



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

دستنامه

زیست شناسی و مدیریت سنبل آبی (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.)



نگارندگان:

نوشین نظام آبادی
مهدی مین باشی معینی
سمیه تکاسی



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور

زیست شناسی و مدیریت سنبل آبی (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.)

نگارندگان

نوشین نظام آبادی^۱

مهدی مین باشی معینی^۱

سمیه تکاسی^۲

^۱ مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
^۲ بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۱۴۰۰



مخاطبان: کشاورزان پیشرو، مروجین و کارشناسان ارشد مراکز آموزشی و پژوهشی و اجرایی وابسته به وزارت جهاد کشاورزی، دانشجویان و محققان بخش کشاورزی

زیست شناسی و مدیریت سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*)

تهیه و تدوین: نوشین نظام آبادی، مهدی مین باشی معینی و سمیه تکاسی

ناشر: مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

سال نشر: ۱۴۰۰

نشانی مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی: تهران، بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن، پلاک ۱، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار	۱
مقدمه	۱
جایگاه سنبل آبی در رده بندی گیاهی	۲
گیاه شناسی سنبل آبی	۲
تولید مثل	۷
سرعت رشد	۸
بانک بذر	۸
ترکیب عناصر گیاه	۸
روش های انتشار	۸
فنولوژی	۹
فیزیولوژی	۱۱
زیستگاه	۱۱
مشکلات ناشی از آلودگی سنبل آبی	۱۳
توزیع جغرافیایی سنبل آبی در دنیا	۱۵
مناطق آلوده به سنبل آبی در ایران	۱۶
روش های کنترل سنبل آبی	۲۰
پیشگیری	۲۰
کنترل فیزیکی	۲۱
کنترل شیمیایی	۲۹
کنترل بیولوژیک	۳۷
مدیریت تلفیقی	۴۲
نتیجه گیری نهایی	۴۸
فهرست منابع	۴۹

پیش گفتار

در طی دوره فعالیت بشر بر روی کره زمین، تغییرات زیادی به وجود آمده است. انسان‌ها به صورت عمدی یا غیرعمدی به دلایل متعددی مانند مهاجرت، حمل و نقل و تجارت باعث پراکنش گونه‌هایی شده‌اند که قبلاً با وجود موانعی مانند اقیانوس‌ها، کوه‌ها، رودخانه‌ها یا شرایط نامساعد آب و هوایی پراکنده نمی‌شدند. یکی از نتایج پراکنش گونه‌ها، افزایش تعداد تهاجم‌های زیستی می‌باشد. مهاجمان زیستی، گونه‌های بیگانه یا غیربومی هستند که ورود آنها به مناطق جدید بر تنوع زیستی اثر گذاشته و باعث بروز خسارت‌های اقتصادی، محیطی و آسیب به سلامت انسان‌ها می‌گردد (زند و همکاران، ۱۳۹۸). گیاه سنبل آبی بومی کشور برزیل در آمریکای جنوبی می‌باشد ولی در سایر مناطق دنیا شامل آفریقا، آسیا، استرالیا و آمریکای شمالی نیز توسعه یافته است (Dagno *et al.*, 2012)، این گیاه در بیش از ۵۰ کشور در پنج قاره گسترش یافته و موجب بروز مشکلاتی عظیم در آبراهه‌ها و پهنه‌های آبی این مناطق شده است (Brendonck *et al.*, 2003؛ Lu *et al.*, 2007؛ Martinez Jimenez and Gomez Balandra 2007). آلودگی به سنبل آبی در ایران برای اولین بار در سال ۱۳۹۰، در آب‌بندان عینک واقع در شهرستان رشت، استان گیلان گزارش شد (مظفریان و یعقوبی، ۲۰۱۵). پس از آن گزارش‌های متعددی مبنی بر گسترش آلودگی این گیاه خطرناک در سایر پهنه‌های آبی استان گیلان ارائه شد. دستنامه حاضر با هدف آشنایی با زیست‌شناسی و روش‌های کنترل این گیاه مهاجم خطرناک بر اساس پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده در ایران و آخرین اطلاعات جمع‌آوری شده از منابع معتبر علمی تهیه و تنظیم شده است.

مقدمه

گیاه سنبل آبی در مکان‌هایی رشد می‌یابد که از انرژی تابشی بالا و ثابتی برخوردار باشند. این گیاه خطرناک، راندمان فتوسنتزی بالایی دارد (Edewor, 1988). در شرایط مطلوب رشدی، هر بوته سنبل آبی پس از طی ۱۲۰ روز، ۷۰۰ بوته جدید تولید می‌کند (Gopal and Sharma, 1981). سنبل آبی به دلیل سرعت بالای تکثیر، یکی از خطرناک‌ترین علف‌های هرز زیستگاه‌های آبی جهان می‌باشد و رودخانه‌ها، تالاب‌ها، برکه‌ها، آب‌بندان‌ها، حوضچه‌ها، دریاچه‌ها و انواع دیگر زیستگاه‌های آبی را مورد تهاجم قرار می‌دهد. سنبل آبی توسط اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت^۱ (IUCN)، یکی از ۱۰۰ گونه مهاجم دنیا معرفی شده است (Tellez *et al.*, 2008)، همچنین به عنوان یکی از ۱۰ علف‌هرز مسئله‌ساز دنیا و مخرب‌ترین علف‌هرز آبی جهان شناخته می‌شود (Gichuki *et al.*, 2012).

سیستم ارزیابی خطر علف‌هرز^۲ که ابزاری برای ارزیابی گیاهان غیربومی می‌باشد، گیاهان را بر اساس ویژگی‌های گیاه‌شناسی، اثرات زیست محیطی و میزان گسترش آنها برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی رتبه‌بندی می‌کند. اصطلاحاتی مانند اتفاقی^۳، بومی شده^۴، مهاجم^۵ و علف‌هرز^۶

¹ International Union for Conservation of Nature

² Weed Risk Assessment

³ Casual



مراحل متوالی از مرحله ورود یک گیاه به منطقه‌ای جدید تا زمانی که آن گونه اثرات اقتصادی و محیطی داشته باشد، در نظر گرفته می‌شود (Pysek et al., 2004). خطرزایی یک گونه گیاهی در مناطق با آب و هوای مختلف، متفاوت می‌باشد، همچنین برای کشورها و شهرهای مختلف نیز یکسان نمی‌باشد. نتایج پژوهشی در اروپا نشان داد که در بررسی ۳۷۰۰ گونه غیربومی، فقط ۹ درصد دارای اثرات اقتصادی و اجتماعی بودند (Vila et al., 2010). در ارزیابی گونه‌های غیربومی در اسپانیا نیز حدود ۱۰۰ گونه مهاجم و ۹۷ گونه اتفاقی ارزیابی شدند که ۹۴ درصد از گیاهان مهاجم و ۵۰ درصد از گیاهان اتفاقی دارای خطرزایی بالایی بودند و برای کاهش اثرات این گیاهان، برنامه‌های مدیریتی بر پایه ریشه کنی استوار شد (Gasso et al., 2010). در ارزیابی خطرزایی گیاه سنبل آبی در استان گیلان، این گیاه با نمره ۱۱۶/۶۶ در گروه علف‌های هرز با خطر بالا قرار گرفت و اعمال برنامه‌های مدیریتی برای جلوگیری از گسترش و کنترل آن، امری ضروری بیان شد (تکاسی و همکاران، ۱۳۹۷).

جایگاه سنبل آبی در رده بندی گیاهی

سنبل آبی با نام علمی *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. از تیره Pontederiaceae و راسته Liliales است (Center et al., 2005). این تیره در دنیا دارای هشت جنس و ۳۰ گونه می‌باشد که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری رویش دارند (Horn, 2002). جنس *Eichhornia* Kunth دارای هشت گونه می‌باشد که صرفاً آبی هستند و در آب‌های شیرین و مردابی شامل رودخانه‌های بزرگ، دریاچه‌ها، مخازن سدها، تالاب‌ها، برکه‌های فصلی و آبخیزهای مرتعی رشد می‌کنند. گونه *E. crassipes* با نام انگلیسی Water Hyacinth که در ایران به نام سنبل آبی شناخته می‌شود، شایع‌ترین گونه‌ی سنبل آبی در آمریکای جنوبی نیز می‌باشد (Lancar and Krake, 2002).

گیاه‌شناسی سنبل آبی

گونه *Eichhornia crassipes* گیاهی آبی، شناور (شکل ۱) و چندساله است.

⁴ naturalized

⁵ invasive

⁶ weed



شکل ۱. سنبل آبی گیاه شناور بر روی سطح آب در رودخانه مرغک، منطقه حفاظت شده سیاه کشیم، گیلان
(منبع: عاشوری، ۱۳۹۴)

- ریشه

ریشه گیاه سنبل آبی افشان، پر مانند به رنگ سیاه تا ارغوانی و فیبری است (شکل ۲). ریشه این گیاه در آب‌های عمیق، آزادانه در آب شناور است و در آب‌های کم عمق فرو رفته در گل و لای (رسوبات) کف می‌باشد (مظفریان و یعقوبی، ۲۰۱۵). Harvey (2013) بیان کرد که ریشه سنبل آبی در آب‌های عمیق تا یک متر طول می‌شود ولی در آب‌های غنی از مواد مغذی معمولاً طویل نشده و کوتاه‌تر می‌باشد.



شکل ۲. ریشه سیاه و پرمانند سنبل آبی
(منبع: مؤلف)

- ساقه

ساقه گیاه سنبل آبی اسفنجی است (مظفریان و یعقوبی، ۲۰۱۵). این گیاه دارای دو نوع ساقه، هوایی و رونده می‌باشد (Harvey, 2013). ساقه هوایی، گلدار افراشته به ارتفاع تا ۱۰۰ سانتی‌متر است (مظفریان و یعقوبی، ۲۰۱۵) که به‌ندرت منشعب می‌شود. ساقه‌های رونده (یا استولون‌ها) سبز یا ارغوانی هستند و حدود ۱۰ سانتی‌متر طول دارند و گیاهان دختری جدید را تولید می‌کنند (شکل ۳) (Harvey, 2013).



شکل ۳. ساقه هوایی گل دهنده (سمت راست) و ساقه رونده (استولون) (شکل سمت چپ)
(منبع: Harvey, 2013)

- برگ

برگ‌های سنبل آبی، گوشتی دارای سلول‌های هوایی بزرگ، چرمی و صاف، بدون کرک و سبز رنگ می‌باشند (Harvey, 2013). برگ‌ها به ابعاد ۲۰-۱۰ سانتی‌متر هستند و بالاتر از سطح آب قرار می‌گیرند و دارای دم‌برگ متورم (حالت باد کرده) یا بدون تورم می‌باشند (مظفریان و یعقوبی، ۲۰۱۵). از ویژگی‌های بارز و متمایز کننده گونه *E. crassipes* از سایر گونه‌های جنس *Eichhornia sp.*، دم‌برگ متورم و باد کرده است که البته در گیاهان مسن و تحت شرایط تراکم زیاد، تورم در ناحیه دم‌برگ دیده نمی‌شود (امینی راد، ۱۳۹۶) (شکل‌های ۴ و ۵).



شکل ۴. برگ سنبل آبی با دمبرگ اسفنجی (سمت راست)، برش عرضی دمبرگ متورم (سمت چپ)
(منبع: مؤلف)



شکل ۵. نمایش دمبرگ سنبل آبی بدون تورم
(منبع: مؤلف، محل جمع آوری: آب‌بندان عینک، سال ۱۳۹۶)

- گل آذین

گل آذین سنبل آبی از نوع سنبله و در انتهای ساقه گل دهنده قرار گرفته است. هر سنبله دارای ۱۵ - ۸ گل می‌باشد. گلبرگ‌ها شش عدد، به-رنگ بنفش کم رنگ هستند (مظفریان و یعقوبی، ۲۰۱۵). گلبرگ فوقانی هر گل دارای خال تیره در مرکز با لکه زرد درون خال می‌باشد (شکل ۶). حاشیه گلبرگ‌ها کامل است. تعداد پرچم‌ها شش عدد (سه عدد کوتاه و سه عدد بلند) است که پرچم‌های بلند به طول ۲۰ - ۳۵ میلی‌متر و پرچم‌های کوتاه به طول ۱۹ - ۱۴ میلی‌متر هستند (شکل ۶). خامه سه لوبه و کلاله با موهای غده‌ای می‌باشد (امینی راد، ۱۳۹۶).

Harvey (2013) بیان کرد که در گیاه سنبل آبی، گل‌ها در امتداد طول سنبله قرار گرفته‌اند، تعداد گل‌های هر سنبله ۳۵-۳ عدد (به‌طور میانگین هشت عدد) می‌باشد. طول سنبله معمولاً حدود ۱۵ سانتی‌متر است. گل‌ها خودگشن هستند. هر گل به‌صورت انفرادی فقط چند روز دوام می‌آورد و زمانی که تمام گل‌های یک سنبله بالغ و پژمرده شدند (که حدود ۱۸ روز به‌طول می‌انجامد)، ساقه گل دهنده به‌طرف آب خمیده می‌شود و بذور در آب رهاسازی می‌شوند.



شکل ۶. گل آذین سنبله (شکل سمت راست) و گل (شکل سمت چپ)
(منابع: به‌ترتیب: Harvey, 2013 و مؤلف)

- بذور

میوه گیاه سنبل آبی، کپسول تخم‌مرغی شکل به‌طول ۱/۵ - ۱ سانتی‌متر است و دارای بذره‌های کوچک به‌طول ۱/۵ - ۱ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۷) در هر کپسول تا ۳۰۰ بذر تشکیل می‌شود (Harvey, 2013). تعداد بذور تولید شده در هر بوته به شرایط مکان و زمان تولید گل در سال بستگی دارد (Cronk and Fenessy, 2001). زنده مانی بذور در رسوبات بستر معمولاً بیش از پنج سال است (Gunnarsson and Petersen, 2007).



شکل ۷. کپسول بذر (شکل بالا)، بذر (شکل پایین)
(منبع: Kirkbride *et al.*, 2021)

تولید مثل

تکثیر سنبل آبی به دو روش جنسی (بذر) و غیر جنسی (رویشی) انجام می‌شود. در شرایط مطلوب رشدی، این گیاه در کل سال قادر به رشد و تولیدمثل است. بذور اغلب مسئول آلوده سازی مجدد مناطق آلوده می‌باشند. گلدهی بوته‌های سنبل آبی، ۳-۴ هفته پس از تشکیل بوته است. بذور تولید شده بلافاصله پس از رهاسازی در آب قادر به جوانه زنی هستند. بذور در رسوبات بستر به حالت خواب باقی می‌مانند و هر زمان که شرایط برای جوانه زنی مناسب شد، جوانه می‌زنند. شرایط مطلوب برای جوانه زنی بذور و سبز شدن گیاهچه‌های سنبل آبی شامل پایین آمدن سطح آب و بیرون آمدن رسوبات بستر، نور و درجه حرارت حدود ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به همین دلیل است که اغلب جوانه زنی بذور در خاک مرطوب حاشیه پهنه‌های آبی رخ می‌دهد. بذور جوانه زده در گل و لای مرطوب ریشه می‌زنند و با حرکت امواج یا افزایش سطح آب، به صورت شناور در می‌آیند (Harvey, 2013).

