Iranian Journal of Weed Science
Vol 16, No 1, 2020 (63-78)
DOI: 10.22092/ijws.2020.1601.1318

مجله دانش علف‌های هرز
دورهٔ ۱۶، شمارهٔ ۱، ۱۳۹۹ (ص ۷۸-۶۳)

کنترل شیمیایی علف‌هرز آبزی سنبل‌آبی (*Eichhornia crassipes*)

بیژن یعقوبی*[۱]، فرزین پورامیر[۲]، فاطمه منصورپور[۳]

۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب دانشیار پژوهشی، استادیار پژوهشی و کارشناس موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/٦ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۳۰)

چکیده

سنبل‌آبی، مهمترین علف‌هرز مهاجم آبزی دنیا است. این علف‌هرز، در کمتر از دو دهه پس از ورود به ایران به‌طور گسترده‌ای در اکوسیستم‌های آبی شمال کشور گسترش یافته است. جهت معرفی علف‌کش‌های مناسب برای کنترل شیمیایی این علف‌هرز، دو آزمایش گلدانی در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، در سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. آزمایش اول، با هدف غربال علف‌کش‌ها جهت شناسایی ترکیبات مؤثر در کنترل سنبل‌آبی انجام شد. نتایج ارزیابی‌های چشمی نشان داد که از بین ۲۱ علف‌کش مورد بررسی، ۱۵ علف‌کش دارای کمتر از ۱۶ درصد و شش علف‌کش دارای بیش از ۳۰ درصد کارایی در کنترل سنبل‌آبی بودند. آزمایش دوم با علف‌کش‌های دارای بیشترین کارایی در آزمایش نخست و با دز مورد بررسی در آزمایش اول و دز دو برابر اجرا شد. نتایج نشان داد که علف‌کش‌های یو۴۶-دیفلوئید (2,4-D, SL 72%, 2160 g ai/ha)، یو۴۶-کامبیفلوئید (2,4-D + MCPA, SL 67.5%, 2700 g ai/ha)، دی‌آلن‌سوپر (2,4-D + Dicamba, SL 46.4%, 1856 g ai/ha)، رانداپ (Glyphosate, SL 41%, 1640 g ai/ha)، نومینی (Bispyribac sodium, SC 10%, 50 g ai/ha) و کلین‌وید (Bispyribac sodium, SC 40%, 80, g ai/ha) در دز دو برابر، به‌ترتیب دارای ۷۵، ۹۳، ۸۱، ۹۳، ۹۱ و ۱۰۰ درصد کارایی در کنترل سنبل‌آبی بودند. از بین علف‌کش‌های فوق، تأثیر بازدارندگی بیس‌پایریباک سدیم (نومینی و کلین‌وید) بر زیست‌توده، سطح‌برگ و تکثیر گیاهچه‌های سنبل‌آبی در دزهای مورد بررسی، مشابه و یا بیشتر از دیگر علف‌کش‌ها بود؛ بنابراین بیس‌پایریباک سدیم به‌عنوان علف‌کش مجاز اکوسیستم‌های آبی، انتخابی برنج و فاقد تأثیر سوء برروی ماهی، برای کنترل شیمیایی سنبل‌آبی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: اکوسیستم آبی، برگ‌مصرف، خاک‌مصرف، دز علف‌کش، علف‌هرز مهاجم.

Chemical control of aquatic weed water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)

Bijan Yaghoubi[1*], Farzin Pouramir[1], Fatemeh Mansourpour[1]

1. Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
(Received: February 25, 2019- Accepted: October 20, 2019)

ABSTRACT

Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) is the most important invasive aquatic weed in the world. This plant has expanded widely in aquatic habitats in the north of Iran in less than a decade after introduction. To introduce herbicides for chemical control of this weed, two pot experiments were conducted at the Rice Research Institute of Iran in 2017 and 2018. The purpose of the first experiment was to screen herbicides to identify effective herbicides for water hyacinth control. Results showed that among 21 studied herbicides, 15 herbicides had less than 16% and 6 herbicides had more than 30% efficacy on water hyacinth control. The second experiment was performed with the most effective herbicides in the first experiment and with the dose studied in the first experiment and double dose. The results showed that the efficacy of U46-Difloid (2,4-D, SL 72%, 2160 g ai/ha), U46-Combifloid (2,4-D+MCPA, SL 67.5%, 2700 g ai/ha), Dialensuper (2,4-D+Dicamba, SL 46.4%, 1856 g ai/ha), Roundup (Glyphosate, SL 41%, 1640 g ai/ha), Nominee (Bispyribac sodium "BPS", SC 10%, 50 g ai/ha) and Cleanweed (BPS, SC 40%, 80, g ai/ha) at double dose was 75, 93, 81, 93, 91 and 100% respectively. Among the investigated herbicides, the inhibitory effect of BPS (Nominee and Cleanweed) on biomass, leaf area and propagation of water hayacinth seedlings in both investigated doses was similar or more than other herbicides. Therefore, BPS as a selective herbicide for rice and authorized for aquatic ecosystems without toxicity on fish, is recommended for chemical control of water hayacinth.

Keywords: Aquatic ecosystem, foliar applied, herbicide dosae, invasive weed, soil applied.

* Corresponding author E-mail: byaghoubi2002@yahoo.com

مقدمه

سنبل‌آبی (syn: *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth) یا شیطان سبز (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms)، مهمترین علف‌هرز زیستگاه‌های آبی است و در گروه ۱۰ علف‌هرز مهم دنیا (Holm *et al*., 1977) قرار دارد (Julien *et al*., 1996; Lancar and Krake, 2002). این علف‌هرز، از خانواده غلافیان (Pontederiaceae) و از گیاهان آوندی گلدار، تک‌لپه، پهن‌برگ، شناور آزاد، چندساله و با ارتفاع کمتر از یک متر است (Caton *et al*., 2010). سنبل‌آبی در بیش از ۷۰ کشور جهان گزارش شده است و حدود ۵۰ کشور با آن به عنوان علف‌هرز مهاجم مبارزه می‌کنند (Cobb and Reade, 2010). سنبل‌آبی به دلیل دارا بودن ریشه‌های آزاد و شناور، محدود به آب‌های کم‌عمق و حاشیه زیست‌گاه‌های آبی نیست، بلکه با حرکت آزادانه در سطح آب و سرعت رشد و تکثیر زیاد، امکان تسخیر کامل زیست‌گاه‌های آبی را پس از ورود دارد (Inderjit, 2009; Villamagna and Murphy, 2010).

به طورکلی ورود سنبل‌آبی به هر مکان، مصادف با تسخیر کامل آن زیستگاه توسط این علف‌هرز و نابودی یا تخلیه آن اکوسیستم از هر موجود سودمند دیگر است (Inderjit, 2009). سنبل‌آبی، هدردهی آب از طریق تعریق و تعرّق را نسبت به سطح آزاد آب تا ۱۳ برابر تشدید می‌کند (Ausden, 2007). آلودگی برخی آب‌بندان‌های گیلان به این علف‌هرز، منجر به کاهش شدید کارایی یا ظرفیت آن‌ها در تأمین آب شالیزارها گردید (اطلاعات منتشر نشده). سنبل‌آبی از طریق ساقه‌های هوایی، استولون و بذر تکثیر می‌شود (Ampong and DeDetta, 1991; Caton *et al*., 2010). هر گیاهچه سنبل‌آبی در سال حدود ٤۰۰۰ گیاهچه جدید از طریق رویشی تولید می‌کند و هر گیاهچه نیز قادر به تولید حدود ۳۰۰۰ بذر است. گیاهچه‌های سنبل‌آبی در دوره زمانی ۱۰ تا ۱۵ روز، دو برابر می‌شوند (Ziska and Dukes, 2011). طول عمر بذر سنبل‌آبی در داخل رسوبات، ۱۵ تا ۲۰ سال است و جوانه‌زنی تدریجی آن‌ها در طول سال‌های متمادی اتفاق می‌افتد که این ویژگی، مبارزه با آن جهت ریشه‌کنی را بسیار دشوار می‌سازد. زیست‌توده سنبل‌آبی، ٤۰۰ تا ۵۰۰ تن در هکتار است که این حجم انبوه، با ایجاد محدودیت در ورود نور و اکسیژن به داخل آب و نیز ترشح برخی ترکیبات آللوپاتیک از ریشه‌ی سنبل‌آبی، نابودی تمام موجودات زنده زیستگاه‌های آبی را موجب می‌شود (Inderjit, 2005).

سنبل‌آبی با اشغال حاشیه رودخانه‌ها، کاهش امکان ماهیگیری، ممانعت از عبور و مرور، هدر دادن آب، بند آوردن جریان آب و ایجاد سیل، محدودیت در کشتیرانی و توریسم، خسارت به تأسیسات الکتریکی نصب شده در این مکان‌ها، توسعه شرایط برای فعالیت حشرات موذی، پناهگاه ناقلین بیماری‌های انسانی، کاهش کیفیت آب، مسدود شدن آب‌راهه‌ها، تغییر در چرخه عناصر غذایی و کاهش فعالیت‌های تفریحی در رودخانه‌ها، برکه‌ها و استخرها می‌شود (Drake, Lacey, 1985; Ziska and Dukes, 2011; 2009; Holm, 1969). به طورکلی، تاکنون تمام تلاش‌های بشر برای ریشه‌کنی این علف‌هرز با شکست مواجه شده است (Jafari, 2010).

