نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۵۶۱-۵۵۳

Journal of Plant Protection
Vol. 30, No. 4, Winter 2017, P. 553-561

کاهش اثر منفی حامل آب سخت بر کارایی توفوردی+ ام سی پی آ به وسیله سولفات آمونیوم

سید حسین ترابی[۱*]- محمد بازوبندی[۲]- احمد رجبی[۳]- محمد حسن هادی زاده[۴]- احسان ترابی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۶

چکیده

تأثیر کاربرد ماده افزودنی به‌منظور مدیریت اثر حامل آب سخت بر علف‌کش توفوردی+ ام سی پی آ در بهار و تابستان ۱۳۹۲ در یک زمین چمن مخلوط ۱۰ ساله اقلیم سرد آلوده به شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) در مشهد در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بررسی شد. فاکتور اول شامل سختی‌های صفر (آب نرم)، ۴۵، ۹۰ و ۱۸۰ ppm (Mg^{2+} + Ca^{2+}) و فاکتور دوم مقادیر صفر، دو، سه، و چهار درصد سولفات آمونیوم در آب حامل علف‌کش بود. تراکم و وزن خشک شبدر و چمن اندازه‌گیری شد. تمام سطوح سختی آب سبب کاهش کارایی علف‌کش روی شبدر شد. سولفات آمونیوم به تنهایی تأثیری بر سمیت آن نداشت بلکه در مواجهه با سختی نقش ضد آنتاگونیستی خود را ایفا نمود و اثر آنتاگونیستی کاتیون‌ها را خنثی کرد. در سختی ۴۵ ppm افزایش میزان سولفات آمونیوم در آب حامل علف‌کش تا چهار درصد به بازیابی سمیت علف‌کش کمک کرد ولی در سختی‌های ۹۰ و ۱۸۰ ppm افزایش بیش از دو درصد سولفات آمونیوم به آب حامل علف‌کش سودی در پی نداشت. علف‌کش روی چمن گیاه‌سوزی ایجاد نکرد بلکه با افزایش سولفات آمونیوم در آب نرم، چمن از آن به عنوان یک منبع غذایی بهره برد و وزن خشک آن افزایش یافت. افزایش میزان سختی تأثیری بر وزن خشک چمن نداشت و برتری عملکرد تیمار آب نرم ناشی از کنترل بهتر شبدر و تأثیر غیر مستقیم روی چمن بود.

واژه‌های کلیدی: چمن، شبدر سفید، علف‌کش، ماده افزودنی

مقدمه

آب عمده‌ترین حامل علف‌کش‌ها محسوب می‌شود که کیفیت آن نقش مهمی در کارایی آن‌ها ایفا می‌کند (۸). علف‌کش‌های با خاصیت اسیدی ضعیف مثل گلایفوسیت، پاراکوات، کلتودیم و توفوردی[۶]، ترکیباتی هستند که وقتی در آب حل شوند یون H^+ را به‌کندی آزاد می‌کنند. بخشی از مولکول‌های این علف‌کش‌ها پس از اختلاط با آب، یونیزه نمی‌شود و راحتر از بخش یونیزه شده توسط اندام هوایی گیاهان جذب می‌شود. بخش یونیزه شده دارای بار منفی است که می‌تواند با کاتیون‌های دارای بار مثبت در محلول اتصال بر قرار کند که بسته به نوع کاتیون پیوند یافته، جذب علف‌کش افزایش یا کاهش خواهد یافت (۲۷). آب‌های سخت دارای غلظت املاح کلسیم و منگنز بالا هستند (۹) و بررسی‌ها نشان داده‌اند که کاتیون‌های کلسیم، منگنز و روی از عوامل اصلی کاهش کارایی علف‌کش‌های اسید ضعیف هستند (۸). کاتیون‌های مذکور به مولکول‌های دارای بار منفی علف‌کش متصل می‌شوند و از کارایی آن‌ها کاسته و گاهی آن‌ها را بی‌اثر می‌کنند. غلظت بالای املاح فوق به همراه pH بالا این فرآیند را تشدید می‌کنند (۹). در واقع pH بالا باعث یونیزه شدن بیشتر علف‌کش شده و امکان اتصال این کاتیون‌ها را فراهم می‌سازد (۱۶). به‌طور مثال نالواجا و همکاران (۱۴) نشان دادند که کارایی ستوکسیدیم در محلولی که غلظت املاح کلسیم و سدیم آن بالا بود در pH ۳/۵ کاهش نیافت اما با افزایش pH به ۷ کارایی علف‌کش کاهش معنی‌داری نشان داد.

برای اصلاح این قبیل آب‌ها استفاده از مواد افزودنی توصیه شده است (۱۱) که می‌توانند کاهش مصرف علف‌کش و صرفه‌جویی اقتصادی را بدنبال داشته باشد. به‌طور کلی تحقیقات نشان داده‌اند زمانی‌که مجموع غلظت تمامی کایتون‌های آب از ۴۰۰ ppm تجاوز نماید افزودن مواد اصلاح کننده ضروری است (۶ و ۲۴). ترکیباتی مثل سولفات آمونیوم (AMS)[۷]، روغن سیتوگیت و روغن ولک جزء

۱- محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: Email: hos.torabi@yahoo.com)
۲ و ۴- استادیاران پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
۵- دانشجوی دکتری گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه تهران
DOI: 10.22067/jpp.v30i4.36020

6- *IUPAC* 2,4-dichlorophenoxyacetic acid

7- Ammonium sulfate, $(NH_4)_2SO_4$, widely abbreviated as AMS, *IUPAC* Diazanium sulfate