فرم معمول تولیدمثل سنبل آبی، تکثیر رویشی می‌باشد. این فرم تکثیر، امکان رشد و گسترش سریع آلودگی را فراهم می‌کند (Harvey, 2013). Koutika and Rainey (2015) بیان کردند که گسترش سریع سنبل آبی در مناطق جدید از طریق تولیدمثل رویشی است. جوانه‌های جانبی کنار برگ‌های قدیمی رشد می‌کنند و به ساقه رونده (استولون) تبدیل می‌شوند. جوانه‌های روی ساقه‌های رونده نیز گیاهان دختری را به وجود می‌آورند (Westerdahl and Getsinger, 1988). سیستم ریشه‌ای در گیاهان دختری سریع توسعه می‌یابد، با فرسوده و پاره شدن ساقه رویشی بین گیاه مادری و دختری و قطع شدن ارتباط بین آنها، گیاهان دختری به‌طور کامل مستقل می‌شوند. رشد رویشی در تمام طول سال رخ می‌دهد ولی اغلب در فصول بهار و تابستان می‌باشد (Harvey, 2013).

سرعت رشد

رشد رویشی سنبل آبی در شرایط مطلوب دمایی و مواد مغذی در پهنه آبی بسیار زیاد است و جمعیت گیاه به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد. بدین صورت که هر بوته قادر است ۲-۴ بوته دختری تولید کند، هر ۵ روز، گیاه دختری جدیدی تولید می‌شود و هر ۶-۱۸ روز، جمعیت گیاه دو برابر می‌شود. جمعیت گیاه در آلودگی‌های سنگین تا دو میلیون بوته و ۴۵۰ تن زیست توده در هکتار می‌باشد (Harvey, 2013). Ausden (2007) بیان کرد که جمعیت سنبل آبی در مدت حدود دو هفته دو برابر و طی یک فصل مساعد رویشی ۴۰۰۰ برابر می‌شود. مظفریان و یعقوبی (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که سنبل آبی اولین بار که در سال ۱۳۹۰ در آب بندان عینک مشاهده و شناسایی شد، مساحتی به‌میزان کمتر از یک هکتار را آلوده کرده بود و در سال ۱۳۹۴ تمام سطح آب بندان عینک به مساحت ۱۲ هکتار را به‌طور کامل پوشش داده بود.

بانک بذر

هر بوته سنبل آبی قادر است به میزان بسیار زیادی بذر تولید کند. میزان تولید بذر به عوامل مختلف از جمله ویژگی‌های مکان آلوده و زمان تولید گل در سال بستگی دارد (Perez et al., 2011). بذور قادرند بیش از پنج سال در گل و لای بستر زنده بمانند (Gunnarsson and Petersen, 2007). زنده ماندن بذور تا ۲۰ سال (Harvey, 2013) و حتی ۲۸ سال (Sullivan and Wood, 2012) نیز گزارش شده است. بذور به محض فراهم شدن شرایط، جوانه می‌زنند. تشکیل بانک بذر غنی، موجب انعطاف پذیری بالای گیاه سنبل آبی در شرایط مختلف محیطی می‌شود. میرزاجانی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که در زمستان سال ۱۳۹۵ در استان گیلان، به دلیل زیاد بودن تعداد روزهای یخبندان، بوته‌های سنبل آبی (اندام‌های هوایی و رویشی در زیر آب) در مناطق آلوده به‌طور کامل از بین رفتند که موجب کاهش آلودگی در سال ۱۳۹۶ شد (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۸). در چنین شرایطی، جوانه زنی و سبز شدن گیاهچه‌ها در بهار بعد، غالباً نتیجه استقرار بانک بذر سالهای رشدی پیشین می‌باشد (Harvey, 2013).

ترکیب عناصر گیاه

گیاه سنبل آبی حاوی ۸۰-۹۰ درصد آب و ۱۰-۲۰ درصد مواد جامد می‌باشد. عناصر تشکیل دهنده گیاه شامل نیتروژن، کربن، هیدروژن و اکسیژن می‌باشند، همچنین این گیاه می‌تواند حامل فلزات سنگینی مانند آهن، منیزیم و روی (Ndimele and Jimoh, 2011) و مقادیر ناچیزی فسفر و کلسیم باشد (Edewor, 1988). وزن خشک سنبل آبی حاوی ۳۵-۲۵ درصد پروتئین است که آمینو اسیدها ۱۷ درصد از ماده پروتئینی کل و بقیه را آمیدها تشکیل می‌دهند و آمیدها نیز برای دام‌ها سمی می‌باشند (Edewor, 1988).

روش‌های انتشار

روش‌های انتشار سنبل آبی شامل موارد زیر می‌باشد:

- **جابجایی بوته‌های سنبل آبی از طریق جریان آب و سیل:** توده‌های سنبل آبی در اثر جریان آب جدا شده و به مناطق جدید انتقال می‌یابند و هر بوته عامل شروع آلودگی جدید می‌شود.
- **پرندگان:** پرندگان بوته‌های کوچک سنبل آبی را از مناطق آلوده به آبراهه‌های نزدیک انتقال می‌دهند و موجب انتشار آلودگی می‌شوند.
- **قایق‌ها:** با اتصال بوته‌های سنبل آبی به بدنه قایق‌ها، آلودگی انتشار می‌یابد.

- **جابجایی رسوبات و گل و لای مناطق آلوده:** با جابجا شدن گل و لای مناطق آلوده از طریق جریان آب، بدن پرندگان، ماشین-آلات جمع آوری سنبل آبی و کفش انسان، بذور سنبل آبی به مناطق جدید انتشار می‌یابند.
- **انسان:** انسان با کاشت این گیاه زیبا به‌عنوان زینتی یا انداختن بوته‌ها به داخل آبراهه‌ها باعث انتشار این گیاه خطرناک می‌شود.

فنولوژی

یکی از شرایط دستیابی به مدیریت موفق علف‌های هرز، آگاهی از چرخه زندگی و الگوی رشد و نمو فصلی علف‌های هرز می‌باشد. در آب و هوای گرمسیری و نیمه گرمسیری و شرایط مطلوب رشد، سنبل آبی در کل سال قادر به رشد و تولید مثل می‌باشد، گلدهی نیز غالباً در فصل بهار و تولید بذور در فصل تابستان رخ می‌دهد (Harvey, 2013).

در استان گیلان با شرایط آب و هوایی معتدل، سنبل آبی از نیمه فروردین ماه، شروع به سبز شدن از بقایای ساقه‌های رونده سال پیش می‌کند (شکل ۸). رشد رویشی و تکثیر گیاه در بهار و تابستان می‌باشد (شکل ۹). شروع گلدهی از اواخر خرداد تا اوایل تیر (شکل ۱۰) و اوج گلدهی نیز از اواسط تا اواخر تابستان می‌باشد (شکل ۱۱). با شروع سرمای زمستان، اندام‌های هوایی گیاه کم کم خشک می‌شوند ولی ساقه‌های رونده زیر سطح آب به حالت خفته باقی می‌مانند و بهار سال آینده، جوانه‌های روی ساقه‌های رونده شروع به سبز شدن می‌نمایند (امینی راد، ۱۳۹۶). بذور نیز در شرایط دمایی مطلوب بهار و تابستان، در جاهایی که سطح آب کم باشد، جوانه می‌زنند. این چرخه به‌طور معمول هر سال تکرار می‌شود (شکل‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱).

میرزاجانی و همکاران (۱۳۹۸) حضور سنبل آبی را با تراکم بسیار زیاد در ماه‌های مهر و آبان سال ۱۳۹۵ در تالاب انزلی گزارش کردند و بیان کردند که پوشش گیاهی به حدی بود که مانع تردد شناورها بر روی سطح آب می‌شد. بقایای پوسیده گیاه در همان مناطق در ماه‌های بهمن و اسفند مشاهده شد. آنها بیان کردند که به علت یخبندان زمستانه در سال ۱۳۹۵، در اردیبهشت و خرداد سال ۱۳۹۶ در همان مناطق، آلودگی بسیار ناچیز بود و یخبندان موجب از بین رفتن ساقه‌های رونده و ریشه گیاه در آب شده بود. ولی در گشت‌زنی مهر ماه ۱۳۹۶ مناطق آلوده بیشتری در حواشی تالاب رؤیت شد که این آلودگی‌های جدید ناشی از سبز شدن بذور موجود در بانک بذر بود.



شکل ۸. سبز شدن سنبل آبی از ریزوم در اواخر فروردین
(منبع: مؤلف، محل جمع آوری: لنگرود (لیلاکوه)، سال ۱۳۹۶)



شکل ۹. اوایل دوره رشد رویشی سنبل آبی
(منبع: امینی راد، ۱۳۹۶)



شکل ۱۰. سنبل آبی در مرحله رشد رویشی کامل و ابتدای مرحله گلدهی
(منبع: مؤلف، محل جمع آوری: لنگرود (لیلاکوه)، سال ۱۳۹۶)



شکل ۱۱. سنبل آبی در مرحله گلدهی کامل
(منبع: Holland, 2020)

فیزیولوژی

گیاه سنبل آبی دارای خصوصیات آناتومیک گیاهان C3 است، اما فرایند فتوسنتزی در این گیاه نشان دهنده برخی از خصوصیات گیاهان C4 می باشد، به ویژه اینکه در سطوح نوری بالا، نسبت به نور اشباع نمی شود و گیاه بسیار کار آمده است (Gopal, 1987).

زیستگاه

سنبل آبی در طیف گسترده ای از انواع پهنه های آبی که جریان آب در آنها آرام باشد، شامل کانال های آبیاری، استخرها، تالاب ها، آب های راکد رودخانه ها و حتی مزارع برنج، صفر تا ۵۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا رشد می کند (Harvey, 2013). Wilson et al. (2007) بیان کردند که سنبل آبی در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی و شرایط زیستی قادر به استقرار می باشد ولی در شرایط مطلوب دارای رشد و گسترش بسیار سریع است. درجه حرارت و سطح مواد مغذی آب به عنوان مهمترین عوامل تعیین کننده میزان رشد و تولید مثل گیاه سنبل آبی می باشند.

درجه حرارت: سنبل آبی در دماهای ۲۲-۳۵ درجه سانتی گراد قادر به استقرار و رشد است. درجه حرارت مطلوب برای رشد این گیاه حدود ۲۸-۳۰ درجه سانتی گراد می باشد. آب و هوای گرمسیری و نیمه گرمسیری برای رشد گیاه سنبل آبی بسیار مطلوب است، در آب و هوای معتدل نیز به خوبی قادر به رشد می باشد. این گیاه در سرمای خفیف زنده می ماند، درجه حرارت زیر ۱۰ درجه سانتی گراد موجب توقف رشد گیاه می شود. یخبندان و هوای سرد طولانی مدت نیز موجب مرگ آن می شود. بذور به خوبی زمستان را سپری کرده و زنده می مانند (Harvey, 2013). دماهای پایین و زمستان های دارای یخبندان، مانع از گسترش سنبل آبی در مناطق سرد می شود (Rodriguez-Gallego et al., 2004).

میزان مواد مغذی آب: سطوح بالای فسفر، نیتروژن و پتاسیم در آب، موجب افزایش رشد و حالت تهاجمی سنبل آبی می شود. این شرایط در پهنه های آبی که رواناب های کشاورزی یا شهری در آنجا ریخته می شوند، مشاهده می گردد. این گیاه قادر است، سطوح پایین مواد مغذی آب را نیز تحمل کند که در این شرایط دارای رشدی آرام خواهد بود. نتایج تحقیقات نشان داده است که رشد سنبل آبی در مناطق غنی از مواد مغذی نسبت به مناطق فقیر، هشت برابر افزایش می یابد (Harvey, 2013; Westerdahl and Getsinger, 1988 و Malik 2007). در آب بندان عینک رشت، به دلیل وجود فاضلاب شهری، شرایط برای رشد و گسترش بسیار زیاد سنبل آبی فراهم بود و منجر به پوشش کامل سطح آب بندان توسط این گیاه شد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. آلودگی سنبل آبی در آب بندان عینک، رشت، ۱۳۹۶
(منبع: عکس گرفته شده توسط نویسندگان)

شوری عامل محدود کننده استقرار سنبل آبی می باشد. این گیاه در آب هایی مانند آب دریا رشد نمی کند. سنبل آبی اگر در معرض شوری ۰/۰۰۶-۰/۰۰۸ درصد نمک قرار بگیرد، پس از ۲۸ روز از بین می رود و اگر در معرض ۲ درصد نمک قرار بگیرد، فوراً می میرد (Harvey, 2013). میرزاجانی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی اثر شوری بر رشد سنبل آبی در استان گیلان، گزارش کردند که شوری به میزان ۱۱/۶، ۸/۳ و ۵/۲ گرم در لیتر به ترتیب موجب ۹۵، ۴۰ و ۴۰ درصد مرگ گیاه شد، در آب با شوری ۰/۳ گرم در لیتر نیز افزایش ۳۳ درصدی رشد برگ ها مشاهده شد. بر اساس داده های ده ساله (میرزاجانی، ۱۳۸۸)، شوری آب تالاب انزلی که در ماه های تیر تا شهریور به علت کاهش بارندگی و نفوذ



آب دریا رخ می‌دهد، به میزان $2/5 - 1/4$ گرم در لیتر می‌رسد، ولی به دلیل کوتاه بودن این دوره، نمی‌تواند عامل محدود کننده رشد سنبل آبی در تالاب انزلی باشد (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۸).

سنبل آبی در اسیدپته ۸-۴ زنده می‌ماند. اسیدپته مطلوب برای رشد این گیاه هفت می‌باشد. به طور کلی، سنبل آبی گیاهی با تحمل بالا است، به راحتی مواد معدنی را از آب جذب می‌کند، حتی فلزات سنگین را بدون اینکه اثری بر سلامتی یا سرعت رشد آن ایجاد کنند، جذب می‌کند (Harvey, 2013 و Mangas-Ramirez and Elias-Gutierrez, 2004).

مشکلات ناشی از آلودگی سنبل آبی

سنبل آبی در شرایط مطلوب رشد، خیلی سریع کل سطح آب منطقه آلوده را پوشش می‌دهد و موجب بروز مشکلات زیادی می‌شود. برخی از این مشکلات شامل موارد زیر می‌باشند:

- کاهش تنوع زیستی

یکی از دلایل اصلی کم شدن تنوع زیستی در جهان، تهاجم گونه‌های گیاهی می‌باشد. گیاهان مهاجم باعث تغییر فرآیندهای بوم نظام‌ها می‌شوند. فراوانی، غنای گونه‌های بومی و تنوع ژنتیکی بوم نظام‌ها را کاهش می‌دهند (Vila et al., 2011). سنبل آبی با پوشش متراکمی که در سطح آب ایجاد می‌کند، باعث کمبود نور و اکسیژن آب می‌شود و بر روی تمامی موجودات آبرزی اثر می‌گذارد. با مرگ این گیاه در آب نیز فراوانی و تنوع موجودات آبرزی تغییر می‌کند (Gichuki et al., 2012). مظفریان و یعقوبی (۲۰۱۵) در مقایسه پوشش گیاهی آب بندان عینک شهرستان رشت در سال ۱۳۹۴ با سال‌های قبل و آب بندان‌های مجاور بیان کردند که حضور سنبل آبی سبب حذف برخی گیاهان بومی آب بندان عینک شد و فون آبی آب بندان عینک شامل ماهی‌ها، قورباغه‌ها، لاک پشت‌ها و مارها کاهش یافت. پرورش اردک و غاز نیز که توسط بومیان حاشیه آب بندان عینک در سال‌های پیشین انجام می‌گرفت، به دلیل عدم امکان تردد ماکیان به داخل پوشش متراکم گیاه غیرممکن شد.

- آسیب به زیرساخت‌ها

سنبل آبی با انسداد آبراهه‌ها در طول فصول بارانی، باعث جاری شدن سیل می‌شود و توده‌های سنبل آبی با سیل حرکت می‌کنند. این توده‌های بزرگ که بسیار سنگین می‌باشند، موجب آسیب رساندن به پل‌ها، جاده‌ها و حصارها می‌شوند. همچنین مشاهده شده است که پس از فروکش شدن جریان سیل، بوته‌های سنبل آبی بر روی محصولات زراعی، زمین‌های اطراف و جاده‌ها باقی می‌مانند که جمع‌آوری آنها بسیار هزینه‌بر خواهد بود (شکل ۱۱) (Harvey, 2013؛ Mujingni, 2012).

