نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۳۰۱-۲۹۲

Journal of Plant Protection
Vol. 28, No. 3, Fall 2014, P. 292-301

تأثیر نیترات آمونیم بر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم آب مخزن سمپاش در کارآیی علف‌کش‌های گلیفوسیت و نیکوسولفورون روی علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۲

چکیده

تأثیر نیترات آمونیم (AMN) بر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم ($NaHCO_3$) موجود در آب مخزن سمپاش علف‌کش‌های گلیفوسیت (Roundup®, 41% SL) و نیکوسولفورون (Cruse®, 4% SC) بر کنترل علف‌های هرز سوروف [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.] و گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medicus.) به صورت آزمایشات جداگانه فاکتوریل ۲×۶ و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تکرار (به انضمام ۶ گلدان شاهد بدون سمپاشی) طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل مقادیر بی‌کربنات سدیم در شش سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ قسمت در میلیون در آب دیونیزه (w/v)) در ترکیب با مقادیر ۰ یا ۰/۵ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیم (AMN) به عنوان تعدیل کننده قلیائیت آب بودند. محلول علف‌کش‌های نیکوسولفورون و گلیفوسیت به ترتیب در مقادیر ثابت ۲۲ و ۱۵۸ گرم ماده مؤثره در هکتار (با توجه به شاخص ED_{50} حاصل از آزمایش مقدماتی) به صورت پس رویشی در مرحله ۳ تا ۴ برگی علف‌های هرز در حجم سمپاشی ۲۵۰ لیتر در هکتار اعمال شدند. نتایج آزمایش، تأثیر معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) اثرات اصلی بی‌کربنات سدیم، نیترات آمونیم و نیز اثر متقابل بی‌کربنات کلسیم و نیترات آمونیم در مخزن علف‌کش‌ها را ۴ هفته پس از کاربرد روی بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی (درصد شاهد) علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه نشان داد. افزودن AMN به مخزن سمپاش با کاهش اثرات قلیائیت آب، تأثیر علف‌کش‌ها را به طور مؤثری بهبود بخشید، ولی این افزایش کارآیی در علف‌کش نیکوسولفورون بر علف هرز سوروف، و در علف‌کش گلیفوسیت در کنترل گاوپنبه مشهودتر بود. در مجموع، نتایج این آزمایش اهمیت نیترات آمونیم در غلبه بر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم مخزن سمپاش علف کش‌های گلیفوسیت و نیکوسولفورون را مورد تأیید قرار داد.

واژه‌های کلیدی: قلیائیت آب، کارآیی علف‌کش، شاخص ED_{50}

مقدمه

بی‌کربنات‌های موجود در آب عامل اصلی قلیاییت آن به شمار می‌روند و می‌توانند بعضی علف‌کش‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. به طوری که، اگر غلظت یون بی‌کربنات (HCO_3^-) در آب از ۵۰۰ قسمت در میلیون تجاوز نماید، فعالیت برخی علف‌کش‌ها کاهش می‌یابد (۵، ۱۳ و ۲۸). به عنوان مثال، بی‌کربنات‌ها فعالیت فرم آمینی علف‌کش توفوردی و باریک برگ‌کش‌های متعلق به گروه «دیم» مانند ترالکوکسیدیم، ستوکسیدم و کلتودیم را کاهش دادند (۱۳ و ۲۸). مرور منابع مختلف نشان داد که ترکیبات آمونیم مانند نیترات آمونیم (AMN)[5] معمولاً اثر هم افزایی بر کارآیی علف‌کش‌های پس رویشی دارند. با وجود این، اثرات هم کاهی نیز گزارش شده است (۸، ۱۲، ۱۴، ۲۳ و ۲۴). کاربرد مویان غیریونی نیز می‌تواند به عنوان راهکاری در رفع قلیائیت محلول علف‌کش مؤثر واقع شود (۸ و ۲۸)، اما بهترین راه حل ممکن افزودن ۰/۵ لیتر در هکتار نیترات آمونیم یا ۴ لیتر در هکتار سولفات آمونیم مایع است که باعث رفع اثرات آنتاگونیستی یون بی‌کربنات بر مولکول‌های علف‌کش می‌شود (۴). از طرفی، گونه‌های گیاهی ممکن است مقادیر متفاوتی از یون‌ها را در خود داشته باشند که در واکنش با ترکیبات محلول علف‌کش یکسان عمل نکنند (۱۰ و ۱۶).

گلیفوسیت (Roundup®) علف‌کشی مربوط به گروه ۹ یا G و بازدارنده آنزیم EPSPS[6] می‌باشد. این علف‌کش تأثیر بسیار زیادی در

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

5- Ammonium nitrate
6- 5-Enolpyruvyl-shikimate acid-3-phosphate synthase

کنترل علف‌های هرز یک ساله و تعداد زیادی از گیاهان علفی وحشی چندساله دارد و در ۱۳۰ کشور جهان به ثبت رسیده است (۲۰). نیکوسولفورون (®Cruse) علف کشی جدید و دومنظوره از خانواده شیمیایی سولفونیل اوره‌ها و متعلق به گروه ۲ یا B می‌باشد که بازدارنده آنزیم ALS[1] است. نیکوسولفورون به صورت پس رویشی به مقدار ۷۰–۱۷/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار به تنهایی و یا مخلوط، جهت کنترل بیشتر علف‌های هرز یک ساله و تعدادی چندساله باریک برگ و برخی از علف‌های هرز پهن برگ در مزرعه ذرت مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۵ و ۲۹).

سوروف [*Echinochloa crus-galii* (L.) P. Beauv.] یکی از علف‌های هرز مهم در مزارع محصولات زراعی آبی و تابستانه مختلف و هم‌چنین باغات است (۳). موفقیت سوروف را مربوط به تولید بذر زیاد، خواب بذر، توانایی رشد سریع، گلدهی در طیف وسیعی از فتوپریود و مقاومت نسبی به علف‌کش‌ها دانسته‌اند (۱۷). گاوپنبه (*Abotilon theophrasti* Medicus.) گیاهی خودگشن است و می تواند تا ۱۷۰۰۰ عدد بذر در هر بوته تولید کند، که این بذور دارای حیات طولانی هستند و پوسته سخت شان مانع از هضم توسط حیوانات چرنده می‌شود. کنترل این علف هرز به خاطر ظهور گیاهچه‌ها در سراسر فصل رشد مشکل است و بوته‌های آن به خیلی از علف‌کش‌های موجود متحمل هستند (۷، ۲۷ و ۳۱).