مواد افزودنی هستند که به اصلاح این آب‌ها کمک نموده‌اند (۱۱ و ۲۴). به‌طور مثال ابطالی و همکاران (۱) در یک آزمایش اثبات کردند که افزودنی‌های روغن سیتوگیت و سولفات آمونیوم، به صورت مخلوط داخل، تانک کارایی علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل، فنوکساپروپ اتیل، تری بنورون متیل و شوالیه (مزوسولفورون–متیل+یودوسولفورون–متیل–سدیم+مفن پایر–دی اتیل) را در زراعت گندم به‌میزان ۱۵٪ افزایش داد. امینی و همکاران (۲) در یک آزمایش دریافتند که سولفات آمونیوم، روغن ولک و روغن سیتوگیت کارایی بنتازون را در کنترل علف‌های هرز پهن برگ مزارع سویا افزایش داد. پنر و همکاران (۱۶)، آلادسانوا و اولادی مجی (۵) و وزینکا و همکاران (۲۵) در تحقیقات خود کارایی سولفات آمونیوم به‌عنوان ماده افزودنی را در افزایش کارایی فورمولاسیون‌های مختلف علف‌کش گلایفوسیت مورد تأکید قرار داده‌اند. تائو و همکاران (۲۲) نیز به نقش مطلوب سولفات آمونیوم در کاهش اثرات آنتاگونیستی[1] آب‌های سخت بر کارایی گلایفوسیت صحه گذاشتند. تحقیقات همچنین نشان داده‌اند که کاربرد سولفات آمونیوم بیشتر از سایر مواد افزودنی مشابه از جمله اتیلن دیامین تترا استیک اسید، مونوآمونیوم فسفات و مونوپتاسیم فسفات در کاهش اثر آنتاگونیستی آب‌های سخت روی علف‌کش‌های اسید ضعیف کارایی داشته است (۲۱).

علف‌کش توفوردی+ ام سی پی آ[2] که در ایران تحت نام تجاری یو ۴۶ کمبی فلوئید (SL ۶۷/۵٪) در سال ۱۳۴۷ به ثبت رسیده است در واقع مخلوط دو علف‌کش هورمونی اسید ضعیف توفوردی و ام سی پی آ است که هر دو به خانواده فنوکسی کربوکسیلیک اسیدها[3] تعلق دارند و برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ مزارع گندم و جو توصیه شده است (۴). تحقیقات نشان داده‌اند که هر دوی این علف‌کش‌ها شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) را بین ۹۰ تا ۱۰۰٪ در چمن کنترل کرده‌اند (۲۶). در این آزمایشات همچنین تحمل اکثر گونه‌های چمن تجاری اقلیم سرد به این علف‌کش‌ها به اثبات رسیده است. در عین حال اثر آنتاگونیستی آب‌های سخت بر این علف‌کش‌ها شدید بوده است (۱۵) که می‌تواند کارایی آن‌ها را بسیار کاهش دهد.

هدف این تحقیق بررسی اثرات ساده و متقابل مقادیر مختلف سولفات آمونیوم و سطوح سختی آب حامل بر میزان کارایی علف‌کش توفوردی+ ام سی پی آ در مهار علف هرز شبدر در چمن بود تا بدین وسیله مقدار سولفات آمونیوم مورد نیاز برای خنثی کردن اثر آنتاگونیستی هر سطح از سختی بر علف‌کش توفوردی+ ام سی پی ا مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور حامل شامل چهار سطح سختی آب حامل علف‌کش: صفر (آب نرم یا دیونیزه[4])، ۴۵، ۹۰ و ۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر مجموع کاتیون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} معادل ۴۴۱، ۸۸۲ و ۱۷۶۳ ppm کربنات کلسیم[5] (۱۰) و فاکتور ماده افزودنی شامل چهار سطح صفر، دو، سه، و چهار کیلوگرم از سولفات آمونیوم (حاوی ۲۱٪ نیتروژن خالص) در ۱۰۰ لیتر آب حامل علف‌کش (درصد) بود. سطوح سختی آب حامل علف‌کش با رقیق‌سازی آب چاه متعلق به آستان قدس رضوی دارای اشتراک ۵۱۶۹۷۸ (۴۶۱۸۶۷۰–۷۳۴۹۷۵ :UTM) مورد استفاده در آبیاری فضای سبز مورد نظارت شهرداری منطقه ثامن مشهد (جدول ۱) تهیه شدند. آزمایش در یک زمین چمن ۱۰ ساله مخلوط گونه‌های فصل سرد شامل *Festuca rubra*، *Poa pratensis* و *Poa pratensis* با آلودگی شدید به شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) واقع در منطقه ثامن مشهد اجرا شد. اندازه کرت‌ها نه متر مربع (۳×۳) با یک متر حاشیه در بین آن‌ها در چمن‌زار علامت‌گذاری شدند. به چمن و شبدر اجازه رشد داده شد تا تأثیر علف‌کش به حداکثر برسد. سمپاشی در یک نوبت در تیر ماه با استفاده از علف‌کش توفوردی+ام سی پی آ (SL ۶۷/۵٪) به مقدار توصیه شده ۱/۵ لیتر در هکتار توسط سمپاش پشتی شارژی و افشانک بادبزنی با فشار ثابت دو بار که برای حداکثر ۳۵۰ لیتر محلول در هکتار کالیبره شده بود، انجام شد. برای جلوگیری از بادبردگی علف‌کش، اطراف کرت‌ها به هنگام سمپاشی با کارتن احاطه شدند. همچنین برای جلوگیری از آبشویی علف‌کش به سبب آبیاری بارانی، اولین آبیاری چمن پس از سمپاشی به‌صورت غرقابی انجام شد. یک تیمار شاهد در هر بلوک شامل سه کرت در نظر گرفته شد که در آن شبدر کنترل نشد ولی سایر علف‌های هرز به‌طور کامل با دست وجین شدند. سایر علف‌های هرز در کلیه واحدهای آزمایشی با دست وجین شدند.

