

ارزیابی اثرات سختی و pH آب بر کارایی علف‌کش ستوکسیدیم (EC 12.5%) در کنترل یولاف وحشی زمستانه، *Avena ludoviciana*

مهناز میرزایی^۱، مهدی راستگو^{۱*}، کمال حاج محمد نیا قالیباف^۱ و اسکندر زند^۲

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، خراسان رضوی، ایران. ۲. بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۴

چکیده

به منظور بررسی اثرات سختی و pH آب بر کارایی علف‌کش ستوکسیدیم (نابواس EC 12.5%) در کنترل علف هرز یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Durieu.) آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۳ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. در این آزمایش اثر عامل سختی آب در پنج سطح (بی‌کربنات سدیم و کلرور منیزیم هر کدام در غلظت‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۵ مولار و آب دیونیزه)، pH آب در سه سطح ۵، ۷ و ۹ بر روی کارایی ستوکسیدیم در دزهای ۱۸۷/۵، ۹۳/۷۵ و ۴۶/۸۷ گرم ماده مؤثره در هکتار در کنترل یولاف وحشی زمستانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دزهای مختلف علف‌کش ستوکسیدیم اثر بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بر درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه داشت و سختی آب مخزن سمپاش اثر بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بر درصد بقاء و اثر معنی‌داری ($P \leq 0/05$) بر وزن خشک داشت. در حالیکه اثر عامل pH آب مخزن سمپاش بر درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه معنی‌دار نبود. اثر متقابل دز ستوکسیدیم و سختی آب بر روی درصد بقاء بسیار معنی‌دار ($P \leq 0/01$) و بر روی وزن خشک یولاف وحشی معنی‌دار ($P \leq 0/05$) بود و همچنین اثر متقابل سه‌گانه فاکتورهای آزمایشی به کار رفته در آزمایش بر روی درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی معنی‌دار ($P \leq 0/05$) بود. اثر متقابل دز ستوکسیدیم و pH آب مخزن سمپاش و اثر متقابل سختی آب و pH آب مخزن سمپاش بر روی درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی معنی‌دار نبود. اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش بر روی درصد بقاء در اکثر موارد به وزن خشک یولاف وحشی شباهت داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییر pH، تاثیر معنی‌داری بر کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در آب سخت در کنترل یولاف وحشی زمستانه نداشت.

واژه‌های کلیدی: درصد بقاء، وزن خشک، نابواس، یولاف وحشی زمستانه.

مقدمه:

همیشه استثناهایی وجود دارد. برای مثال مولکول‌های برخی علف‌کش‌ها در pH اسیدی (کمتر از ۷) شکسته می‌شوند. علف‌کش‌های خانواده سولفونیل‌اوره در pH اسیدی آب به صورت غیر فعال در می‌آیند، در حالی که اکثر علف‌کش‌ها در آب‌هایی که pH آنها بیشتر از ۷ باشد (قلیایی) خیلی سریع به صورت غیرفعال در می‌آیند. در بین علف‌کش‌ها فقط سولفونیل‌اوره‌ها در pH های بالای آب، حلالیت بهتری از خود نشان می‌دهند و از این لحاظ استثنا هستند (Petroff, 2000; Altland, 2001). هنگامی که pH آب بیشتر از ۸ باشد ممکن است جذب و انتقال علف‌کش‌هایی نظیر گلايفوسیت، ستوکسیدیم، فلوآزیفوپ پی و فنوکساپروپ پی اتیل کاهش یابد (Peterson, 1999). حلالیت علف‌کش‌های دارای خاصیت اسیدی ضعیف با pH تغییر می‌کند. خاصیت اسید ضعیف و حلالیت علف‌کش‌ها جذب آنها در سلول‌ها و هم چنین حرکت علف‌کش در گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mousavi et al., 2011).

آب سخت مخزن سم‌پاش از طریق پیوند با بنیان منفی مولکول‌های علف‌کش باعث کاهش حلالیت علف‌کش می‌شوند. ترکیب نمکی تشکیل شده به راحتی جذب گیاه نمی‌شود و در نتیجه فعالیت زیستی کافی برای کنترل علف‌های هرز نخواهد داشت (Thelen et al., 1995; Penner, 2006). نتایج تحقیقات متعدد انجام شده نشان می‌دهد که کارایی علف‌کش‌های اسیدی ضعیف مانند ستوکسیدیم، توفوردی و گلايفوسیت تحت تاثیر کاتیون‌های موجود در آب سخت قرار می‌گیرد. مولکول‌های علف‌کش‌های ستوکسیدیم و کلتودیم تحت شرایط اسیدی محیط (pH کمتر از ۶) و وجود سختی آب از هم گسسته شده و با یون‌های موجود در آب پیوند ایجاد می‌نمایند و کارایی این علف‌کش‌ها کاهش

یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana*) از گیاهان علفی، باریک برگ و یک‌ساله می‌باشد. این گیاه از جمله مهم‌ترین علف‌های هرز است که پراکنش وسیعی در سطح کشور دارد و در بسیاری از مناطق ایران و در انواع محصولات زراعی، زمین‌های بایر و باغ‌ها مشاهده می‌شود (Rashed-Mohasel et al., 2009). در کشور ما یولاف وحشی از مهم‌ترین علف‌های هرز گندم، چغندر قند، یونجه، انواع حبوبات، کلزا و پیاز است (Zand et al., 2009). در محصولات زراعی پهن برگ مانند چغندر قند، پیاز، کلزا، سویا و یونجه، استفاده از علف‌کش ستوکسیدیم برای کنترل این علف‌ها توصیه شده است (Zand et al., 2009). علف‌کش ستوکسیدیم با نام تجاری نابو-اس در سال ۱۳۶۵ در ایران ثبت شده است و به صورت پس‌رویشی و به میزان حدود ۳ لیتر در هکتار در مرحله ۳-۵ برگی یولاف وحشی به کار می‌رود (Tu et al., 2001; Zand et al., 2014).

