

بهینه سازی کارایی علف کش نیکوسولفورون با افزودن ترکیبات نیتروژنه تحت تأثیر تغییرات کیفیت آب در تانک سمپاشی

Optimize nicosulfuron efficacy with the addition of nitrogen compounds affected the water quality in spray tank

کمال حاج محمدنیا قالی باف^۱، محمد حسن راشد محصل^۱، مهدی نصیری محلاتی^۱، اسکندر زند^۲

چکیده:

کارایی علف کش نیکوسولفورون در شرایط تغییرات کیفیت آب به عنوان حلال علف کش در کنترل علف‌های هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) و برگ مخملی (*Abutilon theophrasti* Medi.) به صورت آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تکرار (به انضمام شش گلدان شاهد بدون سمپاشی) در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا یک آزمایش مقدماتی دز- پاسخ برای تعیین شاخص ED₅₀ نیکوسولفورون (۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) اجرا شد. آزمایش‌های کیفیت آب شامل آزمایش اسیدیته آب (pH) در هفت سطح ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ به کمک محلولهای بافر آماده (همراه ۳ گلدان شاهد برای هر سطح pH)، آزمایش سختی با تغییر غلظت کربنات کلسیم در شش سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ پی پی ام در آب دیونیزه (W/V))، و آزمایش قلیائیت با تغییرات غلظت بیکربنات سدیم در شش سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ پی پی ام در آب دیونیزه (W/V)) بودند. بررسی بهبود کارایی علف کش نیکوسولفورون در شرایط سختی آب با افزودن ترکیبات نیتروژنه سولفات آمونیم (AMS) (برای تعدیل سختی با مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار)، و همچنین نترات آمونیم (AMN) (برای تعدیل قلیائیت با مقدار ۰/۵ لیتر در هکتار) انجام شد. نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که نیکوسولفورون به ترتیب در pH های ۸ و ۷ بهترین کنترل را بر علف‌های هرز سوروف و برگ مخملی داشت. کارایی نیکوسولفورون در حضور کربنات کلسیم در مخزن علف کش به شکل معنی‌داری کاهش یافت و اثرات آنتاگونیستیکی آن در کنترل علف‌های هرز برگ مخملی بیش از سوروف مشهود بود. افزودن AMS به مخزن علف کش محتوی کربنات کلسیم اثرات سختی آب را کاهش داد، ولی در کنترل سوروف موثرتر واقع شد. افزایش غلظت بیکربنات سدیم در مخزن علف کش نیز کارایی آن را به ویژه در کنترل سوروف به شدت کاهش داد، ولی اضافه شدن AMN به محلول نیکوسولفورون به اثرات آنتاگونیستیکی ناشی از قلیائیت آب غلبه کرد. در مجموع، نتایج این تحقیق اهمیت کیفیت آب در کارایی علف کش نیکوسولفورون و تأثیر افزودن ترکیبات نیتروژنه در تعدیل اثرات سختی و قلیائیت آب را ثابت کردند.

واژه‌های کلیدی: سختی آب، شاخص ED₅₀، قلیائیت، آنتاگونیستیک.

مقدمه

کاهش تنوع، صرفه جویی در وقت و نیرو، و امکان استفاده از سیستم‌های شخم حداقل را از مهم‌ترین دلایل گسترش کنترل شیمیایی علف‌های هرز بر شمرده

دیویس (Davis, 1996) عواملی چون کنترل مؤثر و سریع علف کش‌ها، افزایش سطح مزارع و

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۷

۱ - دانشگاه فردوسی مشهد.

۲ - مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی ایران.

* نویسنده مسئول: (hajmohamadnia@um.ac.ir).

و فراوانی مواد در مسیر نقاط مختلف تفاوت زیادی پیدا می کنند (Heidekamp and Lemley, 2005; Ahmadi, 2000).

اسیدیته حلال علف کش بر خصوصیات مانند پایداری شیمیایی، فراریت، و سازگاری شیمیایی آن تأثیر گذار است (Green and Hale, 2010). آفت کش ها عموماً عملکرد بسیار خوبی در محلول کمی اسیدی دارند. اگر منبع آب مورد استفاده در سمپاشی pH بیش از ۷ داشته باشد، می تواند بر کارایی آفت کش اثر منفی بگذارد، البته استثناهایی هم وجود دارد. به عنوان مثال، علف کش های خانواده سولفونیلپوریا pH های اسیدی آب به صورت غیرفعال در می آیند. این در حالی است که اکثر حشره کش ها، قارچ کش ها و علف کش ها در آب هایی که pH آن بیشتر از ۷ باشد (آب های قلیایی) خیلی سریع تأثیر خود را از دست می دهند (Burgess, 2003). بر اساس نظر پتروف (Petroff, 2000)، شرایط اسیدی آب عمدتاً برای علف کش های با خاصیت اسیدی ضعیف با کاربرد پس رویشی مناسب است، چرا که این نوع علف کش ها در شرایطی که غلظت یون H^+ در آب بیشتر باشد کمتر از هم گسسته می شوند. در غیر این صورت (اگر pH آب از ۷ تجاوز کرد) باید از مواد افزودنی مناسب استفاده نمود (Petroff, 2000).

در محلول آب معمولاً شش عنصر مهم وجود دارد که به مجموع این عناصر کل مواد جامد حل شده در آب گفته می شود. این ها یون های با بار منفی (مانند SO_4^- , Cl^- , HCO_3^-) و یون های با بار مثبت (مانند Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+) هستند. اگر غلظت این عناصر را به طور مستقیم اندازه گیری کنیم و مجموع این شش یون بیشتر از ۵۰۰ میلی گرم در لیتر باشد، بایستی از مصرف

است. عوامل متعددی بر جذب، انتقال و کارایی علف کش ها تأثیر گذارند که از جمله این عوامل می توان به مؤلفه های فیزیکی نظیر جهت گیری برگ، شکل برگ، اندازه برگ، ضخامت کوتیکول برگ و کرک دار بودن آن، عوامل فیزیولوژیکی مانند مرحله رشد گیاه و میزان شادابی آن، عوامل محیطی مثل بارندگی پس از سمپاشی، رطوبت نسبی، باد، دما و کیفیت آب مورد استفاده در سمپاشی اشاره کرد (Zand et al., 2014). گاهی ناسازگاری های فیزیکی و شیمیایی در بین علف کش و سایر ترکیبات غیر علف کشی یا حامل آن ها مشاهده می شود که این ناسازگاری ها از مهم ترین عوامل کاهش کارایی علف کش ها می باشند (Zand et al., 2014). در این میان آب مهم ترین مایعی است که به صورت حامل اکثر علف کش ها در سمپاشی مورد استفاده قرار می گیرد، در نتیجه کیفیت آب مورد استفاده در مخزن سمپاش می تواند در کارایی بهتر و مطلوب تر علف کش موثر باشد (Nalewaja and Matysiak, 1993). شاخص های تعیین کننده ی کیفیت آب که از دید کاربرد علف کش ها مورد توجه هستند شامل اسیدیته، سختی و زلالیت آب می باشند که در بین آن ها سختی آب با توجه به تأثیر گذاری آن بر سایر شاخص های مذکور از اهمیت بیش تری برخوردار است. بخشی از کیفیت آب های سطحی و زیرزمینی مربوط به بارش بوده، ولی مهمترین نقش را نوع تشکیلات زمین شناسی، طول مسیر طی شده و مدت زمان این جابجایی ایفا میکنند. آب در عبور از لایه های مختلف زمین و یا در مسیر حرکت خود در رودخانه ها، مواد مختلفی که ناشی از تخریب سنگ ها، وجود املاح و گچ، نمک و آهک در تشکیلات تبخیری و رسوبی می باشند را انتقال می دهند. از این رو کیفیت آب با توجه به مسیر طی شده

(Nalewaja *et al.*, 1998). مرور منابع مختلف نشان داد که ترکیبات آمونیم مانند سولفات آمونیم یا نیترات آمونیم معمولاً اثر هم‌افزایی بر کارایی علف‌کش‌های پس‌رویشی دارند. با وجود این، اثرات انتاگونیستیکی نیز گزارش شده است (Bunting *et al.*, 2004; Kapusta *et al.*, 1994; Nalewaja *et al.*, 1998). نیکوسولفورون (Cruse®، 4% SC) علف‌کشی جدید و دومانظوره از خانواده شیمیایی سولفونیلیوریاها^۳ بازدارنده استولاکتات سینتاز^۴ (ALS) و محلول در آب است. نیکوسولفورون به صورت پس‌رویشی به تنهایی و یا مخلوط، جهت کنترل بیشتر علف‌های هرز یکساله و تعدادی چندساله باریک‌برگ، مانند جانسونگراس، و برخی از علف‌های هرز پهن‌برگ در مزرعه ذرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. علف‌های هرز باریک‌برگ سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) و پهن‌برگ مخملی (*Abutilon theophrasti* Medi.) با خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت در طیف کنترل این علف‌کش قرار می‌گیرند (Sensmen, 2007).

