نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفدهم، شماره ۲(۶۶)، تابستان ۱۴۰۲، صفحه ۲۶۰-۲۴۱

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/JCEP.2023.1918788.1828

تأثیر دمای آب حامل در کارآیی گلایفوسیت به‌صورت خالص و مخلوط با مویان پی‌سی‌گیت در کنترل علف‌های‌هرز زمستانه

علی‌اصغر چیت بند [1*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱۶ **تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۸/۱۶** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲**

چکیده

درجه حرارت آب حامل از عوامل محیطی است که نقش مهمی در کارآیی علف‌کش‌ها دارد. بدین‌منظور آزمایش برون گلخانه‌ای با شش دُز مختلف از تیمار علف‌کشی گلایفوسیت (رانداپ) به‌صورت خالص و مخلوط با مویان پی‌سی‌گیت در کنترل علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.)، خردل‌وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و خاکشیرمعمولی (*Descurainia sophia* L.) در دانشگاه لُرستان به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت دُز-پاسخ در پنج تیمار دمایی ۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۵۵ درجه سلسیوس به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بود. نتایج نشان داد کاربرد تیمار دمایی و دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت بر وزن خشک هر سه علف‌هرز کیسه‌کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی معنی‌دار بود ($P<0.01$). مطابق مقادیر هر یک از EC_{10}، EC_{50} و EC_{90} مربوط به دماهای مختلف محلول سم‌پاشی علف‌کش گلایفوسیت، بهترین درجه حرارت محلول سم‌پاشی جهت افزایش کارآیی گلایفوسیت، دمای ۳۰ و ۴۵ درجه سلسیوس بودند که اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند. دمای پایین یعنی ۵ درجه سلسیوس به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش کارآیی تمامی دُزهای حداقل و حداکثر علف‌کش گلایفوسیت شد. درجه حرارت ۲۰ و ۵۵ درجهٔ سلسیوس دارای تأثیر متوسطی در کارایی دُزهای مختلف گلایفوسیت بودند. استفاده از مویان پی‌سی‌گیت به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش مقادیر EDها (افزایش کارآیی علف‌کش گلایفوسیت) در تمام سطوح درجه حرارتی شد. بنابراین، بهترین دامنه درجه حرارتی برای حصول کارآیی مطلوب علف‌کش گلایفوسیت، دمای بین ۲۰ $\geq$ و ۴۵ $\leq$ درجه سلسیوس بود. دُز کاربردی ۲۰۵۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت نیز به‌عنوان بهترین تیمار علف‌کشی جهت کنترل علف‌های‌هرز زمستانه شناخته شد.

واژگان کلیدی: دامنه دمایی، دُز-پاسخ، ماده افزودنی، محلول سم‌پاشی، مقادیر ED.

۱- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

نگارنده‌ی مسئول chitband.a.a@lu.ac.ir

مقدمه

آب مایعی است که به‌عنوان اصلی‌ترین حامل علف‌کش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. کیفیت آب حامل که تحت تأثیر عوامل محیطی چون کدورت، اسیدیته، سختی و درجه حرارت قرار می‌گیرد، بسته به موقعیت جغرافیایی و منابع آب‌های سطحی و یا زیرزمینی می‌تواند متفاوت باشد. این اختلاف در کیفیت آب حامل بر عملکرد علف‌کش تأثیرگذار است. معمولاً دمای هوای محیط بر درجه حرارت آب مورد استفاده در محلول سم‌پاشی تأثیرگذار است و این تغییرات سریع درجه حرارت آب می‌تواند تحت تأثیر مخزن (در سطح زمین یا عمق پایین‌تری از سطح زمین، در زیر نور آفتاب و یا در سایه)، جنس مخزن (پلی‌اتیلن، بتن، فیبر -الیاف، آهن و فولاد)، رنگ مخزن (روشن یا تیره)، اندازه و موقعیت مکان سرپوشیده یا هوای آزاد متفاوت باشد. بنابراین، درجه حرارت به‌عنوان فاکتوری بسیار مهم در کارآیی محلول سم‌پاشی علف‌کش‌ها است که کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Matzenbacher *et al.*, 2014).

علف‌کش‌ها معمولاً در بازه زمانی متفاوتی از سال (اوایل بهار تا اواخر پاییز) مورد استفاده قرار می‌گیرند (Zeidali *et al.*, 2017). ازاین‌رو، درجه حرارت محلول سم‌پاشی متغیر است و بستگی به شرایط آب و هوایی دارد. بنابراین، علف‌کش‌ها در دمای پایین محلول سم‌پاشی طی کاربرد در اویل بهار و اواخر پاییز و دمای بالاتر محلول سم‌پاشی در اواخر ماه‌های بهار و تابستان به‌کار می‌روند. درجه حرارت آب می‌تواند در دامنه دمایی ۱۰ درجه سلسیوس در اوایل بهار تا ۵۰ درجه سلسیوس در طول تابستان متغیر باشد (Derr and Serensits, 2016). براساس نتایج بِلتران و همکاران (Beltran *et al.*, 2000) سرعت تجزیه علف‌کش ایزوکسافلوتول به‌شدت تحت تأثیر درجه حرارت محلول سم‌پاشی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که سرعت تجزیه آن در دمای ۵۰ درجه سلسیوس بیشتر از دمای ۲۲ درجه سلسیوس محلول سم‌پاشی خواهد بود. دمای آب محلول همچنین بر میزان جذب علف‌کش‌ها در گیاه تأثیر می‌گذارد. میزان جذب علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف با افزایش ۱۰ درجه سلسیوس دمای هوا دو برابر می‌شود (Sprague, 2018). بنابراین، در دماهای سرد، جذب علف‌کش کند شده و در نتیجه خسارت اولیه علف‌های‌هرز کاهش می‌یابد. همچنین، بِلتران و همکاران (Beltran *et al.*, 2000) نشان دادند که دمای محلول سم‌پاشی بر ماندگاری (پایداری) علف‌کش ایزوکسافلوتول تأثیر می‌گذارد. رمضانی و همکاران (Ramezani *et al.*, 2008) نیز گزارش دادند که علف‌کش‌های خانواده ایمیدازولینون به طور طبیعی در طول زمان نگهداری در محلول سم‌پاشی تجزیه می‌شوند.

کاربرد علف‌کش‌ها در درجه حرارت سرد در مقایسه با درجه حرارت گرم دارای تأثیر کمتری هستند. در طی دمای سرد، رشد گیاه و سرعت تجزیه آنها کاهش می‌یابد. کاهش سرعت تجزیه علف‌کش‌ها منجر به کاهش جذب و انتقال و در نهایت کارآیی علف‌کش‌ها خواهد شد (Derr and Serensits, 2016). درجه حرارت می‌تواند بر رشد و فیزیولوژی علف‌های‌هرز و عملکرد علف‌کش و همچنین برهم‌کنش بین علف‌هرز و علف‌کش تأثیر بگذارد. پاسخ فیزیولوژیکی گیاهان به کاهش درجه حرارت نیز باعث محدود شدن کارآیی علف‌کش‌ها می‌شود. در طی دماهای پایین، ضخامت لایه مومی اپیکوتیکولار برگ گیاهان افزایش یافته و بنابراین نفوذ علف‌کش کاهش می‌یابد. همچنین،

کاهش درجه حرارت منجر به ایجاد حالت آب گریزی در لایه مومی برگ شده و موجب کاهش قابلیت خیس‌پذیری برگ توسط محلول علف‌کش می‌شود. ترکیبی از مقاومت در برابر نفوذ علف‌کش و ایجاد حالت آب‌گریزی برگ به‌همراه انتقال محدود علف‌کش به‌دلیل هوای سرد، می‌تواند منجر به کنترل ضعیف علف‌های‌هرز در دماهای سرد شود (Hatterman-Valenti *et al.*, 2006). لیون و همکاران (Lyon *et al.*, 2007) گزارش کردند که بوته‌های مرغ (*Cynodon dactylon* L.) که در دمای بالا کاشته شده‌اند نسبت به بوته‌هایی که در دمایی پایین پرورش یافته بودند، سه برابر بیشتر قابلیت نگهداری محلول علف‌کش را داشتند.

گلایفوسیت علف‌کش سیستمیک، عمومی و پرمصرف برای کنترل طیف وسیعی از گونه‌های علفی باریک و پهن‌برگ یک ساله، دوساله و چندساله و حتی گونه‌های درختی و چوبی به صورت پیش‌رویشی، پس‌رویشی استفاده می‌شود. امروزه از آن به‌عنوان یک علف‌کش انتخابی در تولید گیاهان تراریخته مقاوم به گلایفوسیت استفاده شده و با توجه به افزایش سریع سطح زیرکشت این گیاهان، پیش‌بینی می‌شود مصرف آن در آینده بیش از پیش افزایش یابد (Green, 2018). گلایفوسیت را می‌توان به‌صورت پیش کاشت یا همزمان با کاشت در بسیاری از محصولات بهاره و پاییزه جهت کنترل علف‌های هرز استفاده کرد. همچنین، از این علف‌کش در سیستم‌های کشت مستقیم و دیم اراضی حبوبات در بازه زمانی اسفند تا فروردین ماه برای کنترل تمام علف‌های هرز یک‌ساله و چندساله استفاده می‌شود (Veisi, 2018). مهم‌ترین علف‌های‌هرز اراضی نخود در کشت‌های انتظاری و زودهنگام در اواخر زمستان شامل علف‌های‌هرز زمستانه‌ای مثل کیسه‌کشیش، خردل وحشی و خاکشیر معمولی است (Zand *et al.*, 2019; Asghari and Armin, 2015).

