کارایی علف‌کش ایماز اتاپیر طی دُزهای مختلف به کار رفته شد. به طوری که کاربرد ایمازاتاپیر در حضور گرد و خاک بر روی اندام‌هایی هوایی خرفه تابستانه باعث افزایش مقادیر ED_{50} و ED_{90} به ترتیب از ۴۳/۱۹ به ۵۹/۲۶ گرم و ۸۸۶/۴۸ به ۱۲۹۶/۲۳ در هکتار

شد. تحقیقات نشان داده است که حضور ریزگردها سبب کاهش کارایی علف کش‌های نیکوسولفورون، فورام سولفورون و توفوردی+ ام سی پی آ در کنترل علف های هرز ذرت شد (Nosratti *et al.,* 2016). براساس گزارش انجام شده، نشست ذرات ریزگرد روی سطح علف های هرز سبب کاهش کارایی علف کش های آتلانتیس و اتللو شده و در مجموع علف کش آتلانتیس در شرایط عدم حضور ریزگردها موجب بیشترین درصد کنترل علف های هرز شده است. آنها همچنین گزارش نمودند که وجود ذرات گرد و غبار روی سطح برگ علف های هرز عامل کاهش تأثیر کارایی علف کش ها می باشد (Sharifi *et al.,* 2015). کاهش کارایی علف کش ها متأثر از حضور ذرات گرد و غبار و چسبیدن علف کش‌ها به این ذرات است و هر چقدر pH بیشتر شود چسبندگی علف کش به ذرات ریزگرد افزایش می یابد و به میزان بیشتری کارایی علف کش‌ها کاهش می‌یابد (Tisdale *et al*., 1985). افزودن مویان پی سی گیت به علف‌کش ایمازاتاپیر در شرایطی که گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی خرفه تابستانه اعمال شده بود، موجب افزایش معنی داری در کارایی علف کش شد (۳۳/۵۶ درصد در پارامتر ED_{50} و ۳۱/۶۰ درصد در پارامتر ED_{90}). به طوری که کارایی علف کش ایمازاتاپیر تحت اثر نامطلوب گرد و خاک با افزوده شدن مویان پی سی گیت به محلول پاشش ایمازاتاپیر به طور معنی داری توانسته بود افزایش گردد (جدول ۳). کارایی علف‌کش پیریدیت نیز در کنترل علف هرز خرفه تابستانه در شرایط اعمال گرد و خاک کاهش معنی داری یافته بود، به عبارتی مقدار ED_{50} = ۳۲۲/۷۰ آن افزایش پیدا کرده بود. روند مشابه ای در حضور گرد و خاک در پارامتر ED_{90} مشاهده شد و مقدار آن به ۱۱۹۴/۵۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار افزایش یافت. نتایج تحقیقات دیگر نشان داد که حضور ۲۰ کیلوگرم گرد و خاک در هکتار در محلول سمپاشی به طور معنی داری (۵۵/۱۲ درصد) منجر به کاهش کارایی علف کش پیریدیت در کنترل علف هرز یولاف وحشی شده است (Karami ., *et al* 2020).

جهت برطرف شدن اثرات سوء گرد و خاک بر کارایی پیریدیت بر روی اندام های هوایی علف هرز، استفاده از مویان پی سی گیت ضروری بود به طوری که با به کارگیری آن مقادیر ED_{50} و ED_{90} به طور معنی داری کاهش یافته بود و به مقدار ۱۱۴/۰۹ و ۵۶۴/۵۸ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار رسیده بود. به عبارتی مقادیر این پارامترها به میزان ۶۴/۶۵ و ۵۲/۷۴ درصد افزایش یافته بود. علف کش‌های خانواده های سولفونیل اوره ها و بنتازون جزو علف کش های دارای خاصیت اسیدی ضعیف هستند. حلالیت این علف کش‌ها بستگی به pH محلول سمپاشی و pKa ملکول علف کش در حلال آبی دارد. زمانی که pH زیر pKa است، حلالیت علف کش پایین است و علف کش یونیزه نمی شود. زمانی که pH بالای PKa باشد علف کش یونی است و حلالیت بیشتری در آب دارد (Liu *et al.,* 1995). علف کش‌های سولفونیل اوره دارای جذب سطحی خیلی کم تا کم به ذرات خاک هستند که البته این امر به pH بستگی