این گیاه برای اولین بار در سال ۱۳۹۰ در مرداب عینک رشت، در مساحتی کمتر از یک هکتار مشاهده شد (Mozaffarian and Yaghoubi., 2015). در بررسی‌های سال ۱۳۹٤، تمام این آب‌بندان به مساحت

حدود ۱۲ هکتار با این علف‌هرز پوشیده شده بود. علاوه بر آب‌بندان عینک، بخش‌هایی از تالاب انزلی، برخی آب‌بندان‌های اطراف شهرستان‌های فومن، صومعه‌سرا و شفت، رودخانه‌های ورودی تالاب انزلی شامل بهمبر، سیاه‌درویشان، مرغک، چکوور و منطقه سنگاچین (Yaghoubi, 2016) و اخیراً رودخانه‌ی چمخاله در لنگرود و آبگیر داخل شهر آستارا (۱۳۹۷) نیز آلوده به سنبل‌آبی بودند که مساحت این مناطق، بیش از ۱۰۰۰ هکتار برآورد شده است. در تابستان ۱۳۹۶، پراکنش سنبل‌آبی در استان مازندران، در برخی کانال‌های آبیاری شالیزارها در اطراف بابلسر، آمل و بابل به مساحت تقریبی ۲۰ هکتار گزارش شده است (Yaghoubi, 2016). پراکنش سریع سنبل‌آبی نشان می‌دهد که اقلیم شمال کشور و زیستگاه‌های آبی این منطقه، دارای شرایط مطلوبی برای استقرار و گسترش این علف‌هرز است. علی‌رغم زمستان‌های سرد و یخبندان‌های سال‌های اخیر در گیلان، افزایش قابل توجه سطح آلودگی از کمتر از یک هکتار به بیش از ۱۰۰۰ هکتار در ده‌ها آب‌بندان در تمام طول نوار ساحلی دریای خزر، از آستارا تا گرگان، بیانگر جدّی بودن تهدید و وجود شرایط مناسب برای طغیان این علف‌هرز در شمال کشور است.

مدیریت سنبل‌آبی با روش‌های فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی انجام می‌شود. در روش فیزیکی، از جمع‌آوری دستی یا مکانیکی برای کنترل علف‌هرز استفاده می‌شود. جمع‌آوری دستی در آب‌های کم‌عمق و برای آلودگی‌های لکه‌ای و دارای سطح گسترش محدود توصیه شده است. روش مکانیکی، با ماشین‌آلات شناور و در آب‌های عمیق‌تر و سطوح آلودگی وسیع‌تر، دارای توجیح اقتصادی است و کارایی بیشتری دارد. در روش مبارزه بیولوژیکی، حشرات و قارچ‌ها برای کنترل سنبل‌آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مبارزه بیولوژیکی در مناطقی با اقلیم‌های معتدل، دارای موفقیت بیشتری است و نیازمند پرورش و رهاسازی مداوم عامل بیولوژیک است. میزان موفقیت روش مبارزه بیولوژیکی با سنبل‌آبی، حداکثر حدود ۸۰ درصد گزارش شده است و در تکمیل دیگر روش‌ها و یا در تلفیق با آن‌ها در مدیریت سنبل‌آبی بسیار موفق بوده است (FAO, 1995).

در بین روش‌های مختلف مبارزه با سنبل‌آبی، روش شیمیایی و استفاده از علف‌کش‌ها، دارای بیشترین کاربرد است. سرعت عمل علف‌کش‌ها، به همراه قیمت ارزان و سهولت دسترسی، روش مبارزه شیمیایی را به‌عنوان گزینه بسیار مناسبی برای کنترل سنبل‌آبی مطرح نموده است. به‌دلیل نگرانی از آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها، روش‌های تکمیلی همانند جمع‌آوری دستی یا مکانیکی، در کنار روش شیمیایی مورد نیاز است (FAO, 2017). به طورکلی، از علف‌کش‌های شیمیایی برای مبارزه با سنبل‌آبی در سراسر جهان استفاده می‌شود و دارای بیش از یک قرن سابقه می‌باشد. بررسی منابع نشان می‌دهد که از سال ۱۹۰۲، استفاده از ترکیبات آرسنیکی یا نوعی نمک (به نام saltpeter) برای کنترل سنبل‌آبی شروع شد (Cousens and Mortimer, 1995; McComas, 2003). این نقطه، آغاز استفاده از علف‌کش‌ها در اکوسیستم‌های آبی بوده است و امروزه مبارزه با این علف‌هرز مهاجم، با علف‌کش‌های سیستمیک بی‌خطر برای انسان و ماهی ادامه دارد (Mudge and Netherland. 2014, FAO. 2017). توفوردی از قدیمی‌ترین علف‌کش‌های ثبت شده برای استفاده در اکوسیستم‌های آبی است. اگرچه این علف‌کش بر روی اندام‌های هوایی گیاه پاشیده می‌شود، امّا از طریق ریشه نیز قابلیت جذب و انتقال را دارد. مرگ تدریجی سنبل‌آبی در تیمار با این

علف‌کش، سه تا پنج هفته پس از سمپاشی اتفاق می‌افتد (Siemering *et al.*, 2008). توفوردی در کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ شناور بیرون آب در آمریکا، اروپا، آفریقا، آسیا و استرالیا کارایی بسیار خوبی نشان داده است. برای کنترل علف‌های هرز غوطه‌ور، فرمولاسیون‌های گرانول این علف‌کش توصیه شده است. فرمولاسیون استر توفوردی که حاوی ترکیبات نفتی است، برای اکوسیستم‌های آبی خطرناک است (ICID, 2002).

گلایفوسیت علف‌کشی سیستمیک و عمومی است که به‌عنوان علف‌کشی ایمن برای کنترل سنبل‌آبی در اکوسیستم‌های آبی توصیه شده است (Zaranyika and Nyandoro, 1993) ولی برخی منابع، ترکیبات همراه این علف‌کش را برای موجودات زنده اکوسیستم‌های آبی مضّر گزارش کرده‌اند (FAO, 1995; Siemering *et al.*, 2008). علائم گیاه‌سوزی گلایفوسیت با نام تجاری راندآپ شامل پژمردگی و زردی اندام‌های هوایی است که این علائم به‌تدریج ظاهر می‌شوند. توسعه نشانگان و قهوه‌ای شدن کامل اندام‌های هوایی و تخریب ریشه‌ها و ریزوم‌ها، به‌دنبال آن اتفاق می‌افتند. علائم گیاه‌سوزی اولیه، هفت تا ۱۰ روز یا بیشتر و تخریب کامل، حدود ۳۰ روز و یا بیشتر به‌طول می‌انجامد (ICID. 2002). بیس‌پایریباک‌سدیم از علف‌کش‌های بسیار ایمن و مجاز زیست‌گاه‌های آبی (Chauhan & Mahajan, 2014) و بازدارنده سنتز آنزیم استولاکتات سنتاز (ALS) است که کارایی بسیار خوبی درکنترل سنبل‌آبی دارد. این علف‌کش، بر روی موجودات زنده اکوسیستم‌های‌آبی اثر سوء ندارد. مرگ تدریجی گیاه در تیمار با این علف‌کش، مانع از آن است تا به موجودات آبزی در اثر تجزیه زودهنگام سنبل‌آبی به دلیل کمبود اکسیژن و یا آزاد شدن ترکیبات سمّی تنش وارد شود (Siemering *et al.*, 2008). علف‌کش‌های دی‌کوات، کارفنترازون، اندوتال، فلومیوکسازین، فلوریدون، ایمازاماکس، تریکلوپیر، کارفنترازون–اتیل و غیره نیز برای کنترل سنبل‌آبی در اکوسیستم‌های‌آبی توصیه شده‌اند (Masser *et al.*, 2013; Siemering *et al.*, 2008) که بیشتر این علف‌کش‌ها اکنون در ایران در دسترس نیستند.

در استان گیلان، شالیکاری، آبزی‌پروری و ماهیگیری، منابع اصلی اشتغال محسوب می‌شوند که هر سه فعالیت فوق، به شدت به آب وابسته‌اند. گسترش سنبل‌آبی در آب‌بندان‌ها و هزاران کیلومتر از کانال‌های توزیع آب شالیزارهای استان، تهدید جدّی برای تداوم شالیکاری، به‌عنوان مهمترین فعالیت اجتماعی و اشتغال استان است. بنابراین، ارائه راهکار مناسب جهت مدیریت سنبل‌آبی، به دلیل تهدیدی که این گیاه مهاجم برای ثبات اقتصادی منطقه دارد، ضروری به‌نظر می‌رسد. این تحقیق، با هدف بررسی کارایی برخی از علف‌کش‌ها در کنترل سنبل‌آبی و معرفی علف‌کش‌های مناسب و فاقد اثر سوء بر مزارع برنج و دارای کارایی خوب در کنترل سنبل‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: غربال‌گری علف‌کش‌ها برای کنترل شیمیایی سنبل‌آبی

به منظور کنترل شیمیایی سنبل‌آبی، دو آزمایش گلدانی در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦، در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شهر رشت اجرا شد. در آزمایش اول (سال ۱۳۹۵)، کارایی علف‌کش‌های انتخابی شالیزار و برخی علف‌کش‌های دیگر (شامل راندآپ و سه فرمولاسیون حاوی توفوردی) در کنترل سنبل‌آبی بررسی شدند (جدول ۱). آزمایش در گلدان‌های بیضی شکل حدود ۲۲۰ لیتری (قطر ۹۵ × ۷۰ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر) اجرا شد. ابتدا یک سوم ارتفاع گلدان، از خاک پر شد و

پس از غرقاب، کوددهی گلدان‌ها بر اساس مقادیر توصیه‌شده برای شالیزار، شامل اوره (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، ٤٦ درصد نیتروژن)، سولفات‌پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، ٦۰ درصد پتاسیم) و سوپرفسفات‌تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ، ٤٦ درصد فسفر) انجام شد. همه کودها به‌صورت هم‌زمان به گلدان‌ها افزوده شدند. گیاهچه‌های سنبل‌آبی در تاریخ ۹۵/۰۳/۱۵ کشت شدند و تراکم کشت در ابتدا ۱۵ گیاهچه در گلدان بود که قبل از اعمال تیمارهای علف‌کشی، گیاهچه‌های غیریکنواخت حذف شدند و تراکم کشت به ۱۰ گیاهچه در گلدان کاهش داده شد. آزمایش در فضای آزاد و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

جدول ۱- علف‌کش‌های به‌کار رفته در آزمایش اول به‌همراه فرمولاسیون، نام تجاری، میزان مصرف، خانواده شیمیایی و شرکت سازنده

Table 1- List of applied herbicides in the first examination with their formulations, trade names, application rates, chemical families and manufacturers.

