سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*): اثرات پراکنش، پیامدهای اجتماعی اقتصادی و راهکارهای مدیریتی آن

سمیه تکاسی*[۱]، ابراهیم کازرونی منفرد[۲]

۱- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت

۲- استادیار دانشگاه جامع علمی کاربردی گیلان-رشت

stokasi@yahoo.com

چکیده:

گیاه سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) بومی آمازون از کشور برزیل می‌باشد. مسئله تهاجم آن امروزه به‌عنوان یک چالش جهانی بزرگ مطرح است که به‌عنوان مشکل‌سازترین علف هرز آبزی در دنیا شناخته‌شده است. قابلیت رشد و تهاجم در دریاچه‌ها، آب‌بندان‌ها، کانال‌های آب و رودخانه‌ها را دارد. سنبل آبی به دلیل سرعت رشد بسیار بالا یک علف هرز مخرب در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است. سرعت رشد این گیاه بسیار بالا می‌باشد و قادر است در مدت ۵ تا ۱۵ روز ۲ برابر شود. نبودن دشمنان طبیعی این گیاه در مناطق جدید عامل اصلی تهاجم آن می‌باشد. این گیاه در آب‌های با جریان آرام می‌تواند مستقر شود و یک لایه ضخیم و گسترده از پوشش گیاهی تولید کند. علت انتشار این گیاه به سایر نقاط دنیا را به گل‌های بنفش بسیار زیبای آن نسبت داده‌اند. سنبل آبی در اکوسیستم‌های آبی بر کشاورزی، شیلات، صنایع برق، حمل‌ونقل و زندگی اجتماعی ساکنین منطقه مورد تهاجم اثرات منفی گذاشته است. تهاجم این علف هرز آبزی در سال ۱۳۹۱ در تالاب عینک شهرستان رشت گزارش شد و پس از آن گسترش آن در آبگیرهای دیگر استان و ازجمله تالاب انزلی استان گزارش گردید. این مقاله سعی دارد تا مروری بر اثرات پراکنش، پیامدهای اجتماعی اقتصادی و راهکارهای مدیریتی آن داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آب‌بندان عینک، انزلی، علف هرز آبی، گیاه مهاجم، گیلان.

مقدمه

سنبل آبی در تاریخ اکولوژی انسان گیاه جدیدی نیست، یک گیاه آبزی است که انرژی خود را از خورشید به‌دست می‌آورد و در ساقه‌های نیمه آبدار و شبکه فیبری ریشه خود ذخیره می‌کند. این گیاه از زمانی به‌عنوان بدترین علف هرز دنیا توصیف شد، که در نقاط جدید واردشده با سرعت بالا تکثیر یافت و آلودگی گسترده‌ای را ایجاد کرد (Gopal and Sharma, 1981). سنبل آبی به خاطر سرعت بالای تکثیر، توسط بسیاری از کارشناسان محیط‌زیست به‌عنوان یک علف هرز در نظر گرفته می‌شود. این گیاه قادر است در مدت ۵۰ روز هفت برابر شود. Gopal و Sharma (۱۹۸۱)، گزارش کردند هر بوته سنبل آبی در مدت ۱۲۰ روز ۷۰۰ بوته جدید تولید می‌کند. تعریف بیولوژیکی رفتار سنبل آبی این است که این گیاه معمولاً در مکان‌هایی رشد می‌کند که از انرژی تابشی بالا و ثابتی برخوردار است (دامنه ۴۵۰ تا ۵۵۰ وات در مترمربع زمین)، همچنین دارای راندمان فتوسنتزی بالای ۱/۵۲

درصد، است که بالاتر از محصولاتی مانند ذرت با ۱ کاکائو با ۰/۵و بادام‌زمینی با ۰/۲۹ درصد در جنوب صحرای آفریقا است (Edewor, 1988). گزارش‌هایی از رشد آن در برخی مناطق باتلاقی آمریکای جنوبی وجود دارد که بیان می‌دارند سالانه در هر هکتار به‌طور میانگین ۱۷۰۰-۳۵۰ تن تولید پوشش گیاهی تازه تولید می‌کند (Gopal and Sharma, 1981). با این سرعت بالای رشد، راه‌های آبی به‌راحتی بسته می‌شوند، زیرا همیشه نرخ پاک‌سازی بسیار پایین‌تر از سرعت تکثیر این گیاه است (Edewor, 1988، Ndimele, 2008 ; Ndimele, 2010). این گیاه توسط اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN)، به‌عنوان یکی از ۱۰۰ گونه مهاجم دنیا معرفی‌شده است (Tellez *et al.,* 2008) همچنین به‌عنوان یکی از ۱۰ علف هرز بسیار بد در دنیا و مخرب-ترین علف هرز آبزی جهان مطرح می‌باشد (Gichuki *et al.,* 2012).

گیاه‌شناسی سنبل آبی

سنبل آبی *E. crassipes* با نام رایج Common water hyacinth از خانواده Pontederiaceae و راسته Liliales یک گیاه آبزی علفی شناور آزاد است. *E. crassipes* شایع‌ترین گونه سنبل آبی می‌باشد. از سه بخش مجزا تشکیل‌شده است: ۱) برگ گوشتی که محل تجمع مواد فتوسنتزی است، ۲) ساقه نیمه شاداب سبزرنگ و ۳) شبکه ریشه فیبری مایل به قهوه‌ای‌رنگ (Ndimele, 2008). ارتفاع این گیاه متغیر، از چند سانتی‌متر تا بیش از یک متر گزارش‌شده است (Westerdahl and Getsinger, 1988). دارای برگ‌های سبز براق چرمی می‌باشد که در شرایط مناسب ۲۰ سانتی‌متر طول و ۱۵-۵ سانتی‌متر عرض دارند و به دم برگ اسفنجی متورم متصل هستند. برگ‌های این گیاه بالاتر از سطح آب قرارگرفته‌اند. ریشه به رنگ سیاه ارغوانی منشعب از قسمت زیرین گیاه، پر مانند، فیبری و آزاد شناور در بخش‌های عمیق‌تر آب و یا فرورفته در رسوبات در قسمت‌های کم‌عمق‌تر می‌باشد. گل‌آذین، سنبله انتهایی به رنگ آبی روشن تا بنفش درخشان است (گل‌ها گاهی اوقات سفید هستند). هر گل ۶ گلبرگ آبی مایل به بنفش دارد که در پایه به‌صورت یک لوله کوتاه به هم متصل می‌باشند (Westerdahl and Getsinger, 1988). در هر گلبرگ یک لکه زردرنگ وجود دارد. میوه کپسول سه سلولی است که حاوی تعداد زیادی دانه دارای دم آجدار مانند است (شکل ۱).

ترکیب عناصر گیاه

گیاه تازه سنبل آبی حاوی ۸۰ تا ۸۵ درصد آب و ۲۰-۱۵ درصد مواد جامد می‌باشد. وزن خشک گیاه حاوی ۳۵-۲۵ درصد پروتئین است. اسیدهای آمینه ۱۷ درصد از ماده پروتئینی کل را تشکیل می‌دهند و بقیه را آمیدها شامل می‌شوند که برای دام سمی می‌باشند. آنالیزهای دیگر نشان داد که گیاه خشک سنبل آبی حاوی ۴۰-۳۶ درصد کربن است (Edewor, 1988). واکنش‌های کربن‌دار مستقیم نشان دادند که کربنات‌ها و نیترات‌ها ۶۰-۴۰ درصد نسبت عملکرد را تشکیل می‌دهند. بنابراین، سنبل آبی یک ساختار سلولزی دارد که گروه‌های آمینی به‌طور مستقیم در ساختار کربونیل قرار دارند (Edewor, 1988). به‌طور خلاصه، عناصر تشکیل‌دهنده سنبل آبی شامل حدود ۱۲/۸ درصد نیتروژن، ۴۰-۳۶ درصد کربن، ۸ درصد هیدروژن و ۱۴-۱۳ درصد اکسیژن می‌باشد. این گیاه آبی همچنین حامل فلزات سنگینی مانند آهن، منیزیوم و روی می‌باشد (Ndimele, 2003 ; Ndimele and Jimoh, 2011) و مقادیر ناچیزی نیز فسفر و کلسیم دارد (Edewor, 1988).

توزیع جغرافیایی

سنبل آبی گیاه مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری می‌باشد و در اصل بومی آمازون در کشور برزیل می‌باشد که به دلیل گل‌های بنفش بسیار زیبا به سایر نقاط جهان انتشار یافته است (Center *et al.,* 2005). به دلیل عدم حضور دشمنان طبیعی در مناطق جدید و وجود آب‌های غنی، به‌عنوان یک علف هرز مهاجم بسیار خطرناک در دنیا تبدیل‌شده است (Tegene *et al.,* 2012، Van Wyk and Van Wilgen 2002). امروزه در آفریقا، آسیا، استرالیا و آمریکای شمالی توسعه یافته است (Dagno *et al.,* 2012).