همان‌طور که اشاره شد کیفیت آب‌های سطحی و زیرسطحی در ایران، به لحاظ کاتیون‌ها و اسیدیته، مناسب مصرف بیشتر علف‌کش‌ها نیست. بنابراین توجه بیشتر به تحقیقات کیفیت آب در سمپاشی، جهت بهبود کارایی و کاهش مصرف علف‌کش‌ها در کشور بیش از پیش ضرورت می‌یابد (Zand *et al.*, 2014). پژوهش حاضر با هدف بهبود کارایی علف‌کش نیکوسولفورون با افزودن ترکیبات نیتروژنه مانند سولفات آمونیم و نیترات آمونیم تحت تأثیر تغییرات کیفیت آب در

و مخلوط کردن چنین آبی با علف‌کش اجتناب کرد، زیرا کارایی علف‌کش‌هایی مانند فرم آمینی 2-4-D را کاهش می‌دهند (Holm and Henry, 2005). آب سخت به آب حاوی سطوح بالای از املاح کلسیم، منیزیم، سدیم یا آهن گفته می‌شود. وجود این کاتیون‌های فلزی چند ظرفیتی، به خصوص کلسیم و منیزیم در آب زیر زمینی که دارای حلالیت کمی بوده و زودتر رسوب میکنند، از عوامل اصلی ایجاد سختی در آب هستند. از آن جایی که سنگ بستر در ایران نیز آهک و دولومیت است، در نتیجه کلسیم و منیزیم به وفور و گاهی با غلظت‌های بسیار بالا در منابع آبی یافت می‌شوند (Zand *et al.*, 2014).

قلیائیت آب‌ها به دلیل وجود کربنات‌ها، بیکربنات‌ها، هیدروکسیدها و فسفات‌هاست و در بین این مواد کربنات‌ها و بیکربنات‌ها نقش عمده‌ای ایفا می‌کنند (بیکربنات‌ها عامل اصلی قلیائیت به شمار می‌روند). اگر غلظت یون بیکربنات (HCO_3^-) در آب از ۵۰۰ قسمت در میلیون تجاوز نماید، فعالیت برخی علف‌کش‌ها کاهش می‌یابد. استفاده از سرفکتانت‌ها و مواد افزودنی می‌تواند به اصلاح کیفیت و اثرگذاری این آب‌ها در سمپاشی‌ها بیانجامد و نتیجه آن نیز کاهش مصرف علف‌کش‌ها باشد (Brown, 2006; Petroff, 2000). بنابر تحقیقات انجام یافته، ترکیبات نیتروژنه مانند سولفات آمونیوم (AMS)^۱ و نیترات آمونیم (AMN)^۲ به عنوان کودی که در دسترس کشاورزان قرار دارد و همچنین به عنوان یک سرفکتانت غیریونی می‌توانند در مخزن سمپاش با برخی علف‌کش‌ها ترکیب شده و کارایی و جذب آن‌ها را افزایش دهند

3- Sulfonylurea

4- Acetolactate synthase inhibitor

1- Ammonium sulphate

2- Ammonium nitrate

۳ گلدان شاهد برای هر سطح pH، آزمایش سختی با تغییر غلظت کربنات کلسیم در شش سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ قسمت در میلیون در آب دیونیزه (W/V))، و آزمایش قلیائیت با تغییرات غلظت بیکربنات سدیم در شش سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ قسمت در میلیون در آب دیونیزه (W/V)) بودند. بررسی بهبود کارایی علف کش نیکوسولفورون با افزودن ترکیبات نیتروژنه سولفات آمونیم (AMS) (برای تعدیل سختی با مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار؛ Brown, 2006)، و همچنین نترات آمونیم (AMN) (برای تعدیل قلیائیت با مقدار ۰/۵ لیتر در هکتار؛ Holm and Henry, 2005) انجام شد.

محلول علف کش نیکوسولفورون (بدون مویان) به صورت پس رویشی در مرحله ۳ تا ۴ برگی علف‌های هرز با توجه به شاخص ED₅₀ نیکوسولفورون حاصل از آزمایش دز- پاسخ مقدماتی (مقدار ۳۸۵ میلی لیتر ماده تجاری در هکتار معادل ۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) (Hajmohammadnia Ghalibaf *et al.*, 2011)، توسط سمپاش متحرک ریلی مدل MATABI با نازل بادبزی ۸۰۰۱ و میزان خروجی ۲۵۰ لیتر در هکتار و با فشار پاشش 200 kPa تیمار شد. به منظور تعیین درجه تأثیر تیمارهای صورت گرفته، چهار هفته پس از سمپاشی بوته‌های علف هرز، تعداد گیاه زنده باقی مانده در هر گلدان یادداشت شده و به صورت درصدی از کل گیاهان داخل گلدان (تعیین درصد بقاء) محاسبه شدند (معادله ۱). ارتفاع بوته، سطح برگ (به کمک دستگاه LAM شرکت ΔT)، وزن تر و 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 سانتی گراد به مدت

سمپاشی در تیمار علف‌های هرز سوروف و برگ مخملی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بدور جوانه زده علف‌های هرز در گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی متر و عمق ۲۰ سانتی متر شامل ۱ قسمت ماسه، ۲ قسمت خاک مزرعه و ۱ قسمت خاکبرگ نشاء شدند و بعد از سبز شدن، در مرحله یک برگ حقیقی به ۵ بوته تنک شدند. شرایط نگهداری گلدان‌ها در گلخانه شامل ۱۶ ساعت روشنایی با نور طبیعی و تکمیلی (به کمک لامپ بخار سدیم) در دمای ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی گراد و ۸ ساعت تاریکی (دمای ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی گراد) بود. آبیاری نیز بر حسب نیاز گیاه از زیر گلدان‌ها انجام شد.

کارایی علف کش نیکوسولفورون تحت تأثیر تغییرات کیفیت آب در آزمایش‌های جداگانه فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تکرار (به انضمام ۶ گلدان شاهد بدون سمپاشی) در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال ۱۳۹۰ انجام شد. ابتدا یک آزمایش مقدماتی دز- پاسخ برای تعیین شاخص ED₅₀ نیکوسولفورون (دز مؤثر علف کش برای کاهش ۵۰ درصد زیست توده علف هرز) در شرایط گلخانه اجرا شد و مقدار ثابت این شاخص (۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) برای آزمایش‌های اصلی به دست آمد. آزمایش‌های کیفیت آب شامل آزمایش اسیدیته آب (pH) در هفت سطح ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ به کمک محلول‌های بافر آماده شرکت مرک آلمان^۱ (McMullan, 1996) همراه

1- E. Merck, D-6100 Darmstadt, F. R. Germany

علف کش نیکوسولفورون در pH برابر ۸ محلول سمپاش بیشترین تأثیر را در مهار علف هرز سوروف نشان داده است ($P \leq 0/01$) و pH=۷ بدون اختلاف معنی‌دار در رتبه بعدی قرار گرفت. به طور مشابه، بهترین کنترل علف هرز برگ مخملی نیز به ترتیب pH های ۸ و ۷ محلول علف کش حاصل شد و اسیدیته‌های کمتر از ۷ و بیشتر از ۸ کارایی علف کش را به شکل معنی‌داری کاهش دادند (شکل ۱).

