مجله‌ی پژوهش علف‌های هرز
جلد ۷، شماره ۲، ۱۳۹۴
صفحات ۷۰-۵۳

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 علف‌کش نیکوسولفورون در شرایط تغییرات کیفیت آب به عنوان حلال علف‌کش 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 ED_{50} 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 علف‌کش نیکوسولفورون در شرایط سختی آب با افزودن ترکیبات نیتروژنه سولفات آمونیم (AMS) (برای تعدیل سختی با مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار)، و همچنین نیترات 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 علف‌کش به شکل معنی‌داری کاهش یافت و اثرات آنتاگونیستیکی آن در کنترل علف‌هرز برگ مخملی بیش از سوروف مشهود بود. افزودن AMS به مخزن علف‌کش محتوی کربنات کلسیم اثرات سختی آب را کاهش داد، ولی در کنترل سوروف موثرتر واقع شد. افزایش غلظت بیکربنات سدیم در مخزن علف‌کش 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 تاثیر افزودن ترکیبات نیتروژنه در تعدیل اثرات سختی و قلیائیت آب را ثابت کردند.

واژه‌های کلیدی: سختی آب، شاخص ED_{50}، قلیائیت، آنتاگونیستیک.

مقدمه

دیویس (Davis, 1996) عواملی چون کنترل مؤثر و سریع علف کش ها، افزایش سطح مزارع و کاهش تنوع، صرفه جویی در وقت و نیرو، و امکان استفاده از سیستم‌های شخم حداقل را از مهم ترین دلایل گسترش کنترل شیمیایی علف‌های هرز برشمرده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۴

۱ - دانشگاه فردوسی مشهد.
۲ - مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی ایران.
* نویسنده مسئول: (hajmohamadnia@um.ac.ir).

است. عوامل متعـددی بر جذب، انتقال و کارایی علف کش‌ها تأثیرگذارندکه از جملـه این عوامل می‌توان به مؤلفه‌های فیزیکی نظیر جهت گیری برگ، شکل برگ، اندازه بـرگ، ضخامت کوتیکول بـرگ و کرک دار بودن آن، عوامل فیزیولوژیکـی مانند مرحله رشد گیاه و میزان شادابی آن، عوامـل محیطی مثل بارندگی پس از سمپاشی، رطوبت نسبی، باد، دما و کیفیت آب مورد استفاده در سمپاشی اشاره کرد (Zand *et al*., 2014).

گاهی ناسازگاری‌های فیزیکی و شیمیایی در بین علف‌کش و سایـر ترکیبات غیر علف‌کشـی یا حامل آن‌ها مشاهده می‌شودکه این ناسازگاری‌ها از مهم‌ترین عوامل کاهش کارایی علف کش‌ها می‌باشند (Zand *et al*., 2014). در این میان آب مهم‌ترین مایعی است که به صورت حامل اکثر علـف کش‌ها در سمپاشی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در نتیجه کیفیت آب مورد استفاده در مخـزن سمپاش می‌تواند در کارایی بهتر و مطلوب‌تر علف‌کش موثر باشـد (Nalewaja and Matysiak, 1993). شاخص‌هـای تعیین کننـده‌ی کیفیت آب که از دیـد کاربرد علف کش‌ها مورد توجه هسـتند شامل اسیدیتـه، سختـی و زلالیت آب می باشنـد که در بین آن‌هـا سختی آب بـا توجه به تأثیرگـذاری آن بر سایر شاخص‌های مذکور از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. بخشی از کیفیت آب های سطحی و زیرزمینی مربوط به بـارش بوده، ولی مهمترین نقش را نوع تشکیلات زمین شناسی، طول مسیر طی شده و مدت زمان این جابجایی ایفـا میکنند. آب در عبور از لایه‌های مختلف زمین و یا در مسـیر حرکت خود در رودخانه‌ها، مواد مختلفی که ناشـی از تخریب سنگ‌ها، وجود املاح و گچ، نمک و آهک در تشکیلات تبخیری و رسوبی می‌باشند را انتقال می‌دهند. از این رو کیفیت آب با توجه به مسیر طی شده و فراوانـی مواد در مسـیر نقاط مختلـف تفاوت زیادی پیدا می‌کننـد (Heidekamp and Lemley, 2005; Ahmadi, 2000).

اسیدیتـه حلال علف‌کش بـر خصوصیاتی مانند پایداری شیمیایی، فراریـت، و سازگاری شیمیایی آن تأثیر گذار اسـت (Green and Hale, 2010).آفت کش‌ها عموماً عملکرد بسـیار خوبـی در محلول کمی اسیدی دارنـد. اگر منبع آب مورد استفاده در سمپاشی pH بیش از ۷ داشته باشد، می‌تواند بر کارایی آفت‌کش اثر منفی بگـذارد، البته استثناهایی هـم وجود دارد. به عنوان مثال، علف کش‌های خانواده سولفونیلیوریا pH هـای اسیدی آب به صورت غیرفعـال در می‌آیند. این در حالی است که اکثـر حشره‌کش‌ها، قارچ کش‌ها و علـف کش‌ها در آب‌هایی که pH آن بیشتر از ۷ باشد (آب‌هـای قلیایی) خیلی سریع تأثیر خـود را از دست می‌دهنـد (Burgess, 2003). بر اسـاس نظر پتروف (Petroff, 2000)، شرایـط اسیـدی آب عمدتاً برای علف کش‌هـای با خاصیت اسیـدی ضعیف با کاربرد پـس رویشـی مناسب است، چـرا که ایـن نوع علف کش‌ها در شرایطی کـه غلظت یون H^+ در آب بیشتر باشد کمتر از هم گسسته می‌شوند. در غیر این صورت (اگـر pH آب از ۷ تجاوز کـرد) باید از مواد افزودنی مناسب استفاده نمود (Petroff, 2000).

