نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۱۹۸-۱۸۸

Journal of Plant Protection
Vol. 30, No. 2, Summer 2016, P. 188-198

تأثیر افزودن سولفات آمونیم به محلول سمپاشی علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون محتوی کربنات کلسیم در کنترل علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه

کمال حاج محمدنیا قالی باف[1*]- محمد حسن راشد محصل[2]- مهدی نصیری محلاتی[3]- اسکندر زند[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۴

چکیده

تأثیر سولفات آمونیم (AMS) بر بازدارندگی کربنات کلسیم ($CaCO_3$) موجود در آب مخزن سمپاش علف‌کش‌های گلایفوسیت (Roundup®, 41% SL) و نیکوسولفورون (Cruse®, 4% SC) بر کنترل علف‌های هرز سوروف [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.] و گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medicus.) به صورت چهار آزمایش فاکتوریل ۲×۶ و در قالب طرح کاملا تصادفی با ۶ تکرار (به انضمام ۶ گلدان شاهد بدون سمپاشی برای هر علف‌هرز) در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل غلظت کربنات کلسیم در شش سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ قسمت در میلیون در آب دیونیزه (w/v)) در ترکیب با مقادیر ۰ (AMS-) یا ۳ (AMS+) کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم به عنوان تعدیل کننده سختی آب بودند. گلایفوسیت و نیکوسولفورون به ترتیب در مقادیر ۳۸۵ و ۵۵۰ میلی‌لیتر ماده تجاری در هکتار (معادل ۱۵۸ و ۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) به صورت پس‌رویشی در مرحله‌ی ۳ تا ۴ برگی علف‌های هرز در حجم سمپاشی ۲۵۰ لیتر در هکتار اعمال شدند. نتایج آزمایش، کاهش معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی (درصد شاهد) علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه را با افزایش غلظت کربنات کلسیم آب در مخزن علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون نشان داد. ولی این تأثیر مشابه نبود. به طوری‌که حضور ۵۰۰ قسمت در میلیون یون کلسیم در مقایسه با عدم حضور آن در محلول علف‌کش نیکوسولفورون، وزن خشک (درصد شاهد) علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه را به ترتیب ۱۶ و ۵۰ درصد افزایش داد. این مقادیر برای علف‌کش گلایفوسیت به ترتیب معادل ۷۸ و ۵۱ درصد بود. همچنین افزودن سولفات آمونیم (AMS+) به مخزن سمپاش، اثرات هم‌کاهی سختی آب را کاهش داد و کارایی علف‌کش‌ها را در کنترل علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه بهبود بخشید. با این وجود، اثر هم‌افزایی AMS+ روی علف‌کش گلایفوسیت در کنترل گاوپنبه بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: اثر هم‌کاهی، تعدیل کننده، سختی آب، قسمت در میلیون

مقدمه

در میان تمام روش‌های کنترل علف‌های هرز، علف‌کش‌ها وسیله‌ای مطمئن با کارایی بالا بوده و به آسانی قابل کاربرد می‌باشند. دیویس (۸) عواملی چون کنترل مؤثر و سریع علف‌کش‌ها، افزایش سطح مزارع و کاهش تنوع، صرفه‌جویی در وقت و نیرو، و امکان استفاده از سیستم‌های شخم حداقل را از مهم‌ترین دلایل گسترش کنترل شیمیایی برشمرد. به همین دلیل، علف‌کش‌ها تقریبا مورد استقبال تمام کشاورزان قرار گرفته‌اند. در خصوص عدم تأثیر علف‌کش‌ها روی علف‌های هرز دلایل زیادی وجود دارد که از جمله انتخاب غیرصحیح سم، میزان مصرف ناکافی سم، کاربرد غیراصولی دستگاه سمپاش، سمپاشی در زمان نامناسب یا سمپاشی در شرایط نامساعد آب و هوایی پیش‌بینی نشده، و عاملی که اغلب نادیده گرفته می شود یعنی «کیفیت آب مورد استفاده در سمپاشی علف‌کش» را می‌توان برشمرد (۶).

بیشتر علف‌کش‌های رایج در آب محلول و قابل پاشش هستند، بنابراین آب مهم‌ترین حامل علف‌کش‌ها در مخزن سمپاش‌ها می‌باشد و کیفیت آب موجود در این مخازن می‌تواند بر کارایی علف‌کش‌ها تأثیر بگذارد. از عوامل کیفیت آب در این خصوص که بر جذب و انتقال برخی علف‌کش‌ها تأثیر می‌گذارند می‌توان به سختی آب، اسیدیته آب، میزان یون بی‌کربنات، کدورت آب، مواد آلی و سایر مواد موجود در آن اشاره داشت (۳، ۱۰، ۱۱، ۱۵ و ۱۷). واژه سختی آب هنگامی به کار می‌رود که آب حاوی مقادیر زیادی مواد حل شده به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار و استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: hajmohamadnia@um.ac.ir
۴- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی ایران، بخش تحقیقات علف‌های هرز

ویژه کلسیم و منیزیم باشد (۴ و ۱۵). پتروف (۲۷) آب را بر اساس سختی (قسمت در میلیون کربنات کلسیم موجود در آن) دسته‌بندی کرد: (آب نرم، ۷۵-۰؛ آب سخت متوسط، ۱۵۰- ۷۵؛ آب سخت، ۳۰۰-۱۵۰ و آب بسیار سخت، بیشتر از ۳۰۰ قسمت در میلیون کربنات کلسیم). بر این اساس، بیش از ۸۵ درصد آب‌های ایالات متحده آمریکا با مشکل سختی مواجه هستند (۱۴). تقابل بین علف‌کش‌ها و یون‌های محلول، به ویژگی شیمیایی علف‌کش، مقدار و نوع املاح موجود در مخزن سمپاش بستگی دارد. به طوری‌که، علف‌کش‌های مختلف ممکن است پاسخ متفاوتی به کاتیون‌های مشابه نشان دهند (۱۶).

در تحقیقی، نتایج بررسی جذب و انتقال علف‌کش‌های ستوکسیدم و کلتودیم تحت شرایط تغییرات سختی آب مخزن سمپاش نیز نشان داد که وجود سختی آب، مولکول‌های این علف‌کش‌ها را از هم گسسته و با یون‌های موجود در آب پیوند ایجاد نموده و در نتیجه، کارآیی آن‌ها کاهش یافت (۲). از طرفی، گونه‌های گیاهی ممکن است مقادیر متفاوتی از یون‌ها را در خود داشته باشند که در واکنش با سختی محلول علف‌کش یکسان عمل نکنند (۱۳ و ۱۹).