بر اساس گزارش‌ها به بیش از ۵۰ کشور در پنج قاره گسترش یافته است و به یک مشکل عظیم در آبراه‌ها در آفریقا و آسیای جنوب شرقی تبدیل‌شده است (Martinez Jimenez and Gomez ; Lu *et al.,* 2007 ; Brendonck *et al.,* 2003 Balandra 2007). بافت‌های پر از هوا (آئرانشیم) سنبل آبی آن را قادر می‌سازند که در سطح آب شناور بماند و به‌سرعت بین بدنه‌های آبی متصل گسترش یابد.

شکل ۱. گیاه سنبل آبی (*E. crassipes*)، به ترتیب از راست به چپ: مکان زیست، ساقه اسفنجی و دم برگ متورم و گل‌های بنفش و برگ‌های چرمی سنبل آبی

اولین ورود سنبل آبی به آسیا در پایان قرن نوزدهم در کشورهای ژاپن و اندونزی گزارش‌شده است و کم‌کم مزارع برنج این کشورها را آلوده کرد (Ueki *et al.,* 1975). سنبل آبی در گیلان اولین بار در مهرماه ۱۳۹۱ در تالاب عینک شهرستان رشت گزارش شد که تمام سطح ۱۲ هکتاری آب‌بندان عینک را پوشانده بود و گسترش آن در سال ۱۳۹۴ در سایر زیستگاه‌های آبی استان گیلان و برخی آبگیرهای اطراف فومن، صومعه‌سرا، لنگرود، بخش‌هایی از تالاب انزلی و ورودی رودخانه‌های چکور، بهمبر، سیاه کشیم و مرغک به تالاب گزارش شد (Mozaffarian and Yaghoubi, 2015). به علت عدم گاهی ساکنین در حوزه آبخیز آلودگی آبگیرها به این علف هرز مهاجم خریدوفروش گل‌های زیبای آن روز به روز بیشتر شد که لازم می‌باشد ضمن آموزش‌های لازم، از گسترش آن جلوگیری شود.

زیستگاه

سنبل آبی در طیف گسترده‌ای از انواع تالاب‌ها شامل دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، حوضچه‌ها، آبراه‌ها و خندق‌ها رشد می‌کند. دوره رشد فعال آن در طول بهار و تابستان می‌باشد. در استان گیلان سبز شدن آن تقریباً از اردیبهشت شروع می‌شود و شروع گل‌دهی نیز از تیرماه می‌باشد (بر اساس مشاهدات نویسندگان). درجه حرارت و مواد غذایی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده رشد و تولیدمثل سنبل آبی می‌باشند (Wilson *et al.,* 2007). درجه حرارت مطلوب برای رشد سنبل آبی ۲۷/۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد

بیان‌شده است، اما در دامنه وسیعی از درجه حرارت ۱ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد زنده می‌ماند. دماهای پایین و زمستان‌های یخبندان از گسترش سنبل آبی به مناطق سردتر جلوگیری می‌کند (Rodriguez-Gallego *et al.,* 2004). مواد مغذی را مستقیماً از آب می‌گیرد و رشد در آب‌های غنی از مواد مغذی را ترجیح می‌دهد (Westerdahl and Getsinger, 1988). به همین خاطر سنبل آبی در پهنه‌های آبی رشد و گسترش زیاد پیدا می‌کند که از روان‌آب کشاورزی تغذیه می‌شود. رشد این علف هرز با افزایش نیتروژن آب افزایش می‌یابد (Malik, 2007). شوری، محدودکننده استقرار این گیاه می‌باشد (Mangas-Ramirez and Elias-Gutirrez, 2004). سطوح شوری ۸-۶ درصد برای این گیاه کشنده است (Malik, 2007). اسیدیته مطلوب برای رشد این گیاه ۸-۶ می‌باشد.

تولید مثل

سنبل آبی با بذر تولید مثل جنسی و با جوانه‌ها و استولون تولید مثل غیرجنسی دارد. برای توسعه سریع این علف هرز، تولید مثل غیرجنسی نسبت به جنسی از اهمیت بیشتری برخوردار است. گسترش سنبل آبی در مناطق جدید از طریق تولید مثل رویشی و رشد افقی استولون‌ها می‌باشد (Koutika and Rainey, 2015) که از تکه‌تکه شدن ریشه گیاهان والد تشکیل می‌شوند و حرکت باد به توزیع گسترده آن‌ها کمک می‌کند (Westerdahl and Getsinger, 1988). گیاهان دختری از جوانه‌های روی استولون‌ها سبز می‌شوند و طی هر ۱۸-۶ روز دو برابر می‌شوند (Westerdahl and Getsinger, 1988). هر بوته سنبل آبی می‌تواند سالانه بیش از ۳۰۰۰ بذر تولید کند (EEA, 2012). بذور می‌توانند طی چند روز جوانه بزنند یا ۲۰-۱۵ سال به حالت خواب باقی بمانند. آن‌ها معمولاً در طی دوره‌های تنش (خشکی) به حالت خواب باقی می‌مانند. با جریان آب بذور جوانه می‌زنند و سیکل زندگی دوباره از سر گرفته می‌شود (Westerdahl and Getsinger, 1988).

Sullivan و Wood (۲۰۱۲)، بیان کردند شناسایی عوامل شکست خواب بذر و کاربرد آن برای کنترل این علف هرز مهم می‌باشد. برخی از عوامل شکست خواب بذر سنبل آبی، قرارگیری در معرض دماهای بالا، افزایش تابش نور، تر و خشک شدن متناوب، آب‌های کم‌عمق و اکسیداسیون بذر ذکر شده‌اند.

مشکلات ناشی از آلودگی سنبل آبی

سنبل آبی همانند فرایند گسترش سلاح‌های هسته‌ای خیلی سریع آب‌های تازه را پوشش می‌دهد (Ndimele and Jimoh, 2011) و موجب بروز مشکلات زیادی می‌شود. برخی از این مشکلات شامل موارد زیر می‌باشند:

الف) انسداد راه‌های آبی برای کشاورزی، ماهیگیری و مکان‌های تفریحی

سنبل آبی اغلب به دلیل سرعت بالای تولید مثل و رشد سریع گیاهی باعث انسداد آبراه‌ها می‌شود. با پوشش متراکمی که بر روی سطح آب ایجاد می‌کند باعث اختلال در امرار معاش و اقتصاد مردم مناطق آلوده می‌شود. فعالیت‌های قایقرانی، کشتیرانی، مناطق تفریحی، ماهیگیری و توریسم تحت تأثیر تهاجم این علف هرز قرار می‌گیرند (Patel, 2012 ; Ndimele and Jimoh 2011). پوشش گسترده سنبل آبی بر روی سطح آب، امکان پرورش برخی گونه‌های مهم ماهی را نیز دچار اشکال می‌کند (Villamagna and Murphy, 2010). بر اساس گزارشی در دریاچه ویکتوریا، به دلیل پوشش متراکم سنبل آبی و انسداد آبراه‌ها، ماهیگیری در این بخش کنیا تا ۴۵ درصد کاهش یافت (Kateregga and Sterner, 2009). در حوزه رودخانه Wouri در کامرون امرار معاش حدود ۹۰۰۰۰۰ نفر که کسب‌وکار وابسته به محیط‌های آبی داشتند دچار اختلال شد. همچنین این گیاه با انسداد آبراه‌ها باعث صعب‌العبور شدن فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی روستاییان می‌شود (Cho and Tifuh, 2012). در نیجریه فعالیت‌های ناوبری و ماهیگیری تقریباً غیرممکن شد (Ndimele and Jimoh, 2011). همچنین ناوبری در رودخانه براهماپوترا در هند و همچنین کانال‌های آبیاری و جریان آب به زمین‌های قابل‌کشت تحت تأثیر این علف هرز قرارگرفته است (Patel, 2012).

در غرب بنگال این علف هرز به‌طور مستقیم با سرکوب محصول، مهار جوانه‌زنی برنج و تداخل با عملیات برداشت باعث کاهش تولید برنج می‌شود (EEA 2012). به دلیل رشد متراکم سنبل آبی، گیاهان در پروانه قایق گیرکرده و مانع فعالیت‌های ماهیگیری می‌شوند (Patel, 2012) و سرعت جریان آب را ۴۰ تا ۹۵ درصد در کانال‌های آبیاری کند می‌کنند (Jones, 2009)، که ممکن است حتی باعث جاری شدن سیل‌های شدید شود. در حوضه رودخانه Wouri در کامرون، به دلیل انسداد آبراه‌های اطراف روستاها توسط سنبل آبی در طول فصول بارانی، باعث جاری شدن سیل می‌شود (Cho and Tifuh, 2012).