به طور کلی، حلالیت علف کش‌های سولفونیل اوره در آب با کاهش pH کم می‌شود. چرا که در هنگام اسیدی شدن حلال این گروه از علف کش‌ها، از توزیع مطلوب آنها ممانعت شده و کارایی شان کاهش می‌یابد (Green and Cahill, 2003; Vencill, 2002). به عنوان مثال، هیدرولیز سریع علف کش‌های سولفونیل‌یوریا از قبیل بن سولفورون-متیل، سولفومتورون-متیل، تری بنورون-متیل، کلریمورون-اتیل، تیفن سولفورون-متیل، مت سولفورون-متیل، کلرسولفورون و آمیدوسولفورون (Berger and Wolfe, 1996)، همچنین علف کش‌های ایمازوسولفورون، پرمی سولفورون، پروسولفورون، سولفوسولفورون، تریاسولفورون، تری فلوکسی سولفورون و تری فلو سولفورون (Saha and Kulshrestha, 2002; Vega et al., 2000; Braschi et al., 2000; Hultgren et al., 2002; Matocha et al., 2006; Morrica et al., 2001; در شرایط pH اسیدی محلول‌های آبی گزارش شده است.

در همین راستا، ماتوکا و سنزمن (Matocha and Senseman, 2007) با بررسی نیمه عمر علف کش تریفلوکسی سولفورون در pH های آب

۴۸ ساعت و توزین با ترازوی دقیق ۰/۰۰۱ گرم) نیز به صورت درصد شاهد بدون تیمار سنجیده شد.

(معادله ۱) $[100 \times (\text{تعداد بوته اولیه موجود در هر گلدان} / \text{تعداد گیاهان زنده مانده ۴ هفته پس از سمپاشی}) = \text{٪ بقا}]$

برای تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به تغییرات درصد بقا، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی علف‌های هرز در آزمایش pH از تجزیه واریانس توسط نرم افزار MSTATC استفاده شد. مقایسات میانگین صفات مذکور نیز به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد. با توجه به کمی بودن تیمارهای مورد آزمایش، برای توصیف روند پراکنش داده‌ها در آزمایش‌های تغییرات غلظت کربنات کلسیم و بیکربنات سدیم و افزودن کودهای نیتروژنه از توابع خطی (معادله ۲)، پلی‌نومیال درجه دو (معادله ۳) و پلی‌نومیال^۱ درجه سه (معادله ۴) استفاده شد. برآزش مدل‌های فوق و تجزیه رگرسیونی و رسم نمودارها به کمک نرم افزارهای Excel 2007 و SLIDWRITE 2.0 انجام شد.

(معادله ۴) $Y = Y_0 + aX + bX^2 + cX^3$

(معادله ۳) $Y = Y_0 + aX + bX^2$

در این معادلات، Y صفت مورد نظر؛ Y_0 عرض از مبدأ؛ X تیمار مورد نظر کیفیت آب؛ a، b و c نیز به ترتیب شیب خط برای جزء خطی، درجه دو و درجه سه معادله هستند.

نتایج و بحث

۱- بررسی تغییرات اسیدیته آب (pH)

با ملاحظه‌ی شکل ۱ مشخص می‌شود که

1- Polynomial

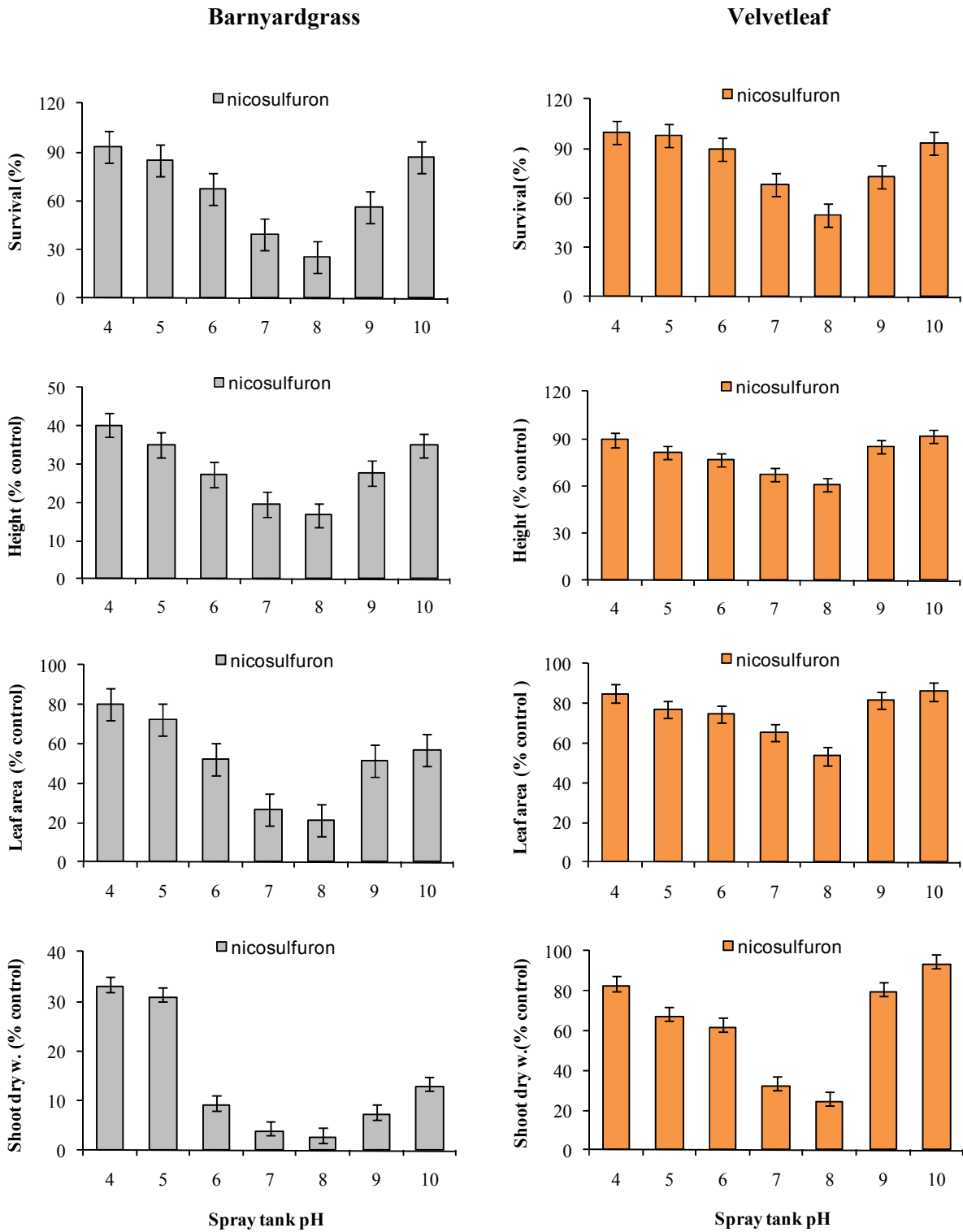
کوئیزالوفوپ) تحت تأثیر تغییرات اسیدیته محلول قرار نگرفتند. دلیل این امر را به فرمولاسیون استری ماده اولیه علف کش های APP که مانع یونیزاسیون آن ها می شود، مرتبط دانسته اند (McMullan, 1996). در تحقیق ماتوکا و همکاران (Matocha et al., 2006) ثابت شد که جذب علف کش تریفلوکسی سولفورون به طور متوسط در گونه ای امارانتوس پالمیر (*Amaranthus palmeri*) و علف تکزاس (*Caperonia palustris*)، کاهش معنی داری در ۵ pH= مخزن سمپاش (۵۲٪) در مقایسه با pH های ۷ و ۹ (به ترتیب ۶۱٪ و ۶۰٪) نشان داد. این داده ها بیانگر این بود که افزایش pH محلول سم علف کش تریفلوکسی سولفورون تا ۲ واحد بالاتر از مقدار pKa (=۴/۸۱) جذب این علف کش را بهبود بخشید. این محققین جذب کمتر این علف کش در pH اسیدی را به کاهش حلالیت آن مرتبط دانستند (Matocha et al., 2006). همچنین مقایسه نتایج بین دو علف هرز در این آزمایش نشان داد که علف کش نیکوسولفورون در مجموع صفات اندازه گیری شده کنترل بهتری روی علف هرز سوروف در مقایسه با برگ مخملی داشته است. به طوری که درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی علف هرز سوروف در ۸ pH= به ترتیب تا ۲۵، ۱۶/۷، ۲۱/۶ و ۲/۶ درصد شاهد بدون سمپاشی کاهش یافت. تحت این شرایط تغییر این صفات برای علف هرز برگ مخملی به ترتیب معادل ۵۰، ۶۱، ۵۳/۶ و ۲۴/۵ بود (شکل ۱).