از آنجایی که آب مهم‌ترین و رایج‌ترین حلال مورد استفاده برای کاربرد علف‌کش‌ها است بررسی ویژگی‌های مربوط به کیفیت آب مورد استفاده در مخزن سم‌پاش یکی از عوامل مؤثر در جهت تعیین کارایی علف‌کش‌ها می‌باشد (Caldwell, 2007). مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی آب که بر کارایی برخی از علف‌کش‌ها تأثیر می‌گذارند می‌توان به سختی آب، pH، وجود یون بی‌کربنات، کدورت آب و مواد آلی موجود در آن اشاره کرد (Holm et al., 2005; Bernards et al., 2005). pH آب یکی از مهم‌ترین آنالیزهای معمولی برای آزمایش‌های خاک و آب می‌باشد و این استاندارد میزان اسیدی یا بازی بودن محلول (آب) را نشان می‌دهد (Petroff, 2000; Addy et al., 2004). به طور کلی pH مناسب آب برای اکثر علف‌کش‌ها کمی اسیدی است (بین ۴ تا ۶)، اگرچه

بررسی سختی و pH آب و اثر متقابل این دو عامل بر کارایی این علف‌کش در کنترل یولاف وحشی زمستانه انجام شد.

مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی اثر عامل سختی و pH آب بر روی کارایی علف‌کش ستوکسیدیم (نابواس EC 12.5%) در کنترل یولاف وحشی زمستانه آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۳ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دز علف‌کش ستوکسیدیم (۱۲/۵٪ EC) در سه سطح شامل ۱۸۷/۵، ۹۳/۷۵ و ۴۶/۸۷ گرم ماده مؤثره در هکتار (۱/۵، ۰/۷۵ و ۰/۳۷۵ لیتر فرمولاسیون در هکتار)، عامل سختی آب در پنج سطح (بی‌کربنات سدیم (NaHCO₃) در غلظت‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۵ مولار، کلرور منیزیم (MgCl₂) در غلظت‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۵ مولار و آب دیونیزه به عنوان شاهد) و pH آب در سه سطح ۵، ۷ و ۹ بودند.

بذور یولاف وحشی زمستانه از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد (طول جغرافیایی: ۳۶° و ۱۵' شمالی، عرض جغرافیایی: ۵۹° و ۲۸' شرقی و ارتفاع از سطح دریا: ۹۸۵ متر) در طی سال ۱۳۹۳ جمع‌آوری شدند. ابتدا بذور از گیاهان جدا و بوجاری و پوست‌کنی انجام شد سپس توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۳-۲ دقیقه ضدعفونی شده و به ترتیب با آب معمولی و آب مقطر شستشو داده شدند. قبل از انجام آزمایش، ابتدا تست جوانه‌زنی بذور در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی انجام شد. به منظور حذف خواب و تحریک جوانه‌زنی بذور یولاف وحشی زمستانه از محلول نترات پتاسیم ۰/۲ درصد استفاده شد. بذور ابتدا در یخچال در داخل پتری‌دیش‌های حاوی کاغذ صافی (واتمن شماره ۱) و

می‌یابد (Altland, 2001). مولکول‌های جدا شده علف‌کش در عرض غشای سلولی گیاهان کمتر جذب می‌شوند که این مطلوب نیست (Petroff, 2000; Altland, 2001). pH محلول سم، حلالیت و پایداری یونی علف‌کش‌های اسید ضعیف را کنترل می‌کند بنابراین بر جذب و فعالیت زیستی آنها تاثیرگذار است. pH همچنین بر سایر خصوصیات علف‌کش مانند پایداری شیمیایی، فراریت و سازگاری شیمیایی نیز تاثیرگذار است (Green and Hale, 2005).

آب سخت و pH بالا هر دو کاهش کارایی علف‌کش‌های اسیدی ضعیف را سبب می‌شوند. pH بالا باعث یونیزه شدن علف‌کش‌های اسیدی ضعیف شده که بدنبال آن مولکول‌های علف‌کش به کاتیون‌های آب سخت متصل شده و علف‌کش کارایی لازم را نخواهد داشت. گزارشی در ویسکانسین نشان می‌دهد هنگام استفاده از آب سخت با غلظت کاتیون کلسیم و سدیم بالا در محلول سم‌پاش زمانی که pH محلول سم‌پاشی پایین باشد (pH=۳/۵) هیچ کاهشی در کارایی علف‌کش ستوکسیدیم مشاهده نشده است، اما در pH بالای ۷ کارایی علف‌کش کاهش پیدا کرد (Nalewaja et al., 1994).

توجه به کیفیت آب مخزن سمپاش بخصوص سختی و pH آب به کارایی بهینه علف‌کش‌ها کمک شایانی می‌کند. علف‌کش ستوکسیدیم نیز جز علف‌کش‌های اسیدی ضعیف می‌باشد که مانند سایر علف‌کش‌های اسیدی ضعیف مانند توفوردی و گلایفوسیت تحت تأثیر کاتیون‌های موجود در آب مخزن سمپاش و pH آب قرار می‌گیرد (Holm et al, 2005; Mueller et al., 2006). از آنجائی‌که گزارشات محدودی در خصوص واکنش ستوکسیدیم به سختی و pH آب وجود دارد و در مورد اثرات متقابل بین سختی و pH اطلاعات کمی در دسترس است، این تحقیق به منظور

بوته‌های تیمار شده پس از شمارش بوته‌های زنده با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

معادله (۱) $100 \times (\text{تعداد بوته‌ها قبل از تیمار علف کش} / \text{بوته‌های زنده پس از تیمار}) = \text{درصد بقاء}$

برای تعیین وزن خشک بوته‌ها، نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. تجزیه واریانس داده‌های حاصل و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت شده در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار Minitab 17 انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 انجام شد.