مطالعات زیادی برای مقایسه مقدار تبخیر آب در حالت حضور سنبل آبی و عدم حضور سنبل آبی انجام‌شده است. Haider (۱۹۸۹)، بیان کرد که سرعت از دست دادن آب ناشی از تبخیر در حضور سنبل آبی ۱/۸ برابر می‌شود که این پدیده پیامدهای زیادی دارد. در رودخانه نیل به دلیل افزایش تلفات آب ناشی از تبخیر و تعرق توسط سنبل آبی در دریاچه ویکتوریا، جریان آب تا یک‌دهم کاهش یافته است (Ndimele and Jimoh 2011). در کشور ایران که در سال‌های اخیر مسئله خشک‌سالی بسیار مطرح می‌باشد و حفظ ذخایر آبی مهم می‌باشد، جلوگیری از گسترش این علف هرز در سطح کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در مواردی گزارش‌شده است که بسیاری از مولدهای تولید برق به خاطر حضور گسترده سنبل آبی از کار افتاده‌اند (Center *et al.,* 2002). در دریاچه ویکتوریا به خاطر نرخ رشد بسیار بالای سنبل آبی مشکلات بسیار زیادی برای مولدهای تولید برق ایجادشده است و سالانه هزینه بسیار زیادی برای تمیز کردن محیط از سنبل آبی می‌شود (Mailu, 2001). سنبل آبی تولید برق در تنگه Kafue در زامبیا را با مسدود کردن توربین‌ها دچار مشکل کرده که سالانه حدود ۱۵ میلیون دلار برای شرکت برق هزینه در برداشته است (ZEO, 2008). همچنین بسیاری از طرح‌های بزرگ تولید برق تحت تأثیر سنبل آبی قرارگرفته‌اند (Shanab *et al.*, 2010). برای مثال، تمیز کردن صفحه‌نمایش مصرف در نیروگاه برق‌آبی اوون در اوگاندا در سال یک میلیون دلار محاسبه شده است (Mallya *et al.,* 2001). سنبل آبی با ایجاد یک بستر متراکم مانع دسترسی به بنادر و اتصالات آن‌ها می‌شود. کانال‌ها و رودخانه‌های آب‌های تازه می‌توانند غیرقابل استفاده شوند زیرا با پوشش متراکمی که سنبل آبی ایجاد می‌کند و مانند فرشی گسترده می‌شود آن‌ها را مسدود می‌کند. Ndimele (۲۰۰۸)، گزارش کرد که مرداب Ologe و کل مرداب Lagos به خاطر آلودگی ناشی از سنبل آبی غیرقابل استفاده شده است.

ب) زیستگاه انواع ناقلین بیماری

بیماری‌هایی که ناشی از حضور علف‌های هرز آبزی در کشورهای درحال‌توسعه گرمسیری می‌شوند و باعث بروز مشکلات عمده بهداشت عمومی می‌شوند شامل: مالاریا، شیستوزومیازیس و فیلاریازیس لنفاوی می‌باشند. پوشش متراکم سنبل آبی بر روی سطح آب پناهگاهی برای رشد موجودات مضر برای سلامت انسان می‌شود. ریشه شناور، برگ نیمه غوطه‌ور و ساقه‌هایی که باعث کاهش جریان آب می‌شوند زیستگاهی برای پشه آنوفل است که ناقل بیماری مالاریا می‌باشد (Minakawa *et al.,* 2008). پشه Mansonioides به‌عنوان حامل نماتد Brugia است که در دستگاه لنفاوی انسان ایجاد بیماری می‌کند، بر روی سنبل آبی توسعه می‌یابد (Varshney *et al.,* 2008 ; Chandra *et al.,* 2006). همچنین گزارش‌شده است که بیماری فیلاریازیس لنفاوی در جنوب آسیا ارتباط آماری با حضور علف‌های هرز آبزی دارد (Haider, 1989). گیاه سنبل آبی همچنین پناهگاه عامل بیماری وبا نیز می‌باشد. به‌عنوان مثال در یک بررسی مشخص شد استان نیانزا در کنیا که هم‌مرز دریاچه ویکتوریا می‌باشد نسبت بیشتری از موارد ابتلا به وبا را به خود اختصاص داده بود (۳۸/۷٪ از موارد ابتلا به وبا در مقابل ۱۵/۳٪ از جمعیت ملی). (Feikin *et al.,* 2010). همچنین پوشش گسترده بر روی سطح آب موجب افزایش بروز حملات مارهای سمی نیز می‌شود (Patel, 2012).

ج) کاهش تنوع زیستی

امروزه یکی از دلایل اصلی از دست دادن تنوع زیستی در سراسر جهان، تهاجم گونه‌های گیاهی می‌باشد (Pysek and Vila *et al.,* 2011 ; Richardson, 2010). گیاهان مهاجم باعث تغییر در فرآیندهای اکوسیستمی شده و فراوانی، غنای گونه‌های بومی و تنوع ژنتیکی اکوسیستم را کاهش می‌دهند (Vila *et al.,* 2011). سنبل آبی نیز با پوشش متراکمی که در سطح آب ایجاد می‌کند باعث کمبود اکسیژن در آب می‌شود بنابراین بر روی تمامی موجودات آبی اثر می‌گذارد. همچنین با مرگ این گیاه در آب نیز در ترکیب، فراوانی و تنوع موجودات آبزی تغییر ایجاد می‌شود. درواقع سنبل آبی به‌عنوان چالشی در ثبات اکولوژیکی آب‌های شیرین مطرح است که باعث حذف گونه‌های بومی می‌شود و تهدیدی جدی برای تنوع زیستی آبزیان به شمار می‌آید (Patel, 2012). همچنین تأثیر منفی بر موجودات میکرو دارد و مانع رشد و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها می‌شود (Gichuki *et al.,* 2012).

د) اثر بر روی کیفیت آب

سنبل آبی بر روی کیفیت آب (رنگ، اسیدیته، تیرگی (ذرات جامد معلق آب)، اثرات بدی ایجاد می‌کند و هزینه‌های تصفیه آب را بالا می‌برد (Ndimele and Jimoh, 2011). این گیاه با رشد متراکم بر روی سطح آب باعث جلوگیری از انتقال اکسیژن از هوا به درون آب شده و یا تولید اکسیژن توسط سایر گیاهان و جلبک‌های داخل آب را کاهش می‌دهد (Villamagna and Murphy, 2010). این امر موجب مرگ‌ومیر ماهی‌ها می‌شود و اثرات منفی بر روی زندگی اجتماعی اقتصادی دارد. همچنین زمانی که سنبل آبی در آب می‌میرد و ته‌نشین و تجزیه می‌شود نیز موجب کاهش اکسیژن آب می‌گردد (EEA, 2012). بوته‌های پوسیده سنبل آبی در آب باعث کاهش کیفیت و قابلیت آشامیدنی آب می‌شوند و موجب افزایش هزینه‌های لازم برای تصفیه آب‌های آشامیدنی می‌شوند (Ndimele and Jimoh. 2011).

ه) اثرات مخرب اقتصادی سنبل آبی

سنبل آبی در هفت کشور آفریقایی دارای اثرات اقتصادی مخربی با هزینه سالانه ۵۰-۲۰ میلیون دلار آمریکا می‌باشد که در کل آفریقا سالانه هزینه‌ای معادل ۱۰۰ میلیون دلار دارد (UNEP, 2006). سالانه میلیون‌ها دلار نیز در ایالات متحده آمریکا صرف هزینه‌های کنترل سنبل آبی می‌شود. هزینه‌های مربوط به کنترل مکانیکی سنبل آبی در چین سالانه حدود یک بیلیون یورو برآورد شده است (EEA, 2012). Dagno (۲۰۰۶)، گزارش کرد که هزینه مدیریت مکانیکی سنبل آبی سالانه ۸۰ هزار تا ۱۰۰ هزار دلار در کشور مالی می‌باشد. در اروپا، هزینه‌های مدیریت برای حذف ۲۰۰ هزار تن گیاه در طول ۷۵ کیلومتر از حوضه رودخانه گوادیانا در مرز پرتغال و اسپانیا بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ حدود ۱۴۶۸۰۰۰۰ یورو هزینه در برداشته است (EEA, 2012). هزینه مدیریت مکانیکی این علف هرز در سراسر ایالات متحده سالانه ۱۰۰۰۰۰-۸۰۰۰۰ دلار آمریکا می‌باشد (Koutika and Rainey, 2015). حفظ و نگهداری مسیر برای کشتیرانی در بندر پورت بل در اوگاندا سالانه ۵-۳ میلیون دلار آمریکا می‌باشد (Mailu, 2001).