- زیستگاه ناقلین بیماری

پوشش متراکم سنبل آبی بر روی سطح آب، پناهگاهی برای رشد موجودات مضر می‌شود. برای مثال گزارش شده است که ریشه شناور، برگ-های نیمه غوطه‌ور و ساقه‌های سنبل آبی باعث کاهش جریان آب می‌شوند و زیستگاه پشه آنوفل (ناقل بیماری مالاریا) می‌شوند (Minakawa et al., 2008). پشه *Mansonioides* که حامل نماتد *Brugia* است، این نماتد بر روی سنبل آبی توسعه می‌یابد و در دستگاه لنفاوی انسان ایجاد بیماری می‌کند (Chandra et al., 2006, Varshney et al., 2008). عامل گسترش بیماری فیلاریازیس لنفاوی در جنوب آسیا نیز ناشی از حضور علف‌های هرز آبی در منطقه بیان شد (Haider, 1989). گیاه سنبل آبی، پناهگاه عامل بیماری وبا نیز گزارش شده است. نتایج پژوهشی نشان داد که موارد ابتلا به وبا در مناطق هم مرز دریاچه ویکتوریا در کنیا که آلوده به سنبل آبی می‌باشند، زیاده‌تر از سایر مناطق کنیا بوده است (Feikin et al., 2010). همچنین بیان شده است که پوشش گسترده سنبل آبی بر روی سطح آب، موجب افزایش حملات مارهای سمی می‌شود (Patel, 2012).

- کاهش کیفیت آب

رشد متراکم سنبل آبی بر روی سطح آب، موجب کاهش انتقال اکسیژن هوا به درون آب، کاهش تولید اکسیژن توسط گیاهان و جلبک‌های داخل آب (Villamagna and Murphy, 2010) می‌شود. مرگ و میر، ته نشین و تجزیه شدن بوته‌های سنبل آبی در آب نیز موجب کاهش اکسیژن آب (EEA, 2012)، کاهش کیفیت، قابلیت آشامیدنی آب و افزایش عمق رسوبات کف پهنه آبی می‌شود (Ndimele and Jimoh, 2011).

- هدر رفتن آب

رشد انبوه و پوشش متراکم سنبل آبی، موجب افزایش تبخیر آب در پهنه‌های آبی می‌گردد. نتایج بررسی Haider (1989) نشان داد که سرعت از دست رفتن آب ناشی از تبخیر در حضور سنبل آبی، ۱/۸ برابر می‌شود. میرزاجانی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که میانگین تفاوت سطح آب در حوضچه‌های دارای سنبل آبی نسبت به حوضچه‌های بدون سنبل آبی در طول تابستان در شهرستان بندرانزلی، ۹/۵ سانتی‌متر بود. هدر رفتن آب در حضور سنبل آبی برای پهنه‌های آبی ذخیره کننده آب جهت پرورش ماهی، کشاورزی و .. یا رودخانه‌هایی که دارای مقدار آب کمی هستند، اثرات سوء زیادی دارد (Harvey, 2013).

- انسداد راه‌های آبی

وجود بافت‌های پر از هوا (آئرانسیم) در اندام‌های هوایی سنبل آبی، موجب شناور شدن گیاه بر روی سطح آب می‌شود. سرعت بسیار بالای رشد گیاه نیز موجب ایجاد پوشش متراکم بر روی سطح آب می‌شود، در نتیجه آلودگی پهنه‌های آبی مجاور، خیلی سریع به هم متصل می‌شوند،

کانال‌ها و رودخانه‌ها مسدود و دسترسی به بنادر و اتصالات مختل می‌شود و فعالیت‌های قایقرانی، کشتی‌رانی، تفریحی، ماهی‌گیری و توریسم تحت تأثیر تهاجم قرار می‌گیرند (Ndimele and Jimoh, 2011; Patel, 2012). Ndimele and Jimoh (2011) گزارش کردند که آلودگی بالای سنبل آبی در نیجریه موجب غیرممکن شدن فعالیت‌های ناوبری و ماهی‌گیری در پهنه‌های آبی آلوده شد. Patel (2012) نیز گزارش کرد که ناوبری در رودخانه براهماپوترا در هند تحت تأثیر آلودگی سنبل آبی قرار گرفت و گیر کردن بوته‌ها در پروانه قایق‌ها مانع فعالیت ماهی‌گیری شد. Harvey (2013) بیان کرد که سرعت بالای رشد و تکثیر سنبل آبی، موجب مسدود شدن آبراهه‌ها و کاهش دسترسی به آب مورد نیاز برای کشاورزی می‌شود. Jones (2009) گزارش کرد که سرعت جریان آب در کانال‌های آبیاری آلوده به سنبل آبی، ۹۵ - ۴۰ درصد کاهش می‌یابد.

- هزینه‌های بالای کنترل

هزینه‌های کنترل سنبل آبی در ایالات متحده آمریکا، سالانه میلیون‌ها دلار می‌باشد. هزینه‌های کنترل این گیاه در کالیفرنیا نیز سالانه حدود ۵۰۰ هزار دلار بیان شده است (Mullin *et al.*, 2000). هزینه سالانه کنترل مکانیکی سنبل آبی در ایالات متحده آمریکا حدود ۱۰۰-۸۰ هزار دلار آمریکا (Koutika and Rainey, 2015)، در چین حدود یک میلیارد یورو برآورد شده است (EEA, 2012). در اروپا نیز طی سال‌های ۲۰۰۸ - ۲۰۰۵، هزینه‌های حذف مکانیکی ۲۰۰ هزار تن سنبل آبی، در طول ۷۵ کیلومتر از حوضه رودخانه گوادیانا در مرز پرتغال و اسپانیا، حدود ۱۵ میلیون یورو بوده است (EEA, 2012). در استان گیلان نیز برای پاکسازی سنبل آبی از پهنه‌های آبی آلوده تاکنون هزینه‌های بسیار زیادی شده است.

توزیع جغرافیایی سنبل آبی در دنیا

موطن اصلی گیاه سنبل آبی، آمازون در آمریکای جنوبی و شمال شرق برزیل می‌باشد. امروزه این گیاه خطرناک در آفریقا، آسیا، استرالیا و آمریکای شمالی گسترش یافته است (Dagno *et al.*, 2012). بر اساس گزارشات موجود، سنبل آبی در بیش از ۵۰ کشور در پنج قاره گسترش یافته و به مشکلی عظیم در آبراهه‌های آفریقا و آسیای جنوب شرقی تبدیل شده است (Brendonck *et al.*, 2003; Lu *et al.*, 2007; Martinez Jimenez and Gomez Balandra, 2007).

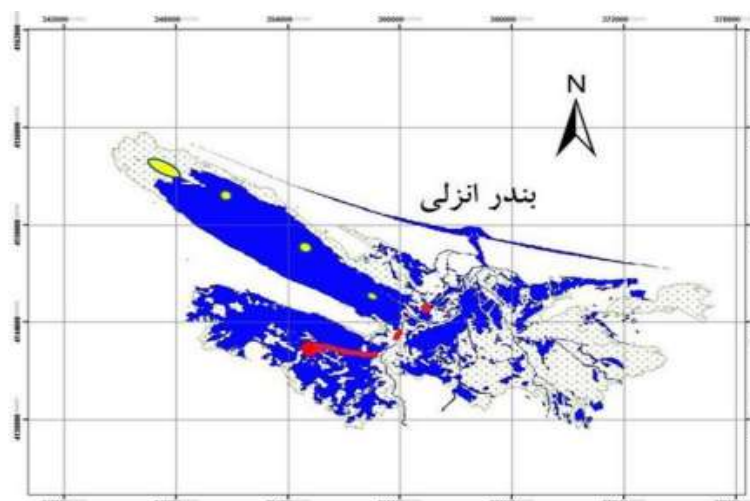
اولین ورود سنبل آبی به آسیا، در پایان قرن نوزدهم در کشورهای ژاپن و اندونزی بوده است و حتی مزارع برنج این کشورها را نیز آلوده کرده بود (Ueki *et al.*, 1975). گزارش دیگر مربوط به تحقیق اورمیس و همکاران (Uremis *et al.*, 2014) می‌باشد که حضور سنبل آبی را در کشور

ترکیه گزارش کردند و اظهار داشتند که این گیاه مهاجم از کشور لبنان از طریق سوریه وارد ترکیه شد. پهنه‌های آبی در عراق (بغداد) نیز به سنبل آبی آلوده می‌باشند (Alwakgga and Ahmed, 2018).

در موطن اصلی سنبل آبی، به دلیل حضور دشمنان طبیعی، تعادل جمعیتی گیاه حفظ می‌شود و به جز در مواردی که سطح مواد مغذی آب در اثر فعالیت‌ها و دست‌کاری‌های بشر در محیط‌های طبیعی افزایش می‌یابد، این گیاه مشکل‌ساز نخواهد شد (Harvey, 2013). این گیاه در مناطق جدید به دلیل عدم حضور دشمنان طبیعی و آب‌های غنی از مواد مغذی ناشی از فعالیت‌های بشر، به علف‌هرز مهاجم بسیار خطرناکی تبدیل شده است (Van Wyk and Van Wilgen 2002; Tegene *et al.*, 2012).

مناطق آلوده سنبل آبی در ایران

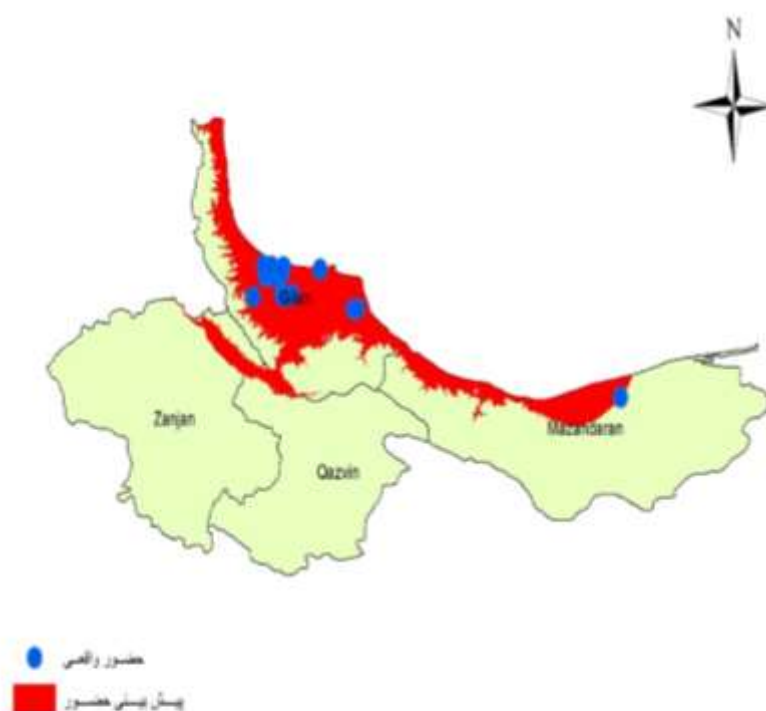
سنبل آبی، اولین بار در مهر ماه ۱۳۹۰ در استان گیلان، شهرستان رشت، آب‌بندان عینک مشاهده و گزارش شد (مظفریان و یعقوبی، ۲۰۱۵) و به علت عدم آگاهی ساکنین حوزه آب‌بندان و خرید و فروش گل‌های بسیار زیبای آن، روز به روز گسترش یافت. مدنی و روانبخش (۱۳۹۵) و عاشوری (۱۳۹۴) آلودگی سنبل آبی در تالاب انزلی را در سال ۱۳۹۴، در بخش انتهایی رودخانه مرغک در محدوده منطقه حفاظت شده سیاه‌کشیم و روستای چکورو و عدم آلودگی سایر نقاط تالاب را تا اواخر مرداد ۱۳۹۴ گزارش کردند، ولی در شهریور ۱۳۹۴، شاهد آلودگی مناطق بیشتری در تالاب انزلی شدند (شکل ۱۳) و علت انتشار سریع را باران‌های شدید در اواسط و اواخر شهریور و تأثیر جزر و مد دریای خزر بر آب تالاب دانستند. آنها اظهار کردند که باغ‌های صنوبر روستای چکورو مهمترین منبع انتشار سنبل آبی به بخش جنوبی تالاب انزلی بود. زیرا نهرها و کانال‌های اطراف این باغ‌ها به رودخانه‌ای می‌رسیدند که به رودخانه مرغک ختم می‌شد و از این طریق بوته‌های سنبل آبی محدوده چکورو وارد تالاب انزلی می‌شد.



پراکنش گیاه سنبل آبی در تالاب انزلی در سال ۱۳۹۴
نقاط قرمز توسط سازمان حفاظت محیط زیست جمع آوری شد
نقاط زرد در حال جمع آوری توسط سازمان حفاظت محیط زیست
تراکم بسیار زیاد سنبل آبی در انتهای ترین بخش حوضچه غربی تالاب غرب (نقطه زرد)

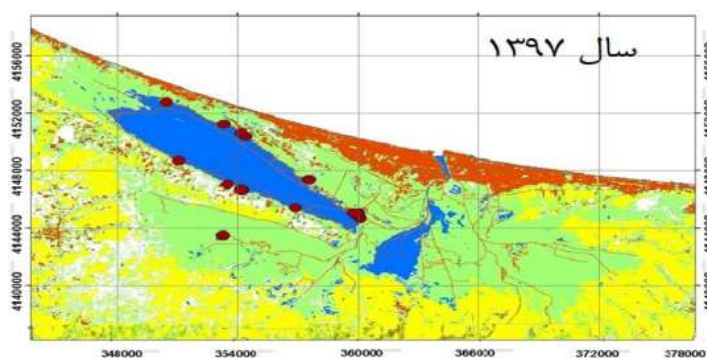
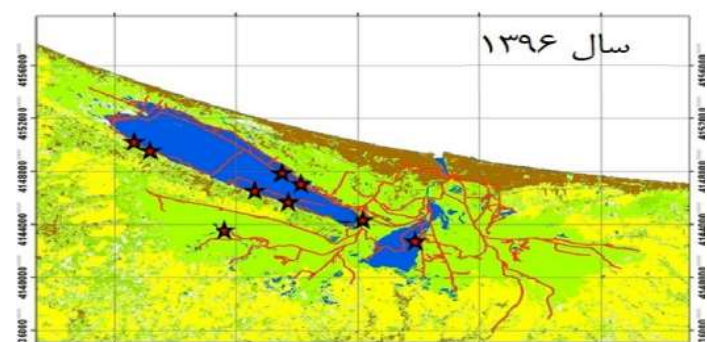
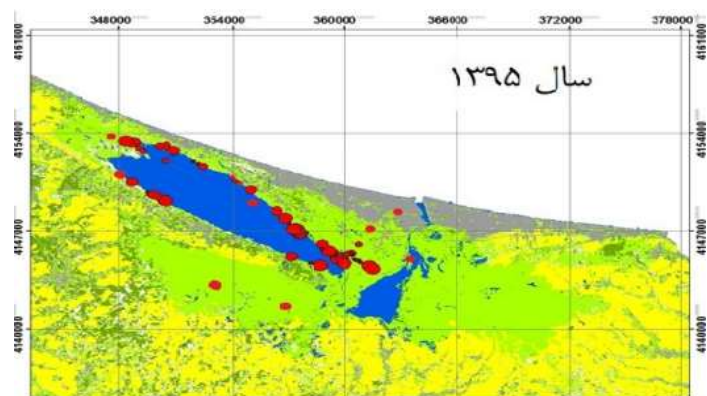
شکل ۱۳. نقشه پراکنش سنبل آبی در تالاب انزلی در سال ۱۳۹۴ (منبع: مدنی و روانبخش، ۱۳۹۵)