۵، ۷ و ۹ دریافتند که هیدرولیز این علف کش در pH اسیدی در مقایسه با pH های خنثی و قلیایی، سریعتر اتفاق افتاد. به طوری که، یک حلال اسیدی حدود ۱۰ درصد ماده مؤثره این علف کش را پس از ۴۸ ساعت اختلاط کاهش داد. در حالی که برای افت برابر ماده مؤثره این علف کش در یک حلال خنثی یا قلیایی، به ۱۲۰ ساعت زمان پس از اختلاط نیاز بود. در آزمایش گرین و کاهیل (Green and Cahill, 2003) نیز هنگامی که عوامل قلیایی کننده به مخزن سمپاش اضافه شد، باعث افزایش pH محلول نیکوسولفورون شد و خرچنگ گراس بزرگ (*Digitaria sanguinalis*) به خوبی با این علف کش کنترل گردید. این محققین، افزایش تأثیر نیکوسولفورون را ناشی از حلالیت بالاتر آن در pH بالا دانستند. در پژوهش دیگری، کارایی علف کش نیکوسولفورون با افزودن تعدیل کننده های pH در کنترل علف های هرز سوروف و دم روباهی زرد (*Setaria glauca*) حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد افزایش یافت. این افزایش فعالیت بیولوژیکی در تیمار ارزن پروسو (*Panicum miliaceum*) تا ۳۰ درصد، و در تاتوره (*Datura stramonium*) ۱۰ تا ۲۰ درصد مشاهده شد (Istvan and Endre, 2009).

در آزمایشی که تأثیر pH محلول سم بر کارایی علف کش های سایکلو هکساندیون (CHD) و اریلوکسی فنوکسی پروپونات^۲ (APP) مورد بررسی قرار گرفت، مشخص شد که با افزایش pH مخزن سمپاش به بیش از ۷، کارایی علف کش های CHD (شامل کلتودیم و ترالکوکسیدیم) کاهش یافت، اما علف کش های APP (شامل فنوکساپروپ-پی و

1- Cyclohexanedion

2- Aryloxyphenoxypropionate



شکل ۱- پاسخ علف‌های هرز به تغییرات اسیدیته محلول نیکوسولفورون (۲۲ گرم ماده موثره در هکتار). بارها خطای استاندارد هستند.

Fig. 1- Weeds response to changes in pH of nicosulfuron solution (22 g ai ha⁻¹). Bars are standard error.

۲- بررسی سختی آب (CaCO_3) و بهبود آن

با افزایش غلظت کربنات کلسیم به عنوان رایج ترین ترکیب سختی آب در محلول علف کش نیکوسولفورون، کنترل علف‌های هرز به شکل معنی داری ($P \leq 0/01$) کاهش یافت و در نتیجه درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی (درصد شاهد) علف‌های هرز سوروف و برگ مخملی ۴ هفته پس از تیمار علف کش افزایش نشان دادند (شکل ۲). اما این تأثیر در مقایسه بین دو علف هرز یکسان نبود، به طوری که حضور یون کلسیم در محلول علف کش نیکوسولفورون بازدارندگی بیشتری روی کنترل برگ مخملی نشان داد. به عنوان مثال، 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 ۹۳، ۲۷، ۱۵ و ۲۶ درصد افزایش داد. این افزایش در شرایط مذکور برای علف هرز برگ مخملی به ترتیب معادل ۸۰، ۴۴، ۴۶ و ۵۲ درصد بود (شکل ۲). در این ارتباط، نیلویا و همکاران (Nalewaja *et al.*, 1995) با بررسی تأثیر ترکیبات مختلف کلسیم از جمله کربنات کلسیم به مقدار ۰/۰۲ مول در آب به عنوان حلال علف کش نیکوسولفورون (با کاربرد ۱۵ گرم ماده مؤثره در هکتار و حجم سمپاشی ۱۶۰ لیتر در هکتار) در تقابل با هفت نوع سرفکتانت روی کنترل علف‌انگشتی در شرایط گلخانه، دریافتند که افزودن کربنات کلسیم در واکنش با سورفکتانت‌ها به طور میانگین سمیت نیکوسولفورون را حدود ۸ درصد کاهش داد. این هم گاهی در یون کلسیم حاصل از منبع کلرور کلسیم (CaCl_2) به دو برابر افزایش یافت. در

تحقیق دیگری، حساسیت سه علف کش تربوتیلازین^۱، مزوتریون^۲ و نیکوسولفورون در برابر حامل سموم مورد بررسی قرار گرفت و ثابت شد که از این لحاظ تفاوت معنی داری وجود دارد. به طوری که حساسیت علف کش تربوتیلازین به سختی آب چشمگیر بود، در حالی که علف کش مزوتریون پاسخ معنی داری به سختی آب نشان نداد و کارایی علف کش نیکوسولفورون نیز به تغییرات سختی مخزن سمپاش متوسط بود (Istvan and Endre, 2009). در خصوص پاسخ متفاوت گونه‌های گیاهی به حضور کاتیون‌ها در مخزن سمپاش نیز کوبروگ (Cowbrough, 2002) معتقد است آب مورد استفاده در سمپاشی تنها منبع کاتیون‌ها نیست، بلکه بافت گیاهی نیز می‌تواند این یون‌ها را در سطح برگ ایجاد کند. بنابراین اثر انتاگونیستیک بیشتر علف هرز برگ مخملی در مقایسه با سوروف در این آزمایش به سطوح بالاتر کلسیم در فضای داخل سلولی برگ‌های آن مرتبط است (Altland, 2001).

افزودن سولفات آمونیم (AMS+) به محلول سم در این آزمایش، اثرات بازدارنده کربنات کلسیم آب را کاهش داد و تأثیر علف کش نیکوسولفورون را در کنترل علف‌های هرز بهبود بخشید. جالب تر آن که حتی در شرایط آب خالص (نبودن کربنات کلسیم) نیز اضافه کردن AMS+ کارایی علف کش را روی برخی از صفات اندازه‌گیری شده علف هرز افزایش داد (شکل ۲). اگر چه رفع اثر انتاگونیستی ناشی از غلظت‌های بالاتر یون کلسیم در محلول علف کش با افزودن AMS+ در علف هرز برگ مخملی در مقایسه با سوروف کمتر بود. به عنوان مثال، کاربرد AMS+

1- Terbutylazine

2- Mesotrion

علف کش نیکوسولفورون را در تیمار خرچنگ گراس بهبود بخشید. حتی افزودن سولفات آمونیم به محلول علف کش نیکوسولفورون فاقد یون کلسیم در آزمایش این محققین، افزایش تأثیر آن روی خرچنگ گراس و علف هرز زانتیوم (*Xanthium strumarium* L.) را نیز باعث شد.

