

بررسی کارایی علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل و مزوسولفورون متیل+یدوسولفورون متیل سدیم+ایمن‌کننده مفن‌پایردی‌اتیل در کنترل یولاف‌وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Durieu) تحت تأثیر سختی آب و کاربرد مواد افزودنی

مهناز میرزائی*^۱، اسکندر زند^۲، حمیدرضا ساسان‌فر^۳
۱، ۲ و ۳- پژوهشگر، استاد و استادیار، بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات،
آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۲۶)

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف سختی آب بر روی کارایی علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک، EC 8%) و مزوسولفورون+یدوسولفورون+ایمن‌کننده مفن‌پایردی‌اتیل (آتلانتیس، OD 1.2%) در شرایط کاربرد و عدم کاربرد ماده افزودنی در کنترل یولاف‌وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana*)، پژوهشی در گلخانه تحقیقاتی بخش علف‌های هرز موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۶، به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دز علف‌کش (تاپیک/آتلانتیس) در چهار سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده هر علف‌کش در از (دز توصیه‌شده تاپیک ۶۴ و آتلانتیس ۰/۱۸ گرم ماده موثره در هکتار)، غلظت‌های مختلف سختی در پنج سطح شامل (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰ قسمت در میلیون) و سطوح مختلف مواد افزودنی شامل سولفات آمونیوم و نترات آمونیوم اوره در سه سطح (صفر، یک و دو درصد) با سه تکرار بود. ۲۱ روز پس از سم‌پاشی، وزن تر اندام هوایی علف‌های هرز مورد نظر اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش نشان داد که سختی آب بیش از ۵۰۰ پی‌پی‌ام، کاهش کارایی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در کنترل یولاف‌وحشی را به همراه داشت، اما کارایی علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن‌پایردی‌اتیل، تحت تأثیر هیچ درجه‌ای از سختی آب قرار نگرفت. جهت کاهش اثرات منفی آب سخت حاوی کربنات کلسیم با غلظت بیش از ۵۰۰ پی‌پی‌ام بر کارایی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل، می‌توان ۵۰ تا ۷۵ درصد دز توصیه‌شده را همراه با سولفات آمونیوم دو درصد یا نترات آمونیوم اوره یک تا دو درصد استفاده کرد. همچنین در مورد علف‌کش مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن‌پایردی‌اتیل، کاربرد سولفات آمونیوم دو درصد و نترات آمونیوم اوره یک درصد، به دلیل تأثیر مثبت در افزایش جذب و انتقال، اثربخش می‌باشد.

کلمات کلیدی: سولفات آمونیوم، کربنات کلسیم، کلودینافوپ پروپارژیل، نترات آمونیوم اوره.

Evaluation of the efficacy of clodinafop-propargyl and mesosulfuron+iodosulfuron+mefenpyr-diethyl in *Avena Ludoviciana* Durieu. control under hard water and adjuvants conditions

Mahnaz Mirzaei*, Eskandar Zand and Hamidreza sasanfar

Weed Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extensions Organization (AREEO), Tehran, Iran
(Received: August 2, 2020 - Accepted: December 16, 2020)

ABSTRACT

The present study was conducted to investigate the effect of different water hardness levels on the efficacy of clodinafop-propargyl (TopiK) and mesosulfuron+iodosulfuron+mefenpyr-diethyl (Atlantis) with and without adjuvants in winter wild oat (*Avena ludoviciana*) control. The experiment was conducted in a factorial arrangement based on the randomized complete block design with three replications at the research greenhouse of Iranian Research Institute of Plant Protection during 2017-2019. The experiment factors consisted of the herbicide doses including 100, 75%, 50% and 25% of the recommended label rate in the field (recommended doses for TopiK and Atlantis were 64 g a.i ha⁻¹ and 18 g a.i ha⁻¹ respectively), five hardness levels (0, 250, 500, 750 and 1000 ppm) and different levels of ammonium sulfate and urea ammonium nitrate adjuvants at three levels (0, 1 and 2% v/v). The results indicated that the water hardness higher than 500 ppm led to a reduction in the efficacy of clodinafop-propargyl in the winter wild oat control; however, the efficacy of mesosulfuron+iodosulfuron+mefenpyr-diethyl was not influenced by any level of water hardness applied. To reduce the negative effects of hard water, 50 to 75% of the recommended dose of clodinafop-propargyl herbicide with 2% ammonium sulfate or 1% urea ammonium nitrate can be used. Furthermore, mesosulfuron+iodosulfuron+mefenpyr-diethyl with 2% of ammonium sulfate or 1% of urea ammonium nitrate may also increase the efficacy of the herbicide due to their positive impacts on the absorption and translocation process.

Keywords: Ammonium sulfate, Atlantis, Topik, urea ammonium nitrate, water hardness.

* Corresponding author E-mail: m.mirzaei@irrip.ir

مقدمه

کلرید کلسیم و کلرید منیزیم، باعث کاهش کارایی آمیخته علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ در کنترل شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) شدند. گزارش میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2016) نشان داد که کاربرد نمک، کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Durieu.) و فالاریس بذر کوچک (*Phalaris minor* Retz.) را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. سایر مطالعات در این ارتباط، نشان از حساسیت علف‌کش‌های بتنازون، دایکامبا، ام‌سی‌پی‌آ و ستوکسیدیم دارند (Petroff, 2000). اثرات کاهندگی یون کلسیم بر کارایی علف‌کش‌هایی همچون ستوکسیدیم (Matysiak & Maschhoff et al., 1999)، گلفوسینیت (Nandula et al., 2016; Devkota et al., 2000)، کلتودیم (Hsiao et al., 2007)، ایمازتابنز (Gronwald et al., 1993)، توفوردی (Nalewaja et al., 1991; Mirzaei et al., 2017) و گلایفوسیت (Nalewaja, & Matysiak, 1991; Altland, 2001; Baily et al., 2002; Christian., 2003; Mueller et al., 2006; Scroggs et al., 2009; Mirzaei et al., 2017) به اثبات رسیده است. یکی از راه‌حل‌های توصیه‌شده برای کاهش اثرات آنتاگونیستی آب‌های سخت بر جذب و انتقال علف‌کش‌ها، استفاده از مواد افزودنی مثل سولفات آمونیوم است. توانایی سولفات آمونیوم به‌عنوان یک ماده افزودنی در برطرف کردن برخی ناسازگاری‌های علف‌کشی در آب سخت، موضوعی است که مورد قبول محققان زیادی قرار گرفته است، به‌طوری‌که سولفات آمونیوم، موجب افزایش جذب و بهبود کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت (Shaner et al., 2006)، ستوکسیدیم (Matysiak & Nalewaja, 1999)، ایمازتابنز (Gronwald et al., 1993) و تیفن سولفورون متیل و