اگر آب نرم در دسترس نباشد، سورفاکتانت و مواد شیمیایی افزودنی مانند سولفات آمونیم (AMS)[1]، نیترات آمونیم (AMN)[2] و نیترات آمونیم- اوره[3] می‌توانند به مخلوط تانک سمپاشی اضافه شوند تا از تشکیل ترکیبات کاهش دهنده کارایی علف‌کش‌ها مانع گردند (۷). این ترکیبات بهبود دهنده‌ی آب، از اثرات نامطلوب یون‌های موجود در آب که بر کارایی علف‌کش‌ها تأثیر دارند، جلوگیری می‌کنند یا این اثرات را تخفیف می‌دهند (۲۰). مرور منابع مختلف نشان داد که ترکیبات آمونیم معمولا بر کارایی علف‌کش‌های پس رویشی اثر هم‌افزایی دارند. با این وجود، اثرات هم‌کاهی در اثر کاربرد آن‌ها نیز گزارش شده است (۱۸، ۲۲ و ۲۴). رایج‌ترین و کاربردی‌ترین نوع مواد بهبود دهنده آب، سولفات آمونیم است (۲۵ و ۳۱). کنترل علف جارو (*Kochia scoparia*) توسط نمک‌های سدیم بنتازون و اسی فلورفن با حضور کلریدکلسیم در مخزن سمپاش حالت هم‌کاهی نشان داد. کاربرد سولفات آمونیم به این اثر بازدارندگی غلبه کرد (۲۳). براون (۴) اظهار داشت که سولفات آمونیم بر فرم آمینی علف‌کش تو، فور- دی که به سختی آب حساس‌تر از فرم استری آن است، بی‌تأثیر است و برای رفع اثرات بازدارندگی آب‌های سخت در مورد این علف‌کش، بهتر است از فرم استری آن و یا از مویان‌های غیریونی به میزان ۰/۱ درصد بهره گرفت.

علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون از دو خانواده مختلف شیمیایی و محلول در آب هستند که علف‌های هرز سوروف (باریک برگ) و گاوپنبه (پهن برگ) با خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت در طیف کنترل این دو علف‌کش قرار می‌گیرند، بنابراین ویژگی‌های کیفیت محلول سم مانند حضور کربنات کلسیم می‌تواند اثرات قابل توجهی در کارایی آن‌ها داشته باشد (۷ و ۳۲)، ضمن این که رفع اثرات بازدارندگی سختی آب با افزودن ترکیبات نیتروژنه مانند سولفات آمونیم نیاز به آزمایش دارد. با توجه به مطالب مذکور، آزمایشات پایه‌ای با هدف بررسی تأثیر سولفات آمونیم بر بازدارندگی کربنات کلسیم موجود در آب مخزن سمپاش بر کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون روی علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه در شرایط گلخانه‌ای طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بذور علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه در سال ۱۳۸۸ از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد جمع‌آوری شدند. جهت بهبود جوانه‌زنی، بذور سوروف بعد از خراش‌دهی پوشش بذر با سمباده (۳۰)، به مدت ۳ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد قرار گرفتند و سپس دو بار با آب مقطر شستشو داده شدند. بذور علف هرز گاوپنبه نیز در آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه قرار گرفتند و سپس دو بار با آب مقطر شستشو داده شدند و در دمای آزمایشگاه خنک شدند (۲۹). بذور علف‌های هرز پس از انجام تیمار مذکور روی کاغذ صافی در داخل پتری‌دیش قرار داده شدند تا در دمای آزمایشگاه جوانه بزنند. با انجام تیمارهای مذکور، جوانه‌زنی بذور سوروف و گاوپنبه به بیش از ۹۰ درصد رسید. تعداد ۸ بذر جوانه‌دار علف هرز در گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر محتوی خاک مناسب (۱ قسمت ماسه، ۲ قسمت خاک مزرعه و ۱ قسمت خاکبرگ) در عمق مناسب کشت شده و بعد از سبز شدن، در مرحله‌ی یک برگ حقیقی به ۵ بوته تنک شدند. گلدان‌ها در گلخانه در شرایط ۱۶ ساعت روشنایی با نور طبیعی و تکمیلی (به کمک لامپ بخار سدیم) در دمای ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد، و ۸ ساعت تاریکی (دمای ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. آبیاری نیز برحسب نیاز گیاه از زیر گلدان‌ها انجام می‌گرفت. چهار آزمایش کیفیت آب به صورت فاکتوریل ۲×۶ در قالب طرح کاملا تصادفی با ۶ تکرار (به انضمام ۶ گلدان شاهد بدون سمپاشی) در گلخانه انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل ۶ سطح کربنات کلسیم (Merck, Germany) با مقادیر ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر آب دیونیزه (قسمت در میلیون) در ترکیب با مقادیر ۰ یا ۳ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم (Merck, Germany) بودند (۲) که به عنوان محلول سموم علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون به کار رفتند. گلایفوسیت و نیکوسولفورون به ترتیب در مقادیر ثابت ۱۵۸ و ۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار (با توجه به شاخص ED_{50}

1- Ammonium sulphate
2- Ammonium nitrate
3- Urea- ammonium nitrate

حاصل از آزمایش مقدماتی) (۱۲) به صورت پس‌رویشی در مرحله ۳ تا ۴ برگی علف‌های هرز (۲۱ و ۳۱)، توسط سمپاش متحرک ریلی مدل MATABI با نازل بادبزنی ۸۰۰۱ و میزان خروجی ۲۵۰ لیتر در هکتار و با فشار پاشش ۲۰۰KPa اعمال شدند. همچنین برای هیچ یک از علف‌کش‌ها از مویان استفاده نشد.

به منظور تعیین درجه تأثیر تیمارهای صورت گرفته، درصد بقاء (با استفاده از معادله ۱) (۹). ارتفاع بوته، سطح برگ (به کمک دستگاه LAM شرکت ΔT) و همچنین وزن خشک بخش هوایی تک بوته علف‌های هرز (با برداشت بخش هوایی گیاه از سطح خاک گلدان و خشک کردن نمونه‌ها در آون دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت و توزین با ترازوی دقیق ۰/۰۰۱ گرم) نسبت به شاهد بدون سمپاشی (درصد شاهد) در پایان هفته چهارم سنجیده شد.