مویان‌ها ترکیبات فعال سطحی (گروهی از مواد افزودنی) هستند که با تغییر ویژگی‌های سطحی باعث افزایش امولسیون کنندگی، مرطوب کنندگی، پخش شدگی، خیس خوردگی یا خصوصیات دیگر مایعات می‌شوند. همچنین، مویان‌ها کشش سطحی را کاهش داده و موجب کاهش زاویه تماس قطرک‌ها با سطح برگ شده و موجب خیس‌شدن بهتر سطح برگ می‌شوند. چنین ویژگی‌هایی باعث جذب ماده مؤثر بیشتر هم از طریق نفوذ روزنه‌ای و هم از طریق تخریب موم‌های اپی‌کوتیکولی را فراهم می‌آورد. بنابراین، افزایش نفوذ بیشتر ماده مؤثره به درون گیاه با استفاده از مویان‌ها سبب افزایش کارآیی علف کش‌های شاخ و برگ مصرف شده و می‌تواند رهیافت مناسبی برای کاهش عوامل نامساعد محیطی محسوب شود (Ramsey *et al.*, 2005). پی‌سی‌گیت یکی از مویان‌های مهم و قابل استفاده علف‌کش‌ها است که دارای خاصیت چسبندگی و پوشش سریع بوده و با کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش باعث کاهش قطر قطرات خروجی از نازل شده و در ایجاد پوشش یکنواخت روی سطح گیاه مؤثر هستند. همچنین، از بهم پیوستن قطرات و تشکیل قطرات بزرگ‌تر علف‌کش جلوگیری کرده و به جذب و کارکرد علف‌کش‌های سیستمیک و نفوذپذیری آنها کمک می‌کند (Zand *et al.*, 2019). یانگ و همکاران (Young *et al.*, 2003) بیان کردند که اضافه کردن سولفات آمونیوم به علف‌کش گلیفوسیت مورفولوژی قطره پاشش را تغییر داده و موجب به

تأخیر انداختن یا جلوگیری از کریستاله شدن گلیفوسیت روی سطح برگ می‌شده و با این عمل طول مدت زمان نفوذ گلیفوسیت در کوتیکول افزایش می‌یابد. مولین و هیراس (Molin and Hirase, 2005) گزارش کردند که اضافه کردن مواد افزودنی سبب رفع شرایط نامساعد محیطی و بهبود مقاومت علف‌کش‌ها در مقابل شستشو به وسیله باران می‌شود. آنها همچنین نشان دادند با اعمال بارندگی مصنوعی در مدت ۳۰ دقیقه بعد از کاربرد گلیفوسیت به‌همراه مویان، فعالیت این علف‌کش در کنترل *Sida spinosa* و قیاق (*Sorghum halepense* L.) به‌ترتیب ۳۸ و ۲۴ درصد افزایش یافته بود. آلوین و هانچ (Alvin and Hunsche, 2016) نشان داد که با افزایش درجه حرارت از ۱۵ به ۳۵ درجه سلسیوس میزان نفوذ ترکیبات قطبی طبیعی مانند متیل‌گلوکز از طریق کوتیکول درخت گلابی (*Pyrus communis* L.) تحت مویان‌های پلی‌اتیلن گلیکول (PEG 400) و اتوکسیلات‌های الکل چرب پلی دیسپر (Genapols) افزایش یافته بود.

بنابراین، با توجه به‌وجود شرایط آب و هوایی مختلف در کشور و اهمیت تأثیر درجه حرارت محلول سم‌پاشی در کارآیی علف‌کش‌ها و نیز محدودیت توجه به این امر، تحقیق حاضر با هدف بررسی درجه حرارت‌های مختلف محلول سم‌پاشی در کارآیی علف‌کش گلایفوسیت به‌صورت خالص و به‌همراه ماده افزودنی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر دماهای مختلف محلول سم‌پاشی بر کارآیی مقادیر متفاوت علف کش گلایفوسیت در کنترل علف‌های‌هرز کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و خاکشیرمعمولی (*Descurainia sophia* L.)، سه آزمایش دُز-پاسخ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در محیط بیرون گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۴۰۰ به اجرا درآمد.

بذور هر یک از علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی از پردیس دانشکده کشاورزی دانشگاه لُرستان در سال ۱۳۹۹ جمع‌آوری و تا زمان آزمایش در یخچال نگهداری شد. در ابتدا بذور به‌طور مستقیم با تراکم ده عدد در گلدان یک لیتری حاوی خاک، خاک‌برگ و ماسه بادی در عمق ۰/۲۵ سانتی‌متری در ۲۰ فروردین ۱۴۰۰ کاشته شدند. گیاهچه‌های هر گلدان هر دو تا سه روز آبیاری شده و در مرحله دو برگی، به چهار گیاهچه تنک شدند و به میزان ۳۰ میلی‌لیتر از محلول ۰/۳ کود ۲۰: ۲۰: ۲۰ (N:P:K) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد. دمای هوا در طول مدت رشد، بین ۱۷ تا ۲۴ درجه سلسیوس در طول روز و ۱۳ تا ۱۹ درجه سلسیوس در طول شب متغیر بود. تیمارهای آزمایش هر سه علف‌های هرز کیسه‌کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیرمعمولی شامل کاربرد ۶ سطح از علف‌کش گلایفوسیت (رانداپ، SL ۴۱ درصد آریاشیمی) در مقادیر صفر، ۱۲۸/۱۳، ۲۵۶/۲۵، ۵۱۲/۵۰، ۱۰۲۵ و ۲۰۵۰ گرم ماده مؤثره در هکتار بدون و به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت (۰/۲ v/v٪) و کاربرد ۵ سطح از درجه حرارت‌های مختلف ۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۵۵ درجه سلسیوس محلول سم‌پاشی به‌همراه سه تکرار برای هر یک از تیمارهای علف‌کش و درجه حرارت فوق در نظر گرفته شد. گیاهان در مرحله ۴ تا ۶ برگی با استفاده از سم‌پاش ماتابی[۱] مجهز به نازل بادبزنی

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

معمولی[۱] با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار با فشار پاشش ۲۰۰ کیلو پاسکال تحت تیمار قرار گرفتند. شرایط دمایی در هنگام پاشش علف‌کش گلایفوسیت بین ۳± ۲۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶ ± ۴۵ درصد بود. اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده چهار هفته پس از اعمال تیمارها از روی سطح گلدان‌ها برداشت و وزن‌تر و خشک آنها اندازه‌گیری شد.

تمامی داده‌های وزن‌خشک به‌طور همزمان با استفاده از نرم‌افزار R و محیط گرافیکی آن (RStudio) (R Core Team, 2021) و افزوده شدن بسته *drc* با مدل لُگاریتم لُجستیک سه پارامتره (معادله ۱) برازش داده شدند (Chitband *et al.*, 2020):

معادله (۱)

$$U = \frac{d}{1+\exp\left[b\left(log(z)-log(ED50)\right)\right]}$$

در معادله (۱)؛ U بیانگر وزن خشک در دُز z، d حد بالا وزن خشک در مقادیر صفر فرمولاسیون، ED_{10}[۲]، ED_{50} و ED_{90} مقدار فرمولاسیون لازم برای کاهش ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد وزن خشک علف‌هرز و b متناسب با شیب منحنی در محدوده ED_{50} می‌باشد. برای محاسبه پتانسیل (توانایی) نسبی[۳] دو حالت فرمولاسیون خالص و به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت علف‌کش گلایفوسیت از فرمول زیر استفاده شد:

معادله (۲)

$$RP = \frac{Z_a}{Z_b}$$

در معادله (۲)؛ اگر RP برابر یک باشد نشان‌دهنده این است که اضافه کردن مویان پی‌سی‌گیت هیچ اثری بر روی فعالیت شاخ و برگی علف‌کش گلایفوسیت ندارد. ولی اگر RP بزرگ‌تر و یا کوچک‌تر از یک باشد، کاربرد مویان پی‌سی‌گیت با علف‌کش گلایفوسیت در مقایسه با کاربرد خالص آن، کارآیی یا فعالیت شاخ و برگی آن را افزایش و یا کاهش داده است (Chitband *et al.*, 2020).

در این آزمایش برازش داده‌های حاصل از تیمارهای علف‌کشی با مدل لگاریتم لُجستیک چهار و سه پارامتری و انجام آزمون عدم برازش (Lack of fit test) انجام گرفت. در صورت معنی‌دار نشدن این آزمون از مدل لگاریتم لُجستیک سه پارامتری و درصورت معنی‌دار شدن آن از مدل لگاریتم لُجستیک چهار پارامتری استفاده شد (جداول ۱ و ۲) (Chitband *et al.*, 2020). همچنین، داده‌های حاصل از وزن‌خشک علف‌های هرز کیسه‌کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی تحت تأثیر دماهای مختلف محلول سم‌پاشی بر کارآیی مقادیر متفاوت علف کش گلایفوسیت با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 مورد آنالیز قرار گرفتند. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم شکل با نرم‌افزار EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

ارتباط زیست‌سنجی دُز-پاسخ

مقادیر پارامترهای حاصل از برازش مدل لُگاریتمی لُجستیک سه پارامتره شامل میانگین و خطای استاندارد آنها در جدول ۱ و منحنی‌های دُز-پاسخ (لُگاریتم لُجستیک) مربوط به دماهای مختلف محلول سم‌پاشی در کنترل علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی در شکل ۱ آورده شده است.