در محلـول آب معمولا شش عنصـر مهم وجود دارد کـه به مجموع این عناصر کل مواد جامد حل شده در آب گفتـه می‌شود. این‌ها یون‌های با بار منفی (مانند SO_4^-, Cl^-, HCO_3^-) و یـون هـای با بـار مثبت (مانند Ca^{++}, Mg^{++}, Na^+) هستند. اگر غلظت این عناصر را به طور مسـتقیم اندازه‌گیری کنیم و مجموع این شش یون بیشتر از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد، بایسـتی از مصرف

و مخلوط کردن چنیـن آبی با علف‌کش اجتناب کرد، زیرا کارایی علف کش‌هایی ماننـد فرم آمینی 2-4-D را کاهـش می‌دهنـد (Holm and Henry, 2005). آب سخـت به آب حـاوی سطـوح بالایـی از املاح کلسـیم، منیزیم، سدیم یا آهن گفته می‌شود. وجود این کاتیون‌هـای فلزی چند ظرفیتی، به خصوص کلسـیم و منیزیم در آب زیر زمینی که دارای حلالیت کمی بوده و زودتر رسوب میکننـد، از عوامل اصلی ایجاد سختی در آب هسـتند. از آن جایی که سنگ بستر در ایران نیز آهـک و دولومیت است، در نتیجه کلسـیم و منیزیم به وفور و گاهی با غلظت‌های بسیار بالا در منابع آبی یافت می‌شوند (Zand *et al*., 2014).

قلیاییـت آب‌هـا بـه دلیـل وجـود کربنات‌هـا، بیکربنات‌ها، هیدروکسیدها و فسـفات‌هاست و در بین این مـواد کربنات‌ها و بیکربنات‌ها نقـش عمده‌ای ایفا می‌کننـد (بیکربنات‌ها عامـل اصلی قلیاییـت به شمار می‌روند). اگر غلظت یون بیکربنات (HCO_3^-) در آب از ۵۰۰ قسـمت در میلیون تجـاوز نماید، فعالیت برخی علـف کش‌ها کاهش می‌یابد. استفاده از سرفکتنت‌ها و مـواد افزودنی می‌تواند به اصـلاح کیفیت و اثرگذاری این آب‌ها در سمپاشی‌ها بیانجامد و نتیجه آن نیز کاهش مصرف علف‌کش‌ها باشد (Brown, 2006؛ Petroff, 2000). بنابـر تحقیقات انجام یافتـه، ترکیبات نیتروژنه ماننـد سولفات آمونیـوم (AMS)[1] و نیتـرات آمونیم (AMN)[2] به عنـوان کودی که در دسترس کشاورزان قرار دارد و همچنیـن به عنوان یک سرفکتنت غیریونی می‌تواننـد در مخـزن سمپـاش با برخـی علف‌کش‌ها ترکیـب شده و کارایی و جـذب آن‌ها را افزایش دهند (Nalewaja *et al.,* 1998). مرور منابع مختلف نشان داد که ترکیبات آمونیم مانند سولفات آمونیم یا نیترات آمونیم معمولا اثر هم افزایی بر کارایی علف کش‌های پس رویشی دارند. با وجود این، اثرات انتاگونیسـتیکی نیز گـزارش شـده اسـت (Bunting *et al*., 2004; Kapustaet *al*., 1994; Nalewaja *et al*., 1998).

نیکوسولفورون (Cruse®, 4% SC) علفکشی جدید و دومنظوره از خانواده شیمیایی سولفونیلیوریاها[3] بازدارنـده استولاکتات سینتـاز[4] (ALS) و محلول در آب اسـت. نیکوسولفـورون به صـورت پس رویشی بـه تنهایی و یا مخلوط، جهت کنتـرل بیشتر علف‌های هرز یکسـاله و تعدادی چندساله باریـک برگ، مانند جانسـونگراس، و برخی از علف‌هـای هرز پهن برگ در مزرعه ذرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. علف‌های هرز باریک برگ سـوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) و پهـن بـرگ برگ مخملـی (*Abutilon theophrasti* Medi.) با خصوصیات مورفولوژیکی متفـاوت در طیف کنترل این علف‌کش قرار می‌گیرند (Sensmen, 2007).

همان‌طـور که اشاره شد کیفیت آب‌های سطحی و زیرسطحـی در ایران، به لحـاظ کاتیون‌ها و اسیدیته، مناسب مصرف بیشتر علف‌کش‌ها نیست. بنابراین توجه بیشتر به تحقیقات کیفیت آب در سمپاشی، جهت بهبود کارایی و کاهش مصرف علف کش‌ها در کشور بیش از پیش ضرورت می‌یابد (Zand *et al*., 2014). پژوهش حاضر با هدف بهبود کارایی علف‌کش نیکوسولفورون بـا افزودن ترکیبـات نیتروژنه مانند سولفـات آمونیم و نیتـرات آمونیم تحت تأثیـر تغییرات کیفیـت آب در

1- Ammonium sulphate
2- Ammonium nitrate
3- Sulfonylurea
4- Acetolactate synthase inhibitor

