



معرفی گیاه مهاجم سنبل آبی

(*Eichhornia crassipes*)

مختصری بر بیولوژی، اکولوژی و تهاجم	
پیامدها و مخاطرات اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی	
روش‌های پیشگیری و کنترل	
وضعیت سنبل آبی در ایران	
نوشته به وسیله:	قطب علمی مدیریت علف‌های هرز و گیاهان مهاجم ایران در شرایط تغییر اقلیم
دسته‌بندی:	مقالات عمومی
آدرس وبسایت:	https://weedsci.ut.ac.ir
توجه:	استفاده از مطالب سایت با ذکر منبع مجاز است.

فهرست منابع

- ۱..... معرفی گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*)
- ۱..... خلاصه‌ای از تهاجم
- ۱..... درخت طبقه‌بندی
- ۱..... گسترده‌گی و پراکنش
- ۱..... تاریخچه معرفی به مناطق جدید و گسترش
- ۲..... خطرات معرفی به مناطق جدید
- ۲..... زیستگاه
- ۲..... فیزیولوژی و فنولوژی
- ۳..... زیست‌شناسی تولید مثل
- ۳..... نیازهای زیست محیطی
- ۳..... ابزار انتقال و گسترش
- ۳..... گسترش طبیعی (غیرزیستی)
- ۴..... انتقال به وسیله حامل (vector) (زیستی)
- ۴..... معرفی به صورت تصادفی
- ۴..... معرفی به صورت عمدی

پیامدهای منفی و مخاطرات.....	۴
مخاطرات اقتصادی.....	۴
مخاطرات زیست محیطی.....	۵
مخاطرات اجتماعی.....	۶
موارد استفاده.....	۶
پیشگیری و کنترل.....	۷
کنترل زراعی.....	۷
کنترل مکانیکی.....	۸
کنترل شیمیایی.....	۸
کنترل زیستی.....	۹
کنترل تلفیقی.....	۱۱
وضعیت سنبل آبی در ایران.....	۱۱
منابع.....	۱۲

خلاصه‌ای از تهاجم

سنبل آبی بومی آمریکای جنوبی بوده که به عنوان گیاه مهاجم و علف‌هرز بسیار مهم در بیشتر نواحی بدون یخبندان دنیا بوده و عموماً به عنوان مسأله‌سازترین گیاه آبی جهان نیز شناخته می‌شود (Holm et al., 1997). به دلیل گل‌های زیبایی که دارد در بسیاری از نقاط به عنوان یک گیاه آبی زینتی کشت شده است. در هر نقطه‌ای که با شرایط محیطی مطلوب روبرو شده است، با سرعتی خارق العاده گسترش یافته و پوششی یکنواخت از خود روی دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و شالیزارها تشکیل داده است. به همین طریق فعالیت‌های انسانی را به صورت منفی متأثر کرده است (ماهی‌گیری و جابجایی از طریق آب). ریشه‌کن کردن آن ممکن نبوده و اغلب یک استراتژی مدیریتی تلفیقی با بهره‌گیری از عوامل کنترل زیستی، می‌تواند در بلند مدت راه حلی برای مقابله با این گونه مهاجم باشد.

درخت طبقه‌بندی

سنبل آبی با نام علمی *Eichhornia crassipes* از خانواده Pontederiaceae است.

گسترده‌گی و پراکنش

این گیاه بومی نواحی استوایی آمریکای جنوبی است، اما در حال حاضر در آفریقا، استرالیا و آسیا (در بسیاری از کشورها) وارد، مستقر (established) و جزیی از فلور گیاهی (naturalized) آنها شده است.

تاریخچه معرفی به مناطق جدید و گسترش

منشأ سنبل آبی به احتمال زیاد حوضه آمازون در برزیل بوده است (Barrett and Forno, 1982). گسترش آن در ابتدا صرفاً با بهره‌گیری از عوامل طبیعی و غیرانسانی کند و محدود به نواحی نزدیک به منطقه اصلی بوده است. در سال ۱۸۸۴ میلادی این گیاه بین شرکت کنندگان در نمایشگاه پنبه نیواورلئان آمریکا و سپس فلوریدا توزیع شده و پس از آن تبدیل به یک مشکل شد (Julien, 2001). به دلیل گل‌های زیبایی که دارد به عنوان یک گیاه زینتی به باغ‌های گیاه‌شناسی در سراسر نقاط جهان وارد شده و از این طریق به سرعت در سطح وسیعی از دنیا شامل استرالیا، مصر، ژاپن، تایلند، پاپوا گینه نو، اندونزی، ماداگاسکار، چین، سریلانکا و ... پراکنده شد. مسیرهای آبی جابجایی سنبل آبی و معرفی آن به نقاط جدید را تسهیل کرد. برای مثال این گیاه در امتداد رود نیل با حرکت کشتی‌های بخار به سرعت گسترش

یافت (Gay, 1960). زمانی که با جریان آب به زیستگاه‌های مطلوب به خصوص آب‌های آزاد برسد، به سرعت روی آب تشکیل یک پوشش متراکم تک گونه‌ای (monotypic mats) را می‌دهد. در دهه ۵۰ میلادی فقط سه سال پس از اولین مشاهده، ۱۶۰۰ کیلومتر در امتداد رود کنگو گسترش یافته بود (Holm et al., 1969).

خطرات معرفی به مناطق جدید

گیاه مهاجم سنبل آبی از اوایل قرن بیستم به عنوان یک گیاه دردسرساز و علف‌هرز مزاحم (noxious weed) اعلام شده است. برای مثال در کشور فیجی کشت آن در یک حوضچه پرورش گیاه سوسن (lily) در سال ۱۹۲۳ ممنوع اعلام شد (Parham, 1958). این گیاه در برخی کشورهای دیگر از جمله استرالیا و آفریقای جنوبی در فهرست علف‌های هرز مزاحم قرار گرفته و اقداماتی برای مبارزه با آن انجام می‌شود (Parsons and Cuthbertson, 1992). نبود یک کنترل نظارتی مؤثر، مسئول وقوع بدترین آلودگی‌های مربوط به آن در جهان بوده است.

زیستگاه

سنبل آبی یک گیاه شناور (floating) روی آب دریاچه‌ها و رودخانه‌های آب شیرین در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری، به خصوص آنهایی که مملوء از مواد غذایی می‌باشند، است. همچنین ممکن است به عنوان علف‌هرز شالیزار مطرح باشد.