Common name	Formulation	Trade name	Application rate (g ai/ha)	Chemical family	Manufacturer
bensulfuron-methyl	DF 60%	Londax	30	Sulfonylurea	Barzegaran Barjasteh
benzobicyclon	SC 50%	-	375	Other	SDS Biotech K. K., Japan
flucetosulfuron	WG 10%	Zechor	30	Sulfonylurea	LG Life Science, Korea
halosulfuron-methyl	WG 75%	Sempra	30	Sulfonylurea	Nissan Chemical Industries, Japan
ipfencarbazone	SC 25%	-	150	Tetrazolinone	Hokko Chemical Ind, Japan
oxadiargyl	EC 3%	Topstar	90	Oxadiazole	UPL, India
pendimethalin	EC 33%	Stmp	990	Dinitroaniline	Rahaandishkavan
pretilachlor	EC 50%	Rifit	750	Chloroacetamide	Aria Shimi
pyrazosulfuron-ethy	WG 75%	Pirouz	22.5	Sulfonylurea	Leeds Life Science, Chaina
pyrazosulfuron-ethy	WP 10%	Saathi	15	Sulfonylurea	UPL, India
pyrazosulfuron-ethy	WG 10%	Sirius	140	Sulfonylurea	Nissan Chemical Industries, Japan
pyrazosulfuron-ethyl + pretilachlor	TB 17%	-	595	Sulfonylurea + Chloroacetamide	Bazarganan Saray Sepand Pars
pyrazosulfuron-ethyl + quinclorac	WG 54%	-	378	Sulfonylureas + Quinoline carboxylic acid	-
triafamone + ethoxysulfuron	WG 300%	Council	45	Sulfonanilide + Sulfonylureas	Bayer, Germany
2,4-D	SL 72%	U46-Difloid	1080	Phenoxy	-
2,4-D + MCPA	SL 67.5%	U46-Combifloid	1350	Phenoxy	-
2,4-D + Dicamba	SL 46.4%	Dialensuper	928	Benzoic acid	-
glyphosate	SL 41%	Roundup	1640	EPSP	-
bispyribac sodium	SC 10%	Nominee	25	Pyrimidinylthio-benzoate	Kumiai, Japan
bispyribac sodium	SC 40%	Cleanweed	40	Pyrimidinylthio-benzoate	UPL, India

بیشتر علف‌کش‌های فوق، در مقدار توصیه‌شده برای کنترل علف‌های هرز شالیزار، به محیط غرقاب گلدان اضافه شدند و پنج علف‌کش یو ٤٦-دیفلوید (توفوردی)، یو ٤٦-کامبیفلوید (توفوردی + ام‌ث‌پ‌آ)، دی‌آلن‌سوپر (توفوردی + دیکامبا)، رانداپ (گلایفوسیت) و کلین‌وید و نومینی (دو فرمولاسیون تجاری از علف‌کش بیس‌پایریباک سدیم)، به روش برگ‌پاش و در دز رایج برای کنترل علف‌های هرز برنج (یا حاشیه شالیزارها) و در مرحله سه تا پنج برگی گیاهچه‌های سنبل‌آبی (تاریخ ۹۵/۰٤/۰٦) به کار

رفتند (جدول ۱). ارزیابی کارایی علف‌کش‌ها در کنترل سنبل‌آبی، به روش چشمی و در مقایسه با شاهد بدون علف‌کش، هشت هفته پس از اعمال تیمارها انجام شد (Glomski and Mudge, 2013). در این روش، به تیمارهای علف‌کشی دارای کنترل کامل سنبل‌آبی، نمره ۱۰۰ داده شد و به علف‌کش‌های فاقد تأثیر بر سنبل‌آبی و دارای وضعیت رشدی مشابه با تیمار شاهد بدون علف‌کش، نمره صفر اختصاص یافت و بقیه تیمارها نسبت به دو تیمار فوق ارزیابی شدند.

آزمایش دوم: بررسی تأثیر مقدار مصرف علف‌کش‌های انتخابی در کنترل سنبل‌آبی

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ انجام شد. بر اساس نتایج اولیه، علف‌کش‌های برگ‌پاش کانسیل، نومینی، کلین‌وید، یو ٤٦-دیفلوید، یو ٤٦-کامبیفلوید، دی‌آلن‌سوپر و رانداپ، به‌دلیل کارایی بهتر در کنترل سنبل‌آبی در سال اول، برای آزمایشات تکمیلی انتخاب شدند. در این آزمایش، کارایی علف‌کش‌های فوق در مقادیر مورد بررسی در آزمایش اول و نیز دز دو برابر بررسی شدند. شرایط اجرای آزمایش از نظر اندازه گلدان، تعداد گیاهچه در گلدان، مقدار خاک، کوددهی و غیره همانند آزمایش اول بود. ابتدا گیاهچه‌های سنبل‌آبی در تاریخ ۹۶/۰۳/۳۰ در گلدان‌ها کشت شدند و سپس تیمارهای علف‌کشی با استفاده از سمپاش پشتی ماتابی با نازل شره‌ای با فشار دو تا ۲/۵ بار (کالیبره شده بر اساس ۲۰۰ لیتر آب در هکتار)، در تاریخ ۹۶/۰۵/۰۷ و در اوایل گلدهی علف‌هرز اعمال شدند. ارزیابی کارایی علف‌کش‌ها در کنترل سنبل‌آبی، به دو روش چشمی و اندازه‌گیری برخی پارامترهای بیولوژیک علف‌هرز شامل زیست‌توده، سطح برگ و تعداد گیاهچه در گلدان، در ۱٦ هفته پس از اعمال تیمارها انجام شد. نمونه‌برداری دیرهنگام در آزمایش دوم، به دلیل حصول اطمینان از عدم رشد مجدد[1] سنبل‌آبی در تیمار با علف‌کش‌ها بود که در بررسی‌های دیگران گزارش شده بود؛ آن‌ها در بررسی کارایی علف‌کش بیس‌پایریباک سدیم بر روی سنبل‌آبی هشت هفته پس از اعمال تیمار نمونه‌برداری را انجام دادند (Glomski and Mudge, 2013). در پایان این آزمایش (۱٦ هفته)، ابتدا تعداد گیاهچه‌ها شمارش شد و سپس ریشه و اندام‌های هوایی جدا شدند و سطح برگ با دستگاه سطح‌برگ‌سنج (Licore-LI-3100) اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا خشک شدن کامل و ثابت شدن وزن قرار داده شدند. در هر دو آزمایش، تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS, ver. 9.2 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD صورت گرفت؛ برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش اول

علائم و زمان بروز علائم گیاه‌سوزی

علائم گیاه‌سوزی علف‌کش‌های مورد بررسی شامل بدشکلی و پیچش ساقه و برگ در اثر تأثیر علف‌کش‌های هورمونی، توقف رشد و ارغوانی شدن حاشیه ساقه و برگ‌ها، رنگ سبز تیره (علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره)، زردی، رنگ‌پریدگی قهوه‌ای و خشک‌شدن اندام‌های هوایی (گلایفوسیت) بود.

اولین علائم گیاه‌سوزی سولفونیل‌اوره‌ها، چهار تا شش هفته پس از اعمال تیمار مشاهده شد که دیرتر از سایر علف‌کش‌های مورد بررسی بود. علائم گیاه‌سوزی علف‌کش‌های یو ٤٦-دیفلوید (توفوردی) و یو ٤٦-کامبیفلوید (توفوردی + ام‌سی‌پ‌آ)، در کمتر از یک هفته پس از اعمال تیمار نمایان شد. نتایج

[1] recovery

مشابهی در دیگر منابع نیز گزارش شده است (Glomski and Mudge, 2013.; ICID. 2002).