(۱) [۱۰۰ × (تعداد بوته اولیه در هر گلدان/ تعداد گیاهان زنده مانده چهار هفته پس از سمپاشی) =درصد بقاء]

برای تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به تغییرات بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی علف‌های هرز (درصد شاهد) از تجزیه واریانس توسط نرم افزار MSTATC استفاده شد. با توجه به این که تبدیل داده‌های درصدی تأثیری بر نتایج آزمایش نداشت، بنابراین از داده‌های اصلی (تبدیل نشده) برای تجزیه وایانس استفاده شد. انجام مقایسات میانگین صفات مذکور نیز به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. با توجه به کمی بودن تیمارهای مورد آزمایش، برای توصیف واکنش متقابل افزودن مقادیر ۰ (AMS-) یا ۳ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم (AMS+) به مخزن سمپاش محتوی کربنات کلسیم بر صفات مذکور علف‌های هرز از روش تجزیه رگرسیون استفاده شد. بر اساس روند پراکنش داده‌ها، توابع شامل خطی (معادله ۲)، پلی نومیال درجه دو (معادله ۳) و پلی نومیال درجه سه (معادله ۴) بودند. برازش مدل‌های فوق و تجزیه رگرسیونی و رسم نمودارها به کمک نرم افزارهای EXCEL 2007 و SLIDWRITE 2.0 انجام شد.

$$Y=Y_0+aX \quad (۲)$$

$$Y=Y_0+aX+bX^2 \quad (۳)$$

$$Y=Y_0+aX+bX^2+cX^3 \quad (۴)$$

در این معادلات، Y صفت مورد نظر؛ Y_0 عرض از مبدأ؛ X غلظت کربنات کلسیم در ترکیب با مقادیر ۰ یا ۳ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم؛ a، b و c نیز به ترتیب شیب خط برای جزء خطی، درجه دو و درجه سه معادله هستند.

نتایج و بحث

علف‌کش نیکوسولفورون

نتایج آزمایش نشان داد که تغییرات غلظت کربنات کلسیم، غلظت سولفات آمونیم و همچنین واکنش متقابل آن‌ها در محلول سم علف‌کش نیکوسولفورون، کارایی آن را در کنترل علف‌های هرز به طور معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر قرار داد. به طوری‌که با افزایش غلظت کربنات کلسیم در مخزن این علف‌کش درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی (درصد شاهد) سوروف و گاوپنبه در آزمایش‌های جداگانه افزایش یافت. به خاطر تجزیه و تحلیل علف‌های هرز در آزمایش‌های جداگانه، انجام مقایسات مستقیم بین آن‌ها مقدور نبود. با وجود این، چون صفات اندازه‌گیری شده آن‌ها بر اساس درصد نسبت به شاهد مربوطه (بدون سمپاشی) محاسبه شده است (جدول ۱)، داده‌های آن‌ها برای مقایسه در کنار قرار گرفته است (۲۳). بالاترین غلظت کربنات کلسیم در این آزمایش (۵۰۰ قسمت در میلیون) درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی سوروف (درصد شاهد) را در مقایسه با غلظت صفر آن به ترتیب ۸۹، ۲۱، ۱۰ و ۱۶ درصد افزایش داد. این افزایش در شرایط مذکور برای علف هرز گاوپنبه به ترتیب ۸۶، ۴۰، ۳۹ و ۵۰ درصد بود. بنابراین در مقایسه ضمنی بین دو علف هرز، حضور یون کلسیم در محلول علف‌کش نیکوسولفورون بازدارندگی بیشتری روی کنترل گاوپنبه نشان داده است (جدول ۱).

در همین راستا، حساسیت علف‌کش نیکوسولفورون در برابر سختی آب موجود در مخزن سمپاش در تحقیقی مورد بررسی قرار گرفت و ثابت شد که کارایی نیکوسولفورون به تغییرات سختی آب متوسط بود (۱۶). نالیواجا و همکاران (۲۴) در تحقیقی با بررسی تأثیر ترکیبات مختلف کلسیم از جمله $CaCO_3$ (۰/۰۲ مول) در آب به عنوان حلال علف‌کش نیکوسولفورون (کاربرد ۱۵ گرم ماده مؤثره در هکتار با حجم ۱۶۰ لیتر در هکتار) در تقابل با هفت نوع سورفکتانت روی کنترل علف انگشتی (*Digitaria sanguinalis* L.) در شرایط گلخانه، دریافتند که کربنات کلسیم در واکنش با سورفکتانت‌ها به طور میانگین حدود ۸ درصد سمیت نیکوسولفورون را کاهش داد.

افزودن سولفات آمونیم (AMS+) به محلول سم در این آزمایش، اثرات بازدارنده‌ی کربنات کلسیم آب را کاهش داد و تأثیر علف‌کش نیکوسولفورون را در کنترل علف‌های هرز بهبود بخشید. جالب آن که افزایش کارایی علف‌کش روی برخی از صفات علف هرز حتی در شرایط نبودن کربنات کلسیم نیز با افزودن AMS+ افزایش نشان داد (شکل ۱). شکل ۱ روند تغییرات صفات اندازه‌گیری شده علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه در واکنش به افزایش غلظت کربنات کلسیم در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون را در حضور سولفات آمونیم (AMS+) و یا عدم حضور سولفات آمونیم (AMS-) نشان می‌دهد. همان طوری که ملاحظه می‌شود با افزایش تدریجی غلظت کربنات کلسیم، تأثیر افزودن مقدار ثابت سولفات آمونیم (AMS+) به محلول سمپاش بر کارایی علف‌کش نیکوسولفورون بیشتر شده است. اگر چه در برخی صفات مربوط به علف‌هرز گاوپنبه، اضافه کردن AMS+ تأثیر کمی بر رفع بازدارندگی کربنات کلسیم در غلظت‌های بالاتر داشته است.

جدول ۱- اثر تغییرات غلظت کربنات کلسیم آب در مخزن سمپاش علف‌کش نیکوسولفورون بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌های هرز در شرایط گلخانه

Table 1- The effect of water CaCO3 variations in nicosulfuron spray tank on weeds measured traits at green house conditions

غلظت کربنات کلسیم (قسمت در میلیون) CaCO3 (ppm)	وزن خشک اندام هوایی (٪ شاهد) Shoot dry w. (% control)		سطح برگ (٪ شاهد) Leaf area (% control)		ارتفاع بوته (٪ شاهد) Height (% control)		بقاء (٪ شاهد) Survival (% control)	
	گاوپنبه Velv.	سوروف Barn.	گاوپنبه Velv.	سوروف Barn.	گاوپنبه Velv.	سوروف Barn.	گاوپنبه Velv.	سوروف Barn.
0	5.65 f[1]	2.27 d	8.51 f	2.91 f	29.49 f	10.94 f	13.75 d	3.33 f
100	16.10 e	2.85 d	19.15 e	3.75 e	38.46 e	15.37 e	58.75 c	6.25 e
200	32.84 d	3.75 d	28.79 d	4.48 d	50.51 d	19.27 d	88.33 b	21.67 d
300	36.77 c	5.61 c	33.30 c	5.04 c	57.95 c	23.18 c	100.0 a	37.92 c
400	39.65 b	9.41 b	35.69 b	11.21 b	64.61 b	28.39 b	100.0 a	72.08 b
500	56.48 a	17.83 a	47.20 a	13.17 a	69.49 a	32.29 a	100.0 a	91.67 a
خطای استاندارد SE	0.56	0.59	0.25	0.12	0.80	0.61	0.87	0.90

[1] میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند

[1]Means in every column that followed by the same letter are not significantly different (P<0.05) based on Duncans' test
Barn.= Barnyardgrass, Velv.= Velvetleaf .