فیزیولوژی و فنولوژی

سرعت رشد سنبل آبی بسیار زیاد است به نحوی که ممکن است فقط ظرف مدت ۶ الی ۱۵ روز اندازه جمعیت خود را به دو برابر افزایش دهد. برخی از مطالعات حاکی از افزایش زیست‌توده (biomass) این گیاه به میزان ۱۲ درصد در روز است که این مسأله به دلیل ظرفیت و توان بالای فتوسنتزی آن است. همچنین گزارش شده است که میزان تولید سنبل آبی می‌تواند ۵۰۰-۱۰۰۰ گرم وزن تر در متر مربع در هر روز، ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در هر روز و یا ۱۷۰۰-۴۰۰ تن در هکتار در هر سال باشد که به خوبی نشان دهنده‌ی توان رشد و تکثیر گیاه در شرایط مطلوب باشد. پیش‌بینی شده است که گیاه بتواند ۲۵ تن وزن خشک در هکتار تولید کند (Gopal, 1987). گلدهی آن تحت تأثیر فتوپریود نبوده و در برخی از نواحی فصلی و برخی دیگر تقریباً دائمی است. ممکن است گلدهی با فراهمی مواد غذایی در محیط مرتبط باشد.

زیست‌شناسی تولید مثل

ساختار گل سنبل آبی از نوع tristylous می‌باشد اما برخلاف بسیاری از گونه‌هایی که از چنین ساختاری در گل برخوردار هستند، در بیشتر جمعیت‌های آن خود ناسازگاری دیده نمی‌شود. در نتیجه، گرده‌افشانی که عمدتاً با باد انجام می‌شود، منجر به تشکیل موفقیت آمیز بذر می‌شود. البته این گیاه هم به صورت رویشی و هم زایشی تولید مثل می‌کند. برخی از بذرها تولید شده به بلافاصله توانایی جوانه زدن دارند در حالی که بقیه می‌توانند تا سال‌ها در وضعیت خواب باقی بمانند. شرایط هوازی و دماهای متناوب تأثیر مثبتی روی جوانه‌زنی دارند. از همان مراحل ابتدایی، جوانه‌های جانبی برگ‌های مسن‌تر گیاهچه قادر به تبدیل شدن به استولون بوده و به این طریق رشد افقی داشته و گیاهان دختری را به وجود می‌آورند. این شکل از تولید مثل غیرجنسی می‌تواند به سرعت‌های جمعیت‌های بزرگی از سنبل آبی را تشکیل و گسترش دهد.

نیازهای زیست محیطی

دمای بهینه برای رشد سنبل آبی ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد بوده و رشد آن در دماهای آب بالاتر از ۴۰ و پایین‌تر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود، اما ممکن است دوره‌های کوتاهی از یخ زدگی (freezing) را تحمل کند. پاسخ بسیار مثبتی نسبت به فراهمی عناصر غذایی (به ویژه نیتروژن و فسفر) داشته و در این شرایط سرعت رشد آن به حداکثر می‌رسد. برای مثال زمانی که میزان عناصر غذایی آب از ۸ به ۵۲ میلی گرم بر لیتر افزایش یافت، سرعت رشد گیاه ۸ برابر شد (Lugo et al., 1979). اسیدیته بهینه برای رشد گیاه ۸-۶ بوده و مقادیر بحرانی آن (کمتر از ۴/۵ و بیش از ۱۰) می‌تواند خسارت‌زا باشد. گیاه تحمل چندانی نسبت به شوری نداشته و حتی میزان شوری آب معادل با شوری یک چهارم آب دریا برای آن کشنده است (Muramoto et al., 1991).

ابزار انتقال و گسترش

گسترش طبیعی (غیرزیستی)

باد در جابجایی آن نقش داشته و برگ‌های عمودی گیاه در کانال‌ها و دریاچه‌ها مانند بادبان عمل می‌کنند. جریان آب اصلی‌ترین روش انتقال گیاه در امتداد جریان آب در رودخانه‌ها است، اما ممکن است بادهای قوی باعث انتقال گیاه تا حدی به نواحی بالادستی بشوند.

انتقال به وسیله حامل (vector) (زیستی)

تصور می‌شود که بذرها به وسیله پرندگان تا مسافت‌های طولانی منتقل شوند و چنانچه با گل پوشیده شوند، احتمال دارد به وسیله پستانداران و پرندگان نیز منتقل شوند (Holm *et al.*, 1969; Batcher, 2000).

معرفی به صورت تصادفی

ممکن آلودگی در مناطق جدید از طریق انتقال سهوی توسط انسان مانند چسبیدن به بدنه قایق‌ها و حتی تجارت محموله‌های آلوده به این گیاه نیز اتفاق بیفتد.

معرفی به صورت عمدی

به دلیل زیبایی و اهمیت زینتی، امکان معرفی آن به نقاط مختلف دنیا به خصوص از طریق خرید و فروش اینترنتی وجود دارد.

پیامدهای منفی و مخاطرات

مخاطرات اقتصادی

ایجاد اختلال در حمل و نقل آبی، ارتباطات و دسترسی‌ها، تداخل شدید در حمل و نقل آبی در نواحی جنوبی آمریکا، آفریقای جنوبی، جنوب شرقی آسیا، استرالیا، کنگو و سودان گزارش شده است (Gopal, 1987). در کانال پاناما، رود نیل در سودان و کنگو میلیون‌ها دلار برای کنترل و برداشت آن هزینه شده و فقط در آمریکا این هزینه به صورت سالانه بالغ بر ۳۵ میلیون دلار بوده است. در مالزی این هزینه ۱۰ میلیون دلار در سال پیش‌بینی شده (Mahomed *et al.*, 1992) در حالی که برخی اعتقاد دارند که هزینه‌های واقعی به مراتب بیش از این خواهد بود (Harley *et al.*, 1993). وجود سنبل آبی در بسیار از نواحی آفریقا منجر به اختلال جدی در ساختار اقتصادی-اجتماعی، تامین غذا و سلامت چندین میلیون نفر انسان شده است. گزارش شده است که در نیجریه هزینه سوخت و تعمیر قایق‌هایی که در مسیرهای آلوده به سنبل آبی تردد دارند تقریباً سه برابر بیشتر از نواحی غیرآلوده است (Alimi and Akinyemiju, 1991). همچنین خساراتی در رابطه با استفاده‌های تفریحی از نواحی آبی ایجاد شده است (برای مثال Gopal, 1987; Aweke, 1994; Cilliers *et al.*, 1996).