نتایج:

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دزهای مختلف علف کش ستوکسیدیم اثر بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بر درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی داشت و سختی آب مخزن سمپاش اثر بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بر درصد بقاء و اثر معنی‌داری ($P \leq 0/05$) بر وزن خشک یولاف وحشی داشت. در حالیکه اثر عامل pH آب مخزن سمپاش بر درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی معنی‌داری نبود (جدول ۱). اثر متقابل دز ستوکسیدیم و سختی آب بر روی درصد بقاء بسیار معنی‌دار ($P \leq 0/01$) و بر روی وزن خشک یولاف وحشی معنی‌دار ($P \leq 0/05$) بود و همچنین اثر متقابل سه گانه فاکتورهای آزمایشی به کار رفته در آزمایش بر روی درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی معنی‌دار ($P \leq 0/05$) بود (جدول ۱). اثر متقابل دز ستوکسیدیم و pH آب مخزن سمپاش و اثر متقابل سختی آب و pH آب مخزن سمپاش بر روی درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی معنی‌دار نبود (جدول ۱). اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش بر روی درصد بقاء در اکثر موارد به وزن خشک یولاف وحشی زمستانه شباهت داشت (جدول ۱).

نیترات پتاسیم ۰/۲ درصد به مدت سه تا چهار روز قرار گرفتند و سپس در انکوباتور با درجه حرارت ۱۵ درجه سانتی‌گراد شب و ۲۵ درجه سانتی‌گراد روز و رطوبت ۶۰ درصد قرار داده شدند (Hammami *et al.*, 2014).

بعد از مشاهده اولین علائم خروج ریشه‌چه، بذور برای کشت در گلدان به گلخانه منتقل شدند. بذور در گلدان‌هایی به قطر ۱۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر، در خاکی به نسبت ۱:۱ از خاک زراعی و ماسه به صورت سطحی کشت و آبیاری به صورت روزانه انجام شد. پس از رویش بذور، در مرحله دو برگگی، گلدان‌ها تنک شدند و ۵ بوته در هر گلدان نگه داشته شد. گلدان‌ها در داخل گلخانه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند.

جهت آماده سازی تیمارها ابتدا نمک‌های بی‌کربنات سدیم و کلرور منیزیم (مرک آلمان) هر کدام جداگانه در غلظت اشاره شده در آب دیونیزه توسط همزن حل شدند. بعد از انحلال نمک‌ها، علف‌کش‌ها در دزهای مورد نظر به محلول‌های تهیه شده اضافه شدند. جهت تیتراسیون pH از ارتوفسفریک اسید (H_3PO_4) ۸۵ درصد رقیق شده و محلول سود یک نرمال استفاده شد. pHها توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری شدند. تیمارهای مورد استفاده جهت اطمینان از تثبیت pH، به مدت یک ساعت نگهداری و سپس جهت سمپاشی مورد استفاده قرار گرفتند. در طول این مدت در pH محلول‌های مورد نظر تغییری ایجاد نشد. سمپاشی در مرحله ۶-۴ برگگی با استفاده از سمپاش متحرک ریلی مدل ماتابی با نازل بادبزنی یکنواخت (۸۰۰۲) با عرض پاشش یک متر و بادبی پاشش ۲۹۰ لیتر در هکتار و با فشار ۲۰۰ کیلوپاسکال انجام شد. سه هفته پس از سمپاشی، درصد بقای گیاهان هر گلدان تعیین و سپس وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد. درصد بقای

جدول ۱- تجزیه واریانس درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه تحت تأثیر دز علف کش ستوکسیدیم، سختی آب و pH آب.

Table 1. Analysis of variance of survival percentage and dry weight of winter wild oat affected by sethoxydim dose, water hardness and pH.

Source of variation	df	Mean squares	
		Survival	Dry Weight
Block	2	1847.22*	0.71*
Sethoxydim dose (SD)	2	83791.67**	24.30**
Water hardness (WH)	4	2678.24**	0.62*
pH	2	180.55 ^{ns}	0.01 ^{ns}
SD×WH	8	1685.18**	0.49*
SD × pH	4	1409.72 ^{ns}	0.36 ^{ns}
WH × pH	8	296.30 ^{ns}	0.31 ^{ns}
SD × WH × pH	16	787.62*	0.37*
Error	88	407.83	0.20
C.V. (%)		32.45	28.98

ns, * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد می باشند.

Note: ns, *, ** not significant, significant at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively.

مخزن سمپاش وجود نداشت و هر چهار سطح سختی اعمال شده تأثیر معنی داری در مقایسه با آب دیونیزه بر کارایی علف کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه داشتند (جدول ۳). همچنین مشاهده شد که بین بی کربنات سدیم با کلرور منیزیم تفاوت معنی داری وجود نداشت و بین غلظت این دو نمک نیز تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین بین دزهای مختلف علف کش ستوکسیدیم نشان داد که با افزایش دز، وزن خشک و درصد بقای یولاف وحشی زمستانه به طور بسیار معنی داری کاهش یافت و تفاوت معنی داری بین هر سه دز استفاده شده مشاهده شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین بین سطوح مختلف سختی آب مخزن سمپاش نشان داد که بر اساس وزن خشک و درصد بقاء، اختلاف معنی داری بین سطوح مختلف سختی آب

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر دزهای مختلف علف کش ستوکسیدیم بر درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه.

Table 2. Mean comparison of the effect of different sethoxydim doses on survival and dry weight of winter wild oat.

Sethoxydim Dose (g a.i. ha ⁻¹)	Survival (%)	Dry Weight (g/pot)
46.87	95.00 ^a	1.61 ^a
93.75	78.33 ^b	1.01 ^b
187.5	13.33 ^c	0.14 ^c

در هر ستون، میانگین های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد، اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

In each column, means with same letter are not significant based LSD test at 5% probability level.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سختی آب بر کارایی علف کش ستوکسیدیم بر درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه.

Table 3. Mean comparison of the effect of water hardness on sethoxydim efficacy on survival and dry weight of winter wild oat.