سمپاشـی در تیمار علف‌هـای هرز سـوروف و برگ مخملی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بذور جوانه زده علف‌های هرز در گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر و عمق ۲۰ سانتی متر شامل ۱ قسـمت ماسه، ۲ قسـمت خـاک مزرعه و ۱ قسـمت خاکبرگ نشاء شدنـد و بعد از سبز شـدن، در مرحله یک برگ حقیقـی به ۵ بوته تنک شدند. شرایط نگهداری گلدان ها در گلخانه شامل ۱۶ ساعـت روشنایی با نور طبیعی و تکمیلی (به کمک لامپ بخـار سدیم) در دمای ۲۵ تا ۲۷ درجـه سانتی‌گراد و ۸ ساعت تاریکی (دمای ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی گراد) بود. آبیاری نیز بر حسـب نیاز گیاه از زیر گلدان‌ها انجام شد.

کارایـی علف‌کش نیکوسولفـورون تحت تأثیر تغییـرات کیفیـت آب در آزمایش‌هـای جداگانـه فاکتوریل در قالب طـرح بلوک‌های کامل تصادفی با شـش تکرار (به انضمام ۶ گلدان شاهد بدون سمپاشی) در گلخانـه‌ی تحقیقاتی دانشگـاه فردوسی مشهد طی سـال ۱۳۹۰ انجام شـد. ابتدا یک آزمایـش مقدماتی دز- پاسخ برای تعییـن شاخص ED_{50} نیکوسولفورون (دز مؤثـر علف کش برای کاهش ۵۰ درصد زیسـت تـوده علف هرز) در شرایط گلخانـه اجرا شد و مقدار ثابت این شاخص (۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) برای آزمایش‌های اصلی بـه دست آمد. آزمایشهای کیفیت آب شامـل آزمایش اسیدیته آب (pH) در هفت سطح ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ بـه کمک محلول‌های بافر آماده شرکت مـرک آلمان[1] (McMullan, 1996) همراه ۳ گلدان شاهـد برای هر سطح pH، آزمایش سختی با تغییر غلظت کربنات کلسـیم در شش سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ قسـمت در میلیـون در آب دیونیزه (W/V)، و آزمایش قلیائیت با تغییرات غلظت بیکربنات سدیم در شش سطـح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ قسـمت در میلیون در آب دیونیزه (W/V) بودند. بررسی بهبود کارایی علف‌کش نیکوسولفورون با افزودن ترکیبـات نیتروژنه سولفات آمونیم (AMS) (برای تعدیـل سختی با مقدار ۳ کیلوگـرم در هکتار؛ Brown, 2006)، و همچنین نیترات آمونیم (AMN) (بـرای تعدیـل قلیائیت با مقـدار ۰/۵ لیتـر در هکتار؛ Holm and Henry, 2005) انجام شد.

محلول علف‌کش نیکوسولفورون (بدون مویان) به صورت پس رویشی در مرحله ۳ تا ۴ برگی علف‌های هرز با توجه به شاخص ED_{50} 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 بادبزنـی ۸۰۰۱ و میزان خروجـی ۲۵۰ لیتر در هکتار و بـا فشار پاشـش 200 kPa تیمار شد. بـه منظور تعیین درجه تأثیر تیمارهای صـورت گرفته، چهار هفته پس از سمپاشی بوته‌های علف هـرز، 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). ارتفـاع بوته، سطح برگ (به کمک دستگاه LAM شرکت ΔT)، وزن تر و خشک بخش هوایی تـک بوته علف‌هـای هرز (بـا برداشت بخش هوایـی گیـاه از سطح خاک گلـدان و خشک کردن نمونه ها در آون دمـای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت

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

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

(معادله ۱) [۱۰۰× (تعداد بوته اولیه موجود در هر گلدان/ تعداد گیاهان زنده مانده ۴ هفته پس از سمپاشی) = ٪ بقاء]

برای تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به تغییرات درصد بقاء، 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)، پلی نومیال درجه دو (معادله ۳) و پلی نومیال[1] درجه سه (معادله ۴) استفاده شد. برازش مدلهای فوق و تجزیه رگرسیونی و رسم نمودارها به کمک نرم افزارهای Excel 2007 و SLIDWRITE 2.0 انجام شد.

(معادله ۴) $Y=Y0+aX+bX^2+cX^3$؛ (معادله ۳) $Y=Y0+aX+bX^2$؛ (معادله ۲) $Y=Y0+aX$

در این معادلات، Y صفت مورد نظر؛ Y0 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 علف‌کش نیکوسولفورون در pH برابر ۸ محلول سمپاش بیشترین تأثیر را در مهار علف هرز سوروف نشان داده است ($P\leq ۰/۰۱$) 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 علف‌کش حاصل شد و اسیدیته‌های کمتر از ۷ و بیشتر از ۸ کارایی علف‌کش 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، پریمی سولفورون، پروسولفورون، سولفوسولفورون، تریاسولفورون، تری فلوکسی سولفورون و تری فلوسولفورون (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 محلول های آبی گزارش شده است.