امینی راد (۱۳۹۶) در بررسی پراکنش سنبل آبی در بوم نظام‌های آبی سه استان گیلان، مازندران و اردبیل، ۱۷ نقطه آلوده در استان گیلان و یک نقطه آلوده در استان مازندران را گزارش کردند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴. نقشه پیش‌بینی حضور سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در استان‌های شمالی ایران بر اساس تلفیق اطلاعات اقلیم، میانگین دمای سالیانه، میانگین بارندگی سالیانه و میانگین تبخیر و تعرق سالیانه (منبع: امینی‌راد، ۱۳۹۶)

میرزاجانی و همکاران (۱۳۹۸) پراکنش سنبل آبی در تالاب انزلی را از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ بررسی کردند و طی سال‌های مختلف میزان آلودگی را با وسعت تقریبی ۱۰۰-۱۰۰۰ مترمربع گزارش کردند. آنها بیان کردند که در سال ۱۳۹۵، آلودگی در ۸۴ نقطه با گستره حدود ۸۰۰ مترمربع بود. در زمستان ۱۳۹۵، به دلیل سرمای زیاد از آلودگی برخی مناطق در سال ۱۳۹۶ کاسته شد و در سال ۱۳۹۶، تنها ۹ نقطه آلوده در تالاب شناسایی شد که گستره آلودگی حدود ۱۰۰ متر مربع بود. در سال ۱۳۹۷، افزایش دوباره گستره آلودگی مشاهده شد که ۱۱ نقطه با گستره حدود ۶۵۰ مترمربع از تالاب غرب و ۴۰۰ متر مربع در انتهای رودخانه مرغک بود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵. نقشه‌های پراکنش سنبل آبی در تالاب انزلی در سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ (منبع: میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۸)

مظفریان و یعقوبی (۲۰۱۵) آلودگی سنبل آبی را در رودخانه چمخاله در لنگرود و آب گیر داخل شهر آستارا گزارش کردند و مساحت آلودگی در این مناطق را بیش از ۱۰۰۰ هکتار برآورد کردند. همچنین در مازندران، آلودگی برخی از کانال‌های آبیاری شالیزارها در اطراف بابلسر، آمل و بابل به مساحت تقریبی ۲۰ هکتار گزارش کردند. آنها بیان کردند که پراکنش سریع سنبل آبی در شمال ایران نشان می‌دهد که اقلیم شمال ایران و زیستگاه‌های آبی این منطقه دارای شرایط مطلوب برای استقرار و گسترش این گیاه خطرناک می‌باشند و وجود زمستان‌های سرد از استقرار، رشد و گسترش سریع گیاه ممانعت نمی‌کنند.

روش‌های کنترل سنبل آبی

روش‌های پیشگیری، کنترل فیزیکی (کاربرد موانع فیزیکی، حذف دستی و حذف مکانیکی)، کنترل شیمیایی، کنترل بیولوژیک و مدیریت تلفیقی برای کنترل سنبل آبی به کار می‌روند (Harvey, 2013). همچنین با مدیریت مواد مغذی پهنه‌های آبی (کاهش ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی و .. در پهنه‌های آبی) می‌توان تا حد زیادی، رشد سنبل آبی را در پهنه‌های آبی کاهش داد (Reddy et al., 1989). برای انتخاب روش مناسب کنترل سنبل آبی عواملی مانند شرایط آب و هوایی، وسعت آلودگی، مرحله رشد سنبل آبی، نوع کاربری آب منطقه آلوده و مشخصات منطقه مورد تهاجم از نظر در دسترس بودن به تجهیزات و امکان ورود به پهنه آبی تعیین کننده هستند.

پیشگیری

پیشگیری اساسی‌ترین و ارزان‌ترین روش کنترل سنبل آبی است و مانع ورود و گسترش علف‌هرز به منطقه جدید می‌شود. اقداماتی که برای پیشگیری و کاهش خطر تهاجم سنبل آبی توصیه می‌شوند، شامل موارد زیر می‌باشند (Harvey, 2013).

- دیده‌بانی و بازدید مداوم پهنه‌های آبی با خطر بالا شامل تالاب‌ها و پهنه‌های آبی که جریان آب آرام دارند، یا پهنه‌های آبی که سطوح بالایی از مواد مغذی را دریافت می‌کنند (مانند رواناب‌های خروجی از زمین‌های کشاورزی، باغات یا مناطق صنعتی)، یا پهنه‌های آبی که نزدیک به محل فعالیت‌های بشر و مناطق در حال توسعه شهری (مانند رمپ قایق‌ها، آبراهه‌های نزدیک به پارک‌ها یا مناطق مسکونی و نزدیک پل‌ها) هستند، توصیه می‌شود.
- دیده‌بانی و بازدید مداوم پهنه‌های آبی با خطر بالا، در زمان‌های پس از سیلاب توصیه می‌شود. در حالت عادی بذور سنبل آبی به صورت خفته در رسوبات و گل و لای کف پهنه آبی قرار گرفته‌اند، ولی با وقوع سیلاب، نوسانات سطح آب رخ داده و در برخی قسمت‌ها رسوبات از آب خارج می‌شوند در نتیجه امکان جوانه زنی و سبز شدن بذور فراهم می‌شود.
- دیده‌بانی و بازدید مداوم پهنه‌های آبی با خطر بالا، در طول ماه‌های بهار و تابستان که زمان مطلوب رشد سنبل آبی می‌باشد، توصیه می‌شود. دیده‌بانی در دوره اوج رشد سنبل آبی، به صورت هفتگی و در اواخر فصل رشد به صورت ماهی یک‌بار باید انجام گیرد.
- حذف کامل آلودگی‌های جدید به محض مشاهده، ترجیحاً قبل از گلدهی و تشکیل بذر، توصیه می‌شود. تشخیص زودهنگام آلودگی بسیار اهمیت دارد. اگر آلودگی در سطح کوچکی باشد و زود نیز تشخیص داده شود، ریشه کنی و مهار این گیاه خطر ساز امکان‌پذیر و قطعی خواهد بود، ولی اگر یک بار بانک بذر گیاه تشکیل شود، ریشه کنی به مراتب سخت‌تر خواهد شد.

- اطمینان از تمیز بودن تجهیزات، لباس و کفش کاربران پهنه‌های آبی آلوده به سنبل آبی ضرورت دارد، تا عاری از هرگونه مواد گیاهی و گل و لای منطقه آلوده باشند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶. بازدید زیر ماشین آلات جهت تمیز کردن بقایای گیاهی سنبل آبی
(منبع: Harvey, 2013)

- به افراد جامعه آگاهی و آموزش کافی داده شود، تا بتوانند آلودگی‌های جدید را تشخیص دهند، بوته‌های سنبل آبی را به روش درست از بین ببرند و از انتشار و خرید و فروش سنبل آبی به عنوان گیاه زینتی پرهیز کنند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷. اطلاع رسانی، افزایش آگاهی و هشدار به افراد نسبت به گیاه مهاجم سنبل آبی
(منبع: <http://diyarmirza.ir> تاریخ ۵ آبان ۱۳۹۴)

کنترل فیزیکی

کنترل فیزیکی سنبل آبی شامل کاربرد موانع فیزیکی، حذف دستی و حذف مکانیکی می‌باشد. انتخاب یک روش یا ترکیبی از روش‌ها بستگی به وسعت آلودگی، امکانات در دسترس و نوع کاربرد آبراهه و پهنه آبی دارد. کاربرد روش کنترل فیزیکی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی سنبل

آبی بسیار مؤثر، ضروری و اجتناب ناپذیر است. کنترل فیزیکی سنبل آبی به نسبت روشی هزینه بر و دشوار است، اما دارای مزایای بسیار زیادی می باشد (Harvey, 2013):

- روش های کنترل فیزیکی برای محیط زیست، بی خطر هستند و هیچ محدودیتی برای مصرف آب پس از اعمال ایجاد نمی کنند. بلافاصله پس از کنترل فیزیکی، آب قابل استفاده برای مصارف کشاورزی، دام، انسان، پرورش ماهی، ماهی گیری و تفرج گاه می باشد.
- به محض مشاهده آلودگی سنبل آبی، روش های کنترل فیزیکی قابلیت کاربرد دارند و مانند روش شیمیایی نیاز به اخذ مجوز از اداره محیط زیست ندارند.
- روش های کنترل فیزیکی، امکان ریشه کنی سریع آلودگی های کوچک سنبل آبی را فراهم می کنند. برداشت مداوم اندام های هوایی و زیر آب (ریشه ها، ساقه های رونده) و رسوبات کف پهنه آبی، موجب خروج بانک بذر گیاه از آب می شود.
- با برداشت کامل توده های سنبل آبی، از ته نشین شدن اندام های پوسیده سنبل آبی در آب و تشکیل رسوبات در کف پهنه آبی و کاهش عمق آب پیشگیری می شود.

ایجاد موانع فیزیکی

این روش شامل استفاده از یک سری موانع و فنس ها⁷ می باشد که برای ممانعت از حرکت توده های سنبل آبی و سایر علف های هرز در ترکیب با سایر روش های کنترل به کار می روند. انواع مختلف موانع و فنس ها برای محدود کردن گسترش آلودگی سنبل آبی در شکل ۱۸ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود این فنس ها اغلب دارای عمق زیادی نیز نمی باشند.

از مزایای کاربرد موانع فیزیکی می توان به موارد زیر اشاره کرد (Harvey, 2013):

- از پیشروی آلودگی سنبل آبی از مناطق آلوده به مناطق غیر آلوده جلوگیری می شود.
- با کاربرد این موانع می توان طول دوره زمانی مورد نیاز برای تصمیم گیری و اجرای سایر روش های کنترلی را افزایش داد.
- با به کارگیری موانع فیزیکی، امکان محدودسازی یک منطقه کوچک آلوده برای اجرای برنامه های کنترل بیولوژیک فراهم می شود.
- با کاربرد موانع فیزیکی و جمع و متمرکز کردن پوشش گیاهی در منطقه ای کوچک تر، هزینه و زمان مورد نیاز برای کنترل شیمیایی یا مکانیکی کاهش می یابد.

⁷ Containment fences



شکل ۱۸. انواع مدل‌های حفاظ‌های فیزیکی
(منبع: Harvey, 2013)

در کاربرد موانع فیزیکی لازم است که موارد زیر مورد توجه قرار گیرند (Harvey, 2013):

- بذور و بوته‌های خیلی کوچک سنبل آبی قادرند از موانع فیزیکی عبور کنند.
- موانع فیزیکی مستلزم نگهداری و بازدید منظم هستند. موانع گاهی در اثر فشار ناشی از توده‌های سنگین سنبل آبی، به‌ویژه در زمان‌هایی که بارندگی شدید و سیلاب رخ می‌دهد، صدمه می‌بینند یا به‌طور کامل از بین می‌روند.
- اگر زمانی نیاز به بازسازی و برداشتن موقتی موانع در منطقه‌ای باشد، این کار باید حتماً قبل از وقوع سیلاب انجام شود.
- کاربرد موانع فیزیکی به‌تنهایی برای کنترل سنبل آبی کافی نیست و لازم است که در تلفیق با سایر روش‌های کنترل به کار رود.

حذف دستی

این روش شامل جمع‌آوری دستی سنبل آبی از پهنه آبی (شکل ۱۹) با استفاده از دست، شن کش، چنگک و بیل می‌باشد. اجرای روش حذف دستی به نیروی کارگری زیادی نیاز دارد، بنابراین برای آلودگی‌های متوسط و بزرگ به کار نمی‌رود. کاربرد این روش کنترل در موارد زیر مناسب می‌باشد (Harvey, 2013):

- وسعت مکان آلوده کوچک و تعداد بوته‌های سنبل آبی کم باشد، به‌عبارتی پهنه آبی در مراحل اولیه آلودگی باشد.
- برای حوضچه‌های کوچک آلوده در باغات، استخرهای کوچک، آب‌بندان‌های کوچک و آبراهه‌های کوچک روش مناسبی است.
- برای حذف بوته‌های سنبل آبی که به صورت پراکنده در آب‌های کم عمق یا در امتداد حاشیه آبراهه رشد کرده‌اند، روش مناسبی است.
- برای حذف آلودگی در مناطق خارج از دسترس سایر روش‌های کنترل، روش مناسبی است.
- طی دیده بانی پس از اعمال روش‌های کنترل شیمیایی یا مکانیکی، برای حذف تک بوته‌های شناور باقیمانده یا گیاهچه‌هایی که مجدداً سبز شده‌اند، روش بسیار مناسبی است.



شکل ۱۹. حذف دستی سنبل آبی در استان گیلان
(منبع: <https://negahiran.ir/news/i/17951>)

مواردی که در روش حذف دستی بایستی مورد توجه قرار گیرند:

- دقت شود تمامی قسمت های بوته های سنبل آبی از پهنه آبی برداشت شوند و هیچ باقیمانده ای از آنها در آب رها نشود.
- تمامی مواد گیاهی برداشت شده با روش حذف دستی باید از آب خارج، در پلاستیک ریخته، از محل خارج و در مکانی مناسب دفن شوند. مناطق انتخاب شده برای دفن بوته ها بهتر است که در دسترس و بالاتر از مناطقی باشند که امکان جاری شدن سیلاب در آنجا وجود ندارد.

کنترل مکانیکی

کنترل (حذف) مکانیکی شامل برداشت پوشش گیاهی سنبل آبی توسط بیل مکانیکی یا ماشین آلات مشابه از پهنه آبی و انتقال توده های گیاهی به خارج از پهنه آبی می باشد (شکل های ۲۰، ۲۱ و ۲۲). این روش کنترل در مقیاس های کوچک و بزرگ و در کنار روش های دیگر کنترل مانند کنترل شیمیایی قابل استفاده است.

ارتباط بین مرحله رشد سنبل آبی و زمان بندی عملیات کنترل مکانیکی

سنبل آبی در مناطق با آب و هوای گرمسیری و نیمه گرمسیری در تمام طول سال رشد می کند ولی دارای حداکثر رشد در فصول بهار و تابستان می باشد. بنابراین در این مناطق، بهترین زمان کنترل مکانیکی در زمستان می باشد که سنبل آبی دارای کمترین سرعت رشد است.

در مناطق با آب و هوای معتدل مانند استان گیلان، رشد سنبل آبی به میزان زیادی در ماه های سرد سال (فصول پاییز و زمستان) کاهش می یابد. بنابراین در این مناطق، بهترین زمان کنترل مکانیکی در پاییز، پیش از خشک شدن اندام های هوایی گیاه که در فصل زمستان رخ خواهد داد،

می‌باشد. با اعمال روش کنترل مکانیکی در پاییز و جمع آوری اندام‌های هوایی، ساقه‌های رونده و ریشه سنبل آبی از آب حذف شده و از کاهش سالیانه سطح آب پیشگیری می‌شود. کنترل مکانیکی در صورت وجود شرایط زیر بیشترین کارایی را خواهد داشت (Harvey, 2013):

- گسترش آلودگی سنبل آبی زیاد باشد و امکان انجام سایر روش‌های کنترل مقدور نباشد. برای مثال در شرایطی که سطح آب به‌طور کامل توسط سنبل آبی پوشیده شده باشد.
- در صورتی که هدف احیاء و بازگرداندن آب پهنه آلوده به کاربرد اصلی آن باشد، برای مثال قایق‌رانی، تفرج‌گاه، اهداف زیست محیطی (مانند تداوم حیات ماهی‌ها و پرندگان).
- محدودیت کاربرد علف‌کش برای پهنه آبی وجود داشته باشد، مانند پهنه‌های آبی در مناطق با ارزش حفاظتی بالا یا پهنه‌های آبی که منبع آب آشامیدنی هستند.
- پهنه‌های آبی که دارای آلودگی زیاد سنبل آبی و سایر گیاهان مانند نی، جگن، گراس‌ها باشند، بنابراین نفوذپذیری به پهنه بسیار دشوار باشد.
- امکان برداشت، خروج و دفن بوته‌های برداشت شده سنبل آبی به‌طور کامل فراهم باشد.
- از نظر مالی بودجه کافی برای اجرای روش کنترل مکانیکی تأمین شده باشد.