تداخل با ماهی‌گیری. این مشکل در مورد جوامعی که در مقیاس کوچک با ماهی‌گیری ارتباط دارند حادث است. مشکلاتی که این گیاه برای صنعت ماهی‌گیری ایجاد می‌کند عبارتند از: دسترسی سخت به مناطق مناسب، دشواری باز و جمع کردن تور ماهی‌گیری و اثرات منفی روی جمعیت ماهی‌ها و پرورش ماهی. رشد متراکم سنبل آبی روی آب منجر به کاهش اکسیژن آن و مرگ ماهی‌های می‌شود. فقط با ۲۵ درصد آلودگی سطح رودخانه با سنبل آبی، میزان پرورش ماهی در آمریکا به میزان ۷۰ درصد کاهش یافته است که دلیل آن کاهش سطح فسفر و فیتوپلانکتون‌ها عنوان شده است. به دلیل وجود سنبل آبی، هزینه سوخت قایق‌ها در دریاچه ویکتوریا ۲-۳ برابر افزایش یافته و در مقابل صید ماهی ۵۰-۷۵ درصد کاهش یافته است (Labrada, 1996). خطرات آسیب مکانیکی به تاسیسات برق آبی و سایر سازه‌ها مانند پل‌ها. این مشکل در بسیاری از نقاط مانند آفریقای جنوبی (Harley et al., 1993)، برزیل (Pitelli, 2000)، نیوزیلند (Clayton, 2000) و اتیوپی (Aweke, 1994) گزارش شده و برای رفع آن نیاز به ماشین آلات سنگین و گران قیمت می‌باشد (Hill, 1999).

کاهش جریان آب و رقابت مستقیم برای آب با محصولات کشاورزی (برای مثال در شالیزار). میزان این خسارت در هند میلیون‌ها دلار و در بسیاری از نقاط دیگر مانند سریلانکا، بنگلادش، برمه، مالزی، اندونزی، تایلند، فیلیپین، ژاپن و پرتغال قابل توجه ارزیابی شده است (Gopal, 1987).

مخاطرات زیست‌محیطی

وقتی گیاه در یک بوم‌نظام مستقر شده و تکثیر می‌یابد، به سرعت آن را دستخوش تغییراتی کرده و تنوع زیستی را کاهش می‌دهد (Terry, 1996; Kumar and Rohatgi, 1999). این گیاه آثار سوئی بر جمعیت‌های بومی بی-مهرگان، پرندگان، ماهی‌ها و گیاهان دارد. برای مثال، حضور سنبل آبی در دریاچه‌ای واقع در ماداگاسکار پیامدهای بسیار بدی بر زندگی نوع اردک (*Thalassornis leuconotus*) داشته است (Binggeli, 2003). این گیاه جریان آب را در کانال‌های آبیاری ۹۵-۴۰ درصد کاهش داده که این مسأله دلیل بروز سیل در برخی مناطق مانند مالزی و گینه بوده است (Gopal, 1987).

افزایش تبخیر و تعرق آب که منجر به هدررفت منابعی از آب می‌شود که می‌توانست برای مقاصد آبیاری گیاهان، نوشیدن، ماهی‌گیری و ... مورد استفاده قرار بگیرد. میزان این هدررفت حتی تا ۱۳ برابر بیشتر نسبت به مناطقی که فاقد آلودگی به این گیاه مهاجم هستند برآورد شده و میانگین در نظر گرفته شده ۲/۵ برابر بوده است (Gopal, 1987). میزان

این هدررفت در هند ۷/۸ برابر مناطق غیرآلوده برآورد شده که به خصوص برای مناطق خشک‌تر زیان زیادی در پی خواهد داشت (Vasudevan and Jain, 1991). برخی چنین نتایجی را به دلیل عدم برخورداری از تکنیک‌های مناسب آزمایشی به شدت اغراق آمیز توصیف کرده‌اند (Allen et al., 1997).

زمانی که بقایای ضخیم و گسترده گیاه روی آب (mats) می‌پوسد، سطح اکسیژن آب را کاهش داده و رسوب‌گذاری (sedimentation) افزایش می‌یابد. در رودخانه‌ای در کنیا، در نواحی آلوده به سنبل آبی، شاهد کاهش سطح اکسیژن، افزایش مقادیر کربن دی‌اکسید آزاد و کاهش اسیدیته بوده‌اند (Mironga et al., 2012). نتایج یک مطالعه بیان می‌کند که اگرچه وجود سنبل آبی منجر به کاهش کیفیت آب می‌شود، اما با توجه به توانایی گیاه در جذب عناصر سنگین، می‌توان از آن برای مقاصد مفید نیز استفاده کرد (Ndimele, 2012).

مخاطرات اجتماعی

سنبل آبی می‌تواند کیفیت آب را کاهش داده و مأمونی برای پشه‌ها، حلزون‌ها و سایر موجودات زنده‌ای باشد که با بیماری‌های مرتبط با سلامت انسان مانند مالاریا، شیسیتومیایزیس (schistosomiasis)، آنسفالیت (encephalitis)، فیلاریایزیس (filariasis) و وبا مرتبط هستند (Gopal, 1987). مرگ مردم در پاپوا گینه نو به دلیل ترکیبی از عوامل سوء تغذیه، آب بی‌کیفیت، افزایش ناقلین عوامل بیماری‌زا و در مجموع افت وضعیت بهداشتی که مستقیماً مربوط به اثرات و پیامدهای منفی سنبل آبی روی محیط ریست اطراف بوده، گزارش شده است (Harley et al., 1996). ایجاد پوشش ضخیم و گسترده از سنبل آبی روی آب، قایقرانی به قصد صید ماهی را مختل کرده و حتی ممکن است منجر به مهاجرت افراد محلی به سایر نقاط شود. طبق مصاحبه انجام شده با افراد محلی حاشیه دریاچه ویکتوریا، افزایش بیماری‌ها، مشکلات در رابطه با در دسترس بودن آب تمیز و مهاجرت جوامع از جمله مخاطرات و پیامدهای منفی مرتبط با سنبل آبی برشمرده شده است ((Mailu, 2001).

موارد استفاده

سنبل آبی می‌تواند به طرق مختلفی مورد استفاده قرار بگیرد. لیندزی و هرت (Lindsey and Hirt, 1999) برخی از موارد استفاده از آن در شرق آفریقا را بیان کرده‌اند. این گیاه چندان برای تغذیه احشام مفید نیست ولی می‌توان از آن به عنوان غذای بوفالو و خوک استفاده کرد. در چین در حد فاصل دهه ۵۰ تا ۷۰ میلادی به دلیل کمبود علوفه، از سنبل

آبی به صورت گسترده برای تعلیف دام استفاده می‌شده است (Ding Jianqing *et al.*, 2001). همچنین می‌تواند به عنوان مالچ، برای تهیه کمپوست، کاغذ و تخته، برای تولید گاز متان و برای از بین بردن عناصر و مواد شیمیایی سمی در آب مورد استفاده قرار بگیرد. ثابت شده است که از این گیاه می‌توان بدون نگرانی از گسترش و پخش شدن بذره‌های آن برای کمپوست‌سازی استفاده کرد (Montoya *et al.*, 2013).

سنبل آبی به دلیل سرعت رشد زیاد و تحمل به انواع آلاینده‌ها در آب، توجهاتی را به منظور استفاده از آن برای بهبود کیفیت آب جلب کرده است، اما همچنان مشکل معدوم کردن بقایای آلوده آن پس از انجام این عملیات باقی می‌ماند (Aoyama *et al.*, 1986; Ayade, 1998). نتایج یک مطالعه حکایت از آن دارد که می‌توان از سنبل آبی به منظور گیاه پالایی بوم‌نظام‌های آبی آلوده به نفت خام بهره برد (Ndimele and Ndimele, 2013).