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

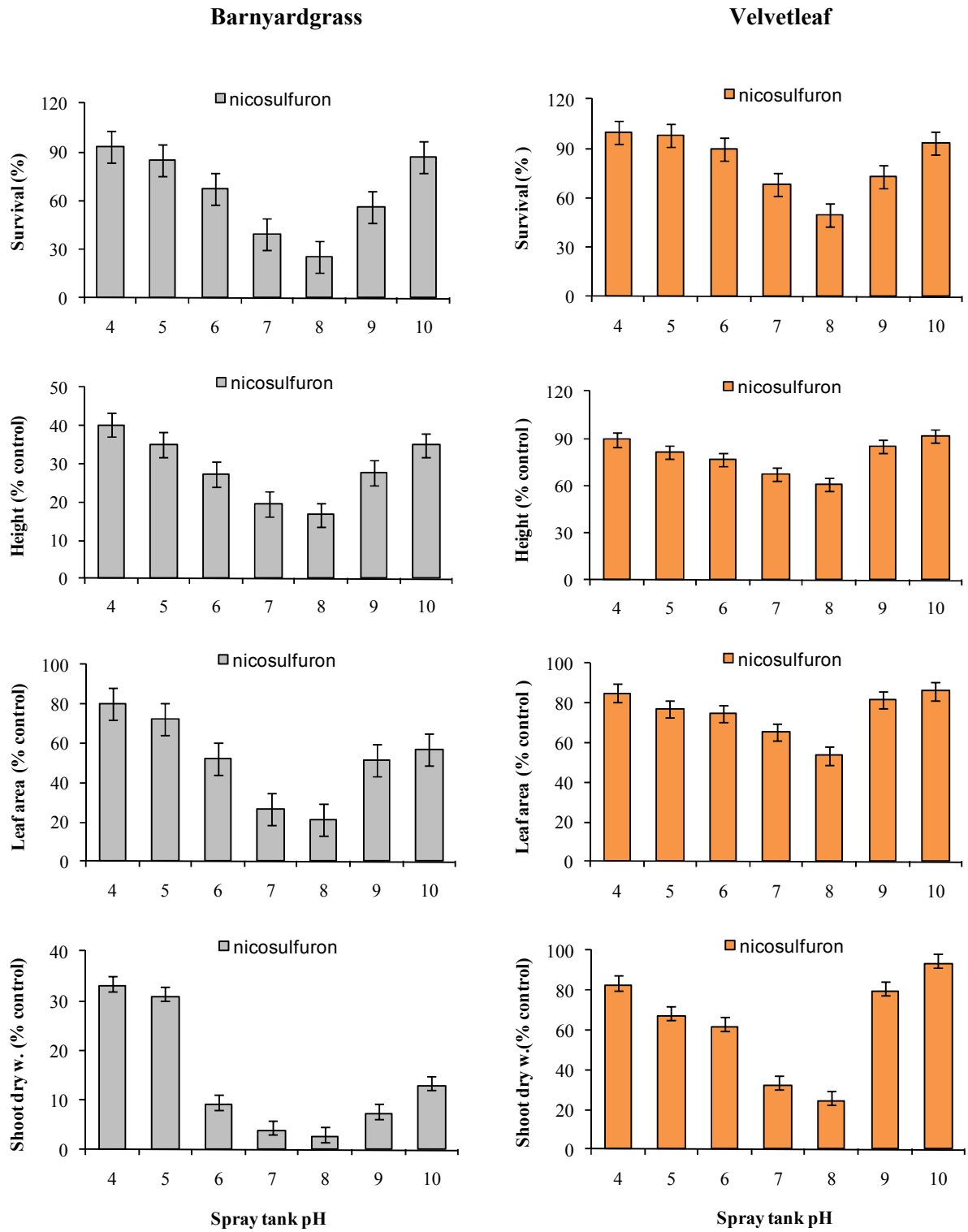
1- Polynomial

۵، ۷ و ۹ دریافتنـد که هیدرولیز این علف کش در pH اسیدی در مقایسـه با pH های خنثـی و قلیایی، سریعتر اتفاق افتـاد. به طوری که، یک حلال اسیدی حدود ۱۰ درصد ماده مؤثره ایـن علف کش را پس از ۴۸ ساعت اختـلاط کاهش داد. در حالی که بـرای افت برابر ماده مؤثره این علف‌کش در یـک حلال خنثی یا قلیایی، به ۱۲۰ ساعت زمان پـس از اختلاط نیاز بود. در آزمایش گریـن و کاهیـل (Green and Cahill, 2003) نیـز هنگامی که عوامل قلیایی کننده به مخزن سمپاش اضافه شـد، باعث افزایش pH محلـول نیکوسولفورون شد و خرچنگ گراس بـزرگ (*Digitaria sanguinalis*) به خوبی بـا این علف‌کش کنترل گردید. این محققین، افزایش تأثیـر نیکوسولفورون را ناشی از حلالیت بالاتر آن در pH بالا دانسـتند. در پژوهـش دیگری، کارایی علف کش نیکوسولفورون با افزودن تعدیل کننده های pH در کنترل علف‌های هـرز سوروف و دم روباهی زرد (*Setaria glauca*) حـدود ۲۰ تـا ۴۰ درصـد افزایش یافـت. این افزایش فعالیت بیولوژیکی در تیمار ارزن پروسـو (*Panicum miliaceum*) تا ۳۰ درصد، و در تاتوره (*Datura stramonium*) ۱۰ تا ۲۰ درصد مشاهده شد (Istvan and Endre, 2009).