Water hardness (M)	Survival (%)	Dry Weight (g/pot)
0.01 M NaHCO ₃	65.74 ^a	1.05 ^a
0.05 M NaHCO ₃	66.67 ^a	0.97 ^a
0.01 M MgCl ₂	66.67 ^a	1.00 ^a
0.05 M MgCl ₂	67.59 ^a	0.92 ^a
Deionized Water	44.44 ^b	0.66 ^b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

In each column, means with same letter are not significant based LSD test at 5% probability level.

نتایج مقایسه میانگین بین سطوح pH آب محلول سمپاش نشان داد که بین سطوح pH آب مخزن سمپاش، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت به طوری که درصد بقاء و وزن خشک اندام هوایی علف هرز یولاف وحشی زمستانه تحت تأثیر تغییرات pH آب

مخزن سمپاش قرار نگرفتند و تغییر pH از حالت pH خنثی به حالت قلیایی و اسیدی، تأثیر معنی‌داری بر درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه نداشت (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر pH آب بر کارایی علف کش ستوکسیدیم بر درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه.

Table 4. Mean comparison of the effect of water pH on sethoxydim efficacy on survival and dry weight of winter wild oat.

pH	Survival (%)	Dry Weight (g/pot)
5	62.78 ^a	0.93 ^a
7	63.89 ^a	0.92 ^a
9	60.00 ^a	0.90 ^a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

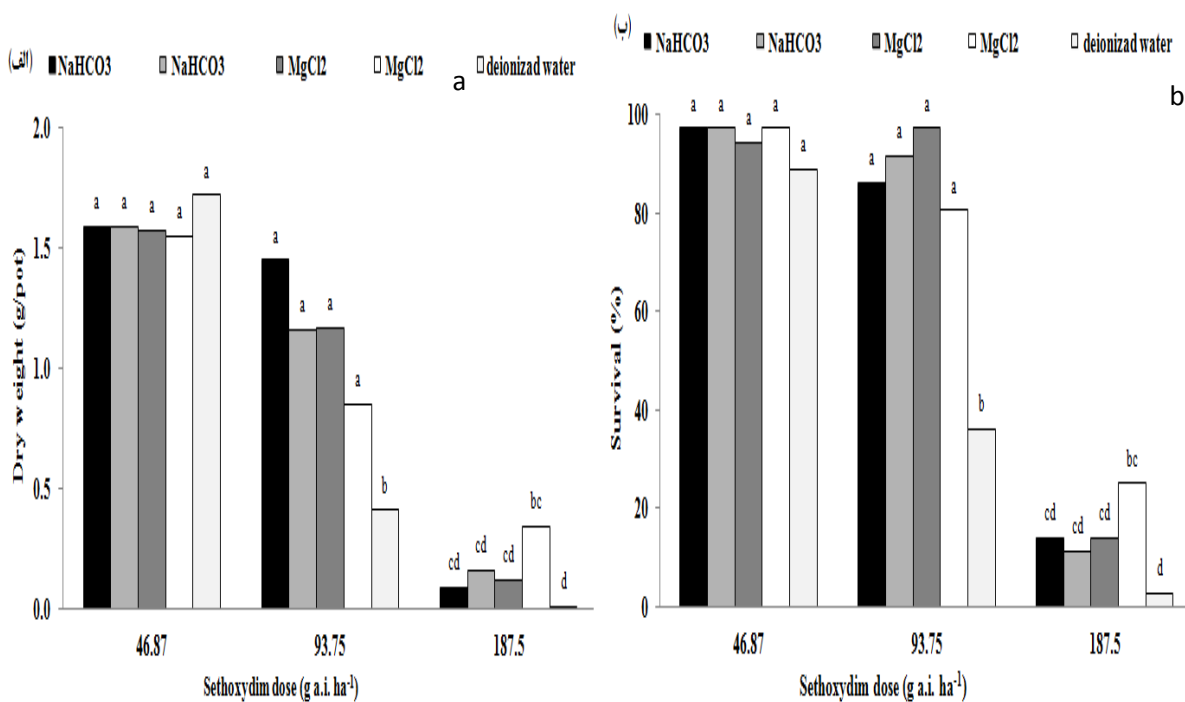
In each column, means with same letter are not significant based LSD test at 5% probability level.

نتایج اثر متقابل دز ستوکسیدیم و سختی آب نشان داد که در هر سه دز استفاده شده، بین سطوح سختی آب اختلاف معنی‌داری در کارایی علف کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه مشاهده نشد (شکل ۱). در دز ۴۶/۸۷ گرم ماده مؤثره در هکتار، بین سطوح مختلف سختی آب و آب دیونیزه برای درصد بقاء و وزن خشک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱). در حالیکه در دز ۹۳/۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار، سطوح مختلف سختی آب با آب دیونیزه برای درصد بقاء و وزن خشک تفاوت معنی‌داری داشتند. در دز ۱۸۷/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار، فقط کلرور منیزیم ۰/۰۱ مولار با آب دیونیزه برای درصد بقاء و وزن خشک تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۱). نتایج خوبی نشان داد که اثر متقابل دز علف کش ستوکسیدیم و سختی آب در یولاف وحشی زمستانه معنی‌دار بود. به علاوه شباهت زیادی بین درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه در دزهای مختلف علف کش ستوکسیدیم در واکنش به سطوح مختلف سختی آب مخزن سمپاش وجود داشت.

نتایج اثر متقابل سه گانه دز ستوکسیدیم، سختی آب و pH آب نشان داد که در دز ۴۶/۸۷ گرم ماده مؤثره در هکتار، سطوح pH آب در هر یک از سطوح مختلف سختی آب تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک و درصد بقاء نداشتند (جدول ۵). همچنین در مقایسه سطوح

رابطه کلرور منیزیم ۰/۰۱ مولار در مقایسه با آب دیونیزه اثر معنی‌داری بر درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه داشت. اما در دز ۱۸۷/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار، اختلاف معنی‌داری بین سطوح pH آب در هر یک از سطوح مختلف سختی آب مشاهده شد و در مقایسه سطوح مختلف سختی آب در هر یک از سطوح pH آب نیز مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف سختی آب وجود نداشت (جدول ۴).