به عنوان مثال، کاربرد AMS+ نتوانست بقاء گاوپنبه را در حضور غلظت ۳۰۰ قسمت در میلیون و بیشتر کربنات کلسیم در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون کاهش دهد. همچنین در بالاترین غلظت کربنات کلسیم در آب (۵۰۰ پی پی ام)، کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار AMS+ در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون ۲۱ درصد وزن خشک اندام هوایی سوروف را نسبت به شاهد کاهش داد، در صورتی که برای علف هرز گاوپنبه این کاهش غیرمعنی‌دار و حدود ۲ درصد بیشتر نبود (شکل ۱).

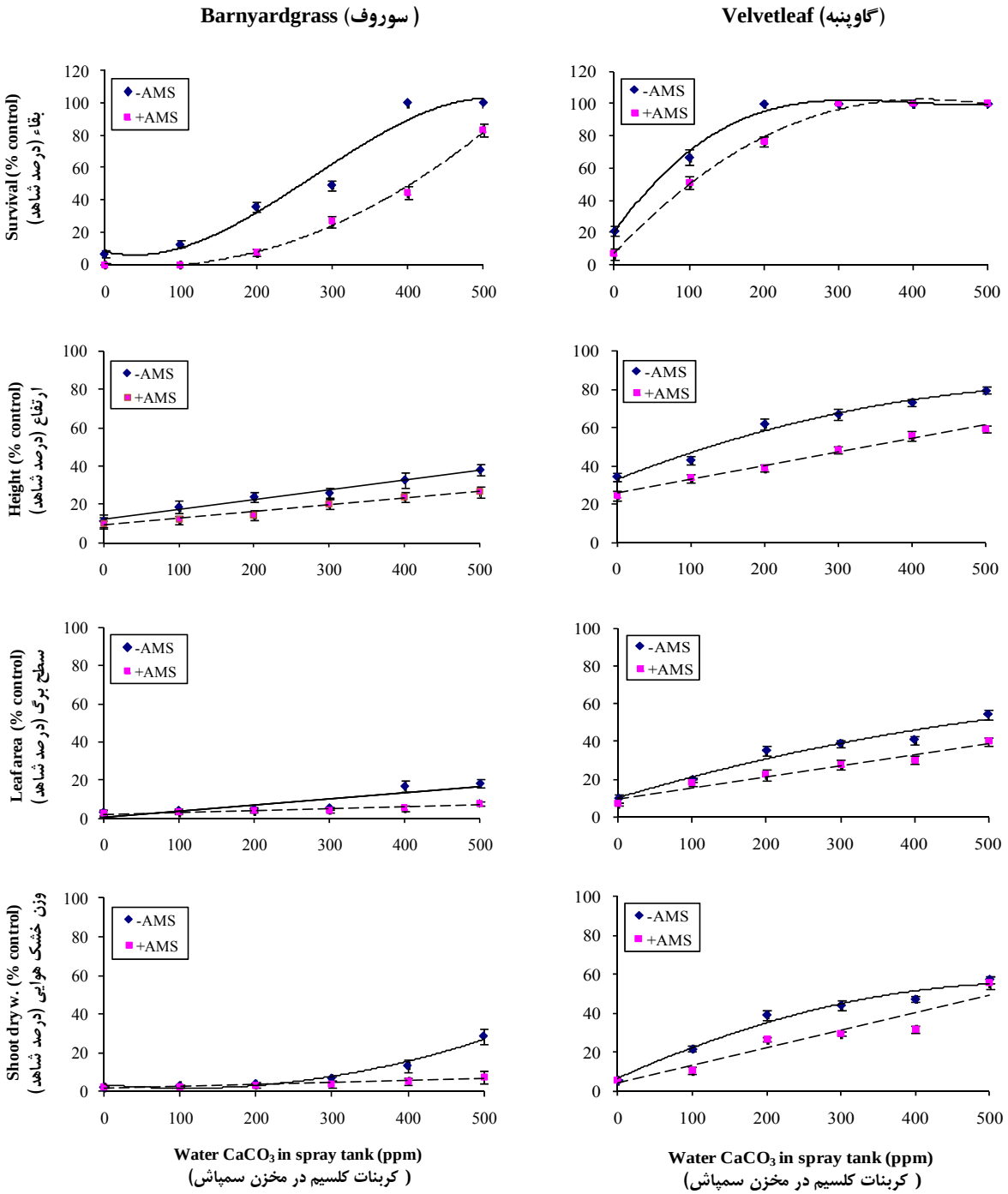
جدول ۲- پارامترهای معادلات ۲، ۳ و ٤ مربوط به برهمکنش مقادیر کربنات کلسیم و سولفات آمونیم (AMS) در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون بر صفات اندازه‌گیری شده علف هرز سوروف

Table 2- Parameters of 2, 3 and 4 equations regarding the interaction of CaCO3 concentration and Ammonium sulphate (AMS) in nicosulfuron spray tank on barnyardgrass measured traits

پارامترها Parameters	(Y_0)	(a)	(b)	(c)	ضریب تبیین R^2
بقاء Survival					
-AMS	8.06^{*} (1.65)[1]	-0.112^{*} (0.055)	0.001^{*} (0.0002)	$2e^{-4\ ns}$ ($1e^{-6}$)	0.96^{**}
+AMS	038^{ns} (0.21)	-0.048^{*} (0.005)	0.001^{*} (0.0001)	--	0.99^{**}
ارتفاع بوته Height					
-AMS	12.52^{**} (3.25)	0.050^{**} (0.013)	--	--	0.98^{**}
+AMS	9.23^{*} (2.01)	0.035^{**} (0.009)	--	--	0.97^{**}
سطح برگ Leaf area					
-AMS	0.669^{*} (0.19)	0.032^{**} (0.01)	--	--	0.89^{*}
+AMS	2.24^{**} (0.98)	0.009^{*} (0.002)	--	--	0.90^{**}
وزن خشک هوایی Shoot d. w.					
-AMS	3.64^{*} (1.25)	0.036^{**} (0.013)	0.002^{*} (0.0001)	--	0.97^{**}
+AMS	1.58^{*} (0.42)	0.010^{*} (0.004)	--	--	0.94^{**}

[1] اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد است. *، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌داری

[1] Figures in parentheses are standard error. *, ** & ns are significant at level of 5%, 1% and non significant, respectively



شکل ۱- مقایسه رگرسیون صفات اندازه‌گیری شده در علف‌های هرز به تغییرات غلظت کربنات کلسیم آب در مخزن نیکوسولفورون (کاربرد ۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) در واکنش به افزودن ۰ (AMS-) یا ۳ (AMS+) کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم (بارها، خطای استانداردند)

Figure 1- Comparison of the regression of weeds measured traits to water $CaCO_3$ variations in nicosulforon (22 g ai ha^{-1}) spray tank in response to adding 0 (-AMS)/ 3 (+AMS) kg ha^{-1} $(NH4)_2SO4$ (bars are SE)