ارزیابی چشمی درصد کنترل علف‌هرز سنبل‌آبی

کارایی علف‌کش‌ها در کنترل سنبل‌آبی بسیار متفاوت و از صفر تا ۹۳ درصد متغیر بود. بیشتر علف‌کش‌های مورد بررسی از قبیل لونداکس (بن‌سولفورون‌متیل)، بنزوبیسایکلون، ذکور (فلوستوسولفورون)، سمپرا (هالوسولفورون‌متیل)، ایپفن‌کاربازون، تاپ‌استار (اکسادیارژیل)، استامپ (پندیمتالین)، ریفیت (پرتیلاکلر)، پیروز (پیرازوسولفورون‌اتیل ۷۰ درصد)، ساتی (پیرازوسولفورون‌اتیل ۱۰ درصد)، سیریوس (پیرازوسولفورون‌اتیل ۱۰ درصد)، پیرازکلر (پیرازوسولفورون‌اتیل + پرتیلاکلر) و پیرازوسولفورون‌اتیل + کوئینکلوراک، تا هشت هفته پس از اعمال تیمار، دارای کمتر از ۱۰ درصد کنترل (گیاه‌سوزی) بر روی سنبل‌آبی بودند. کارایی علف‌کش‌های کانسیل (تریافامون + اتوکسی‌سولفورون) و رانداپ (گلایفوسیت) به‌ترتیب ۵۱ و ٥٤ درصد و کارایی علف‌کش‌های نومینی (بیس‌پایریباک سدیم ۱۰ درصد)، کلین‌وید (بیس‌پایریباک سدیم ٤٠ درصد)، دی‌آلن‌سوپر (توفوردی + دیکامبا)، یو ٤٦-دیفلوید و یو ٤٦-کامبیفلوید به‌ترتیب ۸۰، ۹۰، ۷۸، ۸۷ و ۹۳ درصد بود (داده‌ها نشان داده نشده است).

نتایج آزمایش دوم

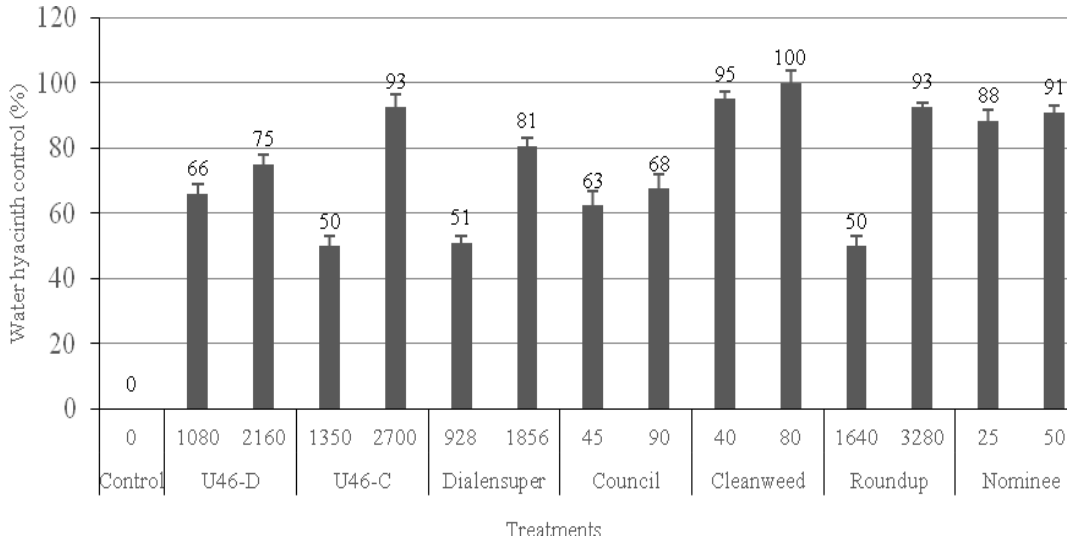
تمام صفات مورد بررسی (ارزیابی چشمی کارایی علف‌کش‌ها، تعداد گیاهچه‌های سنبل‌آبی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و سطح برگ)، تحت تأثیر تیمار علف‌کشی، دز علف‌کش و اثر متقابل دز در نوع علف‌کش قرار گرفتند (داده‌ها نشان داده نشده است).

ارزیابی چشمی درصد کنترل علف‌هرز سنبل‌آبی

تمام علف‌کش‌های مورد بررسی در کنترل سنبل‌آبی مؤثر بودند و میزان کارایی آن‌ها از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر بود (شکل ۱). به‌طورکلی، علف‌کش‌های نومینی و کلین‌وید با ۸۸ تا ۱۰۰ درصد کنترل سنبل‌آبی، دارای کارایی بیشتری نسبت به دیگر علف‌کش‌های مورد مطالعه بودند (شکل ۱). کارایی این علف‌کش‌ها در آزمایش دوم، به مراتب بیشتر از آزمایش اول (٦٣ تا ٦٧ درصد) بود. دلیل این امر احتمالاً نمونه‌برداری و ارزیابی دیرهنگام تیمارها در آزمایش دوم بود. کارایی علف‌کش‌ها در آزمایش اول، هشت هفته پس از اعمال تیمارها بررسی شد درحالی‌که در آزمایش دوم، این کار ١٦ هفته پس از اعمال تیمار آنجام شد. مطابق نتایج این تحقیق، واکنش سنبل‌آبی به علف‌کش‌ها بسیار کند بود و ارزیابی دیرهنگام کارایی علف‌کش‌ها، از اعتبار بیشتری برخوردار است. دیگر علف‌کش مشابه علف‌کش‌های فوق از نظر مکانیزم عمل بیوشیمیایی (بازدارنده سنتز آنزیم ALS)، کانسیل بود که در مقدار توصیه‌شده شالیزار و دو برابر آن، به‌ترتیب با ٦٣ و ٦٨ درصد کنترل سنبل‌آبی، دارای کارایی کمتری در مقایسه با نومینی و کلین‌وید بود. علائم گیاه‌سوزی هر سه علف‌کش فوق (نومینی، کلین‌وید و کانسیل) بر روی گیاه سنبل‌آبی، به تدریج و از هفته سوم به بعد ظاهر شد.

کارایی مقدار توصیه‌شده و دو برابر دز توصیه شده علف‌کش رانداپ، به‌ترتیب ۵۰ و ۹۳ درصد ثبت شد که مشابه کارایی علف‌کش یو٤٦- کامبیفلوید بود. کارایی علف‌کش یو ٤٦-دیفلوید در دزهای مشابه، به‌ترتیب ٦٦ و ۷۵ درصد بود و کارایی دیگر علف‌کش سیستمیک مشابه یعنی دی‌آلن‌سوپر در دزهای مورد بررسی، به‌ترتیب ۵۱ و ۸۱ درصد بود. دو علف‌کش فوق، از ترکیبات هورمونی هستند و استفاده از آن‌ها در کنترل شیمیایی سنبل‌آبی، از قدیم توصیه شده است (FAO, 1996). به طورکلی، تحقیقات نشان داده است

که کنترل شیمیایی سنبل‌آبی در مقایسه با کنترل مکانیکی، به ویژه در مقیاس‌های بزرگ، کم‌هزینه‌تر است و نیاز به نیروی کار کمتری دارد (Gutierrez *et al.*, 1994). در بین علف‌کش‌های مختلف، گلایفوسیت، دایکوات و توفوردی، به منظور کاهش جمعیت سنبل‌آبی در طی دهه‌های گذشته مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Seagrave, 1988; Gutierrez *et al.*, 1994; Lugo *et al.*, 1998). نتایج یک تحقیق نشان داد که کاربرد دایکوات و توفوردی برای کنترل سنبل‌آبی، منجر به افزایش اکسیژن محلول، جلبک و pH آب شد (Lugo *et al.*, 1998). اولالی (Olaleye, 2002) نیز گزارش کرد که تحت شرایط آزمایشگاهی، کاربرد علف‌کش‌ها، منجر به کنترل مطلوب سنبل‌آبی شده و در نتیجه، اکسیژن محلول، جلبک و pH آب افزایش یافت (Olaleye, 2002).



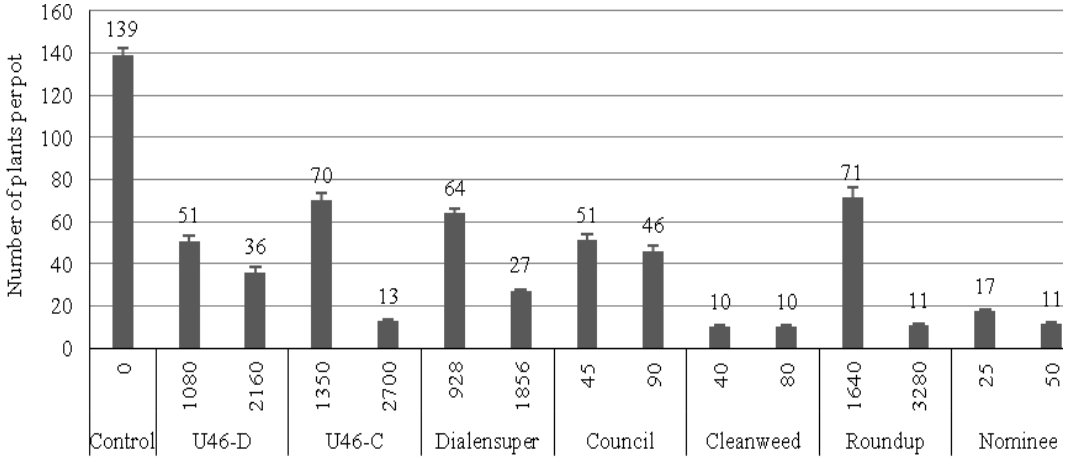
شکل ۱- ارزیابی چشمی کارایی علف‌کش‌ها در کنترل سنبل‌آبی (اعداد زیر هر ستون، بیانگر ماده مؤثره آن علف‌کش بر حسب گرم در هکتار است؛ U46- C: یو ٤٦- کامبیفلوید و U46- D: یو ٤٦- دیفلوید).