همان‌طورکه اشاره شد علف کش‌های گلیفوسیت و نیکوسولفورون از دو خانوادهٔ مختلف شیمیایی و در آب محلولند، بنابراین ویژگی‌های کیفیت آب اضافه شده به مخزن سمپاش مانند بی‌کربنات سدیم ممکن است اثرات قابل توجهی در کارآیی آن‌ها داشته باشد (۲ و ۹)، ضمن این که رفع اثرات بازدارندگی با افزودن ترکیبات نیتروژنه مانند نیترات آمونیم نیاز به آزمایش دارد. هم‌چنین علف‌های هرز سوروف (باریک برگ) و گاوپنبه (پهن برگ) با خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت در طیف کنترل این دو علف‌کش قرار می‌گیرند.

با توجه به مطالب مذکور، آزمایشات پایه‌ای با هدف بررسی تأثیر نترات آمونیم (AMN) بر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم موجود در آب مخزن سمپاش بر کارآیی علف‌کش‌های گلیفوسیت و نیکوسولفورون روی علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه در شرایط گلخانه‌ای طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

گلدان‌هایی به قطر ۱۵ سانتی‌متر و عمق ۲۰ سانتی‌متر انتخاب شدند و با خاک مناسب (۱ قسمت ماسه، ۲ قسمت خاک مزرعه و ۱ قسمت خاکبرگ) پر شدند. سپس تعداد ۸ بذر جوانه دار علف هرز در عمق مناسب گلدان نشاء شده و بعد از سبز شدن، در مرحله یک برگ حقیقی به ۵ بوته تنک شدند. گلدان‌ها در گلخانه در شرایط ۱۶ ساعت روشنایی با نور طبیعی و تکمیلی (به کمک لامپ بخار سدیم) در دمای ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد، و ۸ ساعت تاریکی (دمای ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. آبیاری نیز بر حسب نیاز گیاه و از زیر گلدان‌ها انجام می‌گرفت.

چهار آزمایش کیفیت آب به صورت فاکتوریل ۲×۶ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تکرار (به انضمام ۶ گلدان شاهد بدون سمپاشی) در گلخانه انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل ۶ سطح بی‌کربنات سدیم (Merck, Germany) با مقادیر ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر آب دیونیزه (قسمت در میلیون) در ترکیب با مقادیر ۰ یا ۰/۵ لیتر در هکتار نیترات آمونیم (Merck, Germany) بودند (۴) که به عنوان محلول سموم علف‌کش‌های گلیفوسیت و نیکوسولفورون به کار رفتند. محلول علف‌کش‌ها به صورت پس رویشی در مرحله ۳ تا ۴ برگی علف‌های هرز (۱۹ و ۳۰) با توجه به شاخص ED_{50} علف‌کش‌های گلیفوسیت و نیکوسولفورون حاصل از آزمایش مقدماتی (به ترتیب ۱۵۸ و ۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) (۱)، توسط سمپاش متحرک ریلی مدل MATABI با نازل بادبزنی ۸۰۰۱ و میزان خروجی ۲۵۰ لیتر در هکتار و با فشار پاشش ۲۰۰ KPa اعمال شدند. هم‌چنین برای هیچ یک از علف‌کش‌ها از مویان استفاده نشد.

در هفته چهارم پس از سمپاشی جهت تعیین درصد بقاء، تعداد گیاه زنده باقی مانده در هر گلدان یادداشت شده و به صورت درصدی از کل گیاهان داخل گلدان به صورت زیر محاسبه شدند (۱).

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

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

برای تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به تغییرات درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی علف‌های هرز (درصد شاهد) از تجزیه واریانس توسط نرم افزار MSTATC استفاده شد. انجام مقایسات میانگین صفات مذکور نیز به کمک آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. با توجه به کمی بودن تیمارهای مورد آزمایش، برای توصیف واکنش متقابل افزودن مقادیر ۰ یا ۰/۵ لیتر در هکتار نیترات آمونیم (AMN) با حضور بی‌کربنات سدیم در مخزن سمپاشی علف‌کش‌ها بر صفات مذکور علف‌های هرز، از روش تجزیه رگرسیون استفاده شد. بر اساس

1- Acetolactate synthase inhibitor

روند پراکنش داده‌ها، توابع شامل خطی (معادله ۱)، پلی نومیال درجه دو (معادله ۲) و پلی نومیال درجه سه (معادله ۳) بودند. برازش مدل‌های فوق و تجزیه رگرسیونی و رسم نمودارها به کمک نرم افزارهای EXCEL 2007 و SLIDWRITE 2.0 انجام شد.

$$Y=Y_0+aX \quad (۱)$$

$$Y=Y_0+aX+bX^2 \quad (۲)$$

$$Y=Y_0+aX+bX^2+cX^3 \quad (۳)$$

در این معادلات، Y صفت مورد نظر؛ Y_0 عرض از مبدأ؛ X غلظت بی‌کربنات سدیم در ترکیب با مقادیر ۰ یا ۰/۵ لیتر در هکتار نیترات آمونیم؛ a، b و c نیز به ترتیب شیب خط برای جزء خطی، درجه دو و درجه سه معادله هستند.

نتایج و بحث

علف‌کش نیکوسولفورون

نتایج آزمایش نشان داد که تغییرات غلظت بی‌کربنات سدیم، غلظت نیترات آمونیم و هم‌چنین واکنش متقابل آن‌ها در محلول سم علف‌کش نیکوسولفورون، کارآیی آن را در کنترل علف‌های هرز به طور معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر قرار داد. با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم در مخزن این علف‌کش درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی سوروف و گاوپنبه در آزمایشات جداگانه افزایش یافت. به‌طوری‌که بالاترین غلظت بی‌کربنات سدیم 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 ۶۲، ۲۳، ۵۰ و ۶۴ درصد افزایش داد. این افزایش در شرایط مذکور برای علف هرز گاوپنبه به ترتیب ۵۸، ۴۸، ۵۲ و ۸۲ درصد بود (جدول ۱). به خاطر تجزیه و تحلیل علف‌های هرز در آزمایش‌های جداگانه، انجام مقایسات مستقیم بین آن‌ها مقدور نیست. با وجود این، چون صفات اندازه‌گیری شده آن‌ها بر اساس درصد نسبت به شاهد مربوطه (بدون سمپاشی) محاسبه شده است (جدول ۱)، داده‌های آن‌ها را برای مقایسه در کنار هم می‌توان قرار داد (۲۱).