مختلف سختی آب در هر یک از سطوح pH آب نیز مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف سختی آب وجود نداشت (جدول ۵). همچنین در دز ۹۳/۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار، اختلاف معنی‌داری بین سطوح pH آب در هر یک از سطوح مختلف سختی آب وجود نداشت (جدول ۵). اما در مقایسه سطوح مختلف سختی آب در هر یک از سطوح pH آب مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف سختی آب وجود داشت (جدول ۵). در این

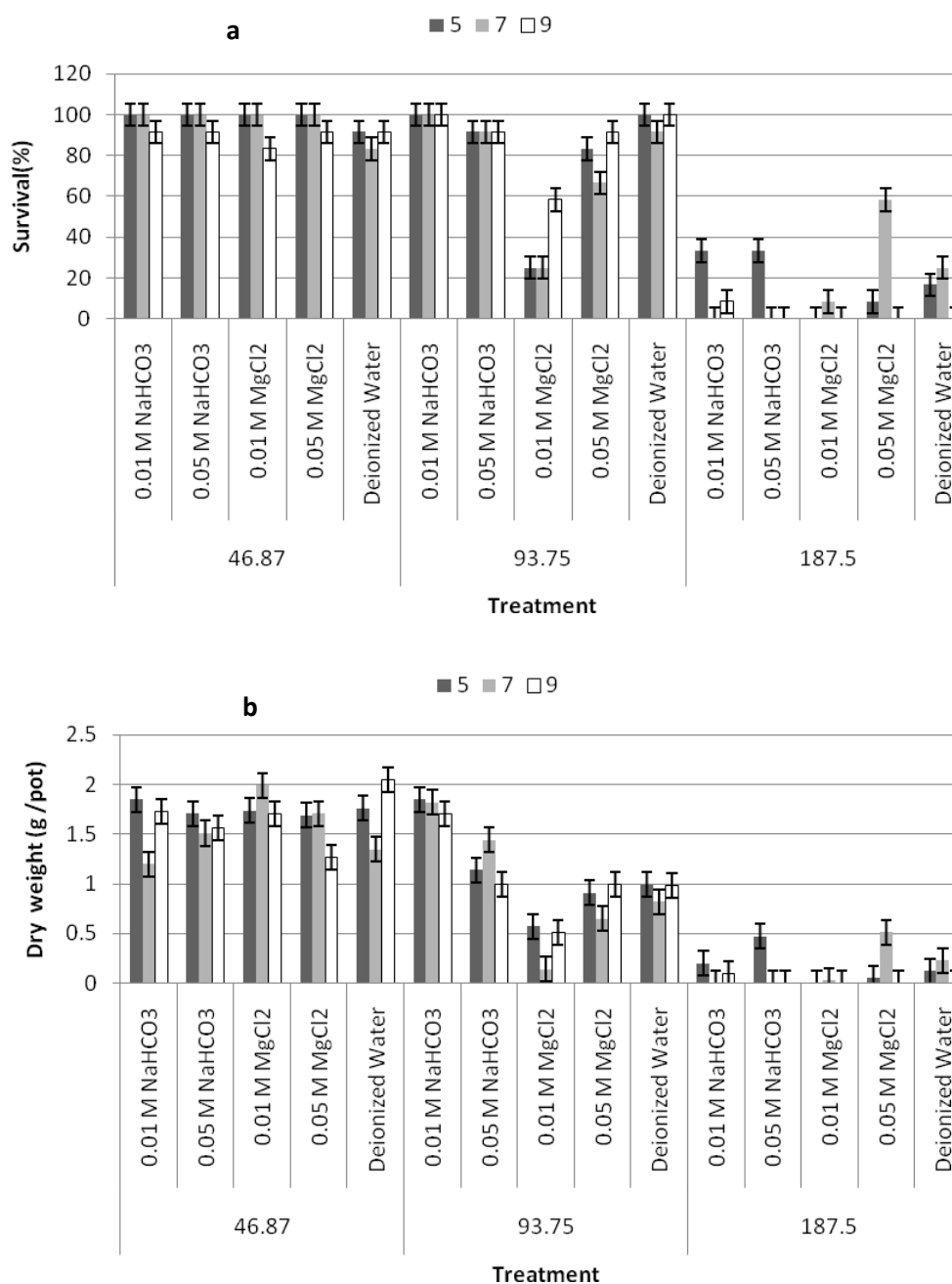


شکل ۱- اثر سختی آب بر وزن خشک (الف) و درصد بقاء (ب) یولاف وحشی زمستانه در دزهای مختلف ستوکسیدیم.

Figure 1- The effect of water hardness on dry weight (A) and survival (B) of winter wild oat in different sethoxydim doses.

در هر نمودار، میانگین‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد، اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each chart, means with same letter are not significant based LSD test at 5% probability level.



شکل ۲- مقایسات میانگین اثر متقابل سه گانه فاکتورهای آزمایش بر کارایی علف کش ستوکسیدیم بر درصد بقاء (الف) و وزن خشک (ب) یولاف وحشی زمستانه. میله بارهای قرار گرفته روی ستون ها بیانگر مقدار LSD در سطح ۵ درصد است.

Figure 2- Mean comparisons the triple interactions of experimental factors on sethoxydim efficacy on survival (a) and dry weight (b) of winter wild oat
Error bars represent LSD values at 5% probability level.