در آزمایشی که تأثیـر pH محلول سم بر کارایی علـف کش‌هـای سایکلوهکسـاندیون[1] (CHD) و اریلوکسی فنوکسـی پروپیونات[2] (APP) مورد بررسی قـرار گرفت، مشخص شـد که با افزایـش pH مخزن سمپـاش به بیش از ۷، کارایـی علف کش های CHD (شامل کلتودیم و ترالکوکسـیدیم) کاهـش یافت، اما علـف کش هـای APP (شامل فنوکسـاپروپ- پی و کوئیزالوفوپ) تحت تأثیر تغییرات اسیدیته محلول قرار نگرفتنـد. دلیل این امـر را به فرمولاسیـون استری ماده اولیـه علف کش هـای APP که مانـع یونیزاسیون آن ها می شود، مرتبط دانسـته‌اند (McMullan, 1996). در تحقیـق ماتوکـا و همکـاران (Matocha *et al*., 2006) ثابـت شـد که جذب علف‌کش تریفلوکسـی سولفـورون به طـور متوسـط در گونـه‌ای امارانتوس پالمـر (*Amaranthus palmeri*) و علـف تکـزاس (*Caperonia palustris*)، کاهـش معنی‌داری در ۵ =pH مخزن سمپاش (۵۲٪) در مقایسه با pH های ۷ و ۹ (به ترتیـب ۶۱٪ و ۶۰٪) نشان داد. این داده‌ها بیانگر این بود که افزایش pH محلول سم علف کش تریفلوکسی سولفورون تـا ۲ واحد بالاتر از مقـدار pKa (=۴/۸۱) جـذب این علف کـش را بهبود بخشیـد. این محققین جذب کمتر این علف کش در pH اسیدی را به کاهش حلالیت آن مرتبط دانستند (Matocha *et al*., 2006).

همچنین مقایسـه نتایج بین دو علـف هرز در این آزمایش نشـان داد که علف‌کـش نیکوسولفورون در مجموع صفـات اندازه‌گیری شده کنتـرل بهتری روی علف هرز سوروف در مقایسـه با بـرگ مخملی داشته است. به طوری که درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشـک اندام هوایی علف هـرز سوروف در ۸ =pH به ترتیب تـا ۲۵، ۱۶/۷، ۲۱/۶ و ۲/۶ درصد شاهد بدون سمپاشی کاهش یافت. تحت این شرایط تغییر این صفات برای علف هرز بـرگ مخملی به ترتیب معادل ۵۰، ۶۱، ۵۳/۶ و ۲۴/۵ بود (شکل ۱).

1- Cyclohexanedion
2- Aryloxyphenoxypropionate



شکل۱- 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 soloution (22 g ai ha^{-1}). Bars are standard error.

۲- بررسی سختی آب ($CaCO_3$) و بهبود آن

بـا افزایـش غلظـت کربنات کلسـیم بـه عنوان رایـج تریـن ترکیـب سختـی آب در محلـول علف کـش نیکوسولفورون، کنترل علف‌هـای هرز به شکل معنـی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) 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 کلسـیم در محلول علف‌کش نیکوسولفـورون 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 (درصـد شاهد) را در مقایسـه با غلظت صفر آن به ترتیـب 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 ایـن ارتباط، نیلوایا و همکـاران (Nalewaja *et al*., 1995) با بررسی تأثیر ترکیبات مختلف کلسیم از جملـه کربنات کلسـیم به مقـدار ۰/۰۲ مول در آب بـه عنوان حلال علف کش نیکوسولفـورون (با کاربرد ۱۵ گـرم ماده مؤثـره در هکتار و حجـم سمپاشی ۱۶۰ لیتر در هکتـار) در تقابل با هفت نـوع سرفکتنت روی کنترل علف‌انگشتـی در شرایط گلخانـه، دریافتند که افزودن کربنات کلسـیم در واکنش با سورفکتانت ها به طـور میانگین سمیت نیکوسولفورون را حدود ۸ درصد کاهش داد. این هم کاهی در یون کلسیم حاصل از منبع کلرور کلسـیم ($CaCl_2$) به دو برابـر افزایش یافت. در تحقیق دیگری، حساسیت سه علف‌کش تربوتیلازین[1]، مزوتریون[2] و نیکوسولفورون در برابر حامل سموم مورد بررسـی قرار گرفت و ثابت شد که از این لحاظ تفاوت معنـی‌داری وجود دارد. به طوری که حسـاسیت علف کش تربوتیلازین به سختی آب چشمگیر بود، در حالی که علف کش مزوتریون پاسخ معنی‌داری به سختی آب نشـان نداد و کارایی علف‌کـش نیکوسولفورون نیز به تغییرات سختـی مخزن سمپاش متوسط بـود (Istvan and Endre, 2009). در خصـوص پاسـخ متفـاوت گونه‌های گیاهی به حضور کاتیون‌ها در مخزن سمپاش نیز کوبروگ (Cowbrough, 2002) معتقد است آب مورد استفاده در سمپاشی تنها منبع کاتیون‌ها نیست، بلکه بافـت گیاهی نیز می‌تواند ایـن یون‌ها را در سطح برگ ایجاد کند. بنابراین اثر انتاگونیسـتیک بیشتر علف هرز برگ مخملی در مقایسـه با سوروف در این آزمایش به سطوح بالاتر کلسـیم در فضای داخل سلولی برگ‌های آن مرتبط است (Altland, 2001).