میزان خسارت ظاهری علف‌کش به چمن در سه نوبت به فاصله یک هفته با استفاده از روش امتیازبندی اروپایی[6] (جدول نشان داده نشده است) برآورد و ثبت شد (۱۲). سه هفته پس از سمپاشی دو نقطه در هر کرت به صورت تصادفی مشخص شدند و کادر بزرگ ۵۰×۵۰ سانتی‌متری در آن‌ها مستقر گردید. همزمان یک کادر کوچک ۲۰×۲۰ سانتی‌متری در درون کادر بزرگ مستقر شد. نمونه‌برداری تخریبی برای شمارش تعداد اندام هوایی شبدر در کادر کوچک انجام شد که پس از کف‌بری تراکم آن‌ها در متر مربع شمارش شد.

1- Antagonistic effect
2-*IUPAC* (4-Chloro-2-methylphenoxy) acetic acid
3- Phenoxycarboxylic acid
4- Deionized (DI) water
5- ppm Ca + Mg as calcium carbonate ($CaCO_3$) equivalent
6- EWRS

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه آب مورد استفاده برای تهیه سطوح مختلف سختی آب

Table 1- The chemical analysis of water samples used to provide different levels of water hardness

Ions/یون‌ها						TDS*
Ca	Mg	Na	Zn	Fe	Cl	
mg L^{-1}						
524	111	320	0.2	12.2	139	1106.4

نمونه آب چاه آستان قدس رضوی اشتراک شماره 516978 و یو تی ام 734975-4618670

Water samples from Astane Ghose Razavi Well, Subscription No 516978, UTM: 734975-4618670

*کل جامدات محلول/ Total Dissolved Solid

مجموع نمونه کادر کوچک و کادر بزرگ در آون با ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد و وزن خشک در متر مربع محاسبه شد. درصد کاهش تراکم و وزن خشک شبدر نسبت به شاهد بدون وجین محاسبه شد. در چمن وزن خشک اندام هوایی ملاک محاسبه قرار گرفت.

اطلاعات بدست آمده در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ ثبت مرتب شدند. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها توسط نرم افزار SAS نسخه ۹,۱ با روش GLM و آزمون‌های پروبیت[1] در محیط نرم افزار SPSS نسخه ۱۳ انجام شدند. نمودارها در محیط Excel تهیه شدند.

نتایج و بحث

الف) اثرات متقابل سختی آب و سولفات آمونیوم بر کارایی توفوردی+ام سی پی آ در مهار شبدر

در آنالیز واریانس اولیه اثر متقابل سطوح سختی آب و سولفات آمونیوم در هر دو صفت درصد کاهش تراکم و وزن خشک شبدر نسبت به شاهد در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شد (نتایج نشان داده نشده است). بنابراین بر اساس توصیه‌ها (۳ و ۷) در یک آنالیز پس از آنوا[2] اثرات متقابل برش[3] داده شدند (نتایج نشان داده نشده است). بر این اساس اختلاف بین سطوح سولفات آمونیوم در همه سطوح از سختی آب (بجز آب نرم) در دو صفت تراکم و وزن خشک شبدر در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شد (نتایج نشان داده نشده است). همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد در آب نرم درصد کنترل تراکم و وزن خشک شبدر نسبت به شاهد وجین شده، در تمام سطوح سولفات آمونیوم در یک گروه قرار گرفتند در حالی‌که در حامل‌های سخت این اختلاف معنی‌دار شد. این نتایج نشان می‌دهد مقدار سولفات آمونیوم در آب حامل علف‌کش، به تنهایی تأثیری بر سمیت علف‌کش توفوردی+ام سی پی آ روی شبدر نداشت بلکه در مواجهه با عامل سختی آب نقش تعدیل کنندگی خود را ایفا نمود. نالواجا و همکاران (۱۵) هم در یک تحقیق نشان دادند که اثر بهبود دهندگی سولفات آمونیوم بر کارایی علف‌کش‌های اسید ضعیف فقط در آب‌های حامل مقادیر بالای کاتیون معنی‌دار شد. از سوی دیگر اختلاف بین سطوح سختی آب، در غیاب سولفات آمونیوم، در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شد (نتایج نشان داده نشده است) به‌نحوی که بدون حضور سولفات آمونیوم تمام آب‌های سخت نسبت به آب نرم بر کارایی توفوردی+ام سی پی آ اثر آنتاگونیستی شدید داشتند و سمیت آن را به شدت کاهش دادند (جدول ۲). همان‌طور که شکل ۱ و شکل ۲ بخوبی نشان می‌دهند در سختی فراتر از ۴۵ ppm کارایی توفوردی+ ام سی پی آ با اختلاف خیلی معنی‌دار نسبت به آب نرم کاهش یافت. سایر منابع هم گزارش کرده‌اند که قلیائیت یا سختی آب حامل بالاتر از ۵۰۰ میلی‌گرم معادل کربنات کلسیم (حدود ۵۰ ppm مجموع کاتیون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+}) کارایی توفوردی و ام سی پی آ را نسبت به آب نرم کاهش معنی‌داری داده است (۶، ۱۰، ۲۴). رسکامپ (۲۰) هم در تحقیق خود بر تأثیر مثبت و معنی‌دار سولفات آمونیوم در خنثی کردن آنتاگونیسم آب‌های سخت بر توفوردی صحه گذاشت.

همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد، کارایی کامل علف‌کش توفوردی+ ام سی پی آ در کنترل شبدر، فارغ از مقدار سولفات آمونیوم استفاده شده، در آب نرم بدست آمد. در آب حامل با سختی ۴۵ ppm افزودن ۴ درصد سولفات آمونیوم توانست کارایی توفوردی+ ام سی پی آ را تا حد آب نرم جبران کند و اثر آنتاگونیستی سختی آب حامل را تا حدود ۹۰٪ خنثی کند (جدول ۲). در این سطح از سختی، با افزایش مقدار سولفات آمونیوم در آب حامل، روند افزایش اثر ضد آنتاگونیستی آن تقریباً خطی بود (شکل ۱ و شکل ۲). این در حالی است که در سختی ۹۰ ppm افزودن تنها ۲ درصد سولفات آمونیوم برای افزایش کارایی علف‌کش تا دو برابر تیمار بدون سولفات آمونیوم کافی بود (شکل ۱ و شکل ۲). به این ترتیب در این سطح از سختی آب سطوح بالاتر از ۲ درصد سولفات آمونیوم تأثیری در افزایش کارایی علف‌کش نداشتند.

1- Probit analysis
2- Post-ANOVA procedure
3- Slicing interactions

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ترکیبات تیماری سطوح سختی آب در سطوح سولفات آمونیوم بر درصد کاهش تراکم و وزن خشک شبدر نسبت به شاهد وجین شده و وزن خشک چمن

Table 2- Mean comparisons of the treatment combinations of water hardness levels vs. AMS levels on reduction of clover density & dry matter and grass dry matter compared to weed free check

سطوح سختی آب * Water hardness levels	سطوح سولفات آمونیوم ** AMS levels	درصد کنترل شبدر نسبت به شاهد وجین شده Clover density & dry matter reduction (%) compared to weed free check: تراکم Density	وزن خشک Dry matter	وزن خشک چمن (گرم در متر مربع) Grass dry matter (g. m^{-2})
0	0	99.9 a	98.4 a	187.1 de
0	2	96.7 a	100.0 a	195.8 d
0	3	99.8 a	97.5 a	249.7 bc
0	4	96.5 a	96.4 a	313.4 a
45	0	47.2 de	64.2 fg	111.2 fg
45	2	53.8 d	74.1 de	91.3 fg
45	3	70.7 bc	75.7 cde	141.9 ef
45	4	84.9 ab	87.4 b	332.0 a
90	0	33.5 e	58.5 g	81.8 g
90	2	60.4 cd	79.6 bcd	217.3 cd
90	3	57.5 cd	74.2 de	194.2 de
90	4	58.9 cd	65.6 fg	297.3 ab
180	0	16.3 f	41.5 h	109.1 fg
180	2	76.7 b	82.9 bc	175.0 de
180	3	71.4 bc	80.7 bcd	172.1 de
180	4	71.2 bc	68.8 ef	253.3 bc

*سطوح سختی آب حامل علف‌کش بر اساس مجموع کاتیون‌های Mg+2 + Ca+2 بر حسب ppm یا mg/L

Water hardness levels (ppm of Mg+2 + Ca+2)

** کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر آب حامل علف‌کش

kg in 100 L of herbicide carrier water

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

گروه‌بندی بر اساس میانگین کمترین توان‌های دوم در سطح حداقل احتمال ۰/۰۵بدست آمده در روش proc GLM

Groups based on LSMeans (P<0.05) calculated by proc GLM

بالاترین اثر آنتاگونیسم به سطح سختی ۱۸۰ ppm بدون سولفات آمونیوم تعلق گرفت که کارایی توفوردی+ ام سی پی آ را نسبت به آب نرم ۸۴ ٪ کاهش داد (جدول ۲). به این دلیل اثر ضد آنتاگونیستی سولفات آمونیوم در سختی ۱۸۰ ppm بسیار شدیدتر از سایر سطوح سختی بود به‌طوری که افزودن تنها ۲ درصد سولفات آمونیوم به این آب اثر آنتاگونیستی آن را حدود ۵ برابر کاهش داد. این نتایج با شیب‌های اولیه تند منحنی‌ها در شکل ۱ و همچنین شکل ۲ بخوبی نشان داده شده است. همان‌طور که شکل ۱ و شکل ۲ نشان می‌دهند افزایش سولفات آمونیوم بیش از این مقدار در این سطح سختی هم تأثیری بر بازیابی کارایی علف‌کش نداشت. همچنین در دو شکل فوق می‌توان عملکرد ضد آنتاگونیستی سولفات آمونیوم را در چهار سطح سختی با هم مقایسه کرد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بالاترین عملکرد در آب نرم بدست آمد. در غیاب سولفات آمونیوم بالاترین اثر آنتاگونیستی به ترتیب به سختی‌های ۱۸۰ ppm، ۹۰ ppm و ۴۵ ppm تعلق گرفت (شکل ۱ و شکل ۲).

بر این اساس با افزودن حدود یک درصد سولفات آمونیوم به آب حامل پیش‌بینی می‌شود اثر آنتاگونیستی تمام سطوح سختی آب حامل روی علف‌کش تا حدود ۵۰٪ خنثی شود. با افزودن دو درصد سولفات آمونیوم به آب حامل اثر ضد آنتاگونیستی آن به ترتیب در سختی‌های ۱۸۰، ۹۰ و ۴۵ بیشتر بود (شکل ۱ و شکل ۲). به‌طور کلی در بررسی