انواع ماشین آلات برداشت کننده سنبل آبی

برخی ماشین آلات برای انجام عملیات کنترل مکانیکی علف‌های هرز آبرزی طراحی شده‌اند. انتخاب نوع و اندازه ماشین آلات به مکان مورد نظر و وسعت آلودگی بستگی دارد. برخی از ماشین آلات، توده‌های گیاهی را جمع آوری می‌کنند، سپس توده‌های گیاهی را از روی نقاله‌ای به مخزنی می‌ریزند و پس از پر شدن مخزن، به ساحل انتقال می‌دهند (شکل ۲۰). این نوع ماشین آلات در استان گیلان موجود و برای جمع آوری آلودگی سنبل آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲۰. ماشین آلانی که بوته‌های سنبل آبی را در پهنه آبی جمع آوری می‌کنند و پس از پر شدن مخزن به ساحل انتقال می‌دهند.

(منبع: شکل سمت راست <https://www.isna.ir/news> در تاریخ ۸ آبان ۱۳۹۶ و شکل سمت چپ

<https://www.khazaronline.com> در تاریخ ۵ آذر ۱۳۹۹)

در روش دیگر کنترل مکانیکی، از بیل مکانیکی برای برداشت سنبل آبی استفاده می‌شود. بیل مکانیکی، مستقیماً توده‌های سنبل آبی را از آب خارج کرده و داخل ماشین‌های حمل بار می‌ریزد. سپس بوته‌های برداشت شده با کامیون به مکان‌های از قبل تعیین شده برای دفن شدن انتقال می‌یابند (شکل ۲۱). امکان اجرای این روش حذف مکانیکی نیز در استان گیلان مهیا می‌باشد و برای حذف آلودگی‌های موجود به کار برده می‌شود.



شکل ۲۱. حذف مکانیکی بوته‌های سنبل آبی با لودر و انتقال آنها با کامیون و دفن در محل مناسب

(منبع: شکل بالا برگرفته از <https://www.khazaronline.com>، تاریخ ۵ آذر ۱۳۹۹ و دو شکل پایین برگرفته از Harvey, 2013)

در روش دیگر کنترل مکانیکی، قایق‌های کوچک را به یک سری ادوات مانند چنگک یا صفحات توری مجهز می‌کنند تا توده‌های سنبل آبی را به سمت بیل مکانیکی هدایت کنند. این قایق‌ها مانند بولدوزر آبی عمل می‌کنند (شکل ۲۲). این ماشین آلات در جمع‌آوری توده‌های کوچک سنبل آبی از مناطقی که برای ماشین آلات سنگین قابل دسترسی نیستند، بسیار مفید می‌باشند (Harvey, 2013).



شکل ۲۲. کاربرد قایق مجهز به صفحات توری برای هدایت و جمع کردن توده‌های پراکنده سنبل آبی (منبع: Harvey, 2013)

به‌طور کلی کاربرد روش‌های کنترل فیزیکی، در تلفیق باهم و همچنین تلفیق با روش کنترل شیمیایی بسیار مفید و مؤثر می‌باشند (Harvey, 2013).

کنترل شیمیایی

کاربرد مواد شیمیایی برای کنترل گیاهان آبی، همواره با نگرانی و عدم اطمینان از سوی گروه‌های زیست محیطی همراه می‌باشد، اما باید دانست که کنترل شیمیایی، روشی مؤثر و کاربردی برای کنترل گیاه مسئله ساز سنبل آبی می‌باشد. کنترل شیمیایی به نسبت سایر روش‌های کنترلی، کم هزینه تر است، امکان کنترل مناطق وسیع را در دوره زمانی کوتاه فراهم می‌کند و در برنامه‌های مدیریت تلفیقی، برای رسیدن به نتایج کنترلی مطلوب در دنیا به کار گرفته می‌شود. زمانی که تصمیم به کاربرد روش شیمیایی برای کنترل علف‌های هرز در محیط‌های آبی گرفته می‌شود، لازم است که به موارد زیر توجه شود (Harvey, 2013):

- قبل از انجام سمپاشی و کاربرد علف کش در پهنه‌های آبی آلوده لازم است که مجوزهای لازم از اداره محیط زیست اخذ شود.
 - علف کش‌ها و مواد افزودنی مجاز برای کاربرد در محیط‌های آبی انتخاب شوند.
 - برچسب علف کش مطالعه شود و محدودیت زمانی ممانعت مصرف آب پس از کاربرد علف کش رعایت شود.
 - در صورت امکان سعی شود از روش‌های جایگزین کنترلی به جای روش کنترل شیمیایی بهره گرفته شود.
- برای دستیابی به کنترل شیمیایی مطلوب سنبل آبی لازم است که علف کش مناسب انتخاب و مقدار مناسب علف کش برای کاربرد تعیین شود. همچنین از تجهیزات سمپاشی مناسب استفاده گردد. زمان و روش مناسب سمپاشی انتخاب شود که در مورد هر کدام از این موارد در ادامه توضیح داده می‌شود.

انتخاب علف کش

انتخاب علف کش مناسب به مکان و نوع کاربرد آب پهنه بستگی دارد. لازم است که ابتدا به برخی سوالات پاسخ داده شود تا در موارد خاص ملاحظات لازم در نظر گرفته شود. برخی از سوالات مهم شامل موارد زیر می‌باشند (Harvey, 2013):

- آیا علف کش در آبراهه‌هایی به کار گرفته خواهد شد که به مزارع کشاورزی می‌روند؟

- آیا عامل کنترل بیولوژیک در برنامه مدیریتی سنبل آبی به کار گرفته شده است؟

- آیا آب برای مصرف آشامیدنی انسان‌ها می‌باشد؟

- آیا پهنه آبی آلوده در منطقه حفاظت شده قرار گرفته است؟

برای مثال به برخی از تصمیماتی که در موارد خاص گرفته می‌شود، اشاره می‌شود (Harvey, 2013):

- کاربرد روش کنترل شیمیایی در مناطق حفاظت شده که اغلب دارای گونه‌های گیاهی و جانوری بسیار مهمی می‌باشند، باید در حداقل

مقدار باشد. بهتر است که تا جای ممکن از روش‌های کنترل فیزیکی در این مناطق استفاده شود و اگر لازم شد که علف کش به کار گرفته شود، سمپاشی صرفاً به صورت لکه‌ای انجام شود.

- دایکوات، علف کش مجاز برای کاربرد در پهنه‌های آبی که برای مصرف انسان‌ها می‌رسند، است. با این حال لازم است که دوره

ممنوعیت مصرف آب پس از اعمال علف کش، در نظر گرفته شود. (لازم به ذکر است این علف کش در کشور به ثبت نرسیده است و اجازه مصرف ندارد).

- اگر عامل کنترل بیولوژیک در برنامه مدیریت تلفیقی سنبل آبی به کار گرفته شده باشد، بسته به موقعیت مکان آلوده، برای حفظ

جمعیت عامل کنترل بیولوژیک، دو راهکار وجود دارد. راهکار اول و حالت ایده‌آل این است که یک مکان کوچک بدون کاربرد

علف کش به عنوان پناهگاه عامل کنترل بیولوژیک در نظر گرفته شود. اگر اجرای راهکار اول امکان پذیر نباشد، راهکار دوم این است که سمپاشی در زمانی انجام شود که حشره در مرحله بالغ باشد، تا قادر باشد به مناطق بدون سمپاشی حرکت کند.

- انتخاب علف کش مناسب در مدیریت تلفیقی (تلفیق روش‌های کنترل بیولوژیک و کنترل شیمیایی) بسیار مهم است. بر اساس

پژوهش‌های انجام شده، علف کش‌های گلیفوسیت و توفوردی اسید، دارای کمترین اثر مخرب بر عوامل کنترل بیولوژیک می‌باشند.

در این موارد نیز لازم است که برچسب علف کش برای تعیین مقدار و روش کاربرد سم مطالعه شود و از کاربرد هر گونه روغنی که

بر پایه کاربرد مواد فعال کننده سم (سورفکتانت) باشد، در مخلوط با علف کش پرهیز شود. این کار موجب افزایش درصد زنده مانی حشره می شود.

انتخاب مقدار کاربرد علف کش

انتخاب مقدار یا دوز کاربرد علف کش، برای کنترل شیمیایی مطلوب بسیار اهمیت دارد. با به کار بردن دوز (مقدار) بالاتر از دوز توصیه شده علف کش، آلودگی آب ایجاد خواهد شد. با به کار بردن مقادیر کمتر از دوز توصیه شده نیز کنترل کافی علف هرز فراهم نمی شود.

انتخاب تجهیزات سمپاشی

برای دستیابی به نتایج کنترلی مطلوب، لازم است که از تجهیزات مناسب سمپاشی (سمپاش و نازل های سمپاشی مناسب و سالم) استفاده شود تا امکان پاشش مناسب مقدار توصیه شده علف کش فراهم شود.

زمان سمپاشی

سمپاشی در زمان رشد فعال سنبل آبی که حدوداً در زمان قبل و اوایل گلدهی سنبل آبی می باشد (شکل ۲۳)، برای دستیابی به نتایج کنترلی مطلوب توصیه می شود (Harvey, 2013).



شکل ۲۳. زمان مناسب سمپاشی سنبل آبی در مرحله ابتدای گلدهی بوته ها
(منبع: Harvey, 2013)

روش کاربرد علف کش

برای دستیابی به بهترین نتیجه کنترل سنبل آبی، روش کاربرد علف کش باید درست انتخاب شود، بنابراین رعایت موارد زیر توصیه می گردد (Harvey, 2013):

- کاربرد علف کش های توصیه شده برای کنترل سنبل آبی، به صورت شاخساره ای می باشد.
- در کاربرد برخی علف کش ها، تکرار سمپاشی توصیه می گردد. پس از اعمال اولین مرحله سمپاشی، نتیجه حاصله ممکن است بسیار خوب باشد و نابودی بسیار خوبی حاصل آید، اما به دلیل طبیعت رشدی گیاه سنبل آبی و وجود بانک بذر غنی گیاه در آب، احتمال رشد و آلودگی مجدد وجود دارد. بنابراین یک بار سمپاشی، معمولاً باعث از بین بردن کامل آلودگی نمی شود.
- موقعیت مکانی پهنه آبی و وسعت آلودگی، تعیین کننده انتخاب روش مناسب سمپاشی هستند. اگر پهنه آبی در منطقه حفاظت شده قرار گرفته باشد و دارای گونه های گیاهی و جانوری با ارزش حفاظتی بالا باشد، کاربرد لکه ای علف کش به جای پاشش سراسری علف کش توصیه می شود. برای آلودگی های وسیع نیز سمپاشی هوایی مانند استفاده از تکنیک های جدید سمپاشی مانند پهبادها کاربردی تر است. علف کش های توفوردی و دایکوات از علف کش های مناسب برای کاربرد هوایی هستند. علف کش گلایفوسیت نیز برای کاربرد با بوم سمپاشی مناسب می باشد.
- علی رغم پایین بودن میزان اکسیژن آب در پهنه های آبی با آلودگی بالای سنبل آبی، در صورت کاربرد علف کشی که باعث مرگ سریع بوته ها گردد، کاهش شدید و یک باره اکسیژن در آب رخ می دهد. کیفیت آب تحت تأثیر گیاهان مرده و بقایای گیاهان پوسیده سمپاشی شده قرار خواهد گرفت و این پدیده بر زنده ماندن ماهی ها و سایر موجودات آبی اثرات بسیار مخربی ایجاد خواهد کرد. (شکل ۲۴). برای حل این مشکل راه کارهایی وجود دارد، راهکار اول این است که هر بار یک سوم منطقه سمپاشی شود (شکل ۲۵). راهکار دیگر این است که تا جای امکان قبل از سمپاشی، علف های هرز پهنه آبی با روش کنترل مکانیکی حذف شوند.



شکل ۲۴. بقایای گیاهی پوسیده سنبل آبی پس از کنترل شیمیایی
(منبع: Harvey, 2013)



شکل ۲۵. تقسیم بندی زمان کنترل شیمیایی سنبل آبی در یک پهنه آبی
(منبع: Harvey, 2013)

- با وجودی که علف کش ها، ابزارهای بسیار مفیدی برای کنترل سنبل آبی هستند، دارای برخی اثرات زیست محیطی مخرب نیز می- باشند. بنابراین تا حد امکان باید تلاش شود که از سایر روش های کنترل بهره گرفته شود و در صورت استفاده از روش کنترل شیمیایی بهتر است که این روش در تلفیق با سایر روش های کنترل به صورت مدیریت تلفیقی به کار رود.

علف کش های مؤثر در کنترل سنبل آبی

دایکوآت^۸

- دایکوآت علف کشی غیرانتخابی و تماسی است، برای پاشش های با حجم بالا، کاربرد با بوم سمپاشی یا کاربردهای هوایی برای کنترل سنبل آبی به کار می رود. همان طور که قبلاً ذکر شد این علف کش در ایران به ثبت نرسیده است. در کاربرد علف کش دایکوآت موارد زیر قابل توجه می باشد (Siemering *et al.*, 2008; Harvey, 2013):

- علف کش دایکوآت سریع اثر می کند و طی ۳۶ - ۲۴ ساعت موجب مرگ گیاهان می شود. نیمه عمر این علف کش ۱۷ - ۱ روز است. بنابراین در صورت کاربرد این علف کش در پهنه های آبی بزرگ، لازم است که در هر مرحله تنها ۲۵ درصد منطقه آلوده سمپاشی شود تا کاهش یک باره اکسیژن در اثر پوسیده شدن هم زمان مواد گیاهی رخ ندهد.
- آب مورد استفاده در کاربرد علف کش دایکوآت باید تمیز باشد. کاربرد آب کثیف حاوی ذرات خاک معلق در عملکرد صحیح علف کش تداخل ایجاد کرده و باعث کاهش اثرگذاری آن می شود.

⁸ Diquat



- دایکوات تنها علف کشی است که برای کاربرد در پهنه‌های آبی که برای مصرف آب آشامیدنی به کار می‌روند، قابل استفاده است. با این حال لازم است که محدودیت زمانی مصرف آب پس از کاربرد علف کش (حدود ۱۴ روز) رعایت شود.