دارد. بنابراین pH بالاتر از pKa ایمازاتاپیر (۲/۱ = pKa) و بنتازون (pKa = ۳/۳) است و مناسب برای جذب این علف کش‌ها به درون بافت‌های گیاهی است و اثر کاهنده گرد و خاک به علت حضور فیزیکی این ذرات و چسبیدن این علف کش ها به این ذرات است که در pH بالاتر نیز این اتفاق بیشتر می افتد (Wills & MeWhorter, 1987). از این رو، کاهش عملکرد علف‌کش های ایمازاتاپیر و بنتازون با اعمال ذرات گرد و خاک بر شاخ و برگ علف هرز خرفه رخ می دهد. علف‌کش پیریدیت علف‌کشی غیریونی است که در شرایط عدم اعمال گرد و خاک به همراه مویان پی سی گیت به طور معنی داری منجر به کنترل علف هرز خرفه قرار گرفته بود. حال آنکه دو علف کش ایمازاتاپیر و بنتازون با داشتن خاصیت اسیدی ضعیف دارای عملکرد کمتری از علف کش پیریدیت بوده اند. اختلاف در بار الکتریکی موجود بر روی ساختار مولکولی علف کش های ایمازاتاپیر و بنتازون به همراه مویان پی سی گیت را می توان از دلایل کارایی کمتر آنها دانست. ایمازاتاپیر و بنتازون علف کشی اسیدی ضعیف با ضریب تفکیک اسیدی (pKa) برابر ۲/۱ و ۳/۳ در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد است. بدین معنی که در pH های محلول بالاتر از ۲ تا ۳، بار الکتریکی علف کش منفی است. احتمالاً مویان پی سی گیت توانسته با ایجاد بار الکتریکی مثبت در ساختار مولکولی خود با بار منفی حاصل از ملکول علف‌کش های ایمازاتاپیر و بنتازون در درون مخزن سمپاش پیوند یونی ایجاد کند و موجب کاهش جذب و کارایی علف کش‌ها در کنترل علف هرز خرفه را ایجاد کند (Karami *et al.,* 2020; Chitband, 2023). همچنین استفاده از مویان پی سی گیت به همراه علف کش‌های کاربردی موجب کاهش کشش سطحی محلول سمپاشی و تولید قطره‌های ریز و نشست بیشتر قطره‌های پاشش، شده که باعث گسترش قطره بر روی سطح برگ، خیس پذیری بیشتر سطح برگ و کاهش زاویه تماس قطره ها با سطح برگ می شود. کاهش زاویه تماس قطرک‌ها با سطح برگ نیز منجر به پوشیده شدن ناحیه بیشتری از کوتیکول مومی برگ به وسیله قطره‌ها و افزایش نفوذ مادهٔ مؤثره علف‌کش به درون بافت گیاه هرز از طریق کوتیکول و روزنه‌ها می شود (Panner, 2000؛ Sharma & Singh, 2000). بنابراین به نظر می رسد که مویان پی سی گیت با کاهش دادن کشش سطحی محلول علف‌کش های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت باعث کاهش زاویه تماس قطره پاشش با سطح برگ خرفه تابستانه شده و در نتیجه موجب خیس شدن بیشتر سطح کوتیکول می‌شود. این عمل منجر به جذب بیشتر مادهٔ مو ثره علف‌کش‌ها و درنهایت افزایش کارایی آنها شده است. در آزمایشی برآورد شد که مخلوط نمودن مادهٔ افزودنی میکوات کلراید (به میزان ۵۰ گرم ماده خالص در هکتار) به محلول سم‌پاشی پیریدیت با حجم پاشش ۲۴۰ لیتر آب در هکتار، اثرات نامطلوب حضور گرد و خاک بر اندام‌های هوایی یولاف وحشی زمستانه را کاهش داده و منجر به افزایش کارایی علف‌کش پیریدیت به میزان ۲۷/۳۸ درصد شده است (Karami *et al.,* 2020).



شکل ۲- منحنی های دُز-پاسخ دُزهای مختلف علفکش های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت در کاربرد خالص و به همراه مویان پی سی گیت بر وزن تر علف-هرز خرفه در هر گلدان تحت شرایط اعمال صفر (چپ) و ۲۰ (راست) کیلوگرم گرد و خاک در هکتار

Figure 2. Dose-response curves of different doses of bentazone, imazethapyr and pyridate herbicides with and without PCGate on fresh weight of common purslane under application of dust 0 (left) and 20 (right)) kg.ha^{-1}

در آزمایش مشابه‌ای مشخص شد که استفاده از افزودنی‌ها در علف کش‌ها موجب افزایش کارایی علف کش‌ها به خصوص در شرایط حضور ریزگرد می گردد (Shahbazi *et al.*, 2016). در تحقیق دیگر بیان شد که فعالیت باران گل آلود حاوی ۱، ۲، ۴ و ۸ کیلوگرم خاک در هکتار پاراکوات را در برابر یولاف وحشی زمستانه به ۱، ۱/۲، ۱/۶ و ۲/۵ و ۷ برابر نسبت به شاهد کاهش داد. همچنین همه ادجوانت ها (کلرید کلرمکوات، کلرید آکریفلاوین و کلرید مپیکوات) در کاهش معنی‌دار اثر نامطلوب باران گل آلود بر فعالیت پاراکوات در کنترل یولاف وحشی زمستانی مؤثر بودند توسط (Aliverdi & Ahmadvand, 2020). نتایج این آزمایش به

صورت منحنی های دُز-پاسخ در شکل (۲) نیز ارائه شده است که در آن دُزهای علف‌کش پیریدیت بر حسب گرم مادهٔ مؤثره در هکتار بر محور x و بیوماس گیاه هرز خرفه روی محور y نشان داده شده است.

ارتباط ANOVA داده ها

نتایج تجزیه واریانس کاربرد دُزهای مختلف علف کش‌های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت تحت عدم کاربرد و کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک بدون و به همراه مویان پی سی گیت محلول سمپاشی در کنترل علف های هرز خرفه تابستانه در جدول ۴ آورده شده است. مطابق نتایج ارائه شده در جدول (۴)، اثر کاربرد دُزهای مختلف علف کش‌های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت در عدم کاربرد و کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک به صورت خالص و به همراه مویان پی سی گیت در کنترل علف‌های هرز خرفه تابستانه معنی‌دار بود ($P<0.01$).

در جدول (۵) نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای متفاوت علف کش‌های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت در شرایط عدم کاربرد و کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک بدون و به همراه مویان پی سی گیت محلول سمپاشی آورده شده است. مطابق نتایج ارائه شده در جدول (۵)، اختلاف معنی داری در حالت های مختلف عدم کاربرد و کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک در وزن تر علف های هرز خرفه تابستانه وجود داشت. بالاترین وزن تر علف هرز خرفه تابستانه در شرایط کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک بدست آمد که منجر به کاهش کارایی علف کش‌ها شده بود و درصورت عدم کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک شدت کارایی علف‌کش‌ها افزایش یافته و موجب کاهش وزن تر بیشتری در علف هرز خرفه تابستانه شده بود. مقدار وزن تر بیشتر علف‌کش ایمازاتاپیر نسبت به بنتازون و پیریدیت حاکی از کارایی کمتر این علف کش نسبت به بنتازون و پیریدیت بوده است. نتایج این آزمایش با نتایج تحقیقی که در آن حضور ریزگردها روند افزایشی در وزن خشک علف‌های هرز تحت کاربرد علف کش‌های کلودینافوپ-پروپاژیل (تاپیک) و توفوردی+ام سی پی آ داشت، مشابه بود (Naghib alsadati *et al.*, 2020). همچنین نتایج تحقیق دیگر نشان داد که حضور ریزگردها وزن کل تر و خشک علف های هرز خردل وحشی و جودره (*Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell.) را کاهش داد. به طوری که با افزایش مقدار ریزگردها به ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم ریزگرد بر متر مکعب در زمان شروع بذردهی، به ترتیب وزن خشک این علف‌های هرز به میزان ۱۷ و ۳۳ درصد کاهش یافته بود (Asadi *et al.*, 2019).