نالیواجا و همکاران (۲۳) در مطالعه‌ای گلخانه‌ای، کارآیی علف‌کش نیکوسولفورون تحت تأثیر نمک‌ها ومویان‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند. این محققین نتیجه گرفتند که بی‌کربنات سدیم موجود در محلول سم بدون توجه به نوع مویان، با فعالیت نیکوسولفورون به شکل معنی‌داری اثر هم کاهی نشان داد. به طوری که حضور بی‌کربنات سدیم (۰/۰۲ مول سدیم) در محلول علف‌کش نیکوسولفورون (۱۵ گرم ماده مؤثره در هکتار)، وزن تر علف پنجه انگشتی (*Digitaria sanguinalis*) را در مقایسه با شاهد (آب مقطر) ۱۶ درصد افزایش داد (از ۳۴ درصد به ۵۰ درصد). مک مولان (۱۸) نیز گزارش داد که وجود یون بی کربنات سدیم در آب سمپاش، کارآیی علف کش ستوکسیدم را کاهش می‌دهد. در همین راستا، نتایج تحقیقی نشان داد که در صورت وجود ۴۰۰ قسمت در میلیون بی‌کربنات سدیم یا بیش‌تر در محلول علف‌کش توفوردی آمین، کنترل علف جارو (*Kochia scoparia*)، به ویژه در شرایط نامساعد محیطی مانند درجه حرارت پایین، کاهش یافت. به طوری‌که افزایش دُز علف‌کش از ۱۴۰ به ۲۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار نیز به بازدارندگی ۶۰۰ قسمت در میلیون بی‌کربنات سدیم در محلول سم غلبه نکرد (۲۵).

جدول ۱- تأثیر غلظت بی‌کربنات سدیم در مخزن سمپاش علف‌کش نیکوسولفورون بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌های هرز در شرایط گلخانه

غلظت بی‌کربنات سدیم (قسمت در میلیون)	بقاء (درصد شاهد)		ارتفاع بوته (درصد شاهد)		سطح برگ (درصد شاهد)		وزن خشک اندام هوایی (درصد شاهد)	
	سوروف	گاوپنبه	سوروف	گاوپنبه	سوروف	گاوپنبه	سوروف	گاوپنبه
۰	۲/۵۰ f[1]	۴۲/۵۰ e	۱۲/۱۲ e	۳۳/۸۰ f	۴/۱۵ e	۱۰/۰۰ f	۲/۴۳ f	۵/۵۳ f
۱۰۰	۱۰/۰۰ e	۶۲/۵۰ d	۱۳/۶۴ e	۴۰/۸۴ e	۵/۳۳ e	۱۹/۶۷ e	۵/۴۴ e	۱۵/۷۹ e
۲۰۰	۲۲/۹۲ d	۸۰/۸۳ c	۱۸/۱۸ d	۵۰/۹۴ d	۱۰/۲۶ d	۳۰/۶۶ d	۹/۶۲ d	۴۷/۴۷ d
۳۰۰	۳۵/۸۳ c	۸۸/۳۳ b	۲۵/۰۰ c	۶۳/۱۵ c	۲۹/۰۷ c	۴۹/۸۳ c	۴۰/۰۳ c	۶۳/۷۵ c
۴۰۰	۵۳/۷۵ b	۹۷/۵۰ a	۲۸/۶۶ b	۷۳/۴۷ b	۴۶/۰۶ b	۵۹/۱۴ b	۵۱/۴۳ b	۷۴/۴۴ b
۵۰۰	۶۴/۵۸ a	۱۰۰/۰۰ a	۳۵/۳۵ a	۸۲/۳۹ a	۵۴/۰۶ a	۶۲/۵۸ a	۶۶/۰۷ a	۸۷/۰۲ a
خطای استاندارد	۱/۲۹	۱/۲۲	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۴۸	۰/۳۴	۰/۴۲	۰/۳۸

۱- میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

روند صفات اندازه‌گیری شده در علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه به تغییرات غلظت بی‌کربنات سدیم آب در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون (کاربرد ۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) در واکنش به افزودن ۰ (AMN-) یا ۰/۵ (AMN+) لیتر در هکتار نیترات آمونیم در شکل ۱ آمده است. همان‌طوری‌که ملاحظه می‌شود کاربرد نیترات آمونیم (AMN+)، اثر هم کاهی بی‌کربنات سدیم موجود در مخزن سمپاش علف‌کش نیکوسولفورون در کنترل علف‌های هرز در مقایسه با عدم کاربرد آن (AMN-) را به شکل معنی‌داری (P≤۰/۰۱) کاهش داد. به عنوان مثال با افزودن AMN به آب محتوی ۵۰۰ قسمت در میلیون بی‌کربنات سدیم در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون در مقایسه با عدم کاربرد آن، درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی علف هرز سوروف (درصد شاهد) به ترتیب ۷۱ درصد، ۱۸ درصد، ۷۳ درصد و ۵۷ درصد کاهش یافت (شکل ۱- الف). تغییرات مذکور برای علف هرز گاوپنبه به ترتیب معادل صفر درصد، ۲۲ درصد، ۵۰ درصد و ۱۷ درصد بود. بنابراین، افزودن نیترات آمونیم (AMN+) به مخزن سمپاش علف‌کش نیکوسولفورون، اثرات بازدارندگی بی‌کربنات سدیم را روی علف هرز سوروف بهتر از علف هرز گاوپنبه تعدیل کرد. اگر چه در بیش‌تر صفات اندازه‌گیری شده حتی افزودن AMN به آب خالص نیز کارآیی نیکوسولفورون روی گاوپنبه را بهبود بخشید (شکل ۱- ب).

در همین راستا، افزودن AMN (۰/۲ مول آمونیم) به مخزن علف‌کش نیکوسولفورون (۱۵ گرم ماده مؤثره در هکتار)، وزن تر علف پنجه انگشتی را حدود ۷ درصد نسبت به آب خالص کاهش داد. کاربرد سولفات آمونیم تفاوت معنی‌داری از این لحاظ با AMN نداشت (۲۳). در آزمایشی گلخانه‌ای، افزودن AMN یا نیترات آمونیم- اوره (UAN)[1] به میزان ۰/۲ مول، به هم کاهی حاصل از حضور بی‌کربنات سدیم (۰/۰۲ مول) در محلول علف‌کش نیکوسولفورون (۴ گرم ماده مؤثره در هکتار) فائق آمده و کنترل علف هرز دم روباهی زرد (*Setaria glauca*) را به ترتیب ۳۹ درصد و ۳۶ درصد افزایش داد. اما کود اوره نتوانست به اثر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم غلبه کند (۲۴).

پاسخ متفاوت علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه به حضور بی‌کربنات سدیم و AMN در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون به خصوصیات گونه گیاهی بستگی دارد. در این خصوص، برخی محققین اظهار داشتند که گونه‌های علف هرز از نظر ترکیب یونی با هم تفاوت‌های زیادی دارند، به طوری‌که کاتیون‌های دارای اثر کاهندگی می‌توانند از بافت‌های گیاهی منشاء بگیرند. بنابراین، اثر بیولوژیکی مواد افزودنی در بین گونه‌ها با هم متفاوت خواهد بود (۱۱).