گلایفوسیت^۹

- گلایفوسیت، علف کشی غیرانتخابی و برگ مصرف است. جذب این علف کش توسط اندام‌های هوایی گیاه صورت می‌گیرد و به دلیل نفوذی بودن علف کش، به سمت ریشه انتقال می‌یابد (Harvey, 2013). نتایج پژوهش‌های مختلف توسط (Zaranyika and Nyandoro, 1993)، (Akinyemiju, 1993)، (Ezeri, 2002)، دیواسیگامانی (Deivasigamani, 2013)، کاستا و همکاران (Costa et al., 2011)، سیمینگ و های ورت (Siemering and Hayworth, 2008)، هیل و همکاران (Hill et al., 2012)، هروی (Harvey, 2013)، نظام آبادی (۱۳۹۸) و یعقوبی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داده است که:

- کاربرد علف کش گلایفوسیت، در مرحله فعال رشدی سنبل آبی تقریباً قبل و ابتدای گلدهی این گیاه، موجب کنترل کامل آن می‌گردد.
- گلایفوسیت خیلی زود و به طور کامل در سیستم‌های آبی تجزیه می‌شود. دارای باقیمانده نمی‌باشد و در آب به محض اتصال با ذرات معلق رس و رسوبات ته آب غیرفعال می‌شود و پس از چند ماه به دی اکسید کربن، آب، نیتروژن و فسفر تجزیه می‌شود. بنابراین بر انسان، پرندگان، ماهی‌ها و میکروارگانیسم‌ها اثر منفی ندارد و علف کش ایمنی برای کاربرد در مناطق آبی حساس و برای کاربرد در مدیریت تلفیقی سنبل آبی (کاربرد به همراه عامل کنترل بیولوژیک) می‌باشد.
- پس از کاربرد علف کش گلایفوسیت، نابودی کامل بوته‌های سنبل آبی به صورت تدریجی است و حدود ۴-۳ هفته پس از کاربرد، قابل مشاهده است.
- کاربرد مواد فعال کننده علف کش به همراه علف کش گلایفوسیت، اثرات زیست محیطی علف کش گلیفوسیت را افزایش می‌دهند. بنابراین برای پیشگیری از بروز اثرات سمیت احتمالی بر موجودات غیرهدف از جمله عوامل کنترل بیولوژیک، کاربرد مواد افزودنی و فعال کننده توصیه نمی‌شود.

⁹ Glyphosate

- اگر هنگام سمپاشی علف کش گلایفوسیت، برخی از بوته‌های سنبل آبی در آب غوطه‌ور شوند و علف کش از روی سطح گیاه شسته شود، کارایی علف کش کاهش می‌یابد. وقوع بارندگی دو ساعت پس از کاربرد علف کش نیز باعث شسته شدن علف کش از روی سطح بوته‌ها می‌شود و نیاز به تکرار سمپاشی می‌باشد.
 - تکرار کاربرد علف کش گلایفوسیت اغلب مورد نیاز می‌باشد، تا بوته‌هایی که مجدداً رشد یافته‌اند یا در پاشش اولیه مورد پاشش قرار نگرفته‌اند، کنترل شوند.
 - توصیه می‌شود که فرمولاسیون مجاز علف کش گلیفوسیت برای کاربرد در آب برای کنترل علف‌های هرز آبی به کار گرفته شود.
- علف کش رانداپ (گلایفوسیت، ۴۱ درصد SL) در ایران ثبت و موجود می‌باشد و کارایی مؤثر آن برای کنترل سنبل آبی توسط محققین کشور ما (نظام آبادی، ۱۳۹۸ و یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۹) گزارش شده است (جدول ۱).

توفوردی اسید^{۱۰}

- فرمولاسیون مجاز علف کش توفوردی برای کاربرد در محیط‌های آبی، توفوردی اسید می‌باشد که برای کنترل سنبل آبی نیز توصیه شده است. توفوردی علف کشی نفوذی است، توسط شاخساره گیاه جذب می‌شود و در کل گیاه حرکت می‌کند و بر روی فرایندهای رشد گیاه اثر می‌گذارد و رشد سلول‌های گیاهی را مختل می‌کند. علائم کاربرد توفوردی بر روی گیاهان حساس شامل کج و کوله شدن، پژمردگی و در نهایت مرگ گیاه می‌باشد. علائم ظاهری سمیت علف کش توفوردی در گیاه، در عرض چند روز ظهور می‌یابد و مرگ کامل گیاه حدود ۳-۵ هفته پس از کاربرد رخ می‌دهد (Siemering and Hayworth, 2008 and Harvey, 2013).
- موارد قابل توجه در کاربرد علف کش توفوردی شامل موارد زیر می‌باشند (Harvey, 2013):

- زمان کاربرد علف کش توفوردی، در مرحله فعال رشدی سنبل آبی تقریباً قبل و ابتدای گلدهی گیاه می‌باشد.
- برای پرهیز از ایجاد خسارت ناشی از کاربرد توفوردی بر روی گیاهان غیر هدف لازم است که از سمپاشی در شرایط وزش باد پرهیز شود.
- توفوردی علف کش انتخابی برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ است. کاربرد این علف کش در مواردی که هدف آسیب نرسیدن به گیاهان باریک برگ و جگن‌هایی که در پهنه آبی حضور دارند، گزینه مناسبی است.
- دقت شود که کاربرد علف کش توفوردی در پهنه‌های آبی که به مصرف انسان می‌رسند، مناسب نمی‌باشد.

¹⁰ 2,4-D acid

- کاربرد علف کش توفوردی برای حشرات عوامل کنترل بیولوژیک، ایمن است. بنابراین کاربرد این علف کش در مدیریت تلفیقی در کنار کنترل بیولوژیک ممانعتی وجود ندارد.
- دیده بانی و نظارت مناطق سمپاشی شده با علف کش توفوردی ضرورت دارد. زیرا پس از کاربرد این علف کش، علائم گیاه سوزی در سنبل آبی، زود نمایان می شود ولی با گذشت زمان، بوته های سمپاشی شده مجدداً به رشد خود ادامه می دهند. برای کنترل بوته های رشد یافته مجدد، تکرار کاربرد علف کش توفوردی یا کاربرد سایر روش های کنترل مانند حذف دستی یا مکانیکی ضرورت دارد.
- علف کش توفوردی در ایران ثبت و موجود می باشد و کارایی مؤثر آن برای کنترل سنبل آبی توسط یعقوبی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش شده است (جدول ۱).

بیس پیریباک سدیم^{۱۱}

- بیس پیریباک سدیم علف کشی نفوذی، پس رویشی و برگ مصرف است. این علف کش، انتخابی گیاه برنج است و برای کنترل جگن ها، باریک برگ ها و پهن برگ ها در شالیزار در ایران به کار می رود. مقدار مورد نیاز کاربرد این علف کش در هکتار بسیار کم است. همچنین این علف کش بر روی موجودات زنده زیست بوم های آبی اثر سوئی ندارد، بنابراین از نظر محیط زیست، علف کش بسیار ایمنی است و مجاز برای کاربرد در زیست بوم های آبی می باشد (Chauhan and Mahajan, 2014). این علف کش برای کنترل مؤثر سنبل آبی نیز توصیه می شود.
- موارد قابل توجه در کاربرد علف کش بیس پیریباک سدیم شامل موارد زیر می باشد (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۹ و نظام آبادی، ۱۳۹۸):

- کاربرد علف کش بیس پیریباک سدیم در زمان رشد فعال سنبل آبی تقریباً قبل و اوایل گلدهی گیاه توصیه می شود.
- واکنش گیاه سنبل آبی به علف کش بیس پیریباک سدیم، بسیار کند است. بروز علائم گیاه سوزی در گیاه تدریجی و از هفته سوم پس از سمپاشی ظاهر می شود، ولی اثرات کنترلی علف کش بر روی سنبل آبی، پایدار است.
- فرمولاسیون های مختلفی از علف کش بیس پیریباک سدیم در ایران به ثبت رسیده است و کارایی مؤثر آنها توسط محققین کشور ما (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۹ و نظام آبادی، ۱۳۹۸) در کنترل سنبل آبی گزارش شده است (جدول ۱).
- در جدول ۱، علف کش های توصیه شده برای کنترل سنبل آبی بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده در ایران ارائه شده است (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۹ و نظام آبادی، ۱۳۹۸).

¹¹ Bispyribac sodium

جدول ۱. علف کش های توصیه شده برای کنترل سنبل آبی (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۹ و نظام آبادی، ۱۳۹۸)

نام تجاری	نام عمومی	فرمولاسیون	دوز توصیه شده علف کش (گرم ماده مؤثره در هکتار)	مقدار کاربرد علف کش	تعداد دفعات کاربرد
رانداپ	گلایفوسیت	۴۱ درصد SL	۱۲۳۰	دوز توصیه شده	دو بار
رانداپ	گلایفوسیت	۴۱ درصد SL	۱۶۴۰	۲ برابر دوز توصیه شده	یک بار
یو ۴۶- کامیفلوید	توفوردی + ام سی پی ای	۶۷/۵ درصد SL	۱۳۵۰	۲ برابر دوز توصیه شده	یک بار
کلین وید	بیس پیریپاک سدیم	۴۰ درصد SC	۴۰	۲ برابر دوز توصیه شده	یک بار
نومینی	بیس پیریپاک سدیم	۱۰ درصد SC	۲۵	۲ برابر دوز توصیه شده	یک بار
وجین	بیس پیریپاک سدیم	۱۲/۵ درصد SC	۲۵	دوز توصیه شده	دو بار

* فاصله زمانی بین دو بار کاربرد علف کش های رانداپ و وجین، یک هفته می باشد.

* زمان مطلوب کاربرد علف کش های توصیه شده در جدول، قبل و ابتدای گلدهی سنبل آبی می باشد.

* روش کاربرد علف کش های توصیه شده در جدول، برگ مصرف (سمپاشی بر روی اندام های هوایی بوته های سنبل آبی) می باشد.

کنترل بیولوژیک

کنترل بیولوژیک روشی ایمن و سازگار با محیط زیست است. عامل کنترل بیولوژیک، آلودگی سنبل آبی را در پهنه آبی ریشه کن نمی کند، بلکه به تدریج تراکم جمعیت علف هرز را کاهش می دهد که این پدیده از طریق جلوگیری از گلدهی، تولید بذر و تولید گیاهان دختری ایجاد رخ می دهد. بر این اساس، روش کنترل بیولوژیک برای آلودگی هایی که امکان ریشه کن کردن آنها نباشد، توصیه می شود. در بسیاری از موارد، روش کنترل بیولوژیک به تنهایی کنترل کافی سنبل آبی را فراهم نمی کند و لازم است که در برنامه مدیریت تلفیقی به کار گرفته شود. کنترل بیولوژیک برای مکان های زیر مناسب است (Harvey, 2013):

- آلودگی هایی که طی چند سال توسعه یافته اند و بانک بذر غنی تشکیل شده باشد، بنابراین انتظار می رود که آلودگی قابل ریشه کنی نباشد.
- آلودگی در پهنه آبی محفوظ باشد و ارتباط با آب های دیگر نداشته باشد.
- در آلودگی های با اندازه متوسط تا بزرگ در تلفیق با روش های کنترل مکانیکی یا شیمیایی، برای پایین نگه داشتن سطح آلودگی مناسب می باشد.

مکان هایی که برای اعمال کنترل بیولوژیک مناسب نیستند، شامل موارد زیر می باشند (Harvey, 2013):

- مناطقی که وسعت آلودگی کم است (کمتر از یک هکتار باشد).
- آلودگی جدید و ایزوله باشد و ریشه کنی مقدور باشد.

- آلودگی‌هایی که باید به طور مداوم حذف کامل شوند. برای مثال مناطقی که از نظر حفاظتی با ارزش هستند یا کاربرد تفریحی با ارزشی دارند.

با توجه به اینکه آلودگی سنبل آبی در استان گیلان در مراحل اولیه می‌باشد، برنامه‌ریزی‌های کنترلی باید بر اساس ریشه‌کنی باشد. برای کنترل بیولوژیک سنبل آبی، چهار گونه حشره شامل دو گونه سوسک *Neochetina eichhorniae* و *Neochetina bruchi* و دو گونه پروانه *Niphograpta albiguttalis* و *Xubida infusella* در دنیا معرفی شده است (Harvey, 2013). نتایج پژوهش قناده‌آموز (۱۳۹۸) در استان گیلان نشان داد که عامل کنترل بیولوژیک مناسبی بر روی آلودگی‌های سنبل آبی در استان گیلان مشاهده نشد.

ویژگی ظاهری سوسک‌های عامل کنترل بیولوژیک سنبل آبی

دو گونه سوسک *N. eichhorniae* و *N. bruchi* از سنبل آبی تغذیه می‌کنند. حشره بالغ گونه *N. eichhorniae* به رنگ خاکستری و گونه *N. bruchi* به رنگ قهوه‌ای برنز است. از نظر اندازه حشره بالغ گونه *N. bruchi* کمی بزرگتر از گونه *N. eichhorniae* است (شکل ۲۷) (Harvey, 2013).



شکل ۲۷. سوسک‌های عامل کنترل بیولوژیک سنبل آبی: گونه *Neochetina eichhorniae* (شکل سمت راست) و گونه *Neochetina bruchi* (شکل سمت چپ)
(منبع: Harvey, 2013)

عوامل محیطی مؤثر بر سوسک‌ها

استقرار و فعالیت سوسک‌ها به میزان زیادی به درجه حرارت و فراهمی مواد غذایی بستگی دارد. درجه حرارت مطلوب برای تغذیه حشرات بالغ و تخم‌ریزی گونه *N. eichhorniae*، حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و برای گونه *N. bruchi*، حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد بیان شده است. گونه *N. bruchi* در شرایطی که سطوح بالایی از مواد غذایی فراهم باشد، بهتر می‌تواند توسعه یابد. گونه *N. eichhorniae* می‌تواند از گیاهانی که از نظر

کیفیت پایین تر هستند نیز تغذیه کند. پیشنهاد شده است که دو گونه سوسک با هم رهاسازی شوند تا تکمیل کننده فعالیت همدیگر باشند (Harvey, 2013).

اثرات تغذیه و خسارت سوسک‌ها بر روی سنبل آبی

پس از استقرار حشره در مکان جدید، سوسک‌ها موجب جلوگیری از گلدهی و تولید بذر در سنبل آبی می‌شوند. الگوی تغذیه و نحوه خسارت دو گونه سوسک بر روی سنبل آبی بسیار به هم شبیه است. لاروهای جوان در دمبرگ‌های سنبل آبی، تونل‌هایی ایجاد کرده و حرکت می‌کنند و از جوانه‌های جانبی تازه تشکیل شده در سنبل آبی تغذیه می‌کنند (شکل ۲۸). حضور لاروها با رگه‌های تیره بافت مرده در سطح زیرین دمبرگ قابل ردیابی است. حشرات بالغ شب‌ها فعالیت می‌کنند، از دمبرگ‌های جوان، آبدار و نرم گیاه تغذیه می‌کنند و در طول روز بی‌حرکت و غیر فعال در تاج پوشه گیاه پنهان می‌شوند. لکه‌های مربعی شکل بر روی شاخ و برگ سنبل آبی، ناشی از تغذیه سوسک‌ها می‌باشد (شکل ۲۸)، وجود این لکه‌ها و زخم‌ها، احتمال حمله قارچ‌ها و باکتری‌ها را به گیاه افزایش می‌دهند. تغذیه زیاد حشرات بالغ باعث می‌شود که برگ‌ها خشک، لوله‌ای و در نهایت شکننده شوند، رشد گیاه و تولید گل کم شود. خسارت و پوسیدگی برگ‌ها در نهایت باعث افتادن برگ و غرق شدن بوته‌ها در آب شده و تراکم جمعیتی علف‌هرز کاهش می‌یابد (Harvey, 2013).



شکل ۲۸. اثرات تغذیه سوسک‌های بالغ کنترل بیولوژیک بر روی برگ‌های سنبل آبی (شکل سمت راست) و لاروها در دمبرگ سنبل آبی (شکل سمت چپ)
(منبع: Harvey, 2013)

روش تشخیص حضور سوسک‌ها

برای تشخیص حضور سوسک‌ها در منطقه آلوده سنبل آبی، تعدادی علائم وجود دارد که شامل موارد زیر می‌باشد (Harvey, 2013):

- لکه‌ها و زخم‌های ناشی از تغذیه سوسک‌ها بر روی برگ‌ها و دمبرگ‌های سنبل آبی شناسایی شوند. اگر لکه‌ها فقط بر روی برگ‌ها و مرکزی و جوان باشند، نشان دهنده این است که سوسک‌ها در حال حاضر فعال هستند. اگر زخم‌ها و لکه‌ها فقط بر روی برگ‌ها

های قدیمی تر باشند، نشان دهنده این است که سوسک‌ها چند هفته پیش فعال بوده‌اند. اگر لکه‌ها بر روی همه برگ‌ها باشند، نشان می‌دهد که جمعیت سوسک به خوبی در حال فعالیت می‌باشد.