حضور مویان پی‌سی‌گیت در محلول سم‌پاشی باعث شده بود کارایی کنترل علف هرز خرفه افزایش پیدا کند ولی این افزایش کارایی در حضور گرد و خاک کمتر شده بود. علیرغم کنترل معنی‌دار دُزهای متفاوت علف کش ها در شرایط عدم کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک، حضور ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک تأثیر دُزهای متفاوت علف کش‌ها را کاهش داده بود. ولی با این

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) ذُزهای مختلف علف کش های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت تحت عدم کاربرد و کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک بدون و به همراه مویان بی سی گیت بر وزن تر علف هرز خرفه تابستانه (*Portulaca oleracea* L.)

Table 4. Results of analysis of variance (mean squares) of different doses of bentazone, imazethapyr and pyridate under application of 0 and 20 dust (Kg.ha^{-1}) with and without PCGate on the fresh weight of common purslane (*Portulaca oleracea* L.)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	بنتازون Bentazone		ایمازاتاپیر Imazethapyr		پیریدیت Pyridate	
		بدون پی سی گیت Without PCGate	با پی سی گیت With PCGate	بدون پی سی گیت Without PCGate	با پی سی گیت With PCGate	بدون پی سی گیت Without PCGate	با پی سی گیت With PCGate
علف کش (A) Herbicide (A)	5	32.11**	42.81**	3.96**	14.87**	40.35**	50.37**
گرد و خاک (B) Dust (B)	1	9.00**	28.44**	1.06**	8.55**	7.11**	20.25**
علفکش (A) × گرد و خاک (B) Herbicide (A) × Dust (B)	5	11.39**	14.91**	1.32**	4.96**	14.30**	17.93**
خطا Error	24	0.70	0.74	0.08	0.58	1.01	1.45

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

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

حال، با افزایش دُزهای کاربردی به‌خصوص دُزهای حداکثر پنج و شش علف‌کش‌ها، وزن تر علف هرز خرفه کاهش بیشتری را نشان داده بود (جدول ۵). نتایج این پژوهش در حمایت از نتایج پژوهش قبلی با کلوپیرالید است (Aliverdi & Karami, 2021).

آنها نیز گزارش کردند که رابطه بین حجم پاشش و کارایی کلوپیرالید بستگی به حضور یا عدم حضور گرد و خاک بر روی تاتوره (*Datura stramonium* L.) دارد. به طوری که در شرایط حضور گرد و خاک، این رابطه مثبت ولی در شرایط عدم حضور گرد و خاک، این رابطه منفی است. همچنین نتایج نشان داد که در شرایط حضور گرد و خاک، افزایش پاشش علف کش گلایفوسیت باعث کارایی بیشتر آن در کنترل علف هرز تاج ریزی سیاه خواهد شد (Zhou *et al.*, 2006).

ارزیابی چشمی کاربرد علف کش ها

علائم خسارت علف کش بنتازون که از بازدارندگان فتوسنتز است به علت گسیختگی فرآیند فتوسنتزی به سرعت توسعه پیدا کرد. کاربرد این علف کش منجر به بروز علائمی چون پژمردگی، کلروز[1] سریع و نکروز[2] شدن در حاشیه برگ ها شد.علائم بعدی آن شامل خشک شدگی و سوخته شدن ظاهر برگ ها و در نهایت با گذشت زمان قهوه ای و خشک شدن کامل برگ ها بود. علف هرز خرفه دارای حساسیت بالایی در مقابل کاربرد علف کش بنتازون از خود نشان داد، به طوری که کاربرد

۱Chlorosis
۲ Necrosis

۲۴۰ و ۴۸۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از این علف کش منجر به کنترل ۷۰ و ۸۰ درصدی این علف هرز در ۱۴ روز پس از کاربرد علف‌کش شد و در ۲۸ روز پس از کاربرد این علف کش، کنترل ۹۰ و ۱۰۰ درصد از این علف هرز حاصل شد (جدول ۶). با اعمال مویان پی سی گیت در محلول سمپاشی علف کش بنتازون کنترل بسیار بالاتر و معنی‌داری از علف هرز خرفه تابستانه بدست آمد. به طوری که در دُزهای حداکثر ۲۴۰ و ۴۸۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف‌کش بنتازون در ۱۴ روز پس از کاربرد، کنترل ۸۰ و ۹۵ درصدی از علف هرز خرفه بدست آمد. با کاربرد همین دُزهای علف کشی در ۲۸ در ۱۴ روز پس از کاربرد، کنترل ۱۰۰ درصد از علف هرز خرفه مشاهده شد. کاربرد سایر دُزهای ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار باعث کنترل ۶۰ تا ۹۰ درصد از علف هرز خرفه در ۲۸ روز پس از کاربرد بنتازون شده بود (جدول ۶). کاربرد ۲۰ گرم در هکتار از گرد و خاک به طور معنی داری توانسته بود از کارایی علف کش بنتازون در کنترل علف هرز خرفه تابستانه بکاهد. در ۱۴ روز پس از کاربرد بنتازون، حتی در دُزهای حداکثر ۲۴۰ و ۴۸۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار، فقط ۲۵ و ۳۰ درصد کنترل خرفه حاصل شده بود. با گذشت زمان، اثر منفی گرد و خاک بر وزن تر به طور معنی داری افزایش یافت ولی با این حال در ۲۸ روز پس از کاربرد علف کش نیز کنترل ۵۰ و ۶۰ درصدی از خرفه بدست آمده بود. به عبارت دیگر، کاهش کارایی علف کش بنتازون در کنترل علف هرز خرفه به میزان ۶۲/۵۰ و ۴۰ درصد به ترتیب در ۱۴ و ۲۸ روز پس از کاربرد علف کش مشاهده شده بود. با مصرف مویان پی‌سی‌گیت در محلول سم‌پاشی علف کش بنتازون، کنترل علف هرز خرفه تابستانه به طور بسیار معنی‌داری افزایش یافته بود و کارایی این علف‌کش به مقدار ۳۳/۳۳ و ۲۵ درصد به ترتیب در ۱۴ و ۲۸ روز پس از کاربرد افزایش پیدا کرده بود و منجر به کنترل ۴۵ و ۸۰ درصدی در همین بازه های زمانی شده بود (جدول ۶).