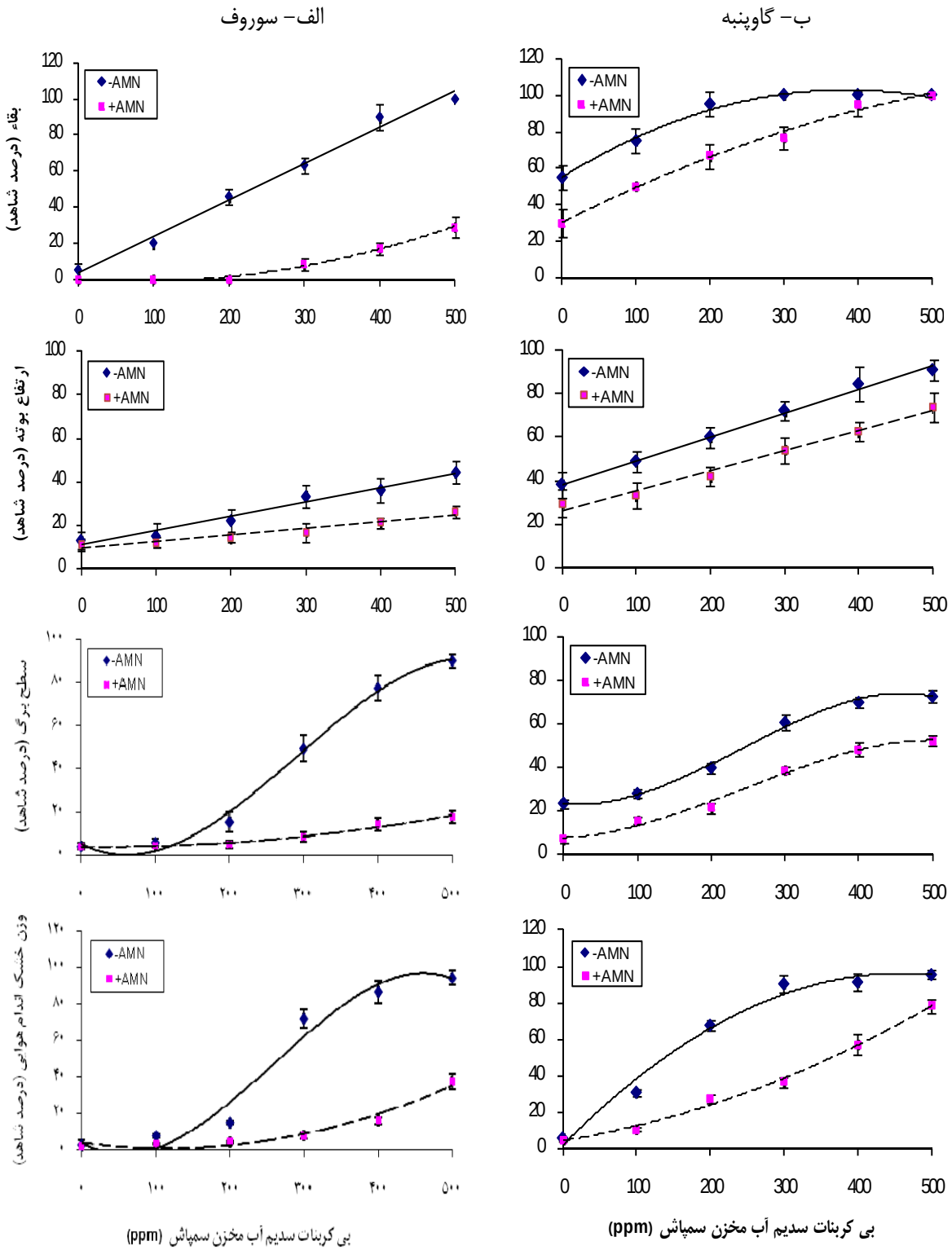
علف‌کش گلیفوسیت

حضور بی‌کربنات سدیم در مخزن علف‌کش گلیفوسیت نیز کارآیی علف‌کش را به شکل معنی‌داری (P≤۰/۰۱) کاهش داد. به طوری‌که با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم در مخزن این علف‌کش به طور میانگین درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی سوروف و گاوپنبه در آزمایشات جداگانه افزایش یافت. محلول علف‌کش گلیفوسیت محتوی ۵۰۰ قسمت در میلیون بی‌کربنات سدیم، درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی سوروف را به ترتیب تا ۹۷، ۵۵، ۸۶ و ۹۹ درصد شاهد تغییر داد. صفات مذکور برای علف هرز گاوپنبه تحت شرایط مشابه به ترتیب ۱۰۰، ۸۹، ۸۴ و ۸۶ درصد شاهد بود (جدول ۴).

محققان دیگر نیز به تأثیر متفاوت یون بی‌کربنات بر کارآیی علف‌کش‌های مختلف اشاره کرده‌اند. به عنوان مثال، نالیواجا و همکاران (۲۵) نتیجه گرفتند غلظت زیاد بی‌کربنات سدیم کارآیی علف‌کش‌های توفوردی آمین (نه فرم استری آن)، گلیفوسیت و دایکامبا را کاهش داد. مقدار بازدارندگی این ترکیب به غلظت آن در محلول سم بستگی داشت. در آزمایش بوهلر و برنساید (۶) نیز اثر افزودن غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم به محلول علف‌کش گلیفوسیت (۴۰۰ گرم ماده مؤثره با حجم پاشش ۱۹۰ لیتر در هکتار) روی گیاه یولاف (*Avena sativa*) مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس این تحقیق افزودن بی‌کربنات سدیم از صفر تا ۸ میلی مول به محلول علف‌کش، خسارت گلیفوسیت به یولاف را از ۸۸ درصد به ۳۵ درصد کاهش داد. اثر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم تا غلظت ۱۲۸ میلی‌مول در مخزن سمپاش ادامه یافت، تا جایی که گلیفوسیت خسارتی به یولاف وارد نکرد. در تحقیق وزنیکا و همکاران (۳۲)، حضور ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بی‌کربنات سدیم در مخزن علف‌کش کوئین کلوراک (۱۰۵ گرم ماده مؤثره در هکتار)، اثر هم کاهی ایجاد کرد و کنترل دم روباهی سبز (*Setaria viridis*) را کاهش داد. به طوری‌که کاهش وزن تر این علف هرز از ۳۱ درصد (در آب مقطر) به ۸ درصد (با وجود بی‌کربنات سدیم) رسید.