افـزودن سولفـات آمونیـم (AMS+) به محلول سـم در این آزمایش، اثرات بازدارنده کربنات کلسـیم آب را کاهـش داد و تأثیر علـف کش نیکوسولفورون را در کنترل علف‌های هـرز بهبود بخشید. جالب‌تر آن که حتی در شرایط آب خالص (نبودن کربنات کلسیم) نیز اضافـه کردن AMS+ کارایـی علف‌کش را روی برخی از صفـات اندازه‌گیری شده علـف هرز افزایش داد (شکـل ۲). اگر چـه رفع اثر انتاگونیسـتی ناشی از غلظت‌هـای بالاتر یون کلسـیم در محلول علف‌کش با افزودن AMS+ در علف‌هرز برگ مخملی در مقایسـه بـا سوروف کمتر بود. به عنـوان مثال، کاربرد AMS+

1- Terbuthylazine
2- Mesotrion

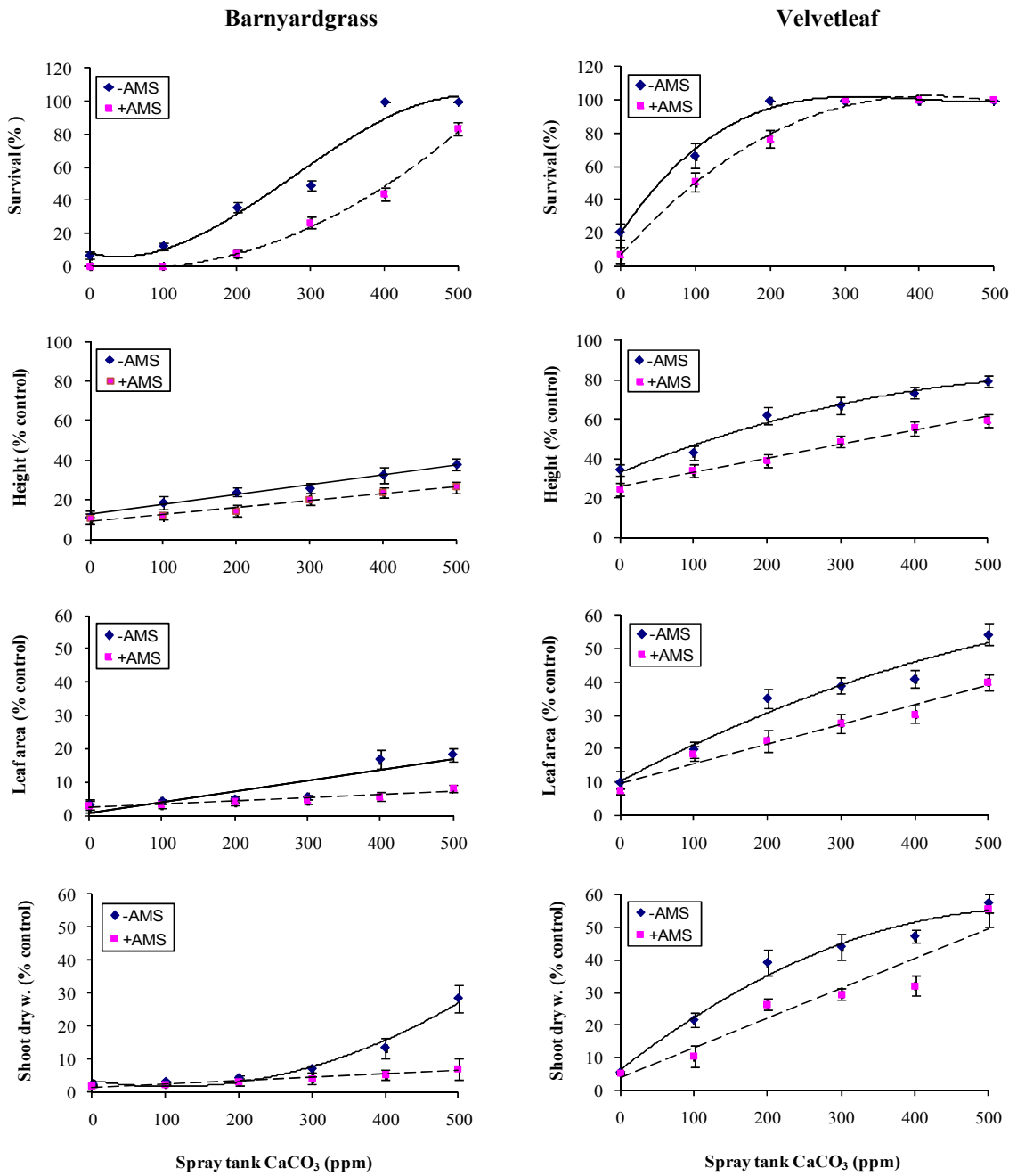
نتوانست بقاء علف هرز برگ مخملی را در غلظت ۳۰۰ قسمت در میلیون و سطوح بالاتر کربنات کلسیم در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون را از ۱۰۰ درصد کاهش دهد. همچنین در بالاترین غلظت کربنات کلسیم در آب (۵۰۰ قسمت در میلیون)، کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار AMS+ در مخزن علف کش نیکوسولفورون ۲۱ درصد وزن خشک اندام هوایی سوروف را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

سولفات آمونیم به عنوان یک ماده افزودنی با علف‌کش‌های اسید ضعیف استفاده شده و باعث کاهش اثر انتاگونیستیکی بین علف‌کش با آب سخت می‌گردد (Curran, 2004). علاوه بر این، سولفات آمونیم موجب افزایش غلظت یون های هیدروژن بین غشاء سیتوپلاسمی و دیواره سلولی شده که در آن صورت درصد بالایی از مولکول‌های علف‌کش 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 علف‌کش‌های بنتازون و اسیفلورفن[1]، به هم کاهی حضور کلرید کلسیم در تیمار علف کوکیا (*Kochia scoparia*) غلبه کرد (Nalewaja and Matysiak, 1993). در همین راستا، گرین و کاهیل (Green and 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 علف‌کش نیکوسولفورون را در تیمار خرچنگ‌گراس بهبود بخشید. حتی افزودن سولفات آمونیم به محلول علف‌کش نیکوسولفورون فاقد یون کلسیم در آزمایش این محققین، افزایش تأثیر آن روی خرچنگ‌گراس 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 ($P\leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر قرار داد. به طوری که با افزایش غلظت بیکربنات سدیم در مخزن این علف‌کش، 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.