۱-8002 flat – fan nozzle
۲-Effective Dose
۳-Relative Potency (RP)

مشاهدات حاصل از برازش مدل لگاریتم لُجستیک چهار و سه پارامتری برای داده‌های مربوط به کاربرد دماهای مختلف بر علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی در دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت نشان داد که آزمون عدم برازش (Lack of fit test) بر مبنای آزمون ANOVA در سطح احتمال ۵ درصد بین دو مدل لگاریتم لُجستیکی معنی‌دار نیست (جدول ۱). بنابراین، داده‌های مربوط به کاربرد دماهای مختلف هر سه علف‌هرز تحت تأثیر علف‌کش گلایفوسیت با مدل لگاریتم لُجستیک سه پارامتری برازش داده شد. همچنین، آزمون عدم برازش در سطح ۵ درصد برای مدل لگاریتمی لُجستیک سه پارامتری در هر سه آزمایش معنی‌دار نبود (جداول ۱ و ۲)، این امر حاکی از یکسان بودن آنالیز رگرسیون غیرخطی بر تجزیه واریانس و نشان‌دهنده برازش خوب مدل لُجستیک سه پارامتری برای داده‌ها بوده است. منحنی‌های دُز-پاسخ مربوط به مربوط به کاربرد دماهای مختلف بر علف‌های هرز کیسه‌کشیش، خردل وحشی و خاکشیر معمولی در دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت 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 شاخص‌های EC_{10}، EC_{50} و EC_{90} در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج آزمایش نشان داد که تمامی دماهای مختلف به‌کار رفته علف‌کش گلایفوسیت توانست وزن‌خشک علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش، خردل وحشی و خاکشیر معمولی را تحت تأثیر قرار دهد به‌طوری‌که مقدار وزن‌خشک در هر سه علف‌هرز با افزایش مقدار دُز کاربرد علف‌کش گلایفوسیت، کاهش یافت. مقادیر هر یک از حد مجاز EC_{10}، EC_{50} و EC_{90} برای علف‌کش گلایفوسیت تحت تأثیر دماهای مختلف در حالت خالص در جدول ۱ و به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت در جدول ۲ و شکل ۱ آمده است. شکل ۲ مقایسه مقادیر شاخص‌های EC برای کاهش وزن‌خشک علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی را نشان می‌دهد.

مقادیر EC_{50} وزن‌خشک تمامی دماهای ۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۵۵ درجه سلسیوس دارای روندی متفاوت از ۶۳۵/۲۲ تا ۲۸۶/۲۸، ۵۹۰/۵۷ تا ۲۵۹/۱۷ و ۴۸۶/۷۷ تا ۲۳۸/۱۹ گرم ماده مؤثره در هکتار به‌ترتیب برای سه علف‌هرز کیسه کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی بود. بیشترین EC_{50} مربوط به کاربرد علف‌کش گلایفوسیت در دمای ۵ درجه سلسیوس با مقادیر EC_{50}=۶۳۵/۲۲±۱۰۹/۷۴، EC_{50}=۵۹۰/۵۷±۱۰۲/۱۶ و EC_{50}=۴۸۶/۷۷±۱۱۰/۹۴ و کمترین آن در تیمار دمایی ۴۵ درجه سلسیوس با مقدار EC_{50}=۲۸۶/۲۸±۶۳/۲۱، EC_{50}= ۲۵۹/۱۷±۵۷/۲۶ و EC_{50}=۲۳۸/۱۹±۵۴/۴۶ به‌ترتیب برای سه علف‌هرز کیسه‌کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی مشاهده شد (جدول ۱). در واقع در تیمار دمایی ۴۵ درجه سلسیوس علف‌کش گلایفوسیت دارای حداکثر کارآیی بود و در مقادیر بسیار کمتر علف کش توانسته بود شدت اثر بیشتری در کاهش وزن‌خشک علف‌های‌هرز ایجاد کند. تیمار دمایی ۳۰ درجه سلسیوس کاربرد گلایفوسیت با مقدار EC_{50}=۳۱۰/۲۶±۶۸/۵، EC_{50}=۲۸۳/۶۱±۶۱/۷ و EC_{50} = ۲۶۱/۸۴±۵۸/۷۹ به‌ترتیب برای سه علف هرز کیسه‌کشیش، خردل وحشی و خاکشیر معمولی نیز دارای شدت تأثیر معنی‌داری در کنترل علف‌های‌هرز داشت که نشان‌دهنده کنترل

علف‌کشی بیشتر آن در مقایسه با سایر تیمارهای دمایی بود (جدول ۱). مطابق با نتایج کمترین مقادیر EC_{50} در تیمارهای دمایی ۳۰ و ۴۵ درجه سلسیوس مشاهده شد. در واقع بهترین درجه حرارت محلول سم‌پاشی جهت افزایش کارآیی علف‌کش گلایفوسیت، دمای ۳۰ و ۴۵ درجه سلسیوس بودند که فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بودند.

با افزایش درجه حرارت، ویسکوزیته لایه مومی کوتیکول برگ کمتر شده و سرعت انتشار افزایش یافته و موجب تسهیل در جذب سریع قطرات علف‌کش می‌شود (Netherland *et al.*, 2000). رامسی و همکاران (Ramsey *et al.*, 2005) گزارش کردند که درجه حرارت‌های بالا منجر به افزایش انتقال بازیپتال علف‌کش‌ها شده و کارآیی آنها را افزایش می‌دهند. سوزوکاوآ و همکاران (Suzukawa *et al.*, 2020) در مطالعه مقاومت علف‌کش پاراکوات در دو گونه جو (*Hordeum leporinum* Link.) و (*H. glaucum* Steud.) نشان دادند که احتمالاً افزایش کارآیی پاراکوات در دماهای بالا به‌دلیل افزایش انتقال بازیپتال علف‌کش است. شِکوفا و همکاران (Shekoofa *et al.*, 2020) همچنین نشان داد که با افزایش درجه حرارت انتقال بازیپتال علف‌کش ایمازامتابنز در یولاف‌وحشی افزایش یافته است، در حالی‌که دمای پایین ۵ تا ۱۰ درجه سلسیوس کارایی انتقال و مقدار کل انتقال این علف‌کش را کاهش داده است. افزایش درجه حرارت سبب تحریک فتوسنتز و به‌دنبال آن انتقال علف‌کش در آوند آبکش می‌شود (Ramsey *et al.*, 2005). با توجه با تأثیر غیرمستقیم گلایفوسیت بر فتوسیستم دو که از طریق کاهش فسفات آزاد، توقف جذب CO_2 و فقدان پیش‌ماده لازم جهت تولید خاموش کننده اکسیژن اکسیداتیو در نزدیکی مرکز فتوسیستم دو در گیاهان تیمار شده تحت مهار کننده EPSP سینتاز اتفاق می‌افتد، بر فتوسنتز اثر می‌گذارد (Sobye *et al.*, 2011). همچنین به‌علت سیستمیک بودن علف‌کش گلایفوسیت و نیز تأثیر غیرمستقیم آن بر فرآیند فتوسنتز انتظار می‌رود که با افزایش درجه حرارت محلول سم‌پاشی کارآیی گلایفوسیت نیز در کنترل علف‌های‌هرز افزایش یابد. ساینی و همکاران (Saini *et al.*, 2016) بیان کردند که دماهای بالای ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس در مقایسه با دماهای پایین ۵ تا۱۰ درجه سلسیوس منجر به افزایش سرعت انتقال در آوند آبکش (انتقال بازیپتال) در طیف وسیعی از علف‌کش‌ها از جمله ستوکسیدیم (Sethoxydim)، کلوپروکسیدیم (Cloproxydim) و فلوآزیفوپ (Fluazifop) در گونه بیدگیاه (*Elytrigia repens* L.) می‌شود. افزایش سرعت انتقال در آوند آبکش منجر به انتقال سریع‌تر علف‌کش از بافت برگ شده که در نهایت سبب تحریک جذب شاخساره‌ای از طریق افزایش انتشار کوتیکولی و تخصیص علف‌کش به آپوپلاست خواهد شد.