از سنبل آبی به عنوان کود ارگانیک در بنگلادش (Nasima *et al.*, 1997)، به عنوان کمپوست برای جلوگیری از رشد نماتد در هند (Verma *et al.*, 1997)، برای تصفیه آب (Ayade, 1998) برای تولید گاز زیستی (biogas) (Rodriguez *et al.*, 1997; Sarkar and Banerjee, 2013)، برای تغذیه بوفالوها در هند (Mitra *et al.*, 1997) و برای فرونشاندن علف‌های هرز در اندونزی (Lamid and Wahab, 1996) استفاده شده است. امکان تبدیل سنبل آبی به بیوشار (biochar) به منظور بهبود حاصلخیزی خاک مورد مطالعه قرار گرفته است (Masto *et al.*, 2013). امکان استفاده از این گیاه مهاجم به عنوان سوخت زیستی نیز مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است (Hussain *et al.*, 2013; Bergier *et al.*, 2012; Adeleye *et al.*, 2013).

پیشگیری و کنترل

کنترل زراعی

سنبل آبی به شدت به منابع غذایی آب وابسته بوده و چنانچه به خصوص مقادیر نیتروژن و فسفر محلول در آن کم (سطح آستانه تحمل گیاه نامشخص است) باشد، توان رشد و تولید مثل آن به شدت کاهش می‌یابد. برای مثال گزارش شده است که در انجام هر اقدامی برای کنترل این گیاه مهاجم، کنترل و کاهش سطح فراهمی عناصر غذایی با تأکید بر نیتروژن و فسفر، اولین و مهمترین قدم برای اطمینان از اثربخشی مجموعه اقدامات به کار گرفته شده است (Coetzee and Hill, 2012).

کنترل مکانیکی

در جاهایی که سنبل آبی مشکلات حادی برای ماهی‌گیران و یا تأسیسات آبی ایجاد می‌کند، بهترین راه برای مقابله با این مشکل استفاده از بوم‌های شناور (floating booms) یا موانع ثابت در مسیرهای آبی برای جلوگیری از ورود گیاه به نقاط کلیدی و حساس است. جمع‌آوری فیزیکی آن به صورت دستی برای مقیاس کوچک امکان‌پذیر است اما در مقیاس بزرگ‌تر نیاز به ماشین‌آلات خاصی است. در مناطقی که پهنه‌های آب وسیع و عمیق هستند، می‌توان گیاه را از سطح آب برداشت کرده، خرد کرده و دوباره به آن برگرداند. در این حالت باید به امکان کاهش اکسیژن آب به دلیل تجزیه بقایای گیاه نیز توجه کرد. دلیل توجه به این روش، اقتصادی‌تر بودن آن نسبت به زمانی است که مجبور باشیم گیاهان جمع‌آوری شده را به خشکی منتقل کنیم. جولین (Julien, 2008) اعتقاد دارد که این روش مهار و کنترل سنبل آبی تنها زمانی عملی است که تهاجم تازه شروع شده، در سطح کوچک و محصور شده و قابل دسترس بوده و دسترسی به منابع لازم {برای مهار و کنترل} در کوتاه مدت در سطح خیلی مطلوبی است. روش‌های کنترل از طریق جمع‌آوری دستی و برداشت آن از سطح آب در برخی مقالات ارایه شده است (Jyoti and Garima, 2013).

کنترل شیمیایی

از توفوردی به شکل گسترده‌ای برای کنترل سنبل آبی استفاده شده و بهترین نتایج زمانی حاصل شده است که شرایط محیطی برای رشد سریع گیاه مساعد بوده است. یعنی غالباً زمانی که دما و رطوبت نسبی بالا بوده و علف‌کش به کار رفته است، اغلب گیاهان در هر مرحله رشدی در مدت زمان ۴-۲ هفته از بین رفته‌اند. ممکن است در شرایط نامساعد برخی از گیاهان از بازرویش نموده و نیاز به تکرار عملیات سمپاشی باشد. تقریباً در تمام موارد پس از چند ماه به دلیل آلودگی مجدد از گیاهانی که کاملاً سمپاشی نشده‌اند، تهاجم دوباره از مناطق خارج از محدوده سمپاشی و بازرویش گیاهچه‌ها نیاز به تکرار این عملیات وجود داشته است.

از گلایفوسیت نیز برای کنترل سنبل آبی استفاده شده است. اگرچه کاربرد گلایفوسیت نسبت به توفوردی هزینه بیشتری در پی داشته است، اما مزایایی نسبت به توفوردی نیز دارد که عدم آلودگی آب آشامیدنی و از بین رفتن کندتر گیاه که خطر کاهش سطح اکسیژن آب را در نتیجه تجزیه آن کمتر می‌کند از آن جمله است (Findlay and Jones, 1996).

دیگر علف‌کش‌های استفاده شده برای کنترل سنبل آبی پاراکوات و دایکوات هستند. این علف‌کش‌ها سمیت زیادی داشته و نباید مرد استفاده قرار بگیرند. پیتلی (Pitelli et al., 2011) از دایکوات برای کنترل سنبل آبی استفاده کرده و پیشنهاد کرده است که کاربرد آن در شب مؤثرتر از روز است. آمترین و تربوترین به تنهایی روی سنبل آبی مؤثر هستند اما اغلب در اختلاط با توفوردی استفاده شده‌اند. پنوکسولام نیز در کنترل این گیاه مؤثر بوده است اما کاربرد آن در اختلاط با دایکوات کارایی آن را افزایش نداد هاست (Wersal and Madsen, 2010). علف‌کش‌های خانواده‌های ایمیدازولینون-ها و سولفونیل اوره‌ها می‌توانند اثربخشی خیلی مطلوبی روی سنبل آبی داشته باشند اما به اندازه کافی مورد آزمایش قرار نگرفته‌اند (Price, 1993).

اگرچه کاربرد علف‌کش‌ها به خصوص طی چند مرحله در کنترل سنبل آبی مؤثر بوده است، اما از برخی جنبه‌ها کاربرد آنها نامطلوب بوده و خساراتی ایجاد می‌کند. برای مثال کاربرد فرمولاسیون‌های استری توفوردی نه تنها برای جانداران آبری خطرناک است، بلکه مشکل بادرنگی علف‌کش را نیز به همراه دارد. اگرچه فرمولاسیون‌های نمک آمین توفوردی به صورت مستقیم سمیت چندان زیادی برای موجودات آبری ندارد، اما پس از کاربرد علف‌کش، تنش کاهش اکسیژن سطح آب در نتیجه فرایند پوسیدگی گیاه روی می‌دهد که برای موجودات آبری بسیار خطرناک است. همان طور که قبلاً نیز بیان شد، آلودگی آب‌های آشامیدنی و امکان بادرنگی علف‌کش به سمت گیاهان غیرهدف در مناطق مجاور با محل سمپاشی نیز می‌تواند از پیامدهای منفی کاربرد علف‌کش‌ها باشد.