جدول ۳- پارامترهای معادلات ۲، ۳ و ٤ مربوط به برهمکنش مقادیر کربنات کلسیم و سولفات آمونیم (AMS) در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون بر صفات اندازه گیری شده علف هرز گاوپنبه

Table 3- Parameters of 2, 3 and 4 equations regarding the interaction of CaCO3 concentration and Ammonium sulphate (AMS) in nicosulfuron spray tank on velvetleaf measured traits

پارامترها Parameters	(Y_0)	(a)	(b)	(c)	ضریب تبیین R^2
بقاء Survival					
-AMS	19.73** (8.55)[1]	0.671** (0.093)	0.01** (0.001)	$2e^{-4}$ ns ($2e^{-6}$)	0.99 **
+AMS	6.72* (3.01)	0.508** (0.187)	0.001ns (0.0001)	$-3e^{-4}$ * ($2e^{-7}$)	0.99 **
ارتفاع بوته Height					
-AMS	33.13** (7.25)	0.149** (0.033)	0.001ns (0.0001)	--	0.98 **
+AMS	25.73** (10.31)	0.071* (0.019)	--	--	0.98 **
سطح برگ Leaf area					
-AMS	10.29* (4.85)	0.115** (0.018)	$-6e^{-4}$ ns ($2e^{-5}$)	--	0.95 **
+AMS	9.71** (2.38)	0.058* (0.009)	--	--	0.96 **
وزن خشک هوایی Shoot d. w.					
-AMS	6.49* (2.85)	0.174** (0.023)	0.001ns (0.0001)	--	0.97 **
+AMS	3.89ns (2.21)	0.091** (0.015)	--	--	0.91 **

[1] اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد است. *، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌داری

[1] Figures in parentheses are standard error. *, ** & ns are significant at level of 5%, 1% and non significant, respectively

در همین راستا، گرین و کاهیل (۱۰) نتیجه گرفتند که افزودن ۲ درصد سولفات آمونیم با افزایش دادن pH محلول علف‌کش نیکوسولفورون از ۴/۶ به ۴/۷، حلالیت علف‌کش را از ۱۲ درصد به ۱۶ درصد افزایش داد و در نتیجه کارایی علف‌کش نیکوسولفورون را در تیمار علف انگشتی بهبود بخشید. افزودن سولفات آمونیم به محلول علف‌کش نیکوسولفورون فاقد یون کلسیم در آزمایش این محققین، افزایش تأثیر علف‌کش روی علف هرز انگشتی و علف هرز توق (*Xanthium strumarium* L.) را نیز باعث شد (۱۰). در تحقیقی دیگری کارایی علف‌کش ستوکسیدیم روی یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) با اضافه کردن سولفات آمونیم به مخزن سمپاش افزایش نشان داد. با استفاده از تکنیک کربن نشاندار (^{14}C)، دلیل افزایش کارایی ستوکسیدیم پس از افزودن سولفات آمونیم، به جذب بیشتر علف‌کش (حدود دو برابر) در این گیاهان ارتباط داده شد (۲۸). اونز (۲۵) نیز گزارش کرد که سمیت علف‌کش بنتازون و علف‌کش اسی فلورفن روی علف هرز گاوپنبه توسط ادجوانت نمک آمونیم افزایش یافت.

علف‌کش گلایفوسیت

بر اساس نتایج آزمایش، کنترل علف‌های هرز به شکل معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر تغییرات غلظت کربنات کلسیم موجود در مخزن علف‌کش گلایفوسیت قرار گرفت. به طوری‌که با افزایش غلظت کربنات کلسیم در مخزن این علف‌کش بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی سوروف و گاوپنبه (درصد شاهد) در آزمایش‌های جداگانه افزایش یافت و در نتیجه کنترل آن‌ها کاهش یافت (جدول ۴). ولی این افزایش هم کاهی در علف‌کش گلایفوسیت با افزایش غلظت کربنات کلسیم آب در کنترل علف هرز سوروف بیش از علف هرز گاوپنبه مشهود بود. به طوری‌که بالاترین سطح کربنات کلسیم در محلول علف‌کش گلایفوسیت در این آزمایش (۵۰۰ قسمت در میلیون) درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی سوروف (درصد شاهد) را در مقایسه با آب خالص (غلظت صفر کربنات کلسیم) به ترتیب ۹۱، ۴۶، ۷۷ و ۷۸ درصد افزایش داد. این افزایش در شرایط مذکور برای علف هرز گاوپنبه به ترتیب ۸۹، ۴۳، ۵۴ و ۵۱ درصد بود (جدول ۴).

در آب‌های سخت یون‌های کلسیم، منیزیم، آهن یا سدیم با مولکول‌های علف‌کش گلایفوسیت تشکیل کمپلکسی می‌دهند و از ترکیب ماده مؤثره این علف‌کش با آنزیم EPSPS[1] جلوگیری می‌کنند و در نتیجه با کاهش جذب، کارایی علف‌کش کاهش می‌یابد (۲). در همین راستا، بوهلر و برنساید (۵) نیز با بررسی تغییرات کیفیت آب در مخزن علف‌کش گلایفوسیت روی کنترل یولاف نتیجه گرفتند که افزایش یون کلسیم به صورت نمک $CaCl_2$ تا ۲ میلی‌مول، تأثیری بر کارایی گلایفوسیت (۴۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار با حجم سمپاشی ۱۹۰ لیتر در هکتار) نداشت، اما با افزایش غلظت آن تا ۸ میلی‌مول، سمیت گلایفوسیت به شکل محسوسی کاهش یافت. به طوری‌که کاهش زیست توده یولاف از ۸۰ درصد به کمتر از۲۰ درصد رسید. در تحقیق دیگری، کاربرد منیزیم ۳ روز قبل از سمپاشی با گلایفوسیت، جذب و انتقال و در نتیجه کارایی این علف‌کش را در رابطه با کنترل گاوپنبه کاهش داد که این امر به دلیل رابطه هم کاهی یون منیزیم با علف‌کش گلایفوسیت بیان شده است (۳).