علائم تأثیر علف کش ایمازاتاپیر در گیاه هرز به علت مهار آنزیم استولاکتات سینتاز (ALS) بسیار کندتر از دو علف کش بنتازون و پیریدیت ظاهر می شود. کاربرد علف کش ایمازاتاپیر روی علف هرز خرفه تابستانه منجر به بروز علائمی چون توقف رشد، زردی و سپس نکروزه شدن بافت ها، مرگ جوانه‌ها و ارغوانی شدن برگ ها و ساقه‌ها طی چند روز پس از کاربرد شده و در نهایت بعد از ۴ تا ۶ هفته باعث مرگ تدریجی علف هرز می شود. شدت کنترل علف هرز خرفه در مقابل کاربرد علف کش ایمازاتاپیر بسیار کمتر از علف کش بنتازون بود. به طوری‌که استفاده از بالاترین دُزهای کاربردی ۲۵ و ۵۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار این علف کش، منجر به کنترل کمتر از نصف یعنی ۲۸/۳۳ و ۳۰ درصدی این علف هرز در ۲۸ روز پس از کاربرد علف کش شدند.

دُزهای پایین تر باعث کنترل کمتری از علف هرز خرفه شدند (حدود ۲۰ درصد) که معنی‌دار نبود. شدت کنترل علف هرز خرفه تابستانه با کاربرد مویان پی سی گیت در محلول سمپاشی علف کش ایمازاتاپیر به طور معنی داری افزایش یافته بود و اعمال دُزهای

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین وزن تر علف هرز خرفه تابستانه (*Portulaca oleracea* L.) در هر گلدان در پاسخ به دُزهای متفاوت علفکش های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت تحت عدم کاربرد و کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک بدون و به همراه مویان پی سیگیت

Table 5. Mean comparison of common purslane fresh weight (*Portulaca oleracea* L.) in response to different doses of bentazone, imazethapyr and pyridate under application of 0 and 20 dust (Kg.ha^{-1}) With and Without PCGate

گرد و خاک Dust (Kg.ha^{-1})	تیمارهای علف کشی Herbicidal Treatments					
	بنتازون Bentazone		ایمازاتاپیر Imazethapyr		پیریدیت Pyridate	
	با پی سی گیت With PCGate	بدون پی سی گیت Without PCGate	با پی سی گیت With PCGate	بدون پی سی گیت Without PCGate	با پی سی گیت With PCGate	بدون پی سی گیت Without PCGate
0	2.52 ^{b}	5.01 ^{b} (gr^{1})	4.94 ^{b}	6.74 ^{b}	2.12 ^{b}	4.58 ^{b}
20	4.11 ^{a}	5.90 ^{a}	5.92 ^{a}	7.09 ^{a}	3.70 ^{a}	5.58 ^{a}

تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند دارای اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ نیستند؛ (۱) gr = وزن تر علف های هرز بر حسب گرم.

Treatments that share at least one common letter are not significantly difference at the 5% level; (1) gr = Fresh weight of weeds based on grams.

حداکثر ۲۵ و ۵۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار از علف کش ایمازاتاپیر در ۱۴ و ۲۸ روز پس از کاربرد، موجب کنترل ۴۵/۶۷ و ۵۰/۶۷ درصدی و ۵۵/۳۳ و ۶۰/۶۷ درصدی علف‌هرز خرفه به ترتیب شده بود (جدول ۶). حضور ۲۰ کیلوگرم گرد و خاک در هکتار نتوانسته بود اختلاف معنی‌داری در کارایی علف کش ایمازاتاپیر در کنترل علف هرز خرفه تابستانه ایجاد کند (۵ درصد در مقایسه با عدم کاربرد گرد و خاک). به طوری که اعمال بالاترین دُز ۵۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار علف‌کش ایمازاتاپیر نتوانسته بود کارایی ۵۰ درصدی علف هرز خرفه را ایجاد کند و فقط باعث کنترل ۲۵ درصدی از خرفه در ۲۸ روز پس از کاربرد علف کش شده بود. با به کارگیری مویان پی‌سی‌گیت در محلول سم‌پاشی علف‌کش ایمازاتاپیر شدت کنترل علف‌هرز خرفه به طور معنی‌داری افزایش یافته و شدت خسارت خرفه به حدود ۴۵ درصد رسیده بود که در مقایسه با عدم کاربرد مویان پی‌سی‌گیت (خسارت ۲۵ درصدی) بهبودی معنی‌داری را در کارایی ایمازاتاپیر ایجاد کرده بود (جدول ۶).

علائم خسارت علف‌کش پیریدیت به علت داشتن فرآیند بازدارندگی فتوسنتزی مشابه، کاملاً شبیه به علف‌کش بنتازون بود. حتی در مواردی به خصوص در بالاترین دُزهای کاربردی، شدت خسارت مشاهده شده در علف هرز خرفه تابستانه بیشتر از علف‌کش بنتازون بود. در دُزهای حداکثر ۳۰۰ و ۶۰۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار علف‌کش پیریدیت کنترل ۱۰۰ درصدی در علف‌هرز خرفه تابستانه در بازهٔ زمانی در ۱۴ و ۲۸ روز مشاهده شد. شدت کنترل علف‌هرز خرفه با مخلوط نمودن مویان پی‌سی‌گیت در محلول سمپاشی علف‌کش پیریدیت به طور معنی‌داری افزایش یافته بود و به مقدار ۱۰۰ درصدی خسارت حتی در اولین دُزهای کاربردی پیریدیت رسیده بود.