توجه: توصیه‌های مطرح شده در رابطه با استفاده از علف‌کش‌ها کلی بوده و صرفاً براساس نتایج مقالات و گزارش‌های علمی است. برای استفاده از هر علف‌کشی در کشور باید به قوانین مربوط به استفاده از آن که توسط سازمان حفظ نباتات کشور وضع شده و اطلاعات آن روی برچسب علف‌کش قابل دسترس است، رجوع کرد.

کنترل زیستی

هفت گونه از بندپایان (arthropods) و سه گونه قارچ برای کنترل زیستی سنبل آبی استفاده شده‌اند (Harley, 1998; Julien and Griffiths, 1990). برای مثال تلاش‌هایی برای استفاده از قارچ *Alternaria eichhorniae* به عنوان یک میکوهربیساید صورت گرفته است (Aneja, 1996; Shabana, 1997). به علاوه قارچ‌های *Acremonium* *Myrothecium roridum*، *Cercospora piaropi*، *zonatum* و *Rhizoctonia solani* نیز اهداف مناسبی برای استفاده به عنوان یک میکوهربیساید مورد توجه قرار گرفته‌اند (Charudattan, 2001). وضعیت فعلی استفاده از

مایکوهربیسایدها علیه سنبل آبی مرور و در نهایت گزارش شده است که محدودیت‌های زیستی، فنی و تجاری بر سر راه پیشرفت این برنامه وجود دارد (Dagno et al., 2012).

دو نوع سرخرطومی (weevil) از جنس *Neochetina* به همراه یکدیگر کنترل بسیار مطلوبی (۸۰-۹۰ درصد) روی سنبل آبی در آمریکا، آرژانتین، هند، استرالیا و سودان داشته‌اند. این عوامل کنترل زیستی در اوگاندا نیز در کاهش چشمگیر آلودگی سنبل آبی در یک دریاچه نقش داشته‌اند (Hill, 1999). یکی از این دو گونه، *N. eichhorniae* در برخی از مناطق پاپوا گینه نو، باعث کنترل دایم این گیاه مهاجم شده است (Orapa and Atip, 1996). برخی دیگر از برنامه‌های کنترل زیستی موفقیت آمیز سنبل آبی با بهره‌گیری از این عوامل کنترل زیستی در مکزیک (Panduro and Domunguez, 1998)، بنین، آفریقای جنوبی، زیمبابوه و مالاوی گزارش شده است. کنترل به این روش نیازمند ۱۰-۲ سال زمان (بسته به منطقه و شرایط محیطی) می‌باشد، اما در برخی مناطق این سرخرطومی‌ها قادر به کنترل آن نبوده‌اند.

سرخرطوی‌های بالغ غالباً از سطح برگ و دم‌برگ تغذیه کرده و برگ‌های جوان را ترجیح می‌دهند (Center, 1985). در نتیجه نه تنها با کاهش سطح برگ، کارکرد فیزیولوژیک آن مختل می‌شود، بلکه راه برای ورود سایر عوامل بیمارگر به درون آن نیز باز می‌شود (Van and Center, 1994). بیشترین خسارت در نتیجه لاروهای این سرخرطومی است. لاروها، دم‌برگ‌ها را به سمت طوقه گیاه خم کرده و به این صورت باعث آسیب جدی به آن می‌شوند (Patnaik et al., 1988). چنین آسیبی به دم‌برگ منجر به ریزش کامل برگ و در نهایت از دست رفتن حالت شناور بودن (buoyancy) آن در سطح آب شده که منجر به غرق شدن کل گیاه می‌شود. این دو نوع سرخرطومی تفاوت‌های کوچک اما متمایزی در بیولوژی، اکولوژی و عادات غذایی دارند که منجر به اثرات افزایشی و مکمل برای کنترل سنبل آبی می‌شود. استفاده از قارچ‌ها علیه این گیاه مهاجم به تنهایی چندان موفقیت آمیز نبوده است، اما آسیب ناشی از فعالیت سایر عوامل کنترل زیستی مانند نوعی کنه (*Orthogalumna terebrantis*) را در آفریقای جنوبی افزایش داده است.

با توجه به موفقیت زیاد کاربرد علف‌کش‌ها (برای مثال توفوردی) در کنترل سنبل آبی، مشاهده شده است که پس از مرگ گیاه، سرخرطومی‌های جنس *Neochetina* spp. مستقر شده روی آن نیز از بین می‌روند. در نتیجه ضروری است مناطقی که در آنها این عوامل کنترل زیستی رهاسازی می‌شوند، کاملاً دور و محصور از کاربرد علف‌کش باشند. گمان بر این است که کاربرد دزهای کاهش یافته علف‌کش که باعث مرگ گیاه نمی‌شوند و در مقابل آسیب ناشی از

عوامل کنترل زیستی را تشدید می‌کنند، برای برنامه‌های بلند مدت کنترل مناسب‌تر باشند (Haag and Habeck, 1991). برخی مطالعات حاکی از آن است که علف‌کش‌های استفاده شده الزاماً برای سرخرطومی *Neochetina* (Findlay and Jones, 1996; Center et al., 1999) و قارچ‌ها کشنده نبوده و در نتیجه برنامه‌های کنترل زیستی و شیمیایی لزوماً ناسازگار نیستند.

گونه‌ای ملخ (*Cornops aquaticum*) به عنوان عامل کنترل زیستی سنبل آبی در آفریقای جنوبی ارزیابی شده است (Oberholzer and Hill, 2001)، اما برخی اعتقاد دارند که مدیریت بلند مدت گیاهان مهاجم آبی در این کشور باید بر پایه جلوگیری از ورود آلودگی‌های جدیدی باشد که می‌توانند جایگزین آن دسته‌ای بشوند که قبلاً کنترل شده‌اند و از آن مهم‌تر بر کاهش سطوح عناصر غذایی بوم‌نظام‌های آبی در این مناطق متمرکز باشد (Coetzee et al., 2011). حشره‌ای گیاه‌خوار با نام علمی *Taosa logula* بومی آمریکای جنوبی، به طرز موفقیت آمیزی رشد و تولید زیست‌توده سنبل آبی را کاهش داده است، اما میزان موفقیت آن وابسته به تراکم بوده است (Sacco et al., 2013).