1- 5-Enolpyruvyl-shikimate acid-3-phosphate synthase

جدول ٤- اثر تغییرات غلظت کربنات کلسیم آب در مخزن سمپاش علف‌کش گلایفوسیت بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌های هرز در شرایط گلخانه

Table 4- The effect of water CaCO3 variations in glyphosate spray tank on weeds measured traits at green house conditions

غلظت کربنات کلسیم (قسمت در میلیون) CaCO3 (ppm)	وزن خشک اندام هوایی (٪ شاهد) Shoot dry w. (% control)		سطح برگ (٪ شاهد) Leaf area (% control)		ارتفاع بوته (٪ شاهد) Height (% control)		بقاء (٪ شاهد) Survival (% control)	
	گاوپنبه Velv.	سوروف Barn.	گاوپنبه Velv.	سوروف Barn.	گاوپنبه Velv.	سوروف Barn.	گاوپنبه Velv.	سوروف Barn.
0	4.89 f[1]	2.19 f	4.96 d	5.84 f	30.77 f	12.50 f	6.67 f	8.75 e
100	18.83 e	15.39 e	7.12 d	15.14 e	38.46 e	29.17 e	37.92 e	66.67 d
200	34.65 d	26.68 d	29.52 c	32.56 d	49.23 d	40.37 d	60.83 d	89.58 c
300	39.09 c	34.51 c	29.63 c	52.79 c	56.92 c	49.22 c	64.58 c	96.67 b
400	47.53 b	61.48 b	42.52 b	63.40 b	64.87 b	55.21 b	73.75 b	100.0 a
500	55.85 a	80.05 a	58.83 a	83.25 a	73.59 a	58.33 a	95.83 a	100.0 a
SE خطای استاندارد	0.72	0.79	1.94	0.37	0.85	0.68	1.21	0.99

[1] میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی داری در سطح ٥٪ ندارند

[1]Means in every column that followed by the same letter are not significantly different (P<0.05) based on Duncans' test

Barn.= Barnyardgrass, Velv.= Velvetleaf

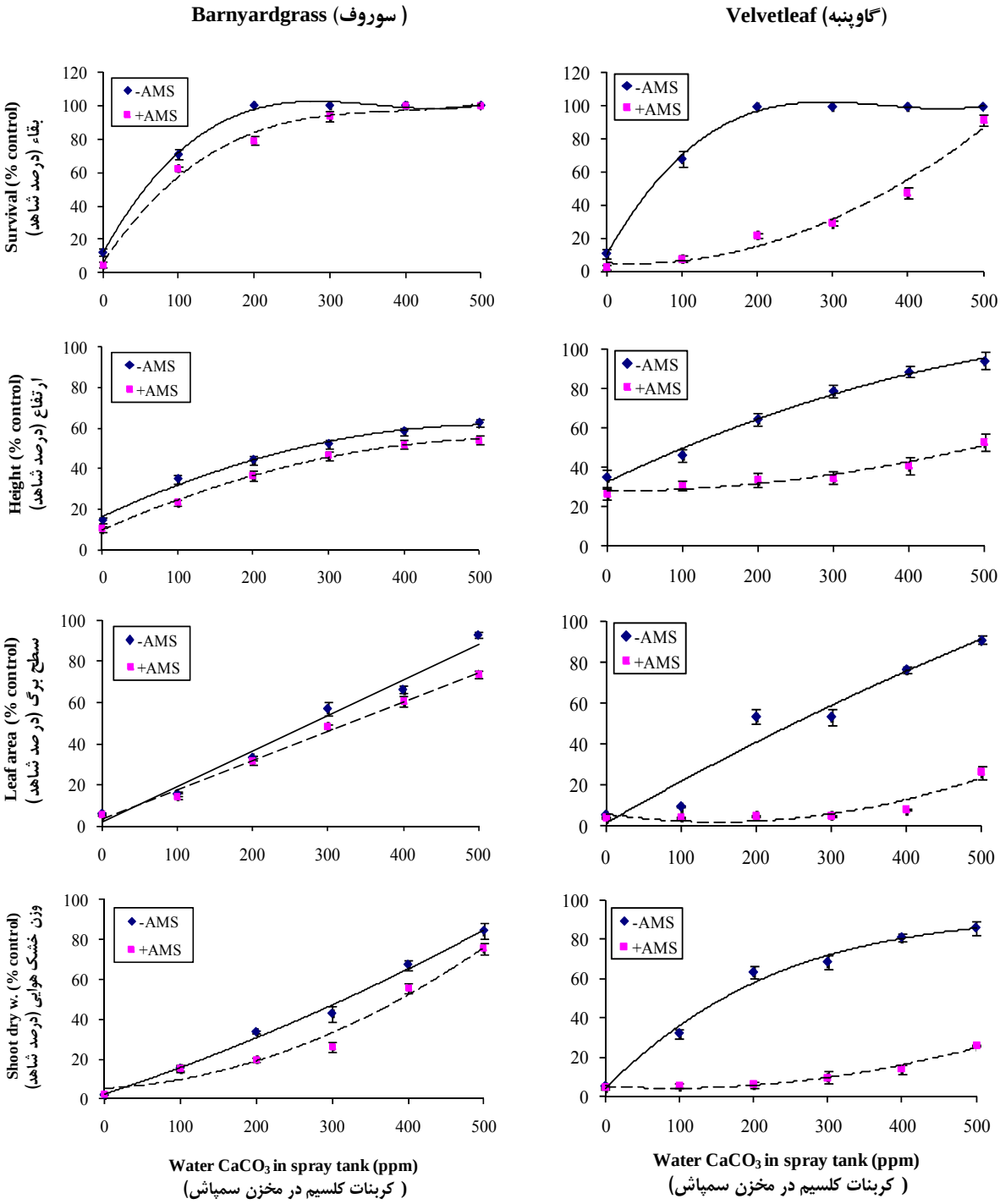
نتایج برهمکنش غلظت کربنات کلسیم با سولفات آمونیم در مخزن علف‌کش گلایفوسیت که در شکل ۲ آمده است نشان داد که کاربرد سولفات آمونیم (AMS+) کارایی کنترل علف‌های هرز را افزایش داد (P≤۰/۰۱). به طوری‌که کاهش اثرات هم‌کاهی ناشی از بالاترین غلظت کربنات کلسیم (۵۰۰ قسمت در میلیون) در این آزمایش نیز با کاربرد AMS+ مشاهده شد. ولی این تأثیر در کنترل علف هرز گاوپنبه، در مقایسه با علف هرز سوروف، مؤثرتر بود. به عنوان مثال، افزودن ۳ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم (AMS+) به محلول گلایفوسیت محتوی ۵۰۰ قسمت در میلیون کربنات کلسیم در مقایسه با عدم کاربرد آن (AMS-) در این آزمایش بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی سوروف (درصد شاهد) را به ترتیب صفر، ۸، ۱۹ و ۸ درصد کاهش داد، در حالی‌که این کاهش تحت این شرایط برای علف هرز گاوپنبه به ترتیب ۲۰، ۴۱، ۶۴ و ۶۰ درصد بود (شکل ۲).