بهینه‌سازی کاربرد علف‌کش‌ها باید به‌صورت یکی از مولفه‌های رهیافت تلفیقی علف‌های هرز مد نظر قرار گیرد (Ghorbani et al., 2009). در سال‌های اخیر، تحقیقات نسبتاً زیادی درباره اثرات غلظت‌های مختلف مواد معدنی موجود در آب بر کارایی علف‌کش‌ها صورت گرفته است، زیرا فعالیت بعضی علف‌کش‌ها به‌طور نامطلوبی تحت تاثیر برخی املاح محلول در آب قرار می‌گیرند (Istvan, & Endre, 2009). عواملی مانند سختی آب، pH آب، میزان یون بی‌کربنات، کدورت آب و مواد آلی، آهن و سایر مواد موجود در آن، بر جذب و انتقال برخی علف‌کش‌ها تاثیر می‌گذارند (Holm and Henry, 2005). آب سخت، به آب حاوی سطوح بالایی از املاح کلسیم، منیزیم، سدیم یا آهن گفته می‌شود (Altland, 2001). این یون‌ها همگی دارای بار مثبت هستند و این توانایی را دارند که با مولکول‌های علف‌کش‌های دارای بار منفی پیوند برقرار کنند و از کارایی و جذب و انتقال آن‌ها جلوگیری نمایند. بسته به نوع کاتیون، نوع علف‌کش و گونه علف‌هرز، اثر نمک‌های موجود در آب‌های سخت روی کارایی علف‌کش‌ها متغیر است. ثابت شده است که کاتیون‌های چندظرفیتی که در آب‌های سخت یافت می‌شوند، قادرند فعالیت علف‌کش‌های پس‌رویشی دارای خاصیت اسیدی ضعیف مانند گلیفوسیت، توفوردی، سولفونیل‌اوره‌ها و بازدارنده‌های ACCase را کاهش دهند (Nalewaja, & Matysiak, 1991). اثر بازدارندگی کربنات کلسیم بر کارایی علف‌کش توفوردی در کنترل تاج خروس ریشه قرمز و سلمه‌تره و کاهش اثرات علف‌کش با افزایش سختی آب توسط ایزدی و همکاران (Izadi-Darbandi et al., 2011) گزارش شده است. در مطالعه نصرتی و همکاران (Nosratti et al., 2011) گزارش شد که نمک‌های

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سختی آب روی کارایی علفکش‌های کلودینافوپ پروپارژیل و مزوسولفورون متیل+یدوسولفورون متیل سدیم+ایمن کننده مفن پایدی اتیل در شرایط کاربرد و عدم کاربرد سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم اوره در کنترل یولاف وحشی، دو آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش‌های اول شامل دز علفکش تایپیک در چهار سطح ۱۶، ۳۲، ۴۸ و ۶۴ گرم ماده مؤثره در هکتار (۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ لیتر از فرمولاسیون ثبت شده در هکتار)، عامل سختی آب در پنج سطح (۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰ قسمت در میلیون و آب دیونیزه به عنوان شاهد) و مواد افزودنی سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم اوره در سه سطح (عدم کاربرد، یک و دو درصد حجمی) بودند. فاکتورهای آزمایش دوم شامل دز علفکش آتانتیس در چهار سطح ۴/۵، نه، ۱۳/۵ و ۱۸ گرم ماده مؤثره در هکتار (۰/۳۷۵، ۰/۷۵، ۱/۱۲۵ و ۱/۵ لیتر فرمولاسیون در هکتار)، عامل سختی آب در پنج سطح (۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰ قسمت در میلیون و آب دیونیزه به عنوان شاهد) و مواد افزودنی سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم اوره در سه سطح (عدم کاربرد، یک و دو درصد حجمی) بودند. خصوصیات علفکش‌های مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ گفته شده است.

فورام سولفورون (Bunting *et al.*, 2004)، پنوکسولام (Pearson *et al.*, 2008) و نیکوسولفورون (Nalewaja, & Matysiak, 2000) شده است. با توجه به نوع علفکش و گونه گیاهی، ساز و کار برطرف کردن اثر کاهندگی و فواید مواد افزودنی آمونیومی متفاوت است. در مطالعه میرزائی و همکاران (Mirzaei *et al.*, 2017) که به منظور تعیین نقش عوامل سختی بر کارایی علفکش گلیفوسیت و تاثیر مواد افزودنی در کاهش اثرات بازدارنده کاتیون‌های موجود در آب سم‌پاشی بر کارایی این علفکش جهت کنترل تاج خروس وحشی، علف جارو، یولاف وحشی و علف قناری انجام شد، نتایج نشان داد اثر سولفات آمونیوم بر کنترل این علف‌های هرز، مثبت بود، اما در علف‌های هرز مختلف متفاوت بود، به شکلی که در تاج خروس ریشه قرمز، بهتر از فالاریس و یولاف وحشی عمل کرد و در علف جارو بی تاثیر بود. در گزارشی که اخیراً توسط زند و همکاران (Zand *et al.*, 2020) ارائه شد، اثر مثبت سولفات آمونیوم بر کارایی علفکش توفوردی ام‌سی‌بی‌آ در کنترل خردل وحشی در آب سخت مشاهده شد. در پژوهش حاضر تلاش بر این است که کارایی علفکش‌های تایپیک و آتانتیس و اثر سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم اوره بر روی یولاف وحشی در آب سخت مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۱- مشخصات علفکش‌های مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Characteristics of herbicides used in the experiment (Zand *et al.*, 2020)