درجه حرارت محلول سم‌پاشی می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی علف‌کش‌ها مانند ویسکوزیته، pH و هدایت الکتریکی، سرعت انتشار و هیدراته شدن کوتیکول تأثیر بگذارد. همچنین، از طریق حل کردن لایه موم‌های اپیکوتیکولار، نفوذ علف‌کش‌ها را تسهیل کرده و در نتیجه محلول‌پاشی علف‌کش و اثر کنترل علف‌های‌هرز بهبود می‌یابد (Cunha *et al.*, 2010). مطالعات انجام شده بر روی کوتیکول نشان می‌دهد که با افزایش درجه حرارت از ۳۵ تا ۴۴ درجه سلسیوس میزان نفوذپذیری آب به‌علت تغییر وضعیت

برگشت‌ناپـذیر لیپیدهای کوتیکولاری، افزایش می‌یابد (Tredenick and Farquhar, 2021; Ramsey *et al.*, 2005). هافمَن و همکاران (Hoffmann *et al.*, 2011) بیان کردند که درجه حرارت محلول سم‌پاشی بر خواص فیزیکی و شیمیایی علف‌کش‌ها مؤثر بوده که می‌تواند از طریق تأثیر بر پتانسیل اثر بادبردگی محلول سم‌پاشی بر کارآیی علف‌کش‌ها مؤثر باشند. بنابراین، در همه این موارد با استفاده از دمای محلول سم‌پاشی مناسب می‌توان کنترل علف‌های هرز را بهبود بخشید. آگوستی‌نِتو و همکاران (Agostineto *et al.*, 2015) گزارش کردند که با افزایش دمای محلول سم‌پاشی علف‌کش کارفِنترازون (بازدارندۀ PPO) از ۱۰ به ۳۰ درجه سلسیوس کارایی کنترل دو گونه نیلوفرپیچ (*Ipomoea hederifolia* L.) و (*I. quamoclit* L.) افزایش می‌یابد. همچنین، علف‌کش گلیفوسیت در مقدار ۰/۲۷۵ کیلوگرم در هکتار در مخلوط با دایکامبا در مقدار ۰/۱۳۷ کیلوگرم در هکتار کنترل بیشتری از گیاه آمبروژیا (*Ambrosia trifida* L.) و گونه نیلوفر پیچ (*I. lacunosa* L.) در دمای آب سم‌پاشی ۳۱ درجه سلسیوس (۸۸ درجه فارنهایت) در مقایسه با دمای آب سم‌پاشی ۵ درجه سلسیوس (۴۱ درجه فارنهایت) داشت (Derr and Serensits, 2016).

تیمارهای دمایی ۲۰ و ۵۵ درجه سلسیوس دارای تأثیر متوسطی در کارآیی دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت داشتند. به‌طوری‌که مقادیر EC_{50} مربوط به کاربرد علف‌کش گلایفوسیت در دمای ۲۰ درجه سلسیوس با مقادیر EC_{50} = ۴۳۷/۶۶±۸۸/۳۴، EC_{50} = ۲۵۷/۴۵±۴۲/۸۹ و EC_{50} = ۳۷۷/۲۹±۷۸/۷۶ و در دمای ۵۵ درجه سلسیوس دارای مقادیر EC_{50} = ۳۵۵/۸۶±۷۷/۴۹، EC_{50} = ۳۳۶/۳۰±۶۹/۸۰ و EC_{50}= ۲۹۵/۳۴±۶۳/۶۱ به‌ترتیب برای سه علف‌هرز کیسه‌کشیش، خردل وحشی و خاکشیر معمولی مشاهده شد (جدول ۱).

کارآیی تمامی دُزهای حداقل و حداکثر علف‌کش گلایفوسیت در تیمار دمایی ۵ درجه سلسیوس به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به طوری‌که مقادیر حداکثری EC_{50} به‌ترتیب برای سه علف‌هرز کیسه‌کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی برای این تیمار دمایی به‌دست آمد (جدول ۱). درجه حرارت سرد اثرات علف کشی را برطرف نمی‌کند بلکه سرعت بروز علایم خسارت علف‌کش گلایفوسیت را کاهش می‌دهد. تأخیر در بروز علایم خسارت ممکن است با کاهش سرعت نفوذ علف‌کش از طریق کوتیکول گیاه و متعاقباً غشاهای سلولی ایجاد شود. دما همچنین بر فعالیت آنزیم و در نتیجه سرعت بسیاری از فرآیندهای متابولیکی تأثیر می‌گذارد و باعث تغییر در سرعت تخریب فرآیندهای متابولیکی گیاه می‌شود (Netherland *et al.*, 2000). شرایط دمای سرد منجر به کاهش تأثیر علف‌کش‌های توفوردی و کلروسولفورون بر علف هرز خردل سفید (*Sinapis alba* L.) شده بود. علت را می‌توان در سیستمیک بودن این علف کش‌ها دانست که دمای پایین باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی در آوند آبکش خواهد شد (Park *et al.*, 2021). در دماهای سرد، قسمت بیشتری از علف‌کش گلوفوزینیت به نوک برگ تربچه وحشی (*Raphanus raphanistrum* L.) تیمار شده منتقل شد که نشان‌دهنده انتقال آپوپلاستیک بود درحالی‌که در دمای گرم انتقال به مناطق مریستماتیک (انتقال بازیپتال) گیاه رخ می‌دهد. این اختلاف در انتقال گلوفوزینات را می‌توان به

علت فعالیت نسبتاً ضعیف این علف‌کش در گیاه تربچه وحشی در دمای پایین دانست (Kumaratilake and Preston, 2005). نِترلند و همکاران (Netherland *et al.*, 2000) بیان کردند که کنترل علف‌هرز آبزی (*Potamogeton crispus* L.) تحت کاربرد علف‌کش اِندوتال و دیکوات در دمای کمتر از ۱۸ درجه سلسیوس در مقایسه با دمای ۲۵ درجه سلسیوس کاهش یافته بود. آنها همچنین گزارش کردند که مشکلات کارآیی علف کش‌ها در آب‌های سردتر با فعالیت متابولیک پایین مرتبط است که از جذب علف‌کش توسط گیاه هدف جلوگیری می‌کند.

مطابق نتـایج جدول ۲، استفاده از مویان پی‌سی‌گیت به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش مقادیر EC_{10}، EC_{50} و EC_{90} در تمام سطوح درجه حرارت شد. به‌طوری‌که هر یک از مقادیر EC_{10}، EC_{50} و EC_{90} به ترتیب دارای روند وزن‌خشک متفاوتی از ۲۳/۲۴ تا ۷۰/۰۸، ۱۵۴/۶۶ تا ۳۴۹/۳۲ و ۱۰۲۸/۱۳ تا ۱۹۴۸/۰۹ گرم مادۀ مؤثره در هکتار برای سه علف‌هرز کیسه‌کشیش، خردل-وحشی و خاکشیر معمولی در تمام دماهای ۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۵۵ درجه سلسیوس بودند. به‌عبارت دیگر، مویان پی‌سی‌گیت شدت اثر سمیت علف کش گلایفوسیت را در کنترل هر سه علف‌هرز افزایش داده بود. همچنین، نتایج حاصل از پتانسیل نسبی نیز این نتایج را تأیید می‌کند (جدول ۲). رامسی و همکاران (Ramsey *et al.*, 2005) بیان کردند که کاربرد مویان‌ها به‌طور معنی‌داری باعث کاهش شرایط نامطلوب محیطی از جمله درجه حرارت محلول سم‌پاشی می‌شود. به‌عبارت دیگر، استفاده از مویان پی‌سی‌گیت به همراه علف‌کش گلایفوسیت موجب کاهش کشش سطحی محلول علف‌کشی و تولید قطره‌های ریز و نشست بیشتر قطره‌های پاشش شده که جذب بیشتر مادۀ مؤثره را به‌همراه خواهد داشت و کارآیی علف‌کش گلایفوسیت را افزایش داد. به‌طوری‌که کوچکتر شدن قطره‌های پاشش با مویان پی‌سی‌گیت تأثیر بیشتری در خیس‌پذیری علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش، خردل وحشی و خاکشیر معمولی داشته است. پَنِر (Penner, 2000) گزارش کرد که پس از نشست قطره، مویان‌ها از طریق گسترش قطره بر روی سطح برگ در افزایش کارآیی آن مؤثر بوده و اغلب خیس‌شدگی سطح برگ و زاویه تماس قطره‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به طوری‌که، مویان‌ها از طریق کاهش زاویه تماس قطرک‌ها با سطح برگ باعث می‌شوند ناحیه بیشتری از کوتیکول مومی برگ به‌وسیله قطره پوشیده شود. پوشاندن سطح بیشتر از سطح برگ موجب افزایش نفوذ ماده مؤثره علف‌کش به درون بافت‌های گیاه از طریق کوتیکول و روزنه‌ها می‌شود (Sharma and Singh, 2000). احتمالاً مویان پی‌سی‌گیت با کاهش کشش سطحی محلول علف‌کش گلایفوسیت موجب کاهش زاویه تماس قطره پاشش با سطح برگ کیسه‌کشیش، خردل وحشی و خاکشیر معمولی شده و در نتیجه موجب خیس‌شدن سطوح بیشتر از کوتیکول برگ این علف‌های‌هرز می‌شود. این عمل موجب جذب بیشتر ماده مؤثره علف‌کش گلایفوسیت و افزایش کارآیی آن شده است. به‌طور مشابه، نالواجا و ماتیسیاک (Nalewaja and Matysiak, 2000) و سیلوآ و همکاران (Silva *et al.*, 2016) گزارش کردند که پاسخ متـفاوت گونه‌های علف‌هرز را می‌توان با مخلوط مواد افزودنی به علف‌کش‌ها جهت غلبه بر اثرات هم‌کاهی نمک موجود در آب محلول‌پاشی کاهش داد. زونگلِر و همکاران