روش‌های کنترل سنبل آبی

بر اساس مشکلاتی که ناشی از حضور سنبل آبی بیان شد واضح است که کنترل آن امری کاملاً ضروری می‌باشد. روش‌های کنترلی که اغلب برای سنبل آبی به کار می‌روند شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشند. مدیریت مواد مغذی پهنه‌های آبی نیز یک از عوامل مهم می‌باشد که رشد سنبل آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Reddy *et al.,* 1989). به نظر می‌رسد ترکیبی از روش‌های کنترل همراه با درک روشنی از موقعیت موجود می‌تواند برای کنترل سنبل آبی پاسخگو باشد.

۱) کنترل مکانیکی

اساساً دو روش برای کنترل فیزیکی سنبل آبی به‌کار می‌رود که شامل روش‌های دستی و مکانیکی می‌باشد که هر دو روش می‌توانند امکان کنترل موقت و کوتاه‌مدت را فراهم کنند. حذف دستی سنبل آبی مستلزم به‌کارگیری نیروهای کارگری زیادی می‌باشد که کاری بسیار سخت و هزینه‌بر است. این روش بیشتر برای فضاهای کوچک، آب‌های کم‌عمق توسط نیروهای کاری غیر ماهر و فعالان محیط‌زیست امکان‌پذیر است. کنترل مکانیکی نیز شامل استفاده از ماشین‌آلات برداشت سنبل آبی می‌باشد که برای آلودگی در سطح‌های وسیع و آب‌های با عمق بیشتر به کار می‌رود (Labrada, 1996 ; Terry, 1996). از مزایای کنترل مکانیکی سنبل آبی این است که محدودیتی برای مصرف آب ایجاد نمی‌کند. با انجام عملیات کنترل مکانیکی بلافاصله فضای باز برای رشد ماهی‌ها، قایقرانی، ماهیگیری و تفریحگاه ایجاد می‌شود، اما نکته قابل‌توجه این است که اگر گیاهان قطع‌شده در همان محل ریخته شوند با مرگ‌ومیر و تجزیه گیاهان در آب، اکسیژن محلول در آب کاهش می‌یابد و توازن مواد مغذی و کربن آب به هم می‌خورد (Greenfield *et al.,* 2007). علاوه بر این، کاهش اکسیژن محلول در آب، آزادسازی فسفر از رسوبات را کاتالیز می‌کند که موجب افزایش فسفر در آب می‌گردد و اغلب باعث افزایش بعدی سنبل آبی و جلبک‌ها، pH آب، فیتوپلانکتون‌ها و جمعیت سیانوباکتری‌ها می‌شود (Bicudo *et al.,* 2007). از طرفی برداشت گیاهان قطع‌شده سنبل آبی نیز بسیار هزینه‌بر و کار بسیار مشکلی است. ۹۰ درصد وزن بوته سنبل آبی از آب تشکیل شده است که وزن آن را بسیار سنگین کرده و حمل‌ونقل آن را دچار مشکل می‌کند (Gopal and Sharma, 1981). همچنین گیاه سنبل آبی به‌عنوان یک مخزن برای فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها می‌باشد، لذا موضوع دفن و دپو کردن گیاهان قطع‌شده ازنظر سلامت و محیط‌زیست نیز حائز اهمیت است. ماشین‌آلات برداشت علف‌های هرز آبزی بسیار گران‌قیمت می‌باشند و برای هر هکتار حدود ۱۲۰۰-۶۰۰ دلار آمریکا هزینه را شامل می‌شوند (Vila ; Malik, 2007 *et al.,* 2011). این روش به دلیل نرخ رشد سریع افزایش علف هرز در مناطق بیشتر از یک هکتار مقرون به صرفه نیست. همچنین هزینه‌های اضافی برای دفع مواد گیاهی را در بردارد. با این‌که حذف مکانیکی تا حد قابل قبولی مؤثر می‌باشد اما به دلیل حمل تکه‌های علف هرز با امواج به مناطق دیگر آلودگی دوباره ایجاد می‌شود (Shanab *et al.,* 2010). با این حال استفاده از کنترل فیزیکی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی سنبل آبی بسیار مؤثر و ضروری بیان شده است (Mailu, 2001).

۲) کنترل شیمیایی

روش کنترل شیمیایی برای مبارزه با سنبل آبی در سراسر جهان به‌کار گرفته می‌شود. این روش نسبت به روش کنترل مکانیکی ارزان‌تر و با فشردگی کاری کمتری همراه است. مزیت دیگر برنامه‌های کنترل شیمیایی این است که می‌تواند مناطق وسیعی را در دوره زمانی کوتاه پوشش دهد. استفاده از مواد شیمیایی برای کنترل پوشش‌های گیاهی آبزی همواره با ترس و عدم اطمینان از سوی گروه‌های زیست‌محیطی و سیاستمداران همراه بوده است. انتخاب علف‌کش بستگی به محل کاربرد علف‌کش دارد. برای مثال ابتدا باید به سؤالاتی پاسخ داد که آیا علف‌کش در آبراه‌ها باید استفاده شود؟ یا آیا عامل کنترل بیولوژیکی در برنامه مدیریتی گیاه موردنظر به‌کار گرفته شده است؟ دو دلواپسی بزرگ دیگر که برای کاربرد علف‌کش در کنترل سنبل آبی وجود دارند شامل: ۱) حضور بقایای علف‌کش در آب است که می‌تواند برای زندگی آبزیان و سایر موجودات غیر هدف نامطلوب باشد (Malik, 2007)، ۲) اثر توده‌های زیاد مواد گیاهی پوسیده که بر روی کیفیت آب در محیط‌های آبی اثر نامطلوب دارند (Borokoni and Babalola, 2012). اگر سم‌پاشی مناطق وسیع در مدت‌زمان کوتاه با علف‌کش‌هایی که باعث کشتن سریع گیاهان می‌شوند انجام شود، خطر کاهش یک‌باره اکسیژن آب رخ می‌دهد که این مشکل را می‌توان به این صورت کاهش داد که هر بار یک‌سوم منطقه را سم‌پاشی نمود یا قبل از پاشش تا جایی که امکان دارد حذف مکانیکی علف‌های هرز انجام شود.

بهترین نتایج از کاربرد علف‌کش در کنترل سنبل آبی زمانی به‌دست می‌آید که دوز مناسب علف‌کش به‌صورت شاخساره‌ای در مرحله رشدی مناسب گیاه اعمال شود و همچنین پوشش کامل علف‌کش بر روی گیاه ایجاد شود. بهترین زمان کاربرد علف‌کش در سنبل آبی، قبل از مرحله گل‌دهی گیاه یعنی زمانی که گیاه سبز و جوان و در مرحله رشد فعال می‌باشد است.

علف‌کش‌های مورداستفاده برای سنبل آبی

توفوردی:

توفوردی یا توفوردیکلروفنوکسی استیک اسید قدیمی‌ترین علف‌کش ثبت‌شده برای کاربرد آبی می‌باشد. دو فرمولاسیون آن برای محیط‌های آبی به‌کار می‌رود که شامل نمک دی متیل‌آمین (مایع) و استر بوتوکسی‌اتیل (گرانول) می‌باشد. از فرمولاسیون مایع مخلوط با آب برای پاشش روی برگ سنبل آبی و دیگر علف‌های هرز پهن‌برگ آبی استفاده می‌شود. این علف‌کش به‌طور اختصاصی برای کنترل سنبل آبی در برنامه کنترل گیاهان آبی فلوریدا استفاده می‌شود. سیستمیک است و از ریشه و برگ‌ها جذب می‌شود و به مناطق در حال رشد ریشه و ساقه انتقال می‌یابد. مرگ تدریجی در گیاه به مدت ۵-۳ هفته رخ می‌دهد (Siemering and Hayworth, 2008).