کنترل تلفیقی

اگرچه امید است که در نهایت کنترل زیستی به سطحی از اثربخشی برسد که به تنهایی قادر به کنترل این گیاه مهاجم باشد، اما در حال حاضر به نظر می‌رسد که نیاز به تلفیق این روش با روش‌های کنترل مکانیکی و فیزیکی نیز به منظور تسریع در حصول موفقیت آمیز سنبل آبی می‌باشد. برخی از این رهیافت‌ها عبارتند از: کنترل سطح عناصر غذایی {آب}، استفاده از بوم‌های شناور برای کنترل حرکت گیاه در مسیر آب، برداشت و وجین دستی گیاه در نواحل ساحلی و کانال‌های کوچک، حذف و از بین بردن مکانیکی گیاه توسط تجهیزات مستقر در خشکی و یا شناور روی آب، استفاده از عوامل کنترل زیستی، استفاده محتاطانه از علف‌کش به منظور از بین بردن یا تضعیف گیاه و استفاده {مفید} از گیاه.

وضعیت سنبل آبی در ایران

مظفریان و یعقوبی برای اولین بار حضور این گونه مهاجم را در استان گیلان و در منطقه تالاب عینک در سال ۱۳۹۱ مشاهده و از آن به عنوان گونه‌ای ناشناخته، دارای توده‌های بزرگ و ایجاد کننده یک لایه پوششی ضخیم در سطح آب یاد کردند (مظفریان و یعقوبی، ۱۳۹۴). همچنین آنها گزارش کردند که وجود سنبل آبی باعث از میان رفتن فلور و فون بومی این منطقه و ایجاد محدودیت برای پرورش غاز و اردک به وسیله افراد محلی شده و از امکان گسترش

سریع آن به سایر مناطق هشدار دادند. مدنی و روانبخش (۱۳۹۷) گزارش کردند که سنبل آبی در سال ۱۳۹۴ برای اولین بار در تالاب بین‌المللی انزلی مشاهده شده و در کل مسیر رودخانه مرگک گسترش یافته است. نتایج بررسی میرزاجانی و همکاران (۱۳۹۸) در حد فاصل سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ نشان داد که در سال‌های مختلف ۷ تا ۸۴ نقطه از تالاب انزلی با وسعت تقریبی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مربع آلوده به سنبل آبی بوده است. همچنین آنها نشان دادند که این گیاه باعث هدررفت آب (به میزان ۲/۵ برابر بیشتر از نواحی غیرآلوده) شده و نسبت به شوری حساس است. یعقوبی و همکاران (۱۳۹۹) علف‌کش‌های مؤثر در کنترل سنبل آبی را در شرایط گلدانی غربال کردند و به این نتیجه رسیدند که دز معمول و توصیه شده این علف‌کش‌ها تأثیر مطلوبی در کنترل سنبل آبی نداشته و در مقابل دزهای دو برابر میزان توصیه شده علف‌کش‌های گلایفوسیت و بیس‌پیریباک سدیم، به میزان ۱۰۰-۹۳ درصد این گیاه مهاجم را کنترل کردند. مطالعات در رابطه با جنبه‌های مختلف مرتبط با بیولوژی، فیزیولوژی، مخاطرات و پیامدها و روش‌های پیشگیری و کنترل سنبل آبی در کشور محدود بوده و نیازمند توجه بیشتر در آینده می‌باشد.

منابع:

- مدنی، س.، روانبخش، م. ۱۳۹۵. مروری بر وضعیت گیاهان مهاجم، مطالعه موردی پراکنش سنبل آبی در استان گیلان. فصلنامه انسان و محیط زیست، ۴۴: ۱۳۸-۱۳۰.
- میرزاجانی، ع.، نادری، س.، پروانه مقدم، د. ۱۳۹۸. بررسی پراکنش و برخی ویژگی‌های زیستی گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در تالاب انزلی، استان گیلان. مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۴۰ (۱۱): ۶۲-۵۱.
- یعقوبی، ب.، پورامیر، ف.، منصورپور، ف. ۱۳۹۹. کنترل شیمیایی علف‌هرز آبی سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*). مجله دانش علف‌های هرز، ۱۶ (۱): ۷۸-۶۳.
- Adeleye BA, Adetunji A, Bamgboye I, 2013. Towards deriving renewable energy from aquatic macrophytes polluting water bodies in Niger Delta region of Nigeria. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 5(2):387-391. <http://maxwellsci.com/jp/abstract.php?jid=RJASET&no=251&abs=08>.
- Alimi T, Akinyemiju OA, 1991. Effects of waterhyacinth on water transportation in Nigeria. Journal of Aquatic Plant Management, 29:109-112
- Allen LHJr, Sinclair TR, Bennett JM, 1997. Evapotranspiration of vegetation of Florida: perpetuated misconceptions versus mechanistic processes. Proceedings - Soil and Crop Science Society of Florida, 56:1-10
- Aneja KR, 1996. Experimental evaluation of *Alternaria eichhorniae* as a biocontrol agent of waterhyacinth. In: Brown H, Cussans GW, Devine MD, Duke SO, Fernandez-Quintanilla C, Helweg A, Labrada RE, Landes, M, Kudsk P, Streibig JC, eds. Proceedings of the second international weed control congress, Copenhagen, Denmark, 25-28 June 1996:1325-1330
- Aoyama I, Nishizaki H, 1993. Uptake of nitrogen and phosphate, and water purification by water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Water Science and Technology, 28:47-53
- Aweke G, 1994. The water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Ethiopia. Bulletin des Séances, Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer, 39(3):399-404