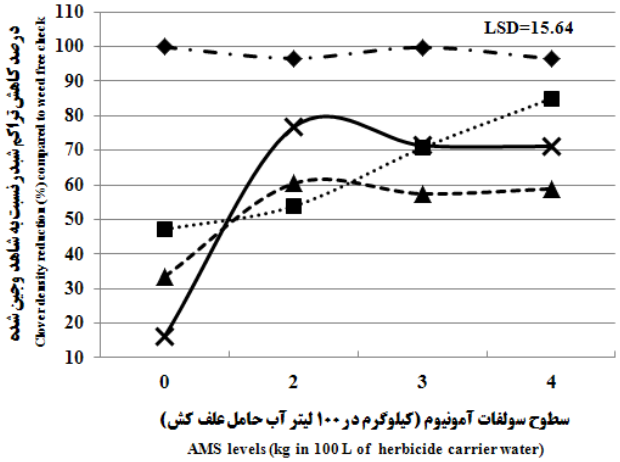
نتایج این صفت می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فقط در سختی ۴۵ ppm افزایش میزان سولفات آمونیوم در آب حامل علف‌کش تا چهار درصد به بازیابی سمیت علف‌کش کمک خواهد کرد و در سختی‌های ۹۰ ppm و ۱۸۰ ppm افزایش بیش از دو درصد سولفات آمونیوم به آب حامل علف‌کش سودی در پی نخواهد داشت. اغلب گزارشات کاربرد دو درصد سولفات آمونیوم را برای خنثی کردن اثر آنتاگونیستی سختی آب حامل بر علف‌کش‌های اسید ضعیف کافی دانسته‌اند (۹، ۱۳، ۱۷، ۱۸، ۲۳ و ۲۷). در عین حال به‌نظر می‌رسد مقدار سولفات آمونیوم مورد نیاز برای خنثی کردن اثر آنتاگونیستی سختی بسته به مورد استفاده می‌تواند متفاوت باشد. به‌طور مثال در کنترل علف‌های هرز سلمه تره، تاج خروس و خارلته قبل از کاشت گیاه زراعی دو درصد سولفات آمونیوم اثر آنتاگونیستی سختی ۵۰۰ ppm را به‌طور کامل خنثی کرد. این در حالی است که همین مقدار سولفات آمونیوم در محلول علف‌کش در حضور گیاه زراعی و حرارت بالای محیط موجب گیاه‌سوزی جزئی و ناپایدار در گیاه زراعی شد (۱۳). بنابراین در کاربرد پس رویشی علف‌کش و حرارت بالای محیط یک در صد سولفات آمونیوم می‌تواند خطر آسیب‌های احتمالی به گیاه زراعی را کاهش دهد (۱۳، ۱۸ و ۲۳). زولینگر و همکاران (۲۷) هم در چند آزمایش تحت شرایط فوق این مقدار را تأیید کردند. کاربرد سولفات آمونیوم دو درصد در محلول سمپاشی برای خنثی کردن اثر مقاومت فیزیولوژیکی برخی از گونه‌های علف هرز مثل گاو پنبه (*Abutilon theophrasti*) در برابر علف‌کش‌های توفوردی و گلایفوسیت نیز نتیجه بخش بوده است (۹). در عین حال برخی گزارشات مقادیر کمتر سولفات آمونیوم را برای خنثی کردن اثر آنتاگونیستی سختی را کافی دانسته‌اند. به‌طور مثال پینتو دِ کاروالو و همکاران (۱۹) در یک تحقیق دریافتند که اثر بهبود دهندگی سولفات آمونیوم بالاتر از یک درصد مفید نبود. شیلینگ و همکاران (۲۱) گزارش کردند که میزان اثر بهبود دهندگی سولفات آمونیوم با تغییر غلظت آن در آب حامل تغییر نکرد.

ب) تأثیر توفوردی+ ام سی پی ا بر چمن

میزان گیاه‌سوزی ناشی از کاربرد علف‌کش توفوردی+ ام سی پی آ در چمن بر اساس استاندارد اروپایی EWRS ارزیابی شد (نتایج نشان داده نشده است).

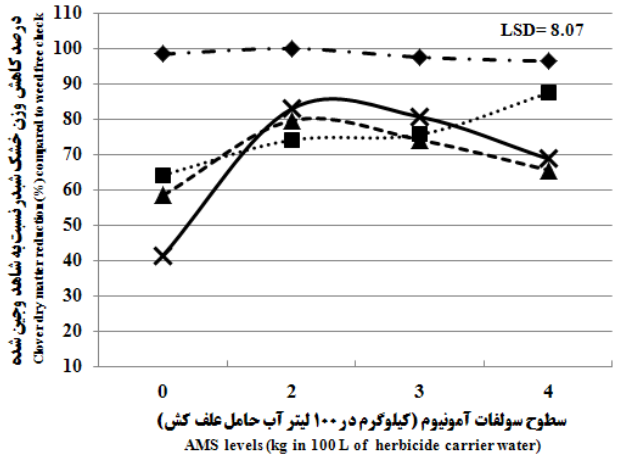
بر این اساس علایم زردی ناپایدار یک هفته پس از سمپاشی بیشتر در تیمارهای آب نرم و برخی از سایر سطوح سختی مشاهده شد که با توجه به رشد سریع چمن، این علایم دو هفته پس از سمپاشی به زردی بسیار خفیف تبدیل شدند و به تدریج محو شدند، به‌طوری‌که در ارزیابی که سه هفته پس از سم‌پاشی انجام شد هیچ‌گونه آثار گیاه‌سوزی در چمن مشاهده نگردید (نتایج نشان داده نشده است).

در عین حال اثر متقابل سختی آب و سولفات آمونیوم بر وزن خشک چمن در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شد (نتایج نشان داده نشده است). در برش‌دهی اثرات متقابل بین سطوح سولفات آمونیوم در تمام سطوح سختی (حتی آب نرم) اختلاف شدید ($p<0/01$) مشاهده شد (نتایج نشان داده نشده است) به‌طوری‌که در آب نرم هم تغیرات میزان سولفات آمونیوم موجب تغییرات معنی‌داری در وزن خشک چمن گردید که روند آن در شکل ۳ بخوبی نشان داده شده است.