Common Name	Trade Name	Formulation	Recommended amount (L/ha)	Chemical family	pKa	Consumption time	Registration date in Iran
Clodinafop-propargyl	Topik	EC 8%	0.8-1	Fops	2.91	Early to late wheat tillering	1373
Mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl sodium+ mefenpyr-diethyl	Atlantis	OD 1.2%	1.5-2	Sulfonylureas	3.78	2-3 leaf stage of grass weeds	1387

یولاف وحشی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی انجام شد و در صورت وجود خواب در بذرها، از روش‌های

نحوه کشت، آماده سازی محلول‌ها و سم‌پاشی قبل از انجام آزمایش، ابتدا تست جوانه‌زنی بذرها

شد و وزن‌تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. اگرچه داده‌های وزن خشک نیز ثبت و آنالیز شدند، اما به دلیل عدم هماهنگی بین داده‌ها، در آزمایش آورده نشدند (Moss et al., 2007; Roskamp et al., 2013).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌های حاصل با استفاده از آزمون LSD محافظت شده و در سطح یک و پنج درصد و با نرم‌افزار Minitab 18 انجام شد. همچنین، واکنش وزن‌تر علف‌هرز خردل وحشی به سطوح مختلف سختی آب مخزن سمپاش و دزهای مختلف علف‌کش تاپیک، با استفاده از برازش داده‌ها به مدل کوآدراتیک درجه دو (معادله یک)، جهت بررسی کارایی مواد افزودنی انجام و نمودارهای مربوطه به کمک نرم‌افزار Sigmaplot 12 رسم شد.

$$f = y_0 + ax + bx^2 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله، y_0 : عرض از مبدا، a : شیب خطی و b : شیب انحنا می باشد.

نتایج و بحث

کارایی علف‌کش تاپیک در کنترل یولاف وحشی تحت تاثیر سختی آب و کاربرد مواد افزودنی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دزهای مختلف علف‌کش تاپیک و سختی آب، اثر بسیار معنی‌دار ($P \leq 0/01$) و کاربرد سولفات آمونیوم، اثر معنی‌داری ($P \leq 0/05$) بر وزن‌تر یولاف وحشی داشتند. اثرات متقابل دوگانه شامل اثر متقابل دز علف‌کش تاپیک و سختی آب مخزن سمپاش و اثر متقابل سختی آب و کاربرد سولفات آمونیوم بر وزن‌تر بسیار معنی‌دار ($P \leq 0/01$)، در حالی که اثر متقابل دز علف‌کش تاپیک و کاربرد سولفات آمونیوم و همچنین اثر متقابل سه‌گانه فاکتورهای آزمایشی به‌کار رفته در آزمایش بر روی وزن‌تر یولاف وحشی معنی‌دار نبود (جدول ۲). دزهای

متداول برای شکستن خواب هر علف‌هرز استفاده شد. برای حذف خواب و تحریک جوانه‌زنی بذرهای یولاف وحشی، بذرها ابتدا به مدت سه تا چهار روز در یخچال و در داخل پتری‌دیش‌های نه سانتی‌متری حاوی کاغذ صافی (واتمن شماره یک) و نترات پتاسیم ۰/۲ درصد قرار گرفتند و سپس در انکوباتوری با درجه حرارت ۱۵ درجه سانتیگراد شب و ۲۵ درجه سانتیگراد روز و رطوبت ۶۰ درصد قرار داده شدند (Hammami et al., 2014).

بذرهای یولاف وحشی در گلدان‌هایی به قطر ۱۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر، حاوی مخلوط خاکی از رس، شن و کود دامی پوسیده به نسبت یک:یک:یک به همراه مقداری پرلیت به منظور حفظ رطوبت خاک، به صورت سطحی کشت شدند و آبیاری به صورت روزانه انجام شد. پس از رویش بذرها، گلدان‌ها در مرحله دو برگگی تنک شدند و پنج بوته در هر گلدان نگه داشته شد. گلدان‌ها در داخل گلخانه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار گرفتند. جهت آماده‌سازی تیمارها، در ابتدا با اضافه کردن مقادیر مختلف نمک کربنات کلسیم به آب دیونیزه، سطوح سختی ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ قسمت در میلیون به دست آمد و از آب دیونیزه هم به عنوان شاهد و سختی صفر استفاده شد. بعد از انحلال نمک، تیمار ماده افزودنی شامل کاربرد سولفات آمونیوم یا نترات آمونیوم آورده در سه سطح صفر، یک و دو درصد به محلول‌های آماده شده اعمال شد و در پایان، علف‌کش‌ها در دزهای مورد نظر به محلول‌های تهیه شده اضافه شدند. سم‌پاشی در مرحله چهار تا شش برگگی و با استفاده از دستگاه سم‌پاش ثابت خودکار، دارای نازل بادبزی یکنواخت (۸۰۰۲) با عرض پاشش یک متر و با دبی پاشش ۱۸۷ لیتر در هکتار و فشار دو بار انجام شد. سه هفته پس از سم‌پاشی، اندام هوایی گیاهان زنده از سطح خاک بریده

مختلف علفکش تاپیک و کاربرد نیترات آمونیوم اوره، اثر معنی‌دار ($P \leq 0.05$) و سختی آب، اثر بسیار معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر وزن‌تر یولاف‌وحشی داشت. اثرات متقابل دوگانه شامل اثر متقابل دز علفکش تاپیک و سختی آب و نیز سختی آب و کاربرد نیترات آمونیوم اوره بر روی وزن‌تر یولاف‌وحشی بسیار

معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود. اثر متقابل دز علفکش تاپیک و کاربرد نیترات آمونیوم اوره و همچنین اثر متقابل سه‌گانه دز علفکش تاپیک، سختی آب و کاربرد نیترات آمونیوم اوره بر روی وزن‌تر یولاف‌وحشی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس وزن‌تر یولاف‌وحشی، تحت تأثیر دز علفکش تاپیک، سختی آب و کاربرد مواد افزودنی
Table 2. Variance analysis of the effects of Topik dose, water hardness and application of adjuvant on fresh weight of *Avena ludoviciana*