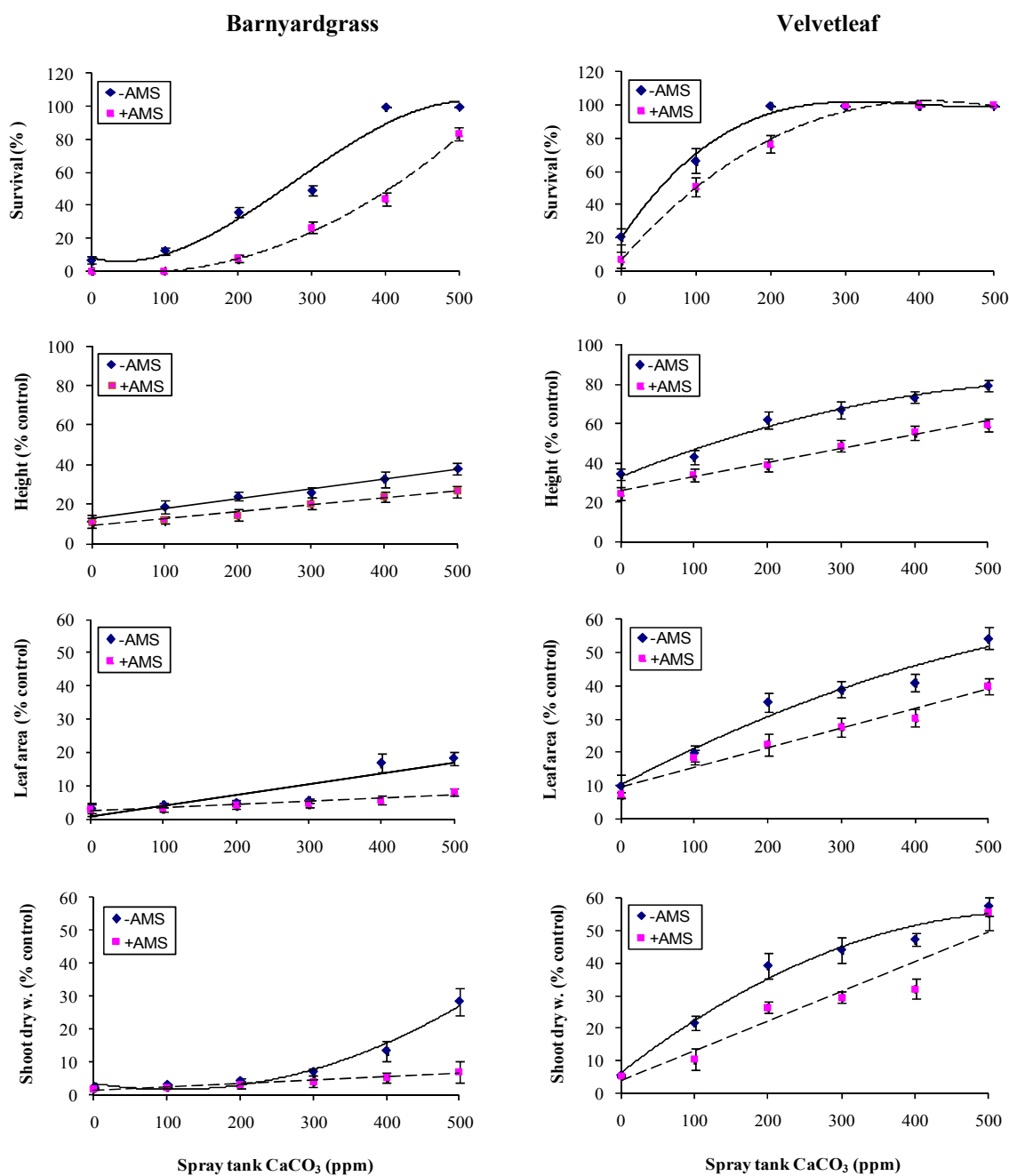
۳- بررسی قلیائیت آب (NaHCO_3) و بهبود آن

نتایج آزمایش نشان داد که حضور بیکربنات سدیم به عنوان مهمترین عامل قلیائیت در محلول علف کش نیکوسولفورون، کارایی آن را در کنترل علف‌های هرز به طور معنی داری ($P \leq 0/01$) تحت تأثیر قرار داد. به طوری که با افزایش غلظت بیکربنات سدیم در مخزن این علف کش، صفات مورد بررسی علف‌های هرز سوروف و برگ مخملی شامل درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت (شکل ۳). اما شیب این افزایش در بیشتر صفات علف هرز سوروف بیش از برگ مخملی بود. بدین صورت که حضور ۵۰۰ قسمت در میلیون بیکربنات سدیم در این آزمایش (بالاترین سطح غلظت) درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی سوروف را در مقایسه با غلظت صفر آن به ترتیب ۹۵، ۲۱، ۸۶ و ۹۲ درصد شاهد افزایش داد.

نتوانست بقاء علف هرز برگ مخملی را در غلظت ۳۰۰ قسمت در میلیون و سطوح بالاتر کربنات کلسیم در مخزن علف کش نیکوسولفورون را از ۱۰۰ درصد کاهش دهد. همچنین در بالاترین غلظت کربنات کلسیم در آب (۵۰۰ قسمت در میلیون)، کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار +AMS در مخزن علف کش نیکوسولفورون ۲۱ درصد وزن خشک اندام هوایی سوروف را نسبت به شاهد کاهش داد، در صورتی که برای علف هرز برگ مخملی این کاهش غیر معنی دار و حدود ۲ درصد بیشتر نبود (شکل ۲).

سولفات آمونیم به عنوان یک ماده افزودنی با علف کش‌های اسید ضعیف استفاده شده و باعث کاهش اثر انتاگونیستیکی بین علف کش با آب سخت می‌گردد (Curran, 2004). علاوه بر این، سولفات آمونیم موجب افزایش غلظت یون‌های هیدروژن بین غشاء سیتوپلاسمی و دیواره سلولی شده که در آن صورت درصد بالایی از مولکول‌های علف کش در همین قسمت غیرقطبی گردیده و با عبور از غشاء سیتوپلاسمی وارد سیتوپلاسم شده و روی محل عمل در گیاه مؤثر خواهد بود (Gronwal et al., 1993). در آزمایشی افزودن سولفات آمونیم به محلول علف کش‌های بنتازون و اسیفلورفن^۱، به هم کاهی حضور کلرید کلسیم در تیمار علف کوکیا (*Kochia scoparia* Green and) غلبه کرد (Nalewaja and Matysiak, 1993). در همین راستا، گرین و کاهیل (Cahill, 2003) نتیجه گرفتند که افزودن ۲ درصد سولفات آمونیم با افزایش دادن pH محلول علف کش نیکوسولفورون از ۴/۶ به ۴/۷، حلالیت علف کش را از ۱۲ درصد به ۱۶ درصد افزایش داد و در نتیجه کارایی

1- Acifluorfen



شکل ۲- پاسخ علف‌های هرز به تغییرات غلظت کربنات کلسیم در محلول علف کش نیکوسولفورون (کاربرد ۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) در واکنش به افزودن ۰ (-AMS) یا ۳ (+AMS) کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم. بارها، خطای استاندارد هستند.

Fig. 2- Weeds response to changes in CaCO_3 concentration of nicosulfuron solution (22 g ai ha^{-1}) in response to the addition of 0 (-AMS) or 3 (+AMS) kg ha^{-1} ammonium sulphate. Bars are standard error.

جدول ۱- پارامترهای مربوط به معادلات ۲، ۳ و ۴ مربوط به برهمکنش بین غلظت کربنات کلسیم و سولفات آمونیم (AMS) در محلول علف کش نیکوسولفورون بر کنترل علف هرز سوروف.