گلیفوسیت:

گلیفوسیت علف‌کشی سیستمیک عمومی است که بر روی شاخساره علف‌های هرز به کار می‌رود. تأثیر کنترلی بالایی بر سنبل آبی دارد. برای اثرگذاری مؤثر باید در زمان رشد فعال گیاه به کار گرفته شود. می‌تواند در ترکیب با علف‌کش ایمازاپیر نیز به‌کار گرفته شود. در صورت بارندگی سنگین ۲ ساعت پس از کاربرد نیاز به تکرار پاشش دارد. در منابع بیان شده است که بر انسان، پرندگان، ماهی‌ها و میکروارگانیسم‌ها اثر ندارد و کاربرد ایمن این علف‌کش را در مناطق آبی حساس قادر می‌سازد. Zaranyika و Nyandoro (۱۹۹۳)، بیان کردند که علف‌کش گلیفوسیت در عرض سه روز در سیستم‌های آبی به‌طور کامل تجزیه می‌شود و کنترل عالی سنبل آبی را فراهم می‌کند. از مزایای کاربرد گلیفوسیت این است که حذف سنبل آبی با این علف‌کش به‌صورت تدریجی می‌باشد و ۴ هفته به طول می‌انجامد، لذا از آزاد شدن سریع گیاهان مرده یا مواد گیاهی پوسیده در سیستم جلوگیری می‌کند (Monsanto, 1995 ; Basson, 1991 ; Akinyemiju, 1994 ; Akinyemiju, 1993).

در مطالعه Akinyemiju (۱۹۹۳)، از کاربرد گلیفوسیت مشاهده شد که کاهش اکسیژن محلول در آب در ۳ یا ۴ هفته پس از سم‌پاشی ایجاد گردید اما هفته ششم سطح اکسیژن به‌اندازه طبیعی برگشت. جمعیت ماهی‌ها نیز به حالت اول برگشت و هیچ مرگ‌ومیری گزارش نشد. هیچ‌گونه اثرات مخربی بر جمعیت باکتری‌ها، قارچ‌ها و دیگر موجودات کوچک نیز مشاهده نشد. بعد از ۵ روز نمونه‌های آبی برداشت شده از زیر سنبل آبی به اوج و در بقایا به کمتر از ۱ درصد رسید. مطالعات آزمایشگاهی آن‌ها نیز نشان داد که گلیفوسیت اثر سمی بر روی ماهی‌ها و دیگر موجودات آبزی نداشت. Ezeri (۲۰۰۲)، نیز در بررسی کاربرد گلیفوسیت برای کنترل سنبل آبی گزارش کرد که این علف‌کش هیچ اثر بدی بر روی گونه‌های ماهی‌های موجود نداشت و حتی افزایش در ماهی‌ها مشاهده شد.

در مطالعه Deivasigamani (۲۰۱۳)، تأثیر سه علف‌کش گلیفوسیت (۲/۵ کیلوگرم در هکتار)، فرنوکسون (۱/۵ کیلوگرم در هکتار) و پاراکوآت (۱/۵ کیلوگرم در هکتار) بر روی کنترل سنبل آبی و مرگ‌ومیر سه نوع ماهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج کار نشان داد که هر سه علف‌کش ارتفاع و زیست‌توده سنبل آبی را کاهش دادند که از بین سه علف‌کش، گلیفوسیت بیشترین کاهش را در سنبل آبی موجب شد و ۱۰۰ درصد سنبل آبی را کنترل کرد، همچنین باعث کمترین مرگ‌ومیر در ماهی‌ها شد. فرنوکسون و پاراکوآت به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. پاراکوآت موجب بیشترین درصد مرگ‌ومیر در ماهی‌ها شد. ایشان کاربرد گلیفوسیت به میزان ۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار رانداپ (کاربرد ۵۰۰ لیتر آب در هکتار) را برای کنترل سنبل آبی توصیه کرد و بیان داشت که این علف‌کش در مرحله فعال رشدی سنبل آبی مؤثر است و برای موجودات غیر هدف نیز ایمن می‌باشد و ازنظر محیط‌زیست نیز مورد تأیید می‌باشد.

Costa و همکاران (۲۰۱۱)، کارایی سه علف‌کش توفوردی، دایکوآت و گلیفوسیت را در کنترل سنبل آبی مورد بررسی قراردادند. هر سه علف‌کش بر روی سنبل آبی مؤثر بودند اما آن‌ها کاربرد گلیفوسیت را برای کنترل سنبل آبی توصیه کردند که توانسته بود در ۲۲ روز بعد کاربرد ۱۰۰ درصد در مقایسه با شاهد سنبل آبی را کنترل کند.

Siemering و Hayworth (۲۰۰۸)، پتانسیل کاربرد چند علف‌کش (اکرولئین، سولفات مس، کلات مس، دایکوآت دیبرومید، گلیفوسیت، فلوریدون، تریکلوپیر، توفوردی) و کاربرد سورفکتانت را در محیط‌های آبی کالیفرنیا مورد مطالعه قراردادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد گلیفوسیت کمترین اثر بر روی موجودات غیر هدف و کمترین سمیت را داشت. آکرولئین و سولفات مس بالاترین سمیت را داشتند و بیشترین خطرات عمومی را به خود اختصاص دادند. آن‌ها بیان کردند که کاربرد سورفکتانت اثرات زیست‌محیطی علف‌کش‌ها را افزایش می‌دهد.

Hill و همکاران (۲۰۱۲)، تأثیر کاربرد چند علف‌کش شیمیایی را در کنترل سنبل آبی بر روی دو حشره عامل کنترل بیولوژیک در این گیاه مورد مطالعه قراردادند. علف‌کش‌های مورد بررسی شامل دایکوآت، گلیفوسیت و توفوردی آمین بودند. برای هر علف‌کش چند دوز به کار گرفته شد. همچنین کاربرد این علف‌کش‌ها به همراه دو سورفکتانت اگرال (Agral) که برای کاربرد با دایکوآت (میداستریم Midstream) و اد- تو (Add-2) که برای کار با گلیفوسیت-تریمسیوم (Touchdown) توصیه شده است. درواقع ترکیب کاربرد دایکوآت+اگرال و همچنین گلیفوسیت+اد-تو مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج کار آن‌ها نشان داد که توفوردی آمین و دایکوآت نسبت به گلیفوسیت بیشتر باعث مرگ‌ومیر در دو حشره (بالای ۸۰ درصد)، شدند. زمانی که سورفکتانت نیز به علف‌کش‌ها اضافه شد سمیت علف‌کش‌ها برای حشره بیشتر شد. آن‌ها پیشنهاد کردند که در برنامه مدیریت تلفیقی بهتر است علف‌کش گلیفوسیت استفاده شود و از کاربرد سورفکتانت پرهیز شود.

دایکوآت:

دایکوآت علف‌کش غیرانتخابی دیگری است که برای کنترل سنبل آبی به کار می‌رود. این علف‌کش سریع عمل می‌کند و طی ۲۴ تا ۳۶ ساعت باعث مرگ گیاهان می‌شود. نیمه‌عمر آن ۱ تا ۱۷ روز است. علف‌کشی سیستمیک است و بر روی شاخساره علف‌های هرز به‌کار می‌رود و در فتوسنتز تداخل ایجاد می‌کند. Siemering و Hayworth (۲۰۰۸)، بیان کردند که دایکوآت را می‌توان در ترکیب با علف‌کش‌های دیگر مانند اندوتال، فلومیوکسازین به‌کار برد. Almeida و همکاران (۲۰۱۶)، تأثیر دو حجم پاشش علف‌کش دایکوآت را برای کنترل سنبل آبی مورد مطالعه قرار دادند. دو حجم کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ لیتر در هکتار مورد مقایسه قرار گرفتند. دو دوز علف‌کش دایکوآت ۲ و ۴ گرم ماده مؤثره در لیتر را به کار بردند. نتایج نشان داد که ۱۰۰ لیتر در هکتار تراکم ریزتری از قطره‌ها را ایجاد کرد و درصد پوشش را بر روی هدف کاهش داد، در حالی که ۲۰۰ لیتر در هکتار تراکم بالاتری از قطره‌ها را ایجاد کرد و درصد پوشش را افزایش داد. تیمار ۲۰۰ لیتر در هکتار ۶۳/۳٪ درصد کنترل را فراهم نمود و یک تفاوت معنی‌دار با تیمار ۱۰۰ لیتر در هکتار (۲/۹ درصد افزایش) داشت.

Martins و همکاران (۲۰۰۲)، اثر چند علف‌کش را بر روی سنبل آبی مورد بررسی قرار دادند. علف‌کش‌ها و دوز کاربردی آن‌ها شامل: دایکوآت در دوزهای ۴۶۰، ۹۶۰ و ۱۴۰۰ گرم در هکتار، توفوردی در دوز ۱۰/۳۴ گرم در هکتار، گلیفوسیت در دوز ۳/۳۶ گرم در هکتار و ایمازاپیر در دوز ۲۵۰ گرم در هکتار بودند. نتایج نشان داد که دایکوآت در تمامی دوزها کنترل عالی را فراهم نمود، پس از آن دو علف‌کش توفوردی و گلیفوسیت نیز در کنترل مؤثر عمل کردند. Varshney و همکاران (۲۰۰۸)، بیان کردند که از علف‌کش‌های توفوردی، گلیفوسیت، مت سولفورون متیل، پاراکوآت می‌توان برای کنترل علف‌های هرز مانند سنبل آبی استفاده کرد.