شکل ۱- اثر سطوح سولفات آمونیوم بر درصد کاهش تراکم شبدر نسبت به شاهد وجین شده در تمام سطوح سختی آب حامل علف‌کش، حامل‌های حاوی ۱۸۰ (×)، ۹۰ (▲)، ۴۵ (■) و صفر (◆) پی‌پی‌ام مجموع کاتیون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+}

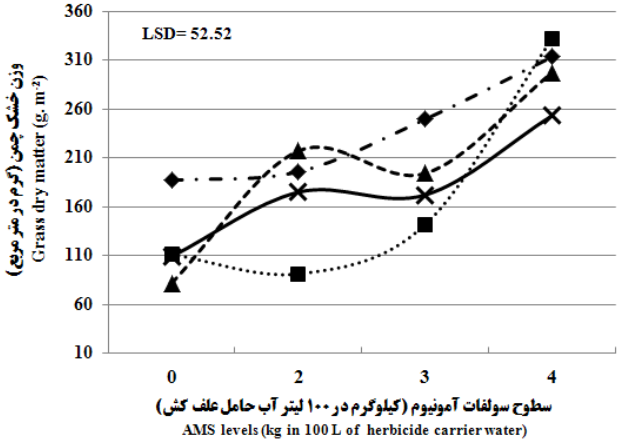
Figure 1- Effects of AMS levels on clover density reduction (%) compared to weed free check in all hardness levels of carrier water: 180(×), 90(▲), 45(■) and 0(◆) ppm of $Mg^{+2} + Ca^{+2}$



شکل ۲- اثر سطوح سولفات آمونیوم بر درصد کاهش وزن خشک شبدر نسبت به شاهد وجین شده در تمام سطوح سختی آب حامل علف‌کش، حامل‌های حاوی ۱۸۰ (×)، ۹۰ (▲)، ۴۵ (■) و صفر (◆) پی‌پی‌ام مجموع کاتیون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+}

Figure 2- Effects of AMS levels on clover dry matter reduction (%) compared to weed free check in all hardness levels of carrier water: 180(×), 90(▲), 45(■) and 0(◆) ppm of $Mg^{+2} + Ca^{+2}$

بر این اساس هر چه سطوح سولفات آمونیوم در آب نرم افـزایش داده شد وزن خشک چمن افزایش یافت. این نتیجه نشان می‌دهد که احتمالاً چمن از سولفات آمونیوم به عنوان یک منبع غذایی بهره برده است. این نتیجه در سطوح سـختی ۴۵ ppm، ۹۰ ppm و ۱۸۰ ppm هم تکرار شد (شکل ۳). شکل ۳ همچنین نشان می‌دهد که وقتی در آب حامل از سولفات آمونیوم استفاده نشد میزان عملکرد وزن خشـک چمن فقط در آب نرم بالاتر از سایر سطوح سختی آب بود و افـزایش میزان سختی تأثیری بر عملکرد وزن خشک چمن نداشـت. بـر ایـن اساس به‌نظر می‌رسد برتری عملکرد تیمار آب نـرم ناشـی از کنتـرل بهتر شبدر و تأثیر غیر مستقیم روی چمن بوده است.



شکل ۳- اثر سطوح سولفات آمونیوم بر وزن خشک چمن در تمام سطوح سختی آب حامل علف‌کش، حامل‌های حاوی ۱۸۰ (×)، ۹۰ (▲)، ۴۵ (■) و صفر (◆) پی‌پی‌ام مجموع کاتیون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+}

Figure 3- Effects of AMS levels on grass dry matter in all hardness levels of carrier water: 180(×), 90(▲), 45(■) and 0(◆) ppm of $Mg^{+2} + Ca^{+2}$

ج) نتایج برازش مدل‌های پروبیت

بررسی‌ها نشان داده‌اند هر دو یون موجود در سولفات آمونیـوم در خنثی کردن اثر آنتاگونیستی آب سخت روی علـف‌کـش نقـش ایفـا می‌کنند. یون‌های سولفات موجود در سولفات آمونیـوم بـا یـون‌هـای Ca^{2+}، Mg^{2+} و Na^{+} متصل می‌شوند و آن‌ها را بـی‌اثـر مـی‌کننـد در حالی که یون‌های آمونیوم با علف‌کش ترکیب می‌شوند و سبب جذب سریع‌تر آن در گیاه از طیق کوتیکول برگ و غشاء سلول می‌شود (۸). جدول ۳ پیش‌بینی درصدهای سولفات آمونیوم مورد نیاز برای حصول

به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد اثر ضد آنتاگونیستی (AAC) در سطوح مختلف سختی آب را ناشی از این مکانیزم اثر نشان می‌دهد که با آنالیز پروبیت برآورد شدند. مدل‌های پروبیت پیش بینی‌های جالبی ارایه می‌کنند. اول این که در آب نرم اثر آنتاگونیسم روی علف‌کش توفوردی+ ام سی پی آ وجود نداشت و نیازی به افزودن سولفات آمونیوم نیست. این مدل‌ها همچنین پیش‌بینی می‌کنند که برای خنثی کردن ۱۰ درصد اثر آنتاگونیستی سختی آب (در هر سطحی) بر علف‌کش توفوردی+ ام سی پی آ نیازی به سولفات آمونیوم نخواهد بود (جدول ۳). البته غلبه بر این نسبت از آنتاگونیسم سختی آب حامل مطلوب ما نیست چون در واقع ۹۰ درصد علف‌کش را هدر خواهیم داد. مدل‌ها همچنین آشکار ساختند که برای خنثی کردن حداقل ۵۰ درصد از اثر آنتاگونیستی سختی بر علف‌کش، نسبت سولفات آمونیومی که باید به آب حامل افزوده شود بین ۰ تا ۱/۸۵ درصد بسته به میزان سختی آب متفاوت خواهد بود. در سختی ۴۵ ppm افزودن ۷۵۰ گرم سولفات آمونیوم در ۱۰۰ لیتر آب حامل علف‌کش برای کاهش ۵٪ از اثر آنتاگونیستی سختی کافی خواهد بود. بر اساس پیش‌بینی این مدل با افزایش سختی تا سطح ۹۰ ppm این میزان باید ۱/۸۵۰ کیلو گرم در ۱۰۰ لیتر آب باشد. مدل پیش‌بینی می‌کند که برای کاهش ۵٪ از اثر آنتاگونیستی سختی‌های بالاتر همین نسبت سولفات آمونیوم کافی خواهد بود (جدول ۳). اما بر اساس پیش‌بینی مدل‌های پروبیت برای خنثی کردن حداقل ۹۰٪ از اثر آنتاگونیستی سختی آب (در سطوح بالاتر از ۴۵ ppm) بر علف‌کش توفوردی+ ام سی پی آ (هدف مطلوب) باید حداقل ۵ کیلوگرم سولفات آمونیوم به ۱۰۰ لیتر آب حامل افزوده شود (جدول ۳). بین سطوح ۴۵ تا ۱۸۰ از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نتایج جدول ۳ با تأمل بیشتر از جدول ۲ هم قابل برداشت هستند. همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد هیچکدام از سطوح سولفات آمونیوم (که همگی کمتر از ۴ درصد هستند) نتوانستند اثر آنتاگونیستی سختی‌های بین ۴۵ تا ۱۸۰ را تا ۹۰٪ خنثی کنند.