(Zollinger *et al.*, 2016) بیان کردند که جذب علف‌کش ایمازاتاپیر بر نیلوفر پیچ در دمای ۳۵ درجه سلسیوس بیشتر از دماهای ۱۸ و ۲۷ درجه سلسیوس بود و افزودن سولفات آمونیم منجر به افزایش جذب و سمیت گیاهی آن شده بود. همچنین، کاربرد مویان سیتوگیت موجب افزایش کارآیی توفوردی و گلیفوسیت در کنترل علف‌هرز پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) شده است (Faraji *et al.*, 2006). چیت‌بند و همکاران (Chitband *et al.*, 2017) گزارش نمودند که افزایش جذب و انتقال علف‌کش گلایفوسیت به‌همراه سولفات آمونیوم منجر به کنترل بهتر علف‌هرز گاوپنبه شده بود، زیرا علف کش‌ها بایستی در جایگاه هدف خود در غلظت مؤثر حضور داشته باشند تا به طور مؤثری روی رشد علف‌هرز اثر داشته باشند. از طرف دیگر، زمانی‌که جذب و انتقال علف‌کش به‌علت کاهش درجه حرارت کاهش می‌یابد، غلظت کمتری از علف‌کش در درون گیاه انتقال خواهند یافت و علف‌هرز فرصت دارد تا مولکول‌های علف‌کش را متابوله کند. همچنین، کارآیی علف‌کش‌ها به صورت خالص و مخلوط با مویان پی‌سی‌گیت به گونه علف‌هرز، فرم و آرایش ساقه و برگ علف‌هرز هدف بستگی دارد. به‌طوری‌که علف‌هرز خاکشیر معمولی با داشتن فرم برگ مرکب شانه‌ای و به همراه علف‌هرز خردل‌وحشی با داشتن کرک فقط در بخش‌های پایین ساقه در مقایسه با کرک ظریف موجود در ساقه و سطح برگ‌های حقیقی اولیه علف‌هرز کیسه‌کشیش، حساسیت بیشتری به کاربرد علف‌کش گلایفوسیت داشتند (Rashed Mohassel *et al.*, 2007). سانیال و همکاران (Sanyal *et al.*, 2006) گزارش کردند که کرک‌ها می‌توانند موجب کاهش خیس‌شدگی و پخش‌شدگی قطره‌های علف‌کش شوند. مطابق پیشنهاد هس و فوی (Hess and Foy, 2000) کرک‌هایی که به‌طور منظم فاصله‌دار هستند بسته‌های هوایی در زیر قطره‌ها به‌وجود آورده که از تماس سطحی جلوگیری می‌کنند و قطره‌ها ممکن است بر روی آن‌ها لغزیده و یا بر اثر برخورد با آنها خرد شده و از بین بروند. قطره‌های پاشش برخورد کرده به کرک‌ها ممکن است برگشت خورده و قطره را پرتاب کنند (Sanyal *et al.*, 2006).

مقادیر پتانسیل نسبی یا فعالیت شاخ و برگی علف‌کش گلایفوسیت در حضور مویان پی‌سی‌گیت به‌طور قابل توجهی بیشتر از یک بود (جدول ۲). به‌طوری‌که کارآیی ۱ کیلوگرم ماده مؤثره گلایفوسیت در هکتار در حضور مویان پی‌سی‌گیت معادل ۱/۸۱، ۱/۵۷، ۱/۵۳، ۱/۵۳ و ۱/۵۳ کیلوگرم ماده مؤثره گلایفوسیت در هکتار به‌تنهایی برای کیسه‌کشیش و۱/۸۰، ۱/۶۷، ۱/۵۴، ۱/۵۳ و ۱/۵۷ کیلوگرم مادهٔ مؤثره گلایفوسیت در هکتار به‌تنهایی برای خردل‌وحشی و ۱/۸۲، ۱/۵۱، ۱/۵۲، ۱/۵۴ و ۱/۴۰ کیلوگرم ماده مؤثره گلایفوسیت در هکتار به‌تنهایی برای خاکشیر معمولی تحت تأثیر درجه حرارت‌های متفاوت ۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۵۵ درجه سلسیوس بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اضافه کردن مویان پی‌سی‌گیت به علف‌کش گلایفوسیت به‌طور مؤثری موجب افزایش کارآیی آن شده است.

نتایج تجزیه واریانس کاربرد دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت به‌صورت خالص و به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت تحت تأثیر دماهای مختلف محلول سم‌پاشی در کنترل علف‌های‌هرز کیسه کشیش، خردل‌وحشی و خاکشیر معمولی در جدول ۳ آورده شده است. مطابق جدول ۳ اثر

کاربرد دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت به صورت خالص و به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت تحت تأثیر دماهای مختلف محلول سم‌پاشی در کنترل علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش، خردل وحشی و خاکشیر معمولی معنی‌دار بود ($P<0.01$). نتایج مقایسه میانگین تأثیر دماهای مختلف محلول سم‌پاشی تحت تیمارهای متفاوت علف‌کش گلایفوسیت نشان داد که در تیمار شاهد (بدون علف‌کش) و تیمار دمایی ۵ درجه سلسیوس حداقل کاهش وزن‌خشک هر سه علف‌هرز مشاهده شد. دماهای ۲۰ و ۵۵ درجه سلسیوس دارای وزن‌خشک متوسط و حداکثر کاهش وزن‌خشک علف‌های‌هرز در دماهای ۳۰ و ۴۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. همچنین، دُزهای متفاوت علف‌کش گلایفوسیت تحت تأثیر هر یک از مقادیر دماهای مختلف محلول سم‌پاشی قرار گرفت، به‌طوری‌که با افزایش دُز کاربردی، شدت اثر علف‌کشی بیشتر شد و در دُزهای حداکثر پنج و شش علف‌کشی وزن‌خشک هر سه علف‌هرز به کمترین مقدار خود رسیده بود (جدول ۴).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج دمای نسبتاً سرد محلول‌پاشی (۵ درجه سلسیوس) تأثیر علف‌کش گلایفوسیت را برای کنترل علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش، خردل وحشی و خاکشیر معمولی کاهش داد. با این‌حال، برای حصول کارآیی مطلوب علف‌کش گلایفوسیت لازم است که دمای آب محلول‌پاشی بین ۲۰ $\geq$ و ۴۵ $\leq$ درجه سلسیوس باشد. استفاده از مویان پی‌سی‌گیت به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش کارآیی علف‌کش گلایفوسیت در کنترل هر سه علف‌هرز شد. به‌طوری‌که هر یک از مقادیر EC_{10}، EC_{50} و EC_{90} به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد. در حالت ایده‌آل، باید منتظر شرایط مطلوب برای استفاده از علف‌کش بود. ولی با این‌حال درصورت نیاز به کنترل علف‌های‌هرز باید علف‌کش با کارآیی مناسب برای کنترل علف‌های‌هرز مورد نظر انتخاب شود. همچنین، در اوایل بهار یا اواخر پاییز که دمای محلول اسپری سم‌پاشی پایین است، باید اقـدامات احتیاطی لازم جهت تنظیم دمای محلول‌پاشی علف‌کش در دمای ۲۰ درجه سلسیوس یا بالاتر برای دست‌یابی به حداکثر کنترل علف‌های هرز اتخاذ شود و درصورت لزوم می‌توان کاهش ناشی از کارآیی دمای پایین محلول سم‌پاشی را با مخلوط کردن یک ماده افزودنی به‌عنوان بخشی از فرمول تجاری یا به صورت اختلاط در مخزن کاست.

سپاس‌گزاری

لازم است که از خـانم مهنـدس محبوبه نبی‌زاده نقندر و پرسنِل محترم گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان به‌خاطر مساعدت و همکاری ارزنده‌ای که در طی انجام این پژوهش داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

جدول ۱- مقادیر آنالیز رگرسیون دُز-پاسخ دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت تحت دماهای مختلف محلول سم‌پاشی در کنترل علف‌های‌هرز کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و خاکشیر معمولی (*Descurainia sophia* L.)

Table 1- Dose-response regression analysis values of different doses of glyphosate herbicide under different temperatures of spray solution in weeds control of shepherd's-purse (*Capsella bursa-pastoris* L.), wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and flixweed (*Descurainia sophia* L.)