آب ۵ و ۹ اختلاف معنی داری وجود نداشت و کمترین اثرگذاری کاربرد ۱۸۷/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار علف کش ستوکسیدیم در pH آب ۷ مشاهده شد. این

در آب دیونیزه و کلرور منیزیم ۰/۰۱ مولار هیچ اختلاف معنی داری بین سطوح مختلف pH آب مشاهده نشد و در کلرور منیزیم ۰/۰۵ مولار بین pH

ملکول‌های علف‌کش نیز کم می‌شود بنابراین از اثرات هم‌گاهی ناشی از کاتیون‌های آب سخت کاسته می‌شود (Wills *et al.*, 1998). نتایج تحقیقات متعدد انجام شده نشان می‌دهد که کارایی علف‌کش‌های اسیدی ضعیف مانند ستوکسیدیم، توفوردی و گلایفوسیت تحت تأثیر کاتیون‌های موجود در آب سخت قرار می‌گیرد. اثرات کاهش‌دهنده یون سدیم بر روی علف‌کش ستوکسیدیم (Nalewaja *et al.*, 1989) گزارش شده است. هولم و هنری (Holm and Henry, 2005) گزارش کردند که بی‌کربنات‌ها فعالیت باریک برگ‌کش‌های متعلق به گروه دیم مانند ترالکوسیدیم، ستوکسیدیم و کلتودیم را کاهش می‌دهند. کاهش کارایی ستوکسیدیم در حضور مقادیر بالای سدیم توسط وایتول و همکاران (Whitwell *et al.*, 1992) گزارش شده است. همچنین نالیواجا و همکاران (Nalewaja *et al.*, 1989) گزارش کردند که حضور بی‌کربنات سدیم و کربنات سدیم در مخزن سمپاش، کارایی ستوکسیدیم در کنترل گونه‌های باریک برگ در گلخانه و مزرعه را کاهش داد.

با کاهش pH، حلالیت علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره در آب کم می‌شود چرا که در هنگام اسیدی شدن محلول سمپاش در این گروه از علف‌کش‌ها، از توزیع مطلوب آنها ممانعت شده و کارایی‌شان کاهش می‌یابد (Vencill, 2002; Green and Cahill, 2003). برای مثال می‌توان به علف‌کش مت سولفورون اشاره کرد که در pHهای اسیدی آب به صورت غیرفعال در می‌آید. این در حالی است که اکثر علف‌کش‌ها در آب‌هایی که pH بیشتر از ۷ (آب‌های قلیایی) داشته باشند تأثیر خود را از دست می‌دهند (Burgess, 2003). ماتوکا و سنزمن (Matocha and Senseman, 2007) با بررسی نیمه عمر علف‌کش تریفلوکسی سولفورون در pHهای آب ۵، ۷ و ۹ دریافتند که هیدرولیز این علف‌کش در pH اسیدی در مقایسه با

در حالی است که در بی‌کربنات سدیم ۰/۰۵ و ۰/۰۱ مولار کمترین اثرگذاری در pH آب ۵ مشاهده شد و بین pH آب ۷ و ۹ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲).

بحث:

در مطالعه حاج محمدنیا قالی‌باف و همکاران (Hajmohammadnia Ghalibaf *et al.*, 2016) که به منظور بررسی تأثیر تغییرات pH آب بر کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون جهت کنترل علف‌های هرز گاوپنبه و سوروف انجام شد نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تغییرات pH آب در محلول علف‌کش‌های نیکوسولفورون و گلایفوسیت، کارایی آنها را در کنترل هر دو علف هرز به طور بسیار معنی‌داری ($P \leq 0/01$) تحت تأثیر قرار داد به طوری که درصد بقاء، ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه تحت تأثیر تغییرات pH آب در مخزن سمپاش هر دو علف‌کش قرار گرفت. در حالیکه نتایج آزمایش ما نشان داد که pH آب محلول پاشش تأثیر معنی‌داری بر کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه نداشت. نتایج مقایسه میانگین بین دزهای مختلف علف‌کش ستوکسیدیم نشان داد که با افزایش دز، وزن خشک و درصد بقای یولاف وحشی زمستانه به طور بسیار معنی‌داری کاهش یافت و تفاوت معنی‌داری بین هر سه دز استفاده شده مشاهده شد. یکی از اولین راه‌کارها برای به حداقل رساندن واکنش کاتیون‌های موجود در آب مخزن سمپاش با علف‌کش‌ها، استفاده از حداکثر دز توصیه شده برای کاربرد علف‌کش است. از آنجایی که هر کاتیون موجود در آب مخزن سمپاش قادر است تنها به تعداد محدودی مولکول علف‌کش اتصال پیدا کند، وقتی از دز بیشتری استفاده می‌شود، تعداد کاتیون‌ها نسبت به

اثرات pH روی سمیت علف‌کش‌های مختلف متفاوت است. به عنوان مثال در آزمایشی فعالیت علف‌کش‌های گلایفوسیت و ام‌اس‌ام‌آ با تغییرات pH تغییر یافت اما فعالیت علف‌کش‌های ستوکسیدیم و کلتودیم تحت تاثیر pH بالای محلول پاشش قرار نگرفت (Bridges, 1994). pH بالا باعث یونیزه شدن علف‌کش‌های اسیدی ضعیف شده که بدنبال آن مولکول‌های علف‌کش به کاتیون‌های آب سخت متصل شده و علف‌کش کارایی لازم را نخواهد داشت. گزارشی در ویسکانسین نشان می‌دهد هنگام استفاده از آب سخت با غلظت کاتیون کلسیم و سدیم بالا در محلول سم‌پاش زمانی که pH محلول سم‌پاشی پایین باشد ($pH=3/5$) هیچ کاهشی در کارایی علف‌کش ستوکسیدیم مشاهده نشده است، اما در pH بالای ۷ کارایی علف‌کش کاهش پیدا می‌کند (Nalewaja et al., 1994). همچنین در بررسی اثر سدیم و pH فعالیت علف‌کشی ستوکسیدیم تحت تاثیر pH بالای آب کاهش یافت اما فعالیت علف‌کشی گلایفوسیت و کلتودیم تحت تاثیر pH قرار نگرفت (Whitewell et al., 1992). این در حالی است که نتایج آزمایش ما نشان داد که تغییر pH، تاثیر معنی‌داری بر کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه نداشت.