Table 1- The parameters of equations 2, 3 and 4 relate to interaction between CaCO₃ concentration and AMS in nicosulfuron solution on barnyardgrass control.

Trails	(Y ₀)	(a)	(b)	(c)	(R ²)
Survival (%)					
-AMS	8.01	-0.11	0.001	-2e-06	0.96
+AMS	0.38	-0.05	1e-04	-	0.99
Height (% control)					
-AMS	12.52	0.05	-	-	0.98
+AMS	9.23	0.03	-	-	0.97
Leaf area (% control)					
-AMS	0.67	0.03	-	-	0.89
+AMS	2.24	0.01	-	-	0.90
Shoot dry w. (% control)					
-AMS	3.64	-0.03	1e-04	-	0.97
+AMS	1.58	0.01	-	-	0.94

جدول ۲- پارامترهای مربوط به معادلات ۲، ۳ و ۴ مربوط به برهمکنش بین غلظت کربنات کلسیم و سولفات آمونیم (AMS) در محلول علف کش نیکوسولفورون بر کنترل علف هرز برگ مخملی.

Table 2- The parameters of equations 2, 3 and 4 relate to interaction between CaCO₃ concentration and AMS in nicosulfuron solution on velvetleaf control.

Trails	(Y ₀)	(a)	(b)	(c)	(R ²)
Survival (%)					
-AMS	19.73	0.67	-0.001	2e-06	0.99
+AMS	6.72	0.51	-1e-04	3e-07	0.99
Height (% control)					
-AMS	33.13	0.15	-1e-04	-	0.98
+AMS	25.73	0.07	-	-	0.99
Leaf area (% control)					
-AMS	10.29	0.11	-6e-05	-	0.95
+AMS	9.71	0.06	-	-	0.96
Shoot dry w. (% control)					
-AMS	6.49	0.17	-1e-04	-	0.97
+AMS	3.90	0.09	-	-	0.91

در تحقیقی نتیجه گرفتند غلظت زیاد بیکربنات سدیم کارایی علف کش‌های توفوردی آمین (نه فرم استری آن)، گلایفوسیت و دایکامبا را کاهش داد. مقدار بازدارندگی این ترکیب به غلظت آن در محلول سم بستگی داشت. مک مولان (McMullan, 1996) نیز گزارش داد که وجود یون بیکربنات سدیم در آب سمپاش، کارایی علف کش ستوکسیدیم را کاهش می دهد. در مطالعه‌ای گلخانه‌ای، نیلویا و همکاران

این افزایش در شرایط مذکور برای علف هرز برگ مخملی به ترتیب ۴۵، ۵۳، ۴۹ و ۸۹ درصد بود (شکل ۳).

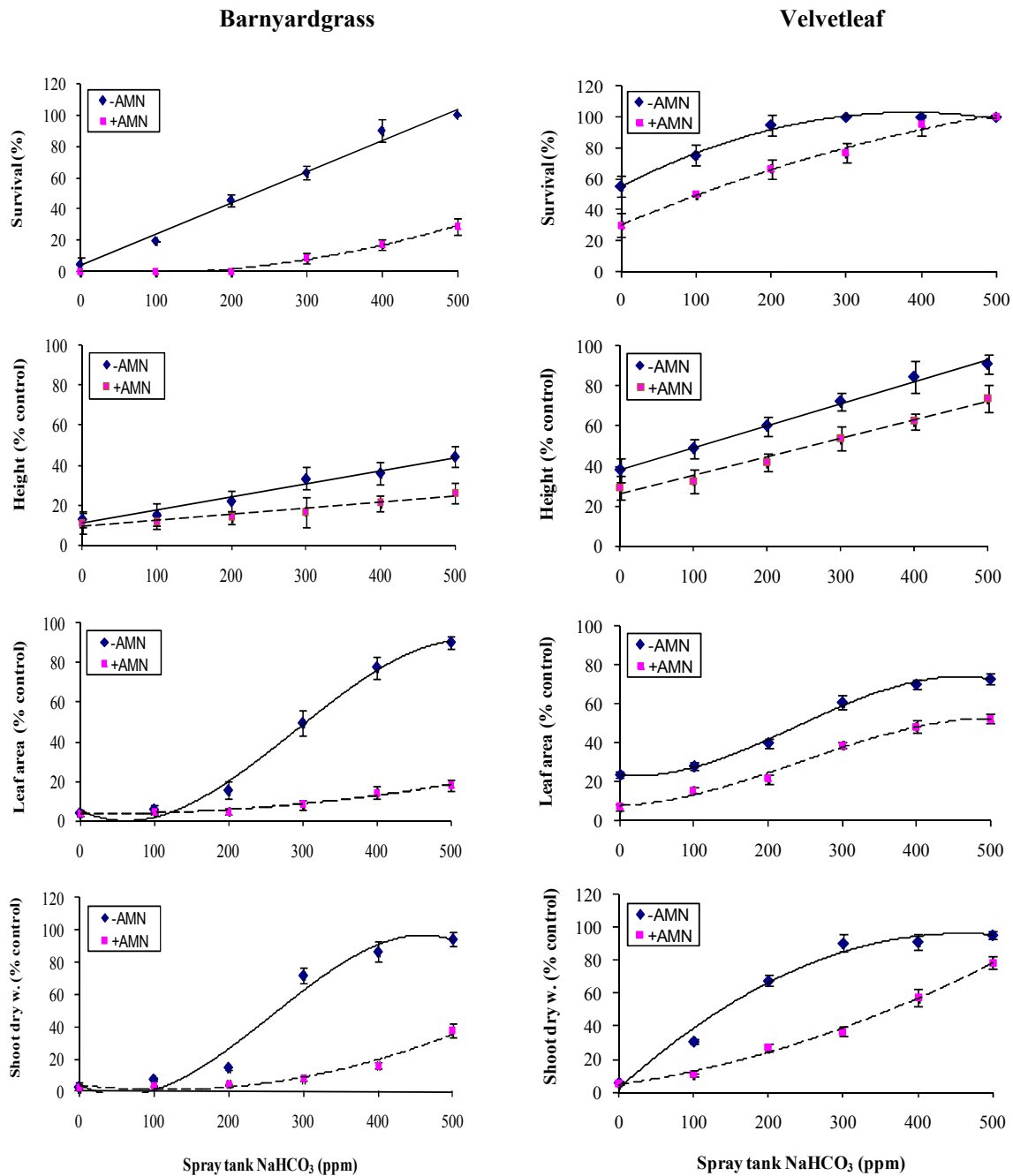
بیکربنات‌ها فعالیت فرم آمینی علف کش توفوردی و باریک برگ کش‌های متعلق به گروه «دیم» مانند ترالکو کسیدیم، ستوکسیدیم و کلتودیم را کاهش دادند (Holm and Henry, 2005; Petroff, 2000). نیلویا و همکاران (Nalewaja *et al.*, 1990)

کش نیکوسولفورون، اثر انتاگونیستی ناشی از حضور بیکربنات سدیم را روی علف هرز سوروف بهتر از علف هرز برگ مخملی تعدیل کرد. اگر چه در بیشتر صفات اندازه گیری شده حتی افزودن AMN به آب خالص نیز کارایی نیکوسولفورون روی برگ مخملی را بهبود بخشید (شکل ۳). پاسخ متفاوت علف های هرز سوروف و برگ مخملی به حضور بیکربنات سدیم و افزودن AMN در مخزن علف کش نیکوسولفورون به خصوصیات گونه گیاهی بستگی داشت. در این خصوص، برخی محققین اظهار داشتند که گونه های علف هرز از نظر ترکیب یونی با هم تفاوت های زیادی دارند، به طوری که کاتیون های دارای اثر کاهندگی می توانند از بافت های گیاهی منشاء بگیرند. بنابراین، اثر بیولوژیکی مواد افزودنی در بین گونه ها با هم متفاوت خواهد بود (Hall et al., 2000).