Fig 1. Visual evaluation of herbicide efficacies in water hyacinth control (Numbers below each column indicate the active ingredient of herbicides (g/ha; U46-C=U46 Combifluid; U46D= U46 Difluid).

تأثیر تیمارهای علف‌کشی بر تکثیر گیاهچه‌های سنبل‌آبی

تکثیر سنبل‌آبی در گلدان‌ها، از طریق رویشی و تولید گیاهچه‌های دختری از استولون گیاه اصلی بود. ١٦ هفته پس از اعمال تیمارها، شاهد بدون علف‌کش با ۱۳۹ گیاهچه در گلدان، دارای بیشترین میزان تکثیر نسبت به تراکم اولیه (۱۰ گیاهچه در گلدان) بود و علف‌کش کلین‌وید در هر دو مقدار مورد بررسی با ۱۰ گیاهچه در گلدان، توقف کامل تکثیر رویشی سنبل‌آبی را به دنبال داشت. اگرچه کاربرد دز پایین علف‌کش کلین‌وید منجر به توقف تکثیر سنبل‌آبی شد، اما سبز ماندن برخی از استولون‌های آن (پس از ١٦ هفته)، احتمال رویش مجدد سنبل‌آبی در این تیمار را نشان می‌دهد. این در حالی است که دز بالاتر علف‌کش کلین‌وید، مرگ کامل و متلاشی شدن اندام‌های رویشی علف‌هرز را موجب شد و امکان رویش گیاهچه‌های جدید در این تیمار وجود نداشت. علاوه بر کلین‌وید (هر دو دز مورد بررسی)، دز بالاتر علف‌کش نومینی، رانداپ و یو ٤٦-کامبیفلوید، به‌ترتیب با ۱۱، ۱۱ و ۱۳ گیاهچه زنده در گلدان،

مؤثرترین تیمارها در جلوگیری از تکثیر سنبل‌آبی بودند. کلین‌وید و نومینی، دو فرمولاسیون تجاری علف‌کش بیس‌پایریباک سدیم هستند و در آزمایش حاضر، ماده موثره کلین‌وید در تیمارهای مورد بررسی، حدود ٦٠ درصد بیشتر از نومینی بود و دلیل کارایی بیشتر این فرمولاسیون تجاری می‌تواند ماده مؤثره بیشتر علف‌کش، در تیمار مورد بررسی باشد. وابستگی کارایی بیس‌پایریباک سدیم در کنترل سنبل‌آبی به دز این علف‌کش توسط دیگران نیز گزارش شده است (Glomski and Mudge, 2013). برخلاف بیشتر علف‌کش‌های مورد بررسی، در آزمایش حاضر، کارایی تریافامون + اتوکسی‌سولفورون در کنترل سنبل‌آبی در دز توصیه شده و دو برابر آن، فاقد اختلاف آماری بود (شکل ۱ و شکل ۲).



شکل ۲- اثر تیمارهای علف‌کشی بر تکثیر گیاهچه سنبل‌آبی در گلدان، ١٦ هفته پس از سمپاشی (اعداد زیر هر ستون، بیانگر ماده مؤثره آن علف‌کش بر حسب گرم در هکتار است؛ U46- C: یو ٤٦- کامبیفلوید و U46- D: یو ٤٦- دیفلوید).

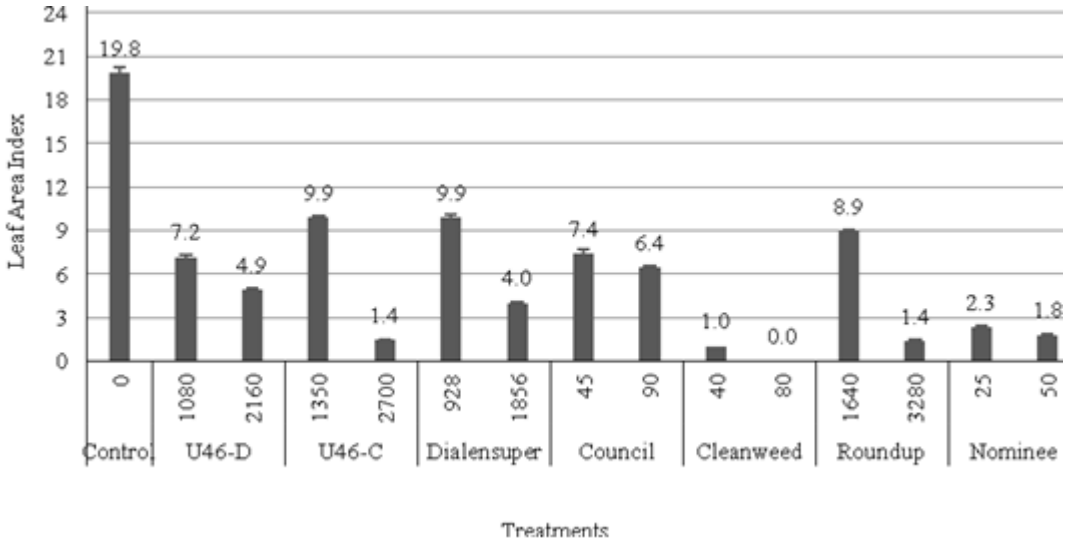
Fig 2. Effect of herbicide treatments onwater hyacinth reproduction in pot, 16 weeks after treatments (Numbers below each column indicate the active ingredient of herbicides (g/ha; U46-C=U46 Combifluid; U46D= U46 Difluid).

افزایش دز علف‌کش‌های مختلف، دارای تأثیر متفاوتی بر تکثیر سنبل‌آبی بود. کارایی علف‌کش‌های یو٤٦-کامبیفلوید، دی‌آلن‌سوپر و رانداپ در دز پایین مورد بررسی، به‌ترتیب ۵۰، ۳۲ و ٤٨ درصد بود و با افزایش دز به دو برابر، کارایی آن‌ها به‌ترتیب به ۹۱، ۸۱ و ۹۲ درصد افزایش پیدا کرد (شکل ۲). علف‌کش‌های کلین‌وید و نومینی در دز پایین مورد بررسی، دارای ۸۸ تا ۱۰۰ درصد اثرات بازدارندگی در ممانعت از تکثیر سنبل‌آبی بودند و افزایش دز به دو برابر، فاقد تأثیر قابل توجهی بر افزایش کارایی آنها بود. علف‌کش‌های کانسیل و یو٤٦-دیفلوید در دز پایین، دارای کارایی مشابهی (٦٣ درصد) در جلوگیری از تکثیر سنبل‌آبی بودند و با افزایش دز تا دو برابر، کارایی آن‌ها به‌ترتیب به، ٦٧ و ٧٤ درصد افزایش پیدا کرد که نسبت به دیگر علف‌کش‌های مورد بررسی، دارای کارایی کمتری بودند. آکینی‌امیجو و بواجی (۱۹۹۰) گزارش کردند که ۱۰ گیاهچه سنبل‌آبی می‌توانند در طی یک ماه، ٦٠٠ هزار گیاهچه جدید تولید کنند و سطحی معادل ۰/٤ هکتار را اشغال نمایند (Akinyemiju and Bewaji, 1990.). به‌طوکلی، تمام علف‌کش‌های مورد بررسی در آزمایش دوم، قادر بودند سرعت رشد و تکثیر سنبل‌آبی را به‌طور موثری کاهش دهند و در نهایت، منجر به مرگ آن شوند. در مطالعه حاضر، این روند برای علف‌کش‌هایی از قبیل یو ٤٦-دیفلوید و یو ٤٦- کامبیفلوید، زودهنگام بود و با گذشت چند روز از اعمال تیمار، اتفاق افتاد ولی

گیاهان تیمارشده به‌وسیله این علف‌کش‌ها توانستند تا پایان آزمایش، تا حدودی خود را بازیابی نمایند و گیاهچه‌های جدیدی تولید کنند. این درحالی بود که دو علف‌کش کلین‌وید و نومینی، با وجود آن‌که علائم گیاه‌سوزی ناشی از آن‌ها در مدت زمان طولانی‌تری بروز پیدا کرد، اما تأثیر آن‌ها در ممانعت از تکثیر و رشد مجدد سنبل‌آبی پایدار بود. در گلدان‌های تیمارشده با این دو علف‌کش، تولید هر گونه گیاهچه جدید ،کاملاً متوقف شد و دز بالای این دو علف‌کش، مرگ تدریجی و کامل سنبل‌آبی را موجب شدند.

سطح برگ

روند تغییرات سطح برگ در تیمارهای مختلف، مشابه تعداد گیاهچه در تیمارهای مربوطه بود و تمام تیمارهای مورد بررسی، موجب کاهش سطح برگ شدند. تیمار شاهد با سطح برگ ۱۹/۸ مترمربع در گلدان، دارای بیشترین مقدار این صفت بود (شکل ۳).



شکل ۳- اثر تیمارهای علف‌کشی بر سطح برگ علف‌هرز سنبل‌آبی در گلدان، ۱۶ هفته پس از سمپاشی. (اعداد زیر هر ستون، بیانگر ماده مؤثره علف‌کش برحسب گرم در هکتار است؛ U46- C: یو ٤٦- کامبیفلوید و U46- D: یو ٤٦- دیفلوید.)

Fig 3. Effect of herbicides on water hyacinth leaf area, 16 weeks after treatments (Numbers below each column indicate the active ingredient of herbicides (g/ha); U46-C=U46 Combifluid; U46D= U46 Difluid).