در مورد اثرات متقابل بین سختی و pH اطلاعات کمی در دسترس است (Roskamp et al., 2013) و از طرفی اطلاعات بدست آمده در این زمینه متناقض هستند. در پژوهشی فعالیت علف‌کشی گلایفوسیت با تغییرات pH تغییر یافت اما فعالیت علف‌کش‌های ستوکسیدیم و کلتودیم تحت تاثیر pH بالای محلول پاشش قرار نگرفت (Bridges, 1994). از طرفی نالیواجا و ماتیسایاک (Nalewaja and Matysiak, 1991) گزارش کردند پاسخ گلایفوسیت به نمک‌های محلول در آب سخت به pH وابسته نیست. در بررسی که به منظور اثر pH و سختی در علف‌کش سوفلافناسیل

pH خنثی سریع‌تر اتفاق می‌افتد. در آزمایش گرین و کاهیل (Green and Cahill, 2003) نیز هنگامی که عوامل قلیایی‌کننده به مخزن سمپاش اضافه شد کنترل علف‌انگشتی (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) توسط نیکوسولفورون افزایش یافت. این محققین، افزایش تاثیر علف‌کش نیکوسولفورون را ناشی از حلالت بالاتر آن در pH قلیایی اعلام کردند. این در حالی است که حاج محمدنیا قالیباف و همکاران (Hajmohammadnia Ghalibaf et al., 2016) گزارش کردند که بین سطوح pH آب مخزن محلول علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نامبردگان گزارش کردند که با افزایش تدریجی pH آب مخزن نیکوسولفورون از ۴ به ۸، صفات ارتفاع، سطح برگ، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی علف‌هرز سوروف کاهش معنی‌داری نشان داد و در pH بیشتر از ۸، مجدداً با کاهش تاثیر علف‌کش، این صفات افزایش یافت. به علاوه مشخص شد که $pH=8$ ، بهترین کارایی علف‌کش نیکوسولفورون در کنترل علف‌هرز سوروف ایجاد کرد هرچند تفاوت معنی‌داری با $pH=7$ نداشت. این در حالی است که بر اساس نتایج نامبردگان بهترین نتیجه برای کنترل گاوپنبه در بیشتر صفات اندازه‌گیری شده در pH آب معادل ۸ حاصل شد. در حالی که بر اساس گزارش نامبردگان، کاراترین pH محلول علف‌کش گلایفوسیت برای کنترل علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه به ترتیب در pH های ۶-۷ و ۶ حاصل شد. در مجموع نتایج آزمایش حاج محمدنیا قالیباف و همکاران (Hajmohammadnia Ghalibaf et al., 2016)، نقش pH آب محلول سمپاش بر کارایی علف‌کش‌های گلایفوسیت و نیکوسولفورون در کنترل علف‌های هرز سوروف و گاوپنبه را مورد تأکید قرار داد.

علف‌کش ستوکسیدیم اثر بسیار معنی‌داری بر کارایی کنترل یولاف وحشی زمستانه داشت و افزایش دز علف‌کش منجر به غلبه بر اثرات منفی کاربرد نمک در محلول سمپاش شد. این در حالی است که اثر عامل pH آب مخزن سمپاش تاثیر معنی‌داری بر کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در آب سخت در کنترل یولاف وحشی زمستانه نداشت. اثر متقابل دز ستوکسیدیم و سختی آب بر روی درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه معنی‌دار بود در حالیکه اثر متقابل ستوکسیدیم و pH آب مخزن سمپاش و اثر متقابل سختی آب و pH آب مخزن سمپاش بر روی درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه معنی‌دار نبود.

روی گیاهان سلمه تره، ذرت و آمبروسیا انجام گرفت pH اسیدی بهترین کارایی را داشت (Roskamp *et al.*, 2013). نتایج آزمایش ما نشان داد که در هر یک از سطوح سختی آب استفاده شده در آزمایش، بین سطوح pH آب محلول سمپاش اختلاف معنی‌داری در کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه وجود نداشت. به عبارت دیگر اثر متقابل سختی آب و pH آب مخزن سمپاش بر روی درصد بقاء و وزن خشک یولاف وحشی زمستانه معنی‌دار نبود.

بطور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سختی آب مخزن سمپاش به طور معنی‌داری کارایی علف‌کش ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی زمستانه را کاهش داد. همچنین دزهای مختلف

References:

- Addy, K., Green, L., and Herron. E. 2004.** pH and Alkalinity. University of Rhode Island. URI Watershed Watch. 4p.
- Altland, J. 2001.** Water quality affects herbicide efficacy. <http://www.oregonstate.edu>. Accessed October. (11): 2006.
- Bernards, M. L., Thelen, K. D., and Penne, D. 2005.** Glyphosate efficacy is antagonized by manganese. *Weed Technology*. (19): 27-34.
- Bridges, D. C. 1994.** Impacts of weeds on human endeavors. *Weed Technology*. (8): 392-395.
- Burgess, P. 2003.** Quality of pesticide spray water. www.agrapoint.ca. [Accessed on 2014-8-3].
- Caldwell, J. 2007.** Hard water can hinder chemical efficacy. *Agriculture Online News and Features Editor*.
- Hajmohammadnia Ghalibaf K., Rashed Mohassel M. H., Nassiri Mahallati M. and Zand E. 2016.** The Investigation of pH Variation of Water in Spray Tank on Glyphosate and Nicosulfuron Performance on Barnyardgrass and Velvetleaf Control. *Journal of Plant Protection*. 29 (4): 531-539. [In Persian with English abstract].
- Hammami, H., Rashed Mohassel M. H., Parsa, M., Banayan-Aval, M. and Zand, E. 2014.** Effect of simulated radiation on sethoxymid performance used with and without vegetable oils. *Notulae Scientia Biologicae*. 6(4): 460-464.
- Holm, F. A., Henry, J. L. and Billet, D. 2005.** Water Quality and Herbicides. *Farm Facts, Saskatchewan Agriculture and Food*.
- Green, J. M. and Cahill, W. R. 2003.** Enhancing the biological activity of nicosulfuron with pH adjusters. *Weed Technology*. (17): 338-345.
- Green, J. M. and Hale, T. 2005.** Increasing and decreasing pH to enhance the biological activity of nicosulfuron. *Weed Technology*. (19): 468-475.
- Matocha, M. A. and Senseman, S. A. 2007.** Trifloxysulfuron dissipation at selected pH levels and efficacy on palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). *Weed Technology*. (21): 674-677.
- Mousavi, S. K., Zand, E. and Saremi, H. 2011.** Physiological function and application of herbicides. Zanzan University Press. 286 p.