شکل ۲ واکنش متقابل غلظت بی‌کربنات سدیم × غلظت نیترات آمونیم را در مخزن علف‌کش گلیفوسیت نشان می‌دهد. با اضافه کردن ۰/۵ لیتر در هکتار نیترات آمونیم (AMN+) به مخزن سمپاش در مقایسه با عدم کاربرد آن (AMN-)، اثر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم موجود در محلول علف‌کش گلیفوسیت به شکل معنی‌داری (P≤۰/۰۱) کاهش یافت. همان‌طوری‌که ملاحظه می‌شود در بالاترین غلظت بی‌کربنات سدیم (۵۰۰ قسمت در میلیون)، افزودن نیترات آمونیم (AMN+) در بعضی صفات نتوانست اثر کاهندگی بی‌کربنات سدیم را تعدیل کرده و بی تأثیر بود (شکل ۲).

1- Urea-ammonium nitrate



شکل ۱- روند صفات اندازه‌گیری شده در علف‌های هرز سوروف (الف) و گاوپنبه (ب) به تغییرات غلظت بی‌کربنات سدیم آب در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون (کاربرد ۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار) در واکنش به افزودن ۰ (-AMN) یا ۰/۵ (+AMN) کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیم (بارها، خطای استاندارد هستند).

جدول ۲- پارامترهای معادلات ۱، ۲ و ۳ مربوط به برهمکنش مقادیر بی‌کربنات سدیم و نیترات آمونیم (AMN) در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون بر صفات اندازه‌گیری شده علف هرز سوروف

پارامترها	(Y_0)	(a)	(b)	(c)	ضریب تبیین (R^2)
درصد بقاء					
-AMN	۳/۸۵ ** (۰/۶۵)[۱]	۰/۲۰۰۷ ** (۰/۰۹۵)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۹ **
+AMN	۰/۰۶ ns (۰/۰۱)	−۰/۰۲۶ ** (۰/۰۰۵)	۰/۰۰۰۲ * (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۴ **
ارتفاع بوته					
-AMN	۱۰/۹۲ ** (۳/۲۵)	۰/۰۶۶۱ ** (۰/۰۱۳)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۷ **
+AMN	۹/۳۹ * (۲/۰۱)	۰/۰۲۹۹ ** (۰/۰۰۷)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۳ **
سطح برگ					
-AMN	۵/۴۴ ** (۱/۸۵)	−۰/۱۸۲ ** (۰/۰۴۱)	۰/۰۰۲ * (۰/۰۰۰۷)	−۰/۰۰۰۴ ns (۰/۰۰۰۲)	۰/۹۵ **
+AMN	۳/۹۴ * (۰/۹۸)	−۰/۰۰۳۷ * (۰/۰۰۱)	۰/۰۰۰۱ ns (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۲ **
وزن خشک اندام هوایی					
-AMN	۴/۱۲ ** (۱/۲۵)	−۰/۲۳۵ ** (۰/۰۵۳)	۰/۰۰۲ * (۰/۰۰۰۸)	−۰/۰۰۰۲ ns (۰/۰۰۰۱)	۰/۹۶ **
+AMN	۴/۰۸ ** (۱/۳۲)	−۰/۰۵۴ * (۰/۰۲۱)	۰/۰۰۰۲ * (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۸ **

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

جدول ۳- پارامترهای معادلات ۱، ۲ و ۳ مربوط به برهمکنش مقادیر بی‌کربنات سدیم و نیترات آمونیم (AMN) در مخزن علف‌کش نیکوسولفورون بر صفات اندازه‌گیری شده علف هرز گاوپنبه

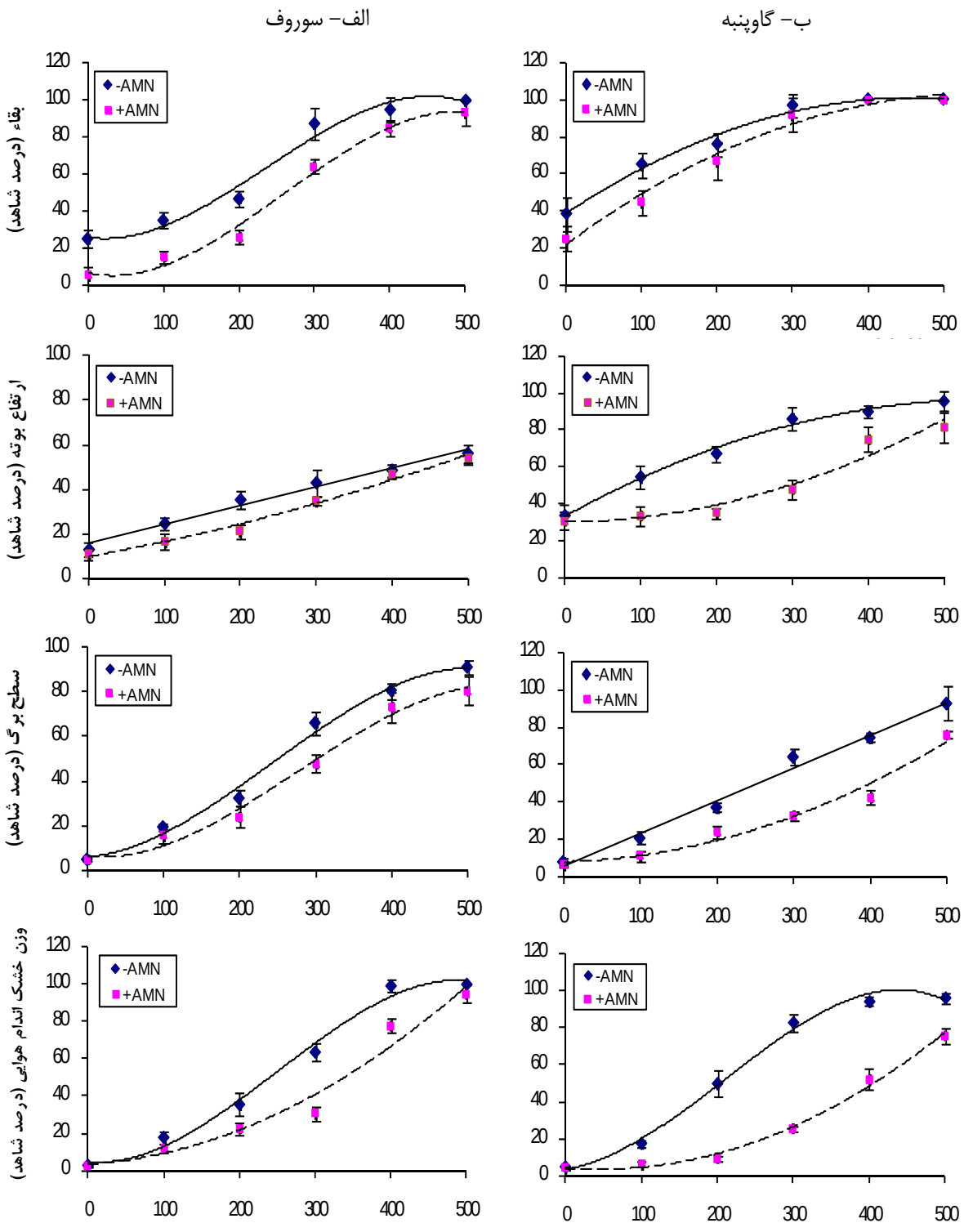
پارامترها	(Y_0)	(a)	(b)	(c)	ضریب تبیین (R^2)
درصد بقاء					
-AMN	۵۵/۰۰ ** (۱۰/۵۵)[۱]	۰/۲۴۸ ** (۰/۰۶۳)	۰/۰۰۳ * (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۴ **
+AMN	۳۰/۳۰ ** (۶/۰۱)	۰/۲۰۲ * (۰/۰۸۷)	۰/۰۰۰۱ ns (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۹ **
ارتفاع بوته					
-AMN	۳۸/۳۴ ** (۷/۲۵)	۰/۱۱۰ * (۰/۰۴۳)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۷ **
+AMN	۲۶/۰۹ * (۸/۳۱)	۰/۰۹۲ * (۰/۰۳۱)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۶ **
سطح برگ					
-AMN	۲۳/۴۳ ** (۵/۸۵)	−۰/۰۳۷ ** (۰/۰۱۸)	۰/۰۰۰۹ * (۰/۰۰۰۴)	−۰/۰۰۰۱ ns (۰/۰۰۰۱)	۰/۹۵ **
+AMN	۷/۶۴ * (۲/۳۸)	۰/۰۱۴ * (۰/۰۰۴)	۰/۰۰۰۵ * (۰/۰۰۰۲)	−۰/۰۰۰۱ ns (۰/۰۰۰۱)	۰/۹۷ **
وزن خشک اندام هوایی					
-AMN	۲/۲۹ * (۰/۸۵)	۰/۴۰۸ ** (۰/۱۲۳)	۰/۰۰۰۴ * (۰/۰۰۰۲)	۰/۰۰	۰/۹۸ **
+AMN	۴/۶۴ ** (۲/۳۲)	۰/۰۶۴ * (۰/۰۲۴)	۰/۰۰۰۲ ns (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۳ **