- حشرات بالغ سوسک‌ها در طول روز در تاج پوشه گیاه پنهان می‌شوند و در شب فعالیت می‌کنند، بنابراین برای مشاهده حشرات بالغ، باز کردن تاج پوشه گیاه سنبل آبی لازم است.

ویژگی پروانه‌های عامل کنترل بیولوژیک سنبل آبی

دو گونه پروانه *N. albiguttalis* و *X. infusella* به عنوان عامل کنترل بیولوژیک سنبل آبی می‌باشند. این پروانه‌ها برای گیاهان جوان و در حال رشد سنبل آبی بسیار خسارت‌زا هستند و در دمبرگ و جوانه بوته‌های سنبل آبی، تونل‌هایی ایجاد می‌کنند، اما تأثیر آنها اغلب موقت و لکه‌ای است. بر این اساس اکثراً برنامه‌های کنترل بیولوژیکی سنبل آبی با سوسک‌ها انجام می‌شود (Harvey, 2013).



شکل ۲۹. پروانه *Niphograpta albiguttalis*

(منبع: Harvey, 2013)

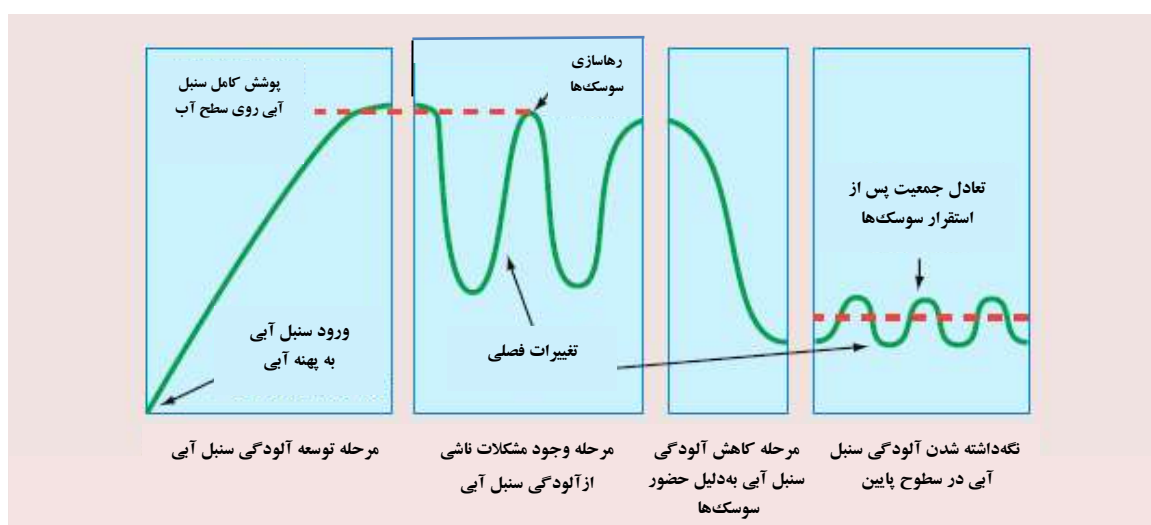
محدودیت‌های کنترل بیولوژیک

عوامل مؤثر بر استقرار و فعالیت مناسب عوامل کنترل بیولوژیک و میزان موفقیت روش کنترل بیولوژیک شامل آب و هوا، درجه حرارت و سایر شرایط محیطی می‌باشد. در مناطق با آب و هوای گرمسیری، استقرار سوسک‌ها و ایجاد خسارت توسط آنها سریع‌تر رخ می‌دهد و کنترل بیولوژیک با موفقیت بیشتری همراه است. در این مناطق معمولاً سوسک‌ها پس از رهاسازی تقریباً ۶ سال به جمعیت کافی می‌رسند. در آب و هوای خنک‌تر، سوسک‌ها در طول ماه‌های سرد رشد نمی‌کنند، بنابراین جمعیت آنها در فصول سرد کم می‌شود. در نتیجه با اطمینان نمی‌توان گفت که آیا در این مناطق، سوسک‌ها می‌توانند به جمعیت کافی برای کنترل مؤثر برسند یا نه؟ عامل تأثیرگذار دیگر ثبات شرایط زیست عامل کنترل بیولوژیک می‌باشد، تا حشره بتواند جمعیت خود را به حدی افزایش دهد که کنترل مؤثر سنبل آبی را فراهم کند. برای مثال وقوع سیلاب‌های فصلی باعث از هم گسیختن توده‌های سنبل آبی می‌شود، در نتیجه بخشی از جمعیت عامل کنترل بیولوژیک از بین می‌رود. فصول

خشک نیز موجب خشک شدن آب پهنه آبی شده و از بین رفتن بخشی از جمعیت عامل کنترل بیولوژیک می‌شوند. بر اساس این اطلاعات، کنترل بیولوژیک مطلوب سنبل آبی زمانی میسر می‌شود که پهنه آبی آلوده خیلی بزرگ باشد و در منطقه با آب و هوایی گرمسیری و نیمه گرمسیری قرار گرفته باشد (Harvey, 2013).

فرایند کنترل بیولوژیک

اگر شرایط مطلوب برای عامل کنترل بیولوژیک فراهم باشد، سوسک‌ها به‌خوبی تغذیه می‌کنند و جمعیت آنها سریع افزایش می‌یابد. به‌تدریج فراهمی غذایی کاهش می‌یابد تا به نقطه‌ای می‌رسد که میزان کیفیت و کمیت گیاهی کاهش می‌یابد و این پدیده منجر به کاهش جمعیت سوسک‌ها می‌شود. با کم شدن جمعیت سوسک‌ها، جمعیت سنبل آبی باقیمانده دوباره افزایش می‌یابد. جمعیت سوسک‌ها نیز به‌دلیل افزایش منابع غذایی دوباره افزایش می‌یابد. این چرخه به‌طور مرتب تکرار می‌شود تا بین جمعیت سوسک و سنبل آبی تعادل برقرار شود. رسیدن به حالت تعادل چند سال به طول می‌انجامد (شکل ۳۰). اگر شرایط مطلوب نباشد، این حالت تعادل ایجاد نمی‌شود. برای مثال در شرایط آب و هوایی سرد یا در مناطقی که سیلاب‌های فصلی رخ می‌دهد، تعادل جمعیتی بین سوسک و سنبل آبی ایجاد نمی‌شود. در این مواقع یا باید حشره بالغ سوسک دوباره رهاسازی شود یا اینکه گیاه میزبان (سنبل آبی) به مکان مورد نظر وارد شود (Harvey, 2013).



شکل ۲۶. فرایند کنترل بیولوژیکی از زمان توسعه آلودگی سنبل آبی تا رهاسازی حشره، چرخه کاهش جمعیت گیاه و حشره و در نهایت رسیدن به حالت تعادل جمعیت حشره و سنبل آبی
(منبع: Harvey, 2013)

مدیریت تلفیقی

در مدیریت تلفیقی از چند روش کنترلی در زمان‌های مختلف برای رسیدن به بهترین نتیجه و به حداقل رساندن اثرات علف‌های هرز بهره گرفته می‌شود. انتخاب اجزای مدیریت تلفیقی سنبل آبی بر اساس فاکتورهای مکان آلوده شامل نوع کاربرد آب، وسعت آلودگی، آب و هوا، مواد مغذی آب و هدف از برنامه کنترل می‌باشد. برای مثال اگر آلودگی نیاز به انجام اقدامات کنترلی فوری داشته باشد، کنترل بیولوژیک گزینه مناسبی نخواهد بود، زیرا کنترل بیولوژیک، روشی زمان‌بر است و به چند سال زمان نیاز دارد تا عامل کنترل بیولوژیک در آلودگی منطقه مستقر شود و نتیجه مطلوب به دست آید. رایج‌ترین استراتژی‌هایی که برای کنترل تلفیقی سنبل آبی به کار گرفته می‌شوند شامل موارد زیر می‌باشند (Harvey, 2013):

- تلفیق کنترل بیولوژیک با کنترل شیمیایی

- تلفیق کنترل شیمیایی با کنترل مکانیکی

- تلفیق کنترل شیمیایی یا کنترل مکانیکی با مدیریت سطح آب.

- تلفیق کنترل بیولوژیک با کنترل شیمیایی

این روش مدیریتی برای مکان‌هایی که آلودگی استقرار یافته است و ریشه کنی آلودگی امکان پذیر نمی‌باشد، بسیار مناسب است. روش کنترل بیولوژیک که اساساً تکمیل کننده کنترل سایر روش‌ها است، از رشد علف‌هرزهای باقیمانده در قسمت‌های سمپاشی شده و گیاهان جدیدی که دوباره سبز می‌شوند، جلوگیری می‌کند. برای انتخاب این روش مدیریت تلفیقی موارد زیر باید مشخص و برنامه ریزی شوند (Harvey, 2013):

- آیا مکان مورد نظر برای اعمال روش کنترل بیولوژیک مناسب است؟

- آیا امکان نگه داشتن یک منطقه امن بدون کاربرد علف کش وجود دارد؟

- از حفاظ‌ها و موانع برای منطقه بدون کاربرد علف کش استفاده شود.

- وسعت مکان امن بدون کاربرد علف کش تعیین شود.

- علف کش مناسب انتخاب شود.

- زمان مناسب کاربرد علف کش تعیین شود.

- دیده بانی به طور منظم انجام شود.

منطقه امن عامل کنترل بیولوژیک

مکان امن حشرات عامل کنترل بیولوژیک به منطقه‌ای گفته می‌شود که بدون کاربرد علف‌کش نگه داشته می‌شوند تا حشرات قادر باشند از مکان‌های سمپاشی شده به مکان‌های بدون سمپاشی حرکت کرده، مستقر شوند و تغذیه و زاد و ولد کنند. معمولاً نقاط امن با کاربرد حفاظ‌های شناور مشخص و جدا می‌شوند (شکل ۲۷). مکان‌یابی نقاط امن به دقت زیادی نیاز دارد. به‌طور مطلوب در پهنه‌های آبی دائمی یا کم جریان، مناطقی انتخاب می‌شوند که به راحتی قرنطینه شوند و در معرض سیلاب‌های فصلی بالادست نباشند. این مناطق به‌طور مطلوب حداقل باید حدود ۳۰ متر مربع وسعت داشته باشند تا جمعیت قابل قبولی از سوسک بتواند آنجا مستقر شود. اگر منطقه امن خیلی کوچک باشد، کیفیت گیاهان موجود خیلی زود شروع به زوال می‌کند، در نتیجه حشرات برای پیدا کردن منابع غذایی سالم‌تر از این منطقه پرواز کرده و متفرق می‌شوند. اگر امکان نگه داشتن منطقه‌ای بدون سمپاشی برای حفظ جمعیت سالم حشرات عامل کنترل بیولوژیک وجود نداشته باشد، می‌توان کاربرد علف‌کش را در زمانی انجام داد که حشره در مرحله بالغ باشد، تا بتواند به مناطق بدون سمپاشی حرکت کند. تلفیق مناسب دو روش کنترل بیولوژیک و کنترل شیمیایی، به تدریج کمک می‌کند که در طول زمان نیاز به کاربرد علف‌کش کاهش یابد (Harvey, 2013).



شکل ۲۷. قرار دادن حفاظ برای نگه داشتن منطقه امن عامل کنترل بیولوژیک
(منبع: Harvey, 2013)

انتخاب علف‌کش

انتخاب علف‌کش در این روش مدیریت باید با احتیاط انجام شود و علف‌کشی انتخاب شود که دارای کمترین اثر مخرب بر روی جمعیت عامل کنترل بیولوژیک باشد. کاربرد مواد افزودنی (مواد فعال‌کننده علف‌کش) به همراه علف‌کش، غالباً دارای اثر سمیت بر روی عوامل کنترل بیولوژیک می‌باشد، بنابراین کاربرد آنها در این روش مدیریت توصیه نمی‌گردد. بر اساس نتایج تحقیقات مختلف، علف‌کش‌های گلایفوسیت و توفوردی اسید دارای کمترین اثر سمیت بر روی سوسک‌ها می‌باشند. پس از انتخاب علف‌کش لازم است که برچسب علف‌کش برای تعیین مقدار و روش صحیح کاربرد مطالعه شود (Harvey, 2013).

زمان کاربرد علف کش

اگر منطقه بدون کاربرد علف کش (منطقه امن برای عامل کنترل بیولوژیک) در نظر گرفته نشده باشد، لازم است که کاربرد علف کش در زمانی باشد که سوسک‌ها در مرحله بالغ باشند (Harvey, 2013) که بدین صورت می‌باشد:

- در مناطق با آب و هوای گرمسیری، حشره در کل سال فعالیت دارد، بنابراین می‌توان علف کش را در زمانی که سنبل آبی در مرحله رشد فعال است انجام داد.

- در مناطق با آب و هوای نیمه گرمسیری، با اینکه حشره بالغ در کل سال دارای حرکت و فعالیت می‌باشد، اما بیشترین فعالیت را در ماه‌های بهار و پاییز دارد، بنابراین پاشش علف کش از اواخر بهار تا پاییز توصیه شده است.

- در مناطقی مانند استان گیلان با آب و هوای معتدل، فعالیت سوسک‌ها در ماه‌های زمستان کند است و جمعیت حشره بالغ در این مدت بسیار کم خواهد شد. با اینکه اثر کنترل بیولوژیک در این مناطق هنوز شفاف نیست، ولی پیشنهاد شده است که زمان مناسب برای سمپاشی احتمالاً در اواخر تابستان و اوایل ماه‌های پاییز باشد.

اگر مناطق بدون پاشش علف کش به عنوان مکان امن برای عامل کنترل بیولوژیک در نظر گرفته شده باشد، زمان کاربرد علف کش بر اساس بهترین زمان کنترل سنبل آبی برنامه ریزی می‌شود. بهترین زمان سمپاشی در حالتی است که گیاهان سنبل آبی جوان، سالم و در مرحله رشد فعال باشند که تقریباً قبل یا ابتدای مرحله گلدهی گیاه می‌باشد. با سمپاشی در زمان دیرتر یعنی زمانی که گیاه سنبل آبی پیرتر باشد، برگ‌ها بلند، خمیده و پژمرده می‌شوند و نتایج کنترلی مطلوب به دست نمی‌آید (Harvey, 2013).

در هر دو حالت بیان شده در بالا، اگر آلودگی سنگین باشد و کل سطح آب پهنه، توسط سنبل آبی پوشیده شده باشد، توصیه می‌شود که ابتدا ۵۰ درصد آلودگی سمپاشی شود و ۵۰ درصد باقیمانده در مرحله بعد پاشش شود (Harvey, 2013).

پایش و نظارت

دیده بانی مداوم جمعیت سوسک‌ها و رشد سنبل آبی در طول سال برای چند سال ضرورت دارد، تا اطمینان حاصل شود که با اجرای برنامه مدیریت تلفیقی، آلودگی در سطح کم و قابل قبول نگه داشته شده است. سطح پایین آلودگی سنبل آبی کمک به بقاء و سلامت جمعیت سوسک‌ها می‌کند. گیاهانی که پس از کاربرد علف کش از بانک بذر موجود در آب سبز می‌شوند، غذای لازم سالم را برای سوسک‌ها فراهم می‌کنند تا تولیدمثل کنند و جمعیت خود را افزایش دهند. در مواردی مانند پس از وقوع سیلاب‌های فصلی، نیاز به رهاسازی مجدد سوسک‌ها می‌باشد تا کنترل بیولوژیک با شکست مواجه نشود (Harvey, 2013).