- Ayade BB, 1998. Development of toxicity tolerant water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for effective treatment of raw sewage. *Acta Biotechnologica*, 18(1):43-50; 15 ref
- Barrett SCH, Forno IW, 1982. Style morph distribution in New World populations of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (water hyacinth). *Aquatic Botany*, 13(3):299-306
- Batcher MS, 2000. *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms. Element Stewartship Abstract. Arlington, USA: The Nature Conservancy
- Bergier I, Salis SM, Miranda CHB, Ortega E, Luengo CA, 2012. Biofuel production from water hyacinth in the Pantanal wetland. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 12(1):77-84. http://ecohydro.pl/files/archieves/2012_1/8_Bergier_WWW.pdf
- Binggeli P, 2003. Pontederiaceae, *Eichhornia crassipes*, water hyacinth, jacinthe d'eau, tetezanalika, tsikafoakafona. In: *The Natural History of Madagascar*, [ed. by Goodman SM, Benstead JP]. Chicago, USA: University of Chicago Press. 476-478.
- Center TD, Dray FA Jr, Jubinsky GP, Grodowitz MJ, 1999. Biological control of water hyacinth under conditions of maintenance management: can herbicides and insects be integrated?. *Environmental Management*, 23(2):241-256
- Center TD, Hill MP, Cordo H, Julien MH, 2002. Water hyacinth. In: *Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States*. USDA Forest Service Publication, FHTET-2002-04:41-64, [ed. by Van Driesche R, Lyon S, Blossey B, Hoddle M, Reardon RJ].
- Charudattan R, 2001. Biological control of water hyacinth by using pathogens: opportunities, challenges, and recent developments. *Biological and integrated control of water hyacinth: Eichhornia crassipes*. Proceedings of the Second Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, Beijing, China, 9-12 October 2000, 21-28
- Cilliers CJ, Campbell PL, Naude D, Naser S, 1996. An integrated water hyacinth control program on the Vaal River, in a cool, high altitude area in South Africa. *Strategies for Water Hyacinth Control*. Report of a panel of experts meeting, 1995, Fort Lauderdale, USA. Rome, Italy: FAO, 87-101
- Clayton J, 2000. Weed species, station design and operational features contributing to management problems in New Zealand hydroelectric lakes. In: Legere A, ed. Abstracts, Third International Weed Science Congress. Foz do Iguasso: IWSC
- Coetzee JA, Hill MP, 2012. The role of eutrophication in the biological control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*, in South Africa. *BioControl* [Proceedings of the "Biological Control for Nature" meeting, Northampton, Massachusetts, USA, 3-7 October 2010.], 57(2):247-261. <http://www.springerlink.com/link.asp?id=102853>
- Coetzee JA, Hill MP, Byrne MJ, Bownes A, 2011. A review of the biological control programmes on *Eichhornia crassipes* (C.Mart.) Solms (Pontederiaceae), *Salvinia molesta* D.S.Mitch. (Salviniaceae), *Pistia stratiotes* L. (Araceae), *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. (Haloragaceae) and *Azolla filiculoides* Lam. (Azollaceae) in South Africa. *African Entomology*, 19(2):451-468. <http://journals.sabinet.co.za/essa>
- Ding Jianqing, Wang Ren, Fu Weidong, Zhang Guoliang, 2001. Water hyacinth in China: its distribution, problems and control status. In: Julien MH, Hill MP, Center TD, Ding Jianqing, eds. *Biological and integrated control of water hyacinth, Eichhornia crassipes*. ACIAR Proceedings, No. 102. Canberra, Australia: ACIAR, 32-29
- Findlay JBR, Jones D, 1996. The integrated control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*, in Africa based on Roundup R herbicide treatments. In: Moran VC, Hoffmann JH, eds. *Proceedings of the 9th international symposium on biological control of weeds*, Stellenbosch, South Africa, 19-26 January 1996:435-440
- Findlay JBR, Jones D, 1996. The integrated control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*, in Africa based on Roundup R herbicide treatments. In: Moran VC, Hoffmann JH, eds. *Proceedings of the 9th international symposium on biological control of weeds*, Stellenbosch, South Africa, 19-26 January 1996:435-440
- Gay PA, 1960. Ecological studies of *Eichhornia crassipes* Solms. in the Sudan: I. Analysis of spread in the Nile. *Journal of Ecology*, 48:183-191
- Gopal B, 1987. Biocontrol with arthropods. *Water hyacinth.*, 208-230; [2 fig., *Aquatic Plant Studies* No. 1]

- Haag KH, Habeck DH, 1991. Enhanced biological control of waterhyacinth following limited herbicide application. *Journal of Aquatic Plant Management*, 29:24-28
- Harley K L S, 1993. Commonwealth Science Council survey project on exotic floating African water weeds: survey report. In: Control of Africa's floating water weeds. Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, on 24-27 June 1991. [Control of Africa's floating water weeds. Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, on 24-27 June 1991.], [ed. by Greathead A, Groot P de]. London, UK: Commonwealth Science Council (CSC). 151-174.
- Harley KLS, 1990. The role of biological control in the management of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*.. *Biocontrol News and Information*, 11(1):11-22
- Harley KLS, Julien MH, Wright AD, 1996. Water hyacinth: a tropical worldwide problem and methods for its control. In: Brown H, Cussans GW, Devine MD, Duke SO, Fernandez-Quintanilla C, Helweg A, Labrada RE, Landes M, Kudsk P, Streibig JC, eds. Proceedings of the second international weed control congress, Copenhagen, Denmark, 25-28 June 1996:639-644.
- Hill M, 1999. The world's worst aquatic weed. In: *Pesticide Outlook*, April 1999, 58-61.
- Holm L, Doll J, Holm E, Pancho J, Herberger J, 1997. *World Weeds. Natural Histories and Distribution*. New York, USA: John Wiley and Sons, Inc
- Holm LG, Weldon LG, Blackburn RD, 1969. Aquatic weeds. *Science*, 166:699-709
- Julien M, 2008. Plant biology and other issues that relate to the management of water hyacinth: a global perspective with focus on Europe. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* [Papers from the EPPO/CoE Workshop - How to manage invasive alien plants? The case study of *Eichhornia crassipes*.], 38(3):477-486. <http://www.blackwell-synergy.com/loi/epp>
- Julien MH, 2001. Biological control of water hyacinth with arthropods: a review to 2000. Biological and integrated control of water hyacinth: *Eichhornia crassipes*. Proceedings of the Second Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, Beijing, China, 9-12 October 2000, 8-20
- Julien MH, Griffiths MW, 1998. Biological control of weeds: a world catalogue of agents and their target weeds. *Biological control of weeds: a world catalogue of agents and their target weeds*., Ed. 4:x + 223 pp
- Jyoti P, Garima A, 2013. Environmental impact of hyacinth on water bodies and its remedial measures: a case study. *Trends in Biosciences*, 6(3):298-299
- Karim Dagno RL, Diourté M, Jijakli MH, 2012. Present status of the development of mycoherbicides against water hyacinth: successes and challenges. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16(3):360-368. <http://www.bib.fsagx.ac.be/base/>
- Kumar S, Rohatgi N, 1999. The role of invasive weeds in changing floristic diversity. *Annals of Forestry*, 71(1):147-150
- Labrada R, 1996. Status of water hyacinth in developing countries. *Strategies for Water Hyacinth Control*. Report of a panel of experts meeting, 1995, Fort Lauderdale, USA. Rome, Italy: FAO, 3-11
- Lamid Z, Wahab R, 1996. Utilization of waterhyacinth as fresh mulch for controlling soybean weeds grown on dryland soil. In: Tjitrosemito S, Soerianegara I, eds. Proceedings of the symposium on biology and management of weeds and fourth tropical weed science conference, Bogor, Indonesia, 22-24 November 1994. BIOTROP-Special-Publication, No. 58, 21-28
- Lindsey K, Hirt H-M, 1999. Use water hyacinth! Winnenden, Anamed
- Lugo AE, Jones SA, Dugger KR, Morris TL, 1979. Ecological approaches to the control of aquatic weeds. *Geo-Eco-Trop*, 3:193-213
- Mailu A M, 2001. Preliminary assessment of the social, economic and environmental impacts of water hyacinth in the Lake Victoria Basin and the status of control. Biological and integrated control of water hyacinth: *Eichhornia crassipes*. Proceedings of the Second Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, Beijing, China, 9-12 October 2000. 130-139.