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

جدول ٤- تأثیر غلظت بی‌کربنات سدیم در مخزن سمپاش علف‌کش گلیفوسیت بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده علف‌های هرز در شرایط گلخانه

غلظت بی‌کربنات سدیم (قسمت در میلیون)	بقاء (درصد شاهد)		ارتفاع بوته (درصد شاهد)		سطح برگ (درصد شاهد)		وزن خشک اندام هوایی (درصد شاهد)	
	سوروف	گاوپنبه	سوروف	گاوپنبه	سوروف	گاوپنبه	سوروف	گاوپنبه
۰	۱۵/۰۰h[۱]	۳۱/۶۷i	۱۱/۸۷h	۳۲/۱۶i	۴/۸۵i	۷/۳۷f	۲/۶۹k	۴/۵۲k
۱۰۰	۲۵/۰۰g	۵۵/۰۰g	۲۰/۵۸g	۴۴/۱۳g	۱۷/۴۸g	۱۶/۰۹e	۱۵/۰۰h	۱۱/۸۷j
۲۰۰	۳۶/۲۵f	۷۱/۲۵e	۲۸/۲۸e	۵۱/۱۷f	۲۸/۲۱f	۳۰/۶۵d	۲۹/۱۲g	۲۹/۶۵h
۳۰۰	۷۵/۸۳c	۹۴/۱۷b	۳۸/۸۹c	۶۷/۰۲d	۵۶/۹۳c	۴۸/۴۹c	۴۷/۱۲e	۵۴/۱۷f
۴۰۰	۹۰/۰۰b	۱۰۰/۰۰a	۴۷/۷۲b	۸۲/۶۳b	۷۶/۹۵b	۵۸/۵۱b	۸۸/۴۳b	۷۳/۰۶d
۵۰۰	۹۶/۶۷a	۱۰۰/۰۰a	۵۵/۰۶a	۸۸/۷۳a	۸۵/۸۱a	۸۴/۴۴a	۹۸/۸۰a	۸۵/۷۳b
خطای استاندارد	۱/۵۷	۱/۳۶	۰/۷۱	۰/۸۰	۰/۵۳	۲/۰۹	۰/۳۸	۰/۳۵

۱- میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.



شکل ۲- روند صفات اندازه‌گیری شده در علف‌های هرز سوروف (الف) و گاوپنبه (ب) به تغییرات غلظت بی‌کربنات سدیم اب در مخزن علف‌کش گلیفوسیت (کاربرد ۱۵۸ گرم ماده مؤثره در هکتار) در واکنش به افزودن ۰ (AMN-) یا ۰/۵ (AMN+) کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیم (بارها، خطای استاندارد هستند).

جدول ۵- پارامترهای معادلات ۱، ۲ و ۳ مربوط به برهمکنش مقادیر بی‌کربنات سدیم و نیترات آمونیم (AMN) در مخزن علف‌کش گلیفوسیت بر صفات اندازه‌گیری شده علف هرز سوروف

پارامترها	(Y_0)	(a)	(b)	(c)	ضریب تبیین (R^2)
درصد بقاء					
-AMN	۲۵/۶۱ ** (۶/۴۵) [۱]	-۰/۰۵۷ ** (۰/۰۱۳)	۰/۰۰۱۴ * (۰/۰۰۰۶)	-۰/۰۰۰۲ ^{ns} (۰/۰۰۰۱)	۰/۹۷ **
+AMN	۶/۲۶ ** (۲/۰۵)	-۰/۰۸۷ ** (۰/۰۲۵)	۰/۰۰۱۵ * (۰/۰۰۰۸)	-۰/۰۰۰۲ ^{ns} (۰/۰۰۰۱)	۰/۹۸ **
ارتفاع بوته					
-AMN	۱۵/۸۲ ** (۲/۹۵)	۰/۰۸۴ ** (۰/۰۳۳)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۴ **
+AMN	۹/۷۶ * (۲/۰۰)	۰/۰۶۰ ** (۰/۰۲۷)	۰/۰۰۰۱ ^{ns} (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۵ **
سطح برگ					
-AMN	۵/۸۴ ** (۱/۵۹)	۰/۰۲۹ ** (۰/۰۱۱)	۰/۰۰۰۹ * (۰/۰۰۰۳)	-۰/۰۰۰۱ ^{ns} (۰/۰۰۰۱)	۰/۹۵ **
+AMN	۶/۰۲ * (۱/۹۸)	-۰/۰۳۲ * (۰/۰۱۷)	۰/۰۰۰۹ * (۰/۰۰۰۴)	-۰/۰۰۰۱ ^{ns} (۰/۰۰۰۱)	۰/۹۲ **
وزن خشک اندام هوایی					
-AMN	۴/۴۵ ** (۱/۳۵)	-۰/۰۲۵ ** (۰/۰۱۳)	۰/۰۰۱۳ * (۰/۰۰۰۴)	-۰/۰۰۰۲ ^{ns} (۰/۰۰۰۱)	۰/۹۶ **
+AMN	۳/۴۷ * (۱/۲۲)	۰/۰۲۵ * (۰/۰۰۹)	۰/۰۰۰۳ * (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۹ **