Source	DF	Mean Square	
		Ammonium sulfate	Urea ammonium nitrate
Block	2	1.25 ^{ns}	6.02 ^{ns}
Dose	3	66.93 ^{**}	23.45 [*]
Hard water	4	0.89 ^{**}	3.84 ^{**}
Adjuvant	2	32.45 [*]	31.78 [*]
Hard water* Dose	12	1.36 ^{**}	0.74 ^{**}
Dose* Adjuvant	6	2.35 ^{ns}	3.08 ^{ns}
Hard water*Adjuvant	8	0.86 ^{**}	0.73 ^{**}
Dose*Adjuvant*Hard water	24	2.13 ^{ns}	1.78 ^{ns}
Error	118	1.35	1.06

ns, * and ** indicate non significant and significance at % and 1% of probability levels respectively. ns, * and ** indicate non significant and significance at % and 1% of probability levels respectively.

اثر مواد افزودنی سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم اوره در افزایش کارایی علفکش تاپیک در کنترل یولاف‌وحشی در دزهای مختلف در آب‌های سخت با استفاده از مدل‌های تجربی بر اساس نتایج حاصل از برازش داده‌ها به مدل کوآدراتیک درجه دو، تفاوت قابل توجهی بین کاربرد ماده افزودنی و عدم کاربرد آن وجود داشت (جدول ۲). در شرایط استفاده از سولفات آمونیوم به همراه

علفکش، با کاربرد سولفات آمونیوم، وزن‌تر گیاه از ۶/۶۴ گرم به چهار گرم رسید. این نشان می‌دهد که کاربرد سولفات آمونیوم، باعث کاهش ۴۰ درصدی وزن‌تر شده است (جدول ۲). در همین راستا و با استفاده از نیترات آمونیوم اوره، وزن تر گیاه از ۶/۶۴ گرم، با یک کاهش ۵۰ درصدی به ۳/۲ گرم رسید (جدول ۳).

اثر مواد افزودنی سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم اوره در افزایش کارایی علفکش تاپیک در کنترل یولاف‌وحشی در دزهای مختلف در آب‌های سخت با استفاده از مدل‌های تجربی بر اساس نتایج حاصل از برازش داده‌ها به مدل کوآدراتیک درجه دو، تفاوت قابل توجهی بین کاربرد ماده افزودنی و عدم کاربرد آن وجود داشت (جدول ۲). در شرایط استفاده از سولفات آمونیوم به همراه

جدول ۳- پارامترهای برآوردشده رگرسیون غیرخطی واکنش یولاف‌وحشی به علفکش تاپیک در آب سخت در حضور مواد افزودنی

Table 3. Estimated nonlinear regression parameters of *Avena ludoviciana* reaction to Topik herbicide in hard water in the presence of adjuvant

Adjuvant	(Y ₀)	a	b	R ²	
Not applicable	6.64 (0.26)	0.12	0.0001	0.99	
Ammonium sulfate	1%	5.3 (0.16)	0.08	0.0007	0.99
	2%	4 (0.99)	0.05	0.0004	0.87
Urea ammonium nitrate	1%	4.07 (0.69)	0.08	0.0006	0.96
	2%	3.2 (0.59)	0.06	0.0005	0.93

*: اعداد داخل پرانتز، نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشند.

*: The numbers in parentheses are standard errors.

علفکش قرار گرفت. از طرفی، با افزایش دز، فاصله بین سه منحنی کمتر شد که نشان دهنده این است که در

بر اساس شکل ۱ الف، در شرایط عدم کاربرد سولفات آمونیوم، کاهش وزن‌تر با شیب تندتری تحت تأثیر