سطح برگ سنبل‌آبی در تمامی تیمارهای علف‌کشی با دز رایج علف‌کش‌ها برای شالیزار، ۵۰ تا ۹۵ درصد کاهش یافت. در این بین، کمترین کارایی در کاهش سطح برگ، مربوط به علف‌کش‌های دی‌آلن‌سوپر، یو ٤٦-کامبیفلوید و رانداپ (به‌ترتیب با ۵۰، ۵۰ و ۵۵ درصد) بود و بیشترین کارایی به علف‌کش‌های کلین‌وید و نومینی (به‌ترتیب با ۹۵ و ۸۸ درصد) اختصاص داشت. علف‌کش‌های کانسیل و یو ٤٦-دیفلوید، به‌ترتیب با ٦٣ و ٦٤ درصد کاهش در سطح برگ سنبل‌آبی، دارای تأثیر مشابهی از این نظر بودند.

افزایش دز علف‌کش به دو برابر مقدار توصیه‌شده، اگرچه سبب افزایش کارایی تمام علف‌کش‌ها در کاهش سطح برگ سنبل‌آبی شد، اما تأثیر افزایش دز بر کاهش سطح برگ در تیمارهای مختلف، متفاوت بود. علف‌کش‌های کلین‌وید و نومینی، به‌ترتیب با ۱۰۰ و ۹۱ درصد کاهش، دارای بیشترین اثر بازدارندگی بر سطح برگ این علف‌هرز بودند. اگرچه، دو برابر شدن مقدار مصرف این دو علف‌کش، افزایش اندکی در کارایی آن‌ها (۳ تا ۵ درصد) را در پی داشت، امّا بر خلاف دز توصیه‌شده، افزایش دز، سبب مرگ کامل

اندام‌های رویشی این علف‌هرز شد. افزایش دز کانسیل، دارای تأثیر قابل توجهی در افزایش کارایی آن نبود و کاهش اندک سطح برگ، در مقایسه با دز توصیه‌شده را موجب شد (شکل ۳). با دو برابر شدن دز مصرفی تیمارهای علف‌کشی، کارایی سه علف‌کش دی‌آلن‌سوپر، رانداپ و یو ٤٦-کامبیفلوید (به‌ترتیب ۳۰، ۳۸ و ٤۳ درصد) در کاهش سطح برگ در مقایسه با سایر علف‌کش‌ها بیشتر افزایش یافت. کارایی یو ٤٦-دیفلوید در دز دو برابر، ۷۵ درصد بود که ۱۱ درصد بیشتر از دز توصیه‌شده آن بود.

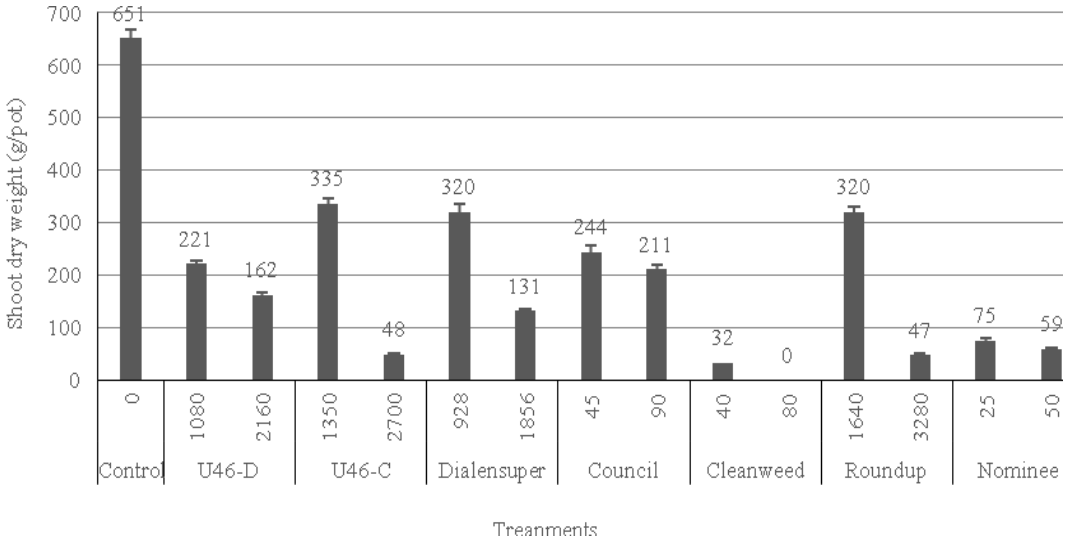
برنج بومی هاشمی در اقلیم گیلان، دارای شاخص سطح برگ حدود چهار می‌باشد (Pelangi *et al.*, 2014) و شاخص سطح برگ سنبل‌آبی در بررسی‌های قبلی انجام شده در گیلان در شرایط گلدانی، حدود ۲٤ گزارش شده بود (Yaghoubi, 2016). سطح برگ در بررسی حاضر، ۱۹/۸ مترمربع در گلدان بود که شاخص سطح برگ معادل آن ۳۵ است. انتظار می‌رود که سطح برگ این علف‌هرز در زیست‌گاه‌های طبیعی، بیشتر از شرایط گلدانی باشد. بدیهی است که این میزان سطح برگ، مانع رسیدن نور به زیر کانوپی می‌شود و در نتیجه، امکان حیات برای دیگر موجودات را محدود یا غیرممکن خواهد کرد (Inderjit, 2005). برگ‌ها حدود ٦۰ تا ۷۰ درصد زیست‌توده گیاه سنبل‌آبی را تشکیل می‌دهند و دارای سرعت بازیابی بالایی می‌باشند، به‌طوری‌که حدود ٦۰ تا ۷۰ درصد آن‌ها در طی یک ماه جایگزین می‌شوند (Cronk and Fennessy, 2001).

وزن خشک اندام هوایی

وزن خشک سنبل‌آبی در دز توصیه‌شده علف‌کش‌ها، از ۳۲ تا ۳۳۵ گرم در گلدان متغیر بود که بیانگر کاهش ٤۹ تا ۹۵ درصدی این صفت در اثر مصرف علف‌کش‌ها در مقایسه با وزن خشک تیمار شاهد بدون علف‌کش (٦۵۱ گرم در گلدان) است (شکل ٤). علف‌کش یو ٤٦-کامبیفلوید با ٤۹ درصد کارایی در کاهش زیست‌توده، دارای کمترین و نومینی و کلین‌وید، به‌ترتیب با ۸۸ و ۹۵ درصد کارایی در کاهش زیست‌توده، دارای بیشترین اثر بازدارندگی بر زیست‌توده سنبل‌آبی بودند. علف‌کش‌های کانسیل و یو ٤٦-دیفلوید، با ٦٦ درصد کاهش زیست‌توده، دارای تأثیر مشابهی بر زیست‌توده بودند. زیست‌توده سنبل‌آبی در تیمار با علف‌کش‌های رانداپ و دی‌آلن‌سوپر، ۳۲۰ گرم در گلدان بود که بیانگر کارایی ۵۱ درصدی این دو علف‌کش در کاهش زیست‌توده علف‌هرز است (شکل ٤).

افزایش دز، منجر به افزایش کارایی تمام علف‌کش‌ها در کاهش زیست‌توده سنبل‌آبی شد به‌طوری‌که تیمار کلین‌وید با دز ۸۰ گرم ماده مؤثره، فاقد هرگونه اندام هوایی سبز بود و بافت‌های سنبل‌آبی کاملاً تخریب یا از هم پاشیده شدند. در بین علف‌کش‌های مورد مطالعه، یو ٤٦-کامبیفلوید و رانداپ با ۹۳ درصد کاهش زیست‌توده (در دز بالاتر)، دارای بیشترین واکنش به افزایش دز بودند. این نتایج نشان داد که کنترل مطلوب سنبل‌آبی به‌وسیله این دو علف‌کش، فقط با مصرف دزهای بالاتر از مقدار توصیه‌شده امکان‌پذیر است. علف‌کش نومینی در دز ۵۰ گرم ماده مؤثره در هکتار با ۹۳ درصد کاهش زیست‌توده، دارای اختلاف قابل توجهی با دز توصیه‌شده این علف‌کش (۸۸ درصد کاهش) نبود. علف‌کش‌های یو ٤٦-دیفلوید و دی‌آلن‌سوپر در دز بالاتر، به‌ترتیب دارای ۷۵ و ۸۰ درصد کارایی در کاهش زیست‌توده سنبل‌آبی بودند که در مقایسه با دز پایین‌تر، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در دز بالا، حداکثر زیست‌توده سنبل‌آبی (۲۱۱ گرم در گلدان) در تیمار کانسیل مشاهده شد که در مقایسه با زیست‌توده تیمار شاهد، ٦۸ درصد کاهش داشت. نتایج یک بررسی نشان داد

که به غیر از فلامیکسازین (۲۱٤/۵ و ٤۲۸/۹ گرم ماده موثره در هکتار)، تمامی علف‌کش‌های دیگر (دایکوات، گلایفوسیت، ایمازاموکس، پنوکسولام، تریکلوپیر، توفوردی و توفوردی + دایکوات)، منجر به کاهش ۷٦ تا ۱۰۰ درصدی زیست‌توده این گیاه شدند (Mudge and Netherland, 2014). در تحقیقی دیگر، جاداو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که دزهای پایین علف‌کش گلایفوسیت (۱/۳٦ لیتر در هکتار)، منجر به توقف رشد گیاهان مادری سنبل‌آبی می‌شوند و از تولید گیاهچه‌های جدید نیز جلوگیری می‌کنند (Jadhav *et al*., 2007).