بر اساس بررسی نیلویا و ماتیسیاک (Nalewaja and Matysiak, 1993)، اختلاط علف کش های فرموله شده به صورت نمک های سدیم با بیکربنات سدیم در مخزن سمپاش حالت متضاد نداشت، چرا که سدیم ترکیب علف کش را تغییر نداد. با این وجود، افزودن نمک های آمونیم (مانند سولفات آمونیم یا نترات آمونیم) به محلول سم ممکن است فرمولاسیون اولیه بعضی علف کش ها را به نمک های آمونیم آن ها تغییر داده و کارایی شان را افزایش دهد.

(Nalewaja et al., 1995) کارایی علف کش نیکوسولفورون تحت تأثیر نمک ها و سرفکتانت های مختلف را مورد بررسی قرار دادند. این محققین نتیجه گرفتند که بیکربنات سدیم موجود در محلول سم بدون توجه به نوع سرفکتانت، با فعالیت نیکوسولفورون به شکل معنی داری اثر انتاگونیستی داشت. به طوری که حضور بیکربنات سدیم (۰/۰۲ مول سدیم) در محلول علف کش نیکوسولفورون (با کاربرد ۱۵ گرم ماده مؤثره در هکتار)، وزن تر خرچنگ گراس را در مقایسه با شاهد (آب مقطر) ۱۶ درصد افزایش داد (از ۳۴٪ به ۵۰٪). جالب آن که کاربرد کلرید سدیم (۰/۰۲ مول سدیم) در محلول علف کش تأثیری در کارایی آن نداشت.

بهبه‌سازی کارایی علف کش نیکوسولفورون در حضور بیکربنات سدیم با افزودن ترکیب نیتروژنه نترات آمونیم (AMN) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج این بررسی در شکل ۳ آمده است. همان طوری که ملاحظه می شود کاربرد نترات آمونیم (+AMN)، اثر هم گاهی بیکربنات سدیم موجود در مخزن سمپاش علف کش نیکوسولفورون در کنترل علف های هرز در مقایسه با عدم کاربرد آن (-AMN) را به شکل معنی داری ($P \leq 0.01$) کاهش داد. به عنوان مثال، افزودن AMN به آب محتوی ۵۰۰ قسمت در میلیون بیکربنات سدیم در مخزن علف کش نیکوسولفورون در مقایسه با عدم کاربرد آن، درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی علف هرز سوروف (درصد شاهد) را به ترتیب ۷۱٪، ۱۸٪، ۷۳٪ و ۵۷٪ کاهش داد. تغییرات مذکور برای علف هرز برگ مخملی به ترتیب معادل صفر، ۱۸٪، ۲۰٪ و ۱۷٪ بود. بنابراین افزودن نترات آمونیم به مخزن سمپاش علف



شکل ۳- پاسخ علف‌های هرز به تغییرات غلظت بیکربنات سدیم در محلول علف کش نیکوسولفورون (کاربرد ۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) در واکنش به افزودن ۰ (-AMN) یا ۰/۵ (+AMN) لیتر در هکتار نیترات آمونیم. بارها، خطای استاندارد هستند.

Fig. 3- Weeds response to changes in NaHCO₃ concentration of nicosulfuron solution (22 g ai ha⁻¹) in response to the addition of 0 (-AMN) or 0.5 (+AMN) L ha⁻¹ ammonium nitrate. Bars are standard error.

جدول ۳- پارامترهای مربوط به معادلات ۲، ۳ و ۴ مربوط به برهمکنش بین غلظت بیکربنات سدیم و نیترات آمونیم (AMN) در محلول علف کش نیکوسولفورون بر کنترل علف هرز سوروف.

Table 3- The parameters of equations 2, 3 and 4 relate to interaction between NaHCO₃ concentration and AMN in nicosulfuron solution on barnyardgrass control.

Trails	(Y ₀)	(a)	(b)	(c)	(R ²)
Survival (%)					
-AMN	3.85	0.20	-	-	0.98
+AMN	0.06	-0.02	2e-04	-	0.99
Height (% control)					
-AMN	10.92	0.07	-	-	0.97
+AMN	9.39	0.03	-	-	0.93
Leaf area (% control)					
-AMN	5.44	-0.18	0.002	-2e-06	0.99
+AMN	3.94	-0.004	7e-05	-	0.97
Shoot dry w. (% control)					
-AMN	4.12	-0.23	0.002	-3e-06	0.97
+AMN	4.08	-0.05	2e-04	-	0.96

جدول ۴- پارامترهای مربوط به معادلات ۲، ۳ و ۴ مربوط به برهمکنش بین غلظت بیکربنات سدیم و نیترات آمونیم (AMN) در محلول علف کش نیکوسولفورون بر کنترل علف هرز برگ مخملی.

Table 4- The parameters of equations 2, 3 and 4 relate to interaction between NaHCO₃ concentration and AMN in nicosulfuron solution on velvetleaf control.

Trails	(Y ₀)	(a)	(b)	(c)	(R ²)
Survival (%)					
-AMN	55.00	0.25	-3e-04	-	0.98
+AMN	30.29	0.20	1e-04	-	0.99
Height (% control)					
-AMN	38.34	0.11	-	-	0.99
+AMN	26.09	0.09	-	-	0.98
Leaf area (% control)					
-AMN	23.43	-0.04	9e-04	-1e-06	0.99
+AMN	7.64	0.01	5e-04	-7e-07	0.99
Shoot dry w. (% control)					
-AMN	2.29	0.41	-4e-04	-	0.98
+AMN	4.64	0.06	2e-04	-	0.99

Henry, 2005). بر اساس نتایج آزمایش نیلویا و همکاران (Nalewaja et al., 1995)، کاربرد نمک‌های آمونیم از جمله نیترات آمونیم در مقایسه با نمک‌های سدیم، کلسیم و منیزیم، بهبود کارایی علف کش نیکوسولفورون را باعث شدند. به عنوان مثال، افزودن نیترات آمونیم (۰/۲ مول آمونیم) به مخزن علف کش نیکوسولفورون (با کاربرد ۱۵ گرم ماده

به عنوان مثال، نمک‌های آمونیم با ممانعت از تشکیل نمک‌های کم جاذب سدیم گلایفوسیت، دایکامبا و 2-4-D، عمل این علف کش‌ها را بهبود بخشیدند (Nalewaja and Matysiak, 1993). در مورد علف کش 2-4-D، اضافه نمودن کودهای نیتروژنه برای بهبود جذب و انتقال این علف کش در مواجهه با یون بیکربنات سودمند نبود (Holm and

آن را به شکل معنی‌داری کاهش دهد. افزودن ترکیبات نیتروژنه سولفات آمونیم و نیترات آمونیم به مخزن سمپاش به ترتیب اثرات سختی و قلیائیت محلول علف‌کش را کاهش دادند و در نتیجه کارایی نیکوسولفورون در کنترل علف‌های هرز سوروف و برگ مخملی را بهبود بخشیدند. با این وجود، بیشترین اثر هم افزایی ناشی از افزودن این ترکیبات تعدیل‌کننده به محلول علف‌کش، مربوط به کنترل سوروف بود. به طور کلی نتایج این تحقیق توجه به کیفیت آب در کارایی علف‌کش نیکوسولفورون و همچنین کاربرد ترکیبات نیتروژنه در تعدیل سختی و قلیائیت آب را مورد تأکید قرار دادند.