در خصوص علف‌کش گلایفوسیت مشخص شده که یون آمونیم ($NH4^+$) حاصل از سولفات آمونیوم با برقراری پیوند با مولکول‌های گلایفوسیت باعث تشکیل فرم «گلایفوسیت-$NH4^+$» می‌شود که حلالیت بیشتری دارد و سریع‌تر جذب می‌شود، در نتیجه جذب و انتقال علف‌کش بهتر صورت می‌گیرد (۲۶). در آزمایش مویلر و همکاران (۲۲)، حضور یون‌های کلسیم و منیزیم با غلظت ۲۵۰ پی پی ام کارایی سه نوع نمک گلایفوسیت را کاهش داد، اما افزودن ۲ درصد وزنی سولفات آمونیم به مخزن سمپاش بر بازدارندگی یون‌ها غلبه کرد. آلادسانوا و اولادیمجی (۱) نیز با انجام تحقیقی در نیجریه نشان دادند که کاربرد علف‌کش گلایفوسیت به همراه سولفات آمونیم باعث کنترل بهتر علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ در باغ‌های نخل روغنی (*Elaeis guineensis*) شد. این محققین نتیجه گرفتند که با افزایش میزان سولفات آمونیم، تراکم علف‌های هرز، وزن تر و وزن خشک آن‌ها نیز کاهش بیشتری نشان داد.

در خصوص تفاوت بین گونه‌های گیاهی، آتلند (۲) اظهار داشت بعضی گیاهان نظیر گاوپنبه و بیدگیاه (*Agropyrum repens*) دارای سطوح بالایی از کلسیم در فضای داخل سلولی هستند که جذب و انتقال علف‌کش گلایفوسیت در این گیاهان به دلیل وجود یون کلسیم به شدت کاهش یافت. در آزمایشی دیگری که تأثیر سولفات آمونیم در جذب و انتقال علف‌کش گلوفوسینیت در چند علف هرز مورد بررسی قرار گرفت، مشخص شد که علف هرز گاوپنبه با دارا بودن ۳/۱ درصد کلسیم در برگ به افزودن سولفات آمونیم در مخزن علف-کش پاسخ مثبت داد، در حالی‌که علف هرز سلمه تره (*Chenopodium album*) با داشتن تنها ۱ درصد کلسیم در برگ به این ترکیب پاسخ نداد (۱۹).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش غلظت کربنات کلسیم در محلول سموم علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون، کارایی آن‌ها را به صورت معنی‌داری (P≤۰/۰۱) تحت تأثیر قرار داد. به طوری‌که با افزایش کربنات کلسیم در مخزن این علف‌کش‌ها، بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی (درصد شاهد) علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه افزایش یافت. تأثیر هم‌کاهی یون کلسیم موجود در محلول علف‌کش‌ها در کنترل علف-های هرز مشابه نبود، به طوری‌که اثر بازدارندگی سختی آب موجود در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون روی علف هرز گاوپنبه بیش از سوروف مشهود بود، ولی برای گلایفوسیت نتیجه معکوس شد.



شکل ۲- مقایسه رگرسیون صفات اندازه‌گیری شده در علف‌های هرز به تغییرات غلظت کربنات کلسیم آب در مخزن گلایفوسیت (کاربرد ۱۵۸ گرم ماده مؤثره در هکتار) در واکنش به افزودن ۰ (AMS-) یا ۳ (AMS+) کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم (بارها، خطای استانداردند)

Figure 2- Comparison of the regression of weeds measured traits to water CaCO3 variations in glyphosate (158 g ai ha^{-1}) spray tank in response to adding 0 (-AMS)/ 3 (+AMS) kg ha^{-1} $(NH4)_2SO4$ (bars are SE)

جدول ۵- پارامترهای معادلات ۲، ۳ و ٤ مربوط به برهمکنش مقادیر کربنات کلسیم و سولفات آمونیم (AMS) در مخزن علف‌کش گلایفوسیت بر صفات اندازه‌گیری شده علف هرز سوروف

Table 5- Parameters of 2, 3 and 4 equations regarding the interaction of CaCO3 concentration and Ammonium sulphate (AMS) in glyphosate spray tank on barnyardgrass measured traits

پارامترها Parameters	(Y_0)	(a)	(b)	(c)	ضریب تبیین R^2
بقاء Survival					
-AMS	12.26^{**} (3.65)[1]	0.810^{**} (0.095)	0.002^{*} (0.0004)	$e^{-5\ ns}$ ($6e^{-6}$)	0.99^{**}
+AMS	6.53^{*} (2.01)	0.662^{**} (0.128)	0.001^{*} (0.0003)	$e^{-4\ ns}$ ($9e^{-6}$)	0.99^{**}
ارتفاع بوته Height					
-AMS	16.20^{**} (4.25)	0.174^{*} (0.043)	0.001^{ns} (0.0001)	--	0.99^{**}
+AMS	9.69^{*} (2.01)	0.164^{**} (0.090)	0.001^{ns} (0.0001)	--	0.99^{**}
سطح برگ Leaf area					
-AMS	1.70 ns (1.01)	0.173** (0.031)	--	--	0.98 **
+AMS	3.75* (0.78)	0.141* (0.050)	--	--	0.99 **
وزن خشک هوایی Shoot d. w.					
-AMS	2.29^{ns} (1.09)	0.125^{**} (0.023)	-4e-4 ^{ns} (6e-5)	--	0.99^{**}
+AMS	5.31^{**} (1.02)	0.020^{*} (0.007)	0.002^{*} (0.0001)	--	0.97^{**}

[1] اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد است. *، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌داری

[1] Figures in parentheses are standard error. *, ** & ns are significant at level of 5%, 1% and non significant, respectively

جدول ٦- پارامترهای معادلات ۲، ۳ و ٤ مربوط به برهمکنش مقادیر کربنات کلسیم و سولفات آمونیم (AMS) در مخزن علف‌کش گلایفوسیت بر صفات اندازه‌گیری شده علف هرز گاوپنبه

Table 6- Parameters of 2, 3 and 4 equations regarding the interaction of CaCO3 concentration and Ammonium sulphate (AMS) in glyphosate spray tank on velvetleaf measured traits

پارامترها Parameters	(Y_0)	(a)	(b)	(c)	ضریب تبیین R^2
بقاء Survival					
-AMS	10.34^{**} (2.55)[1]	0.808^{**} (0.073)	0.002^{*} (0.0003)	$e^{-5\ ns}$ ($1e^{-6}$)	0.99^{**}
+AMS	5.03^{*} (2.01)	0.025^{*} (0.007)	0.001^{ns} (0.0001)	--	0.97^{**}
ارتفاع بوته Height					
-AMS	32.80^{**} (7.25)	0.181^{*} (0.043)	0.001^{ns} (0.0001)	--	0.99^{**}
+AMS	28.08^{**} (6.31)	0.001^{*} (0.0006)	$9e^{-5\ ns}$ ($4e^{-6}$)	--	0.95^{**}
سطح برگ Leaf area					
-AMS	1.69^{ns} (1.15)	0.208^{**} (0.028)	$-6e^{-5\ ns}$ ($4e^{-6}$)	--	0.94^{**}
+AMS	6.06^{*} (2.38)	0.052^{**} (0.004)	0.001^{ns} (0.0001)	--	0.87^{*}
وزن خشک هوایی Shoot d. w.					
-AMS	5.44^{*} (2.85)	0.323^{**} (0.053)	0.003^{*} (0.0001)	--	0.98^{**}
+AMS	5.31^{*} (2.32)	0.022^{**} (0.004)	0.001^{ns} (0.0001)	--	0.97^{**}