علف‌هرز Weed	درجه حرارت (درجه سلسیوس) Temperature		شیب منحنی b[1]	حد بالا منحنی D[2]	دُز مؤثر (گرم مادهٔ مؤثره در هکتار) Effective Dose (g a.i. ha^{-1})			آزمون عدم برازش[4]
					ED_{10}	ED_{50}[3]	ED_{90}	
کیسه کشیش *Capsella bursa-pastoris* L.	(5ºC)	۵	1.58 (0.36)	2.05 (0.14)	158.19 (69.58)	365.22 (109.74)	2250.76 (646.31)	0.78 ns
	(20ºC)	۲۰	1.27 (0.25)	2.07 (0.15)	77.10 (37.99)	437.66 (88.34)	2484.29 (705.35)	0.44 ns
	(30ºC)	۳۰	1.03 (0.19)	2.11 (0.14)	36.61 (19.60)	310.26 (68.35)	2629.05 (868.23)	0.34 ns
	(45ºC)	۴۵	1.02 (0.18)	2.12 (0.14)	33.18 (17.91)	286.28 (63.21)	2469.81 (815.36)	0.21 ns
	(55ºC)	۵۵	1.08 (0.20)	2.10 (0.14)	46.22 (24.41)	355.86 (77.49)	2740.13 (873.62)	0.53 ns
خردل وحشی *Sinapis arvensis* L.	(5ºC)	۵	1.53 (0.33)	1.97 (0.13)	140.50 (60.62)	590.57 (102.16)	2482.35 (618.81)	0.18 ns
	(20ºC)	۲۰	1.31 (0.27)	1.98 (0.14)	79.99 (39.65)	430.74 (86.66)	2319.27 (638.34)	0.14 ns
	(30ºC)	۳۰	1.02 (0.18)	2.03 (0.14)	32.86 (17.45)	283.61 (61.87)	2447.98 (800.28)	0.28 ns
	(45ºC)	۴۵	1.01 (0.17)	2.04 (0.15)	29.30 (15.77)	259.17 (57.26)	2292.29 (751.55)	0.41 ns
	(55ºC)	۵۵	1.11 (0.20)	2.01 (0.14)	46.58 (23.14)	336.30 (69.80)	2427.88 (732.23)	0.50 ns
خاکشیر معمولی *Descurainia sophia* L.	(5ºC)	۵	1.19 (0.26)	1.90 (0.15)	77.32 (44.39)	486.77 (110.94)	3064.44 (976.83)	0.62 ns
	(20ºC)	۲۰	1.23 (0.24)	1.92 (0.14)	63.52 (32.66)	377.29 (78.76)	2240.64 (650.23)	0.35 ns
	(30ºC)	۳۰	1.05 (0.20)	1.95 (0.13)	32.58 (17.69)	261.84 (58.79)	2104.08 (692.37)	0.23 ns
	(45ºC)	۴۵	1.03 (0.19)	1.96 (0.13)	28.17 (15.63)	238.19 (54.46)	2014.19 (675.08)	0.51 ns
	(55ºC)	۵۵	1.12 (0.21)	1.95 (0.13)	41.01 (21.01)	295.34 (63.61)	2127.11 (663.93)	0.32 ns

مقادیر داخل پرانتز، خطای استاندارد هر پارامتر هستند. [۱] شیب منحنی در محدودهٔ ED_{50}، [۲] حد بالای منحنی وقتی غلظت علف‌کش صفر است، [۳] دُزی مؤثری (گرم مادهٔ مؤثره در هکتار) که منجر به کاهش ۵۰ درصد (وزن خشک علف‌های‌هرز) پاسخ می‌شود، ns: عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، [4] Lack of Fit test

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 5% levels of probability respectively, [4]Lack of Fit test.

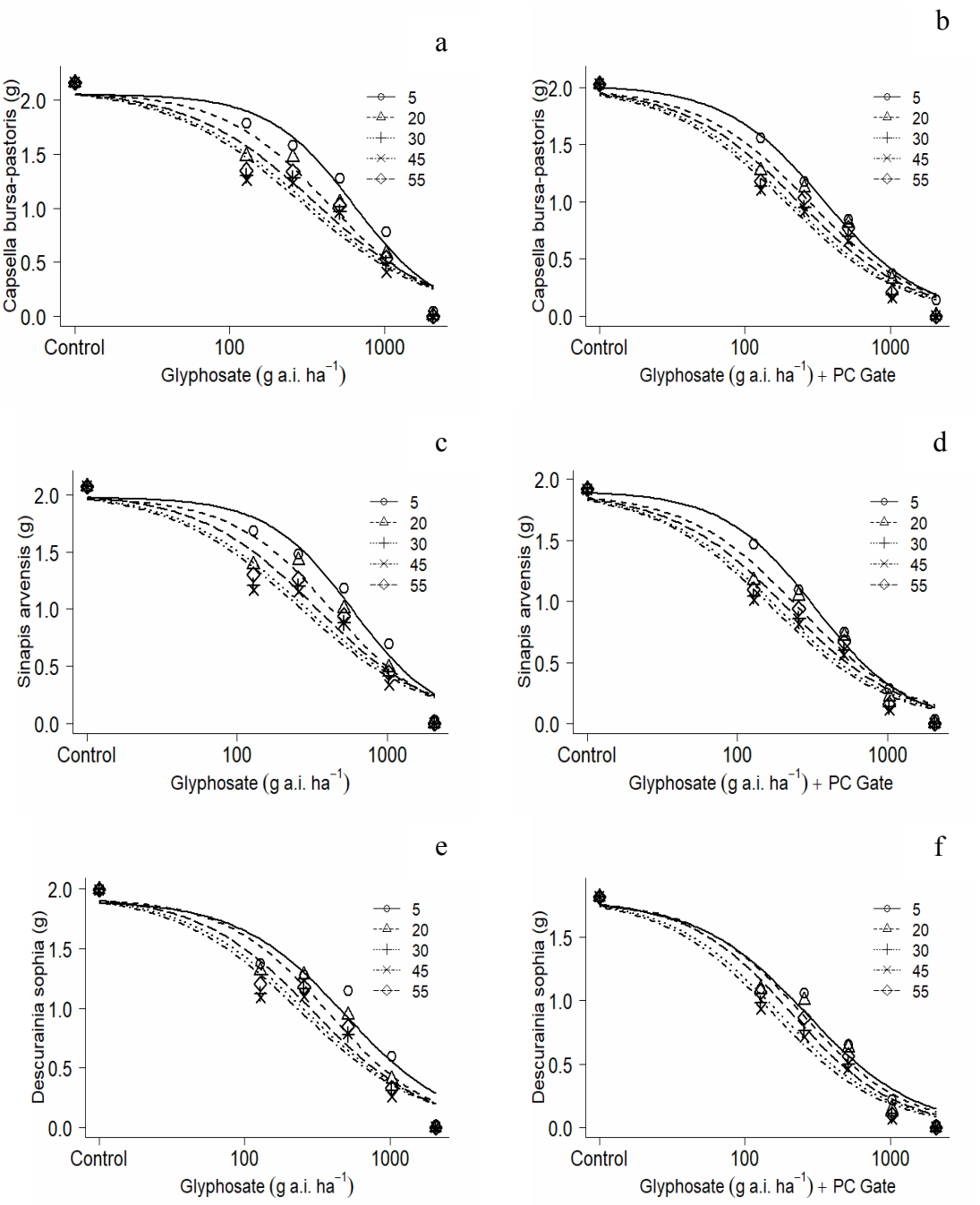
جدول ۲- مقادیر آنالیز رگرسیون دُز-پاسخ دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت تحت دماهای مختلف محلول سم‌پاشی در کنترل علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.)، خردل‌وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و خاکشیر معمولی (*Descurainia sophia* L.)

Table 2- Dose-response regression analysis values of different doses of glyphosate herbicide with PC Gate surfactant under different temperatures of spray solution in weeds control of shepherd's-purse (*Capsella bursa-pastoris* L.), wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and flixweed (*Descurainia sophia* L.)

علف‌هرز Weed	درجه حرارت Temperature		شیب منحنی b[1]	حد بالا منحنی D[2]	دُز مؤثر (گرم مادهٔ مؤثره در هکتار) Effective Dose (g a.i. ha^{-1}) ED_{10}	ED_{50}[3]	ED_{90}	آزمون عدم برازش[4]	پتانسیل نسبی (RP)[5]
کیسه کشیش *Capsella bursa-pastoris* L.	(5ºC)	۵	1.28 (0.19)	2.02 (0.11)	62.64 (21.82)	349.32 (52.69)	1948.09 (479.59)	0.16 ns	1.81
	(20ºC)	۲۰	1.14 (0.18)	1.99 (0.12)	40.16 (16.68)	277.98 (49.01)	1924.45 (506.26)	0.73 ns	1.57
	(30ºC)	۳۰	1.14 (0.18)	2.01 (0.11)	26.68 (11.91)	201.59 (37.06)	1523.07 (422.15)	0.39 ns	1.53
	(45ºC)	۴۵	1.08 (0.18)	2.01 (0.11)	24.39 (11.17)	186.61 (34.85)	1427.56 (400.50)	0.47 ns	1.53
	(55ºC)	۵۵	1.11 (0.17)	2.00 (0.10)	32.02 (13.78)	232.50 (42.03)	1688.27 (452.62)	0.82 ns	1.53
خردل وحشی *Sinapis arvensis* L.	(5ºC)	۵	1.42 (0.21)	1.90 (0.10)	70.08 (21.49)	327.70 (44.97)	1532.52 (322.32)	0.11 ns	1.80
	(20ºC)	۲۰	1.17 (0.18)	1.88 (0.11)	39.65 (15.48)	257.45 (42.89)	1671.59 (409.44)	0.13 ns	1.67
	(30ºC)	۳۰	1.10 (0.16)	1.90 (0.10)	25.06 (10.87)	183.93 (32.61)	1350.02 (359.21)	0.19 ns	1.54
	(45ºC)	۴۵	1.10 (0.16)	1.91 (0.10)	23.24 (10.31)	169.26 (30.35)	1232.85 (330.39)	0.23 ns	1.53
	(55ºC)	۵۵	1.13 (0.17)	1.89 (0.10)	30.55 (12.52)	213.68 (36.70)	1494.32 (381.68)	0.32 ns	1.57
خاکشیر معمولی *Descurainia sophia* L.	(5ºC)	۵	1.17 (0.18)	1.78 (0.10)	41.15 (16.66)	266.99 (45.68)	1732.45 (433.53)	0.21 ns	1.82
	(20ºC)	۲۰	1.23 (0.19)	1.79 (0.10)	41.82 (16.02)	248.88 (41.02)	1481.22 (350.76)	0.43 ns	1.51
	(30ºC)	۳۰	1.16 (0.19)	1.81 (0.10)	25.91 (11.01)	171.48 (29.65)	1134.96 (296.55)	0.39 ns	1.52
	(45ºC)	۴۵	1.16 (0.19)	1.82 (0.10)	23.27 (10.33)	154.66 (27.53)	1028.13 (273.09)	0.42 ns	1.54
	(55ºC)	۵۵	1.23 (0.19)	1.80 (0.09)	35.04 (13.31)	209.47 (33.79)	1252.25 (302.98)	0.64 ns	1.40