جدول ۶- ارزیابی چشمی (EWRC) درصد خسارت علف هرز خرفه در مرحله چهار تا شش برگی در ۱۴ و ۲۸ روز پس از اعمال تیمار با علفکش های بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت تحت عدم کاربرد و کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرد و خاک با و بدون مویان پی سی گیت

Table 6. Visual assessment (EWRC) of common purslane damage percentage in the four to six leaf stage in 14 and 28 days after treatment (DAT) with bentazone, imazethapyr and pyridate herbicides under 0 and 20 application of dust with and without PCGate surfactant

گرد و خاک Dust (Kg.ha^{-1})	علفکش Herbicide	دُز کاربردی Application dose (g.a.i.ha^{-1})	بدون مویان None Sufactant		با مویان With Sufactant	
			روز ۱۴ 14 Day	روز ۲۸ 28 Day	روز ۱۴ 14 Day	روز ۲۸ 28 Day
0	بنتازون Bentazone	0	0 ^{f}	0 ^{f}	0 ^{f}	0 ^{e}
	"	30	10 ^{e}	2.33 ^{e}	40.33 ^{e}	60 ^{d}
	"	60	50 ^{d}	60 ^{d}	50 ^{d}	70 ^{c}
	"	120	60 ^{c}	8.33 ^{c}	71.67 ^{c}	90 ^{b}
	"	240	70 ^{b}	90 ^{b}	80 ^{b}	100 ^{a}
	"	480	80 ^{a}	100 ^{a}	95 ^{a}	100 ^{a}
20	بنتازون Bentazone	30	8.33 ^{e}	20.33 ^{e}	20.67 ^{e}	25 ^{e}
	"	60	15 ^{d}	33.33 ^{b}	25 ^{d}	31.67 ^{d}
	"	120	20 ^{e}	40 ^{b}	25.33 ^{e}	41.67 ^{c}
	"	240	25 ^{b}	51 ^{a}	40 ^{b}	60 ^{b}
	"	480	30.67 ^{a}	60.67 ^{a}	45 ^{a}	80 ^{a}
0	ایمازاتاپیر Imazethapyr	3.13	5 ^{e}	15 ^{e}	30 ^{e}	35 ^{e}
	"	6.25	10.67 ^{d}	20.67 ^{c}	35 ^{d}	45.67 ^{d}
	"	12.50	15 ^{c}	22.67 ^{c}	40 ^{c}	50 ^{c}
	"	25	20.67 ^{ab}	28.33 ^{ab}	45.67 ^{b}	55.33 ^{b}
	"	50	22 ^{a}	30 ^{a}	50.67 ^{a}	60.67 ^{a}
20	ایمازاتاپیر Imazethapyr	3.13	5 ^{d}	12 ^{e}	15.67 ^{e}	25 ^{e}
	"	6.25	8.33 ^{c}	15 ^{d}	20 ^{d}	30.33 ^{d}
	"	12.5	10.33 ^{c}	18 ^{bc}	25.33 ^{c}	25.33 ^{c}
	"	25	15.67 ^{b}	20 ^{b}	30 ^{b}	40.67 ^{b}
	"	50	20 ^{a}	25 ^{a}	35 ^{a}	45.33 ^{a}

مشابه با دو علف کش مورد مطالعهٔ قبل، اعمال ۲۰ کیلوگرم گرد و خاک در هکتار به طور معنی‌داری توانسته بود شدت کارایی علف‌کش پیریدیت در کنترل علف‌هرز خرفه تابستانه را کاهش دهد. شدت کارایی علف‌کش پیریدیت با مصرف بالاترین دُزهای ۳۰۰ و ۶۰۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار به ۶۵ و ۸۰ درصد در ۱۴ و ۲۸ روز پس از کاربرد کاهش یافته بود. به عبارتی شدت کارایی علف‌کش پیریدیت به ترتیب ۳۵ و ۲۰ درصد کاهش یافته بود. کاربرد مویان پی سی گیت در علف‌کش پیریدیت نیز توانسته بود کاهش عملکرد علف‌کش را جبران کند به طوری که با مصرف نمودن مویان پی‌سی‌گیت در محلول سمپاشی علف‌کش پیریدیت، شدت خسارت بر روی علف‌هرز خرفه به ترتیب به ۸۰ تا ۸۵ درصد و ۹۰ تا ۹۰ درصد در دُزهای حداکثر

پیریدیت Pyridate	37.50	60 ^{d}	70.67 ^{c}	90 ^{c}	100 ^{a}	
"	75	70 ^{c}	75.33 ^{b}	95 ^{b}	100 ^{a}	
0	150	90 ^{b}	100 ^{a}	100 ^{a}	100 ^{a}	
"	300	100 ^{a}	100 ^{a}	100 ^{a}	100 ^{a}	
"	600	100 ^{a}	100 ^{a}	100 ^{a}	100 ^{a}	
پیریدیت Pyridate	37.50	10.33 ^{e}	20.67 ^{e}	50 ^{e}	70.67 ^{d}	
"	75	12 ^{d}	22.33 ^{d}	60.33 ^{d}	80.33 ^{c}	
"	150	30.67 ^{c}	40 ^{c}	70 ^{c}	90.67 ^{b}	
20 "	300	60 ^{b}	75 ^{b}	80.67 ^{b}	90 ^{b}	
"	600	65 ^{a}	80 ^{a}	85 ^{a}	95 ^{a}	

تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند دارای اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ نیستند.
Treatments that share at least one common letter are not significantly difference at the 5% level.

علف‌کش پیریدیت رسیده بود که حاکی از افزایش معنی‌دار عملکرد علف‌کش پیریدیت در مقایسه با عدم کاربرد مویان پی‌سی‌گیت بود (جدول ۶). این نتایج با یافته‌های دیگران مبنی بر تأثیر بازدارندگی علف کش‌های ایمازاتاپیر، پیریدیت و بنتازون در کنترل علف‌های هرز و افزایش کارایی آنها با استفاده از مویان پی‌سی‌گیت مطابقت دارد (Kumar *et al.*, 2016; Babaei *et al.*, 2024).