مؤثره در هکتار)، وزن تر خرچنگ‌گراس را حدود ۰/۷٪ نسبت به آب خالص افزایش داد. کاربرد سولفات آمونیم تفاوت معنی‌داری از این لحاظ با سولفات آمونیم نداشت (Nalewaja *et al.*, 1995). در تحقیق دیگری افزودن نیترات آمونیم یا نیترات آمونیم اوره^۱ (UAN) به میزان ۰/۲ مول، به انتاگونیستیکی حاصل از حضور ۰/۰۲ مول بیکربنات سدیم در محلول علف‌کش نیکوسولفورون (۴ گرم ماده مؤثره در هکتار) به طور کامل فائق آمده و کنترل علف هرز دم روباهی زرد را به ترتیب ۳۹٪ و ۳۶٪ افزایش دادند. اما کود اوره نتوانست به اثر بازدارندگی بیکربنات سدیم غلبه کند (Nalewaja *et al.*, 1998). از نیترات آمونیم برای افزایش کارایی برخی علف‌کش‌ها در شرایط آب خالص هم استفاده می‌شود. در همین راستا، کاپوستا و همکاران (Kapusta *et al.*, 1994) با افزودن ۲٪ حجمی نیترات آمونیم به محلول علف‌کش نیکوسولفورون در یک آزمایش دُز- پاسخ، افزایش خطی در کنترل دم روباهی بزرگ (*Setaria faberi* Herrm.) مشاهده کردند. بدین صورت که کنترل علف هرز در دُزهای ۱۷، ۳۵، ۵۳ و ۷۰ گرم ماده مؤثره علف‌کش در هکتار به ترتیب ۲۲٪، ۵٪، ۸٪ و ۶٪ افزایش یافت.

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج آزمایش‌ها، علف‌کش نیکوسولفورون به ترتیب در pH های ۸ و ۷ بیشترین تأثیر را بر علف‌های هرز سوروف و برگ مخملی نشان داد. حضور کربنات کلسیم و بیکربنات سدیم در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون توانست کارایی

1- Urea-Ammonium nitrate (UAN 28% N)

References

فهرست منابع

- Ahmadi, H. 1999.** Geomorphology (Wind erosion). Tehran University Press. 688 p.
- Altland, J. 2001.** Water quality affects herbicide efficacy. www.oregonstate. edu. Visited: 2010/11/25.
- Berger, B. M., and N. L. Wolfe. 1996.** Hydrolysis and biodegradation of sulfonylurea herbicides in aqueous buffer systems and anaerobic watersediment systems: Assessing fate pathways using molecular descriptors. Toxicol. Chem., 15:1500-1507.
- Braschi, I., A. Pusino, C. Gessa and J. M. Bollag. 2000.** Degradation of primisulfuron by a combination of chemical and microbiological processes. J. Agric. Food Chem., 48:2565-2571.
- Brown, K. 2006.** Environmental impact on herbicide performance. Manitoba Agriculture and Food, 440-443.
- Bunting, J. A., C. L. Sprague and D. E. Riechers. 2004.** Corn tolerance as affected by the timing of foramsulfuron applications. Weed Technology, 18:757-762.
- Burgess, P. 2003.** Quality of pesticide spray water. www.agrapoint.ca. Visited: 2009/8/5.
- Cowbrough, M. 2002.** Ammonium sulfate (AMS) and glyphosate. Ministry of Agriculture Food & Rural Affairs, Ontario, USA.
- Curran, W.S. 2004.** Weed management organic cropping systems. The Penn State University, Park. PA. <http://www.pubs.cas.psu.edu/freepuds/pdfs/uc.187.pdf>. Accessed November 25, 2008.
- Davis, J. S. 1996.** Integrated weed control in vegetable crops. In Proceedings Crop Protection in Northern Britian, Madison. Pp. 938.
- Green, J. M., and W. R. Cahill. 2003.** Enhancing the biological activity of nicosulfuron whit pH adjusters. Weed Technology, 17:338-345.
- Green, J. M. 2005.** Increasing and decreasing pH to enhance the biological activity of nicosulfuron. Weed Technology, 19:468-475.
- Green, J. M., and T. Hale. 2010.** Increasing the biological activity of weak acid herbicides by Increasing and decreasing pH of the spray mixtyre. Journal of ASTM International (JAI).
- Gronwal, J. W., S. W. Jourdan, D. L. Wyse, D. A. Somers and M. U. Magnusson. 1993.** Effect of ammonium sulfate on absorption of imazethapyr by quackgrass (*Elytrigia repens*) and maize (*Zea mays*) cell suspension culture. Weed Science, 41:325-334.
- Hajmohammadnia Ghalibaf, K., M. H. Rashed Mohassel, M. Nassiri Mahallati and E. Zand. 2011.** Dose response of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medi.) to glyphosate and nicosulfuron under greenhouse condition. Journal of Plant Protection, 25(2): 202-213.
- Hall, G. J., C. A. Hart and C. A. Jones. 2000.** Plants as sources of cations antagonistic to

- glyphosate activity. *Pest Management Science*, 56:351-358.
- Heidekamp, A. J., and A. T. Lemley. 2005.** Hard water. Water quality program, College of human ecology, Cornell University.
- Holm, F. A., and J. L. Henry. 2005.** Water quality and herbicides. www.gov.sk.ca. Visited: 2009/10/11.
- Hultgren, R. P., R. J. M. Hudson and G. K. Sims. 2002.** Effects of soil pH and soil water content on prosulfuron dissipation. *J. Agric. Food Chem.*, 50:3236-3243.
- Istvan, D., and M. Endre. 2009.** Efficacy of herbicides influenced by spray carrier water pH and hardness. *Journal of Agricultural Science, Debrecen*. Pp.141-146.
- Kapusta, G., R. F. Krausz, M. Khan, and J. L. Matthews. 1994.** Effect of nicosulfuron rate, adjuvant, and weed size on annual weed control in corn (*Zea mays*). *Weed Technolog*, 8:696-702.
- Matocha, M.A., and S. A. Senseman. 2007.** Trifloxysulfuron dissipation at selected pH levels and efficacy on Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). *Weed Technology*, 21:674-677.
- McMullan, P.M. 1996.** Grass herbicide efficacy as influenced by adjuvant, spray solution pH, and ultraviolet light. *Weed Technology*, 10:72-77.
- Morrica, P., F. Barbato, R. D. Iacovo, S. Seccia and F. Ungaro. 2001.** Kinetics and mechanism of imazosulfuron hydrolysis. *J. Agric. Food Chem.*, 49:3816-3820.
- Nalewaja, J. D., and R. Matysiak. 1993.** Spray carrier salts affect herbicide toxicity to kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Technology*, 7:154-158.
- Nalewaja, J. D., T. Praczyk and R. Matysiak. 1995.** Salts and surfactants influence nicosulfuron activity. *Weed Technology*, 9:587-593.
- Nalewaja, J. D., T. Praczyk and R. Matysiak. 1998.** Nitrogen fertilizer, oil, and surfactant adjuvants with nicosulfuron. *Weed Technology*, 12:585-589.
- Nalewaja J. D., Z. Woznica and F. A. Manthey. 1990.** Sodium bicarbonate antagonism of 2,4-D amine. *Weed Technology*, 4:588-591.
- Petroff, R. 2000.** Water quality and pesticide performance. www.scarab.msu.montana.edu. Visited: 2010/1/16.
- Saha, S., and G. Kulshrestha. 2002.** Degradation of sulfosulfuron, a sulfonylurea herbicide, as influenced by abiotic factors. *J. Agric. Food Chem.*, 50:4572-4575.
- Sensmen, S. A. 2007.** *Herbicide Handbook*. (9th ed). Weed Science Society of America. 458 p.
- Vega, D., j. p. Cambon and J. Bastide. 2000.** Triflusulfuron-methyl dissipation in water and soil. *J. Agric. Food Chem.*, 48:3733-3737.
- Vencill, V. K. 2002.** *Herbicide Handbook*. 8th ed. Champaign, IL: Weed Science Society of America, Pp. 216-217.
- Zand E., I. Nosrati, K. Hajmohammadnia Ghalibaf and H. Jabbari. 2014.** Water quality

بهینه سازی کارایی علف کش نیکوسولفورون ...

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