جدول ۳- درصد سولفات آمونیوم AMS مورد نیاز برای حصول به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد اثر ضد آنتاگونیستی AAC در سطوح مختلف سختی آب

Table 3- AMS (%) needed to obtain 10, 50 and 90 % of antiantagonism effect (AAC) in different hardness levels

سطوح سختی برازش شده / مدل‌های پروبیت Hardness levels fitted /Probit models	*AAC_{10}		AAC_{50}		AAC_{90}	
	سطح AMS AMS level	CI†	سطح AMS AMS level	CI	سطح AMS AMS level	CI
آب نرم/ DI water	0	0,0	0	0,0	0	0,0
45 ppm	0	0,0	0.75	-0.71,-1.22	5.71	4.45, 8,88
90 ppm	0	0,0	1.85	1.24, 3.34	9.76	6.27, 43.02
180 ppm	0	0,0	1.63	0, 2.53	4.99	3.72, 9.58

*شاخص AAC درصد سولفات آمونیوم AMS مورد نیاز برای حصول به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد مهار تراکم شبدر

*AAC is AMS (%) needed to obtain 10, 50 and 90 % of clover density control

† اعداد چپ و راست به ترتیب حد پایین و بالای اطمینان ۹۵٪ هستند. پس از آزمون نکویی برازش در مدل‌هایی که سطح آماره کای اسکوئر پیرسون کوچک‌تر از خطای نوع اول بود، از عامل عدم تجانس برای محاسبه حدود اطمینان ۹۵٪ استفاده گردید.

† left and right numbers are consequently lower & upper of 95% confidence intervals. Since Goodness-of-Fit Chi square is significant, a heterogeneity factor is used in the calculation of confidence intervals

اختلاف سطوحی که حدود اطمینان ۹۵٪ آن‌ها با یکدیگر همپوشانی ندارند در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است

When 95% confidence intervals do not overlap, there is a statistically significant difference between the means at the 0.05 level of significance

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تمام سطوح سختی آب بر کارایی علف‌کش توفوردی+ام سی پی آ روی شبدر اثر آنتاگونیستی شدید داشتند و سمیت آن را به شدت کاهش دادند. افزایش مقدار سولفات آمونیوم در آب حامل بدون املاح، به تنهایی تأثیری بر سمیت علف‌کش توفوردی+ام سی پی آ روی شبدر نداشت، بلکه در مواجهه با عامل سختی آب نقش ضد آنتاگونیستی خود را ایفا نمود و اثر آنتاگونیستی سختی را بر علف‌کش خنثی کرد. در سختی ۴۵ ppm هر چه میزان سولفات آمونیوم در آب حامل علف‌کش افزایش یافت، اثر آنتاگونیستی سختی بیشتر خنثی شد و بر اساس پیش‌بینی مدل، اضافه کردن ۵ کیلوگرم از این ماده در ۱۰۰ لیتر آب حامل می‌تواند این اثر را تا ۹۰ درصد خنثی کند. در عین حال در سختی‌های ۹۰ ppm و ۱۸۰ ppm تنها دو درصد سولفات آمونیوم قادر بود بین ۷۰ تا ۸۰ درصد آنتاگونیسم سختی را خنثی کند و بیش از آن سودی در پی نداشت. علف‌کش توفوردی+ام سی پی آ با مقدار مصرف شده در این تحقیق روی چمن گیاه‌سوزی ایجاد نگرد. با افزایش سطوح سولفات آمونیوم

در آب نرم، چمن از نیتروژن به عنوان یک منبع غذیی بهره برد و وزن خشک آن افزایش یافت. افزایش میزان سختی تأثیری بر وزن خشک چمن نداشت و برتری عملکرد تیمار آب نرم ناشی از کنترل بهتر شبدر و تأثیر غیر مستقیم روی چمن بود.