پنوکسولام:

Wersal و Madsen (۲۰۱۰)، کاربرد شاخساره‌ای پنوکسولام (۲۴/۵، ۴۹/۱ و ۹۸/۲ گرم ماده مؤثره در هکتار)، دایکوآت (۱۳۰/۸ گرم ماده مؤثر در هکتار) و ترکیب پنوکسولام+ دایکوآت (۲۴/۵+ ۱۳۰/۸، ۴۹/۱ + ۱۳۰/۸ و ۹۸/۲ + ۱۳۰/۸ گرم ماده

مؤثره در هکتار) را برای کنترل سنبل آبی مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که هر دو علف‌کش توانستند علف هرز را کنترل کنند. علف‌کش پنوکسولام نسبت به دایکوآت در کنترل سنبل آبی مؤثرتر بود. بهترین تیمار پنوکسولام تنها بود که توانست ۶ هفته پس از کاربرد در تمامی مقادیر ۱۰۰ درصد سنبل آبی را کنترل کند و ۱۰ هفته پس از کاربرد بیشتر از ۹۰ درصد کنترل باقی ماند. بهترین دوز پنوکسولام برای کنترل سنبل آبی را ۲۴/۵ گرم ماده مؤثر در هکتار گزارش کردند. دایکوآت تنها کارایی خوبی نداشت و میزان کنترل بین ۳۰ تا ۴۰ درصد بود. کاربرد ترکیب دو علف‌کش نیز کارایی کمتری نسبت به پنوکسولام تنها داشت اما بهتر از دایکوآت تنها بود.

کارفنترازون:

کارفنترازون علف‌کش تماسی است برای کاربرد شاخساره‌ای در محیط‌های آبی به‌کار می‌رود و برای سنبل آبی نیز کاربرد دارد. سمیت آن برای ماهی‌ها و موجودات آبزی بسیار کم است. در فتوسنتز تداخل ایجاد می‌کند. آرام عمل می‌کند. شروع علائم ۲ تا ۵ روز و نکروز ۴-۳ هفته طول می‌کشد (Siemering and Hayworth, 2008).

تریکلوپیر:

تریکلوپیر علف‌کش دیگری است که برای کنترل گیاهان آبزی ازجمله سنبل آبی به‌کار می‌رود. سیستمیک بوده، نیمه عمر آن ۸-۶ روز است و بر روی شاخساره علف هرز به کار می‌رود (Siemering and Hayworth, 2008).

اسیدها:

El-Shahawy (۲۰۱۵)، تأثیر کاربرد اسید استیک، اسید سیتریک، اسید فرمیک، اسید پروپیونیک را در سه غلظت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد، بر روی شاخساره سنبل آبی را در مقایسه با علف‌کش گلیفوسیت (۱/۸ کیلوگرم در هکتار)، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تمامی ترکیبات سنبل آبی را به‌خوبی کنترل کردند. تأثیر علف‌کش‌ها با افزایش غلظت آن‌ها افزایش یافت. کاربرد دو ترکیب اسید فرمیک و اسید پروپیونیک گیاه سنبل آبی را نسبت به سایرین و حتی گلیفوسیت زودتر از بین بردند.

کنترل بیولوژیکی

کنترل بیولوژیکی عموماً روشی سازگار با محیط‌زیست، ایمن و دربرگیرنده هزینه کمتری نیز می‌باشد. چهار حشره شامل دو سوسک *Neochetina eichhorniae* و *Neochetina bruchi* و دو گونه پروانه *Niphograpta albiguttalis* و *Xubida infusella* برای کنترل موفق سنبل آبی در سراسر جهان به‌کار گرفته می‌شوند. کاربرد این حشرات باعث کنترل مؤثر و پایدار سنبل آبی در بسیاری از کشورها به‌ویژه در دریاچه چیورو در زیمبابوه، دریاچه ویکتوریا در کنیا، لوئیزیانا در ایالات متحده، مکزیک، پاپوآ گینه نو و بنین شده است (Williams *et al.,* ; Venter *et al.,* 2013 ; Gichuki *et al.,* 2012 ; Dango *et al.,* 2012 2007). همچنین محققان حشره کوچک دیگری به نام *Megamelus scutellaris* را از آمریکای جنوبی شناسایی کرده‌اند که میزبان بسیار اختصاصی سنبل آبی می‌باشد و اثر بر روی گونه‌های بومی ندارد (Coetzee *et al.,* 2007). این سوسک‌ها با کاهش اندازه گیاه، تولید مثل رویشی و تولید گل و بذر سنبل آبی باعث کاهش قدرت گیاه می‌شوند. آن‌ها همچنین انتقال و ورود میکروارگانیسم‌های زیان‌آور (قارچ‌ها و باکتری‌ها) را به داخل بافت گیاه تسهیل می‌کنند (Venter *et al.,* 2013).

سوسک Neochetina *eichhorniae* در از بین بردن آلودگی سنگین سنبل آبی در مناطق گرمسیری شمالی استرالیا موفق بوده است. حشره بالغ آن سیاه‌رنگ است، طول آن ۵ میلی‌متر بوده و از برگ‌ها تغذیه می‌کند و ایجاد زخم‌های کوچک روی برگ می‌کند. در دم برگ تخم‌ریزی می‌کند و لاروها در بافت گیاه تونل می‌زنند که بعداً مورد حمله باکتری‌ها و قارچ‌ها قرار می‌گیرد که باعث مرگ گیاه می‌شود. این سر خرطومی در زمستان غیرفعال است. در استرالیا، سوسک *Neochetina bruchi* در طول زمستان فعال‌تر است و به‌خوبی از شمال کوئینزلند تا سیدنی استقرار یافته است. هر دو گونه سوسک در مناطق نیمه گرمسیری و خنک‌تر

کمتر مؤثر هستند. پروانه *Niphograpta albiguttalis* نیز در شمال NSW و کوئینزلند استقرار یافته است. تونل‌های ایجادشده توسط لاروهای این پروانه در دم برگ‌ها و جوانه‌ها، همانند لارو *Xubida infusellus* می‌باشد. هر دو گونه برای گیاهان جوان و در حال رشد سنبل آبی بسیار خسارت‌زا هستند اما تأثیر آن‌ها اغلب موقت و لکه‌ای است. کنترل بیولوژیکی نمی‌تواند به‌تنهایی کنترل مؤثری از سنبل آبی را فراهم کند. این روش باعث کاهش گل‌دهی و سرعت رشد گیاه می‌شود (Williams *et al.,* 2007). برنامه‌های کنترلی بایستی کنترل بیولوژیکی را یک روش مفید درنظر بگیرند. سرعت و کارایی کنترل بیولوژیکی سنبل آبی به فاکتورهای مختلفی وابسته است که در شرایط ایده‌آل کنترل بیولوژیکی در مناطق گرمسیری ۵-۳ سال طول می‌کشد (Julien *et al.,* 1999). Hill و Olckers (۲۰۰۰)، عواملی مانند آب‌وهوا و کاربرد علف‌کش را در برنامه‌های کنترل بیولوژیکی سنبل آبی مؤثر بیان کرده‌اند. آب‌وهوا، جمعیت سوسک‌ها را به خاطر کاهش سنبل آبی در فصل زمستان تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاربرد علف‌کش‌ها نیز از کارایی عامل کنترل بیولوژیکی سنبل آبی می‌کاهد

در سال‌های اخیر کاربرد پاتوژن‌های گیاهی نیز برای کنترل سنبل آبی مورد توجه می‌باشند. پاتوژن‌های قارچی تا حد زیادی در مدیریت علف‌های هرز به‌کار می‌روند. گونه‌های مختلف قارچی ازجمله *Cercospora rodmanii* ، *Alternaria alternata* و *A. eichhorniae* شناسایی‌شده‌اند که پتانسیل کاربرد علیه سنبل آبی را دارند (Dangno et al., 2012 ; Villamagna and Murphy, 2010).