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 soloution (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 $CaCO_3$ concentration and AMS in nicosulfuron soloution 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 $CaCO_3$ concentration and AMS in nicosulfuron soloution 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

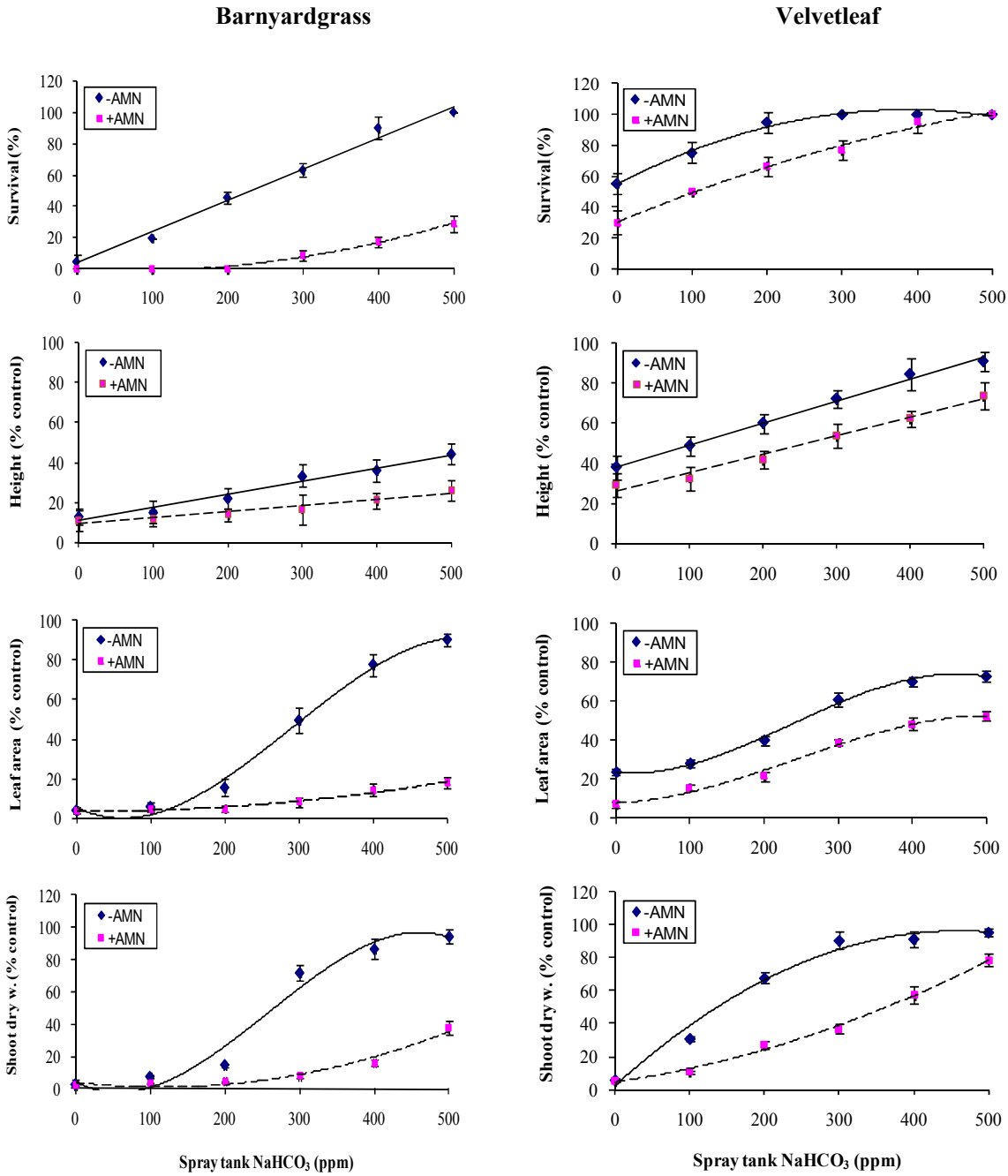
این افزایش در شرایط مذکور برای علف هرز برگ مخملی به ترتیب ۴۵، ۵۳، ۴۹ و ۸۹ درصد بود (شکل ۳).

بیکربنات‌ها فعالیت فرم آمینی علف‌کش توفوردی و باریک برگ‌کش‌های متعلق به گروه «دیم» مانند ترالکوکسیدیم، ستوکسیدم و کلتودیم را کاهش دادند (Holm and Henry, 2005; Petroff, 2000). نیلوایا و همکاران (Nalewaja *et al*., 1990) در تحقیقی نتیجه گرفتند غلظت زیاد بیکربنات سدیم کارایی علف‌کش‌های 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 ستوکسیدم را کاهش می دهد. در مطالعه‌ای گلخانه‌ای، نیلوایا و همکاران

(Nalewaja *et al*., 1995) کارایی علف‌کش نیکوسولفورون تحت تأثیر نمک‌ها و سرفکتنت‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند. این محققین نتیجه گرفتند که بیکربنات سدیم موجود در محلول سم بدون توجه به نوع سرفکتنت، با فعالیت نیکوسولفورون به شکل معنی‌داری 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 خرچنگ‌گراس 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.