- Masto RE, Sandeep Kumar, Rout TK, Pinaki Sarkar, George J, Ram LC, 2013. Biochar from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and its impact on soil biological activity. *Catena*, 111:64-71. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816213001641>
- Mironga JM, Mathooko JM, Onywere SM, 2012. Effect of water hyacinth infestation on the physicochemical characteristics of Lake Naivasha. *International Journal of Humanities and Social Science*, 2(7):103-113. http://www.ijhssnet.com/journals/Vol_2_No_7_April_2012/11.pdf
- Mohamed AZ, Lee BS, Lum KY, 1992. Developing a biological control initiative in Malaysia. *Proceedings of the 3rd international conference on plant protection in the tropics*, Genting Highlands, Malaysia, 20-23 March 1990., Vol. 1:59-62
- Montoya JE, Waliczek TM, Abbott ML, 2013. Large scale composting as a means of managing water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Invasive Plant Science and Management*, 6(2):243-249. <http://wssajournals.org/loi/ipsm>
- Mozaffarian, V. and Yaghoubi, B. 2015. New record of *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth) from north of Iran. *Rostaniha* 16(2): 208-211.
- Muramoto S, Aoyama I, Oki Y, 1991. Effect of salinity on the concentration of some elements in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) at critical levels. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Environmental Science and Engineering*, 26(2):205-215
- Nasima Akhtar, Jahan MAA, Majid FZ, 1997. Water hyacinth as a source of organic manure in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 32(1):1-5; 12 ref
- Ndimele PE, 2012. The effects of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) infestation on the physico-chemistry, nutrient and heavy metal content of Badagry Creek and Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria. *Journal of Environmental Science and Technology*, 5(2):128-136. <http://scialert.net/fulltext/?doi=jest.2012.128.136&org=11>
- Ndimele PE, Ndimele CC, 2013. Comparative effects of biostimulation and phytoremediation on crude oil degradation and absorption by water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms). *International Journal of Environmental Studies*, 70(2):241-258. <http://www.tandfonline.com/loi/genv20>
- Oberholzer IG, Hill MP, 2001. How safe is the grasshopper *Cornops aquaticum* for release on water hyacinth in South Africa?. *Biological and integrated control of water hyacinth: Eichhornia crassipes*. *Proceedings of the Second Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth*, Beijing, China, 9-12 October 2000, 82-88
- Orapa W, Atip C, 1996. Update on biological control of water hyacinth in Papua New Guinea. *Didimag Newsletter*, 28(9-12):28-30
- Panduro AP, Domunguez BA, 1998. Control Biológico del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*, (Martius), Solms-Laubach) en Sinaloa, Mexico. Montecillo: Instituto Mexicano de Tecnología del agua & Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas
- Parham JW, 1958. *The Weeds of Fiji*. Bulletin Fiji Department of Agriculture, 35. Suva, Fiji: Government Press
- Parsons WT, Cuthbertson EG, 1992. *Noxious Weeds of Australia*. Melbourne, Australia: Inkata Press, 692 pp
- Patnaik NC, Mohapatra LN, Ghode MK, Nayak UK, Mishra BK, 1988. Biology of *Neochetina bruchi* Hustache (Coleoptera: Curculionidae), a biocontrol agent of water hyacinth in Orissa. *Environment and Ecology*, 6(4):788-790
- Pitelli RA, 2000. Aquatic weeds problems in hydropower systems. In: Legere A, ed. *Abstracts, Third International Weed Science Congress*. Foz do Iguasso: IWSC
- Pitelli RA, Bisigatto AT, Kawaguchi I, Pitelli RLCM, 2011. Effects of diquat doses and spraying timing on the control of *Eichhornia crassipes*. (Doses e horário de aplicação do diquat no controle de *Eichhornia crassipes*.) *Planta Daninha*, 29(2):269-277. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582011000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
- Price CE, 1993. The role of herbicides in the control of water hyacinth. In: Greathead AH, de Groot P, eds. *Control of Africa's Floating Water Weeds*. *Proceedings of a workshop held in Zimbabwe*, June, 1991.

- Commonwealth Science Council, Biomass Users Network and CAB International, CSC Series Number CSC(93)AGR-18 Proceedings, 295:127-133
- Rodríguez RJC, Atrach KEL, Rumbos E, Delepiani AG, 1997. Experimental results on the production of biogas using water hyacinth and cow manure. *Agronomía Tropical (Maracay)*, 47(4):441-455; 24 ref
- Sacco J, Walsh GC, Hernández MC, Sosa AJ, Cardo MV, Elsesser G, 2013. Feeding impact of the planthopper *Taosa longula* (Hemiptera: Dictyopharidae) on water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae). *Biocontrol Science and Technology*, 23(2):160-169. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09583157.2012.745483>.
- Santanu Sarkar, Banerjee S, 2013. Studies on biomethanation of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) using biocatalyst. *International Journal of Energy and Environment*, 4(3):449-458. http://www.ijee.ieefoundation.org/vol4/issue3/IJEE_10_v4n3.pdf
- Shabana YM, 1997. Vegetable oil suspension emulsions for formulating the weed pathogen (*Alternaria eichhorniae*) to bypass dew. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 104(3):239-245; 15 ref
- Terry PJ, 1996. The water hyacinth problem in Malawi and foreseen methods of control. *Strategies for Water Hyacinth Control*. Report of a panel of experts meeting, 1995, Fort Lauderdale, USA. Rome, Italy: FAO, 59-81
- Van TK, Center TD, 1994. Effect of paclobutrazol and waterhyacinth weevil (*Neochetina eichhorniae*) on plant growth and leaf dynamics of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Weed Science*, 42(4):665-672
- Vasudevan P, Jain SK, 1991. Utilisation of exotic weeds: an approach to control. *Ecology of biological invasion in the tropics*, 157-175; [proceedings of a workshop held at Nainital, India, September 1989]
- Verma RD, Mahendra S, Samar R, Sharma GL, Singh M, 1997. Effect of soil amendment against root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on bottlegourd. *Indian Journal of Nematology*, 27:255-256
- Wersal RM, Madsen JD, 2010. Combinations of penoxsulam and diquat as foliar applications for control of waterhyacinth and common salvinia: evidence of herbicide antagonism. *Journal of Aquatic Plant Management*, 48:21-25. <http://www.apms.org/japm/vol48/vol48p21.pdf>
- Zahid Hussain, Khan KM, Alamgir Khan, Sher Ullah, Aneela Karim, Shahnaz Perveen, 2013. The conversion of biomass into liquid hydrocarbon fuel by two step pyrolysis using cement as catalyst. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 101:90-95. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237013000429>