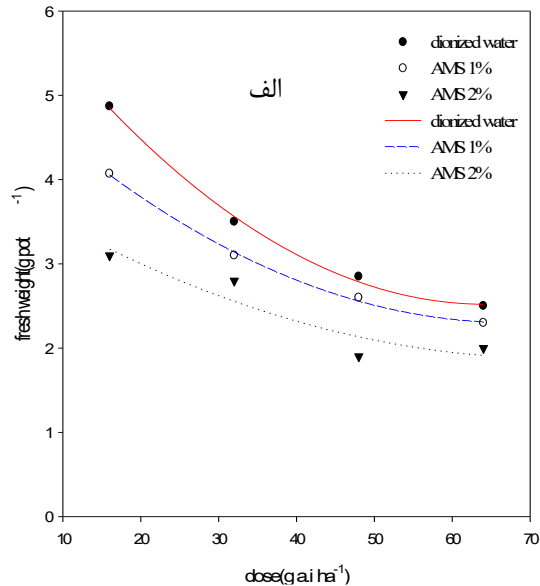
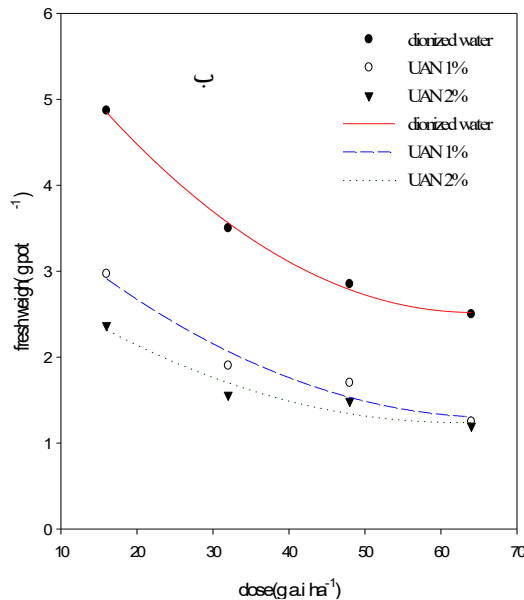
درصد افزایش یافت. در مقایسه، در دز ۶۴ گرم ماده موثره در هکتار، نیترات آمونیوم اوره یک درصد، ۵۰ درصد و نیترات آمونیوم اوره دو درصد، ۵۲ درصد کارایی علف‌کش را افزایش دادند (شکل ۱ ب). همچنین در مقایسه اثرات نیترات آمونیوم اوره، تفاوت‌های چندانی بین سطح یک و دو درصد مشاهده نشد، به طوری که در دز ۳۲ گرم، این تفاوت بسیار ناچیز بود و در دز ۶۴ گرم، به صفر رسید (شکل ۱ ب). تحقیقی در نیجریه نشان داد کاربرد علف‌کش گلایفوسیت به همراه سولفات آمونیوم، باعث کنترل بهتر علف‌های باریک برگ و پهن برگ در باغ‌های نخل روغنی شد. در این تحقیق، هر چه میزان سولفات آمونیوم افزایش یافت، تراکم علف‌های هرز و وزن تر و خشک آن‌ها نیز بیشتر کاهش یافت (Aladesanwa, & Oladimeji, 2005). در همین راستا و در طی که حاج محمدنیا قالی‌باف و همکاران (Hajmohammadnia Ghalibaf et al., 2015) انجام دادند، مشخص شد که نیترات آمونیوم، توانایی غلبه بر اثر بازدارندگی بی‌کربنات سدیم مخزن سمپاش، روی کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون را دارا است. نصرتی و همکاران (Nosratti et al., 2012) طی آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای ثابت کردند کاتیون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب حامل برای سم‌پاشی، موجب کاهش کارایی علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ در کنترل شیرین بیان می‌شود. آن‌ها بیان داشتند که با افزودن ماده افزودنی سولفات و نیترات آمونیوم در مقایسه با افزودن ماده افزودنی استات تترا دی آمین اتیلن به محلول علف‌کش، از عمل کاهندگی کاتیون‌ها بیشتر کاسته می‌شود. ویلز و همکاران (Wills et al., 2001) بیان داشتند که سدیم بی‌کربنات موجود در آب، موجب کاهش کارایی ترالکوکسیدیم بر روی یولاف‌وحشی می‌شود و سولفات و نیترات آمونیوم، در افزایش فعالیت این علف‌کش موثر بودند؛ البته سولفات آمونیوم در این

دزهای پایین، اثرات سختی و در نتیجه اثرات مواد افزودنی مشهودتر بود. به عنوان مثال، در دز ۱۶ گرم ماده موثره (یک چهارم دز توصیه‌شده)، کارایی علف‌کش با استفاده از سولفات آمونیوم یک درصد، ۱۶/۴۲ درصد و با استفاده از سولفات آمونیوم دو درصد، ۳۶ درصد افزایش یافت. در مقایسه در دز ۶۴ گرم ماده موثره در هکتار، سولفات آمونیوم یک درصد، هشت درصد و سولفات آمونیوم دو درصد، ۲۰ درصد باعث افزایش کارایی علف‌کش شدند. از طرفی در دز ۶۴ گرم ماده موثره در هکتار (دز توصیه‌شده در مزرعه)، استفاده از علف‌کش در شرایط عدم استفاده از سولفات آمونیوم، وزن تر گیاه را به ۲/۵ گرم رساند که این عدد، معادل دز ۳۲ گرم ماده موثره در هکتار در شرایط استفاده از سولفات آمونیوم بود. می‌توان چنین نتیجه گرفت که می‌تواند با نصف دز توصیه‌شده و کاربرد سولفات آمونیوم، علف‌کش، معادل با دز توصیه‌شده و عدم کاربرد سولفات آمونیوم است. همچنین در مقایسه کاربرد سولفات آمونیوم یک و دو درصد، اثر سولفات آمونیوم دو درصد بیشتر بود. در گزارشی که توسط میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2016) ارائه شد، نتایج نشان داد که کاربرد نمک، کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف‌وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana*) (Durieu) و فالاریس بذر کوچک (*Phalaris minor*) (Retz) را به طور معنی‌داری کاهش داد. افزایش دز ستوکسیدیم، منجر به غلبه بر اثرات منفی حضور نمک در محلول پاشی شد، در حالی که کاربرد سولفات آمونیوم، سودمندی چندانی به‌ویژه در فالاریس بذر کوچک در جلوگیری از اثرات منفی ناشی از وجود نمک در محلول به همراه نداشت.

در شرایط استفاده از نیترات آمونیوم اوره یک درصد با ۱۶ گرم ماده موثره در هکتار (یک چهارم دز توصیه‌شده)، کارایی علف‌کش ۳۹ درصد و استفاده از نیترات آمونیوم اوره دو درصد، کارایی علف‌کش ۵۱

آب شد، بلکه موجب افزایش جذب و انتقال علف‌کش در این گیاه نیز شد.

عمل موثرتر بود. نامبردگان اظهار داشتند که سولفات آمونیوم، نه تنها موجب غلبه بر رفتار هم‌کاهی کلسیم



شکل ۱- رابطه بین وزن تر علف‌هرز یولاف وحشی و دز علف‌کش

تاپیک در آب سخت (۱۰۰۰ پی پی ام) در حضور سولفات آمونیوم (الف) و نیترات آمونیوم اوره (ب)

Figure 2. Relationship between *Avena ludoviciana* fresh weight and Topik dose in hard water (1000 ppm) in the presence of ammonium sulfate (a) and ammonium urea nitrate (b)

($P \leq 0/01$) بر وزن تر یولاف وحشی داشتند، درحالی‌که سختی آب، تاثیر معنی‌داری بر وزن تر یولاف وحشی نداشت (جدول ۴). در بین اثرات متقابل دوگانه، اثر متقابل دز علف‌کش آتلاتنیس با سختی آب و نیز سختی آب با کاربرد نیترات آمونیوم اوره و اثر سه‌گانه فاکتورهای آزمایشی بر روی وزن تر یولاف وحشی معنی‌دار نبود، درحالی‌که اثر متقابل دز علف‌کش آتلاتنیس با کاربرد نیترات آمونیوم اوره بر وزن تر یولاف وحشی بسیار معنی‌دار ($P \leq 0/01$) بود.