کنترل مواد مغذی:

مدیریت نیازهای غذایی سنبل آبی یکی از عوامل مهم قابل‌توجه می‌باشد که رشد سنبل آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Reddy *et al.,* 1989). سنبل آبی اغلب در محیط‌هایی رشد می‌کند که آب به‌شدت آلوده به فاضلاب است که طور معمول غنی از فسفات و نیترات می‌باشد. از این‌رو، با پایین نگه‌داشتن سطح مواد مغذی آب‌ها می‌توان از گسترش سنبل آبی تا اندازه زیادی جلوگیری کرد. Mallya و همکاران (۲۰۰۱)، گزارش کردند که شناسایی منابع مواد مغذی و جلوگیری از ورود آن‌ها به دریاچه ویکتوریا در تانزانیا یکی از روش‌های بسیار مؤثر بوده که منجر به کاهش ۷۰ درصدی پوشش سنبل آبی شده است.

توصیه ترویجی

همان‌طور که ملاحظه شد سنبل آبی دارای اثرات جدی زیست‌محیطی، اجتماعی اقتصادی بر روی اکوسیستم‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری می‌باشد. استان گیلان دارای بیش از ۱۰ هزار هکتار استخر و بیش از دو هزار کیلومتر کانال‌های آبی برای تأمین آب مورد نیاز برای کشت برنج می‌باشد که با حضور این علف هرز مهاجم بسیار خطرناک، تهدیدی جدی برای از دست دادن آب مورد نیاز استان برای کشت برنج و همچنین تالاب انزلی که از تالاب‌های مهم ایران و جهان بوده و در حفظ اکوسیستم منطقه، نقش برجسته‌ای دارد و زیستگاهی مهم برای تخم‌ریزی و تکثیر ماهیان و نیز زمستان گذرانی و جوجه‌آوری گونه‌های زیادی از پرندگان آبزی و کنار آبزی محسوب می‌شود، دارد. از طرفی نیز پیش‌بینی می‌شود تالاب‌های دیگری در استان‌های گیلان، مازندران، گلستان به‌ویژه خلیج گرگان، خوزستان و بوشهر به دلیل برخورداری از تابش بیشتر و دمای بالاتر برای رشد این علف هرز مناسب باشند. لذا لازم است مطالعات گسترده اکولوژیکی، بوم‌شناختی و کنترلی این علف هرز مهاجم برنامه‌ریزی و انجام شود. از آن‌جا که کاربرد دو ترکیب اسید فرمیک و اسید پروپیونیک گیاه سنبل آبی را زودتر نابود می‌نماید، لذا نگارندگان پیشنهاد دارند که کاربرد این ترکیبات برای مبارزه با سنبل آبی مؤثر بوده و چون زود تجزیه می‌شوند ازنظر محیط‌زیست نیز خطری نداشته و احتمالاً در آینده باید جایگزین علف‌کش‌های سنتی گردند.

منابع:

1- Akinyemiju, O.A., 1993. Herbicidal Control of Water Hyacinth at Abiala Creek, Delta State, Nigeria. *A Final Report for Shell Petroleum Development Company, Warri, Nigeria*.
2- Akinyemiju, O. A., 1994. Herbicidal control of water hyacinth, a pilot demonstration at Ere fishing channel, Ogun State, Nigeria. Project report, Department of plant sciences, Obafemi *Awolowo University, Nigeria.*
3- Almeida, D.P., Agostini, A.R., Yamauchi, A.K., Decaro Jr, S.T. and Ferreira, M.C., 2016. Application volumes and sizes of droplets for the application of diquat herbicide in the control of *Eichhornia crassipes*. *Planta Daninha*, *34*(1), pp.171-179.
4- Basson, N. C. J., 1991. Internal report on glyphosate and application techniques for the control of water hyacinth. Plant Protection Research Institute, Agricultural Research Control, *Pretoria, South Africa*.
5- Bicudo, D.D.C., Fonseca, B.M., Bini, L.M., Crossetti, L.O., Bicudo, C.E.D.M. and Araujo-Jesus, T.A.T.I.A.N.E., 2007. Undesirable side□effects of water hyacinth control in a shallow tropical reservoir. *Freshwater biology*, *52*(6), pp.1120-1133.
6- Borokoni, T. and Babalola, F., 2012. Management of invasive plant species in Nigeria through economic exploitation: lessons from other countries. *Management of Biological Invasions*, *3*(1), pp.45-55.
7- Brendonck, L., Maes, J., Rommens, W., Dekeza, N., Nhiwatiwa, T., Barson, M., Callebaut, V., Phiri, C., Moreau, K., Gratwicke, B. and Stevens, M., 2003. The impact of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in a eutrophic subtropical impoundment (Lake Chivero, Zimbabwe). II. Species diversity. *Archiv für Hydrobiologie*, *158*(3), pp.389-405.
8- Center, T. D., Hill, M. P., Cordo, H. and Julien, M. H. 2002. Water hyacinth. In: Biological control of invasive plants in the eastern United States, Van driesche, R. (Ed.). USDA Forest Service Publication, Washington, DC., pp: 41-64.
9- Center, T.D., Van, T.K., Dray Jr, F.A., Franks, S.J., Rebelo, M.T., Pratt, P.D. and Rayamajhi, M.B., 2005. Herbivory alters competitive interactions between two invasive aquatic plants. *Biological Control*, *33*(2), pp.173-185.
10- Chandra, G., Ghosh, A., Biswas, D. and Chatterjee, S.N., 2006. Host plant preference of *Mansonia mosquitoes*. *Journal of Aquatic Plant Management*, *44*, pp.142-144.
11- Cho, M.E. and Tifuh, J., 2012. Quantification of the impacts of water hyacinth on riparian communities in Cameroon and assessment of an appropriate method of control: the case of the Wouri River Basin.
12- Coetzee, J.A., Byrne, M.J. and Hill, M.P., 2007. Impact of nutrients and herbivory by *Eccritotarsus catarinensis* on the biological control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. Aquatic Botany, 86(2), pp.179-186.
13- 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), pp.17-23.
14- Dagno, K., 2006. Evaluation des microorganismes fongiques en tant qu'agents de lutte biologique contre *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach dans le bassin du fleuve Niger au Mali. *DEA Doc. Sci. agron. Gembloux, Belgique: Gembloux Agricultural University–FUSAGx*.
15- Dagno, K., Lahlali, R., Diourté, M. and Jijakli, H., 2012. Fungi occurring on waterhyacinth (*Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach) in Niger River in Mali and their evaluation as mycoherbicides. *Journal of Aquatic Plant Management*, *50*, pp.25-32.
16- Deivasigamani, S. 2013. Influence on certain herbicides for the control of water hyacinth (*Eichhornia* crassipes (Mart.) Solms) and its impact on fish mortality. *Journal* Biofertil Biopestici, 4(2): 138-151.
17- Edewor, J.O., 1988, August. Developing water hyacinth from menace status to national profitability level. In *Proceedings of international workshop on water hyacinth in Nigerian waters*(pp. 7-12). Lagos: Federal Ministry of Science and Technology.
18- EEA., 2012. The impacts of invasive alien species in Europe. EEA Technical report No 16/2012. Luxembourg: Publications Office of the European Union, http://www.eea.europa.eu/publications/impacts-of-invasive-alien-species.