نتیجه گیری

با توجه به تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر و بروز پدیدهٔ گرد و غبار در ایران و به‌خصوص مناطق غربی و تأثیرگذاری ذرات گرد و غبار بر کارایی علف کش‌ها در جهت کنترل علف‌های هرز و نیز مدیریت مناسب بحران گرد و خاک به خصوص در مناطق آلوده لازم است تا تحقیقات کاملی در این ارتباط در مناطق مختلف کشور انجام پذیرد. با توجه به اینکه علف‌کش ایمازاتاپیر تأثیر متوسط تا ضعیفی در کنترل علف‌هرز خرفه داشت، بکارگیری آن در جهت کنترل خرفه توصیه نمی‌گردد. ولی با این حال درصورت نیاز به کنترل علف‌های هرز باید علف‌کش با کارایی مناسب برای کنترل علف‌های هرز مورد نظر انتخاب شود. حضور گرد و خاک بر روی اندام‌های هوایی علف هرز خرفه تابستانه بر کارایی هر سه علف کش بنتازون، ایمازاتاپیر و پیریدیت اثر نامطلوبی داشت به‌طوری که شدت تأثیر گرد و خاک نیز متناسب با کارایی علف کش‌ها در کنترل علف هرز متغیر بود. علت آن را می‌توان به مرفولوژی گیاه هرز خرفه و داشتن ساقه و برگ گوشتی آن نسبت داد. در صورت وقوع پدیدهٔ گرد و خاک، استفاده از یک مویان مطلوب و یا افزایش حجم پاشش می تواند برای جلوگیری از کاهش کارایی و یا افزایش کارایی هر نوع علف‌کشی کارساز و مؤثر باشد.

Refrerences:

Allen, B.L., and Hajek, B.F. 1982. Mineral occurrence in soil environments. In: Minerals in soil environments. Dixon, J.B., and Weed, S.B (eds.).pp:199-278. 2nd Madison, WI: *Soil Science Society of America.*

Aliverdi, A., and Ahmadvand, G. 2020. Tank-mix adjuvants to reduce the adverse effect of muddy rain on the activity of paraquat against winter wild oat. *Crop Protection*, 128:105013.

Aliverdi, A., and Karami, S. 2021. The effect and elimination of the effect of soil settled on jimsonweed's shoot on clopyralid efficacy. *Journal of Sugar Beet*, 36(1), 107-115. (In Persian with English Summary)

Asadi, M., Keshtkar, E., and Mokhtassi-Bidgo, A. 2019. Effect of dust on the growth and physiological traits of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and wild barley (*Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell.) in the greenhouse conditions. *Iranian Journal of Weed Science*, 15(1), 29-39. (In Persian with English Summary)

Babaei, R., Chitband, A.A., and Aliverdi, A. 2024. The evaluation effect of dust on the pure and mixed efficiency of bentazon, imazethapyr and pyridate without and with PCGate on control of common purslane (*Portulaca oleracea* L.). MS.C Thesis. Lorestan University. 93 pp. (In Persian with English Summary)

Bagherani, N. 1999. Compare the efficiency of new herbicides payrydat two different levels of herbicide, compared lynvran and syanazyn. Golestan Agricultural Research Center Research Report.

Bazazi, D. 2005. The effects of the selective herbicide Pyridate (Lentagran) in the control of dry lentil weeds under field conditions. The 1st Iranian Pluses Symposium. 20-21 November, Mashhad, Khorasan Razavi. (In Persian with English Summary)

Caverzan, A., Piasecki, C., Chavarria, G., Stewart, C.N., and Vargas, L. 2019. Defenses against ROS in crops and weeds: The effects of interference and herbicides. *International Journal of Molecular Sciences*, 20:1086-1106.

Chitband, A.A. 2023. The effect of carrier water temperature on glyphosate efficiency in pure and mixed with PCGate surfactant in winter weeds control.

Journal of Crop Ecophysiology, 17(2), 241-260. (In Persian with English Summary)

Chitband, A.A., Ghorbani, R., Abbasi, R., and Nabizade, M. 2013. Optimizing the dosage of pinoxaden with adjuvants to control of wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.). *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(12), 3157-3163.

Chitband, A.A., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M.H., and Nabizade, M. 2019. Joint action of some broadleaf herbicides in sugar beet. *International Journal* of *Pest Management*, 67(3), 179-186.

Chitband, A.A., Nabizade, M., Ghorbani, R. 2019. Joint action of sugar beet selective herbicides in *Portulaca oleracea* L. and *Chenopodium album* L. *Journal of Sugar Beet*, 34(1), 93-109. (In Persian with English Summary)

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)

Cobb, A.H., and Reade, J.P.H. 2010. Herbicides and Plant Physiology. 2nd ed. Wiley-Blackwell, West Sussex, New York. 295 pp.

Gimenez, R., and Prado, D.R. 1995. Effects of pyridate on chickpea. *Australian Journal* of *Plant Physiology*, 22:731-736.

Grayson, B.T., Pack, S.E., Edwards, D., and Webb, J.D. 1993. Assessment of a mathematical model to predict spray deposition under laboratory track spraying conditions. II. Examination with further plant species and diluted formulations. *Pesticide Science*, 37:133-140.

Hatami, Z., Rezvani Moghaddam, P., Rashki, A., Nasiri Mahallati, M., and Habibi Khaniani, B. 2017. Effects of dust deposition from two major dust source regions of Iran on wheat (*Triticum aestivum* L.) Production. *International Journal of Environmental Studies*, 74(6), 991-1000.

Kantar, F., Elkoca, E., and Zengin, H. 1999. Chemical and agronomical weed control in chickpea. *Journal of Agriculture and Forestry*, 23(6), 631-635.

Karami, S., Aliverdi, A., and Ahmadvand, G. 2020. Reduction in adverse effects of

dust on the efficacy of some contact herbicides via adding mepiquat choloride and increasing spray volume. MS.C Thesis. Bualisina University. 82 pp. (In Persian with English Summary)

Kordmir, M., Chitband, A.A., and Shakarami, J. 2022. The evaluation of water quality under different spray carriers and surfactant on bentazone and paraquat efficacy on control of ground cherry (*Physalis divaricata* L.). MS.C Thesis. Lorestan University. 74 pp. (In Persian with English Summary)

Kumar, N., Hazra, K.K., and Nadarajan, N. 2016. Efficacy of postemergence application of imazethapyr in summer mungbean. *Legume Research,* 39:96-100.