شکل ٤- اثر تیمارهای علف‌کشی بر وزن خشک اندام‌های هوایی علف‌هرز سنبل‌آبی در گلدان، ۱٦ هفته پس از سمپاشی (اعداد زیر هر ستون، بیانگر ماده مؤثره علف‌کش برحسب گرم در هکتار است؛ U46- C: یو ٤٦- کامبیفلوید و U46- D: یو ٤٦-دیفلوید).

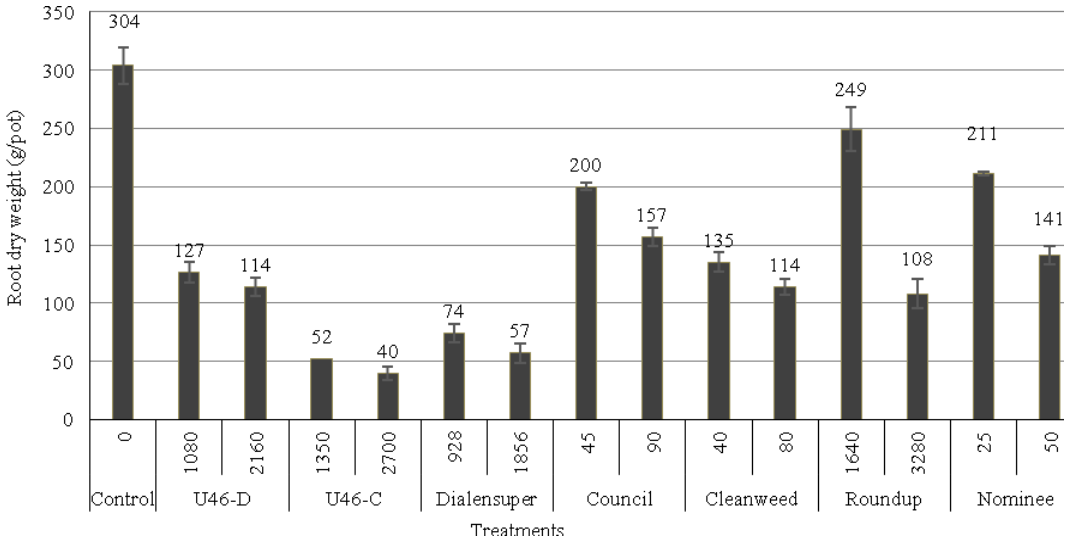
Fig 4. Effect of herbicide treatments on water hyacinth aerial dry weight, 16 weeks after treatment (Numbers below each column indicate the active ingredient of herbicides (g/ha) U46-C=U46 Combifluid; U46D= U46 Difluid).

بیس‌پایریباک در صورت کاربرد در سطح آب گلدان، دارای کارایی کمتری (٤٦ تا ۹٦ درصد) در کاهش زیست‌توده سنبل‌آبی، نسبت به کاربرد دزهای مشابه این علف‌کش به صورت برگ‌پاش (۷٤ تا ۹۹ درصد) بود (Glomski and Mudge, 2013). کاهش وزن خشک سنبل‌آبی در تحقیق حاضر، مشابه نتایج آزمایش فوق است.

وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه در تیمار شاهد، ۳۰٤ گرم در گلدان بود (شکل ۵) که معادل ٤۷ درصد وزن خشک اندام هوایی (شکل ٤) در این تیمار (٦۵۱ گرم درگلدان) بود. تمام تیمارهای علف‌کشی نسبت به شاهد، موجب کاهش وزن خشک ریشه شدند و افزایش دز، کاهش بیشتر وزن خشک ریشه را موجب شد که این کاهش در بین تیمارهای علف‌کشی مختلف بسیار متفاوت بود. بیشترین و کمترین کاهش وزن خشک ریشه، مربوط به علف‌کش یو ٤٦- کامبیفلوید (دز بالا) و رانداپ (دز پایین) و به‌ترتیب ۸۷ و ۱۸ درصد بود. علف‌کش‌های هورمونی (یو ٤٦-دیفلوید، یو ٤٦-کامبیفلوید، دی‌آلن‌سوپر) با ۵۸ تا ۸۷ درصد کاهش وزن خشک ریشه سنبل‌آبی نسبت به علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره (کانسیل، نومینی و کلین‌وید) با ۳٤ تا ٦۳ درصد کاهش وزن خشک این علف‌هرز، دارای بازدارندگی بیشتری بر روی ریشه بودند. رانداپ در دزهای ۱٦٤۰ و ۳۲۸۰ گرم (ماده مؤثره در هکتار)، به‌ترتیب ۱۸ و ٦٤ درصد کاهش وزن خشک ریشه را

موجب شد که بیشترین افزایش کارایی، با دو برابر شدن دز در بین تیمارهای مورد بررسی بود.



شکل ۵- اثر تیمارهای علف‌کشی بر وزن خشک ریشه سنبل‌آبی (اعداد زیر هر ستون، بیانگر ماده مؤثره علف‌کش برحسب گرم در هکتار است؛ U46- C: یو ٤٦- کامبیفلوید و U46- D: یو ٤٦- دیفلوید).

Fig 5 Effect of herbicide treatments on root dry weight of water hyacinth (Numbers below each column indicate the active ingredient of herbicide (g/ha); U46-C=U46 Combifluid; U46D= U46 Difluid).

اثر بازدارندگی علف‌کش‌ها در دز پایین بر وزن خشک ریشه، کمتر از اندام هوایی بود؛ به استثنای دو علف‌کش یو٤٦- کامبیفلوید و دی‌آلن‌سوپر که کاهش رشد ریشه (۸۳-۷٦ درصد) توسط این دو تیمار بیشتر از میزان کاهش اندام هوایی (۵۱-٤۹ درصد) در دزهای مشابه بود (شکل ۵). این درحالی بود که در دز بالا، کارایی دی‌آلن‌سوپر و یو ٤٦- کامبیفلوید در کاهش رشد ریشه (به‌ترتیب ۸۱ و ۸۷ درصد) و اندام هوایی (به‌ترتیب ۸۰ و ۹۳ درصد)، به طورکلی مشابه بود. به نظر می‌رسد علف‌کش‌های یو ٤٦- دیفلوید، یو ٤٦-کامبیفلوید و دی‌آلن‌سوپر، به‌دلیل تأثیر زودهنگام بر اندام‌های هوایی از طریق دفرمه کردن و پیچیدگی برگ‌ها و کاهش سطح فتوسنتزی، مانع از انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه و در نتیجه کاهش تجمع ماده خشک در این اندام‌ها شدند ولی علف‌کش‌هایی از قبیل نومینی، کلین‌وید و کانسیل، به دلیل اثرات تدریجی نتوانستند خیلی سریع از تجمع ماده خشک در ریشه‌ها جلوگیری کنند. این علف‌کش‌ها، علاوه بر جذب از طریق اندام‌های هوایی، از طریق ریشه نیز جذب می‌شوند و احتمالاً جذب ریشه‌ای به همراه جذب از طریق اندام‌های هوایی، در افزایش کارایی علف‌کش مؤثر بوده‌اند.

تحقیقات نشان داده است که رشد ریشه سنبل‌آبی در هفته ششم پس از کاشت، به حداکثر مقدار خود می‌رسد و پس از آن، دارای روندی کاهشی است؛ اگرچه این کاهش در مقایسه با کاهش رشد اندام‌های هوایی، سرعت کمتری دارد (Chinnusamy *et al.*, 2012). محققین گزارش کردند که ۲۱ روز پس از اعمال تیمارهای علف‌کشی، گلایفوسیت و توفوردی در مقایسه با علف‌کش‌های دیگر، وزن خشک گیاه سنبل‌آبی را بیشتر کاهش دادند. این نتیجه‌گیری در مراحل اولیه آزمایش ما نیز مشاهده شد ولی به‌دلیل

طولانی‌تر بودن دوره آزمایش حاضر و بازیابی گیاهچه‌ها در تیمارهای علف‌کشی یو ٤٦-دیفلوید، یو ٤٦-کامبیفلوید و دی‌آلن‌سوپر، وزن خشک سنبل‌آبی در این تیمارها، نسبتاً بالا بود. ورسال و مدسن (Wersal and Madsen, 2010) نیز در طی تحقیقی گزارش کردند که کاربرد مقادیر کمی از علف‌کش پنوکسولام (۲٤/۵ گرم ماده موثره در هکتار)، منجر به کاهش بیش از ۹۰ درصدی ماده خشک علف‌هرز سنبل‌آبی، چهار هفته پس از کاربرد علف‌کش می‌شود.

سینگ و مولر (Singh and Muller, 1979) نیز بیان داشتند که دو کیلوگرم ماده مؤثره گلایفوسیت در هکتار، منجر به کنترل ۱۰۰ درصدی این گیاه در عرض سه هفته شد و در عرض ٥٦ روز نیز منجر به پوسیدگی کامل آن می‌شود. آن‌ها همچنین گزارش کردند که شش تا هشت گرم در لیتر توفوردی در مراحل ابتدایی، منجر به پلاسیدگی برگ‌ها و در نهایت مرگ این علف‌هرز آبزی می‌شود. بررسی‌های گسترده‌ای در خصوص کنترل علف‌های هرز آبزی از جمله سنبل‌آبی با علف‌کش‌های توفوردی، کارفنترازون، کلات مس، دیکوآت و گلایفوسیت وجود دارد (Glomski and Mudge, 2013) امّا اطلاعات در خصوص کارایی بیس‌پایریباک در کنترل این علف‌هرز، اندک است.