[1] اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد است. *، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌داری

[1] Figures in parentheses are standard error. *, ** & ns are significant at level of 5%, 1% and non significant, respectively

افزودن سولفات آمونیم (AMS+) به عنوان یک ترکیب تعدیل کننده‌ی سختی آب به مخزن سمپاش در این آزمایش، اثرات بازدارنده‌ی کربنات کلسیم آب را کاهش داد و تأثیر علف‌کش‌ها را بهبود بخشید، ولی این افزایش کارایی ناشی از افزودن سولفات آمونیم به مخزن سمپاش در علف‌کش گلایفوسیت روی علف هرز گاوپنبه شاخص‌تر بود. نتایج این آزمایش، تأثیر افزودن سولفات آمونیم در بهبود هم کاهی کربنات کلسیم موجود در محلول علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون بر کنترل علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه را مورد تأیید قرار داد.

منابع

1- Aladesanwa R.D., and Oladimeji M.O. 2005. Optimizing herbicidal efficacy of glyphosate isopropylamine salt through ammonium sulphate as surfactant in oil palm plantation in a rainforest area of Nigeria. Crop Protection, 24: 1068-1073.
2- Altland J. 2001. Water quality affects herbicide efficacy. Available at www.oregonstate.edu. (visited 22 February 2008)
3- Bernards M.L., Thelen K.D., and Penne D. 2005. Glyphosate efficacy is antagonized by manganese. Weed Technology, 19: 27-34.
4- Brown K. 2006. Environmental impact on herbicide performance. Manitoba Agriculture and Food, Pp. 440-443.
5- Buhler D.D., and Burnside O.C. 1983. Effect of water quality, carrier volume, and acid on glyphosate phytotoxicity. Weed Science, 31: 163-169.
6- Burgess P. 2003. Quality of pesticide spray water. Available at www.agrapoint.ca. (visited 5 August 2009)
7- Caldwell J. 2007. Hard water can hinder chemical efficacy. Agriculture Online News and Features Editor.
8- Davis J.S. 1996. Integrated weed control in vegetable crops. In Proccedings Crop Protection in Northern Britian, Madison. Pp. 938.
9- Gherekhloo J. 2008. Tracing resistant *Phalaris minor* populations and studying their resistance mechanisms to Aryloxyphenoxy propionate herbicides in Fars and Golestan wheat field. Ph. D Thesis. Ferdowsi University of Mashhad.
10- Green J. M., and Cahill W.R. 2003. Enhancing the biological activity of nicosulfuron whit pH adjusters. Weed Technology, 17: 338-345.
11- Green J.M., and Hale T. 2005. Increasing and decreasing pH to enhance the biological activity of nicosulfuron. Weed Technology, 19:468-475. 16.
12- Hajmohammadnia Ghalibaf K., Rashed Mohassel M.H., Nassiri Mahallati M., and Zand E. 2011. Dose response of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus.) to glyphosate and nicosulfuron under greenhouse conditions. Journal of Plant Protection, 25(2): 202-213. (in Persian with English abstract)
13- Hall G.J., Hart C.A., and Jones C.A. 1999. Twenty-five years of increasing glyphosate use: the opportunities ahead. Pest Management Science, 56: 351-358.
14- Heidekamp A.J., and Lemley A.T. 2005. Hard water. Water quality program, College of human ecology, Cornell University.
15- Holm F.A., and Henry J.L. 2005. Water quality and herbicides. Available at www.gov.sk.ca. (visited 18 October 2009)
16- Istvan D., and Endre M. 2009. Efficacy of herbicides influenced by spray carrier water pH and hardness. Journal of Agricultural Science. Debrecen. Pp. 141-146.
17- Jabbari H., and Zand E. 2006. Water quality is effective factor in improvement herbicides performance. Proceeding The First Conference of Environmental Engineering. Tehran.
18- Khan Z., and Thiem L.T. 2006. Optimizing coagulation and direct filtration processes for low turbidity, low temperature waters. Electron. Journal of Environment and Agriculture Food Chemistry, 5(3): 1395-1406.
19- Maschhoff J.R., Hart S.E., and Bladwin J.L. 2000. Effect of ammonium sulfate on the efficacy, absorption, and translocation of glufosinate. Weed Science, 48: 2-6.
20- Mcmullan P. 2000. Utility adjuvants. Weed Technology, 14: 792-797.
21- Mekki M., and Leroux G.D. 1994. Activity of nicosulfuron, rimsulfuron, and their mixture on field corn (*Zea mays*), soybean (*Glycine max*), and seven weed species. Weed Technology, 8: 436-440.
22- Mueller T.C., Main C.L., Thompson M.A., and Steckel L.E. 2006. Comparison of glyphosate salts (Isopropylamine, Demonism, and Potassium) and calcium and magnesium concentration on the control of various weeds. Weed Technology, 20: 164-171.
23- Nalewaja J.D., and Matysiak R. 1993. Spray carrier salts affect herbicide toxicity to kochia (*Kochia scoparia*). Weed Technology, 7: 154-158.
24- Nalewaja J.D., Praczyk T., and Matysiak R. 1995. Salts and surfactants influence nicosulfuron activity. Weed Technology, 9: 587-593.
25- Owens M.D.K. 1986. Evaluation of additives and rates of application for herbicides applied to soybean. North Cent. Weed Control Conf. Res. Rep., 43: 416-417.
26- Penner D. 2000. Activator adjuvants. Weed Technol., 14: 785-791.
27- Petroff R. 2000. Water quality and pesticide performance. Available at www.scarab.msu.montana.edu. (visited 16 January 2010)
28- Smith A.M., and Vanden Born W.H. 1992. Ammonium sulfate increases efficacy of sethoxtdim through increased

absorption and translocation. Weed Science, 40: 351-358.
29- Steinbauer G.P., and Grigsby B. 1959. Methods of obtaining field and laboratory germination of seeds of bindweeds, lady's thumb and velvetleaf. Weeds, 7: 41-46.
30- Sung S.S., Leather G.L., and Hale M.G. 1987. Development and germination of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) seeds. Weed Science, 35: 211-215.
31- Terra B.R.M., Martiny A.R., and Lindquistz J.L. 2007. Corn-velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference is affected by sublethal doses of postemergence herbicides. Weed Science, 55: 491-496. 37.
32- Zand E., Nosrati I., Hajmohammadnia Ghalibaf K., and Jabbari H. 2014. Water quality effect on herbicides performance. p. 385-414. In Zand E., Mousavi S.K. and Heidari A. 2014. Herbicides and their applications (2nd edition by fundamental changes). Jahade Daneshgahi Mashhad Press. 552p.