Maghsoudi, A., Izadi, E., and Nezami, A. 2022. Evaluation the efficacy of pyridate combination with some graminicide for weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 13(1),11-23. (In Persian with English Summary)

Mamnoie, E., Shimi, P., Aien, A., and Sabba, A. 2021. Weed control in transplanted henna (*Lawsonia inermis*). *Iranian Journal of Weed Science*, 17(1),165-174. (In Persian with English Summary)

Mathiassen, S.K., and Kudsk, P. 1999. Effects of simulated dust deposits on herbicide performance. Proceedings of the 11th European Weed Research Society Symposium, Doorwerth, The Netherlands: European Weed Research Society, 205pp.

McBride, M.B. 1989. Surface chemistry of soil minerals. In: Minerals in Soil Environments. Dixon, J.B. and S.B. Weed (eds.).pp:35-88. 2nd Madison, WI: Soil Science Society of America.

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.

Mousavi, S.K., Nazer Kakhki, S.H., Lak, M.R., Tabatabaii, R., and Behrozi, D. 2011. Evaluation of imazetapyr herbicide efficiency for weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research,* 1(2), 111-122.

Mousavi, S.K., Zand, E., and Saremi, H. 2006. Physiological function and application of herbicides. Zanjan University Press. 286 pp. (In Persian with English Summary)

Naghib alsadati, M., Babaei, S., Tahmasebi, I., and Kiani, H. 2020. Evaluation of airborne dust effect on the efficiency of atlantis OD, clodinafop propargyl and 2,4-D+MCPA herbicides on weed control in wheat. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 50(4), 1-11. (In Persian with English Summary)

Norsworthy, J.K., and Smith, J.P. 2005. Tolerance of leafy greens to preemergence and postemergence herbicides. *Weed Technology*, 19(3), 724-730.

Nosratti, I., Saeidi, M., Barbastegan, H., Jalali Honarmand, S., and Ghobadi, M. 2016. Effect of airborne particles on herbicides efficiency for control of corn (*Zea mays*) weeds in Kermanshah region. *Research in Crop Ecosystems*, 3(1), 55-66. (In Persian with English Summary)

Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Legumes. Mashhad Academic Jihad Press. 522 pp. (In Persian with English Summary)

Penner, D. 2000. Activator adjuvants. *Weed Technology*, 14:785-791.

Poovey, A.G., and Skogerboe, J.G. 2004. Using diquat in combination with endothall under turbid water conditions to control *Hydrilla*. ERDC/TN APCRP-CC-02. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download? doi=10. 1.1.575.845&rep=rep1&type=pdf. Accessed: June19, 2019.

Poovey, A.G., Netherland, M.D., and Crowell, W. 2008. Effects of turbidity on fluridone treatments for curlyleaf pondweed control. ERDC/TN APCRP-CC-06. http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a479127.pdf. Accessed: June19, 2019.

Rytwo, G., and Tavasi, M. 2003. Addition of a monovalent cationic pesticide to improve efficacy of bipyridyl herbicide in Hulah valley soils. *Pest Management Science*, 59:1256-1270.

Rytwo, G., and Tropp, D. 2001. Improved efficiency of a divalent herbicide in the presence of clay, by addition of monovalent organocations. *Applied Clay Science*, 18:327-333.

Sadeghipoor, A., and Ghafari, H. 2003. Effects of weeding and different herbicides

on weed control in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 4(4), 27-283. (In Persian with English Summary)

Sarparast, R., and Sheikh, F. 2010. Effect of different herbicides on weed control in chickpea (Cicer arietinum L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 1(1), 33-42. (In Persian with English Summary)

Shahbazi, T., Saeedi, M., Nosrati, I., Jalai Honarmand, S. 2015. Evaluation of the effect of airborne particles on herbicides efficiency on weed control in wheat (*Tritucum aestivum*). *Research in Crop Ecosystems*, 2(2), 63.72. (In Persian with English Summary)

Shahbazi, T., Saiedi, M., Nosratti, I., and Alali Honarmand, S.J. 2016. Evaluation the effect of airborne dust on physiological characteristics and yield of different wheat varieties (*Triticum* sp.). *Plant Process and Function*, 5(15), 195-204. (In Persian with English Summary)

Sharifi, F., Babaei, S., and Sohrabpour, Y. 2021. Study of the effects of dusts on the morphological and physiological traits of some crops. *Journal of Plant Production Research*, 28:205-220.

Sharifi, Z., Saeedi, M., Nosratti, I., and Heidari, H. 2015. Effect of dust on yield and yield components of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and herbicide efficiency in weed control. *Research in Crop Ecosystems*, 2(3), 67-77. (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.

Simarmata, M., Taufik, M., and Peranginangin, Z.Z.A. 2017. Efficacy of paraquat and glyphosate applied in water solvents from different sources to control weeds in oil palm plantation. ARPN J. *Agricultural and Biological Sciences*, 12:58-64.

Soltani, N., Gillard, C.L., Swanton, C.J., Shropshire, C., and Sikkema, P.H. 2008. Response of white bean (*Phaseolus vulgaris*) to imazethapyr. *Crop Protection*, 27:672-677.

Sørensen, H., Cedergreen, N., Skovgaard, I.M., and Streibig, J.C. 2007. An isobole-

based statistical model and test for synergism/antagonism in binary mixture toxicity experiments. *Environmental* and *Ecological Statistics,* 14:383-397.

Streibig, J.C., Rudemo, M., and Jenson, J.E. 1993. Dose- response curves and statistical model. In: Herbicide Bioassay. Streibig, J.C., and P. Kudsk (eds.).pp: 29-55. CRC Press, Boca Raton, FL.

Tisdale, S.L., Werner S.L., and Beaton, J.D. 1985. Basic soil-plant relationships. Soil Fertility and Fertilizers. 4th edition: Macmillan Publishing Conference, New York, NY. 95-111 pp.