نتایج مقایسه میانگین کاربرد و عدم کاربرد سولفات آمونیوم نشان داد که سولفات آمونیوم در غلبه بر اثرات منفی سختی آب محلول پاششی روی وزن تر یولاف وحشی معنی‌دار بود، اما اختلاف معنی‌داری بین سولفات آمونیوم یک درصد و دو درصد مشاهده نشد

کارایی علف‌کش آتلاتنیس در کنترل یولاف وحشی تحت تاثیر سختی آب و کاربرد مواد افزودنی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دزهای مختلف علف‌کش آتلاتنیس و کاربرد سولفات آمونیوم، اثر بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بر وزن تر یولاف وحشی داشت، درحالی‌که سختی آب، تاثیر معنی‌داری بر وزن تر یولاف وحشی نداشت. در بین اثرات متقابل دوگانه، اثر متقابل دز علف‌کش آتلاتنیس با سختی آب و نیز سختی آب با کاربرد سولفات آمونیوم و همچنین اثر سه‌گانه فاکتورهای آزمایشی بر روی وزن تر معنی‌دار نبود، درحالی‌که اثر متقابل دز و کاربرد سولفات آمونیوم بر وزن تر یولاف وحشی بسیار معنی‌دار ($P \leq 0/01$) بود (جدول ۴). دزهای مختلف علف‌کش آتلاتنیس و کاربرد نیترات آمونیوم اوره، اثر بسیار معنی‌داری

(شکل ۲، الف). نتایج مقایسه میانگین اثر کاربرد نیترات آمونیوم اوره نشان داد که کاربرد نیترات آمونیوم اوره در افزایش کارایی علف‌کش در محلول پاشش بر اساس وزن تر یولاف وحشی معنی‌دار بود. در این بین، اختلاف

معنی‌داری بین کاربرد یک و دو درصد نیترات آمونیوم اوره برای وزن ترو وزن خشک مشاهده نشد (شکل ۲، ب).

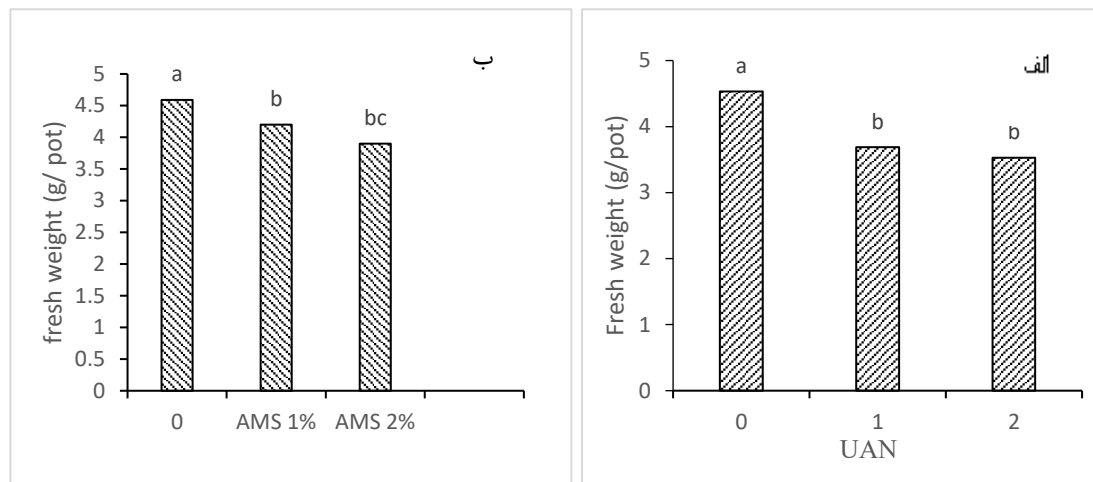
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس وزن تر یولاف وحشی تحت تأثیر دز علف‌کش آتلانتیس، سختی آب و کاربرد مواد افزودنی.
Table 4. Variance analysis of the effects of Atlantis dose, water hardness and of adjuvant application on *Avena ludoviciana* fresh weight

Source	DF	Mean Square	
		Ammonium sulfate	Urea ammonium nitrate
Block	2	1.433 ^{ns}	0.72 ^{ns}
Dose	3	43.5 ^{**}	3.56 ^{**}
Hard water	4	2.77 ^{ns}	1.55 ^{ns}
Adjuvant	2	4.79 ^{**}	17.17 ^{**}
Hard water* Dose	12	3.30 ^{ns}	2.85 ^{ns}
Dose* Adjuvant	6	11.47 ^{**}	12.5 ^{**}
Hard water*Adjuvant	8	3.58 ^{ns}	2.88 ^{ns}
Dose*Adjuvant*Hard water	24	3.29 ^{ns}	1.83 ^{ns}
Error	118	0.88	118

ns, * and ** indicate non significant and significance at 1% and 5% of probability levels respectively.

نسبت به سختی آب متفاوت است. در پژوهشی که توسط ایستوان و ایندره (Istvan, & Endre, 2009) انجام شد، حساسیت سه علف‌کش تربوتیلازین، مزوتریون و نیکوسولفورون در برابر سختی آب مخزن مورد بررسی قرارگرفت و ثابت شد که حساسیت علف‌کش تربوتیلازین به سختی آب چشمگیر بود؛ علف‌کش مزوتریون پاسخ معنی‌داری به سختی آب نشان نداد و کارایی علف‌کش نیکوسولفورون نیز به تغییرات سختی مخزن سم پاش متوسط بود. این تفاوت‌ها، ناشی از تفاوت ساختارهای شیمیایی و فیزیکی علف‌کش‌هاست که خصوصیات فیزیکی شیمیایی آن‌ها راحت‌تر تأثیر قرار می‌دهد. علف‌کش آتلانتیس، ترکیبی از دو علف‌کش مزوسولفورون متیل، یدوسولفورون متیل سدیم و ایمن‌کننده مفن پایر دی اتیل می‌باشد. به نظر می‌رسد که علت عدم حساسیت علف‌کش آتلانتیس به سختی، ناشی از ترکیب ایمن‌کننده آن می‌باشد که لازم است در این مورد، تحقیقات و بررسی بیشتری صورت گیرد.