منابع

1- Abtali Y., Abtali M., Payrovi R., and Ramazani H. 2006. Investigation reduced rate of post emergence herbicides and oil adjuvant for increased efficacy in Rape seed and wheat in Mazandaran. p 65. In N. Nezamabadi (ed.) Proceedings of the 17th Iranian Plant Protection Congress, Vol 3. 2-5 Sep. 2006. University of Tehran, Karaj, Iran. (in Percian with English abstract)
2- Aladesanwa R.D., and Oladimeji M.O. 2005. Optimizing herbicidal efficacy of glyphosate isopropylamine salt through ammonium sulphate as surfactant in oil palm (*Elaeis guineensis*) plantation in a rainforest area of Nigeria. Crop Protection, 24:1068-1073.
3- Altland J. No date. Water Quality Affects Herbicide Eefficacy. Available at http://oregonstate.edu/dept/nursery-weeds/feature_articles/spray_tank/spray_tank.htm. (Visited 29 Nov 2012).
4- Amini F., Hassan Alizadeh M., and Bagherani N. 2004. A study on possibility of reducing Bentazon herbicide dose by adding adjuants for broad-leaved weeds control in soya beans fields of Mazandaran province. p. 614. In Proceedings of the 3rd National Conference on the Development in the Application of Biological Products &Optimum Utilization of Chemival Fertilizera & Pesticides in Agriculture. 21-23 Feb. 2004. Karaj-Iran. (in Persian)
5- Bruin J. 2006. SAS Library (Slicing Interactions in SAS). In: Newtest; Command to Compute New Test. UCLA: Statistical Consulting Group [Online]. Available at http://www.ats.ucla.edu/stat/sas/library/SASSlice_os.htm. (Visited 04 June 2014).
6- Chahal G., Roskamp J., Legleiter T., and Johnson B. 2012. The Influence of Spray Water Quality on Herbicide Efficacy. Purdue University, West Lafayette, Ind., USA. Retrieved 04 June 2014 from https://ag.purdue.edu/btny/weedscience/documents/Water_Quality.pdf.
7- 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.
8- Holm F.A., and Henry J.L. 2005. Water Quality and Herbicides. In: Government of Saskatchewan (Canada) Website [Online]. Available at http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=27120252-dc56-450b-8738-b9a6464aea25. (Visited 19 Janury 2014).
9- Jordan T., Johnson B., and Nic G. 2011. Adjuvants Used With Herbicides: Factors to Consider. Purdue University, West Lafayette, Ind., USA. Retrieved 12 January 2014 from https://ag.purdue.edu/btny/weedscience/documents/adjuvants%20-%2011.pdf
10- Kroschel J. (ed.). 2001. A Technical Manual for Parasitic Weed Research and Extension. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. 278pp.
11- Monsanto. 2011. Importance of AMS with Rundup brand agricultural herbicides. In: Monsanto Weed Mangement Solution, Publication Code: 05312011SMK. Retrieved 14 June 2013 from http://www.merschmanseeds.com/pdfs/resources/agronomy/importance-of-ams-with-roundup-brand-agricultural-herbicides.pdf
12- Nalewaja J.D., Matysiak R., and Szelenzniak E. 1994. Sethoxydim response to spray carrier chemical properties and environment. Weed Technology, 8:591-597.
13- Nalewaja J.D., Woznica Z., Szeleznak E.F., and Ramsdale B. 2007. Sequence of tank-mixing water conditioning adjuvants and herbicides. In Proceedings of the 8th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals (ISAA2007), 6-9 August 2007, Columbus, Ohio, USA. 8 pp.
14- Penner D., Michael J., and Brown W.G. 2005. A novel water conditioning adjuvant for use with formulated and nonformulated glyphosate. Journal of ASTM International, 2(4): 128-134.
15- Peterson D.E. 1988. Spray·Adjuvants with Herbicides. NDSU Extension Service A960. North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, USA. 4pp.
16- Petroff R. 2003. Water Quality and Pesticide Performance. Montana State University, USA. 4pp.
17- Pinto de Carvalho S.J., Ribeiro Dias A.C., Damin V., Nicolai M., and Christoffoleti P.J. 2008. Glyphosate applied with different concentrations of urea or ammonium sulfate for weed desiccation (In Portuges, Abstaract in English). Pesquisa Agropecuária Brasileira, 43(11):1501-1508.
18- Roskamp J.M. 2012. The Influence of Water pH, Water Hardness, and Co-applied Herbicides and Fertilizers on the Efficacy of Selected Herbicides. MSc Dissertation. Purdue University, West Lafayette, Ind., USA. 109 pp.
19- Shilling D.G., Haller W.T., Willard T.R., and Mosser M.A. 1990. Influence of surfactants and additives on phytotoxicity of glyphosate to torpedograss. Journal of Aquatic Plant Management, 28: 23-27.
20- Soltani A. 2010. Reconsideration in Statistical Methods Application in Agricultural Investigations. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. (In Persian)

21- Tao B., Zhou J., Messersmith C.G., and Nalewaja J.D. 2006. Efficacy of glyphosate plus bentazon or quizalofop on glyphosate-resistant Canola or Corn. Weed Technology, 21:97-101.
22- Tharp C. 2013. Pesticide Performance and Water Quality. MSU Extension MT201305AG New 12/13, USA. 4pp. Retrieved 04 June 2014 from http://www.pesticides.montana.edu/Reference/pesticidesandwaterquality.pdf
23- Williamson K. 2003. Water Quality for Mixing Herbicides. Agdex 641-14, Alberta Government, USA. 3pp.
24- Woznica Z., Nalewaja J.D., Calvin G., and Milkowski P. 2003. Quinclorac efficacy as affected by adjuvants and spray carrier water. Weed Technology, 17: 582-588.
25- Yeganeh M. (ed.) 2011. Guide to Iranian legal agricultural pesticides (Supplements). Iranian Plant Protection Organization, Tehran. 101 pp. (in Persian with English summary).
26- Yelverton F., Lassiter B.R., Wilkerson G.G., Warren L., Gannon T., Reynolds J.J., and Buol G.S. 2008. White Clover (*Trifolium repens* L.). North Carolina State University, USA. Retrieved 12 December 2013 from www.turffiles.ncsu.edu.
27- Zollinger R.K., Nalewaja J.D., Peterson D.E., and Young B.G. 2010. Effect of hard water and ammonium sulfate on weak acid herbicide activity. Journal of ASTM International, 7 (6) 10 pp. Abstract available at http://www.astm.org/DIGITAL_LIBRARY/JOURNALS/JAI/PAGES/JAI102869.htm. (Visited 12 January 2014).