- Mueller, T. C., Main, C. L., Thompson, M. A. and Steckel, L. E. 2006.** Comparison of glyphosate salts (Isopropylamine, Demonism and Potassium) and calcium and magnesium concentration on the control of various weeds. *Weed Technology*. (20): 164-171.
- Nalewaja, J. D., Manthey, F. A., Szelezniak, E. F. and Anyska, Z. 1989.** Sodium bicarbonate antagonism of sethoxydim. *Weed Technology*. 3(4): 654-658.
- Nalewaja, J. D. and Matysiak, R. 1991.** Salt antagonism of glyphosate. *Weed Science*. (39): 622-628.
- Nalewaja, J. D., Matysiak, R. and Szelezniak, E. 1994.** Sethoxydim response to spray carrier chemical properties and environment. *Weed Technology*. (8): 591-597.
- Penner, D. 2006.** Novel water conditioning agents for glyphosate. *North Central Weed Science Society Proceedings*. (61): 150.
- Peterson, H. G. 1999.** Farm chemical spraying and mixing water quality. <http://www.agr.gc.ca>. Accessed October. 11, 2006.
- Petroff, R. 2000.** Water quality and pesticide performance. <http://scarab.msu.montana.edu>. Accessed October 11, 2006.
- Rashed Mohasel, M. H., Najafi, H., and Akbarzadeh, D. M. 2009.** *Weed Biology and Control*. Ferdowsi University of Mashhad Press. 350 p.
- Roskamp, J. M., Turco, R. F., Bischoff, M., and Johnson, W. G. 2013.** The influence of carrier water pH and hardness on saflufenacil efficacy and solubility. *Weed Technology*. (27): 527-533.
- Thelen, K. D., Jackson, E. P. and Penner, D. 1995.** The basis for the hard water antagonism of glyphosate activity. *Weed Science*. (43): 541-548.
- Tu, M., Hurd, C. and Randall, J. M. 2001.** *Weed Control Methods Handbook*, The Nature Conservancy. (<http://tncweeds.ucdavis.edu>). Accessed 2015-8-3.
- Vencill, V. K. 2002.** *Herbicide Handbook*. 8th ed. Champaign, IL: Weed Science Society of America, pp. 216-217.
- Whitwell, T., Kalmowitz, K. E. and Stapleton, G. S. 1992.** Postemergence grass herbicide activity changes with adjuvant and pH and sodium level in spray solutions. *Journal of Environmental Horticulture*. 10(1): 55-58.
- Wills, G. D., Hanks, J. E., Jones, E. J. and Mack, R. E. 1998.** Effect of oil adjuvants and nitrogen fertilizer on the efficacy of imazethapyr applied at conventional and ultra low spray volumes. *Weed Technology*. (12): 441-445.
- Zand, E., Baghestani, M., Nezamabadi, N., Minbashi Moeini, M. and Hadizade, M.H. 2009.** A review on the last list of herbicides and the most important weeds of Iran. *Weed Research*. 1(2): 83-100.
- Zand, E., Mousavi, S. K. and Heidari, A. 2014.** *Herbicides and their application, methods with optimization approach and reduce consumption*. (2nd edition by fundamental changes). Jahade Daneshgahi Mashhad Press. 572 p.

The Effect of Water Hardness and pH on the Efficacy of sethoxydim (EC 12.5%) on Winter Wild Oat, *Avena ludoviciana*, Control

Mirzai, M.¹, Rastgoo, M.^{*1}, Haj Mohammad Nia Ghalibaf, K.¹ and Zand, E.²

1. Department of Agriculture, University of Ferdosi, Khorasan Razavi Province, Iran. 2. Weed Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Tehran, Iran.

Received: Oct, 15, 2017

Accepted: Apr, 24, 2018

Abstract:

To investigate the effect of water hardness and pH on the efficacy of sethoxydim on winter wild oat (*Avena ludoviciana Durieu*) control, a greenhouse experiment was conducted at the research greenhouse of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, in 2014. Experiment was carried out in a factorial arrangement based on a randomized complete block design with three replications. Water hardness was applied in five levels (0.01 and 0.05 M NaHCO₃, 0.01 and 0.05 M MgCl₂, and deionized water alone), and water pH was evaluated in three levels of 5, 7, and 9 on sethoxydim efficacy with the doses of 187.5, 93.75, and 46.87 g a.i. ha⁻¹. Analysis of variance showed that there were significant effects of different sethoxydim doses ($p \leq 0.01$) on survival percentage and dry weight of winter wild oat, and hardness had significant effect on the survival percentage ($p \leq 0.01$) and significant effect on dry weight ($p \leq 0.05$) of winter wild oat. While the effect pH was not significant on the survival percentage and dry weight of winter wild oat. Interaction between dose and hardness on the herbicide efficacy on winter wild oat, according to the survival percentage was very significant ($p \leq 0.01$) and according to dry weight was significant ($p \leq 0.05$). In addition, triple interaction of experimental factors on the survival percentage and dry weight of winter wild oat were significant ($p \leq 0.05$). In this experiment, interaction of dose and pH and hardness and pH on the survival percentage and dry weight of winter wild oat wasn't significant. Main effects and interaction between factors on the survival percentage and dry weight of winter wild oat were similar in most cases. The results show that acidity change had no effect on the efficacy of sethoxydim in hard water on winter wild oat control.

Keywords: Dry weight, Survival percentage, Nabu S, winter wild oat

* Corresponding author: Mehdi Rastgoo, Email: m.rastgoo@um.ac.ir