آزمایش‌های انجام شده روی علف‌کش آتلانتیس نشان‌دهنده آن است که این علف‌کش، تحت تأثیر سختی آب قرار نمی‌گیرد. در گزارش سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2011)، آب سخت، هیچ اثر منفی بر کارایی علف‌کش گلو فوسینیت روی گیاهان سلمه‌تره، سوروف، دم روباهی سبز، تاج خروس ریشه قرمز، گاوپنبه و آمبروسیا نداشت. بر اساس تحقیقات روسکامپ و همکاران (Roskamp *et al.*, 2013)، کاتیون روی موجود در محلول مخزن سم پاش، هیچ تأثیری بر کارایی علف‌کش توفوردی در کنترل سلمه‌تره و علف اسب نداشت. اثر نمک‌های مختلف موجود در آب‌های سخت روی کارایی علف‌کش‌ها، بسته به نوع کاتیون، نوع علف‌کش و گونه علف‌هرز، متغیر است (Nalewaja *et al.*, 1989). از آن‌جا که ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی علف‌های هرز، از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کارایی علف‌کش‌هاست، این مهم می‌تواند در تحمل گونه‌های مختلف علف‌های هرز به کاربرد علف‌کش‌ها موثر باشد (Holm & Henry, 2005). از طرفی، حساسیت علف‌کش‌های مختلف



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین اثر سولفات آمونیوم (الف) و نیترات آمونیوم اوره (ب) بر کارایی علف‌کش آتلانتیس در کنترل یولاف وحشی

Figure 2. Mean comparisons of the effect of ammonium sulfate (a) and ammonium urea nitrate (b) on Atlantis efficacy in *Avena ludoviciana* control.

اوره یک درصد، به دلیل افزایش جذب و انتقال، کارایی علف‌کش افزایش می‌یابد. این پژوهش این نظریه را تایید می‌کند که خصوصیات شیمیایی و فیزیکی علف‌کش، نوع و مقدار مواد افزودنی و گونه علف‌هرز برای حداکثر فعالیت زیستی علف‌کش باید در نظر گرفته شود و امکان توصیه کلی برای بالابردن کارایی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز در شرایط استفاده از آب سخت وجود ندارد. در نهایت و با توجه به وجود آب‌های باکیفیت پایین در کشور، باید اثرات سختی آب بر کارایی دامنه گسترده‌تری از علف‌کش‌های پرمصرف و علف‌های هرز مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که سختی آب بیش از ۵۰۰ پی پی ام، کاهش کارایی علف‌کش تاپیک در کنترل یولاف وحشی را به همراه داشته است، درحالی‌که تاثیر معنی‌داری بر کارایی علف‌کش آتلانتیس در کنترل این علف‌های هرز نداشت. در مورد علف‌کش تاپیک می‌توان ۵۰ تا ۷۵ درصد دز توصیه‌شده را با سولفات آمونیوم دو درصد و نیترات آمونیوم اوره یک درصد به کار برد. در مورد علف‌کش آتلانتیس و علف‌کش‌هایی مانند آن که به سختی حساس نیستند نیز افزودن مواد افزودنی سولفات آمونیوم دو درصد و نیترات آمونیوم

منابع

- Aladesanwa, R.D. and Oladimeji, M.O. 2005. Optimizing herbicidal efficacy of glyphosate isopropylamine salt through ammonium sulphate as surfactant in oil palm plantation in a rainforest area of Nigeria. *Crop Prot.* 24: 1068-1073.
- Altland, J. 2001. Water quality affects herbicide efficacy. <http://www.oregonstate.edu>. Accessed: October 11, 2006.
- Baghestani Meybodi, M. M. and Zand, E. 2007. Study on morphological and physiological characteristics affecting on competitiveness of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) against wild oats (*Avena ludoviciana* Dur.). *Pajouhesh & Sazandegi*.67: 41-56.