نتیجه‌گیری

سنبل‌آبی، علف‌کش‌های خاک‌مصرف مزارع برنج را که دارای کارایی خوبی در کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ، پهن‌برگ و جگن‌های شالیزار هستند، تحمل کرد و به علف‌کش برگ‌پاش جدید شالیزار، بیس‌پایریباک سدیم بسیار حساس بود. علف‌کش عمومی رانداپ و و همچنین پهن‌برگ‌کش توفوردی، در کنترل سنبل‌آبی مؤثر بودند و کارایی آن‌ها، به شدت وابسته به دز علف‌کش بود. علائم گیاه‌سوزی (زردی، سوختگی، قهوه‌ای و خشک شدن اندام‌های هوایی) سه فرمولاسیون مختلف توفوردی (یو ٤٦-دیفلوید، یو ٤٦-کامبیفلوید و دایکامبا)، نسبت به دیگر علف‌کش‌ها زودتر نمایان شد ولی با گذشت زمان، گیاهان تیمارشده با این علف‌کش‌ها، دوباره به رشد خود ادامه دادند. از این‌رو، اگر هدف، کنترل سریع سنبل‌آبی باشد، علف‌کش‌های دارای توفوردی که علف‌هرز سریعاً به آن‌ها پاسخ می‌دهد توصیه می‌شوند که در این صورت، به دلیل احتمال رشد دوباره گیاهچه‌ها، جمع‌آوری دستی یا مکانیکی (جمع‌آوری و انهدام گیاهچه‌های خشک‌شده) و یا تکرار سمپاشی توصیه می‌شود تا بتوان از عدم سبز شدن دوباره سنبل‌آبی اطمینان حاصل کرد. بدیهی است که سمپاشی قبل از گلدهی و تولید بذر، به دلیل زنده‌مانی طولانی بذر این علف‌هرز در خاک حائز اهمیت است.

باتوجه به این‌که زیست‌توده سنبل‌آبی در برخی زیستگاه‌های طبیعی بسیار بیشتر از شرایط گلدانی است، ضروری است دز مصرفی علف‌کش، متناسب با زیست‌توده سنبل‌آبی انتخاب شود. بدیهی است در زیست‌گاه‌های طبیعی در مقایسه با شرایط گلدانی، به دز بیشتری از علف‌کش نیاز خواهد بود که تعیین مقدار آن، نیازمند بررسی‌های تکمیلی در آن زیست‌گاه‌ها و شرایط طبیعی می‌باشد.

منابع

Akinyemiju, O.A. and Bewaji, F.A. 1990. Chemical control of water hyacinth and associated aquatic weeds at Itoikin near Lagos. Proc. 8th EWRS Symp. Aquatic Weeds. 3-8.

Ampong, N. and DeDetta, S. 1991. A Handbook for Weed Control in Rice. IRRI (International Rice Research Institute). 113 Pp.

Ausden, M. 2007. Habitat Management for Conservation. Oxford University Press. 411 Pp.

Caton, B., Mortimer, M., Hill, J. and Johnson, D. 2010. A Practical Field Guide to Weeds of Rice in Asia. Second Edition. IRRI (International Rice Research Institute). 118 Pp.

Chauhan, B.S. and Mahajan, G. 2014. Recent Advances in Weed Management. Edited. Springer. 411 Pp.

Chinnusamy, C., Janaki, P., Murali Arthanari, P. and Muthukrishnan, P. 2012. Effects of post-emergence herbicides on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) - tank culture experiment. Pak. J. Weed Sci. Res. 18:105-111.

Cobb, A. and Reade, J. 2010. Herbicides and Plant Physiology, Second Edition. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication. 286 Pp.

Costa, N.V., Martins, D., Rodella, R.A. and Rodrigues-Costa, A.C.P. 2011. Anatomical leaf changes in *Eichhornia crassipes* due to herbicides application. Planta Daninha. 29(1):17-23.

Cousens. R. and Mortimer, M. 1995. Dynamics of Weed Populations. Cambridge University Press. 332 Pp.

Cronk, J.K. and Fennessy, M.S. 2001. Wetland Plants: Biology and Ecology. CRC Publishers. 308 Pp.

Drake, J. 2009. Edited. Management of Invasive Weeds. Springer series in invasion ecology. Volume 5. University of Tennessee. 363 Pp.

FAO. 1995. Strategies for water hyacinth control. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Report of a Panel of Experts Meeting. Published in collaboration with the: University of Florida, Gainesville. Editd by: Charudattan, R., Labrada, R., Center, T.D. and Kelly-Begazo, C.

FAO. 2017. Progress on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) management. Available online: http://www.fao.org/docrep/006/y5031e/y5031e0c.htm. Accessed: September 15, 2019.

Glomski, L.M. and Mudge, C.R. 2013. Effect of subsurface and foliar applications of bispyribac-sodium on water hyacinth, water lettuce, and giant salvinia. J. Aquat. Plant Manag. 51: 62–65.

Gutierrez, E., Arreguin, F., Huerto, R. and Saldana, P. 1994. Aquatic weed control. Inte. J. Water. Resou. Devel. 10:291–312.

Holm, L. 1969. Weeds problems in developing countries. Weed Sci. 17: 113-118.

Holm, L., Plunknett, D., Pancho, J. and Herberger, J. 1977. The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. Honolulu: University Press of Hawaii. 609 Pp.

ICID. 2002. Aquatic Weeds and their Management. International Commission on Irrigation and Drainage. 71 Pp.

Inderjit, S. 2005. Invasive Plants: Ecological and Agricultural Aspects. University of Delhi. Edited. 283 Pp.

Jadhav, A., King, A., Brudvig, R., Hill, M. and Byrne, M. 2007. Integrated weed control using a retardant dose of glyphosate: A new management tool for water hyacinth? Outlook on Pest Manag. 213-216.

Jafari, N. 2010. Ecological and socio-economic utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* Mart Solms). J. Appl. Sci. Environ. Manag. 14: 43-49.

Julien, M., Harley, K., Wright, A., Cilliers, C., Hill, M., Center, T., Cordo, H., Cofrancesco, A., Moran, V. and Hoffmann, J. 1996. International co-operation and linkages on the management of water hyacinth with emphasis on biological control. Proc. 9th intl Symp. Boil. Control Weeds. Stellenbosch, South Africa, 19-26 January: 273-282.

Lacey, A. 1985. Weed Control. In: Haskell, P.T. (ed.) Pesticide Application: Principles and Practice. Oxford: Oxford University Press. 456- 485.

Lancar, L. and Krake, K. 2002. Aquatic Weeds and their Management. International Commission on Irrigation and Drainage. 65 Pp.

Lugo, A., Bravo-Inclan, L.A., Alcocer, J., Gaytan, M.L., Oliva, M.G., Sanchez, M.d.R., Chavez, M. and Vilaclara, G. 1998. Effect on the planktonic community of the chemical program used to control water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Guadalupe Dam, Mexico. Aquat Ecosyst Health Manag. 1: 333-343.

Masser, M.P., Murphy, T.R. and Shelton, J.L. 2013. Aquatic weed management: herbicides. Southern regional aquaculture center. United States Deprtment of Agriculture, National Institute of Food and Agriculture.www.aces.edu/dept/fisheries/aquaculture/documents/srac361.

McComas, S. (2003) Lake and Pond Management Guidbook. Lewis Publishers, A CRC Press Company. 286 Pp.

Mozaffarian, V. and Yaghoubi, B. 2015. New record of *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth) from north of Iran. Rostaniha. 16: 208-211.

Mudge, C.R. and Netherland, M.D. 2014. Response of giant bulrush, water hyacinth, and water lettuce to foliar herbicide applications. J. Aquat. Plant Manag. 52: 75-80.

Olaleye, V.F. 2002. Water quality changes in post herbicide treated water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm-Laub.) infested aquatic environment. J. Aqua. Sci. 17: 140-144.

Pelangi, M., Pirmoradian, N., Allah Karimi, V and Amiri Larijani B. 2014. The effect of interfacial surface drainage on growth, physiological indices and rice yield of Tarom Hashemi. 4(4): 267-278. (In Farsi with English abstract).

Seagrave, C. 1988. Aquatic Weed Control. Fishing New Books. 154 Pp.

Siemering, G.S., Hayworth, J.D. and Greenfield, B.K. 2008. Assessment of potential aquatic herbicide impacts to California aquatic ecosystems. Arch. Environ. Con. Tox. 55(3): 415–431.

Singh, P.S. and Muller, F. 1979. Efficacy, uptake and distribution different herbicides in the water hyacinth. Weed Sci. 23: 235-240.

Villamagna, A. and Murphy, B. 2010. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): A review. Freshw Biol. 55: 282–298. Freshw. *Biol*.

Wersal, R.M. and Madsen, J.D. 2010. Combinations of penoxulam and diquat as foliar applications for control of water hyacinth and common salvinia: Evidence of herbicide antagonism. J. Aquat. Plant Manag. 48: 21-25.

Yaghoubi, B. 2016. Distribution the invasive weed water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in North of Iran. Final report. Agriculture Research, Education and Extension Organization. 30 Pp. Register no. 50727.

Ziska, L. and Dukes, J. 2011. Weed Biology and Climate Change. Blackwell Publishing. 235 Pp.

Zaranyika, M.F. and Nyandoro, M.G. 1993. Degradation of glyphosate in an aquatic environment: an enzymatic kinetic model that takes in to account microbial degradation of both free and colloidal (or sediment) particle adsorbed glyphosate. J Agric. Food Chem. 41: 838-842.