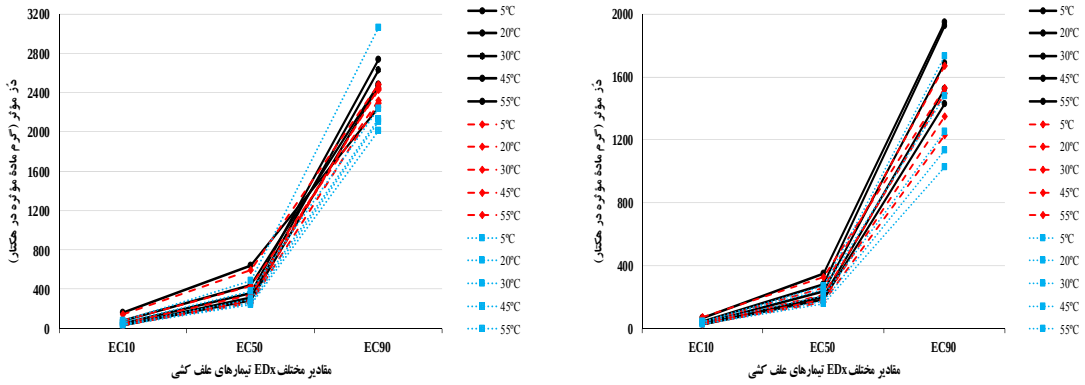
مقادیر داخل پرانتز، خطای استاندارد هر پارامتر هستند. [۱] شیب منحنی در محدودهٔ ED_{50}، [۲] حد بالای منحنی وقتی غلظت علف‌کش صفر است، [۳] دُزی مؤثری (گرم مادهٔ مؤثره در هکتار) که منجر به کاهش ۵۰ درصد (وزن خشک علف‌های‌هرز) پاسخ می‌شود، ns: عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، [۴] Lack of Fit test، [۵] Relative 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 5% levels of probability respectively, [4]Lack of Fit test, [5]Relative Potency (RP).



شکل ۱- منحنی‌های لگاریتم لُجستیک دُز-پاسخ (Dose-response) مقادیر دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت بدون (چپ) و با مویان پی‌سی‌گیت (راست) تحت تأثیر دماهای مختلف محلول سم‌پاشی در کنترل علف‌های‌هرز کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.) (a, b)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) (c, d) و خاکشیر معمولی (*Descurainia sophia* L.) (e, f)

Figure 1- Log-logistic dose-response curves of different doses of glyphosate herbicide without (Left) and with PC Gate surfactant (Right) under different temperatures of spray solution in weeds control of shepherd's-purse (*Capsella bursa-pastoris* L.) (a, b), wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) (c, d) and flixweed (*Descurainia sophia* L.) (e, f)



شکل ۲- منحنی‌های لگاریتم لُجستیک دُز-پاسخ (Dose-response) دُزهای مختلف علف‌کش گلایفوسیت بدون (چپ) و با مویان پی‌سی‌گیت (راست) تحت تأثیر دماهای مختلف محلول سم‌پاشی در کنترل علف‌های‌هرز کیسه‌کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.) (خطوط توپر مشکی)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) (خطوط تیره قرمز) و خاکشیر معمولی (*Descurainia sophia* L.) (خطوط نقطه‌چین آبی)

Figure 2- Log-logistic dose-response curves of different doses of glyphosate herbicide without (Left) and with PC Gate surfactant (Right) under different temperatures of spray solution in weeds control of shepherd's-purse (*Capsella bursa-pastoris* L.) (Solid black lines), wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) (Dash red lines) and flixweed (*Descurainia sophia* L.) (Blue dotted lines)

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) دُزهای متفاوت علف‌کش گلایفوسیت بدون و به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت تحت درجه حرارت مختلف محلول سم‌پاشی بر وزن‌خشک سه علف‌هرز کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و خاکشیر معمولی (*Descurainia sophia* L.)

Table 3 - Results of analysis of variance (ANOVA) of different doses of glyphosate herbicide without and with PC Gate under different temperatures of spray solution in three weeds drywieght (*Capsella bursa-pastoris* L.), wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and flixweed (*Descurainia sophia* L.)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	گلایفوسیت خالص Pure Gluphosate			گلایفوسیت + پی‌سی‌گیت Gluphosate + PC Gate		
		کیسه کشیش shepherd's-purse	خردل وحشی wild mustard	خاکشیر معمولی flixweed	کیسه کشیش shepherd's-purse	خردل وحشی wild mustard	خاکشیر معمولی flixweed
علف‌کش (A) Herbicide (A)	5	5.61**	5.24**	4.90**	5.23**	4.87**	4.45**
درجه حرارت (B) Temperature (B)	4	0.13**	0.15**	0.08**	0.09**	0.07**	0.04**
درجه حرارت × علف‌کش Tem. (B)×Herb. (A)	20	0.31**	0.29**	0.28**	0.29**	0.26**	0.23**
خطا Error	60	0.62	0.59	0.54	0.60	0.56	0.52
ضریب تغییرات C.V.(٪)		5.55	5.14	4.83	12.11	11.64	11.65

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and** Non Significant, Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین وزن‌خشک سه علف‌هرز کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و خاکشیر معمولی (*Descurainia sophia* L.) در پاسخ به دُزهای متفاوت علف‌کش گلایفوسیت بدون و به‌همراه مویان پی‌سی‌گیت تحت تأثیر درجه حرارت مختلف محلول سم‌پاشی

Table 4 - Mean comparison of the different doses of glyphosate herbicide without and with PC Gate under different temperatures of spray solution in three weeds drywieght of (*Capsella bursa-pastoris* L.), wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and flixweed (*Descurainia sophia* L.)

تیمار Treatment	گلایفوسیت خالص Pure Gluphosate			گلایفوسیت + پی‌سی‌گیت Gluphosate + PC Gate		
	کیسه کشیش shepherd's-purse	خردل وحشی wild mustard	خاکشیر معمولی flixweed	کیسه کشیش shepherd's-purse	خردل وحشی wild mustard	خاکشیر معمولی flixweed
۵ درجه سلسیوس (5ºC)	1.27	1.19	1.07	1.02	0.93	0.88
۲۰ درجه سلسیوس (20ºC)	1.12	1.06	0.99	0.90	0.81	0.77
۳۰ درجه سلسیوس (30ºC)	1.01	0.96	0.87	0.80	0.74	0.69
۴۵ درجه سلسیوس (45ºC)	1.005	0.93	0.85	0.78	0.71	0.66
۵۵ درجه سلسیوس (55ºC)	1.07	1.004	0.93	0.87	0.79	0.73
LSD. 5%	0.06	0.05	0.04	0.09	0.08	0.07

References منابع مورد استفاده

- Agostineto, M.C., H.H. Ansolin, and L.B. deCarvalho. 2015. Spray temperature and spray volume infl uence on the effi cacy of carfentrazoneethyl and saflufenacil to control morning-glory. *Communications in Plant Sciences*. 5(3-4):45-49. doi: 10.26814/cps201545.
- Alvin, A., and M. Hunsche. 2016. Influence of formulation on the cuticular penetration and on spray deposit properties of manganese and zinc foliar fertilizers. *Agronomy*. 6(3): 1-10. doi: 10.3390/agronomy6030039.
- Asghari, M., and M. Armin. 2015. Effect of weed interference in different agronomic managements on grain yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 8(4):407-422. (In Persian).
- Beltran, E., H.J. Fenet, F. Cooper, and C.M. Coste. 2000. Kinetics of abiotic hydrolysis of isoxaflutole: influence of pH and temperature in aqueous mineral buffered solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 4399-4403. doi: 10.1021/jf991247m.
- Chitband, A.A., M. Nassiri Mahallati, and M.H. Rashed Mohassel. 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).
- Chitband, A.A., R. Ghorbani, M.H. Rashed Mohassel, and M. Nabizade. 2017. Joint action of some usable important broadleaf herbicides in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Iran. *Journal of Plant Protection*. 31(3):374-387. (In Persian). doi: 10.22067/jpp.v31i3.50875.
- Cunha, J.P.A.R., G.S. Alves, and E.F. Reis. 2010. Efeito da temperatura nas características físicoquímicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. *Planta Daninha*. 28:665-672.
- Derr, J., and T. Serensits. 2016. Impact of application temperature on broadleaf herbicide efficacy. *Journal of Environmental Horticulture*. 34(4):123-130. doi: 10.24266/0738-2898-34.4.123.
- Faraji, M.S., M. Beheshtian, R. Abbasi, I. Nosrati, and H.M. Alizadeh. 2006. Chemical control of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) in the fallow year, a study on reduced doses and adjuvants effects. Proceedings of 1st Iranian Weed Science Congress. 25-26 January, Tehran, Iran. P: 412-416. (In Persian).
- Green, J.M. 2018. The rise and future of glyphosate and glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science*. 74:1035-1039. doi: 10.1002/ps.4462.
- Hatterman-Valenti, H.M., A. Pitty, and M.D.K. Owen. 2006. Effect of environment on giant foxtail (*Setaria faberi*) leaf wax and fluazifop-P absorption. *Weed Science*. 54:607-614. doi: 10.1614/WS-04-158R2.1
- Hess, F.D., and C.L. Foy. 2000. Interaction of surfactants with plant cuticles. *Weed Technology*. 14: 807-813. doi: 10.1614/0890-037X(2000)014[0807:IOSWPC] 2.0.CO;2.
- Hoffmann, W.C., B.K. Fritz, and D.E. Martin, 2011. Air and spray mixture temperature effects on atomization of agricultural sprays. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 13(1):1-8.