- Baily, W.A., Poston, D.H., Wilson, H.P. and Hines, T.E. 2002. Glyphosate interactions with manganese. *Weed Technol.* 16: 792-799.
- Bunting, J.A., Sprague, C.L. and Riechers, D.E. 2004. Proper adjuvant selection for foramsulfuron activity. *Crop Prot.* 23:361-366.
- Christian, G. 2003. Glyphosate response to calcium, ethoxylated amine surfactant, and ammonium sulfate. *Weed Technol.* 17: 799-804.
- Devkota, p. and Johnson, W.G. 2016. Glufosinate efficacy as influenced by carrier water, hardness, foliar fertilizer and ammonium sulfate. *Weed Technol.* 30(4): 848-859.
- Ghorbani, R., Hosseini, S., Mousavi, S.K. and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2009. Sustainable weed management. Mashhad: University Jihad Publications. 924 Pp.
- Gronwald, J.W., Jourdan, S.W., Wyse, D.L., Somers, D.A. and Magnusson, M.U. 1993. Effect of ammonium sulfate on absorption of imazethapyr by quackgrass (*Elytrigia repens*) and maize (*Zea mays*) cell suspension cultures. *Weed Sci.* 41: 325-334.
- Hajmohammadnia Ghalibaf, K., Rashed Mohassel, M.H., Nasiri, M. and Zand, E. 2015. The effect of ammonium nitrate on the inhibition of sodium bicarbonate in sprayer tank water on the performance of glyphosate and nicosulfuron herbicides on *Abutilon theophrasti* and *Echinochloa crus-galli* weeds. *J. Plant Prot.* 28(3): 292-301.
- Hammami, H., Rashed Mohassel, M.H., Parsa, M., Banayan-Aval, M. and Zand, E. 2014. Effect of simulated radiation on sethoxydim performance used with and without vegetable oils. *Not. Sci. Biol.* 6(4): 460-464.
- Holm, F.A. and Henry J.L. 2005. Water quality and herbicides. Farm Facts, Saskatchewan Agriculture and Food. <http://www.gov.sk.ca>. Accessed October 11, 2006.
- Hsiao, A.I., Liu, S.H. and Quick, W.A. 1996. Effect of ammonium sulfate on the phytotoxicity, foliar uptake, and translocation of imazamethabenz in wild oat. *Plant Growth Regul.* 15: 115-120. <http://dx.doi.org/10.1080/09670874.2013.845320>
- Istvan, D. and Endre, M. 2009. Efficacy of herbicides influenced by spray carrier water pH and hardness. 5th International Plant Protection Symposium. Debrecen. 141-146.
- Izadi-Darbandi, A., Nesari, N. and Azarian, F. 2011. Evaluation of the effect of water hardness on the performance of 2-4D amine herbicide in weed control of *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album*. *J. Plant Prot.* 25(3): 258-265.
- Kudsk, P. 2008. Optimising herbicide dose: A straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *The Environmentalist.* 28: 49-55
- Maschhoff, J.R., Hart, S.E. and Baldwin, J.L. 2000. Effect of ammonium sulfate on the efficacy, absorption, and translocation of glufosinate. *Weed Sci.* 48: 2-6.
- Matysiak, R. and Nalewaja, J.D. 1999. Temperature, adjuvants, and UV light affect sethoxydim phytotoxicity. *Weed Technol.* 13: 94-99.
- Mirzaei, M., Rastgoo, M., Hajmohammadnia Ghalibaf, K. and Zand, E. 2019. The response of different weed species to glyphosate using Ammonium sulfate and hard water. *Planta Daninha.* 37: 1-9.
- Mirzaei, M., Rastgoo, M., Hajmohammadnia Ghalibaf, K. and Zand, E. 2016. Evaluation of the efficacy of Setoxidium herbicide in controlling *Phalaris minor* and *Avena ludoviciana* in the presence of various salts and ammonium sulfate. *Weed Res.* 8: 24-40.
- Mirzaei, M., Rastgoo, M., Hajmohammadnia Ghalibaf, K. and Zand, E. 2017. Evaluation of the inhibitory effects of different salts on the efficacy of 2,4-D herbicide in the control of *Kochia scoparia* and *Amaranthus retroflexus*. *J. Plant Prot.* 31: 267-276.
- Moss, S.R. Perryman, S.A.M. and Tatnell, L.V. 2007. Managing herbicide-resistant blackgrass (*Alopecurus myosuroides*): Theory and practice. *Weed Technol.* 21: 300-309.
- Mueller, T.C., Main, C.L., Thompson, M.A. and Steckel, L.E. 2006. Comparison of glyphosate salts (isopropylamine, diammonium, and potassium) and calcium and magnesium concentrations on the control of various weeds. *Weed Technol.* 20: 164-171.
- Nalewaja, J.D. and Matysiak, R. 1991. Salt antagonism of glyphosate. *Weed Sci.* 39: 622-628.
- Nalewaja, J.D. and Matysiak, R. 2000. Spray deposits from nicosulfuron with salts that affect efficacy. *Weed Technol.* 14: 740-749.
- Nalewaja, J.D., Manthey, F.A., Szelezniak, E.F. and Anyska, A. 1989. Sodium bicarbonate antagonism of sethoxydim. *Weed Technol.* 3: 654-658.
- Nandula, V.K., Poston, D.H., Reddy, K.N. and Koger, C.H. 2007. Formulation and adjuvant effects on uptake and translocation of clethodim in bermudagrass (*Cynodon dactylon*). *Weed Sci.* 55: 6-11.
- Nosratti, I., Alizade, H. and Mashhadi H.R. 2012. Effect of some adjuvants in reducing antagonism of spray carrier water cations to 2,4-D+MCPA efficacy on licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.). *Ann. Biol. Res.* 3:

- 2631-2635.
- Nosrati, I., Alizadeh, H. and Rahimian, M.H. 2011. Effect of some adjuvants on overcoming antagonistic effects of spray carrier water quality on glyphosate and herbicide mixture 2, 4-D+ MCPA efficacy on licorice (*Glycyrrhiza glabra*). Iranian J. Weed Sci. 7(2): 49-60.
- Pearson, B.A., Scott, R.C. and Carey, V.F. 2008. Urea ammonium nitrate effects on bispyribac and penoxsulam efficacy. Weed Technol. 22: 597-601.
- Petroff, R. 2000. Water quality and pesticide performance. <http://scarab.msu.montana.edu>. Accessed: October 11, 2006.
- Roskamp, J.M., Chahal, G.S. and Johnson, W.G. 2013. The effect of cations and ammonium sulfate on the efficacy of dicamba and 2,4-D. Weed Technol. 27: 72-77.
- Scroggs, D.M., Miller D.K., Stewart A.M., Leonard B.R. Griffin, J.L. and Blouin, D.C. 2009. Weed response to foliar coapplications of glyphosate and zinc sulphate. Weed Technol. 23:171-174.
- Shaner, D.L., Westra, P. and Nissen, S. 2006. AMADS increases the efficacy of glyphosate formulations on corn. Weed Technol. 20: 179-183.
- Soltani, N., Nurse, R.E. and Sikkema, P.H. 2011. Effect of ammonium sulfate and water hardness on glyphosate and glyphosinate activity in corn. Can. J.Plant Sci. 91:1053-1059.
- Villiers, B.L.D., Kudsk, P., Smit, J.J. and Mathiassen, S.K. 2001. Tralkoxydim adjuvant, MCPA and other effects. Weed Res. 4: 547-556.
- Zand, E., Mirzaei, M. and Sasanfar, H. R. 2020. Investigating the possibility of increasing the efficiency of some wheat herbicides in hardness water using additives. Final report of the research project. Ministry of Jihad Agriculture, Agricultural Research and Education Organization, Research Institute of Plant Protection. Number series. 51507.
- Zand, E., Nezamabadi, N., Baghestani, M., Shimi, P. and Mosavi, S. 2019. A guide to chemical control of weeds in Iran. Mashhad University Jihad Publications. 216 Pp.