Wills, G.D., and MeWhorter, C.G. 1987. Influence of inorganic salts and imazapyr on control of pitted morningglory (*lpomoea lacunosa*) with imazaquin and imazethapyr. *Weed Technology*, 1:328-331.

Wirth, W., Storp, S., and Jacobsen, W. 1991. Mechanisms controlling leaf retention of agricultural spray solutions. *Pesticide Science*, 33(4), 411-420.

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)

Zhou, J., Tao, B., and Messersmith, C.G. 2006. Soil dust reduces glyphosate efficacy. *Weed Science*, 54:1132-1136.

The evaluation effect of dust on the pure and mixed efficiency of bentazone, imazethapyr and pyridate with PCGate on control of common purslane (*Portulaca oleracea* L.)

Reza Babaeei[1], Ali Asghar Chitband[2*] Akbar Aliverdi[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. AssociateProfessor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Received: January 2024 Accepted: September 2024- DOI: 10.22092/aj.2024.364810.1669

Extended Abstract

Babaeei, R., Chitband, A. A., Aliverdi, A., The evaluation effect of dust on the pure and mixed efficiency of bentazone, imazethapyr and pyridate with PCGate on control of common purslane (*Portulaca oleracea* L.)
Applied Research in Field Crops Vol 36, No. 2, 2023 17-19: 103-129(in Persian)

Introduction:

The phenomenon of dust (Dust storms) is one of the growing critical events in Iran. Dust caused by desertification processes is one of the most serious environmental issues and air pollutants in Southwest and West Asia. Iran is exposed to the numerous dust centers due to its proximity to the deserts of neighboring countries such as Iraq, Syria and Saudi Arabia. 22 out of 31 provinces in Iran face serious air pollution problems according to the latest assessment of the western regions in Iran (Sari Sarraf *et al.,* 2016). Dust particles can prevent the spread of herbicides on the surface of the leaf and stem, reducing the solubility, absorption and penetration of herbicides into the plant. They can also prevent the herbicide entry into the site of action by depositing in the cell wall, ultimately reducing the effectiveness of herbicides. Using an adjuvant is recommended as the best strategy to mitigate the negative effects of dust on the herbicide absorption and transfer (Rashki *et al.,* 2014). Weeds are considered the most important limiting factors for legumes performance, leading to a decrease in crop quantity and quality and

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

imposing heavy costs on farmers. Poor weed management can cause a 50-80 percent reduction in crop yield. Therefore, it is necessary to focus on the management of leguminous weeds. Herbicides are among the important and necessary inputs in the agricultural systems of developed countries, significantly contributing to crop performance. Bentazone and pyridate are selective herbicides that are used as post-emergence and foliar applications to control broadleaf weeds in legume fields. Both are photosynthesis inhibitors that prevent electron transfer by binding to the Q_B position and taking electrons from Q_A in the chloroplast by forming reactive oxygen species (ROS). Imazethapyr is a selective herbicide that inhibits the synthesis of the acetolactate synthase (ALS) enzyme, commonly used to control many annual broadleaf weeds such as cocklebur common (*Xanthium strumarium* L.) sedge, amaranth (*Amaranthus deflexus* L.), lambsquarters (*Chenopodium album* L.), and black nightshade (*Solanum nigrum* L.) (Northworthy *et al.,* 2008).

Materials&Methods:

To evaluate the effect of dust on the efficiency of bentazone, imazethapyr and pyridate, both individually and in combination with and without the PCGate adjuvant, in controlling common purslane (*Portulaca oleracea* L.), three dose-response experiments were conducted. These experiments were set up as a factorial design based on a randomized complete block design with three replications in the greenhouse of the Agricultural Faculty of Lorestan University, Iran, during 2023. The chemical treatments included the following factors: bentazon*e* at 30, 60, 120, 240 and 480 g a.i.ha^{-1}, imazethapyr at 3.13, 6.25, 12.5, 25 and 50 g a.i.ha^{-1} and pyridate at 37.5, 75, 150, 300 and 600 g a.i.ha^{-1} with and without PCGate adjuvant, along with 10 control treatments. The second factor was the dust accumulated on the aerial parts of common purslane, under conditions of 0 and 20 Kg dust ha^{-1}, applied using a dust chamber. Treatments were sprayed at the four-to-five-leaf stage using an overhead trolley sprayer equipped with a flat-fan nozzle. Four weeks after spraying, the fresh and dry weights of the control and treated plants shoots were harvested and oven-dried at 75°C for 48 h, and then weighed. The statistical analysis of data was performed using RStudio with the drc package and the PROC GLM procedure of SAS.

Results:

The results showed that the fresh weight of common purslane were significantly affected by dust, adjuvant and three herbicides; bentazone, imazethapyr and pyridate ($P<0.01$). The effect of dust varied according to the herbicide`s efficacy in weed control. The highest and the lowest percentages of common purslane control were associated with pyridate and imazethapyr, respectively. Regardless of the presence or absence of dust, the addition of PCGate significantly affected the efficacy of bentazone, imazethapyr and pyridate.

Conclusions:

Based on the findings, it can be concluded that the efficacy of herbicides is influenced by various factors, such as the weed species and the physicochemical incompatibilities of the herbicide formulation. The use of bentazone and pyridite is recommended in the western regions due to their favorable effectiveness in controlling the common purslane with PCGate, especially under dusty conditions.

Keywords: Adjuvant, dust, ED values, herbicide composition, photosynthesis inhibitor.

References:

Northworthy, J. K., Griffith, M. G., and Scott. R. C. 2008. Imazethapyr use with and without clomazone for weed control in furrow- irrigated, imidazolinone-tolerant rice. Weed Technology, 22: 217-221.

Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Eriksson, P.G., Rautenbach, C.J.D.W., Flamant, C. and Abdi Vishkaee, F., 2014, Spatial-temporal variability of dust aerosols over the Sistan region in Iran based on satellite observations. *Natural Hazard*, 71: 563–585.

Sari Sarraf, B., Rasouli, A.A., Mohammadi GH.H., Hoseini Sadr, A. 2016. Long-term trends of seasonal dusty day characteristics-West Iran. Arab Journal Geoscience. 9(563), 1-10.