19- El-Shahawy, T.A.E.G., 2015. Chemicals with a natural reference for controlling water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Journal of plant protection research*, *55*(3), pp.294-300.
20- Ezeri, G. N. O. 2002. Effect of Herbicidal Control of Water Hyacinth on Fish Health at the Ere Channel, Ogun State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 6* (1): 49 -52
21- Feikin, D.R., Tabu, C.W. and Gichuki, J., 2010. Does water hyacinth on East African lakes promote cholera outbreaks?. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, *83*(2), pp.370-373.
22- Gichuki, J., Omondi, R., Boera, P., Okorut, T., Matano, A.S., Jembe, T. and Ofulla, A., 2012. Water Hyacinth Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laubach dynamics and succession in the Nyanza Gulf of Lake Victoria (East Africa): implications for water quality and biodiversity conservation. *The Scientific World Journal*, *2012*.
23- Gopal, B. and Sharma, K.P., 1981. Water-hyacinth (Eichhornia crassipes) the most troublesome weed of the world. *Water-hyacinth (Eichhornia crassipes) the most troublesome weed of the world.*
24- Greenfield, B.K., Siemering, G.S., Andrews, J.C., Rajan, M., Andrews, S.P. and Spencer, D.F., 2007. Mechanical shredding of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): effects on water quality in the Sacramento-San Joaquin River Delta, California. *Estuaries and Coasts*, *30*(4), pp.627-640.
25- Haider, S.Z., 1989. Recent work in Bangladesh on the Utilization of Water hyacinth. In *CSC Technical Paper* (No. 278). CSC.
26- Hill, M.P., Coetzee, J.A. and Ueckermann, C., 2012. Toxic effect of herbicides used for water hyacinth control on two insects released for its biological control in South Africa. *Biocontrol Science and Technology*, *22*(11), pp.1321-1333.
27- Hill, M.P. and Olckers, T., 2000, October. Biological control initiatives against water hyacinth in South Africa: constraining factors, success and new courses of action. In *ACIAR proceedings* (pp. 33-38). ACIAR; 1998.
28- Jimenez, M.M. and Balandra, M.A.G., 2007. Integrated control of *Eichhornia crassipes* by using insects and plant pathogens in Mexico. Crop Protection, *26*(8), pp.1234-1238.
29- Jones, R.W., 2009. The impact on biodiversity, and integrated control, of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach (Pontederiaceae) on the Lake Nsezi-Nseleni River System (Doctoral dissertation, Rhodes University).
30- Julien, M.H., Griffiths, M.W. and Wright, A.D., 1999. *Biological control of water hyacinth: the weevil Neochetina bruchi and N. eichhorniae: biologies, host ranges, and rearing, releasing and monitoring techniques for biological control of Eichhornia crassipes*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR).
31- Kateregga, E. and Sterner, T., 2009. Lake Victoria fish stocks and the effects of water hyacinth. *The Journal of Environment & Development*, *18*(1), pp.62-78.
32- Koutika, L.S. and Rainey, H.J., 2015. A review of the invasive, biological and beneficial characteristics of aquatic species *Eichhornia Crassipes* and *Salvinia molesta*. *Applied ecology and environmental research, 13*(1), pp.263-275.
33- Labrada, R. 1996. Status of water hyacinth in developing countries. In R. Charudattan, Ricardo Labrada, Ted D. Center and Christine Kelly-Begazo (Eds.). Strategies for Water Hyacinth Control. Report of a Panel of Experts Meeting 11-14 September, 1995 Fort Lauderdale, Florida USA. Food and Agricultural Organization of the United Nations Rome, 3-11.
34- Lu, J., Wu, J., Fu, Z. and Zhu, L., 2007. Water hyacinth in China: a sustainability science-based management framework. *Environmental management*, *40*(6), p.823.
35- Mailu, A.M., 2000, October. Preliminary assessment of the social, economic and environmental impacts of water hyacinth in Lake Victoria Basin and status of control. In *ACIAR proceedings* (pp. 130-139). ACIAR; 1998.
36- Malik, A., 2007. Environmental challenge vis à vis opportunity: the case of water hyacinth. *Environment international*, *33*(1), pp.122-138
37- Mallya, G., Mjema, P., and Ndunguru, J. 2001. Water Hyacinth Control through Integrated Weed Management Strategies in Tanzania In: Julien, M.H., Hill, M.P., Center, T.D. and Ding Jianqing (Eds.) Biological and Integrated control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. Proceedings of the 2nd

Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of water hyacinth, Beijing, China, 9-12 October 2000. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. 120-122.

38- Mangas-Ramírez, E. and Elías-Gutiérrez, M., 2004. Effect of mechanical removal of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on the water quality and biological communities in a Mexican reservoir. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, *7*(1), pp.161-168.

39- Martins, D., Velini, E.D., Negrisoli, E. and Tofoli, G.R., 2002. Chemical control of Pistia stratiotes, *Eichhornia crassipes* and Salvinia molesta in reservoirs. *Planta Daninha*, *20*(SPE), pp.83-88.

40- Minakawa, N., Sonye, G., Dida, G.O., Futami, K. and Kaneko, S., 2008. Recent reduction in the water level of Lake Victoria has created more habitats for *Anopheles funestus*. *Malaria journal*, 7(1), p.119.

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

42- Ndimele, P.E., 2010. A review on the phytoremediation of petroleum hydrocarbon. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *13*(15), p.715.

43- Ndimele, P. E., 2008. Evaluation of phyto-remediative properties of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and biostimulants in restoration of oil-polluted wetland in the Niger Delta. Ph.D. Thesis, university of Ibadan, Nigeria.

44- Ndimele, P. and Jimoh, A., 2011. Water Hyacinth (Eichhornia crassipes (l\/Iart.) Solms.) in Phytoremecliation of Heavy Metal Polluted Water of Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria. *Research Journal of Environmental Sciences*, *5*(5), pp.424-433.

45- Patel, S., 2012. Threats, management and envisaged utilizations of aquatic weed *Eichhornia crassipes*: an overview. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *11*(3), pp.249-259.

46- Pyšek, P. and Richardson, D.M., 2010. Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual Review of Environment and Resources*, *35*.

47- Reddy, K.R., Agami, M. and Tucker, J.C., 1989. Influence of nitrogen supply rates on growth and nutrient storage by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) plants. *Aquatic Botany*, *36*(1), pp.33-43.

48- Rodriguez□Gallego, L.R., Mazzeo, N., Gorga, J., Meerhoff, M., Clemente, J., Kruk, C., Scasso, F., Lacerot, G., García, J. and Quintans, F., 2004. The effects of an artificial wetland dominated by free□floating plants on the restoration of a subtropical, hypertrophic lake. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, *9*(3□4), pp.203-215.

49- Shanab, S.M., Shalaby, E.A., Lightfoot, D.A. and El-Shemy, H.A., 2010. Allelopathic effects of water hyacinth [*Eichhornia crassipes*]. *PLoS One*, *5*(10), p.e13200.

50- Siemering, G.S., Hayworth, J.D. and Greenfield, B.K., 2008. Assessment of potential aquatic herbicide impacts to California aquatic ecosystems. *Archives of environmental contamination and toxicology*, *55*(3), pp.415-431.

51- Tegene, S., Hussein, T., Tessema, T., Yirefu, F., Carmen, B. and Gossmann, M., 2012. Exploration of fungal pathogens associated with water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach) in Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, *7*(1), pp.11-18.

52- Téllez, T.R., López, E.M.D.R., Granado, G.L., Pérez, E.A., López, R.M. and Guzmán, J.M.S., 2008. The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquatic Invasions*, *3*(1), pp.42-53.

53- Ueki, K., Ito, M. and Oki, Y., 1976. Waterhyacinth and its habitats in Japan. In *Proceedings of the fifth Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Tokyo* (pp. 424-428).

54- UNEP, 2006. Annual Report - UNEP-Publications. www.unep.org

55- Van Wyk, E. and Van Wilgen, B.W., 2002. The cost of water hyacinth control in South Africa: a case study of three options. *African Journal of Aquatic Science*, *27*(2), pp.141-149.

56- Varshney, J.G. and Sushilkumar, M.J., 2008, October. Current status of aquatic weeds and their management in India. In *Proceedings of Taal2007: the 12th world lake conference* (pp. 1039-1045).

57- Venter, N., Hill, M.P., Hutchinson, S.L. and Ripley, B.S., 2013. Weevil borne microbes contribute as much to the reduction of photosynthesis in water hyacinth as does herbivory. *Biological Control*, *64*(2), pp.138-142.

58- Vilà, M., Espinar, J.L., Hejda, M., Hulme, P.E., Jarošík, V., Maron, J.L., Pergl, J., Schaffner, U., Sun, Y. and Pyšek, P., 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta□analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology letters*, *14*(7), pp.702-708.
59- Villamagna, A.M. and Murphy, B.R., 2010. Ecological and socio□economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater biology*, *55*(2), pp.282-298.
60- Wersal, R.M. and Madsen, J.D., 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 (JAPM)*, *48*, p.21.
61- Westerdahl, H.E. and Getsinger, K.D., 1988. Aquatic plant identification and herbicide use guide. Volume II: Aquatic plants and susceptibility to herbicides.
62- Williams, A.E., Hecky, R.E. and Duthie, H.C., 2007. Water hyacinth decline across Lake Victoria-Was it caused by climatic perturbation or biological control? A reply. *Aquatic Botany*, *87*(1), pp.94-96.
63- Wilson, J.R., Ajuonu, O., Center, T.D., Hill, M.P., Julien, M.H., Katagira, F.F., Neuenschwander, P., Njoka, S.W., Ogwang, J., Reeder, R.H. and Van, T., 2007. The decline of water hyacinth on Lake Victoria was due to biological control by *Neochetina spp*. *Aquatic Botany*, *87*(1), pp.90-93.
64- Zaranyika, M.F. and Nyandoro, M.G., 1993. Degradation of glyphosate in the aquatic environment: An enzymic kinetic model that takes into account microbial degradation of both free and colloidal (or sediment) particle adsorbed glyphosate. *Journal of agricultural and food chemistry*, *41*(5), pp.838-842.
65- ZEO, 2008. Zambia Environment Outlook Report 3. Environmental Council of Zambia, 201pp.