بهینه‌سازی کارایی علف کش نیکوسولفورون در حضور بیکربنات سدیم با افزودن ترکیب نیتروژنه نیترات آمونیم (AMN) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج این بررسی در شکل ۳ آمده است. همان طوری که ملاحظه می‌شود کاربرد نیترات آمونیم (AMN+)، اثر هم کاهی بیکربنات سدیم موجود در مخزن سمپاش علف کش نیکوسولفورون در کنترل علف‌های هرز در مقایسه با عدم کاربرد آن (AMN-) را به شکل معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) 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 نیترات آمونیم به مخزن سمپاش علف 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 می‌توانند 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 نیلوایا 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 نیترات 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.



شکل ۳- پاسخ علف های 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 $NaHCO_3$ concentration of nicosulfuron soloution (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 $NaHCO_3$ concentration and AMN in nicosulfuron soloution 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 $NaHCO_3$ concentration and AMN in nicosulfuron soloution 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

به عنوان مثال، نمک‌های آمونیم با ممانعت از تشکیل نمک‌های کم جاذب سدیم گلایفوسیت، دایکامبا و 2-4-D، عمل این علف‌کش‌ها را بهبود بخشیدند (Nalewaja and Matysiak, 1993). در مورد علف‌کش 2-4-D، اضافه نمودن کودهای نیتروژنه برای بهبود جذب و انتقال این علف‌کش در مواجهه با یون بیکربنات سودمند نبود (Holm and Henry, 2005). بر اساس نتایج آزمایش نیلوایا و همکاران (Nalewaja *et al*., 1995)، کاربرد نمک‌های آمونیم از جمله نیترات آمونیم در مقایسه با نمک‌های سدیم، کلسیم و منیزیم، بهبود کارایی علف‌کش نیکوسولفورون را باعث شدند. به عنوان مثال، افزودن نیترات آمونیم (۰/۲ مول آمونیم) به مخزن علف کش نیکوسولفورون (با کاربرد ۱۵ گرم ماده

مؤثـره در هکتار)، وزن تـر خرچنگ‌گراس را حدود ۷٪ نسـبت به آب خالص افزایش داد. کاربرد سولفات آمونیم تفـاوت معنـی‌داری از این لحاظ بـا سولفات آمونیـم نداشـت (Nalewaja *et al*., 1995). در تحقیق دیگری افزودن نیترات آمونیم یا نیترات آمونیم اوره[1] (UAN) بـه میزان ۰/۲ مول، به انتاگونیسـتیکی حاصل از حضور ۰/۰۲ مول بیکربنات سدیم در محلول علف کـش نیکوسولفـورون (۴ گرم مـاده مؤثره در هکتـار) به طور کامل فائق آمده و کنترل علف هرز دم روباهـی زرد را به ترتیب ۳۹٪ و ۳۶٪ افزایش دادند. اما کود اوره نتوانسـت به اثر بازدارندگی بیکربنات سدیم غلبـه کنـد (Nalewaja *et al*., 1998). از نیتـرات آمونیـم برای افزایش کارایی برخـی علف کش‌ها در شرایط آب خالص هم استفاده می‌شود. در همین راستا، کاپوستـا و همکـاران (Kapusta *et al*.,1994) بـا افزودن ۲٪ حجمی نیترات آمونیم به محلول علف‌کش نیکوسولفورون در یک آزمایـش دُز- پاسخ، افزایش خطی در کنترل دم روباهی بزرگ (*Setaria faberi Herrm*.) مشاهـده کردند. بدین صـورت که کنترل علـف هـرز در دُزهـای ۱۷، ۳۵، ۵۳ و ۷۰ گـرم ماده مؤثـره علف‌کش در هکتار به ترتیـب ۲۲٪، ۵٪، ۸٪ و ۶٪ افزایش یافت.

نتیجه‌گیری نهایی

بـر اسـاس نتایـج آزمایش‌هـا، علـف کـش نیکوسولفورون به ترتیـب در pH های ۸ و ۷ بیشترین تأثیـر را بر علف‌هـای هرز سـوروف و برگ مخملی نشـان داد. حضور کربنات کلسـیم و بیکربنات سدیم در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون توانسـت کارایی آن را بـه شکـل معنـی‌داری کاهـش دهـد. افزودن ترکیبـات نیتروژنـه سولفات آمونیم و نیتـرات آمونیم به مخـزن سمپاش به ترتیـب اثرات سختـی و قلیائیت محلول علف‌کش را کاهـش دادند و در نتیجه کارایی نیکوسولفـورون در کنترل علف‌های هـرز سوروف و برگ مخملـی را بهبود بخشیدند. با این وجود، بیشترین اثر هم افزایی ناشی از افزودن این ترکیبات تعدیل کننده به محلـول علف‌کش، مربوط به کنتـرل سوروف بود. بـه طور کلی نتایج این تحقیـق توجه به کیفیت آب در کارایی علف‌کش نیکوسولفـورون و همچنین کاربرد ترکیبـات نیتروژنه در تعدیل سختـی و قلیائیت آب را مورد تأکید قرار دادند.

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 Proccedings 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 ulteraviolet 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 Socity 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

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