- Kumaratilake, A.R., and C. Preston. 2005. Low temperature reduces glufosinate activity and translocation in wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *Weed Science*. 53:10-16. doi: 10.1614/WS-03-140R.
- Lyon, D.J., A. Kniss, and S.D. Miller. 2007. Carfentrazone improves broadleaf weed control in proso and foxtail millets. *Weed Technology*. 21:84-87. doi: 10.1614/WT-06-047.1.
- Matzenbacher, F.O., R.A. Vidal, J.R.A. Merotto, and M.M. Trezzi. 2014. Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: a literature review. *Planta Daninha*. 32:457-463. doi: 10.1590/S0100-83582014000200024.
- Molin, W.T., and K. Hirase. 2005. Effects of surfactants and simulated rainfall on the efficacy of the Engame formulation of glyphosate in johnsongrass, prickly sida and yellow nutsedge. *Weed Biology and Management*. 5:123-127. doi: 10.1111/j.1445-6664.2005.00166.x.
- Nalewaja, J.D., and R. Matysiak. 2000. Spray deposits from nicosulfuron with salts that affect efficacy. *Weed Technology*. 14:740-749. doi: 10.1614/0890-037X (2000)014[0740:SDFNWS]2.0.CO;2.
- Netherland, M.D., J.D. Skogerboe, C.S. Owens, and J.D. Madsen. 2000. Influence of water temperature on the efficacy of endothall versus curlyleaf pondweed. *Journal of Aquatic Plant Management.* 38:25-32.
- Park, H.H., D.J. Lee, and Y.I. Kuk. 2021. Effects of various environmental conditions on the growth of *Amaranthus patulus* Bertol. and changes of herbicide efficacy caused by increasing temperatures. *Agronomy*. 11: 1-16. doi: 10.3390/agronomy 11091773.
- Penner, D. 2000. Activator adjuvants. *Weed Technology*. 14:785-791. doi: 10.1614/ 0890-037X(2000)014[0785:AA]2.0.CO;2.
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/.
- Ramezani, M, D.P. Oliver, R.S. Kookana, G. Gurjeet, and C. Preston. 2008. Abiotic degradation (photodegradation and hydrolysis) of imidazolinone herbicides. *Journal of Environmental Science and Health.* 43:105-112. doi: 10.1080/ 03601230701794968.
- Ramsey, R.J.L., G.R. Stephenson, and J.C. Hall. 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. doi: 10.1016/j.pestbp.2005.02.005.
- Rashed Mohassel, M.H., H. Najafi, and M.D. Akbarzade. 2007. Weed biology and control. Ferdowsi University of Mashhad Press. 404 pp. (In Persian).
- Saini, R.K., J. Malone., P. Christopher, and S.G. Gurjeet. 2016. Frost reduces clethodim efficacy in clethodim-resistant rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) populations. *Weed Science.* 64(2):207-215. doi: 10.1614/WS-D-15-00140.1.
- Sanyal, D., P.C. Bhowmik, and K.N. Reddy. 2006. Influence of leaf surface micro morphology, wax content, and surfactant on primisulfuron droplet spread on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Science.* 54:627-633. doi: 10.1614/WS-05-173R.1.

- Sharma, S.D., and M. Singh. 2000. Optimizing foliar activity of glyphosate on *Bidens frondosa* and *Panicum maximum* with different adjuvant types. *Weed Research*. 40:523-533. doi: 10.1046/j.1365-3180.2000.00209.x.
- Shekoofa, A., J.T. Brosnan, J.J. Vargas, D.P. Tuck, and M.T. Elmore. 2020. Environmental effects on efficacy of herbicides for postemergence goosegrass (*Eleusine indica*) control. *Scientific Reports.* 10:1-10. doi: 10.1038/s41598-020-77570-5.
- Silva, I.P.F., C.A. Carbonari., E.D. Velini, J.F. Silva Jr., L. Tropaldi, and G.L.G. Gomes. 2016. Absorption velocity of glufosinate and its effects on weeds and cotton. *Agrociencia.* 50:239-249.
- Sobye, K.W., J.C. Streibig, and N. Cedergreen. 2011. Prediction of joint herbicide action by biomass and chlorophyll a fluorescence. *Weed Research*. 51:23-32. doi: 10.1111/j.1365-3180.2010.00824.x.
- Sprague, C.L. 2018. Weed control guide for field crops (E0434). www.msuweeds.com. 216 pp.
- Suzukawa, A.K., L.K. Bobadilla, C.M. Smith, and C.A.C.G. Brunharo. 2020. Non-target-Site Resistance in *Lolium* spp. Globally: A Review. *Frontiers in Plant Science*. 11:1-17. doi: 10.3389/fpls.2020.609209.
- Tredenick, E.C., and G.D. Farquhar. 2021. Dynamics of moisture diffusion and adsorption in plant cuticles including the role of cellulose. *Nature Communication*. 12:1-9. doi: 10.1038/s41467-021-25225-y.
- Veisi, M. 2018. Weeds identification and management in chickpea farming system. Ministry of Jihad–e-Agriculture, Agricultural Research, Education & Extension Organization. Iranian Research Institute of Plant Protection. 28 pp. (In Persian).
- Young, B.G., A.W. Knepp, L.M. Wax, and S.E. Hart. 2003. Glyphosate translocation in common lambsquarters (*Chenopodium album*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in response to ammonium sulfate. *Weed Science*. 51:151-156. doi: 10.1614/0043-1745(2003)051[0151:GTICLC]2.0.CO;2.
- Zand, E., N. Nezam Abadi, M.A. Baghestani, P. Shimi, and S.K. Mousavi. 2019. A guide to chemical control of weeds in Iran. Mashhad University of Jihad Press. 216 pp. (In Persian).
- Zeidali, E., R. Naseri, A. Mirzaei, and A.A. Chitband. 2017. Ecophysiologic indices of wheat as influenced by plant density and application of herbicide. *Journal of Crop Ecophysiology*. 10(4):839-856. (In Persian).
- Zollinger, R.K., K. Howatt., M.L. Bernards, and B.G. Young. 2016. Ammonium sulfate and dipotassium phosphate as water conditioning adjuvants. *Pesticide Formulation and Delivery Systems. ASTM Journal*. 35:42-51. doi: 10.1520/STP158720140126.

Research Article DOI: 10.30495/JCEP.2023.1918788.1828

The Effect of Carrier Water Temperature on Glyphosate Efficiency in Pure and Mixed With PC Gate Surfactant in Winter Weeds Control

Ali Asghar Chitband[1*]

Received: September 2021 , Revised: 7 November 2021, Accepted: 1 February 2022

Abstract

One of the important environmental factors for herbicides efficiency is carrier water temperature. To evaluation of Glyphosate (Roundup) with and without PC Gate surfactant on three weeds of *Capsella bursa-pastoris* L., *Sinapis arvensis* L. and *Descurainia sophia* L. control, three experiments carried out with six doses of applied herbicide active ingredients (a.i.) at the outdoor greenhouse of Agricultural Faculty of Lorestan University, Iran, during 2021. The experiment was in factorial based on completely randomized design with five temperature treatments included 5, 20, 30, 45 and 55 ºC (in dose-response arrangements). The results showed that the dry weight of all three weeds *Capsella bursa-pastoris* L., *Sinapis arvensis* L. and *Descurainia sophia* L. were significant by different temperature and doses application of Glyphosate herbicide ($P<0.01$). The results showed that the application of temperature treatment and different doses of glyphosate herbicide on the dry weight of all three weeds of sachet, wild mustard and common sorrel were significant ($P <0.01$). According to EC_{10} ، EC_{50} and EC_{90} values, the best spray temperature solution was the temperature 30 and 45 ºC with no significant differnt to each other for achieving optimum efficacy of Glyphosate. The whole applied doses (the lowest and the highest) efficiency of Glyphosate were reduced in 5 ºC temperature. The temperatures of 20 and 55 ºC had an average effect on Glyphosate doses efficiency. All the EDs of different temperatures have been reduced using by PC Gate surfactant. Therefore, optimum efficacy of Glyphosate could be ranged at spray solution temperature of ≥ 20 and ≤ 45 ºC. The applied dose of 2050 g a.i ha^{-1} with PC Gate is also recommended as the best herbicide treatment to control winter weeds.

Key words: Adjuvant, dose-response, ED values, sprayer solution, temperatures range.

1- Assistant Professor of Weed Science, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran.
**Corresponding Author: chitband.a.a@lu.ac.ir*