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

جدول ٦- پارامترهای معادلات ۱، ۲ و ۳ مربوط به برهمکنش مقادیر بی‌کربنات سدیم و نیترات آمونیم (AMN) در مخزن علف‌کش گلیفوسیت بر صفات اندازه‌گیری شده علف هرز گاوپنبه

پارامترها	(Y_0)	(a)	(b)	(c)	ضریب تبیین (R^2)
درصد بقاء					
-AMN	۳۸/۵۷ ** (۹/۴۵) [۱]	۰/۲۷۰ * (۰/۰۷۳)	-۰/۰۰۰۳ * (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۸ **
+AMN	۲۱/۹۴ ** (۵/۸۱)	۰/۲۹۸ * (۰/۰۷۷)	-۰/۰۰۰۳ * (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۹ **
ارتفاع بوته					
-AMN	۳۳/۱۸ ** (۸/۱۶)	۰/۲۲۵ ** (۰/۰۴۰)	-۰/۰۰۰۲ * (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۷ **
+AMN	۳۰/۱۸ ** (۷/۵۱)	۰/۰۰۲۵ * (۰/۰۳۱)	۰/۰۰۰۲ * (۰/۰۰۰۱)	۰/۰۰	۰/۹۴ **
سطح برگ					
-AMN	۵/۹۸ * (۱/۸۵)	۰/۱۷۴ ** (۰/۰۲۰)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۵ **
+AMN	۷/۹۹ ** (۲/۰۸)	۰/۰۱۰ * (۰/۰۰۳)	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۷ **
وزن خشک اندام هوایی					
-AMN	۳/۷۳ * (۰/۸۰)	۰/۰۶۰ ** (۰/۰۲۳)	۰/۰۰۰۱ ^{ns} (۰/۰۰۰۱)	-۰/۰۰۰۱ ^{ns} (۰/۰۰۰۱)	۰/۹۸ **
+AMN	۴/۴۷ ** (۲/۳۲)	-۰/۰۳۳ * (۰/۰۱۴)	۰/۰۰۰۴ * (۰/۰۰۰۲)	۰/۰۰	۰/۹۶ **

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

بیش‌ترین نقش تعدیل کنندگی AMN در غلظت ۳۰۰ قسمت در میلیون بی‌کربنات سدیم موجود در مخزن علف‌کش گلیفوسیت در بیشتر صفات علف‌های هرز ملاحظه شد. به طوری‌که تحت این شرایط درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی سوروف به ترتیب حدود ۲۳، ۸، ۲۲ و ۳۳ درصد کاهش نشان داد (شکل ۲- الف). در حالی که تأثیر تعدیل کنندگی افزودن نیترات آمونیم (AMN+) به ۳۰۰ قسمت در میلیون بی‌کربنات سدیم محلول در مخزن علف‌کش گلیفوسیت بر درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی گاوپنبه به ترتیب معادل ۵، ۳۸، ۳۱ و ۵۷ بود (شکل ۲- ب). بنابراین، در مقایسهٔ ضمنی بین دو علف هرز، افزودن نیترات آمونیم به محلول علف‌کش، کارآیی گلیفوسیت را در کنترل گاوپنبه بیش از سوروف بهبود بخشید (شکل ۲).

نالیواجا و همکاران (۲۲) نتیجه گرفتند که افزایش کارآیی گلیفوسیت به وسیله ترکیبات آمونیمی در نتیجهٔ تولید کمپلکس آمونیم-گلیفوسیت است، که در مقایسه با کمپلکس‌های گلیفوسیت-سدیم و گلیفوسیت-کلسیم و دیگر کاتیون‌ها آسان‌تر جذب گیاهان می‌شود. در همین راستا، کاربرد ۲/۸ کیلوگرم در هکتار AMN به اثرات بازدارندگی بی‌کربنات سدیم در مخزن علف‌کش ستوکسیدیم (دُز ۷۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) در کنترل یولاف در شرایط گلخانه فائق آمد. بدین ترتیب که درصد کنترل یولاف را نزدیک به دو برابر

افزایش داد (از ۵۰ درصد به ۹۵ درصد). افزودن کود نیتروژنه (۲۸ درصد) و سولفات آمونیم نیز نتیجه‌ای مشابه نیترات آمونیم داشت. آزمایش مزرعه‌ای نیز نتایج گلخانه را تأیید کردند (۲۶).

مقایسهٔ انجام شده بین چند گونه علف هرز از نظر واکنش به ترکیب بی‌کربنات سدیم نیز نشان داد که یولاف حساسیت بیش‌تری به حضور بی‌کربنات سدیم در محلول علف‌کش ستوکسیدیم نسبت به دم روباهی زرد داشت (۲۶). ثابت شده که برخی از گیاهان دارای سطوح بالایی از یون‌ها در فضای داخل سلولی هستند (۱۶). گیاهانی نظیر گاوپنبه و بیدگیاه (*Agropyrum repens*) از این جمله‌اند که جذب و انتقال علف‌کش گلیفوسیت در این گیاهان به دلیل وجود یون کلسیم به شدت کاهش یافت (۴). بنابراین، علاوه بر علف‌کش، نوع علف هرز نیز در واکنش به تغییر کیفیت آب محلول سمپاش تأثیرگذار است.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد بی‌کربنات سدیم حتی در غلظت ۱۰۰ قسمت در میلیون در محلول علف‌کش‌های گلیفوسیت و نیکوسولفورون، توانست کارآیی آن‌ها را به شکل معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر خود قرار دهد. به طوری که با افزایش بی‌کربنات سدیم در مخزن علف‌کش‌ها، درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی (درصد شاهد) علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه افزایش یافتند. افزودن AMN به عنوان یک ترکیب تعدیل کنندهٔ قلیائیت آب به مخزن سمپاش در این آزمایش، اثرات بازدارنده بی‌کربنات سدیم آب را کاهش داده و تأثیر علف‌کش‌ها را بهبود بخشید، ولی این افزایش کارآیی ناشی از افزودن این ترکیب به مخزن سمپاش در علف‌کش نیکوسولفورون روی علف هرز سوروف، و در علف‌کش گلیفوسیت روی علف هرز گاوپنبه شاخص‌تر بود. به طورکلی، نتایج این آزمایش توجه به کیفیت آب مخزن سمپاش و استفاده از ترکیبات مناسب در رفع اثر بازدارندگی آن به منظور افزایش کارآیی علف‌کش‌ها را مورد تأکید قرار داد.

منابع

۱- حاج محمدنیا قالی باف ک.، راشد محصل م ح.، نصیری محلاتی م. و زند ا. ۱۳۹۰. پاسخ علف‌های هرز سوروف -*Echinochloa crus*] [*galli* (L.) P. Beauv. و گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medicus.) به علف‌کش‌های گلیفوسیت و نیکوسولفورون در شرایط گلخانه ای. مجله حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۲): ۲۱۳-۲۰۲.

۲- زند ا.، موسوی س ک. و حیدری، ا. ۱۳۸۷. علف کش‌ها و روش‌های کاربرد آن‌ها- با رویکرد بهینه سازی و کاهش مصرف (تألیف). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۷۲ صفحه.

۳- شیمی پ.، و ترمه ف. ۱۳۸۲. علف‌های هرز ایران (تألیف). مؤسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی. ۲۴۲ صفحه.

4- Altland J. 2001. Water quality affects herbicide efficacy. Available at http://www.oregonstate. edu. (visited 11 October 2006).

5- Brown K. 2006. Environmental impact on herbicide performance. Manitoba Agric. and Food. 440-443.

6- Buhler D.D., and Burnside O.C. 1983. Effect of water quality, carrier volume, and acid on glyphosate phytotoxicity. Weed Science, 31:163-169.

7- Bussan A.J., Boerboom C.M., and Stoltenberg D.E. 2001. Response of velvetleaf demographic processes to herbicide rate. Weed Science, 49:22-30.

8- Bunting J.A., Sprague C. L., and Riechers D.E. 2004. Corn tolerance as affected by the timing of foramsulfuron applications. Weed Technology, 18:757-762.

9- Caldwell J. 2007. Hard water can hinder chemical efficacy. Agric. Online News and Features Editor.

10- Hall G.J., Hart C.A., and Jones C.A. 1999. Twenty-five years of increasing glyphosate use: the opportunities ahead. Pest Management Science, (Feb.), 56:351-358.

11- Hall G.J., Hart C.A., and Jones C.A. 2000. Plants as sources of cations antagonistic to glyphosate activity. Pest Management Science, 56:351-358.

12- Hatzios K.K., and Penner D. 1985. Interaction of herbicides with other agrichemicals in higher plants. Weed Science, 1:1-63.

13- Holm F.A., and Henry J.L. 2005. Water quality and herbicides. Available at http://www.gov.sk.ca. (visited 11 October 2006).

14- Kapusta G., Krausz R.F., Khan M., and Matthews J.L. 1994. Effect of nicosulfuron rate, adjuvant, and weed size on annual weed control in corn (*Zea mays*). Weed Technolog, 8:696-702.

15- Lum A.F., Chikoye D., and Adesiyan S.O. 2005. Control of *Imperata cylindrica* (L.) Raeuschel (speargrass) with nicosulfuron and its effect on the growth, grain yield and food components of maize. Crop Protection,

24:41-47.
16- Maschhoff J.R., Hart S.E., and Bladwin J.L. 2000. Effect of ammonium sulfate on the efficacy, absorption, and translocation of glufosinate. Weed Science, 48:2-6.
17- Maun M.A. and Barrett S.C.H. 1986. The biology of Canadian weeds. 77. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Canadian Journal of Plant Science, 66:739-759.
18- McMullan, P. 2000. Utility adjuvants. Weed Technology, 14:792-797.
19- Mekki M., and Leroux G.D. 1994. Activity of nicosulfuron, rimsulfuron, and their mixture on field corn (*Zea mays*), soybean (*Glycine max*), and seven weed species. Weed Technology, 8:436-440.
20- Monsanto. 2010. History of Monsanto's Glyphosate Herbicides. Available at http://www.monsanto.com/ monsanto /content/productivity/roundup/back_history.pdf. (visited 2 May 2010).
21- Nalewaja J.D., and Matysiak R. 1993. Spray carrier salts affect herbicide toxicity to kochia (*Kochia scoparia*). Weed Technology, 7:154-158.
22- Nalewaja J.D., Matysiak R., and Freeman T.P. 1992. Spray droplet residual of glyphosate in various carriers. Weed Science, 40:576-589.
23- Nalewaja J.D., Praczyk T., and Matysiak R. 1995. Salts and surfactants influence nicosulfuron activity. Weed Technology, 9:587-593.
24- Nalewaja J.D., Praczyk T., and Matysiak R. 1998. Nitrogen fertilizer, oil, and surfactant adjuvants with nicosulfuron. Weed Technology, 12:585-589.
25- Nalewaja J.D., Woznica Z., and Manthey F.A. 1990. Sodium bicarbonate antagonism of 2,4-D amine. Weed Technology, 4:588-591.
26- Nalewaja J.D., Manthey F.A., Szelezniak E.F., and Anyszka Z. 1989. Sodium bicarbonate antagonism of sethoxydim. Weed Technology, 3:654-658.
27- Owen M.D., and Zelaya I.A. 2005. Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. Pest Management Science, 61:301-311.
28- Petroff R. 2000. Water quality and pesticide performance. Available at http://scarab.msu. montana.edu. (visited 11 October 2006).
29- Sensmen S.A. 2007. Herbicide Handbook. (9^{th} ed). Weed Science Society of America, 458p.
30- Terra B.R.M., Martiny A.R., and Lindquistz J.L. 2007. Corn-velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference is affected by sublethal doses of postemergence herbicides. Weed Science, 55:491-496.
31- Waltz A.L., Martin A.R., Roeth F.W., and Lindquist J.L. 2004. Glyphosate efficacy on velvetleaf varies with application time of day. Weed Technology, 18:931-939.
32- Woznica Z., Nalewaja J.D., Messersmith C.G., and Milkowski P. 2003. Quinclorac efficacy as affected by adjuvants and spray carrier water. Weed Technology, 17:582-588.