- تلفیق کنترل مکانیکی با کنترل شیمیایی

با تلفیق روش‌های کنترل مکانیکی و شیمیایی، این دو روش تکمیل کننده کنترل هم خواهند بود. این روش در سطوح مختلف آلودگی قابل اجرا است.

آلودگی در سطوح وسیع

در آلودگی‌های وسیع دو حالت وجود دارد که در هر مورد تصمیم جداگانه‌ای گرفته می‌شود (Harvey, 2013):

- اگر توده‌های زیادی از "سنبل آبی بالغ" و سایر گیاهان در مکان مورد نظر وجود داشته باشند، ابتدا با کاربرد علف کش غیرانتخابی مانند گلایفوسیت در نواحی حاشیه، امکان ورود و فعالیت ماشین آلات کنترل مکانیکی فراهم می‌شود. سپس با کمک ماشین آلات کنترل مکانیکی، اقدام به حذف توده‌های سنبل آبی می‌گردد. حذف مکانیکی باعث آشفته‌گی آب می‌شود، رسوبات و مواد مغذی آب به حرکت در می‌آیند و محیطی ایده‌آل برای رشد مجدد قطعه‌های گیاهی رها شده و تحریک بانک بذر سنبل آبی فراهم می‌شود، این گیاهان رشد یافته را با روش کنترل شیمیایی از بین می‌برند.

- اگر توده‌های زیادی از "سنبل آبی جوان" در مکان مورد نظر وجود داشته باشند، توصیه می‌شود که در مرحله رشد فعال سنبل آبی که قبل و ابتدای گلدهی گیاه می‌باشد، سمپاشی صورت گیرد. در این شرایط به دلیل وسعت زیاد آلودگی اغلب سمپاشی هوایی توصیه می‌شود. سموم قابل استفاده در سمپاشی هوایی، توفوردی و دایکوات می‌باشند که بر اساس نوع کاربرد آب پهنه انتخاب خواهند شد. سپس گیاهان مرده سنبل آبی توسط ماشین آلات مکانیکی از محیط حذف می‌شوند (شکل ۲۸).

به‌طور مطلوب در مناطقی مانند استان گیلان که دارای آب و هوای معتدل می‌باشند، کاربرد علف کش در زمان رشد فعال سنبل آبی (قبل و ابتدای گلدهی سنبل آبی) توصیه می‌شود. آب پهنه در فصل پاییز در پایین‌ترین سطح می‌باشد، بنابراین انجام عملیات کنترل مکانیکی در این زمان توصیه می‌شود.



شکل ۲۸. جمع آوری و حذف گیاهان مرده سنبل آبی پس از سمپاشی
(منبع: Harvey, 2013)

آلودگی در سطوح متوسط

در آلودگی‌های متوسط نیز دو حالت وجود دارد که در هر مورد تصمیم جداگانه‌ای گرفته می‌شود (Harvey, 2013):

- اگر نیاز به احیاء سریع آبراهه باشد، بخش عمده‌ای از آلودگی با روش مکانیکی حذف می‌شود، سپس با روش شیمیایی، بوته‌های رهاشده از روش کنترل مکانیکی و همچنین گیاهانی که مجدداً رشد کرده‌اند، حذف می‌شوند.
- اگر حذف خیلی سریع سنبل آبی از آبراهه ضرورت نداشته باشد، آلودگی پهنه با روش کنترل مکانیکی حذف می‌گردد. سپس با روش‌های دیگری به جای کاربرد علف کش مانند حذف دستی برای کنترل گیاهان رهاشده یا دوباره سبز شده استفاده می‌شود.

قابل توجه است که در اجرای روش مدیریت تلفیقی مکانیکی و شیمیایی، حفاظ‌های فیزیکی ابزارهای بسیار سودمندی هستند و این امکان را فراهم می‌کنند که آلودگی در یک منطقه متمرکز شود، به‌طوری‌که علف‌های هرز از جاهای دیگر به این منطقه هدایت می‌شوند (شکل ۲۹). با این کار میزان علف کش مورد نیاز کاهش می‌یابد. به‌طور مطلوب این منطقه باید در جایی در نظر گرفته شود که امکان کاربرد علف کش یا به-کار بردن کنترل مکانیکی مقدور باشد (Harvey, 2013).



شکل ۲۹. قرار دادن حفاظ فیزیکی برای جمع کردن آلودگی در یک نقطه متمرکز
(منبع: Harvey, 2013)

آلودگی در سطوح کم

با تعیین نوع کاربرد آبراهه، آلودگی‌های کم را می‌توان با روش کنترل فیزیکی به‌طور پی در پی با روش حذف دستی یا مکانیکی کنترل کرد و در صورت نیاز، روش شیمیایی را در بخشی از برنامه کنترل جای داد. یا اینکه ابتدا با روش شیمیایی آلودگی را حذف نمود و در دفعات بعدی، بوته‌هایی که مجدداً رشد یافته‌اند را با روش حذف دستی یا مکانیکی کنترل کرد (Harvey, 2013).

- تلفیق روش دستکاری سطح آب با روش‌های کنترل شیمیایی یا مکانیکی

این روش از طریق چرخه خشک و خیس کردن آب پهنه به مدیریت سنبل آبی می‌پردازند. ابتدا جوانه‌زنی بانک بذر سنبل آبی تحریک می‌شود، سپس با روش‌های کنترل مکانیکی یا شیمیایی بوته‌های سبز شده سنبل آبی حذف می‌شوند. البته قابل ذکر است که این روش تنها در جاهایی که دارای بانک بذر کمی باشند، مانند پهنه‌های آبی کوچک و محصور که امکان تغییر سطح آب میسر باشد، قابل اجرا است. تحریک جوانه‌زنی بذور سنبل آبی به‌طور معمول با نوسان سطح آب انجام می‌شود. ایجاد بستر گل آلود و مرطوب با کاهش سطح آب در ماه‌های اول بهار یا پاییز (به‌دلیل وجود دمای مناسب جوانه‌زنی در این ایام) و در معرض نور قرار گرفتن بذور نیز موجب تحریک جوانه‌زنی بذور می‌گردد. بنابراین کاهش سطح آب در ماه‌های اول بهار (یا پاییز) این امر را میسر می‌سازد. با انجام این عملیات مدیریتی، امکان ریشه‌کشی علف‌هرز امکان‌پذیر خواهد شد (شکل ۳۰) (Harvey, 2013).



شکل ۳۰. کاهش سطح آب برای تحریک جوانه‌زنی بذر سنبل آبی
(منبع: Harvey, 2013)

نتیجه‌گیری نهایی

عوامل مختلفی برای تصمیم‌گیری و انتخاب بهترین روش کنترل سنبل آبی دخیل هستند که شامل آب و هوا، وسعت آلودگی، سن بوته‌های سنبل آبی، نوع کاربری آب منطقه آلوده، مشخصات منطقه مورد تهاجم و ... می‌باشند. در واقع برای تمامی آلودگی‌ها یک روش کنترل مشخص قابل توصیه نمی‌باشد.

شرایط اقلیمی مناسب و غنی بودن بیشتر منابع آبی در استان‌های شمالی ایران، خطر حضور و گسترش روزافزون سنبل آبی را میسر می‌کند. همچنین با توجه به اینکه آلودگی سنبل آبی در ایران هنوز در مراحل اولیه است، باید برنامه‌ریزی‌های مدیریتی بر پایه کنترل کامل و ریشه‌کنی سنبل آبی باشد. بنابراین توصیه می‌شود که برای رسیدن به بهترین نتیجه و به حداقل رساندن اثرات این علف‌هرز مهاجم بسیار خطرناک، از مدیریت تلفیقی و به کارگیری روش‌های مختلف کنترلی ارائه شده در این دستنامه مانند روش‌های پیشگیری، روش‌های کنترل فیزیکی (حذف دستی، حذف مکانیکی، کاربرد موانع فیزیکی)، روش شیمیایی، دستکاری سطح آب و تحریک جوانه‌زنی و سبز شدن بوته‌ها، در زمان‌های مختلف بهره‌گرفته شود. بنابراین توصیه می‌شود که مطالب ارائه شده در این دستنامه به‌طور کامل مطالعه شود و در کاربرد روش‌های کنترلی ارائه شده، موارد توصیه شده مورد توجه قرار گیرد. در این راستا آموزش و افزایش آگاهی مردم و یادآوری مخاطرات حضور این گیاه خطرناک به‌طور مداوم، همواره ضروری می‌باشد.

فهرست منابع

امینی راد، م. ۱۳۹۶. مطالعه بیولوژی، فنولوژی و تهیه نقشه پراکنش گیاه سنبل آبی در استان‌های شمالی کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.



- تکاسی، س.، سهرابی، س. و کازرونی منفرد، ا. ۱۳۹۷. ارزیابی خطرزایی دو گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) و آمبروزیا (*Ambrosia psilostachya* DC.) در استان گیلان. مجله ایمنی زیستی، ۱۱(۱): ۵۷-۷۲.
- زند، ا.، نظام آبادی، ن.، باغستانی، م.ع.، شیمی، پ. و موسوی، س.ک. ۱۳۹۸. راهنمای کنترل شیمیایی علف‌های هرز ایران. ویراست ششم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- عاشوری، ع. ۱۳۹۴. گزارشی از وضعیت گیاه مهاجم سنبل آبی در تالاب بین‌المللی انزلی و اقدامات انجام گرفته. پرتال اداره کل حفاظت محیط زیست.
- قنادآموز، س. ۱۳۹۸. بررسی فون حشرات مربوط به علف‌هرز مهاجم سنبل آبی در استان گیلان به منظور تعیین و معرفی گونه‌های مؤثر مفید در کنترل بیولوژیک آن. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- مدنی، س. و روانبخش، م. ۱۳۹۵. مروری بر وضعیت گیاهان مهاجم، مطالعه موردی پراکنش سنبل آبی در استان گیلان. اولین کنفرانس بین‌المللی آب، محیط زیست و توسعه پایدار. دانشگاه محقق اردبیلی، ۶ تا ۸ مهر. ۸-۱.
- میرزاجانی، ع. ۱۳۸۸. بررسی لیمنولوژیکی تالاب انزلی بر مبنای مطالعات ده ساله (۱۳۸۰-۱۳۷۰) با استفاده از سامانه جغرافیایی GIS. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات شیلات ایران، پژوهشکده آبرزی پروری (آبهای داخلی). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- میرزاجانی، ع.، نادری، س. و پروانه مقدم، د. ۱۳۹۸. بررسی پراکنش و برخی ویژگی‌های زیستی گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در تالاب انزلی، استان گیلان. زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۱۱(۴۰): ۶۲-۵۱.
- نظام آبادی، ن. ۱۳۹۸. بررسی امکان کنترل شیمیایی گیاه مهاجم سنبل آبی در شرایط کنترل شده مزوکوزم و تالاب انزلی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- یعقوبی، ب.، پورامیر، ف. و منصورپور، ف. ۱۳۹۹. کنترل شیمیایی علف‌هرز آبرزی سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*). مجله دانش علف‌های هرز، ۱۶(۱): ۷۸-۶۳.

- 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.
- Alwakgga, A.H. and Ahmed, A.M. 2018. Effect of sowing dates on germination of common water hyacinth (*Eichhornia crassipes* mart) solms in central Iraq. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 13(1): 1-9.
- Ausden, M. 2007. Habitat Management for Conservation. Oxford University Press, pp. 411.
- Brendonck L., Maes J., Rommens W., Dekeza N., Nhiwatiwa T., Barson M., Callebaut V., Phiri C., Moreau K., Gratwicke B., Stevens M., Alyn N., Holsters E., Ollevier F. and Marshall B. 2003. The impact of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in a eutrophic subtropical impoundment (Lake Chivero, Zimbabwe). II. Species diversity. Archiv Fur Hydrobiologie, 158: 389-405.
- Center, T.D., Van, T.K., Dray, J.F.A., Francks, S.J., Rebelo, M.T., Pratt, P.D. and Rayamaghi, M.B. 2005. Herbivory alters competitive interactions between two invasive aquatic plants. Biological Control, 33: 173-185.
- Chandra, G., Ghosh, A., Biswas, D. and Chatterjee, S. 2006. Host plant preference of *Mansonia mosquitoes*. Journal of Aquatic Plant Management, 44:142-144.
- Chauhan, B.S. and Mahajan, G. 2014. Recent advances in weed management. Edited. Springer. 411 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.
- Cronk, J.K., Fenessy, M.S., 2001. *Wetland plants: biology and ecology*. Lewis Publishers. 462 pp.
- Dagno, K., Lahlali, R., Diourte, M., and Haissam, J., 2012. Fungi occurring on water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Martius] Solms-Laubach) in Niger River in Mali and their evaluation as Mycoherbicides. *Journal of Aquatic Plant Management*, 50: 25-32.
- Deivasigmani, S. 2013. Influence on certain herbicides for the control of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Martius] Solms) and its impact on fish mortality. *Journal Biofertil Biopestici*, 4(2): 138-151.
- Edewor, J.O. 1988. Developing water hyacinth in Nigerian waters, Aug. 7-12, Lagos, Nigeria, pp. 175-178.
- 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>.
- 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.
- Feikin, D., Tabu, C. and Gichuki, J. 2010. Does water hyacinth on East African lakes promote cholera outbreaks? *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 83: 370–373.
- Gasso, N., Basnou, C., and Vila, M. 2010. Predicting plant invaders in the Mediterranean through a weed risk assessment. *System. Biol Invasions*, 12: 463–476.
- Gichuki, J., Omondi, R., Boera, P., Tom Okorut, T., SaidMatano, A., 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, Article ID 106429, 10 pages doi:10.1100/2012/106429.
- Gopal, B. 1987. Biocontrol with arthropods. *Water Hyacinth*. 208-230, [2 figs, Aquatic Plant Studies, No.1].
- Gopal, B. and Sharma, K.P. 1981. *Water hyacinth (Eichhornia crassipes)*, the most troublesome weed of the world. Hindasia Publ, UK.
- Gunnarson, C.C., Petersen, C.M. 2007. Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: a literature review. *Waste Management*, 27: 117–129.
- Haider, S.Z. 1989. Recent work in Bangladesh on the utilization of water hyacinth. *Commonwealth Science Council/Dhaka University, Dhaka*, pp: 32.
- Harvey, K. 2013. Water hyacinth control modules, control options for water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Australia.- <https://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf-file/0005/505706/water-hyacinth-control-modules-full-accessible.pdf>
- 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): 1321-1333.
- Holland, J. R. 2020. Common water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5561178>
- Horn, C.N. 2002. Pontederiaceae. *In: Flora of North America north of Mexico*, edited by Flora of North America Editorial Committee, vol. 26, pp. 37-46. New York and Oxford: Oxford University Press.
- Jones, R. 2009. The impact on biodiversity, and integrated control, of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach (*Pontederiaceae*) on the Lake Nsezi –Nseleni River System. Mc Thesis. Department of Zoology and Entomology-Rhodes University. South Africa. 115p.
- Kirkbride, J.H. Gunn, C.R. and Dallwitz, M.J. 2021. Flowering plants with alternate leaves: *Eichhornia crassipe*. <https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/eichhornia/crassipes/>
- 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): 263-275.
- Lancar, L. and Krake, K. 2002. *Aquatic weeds and their management*, Pp: 1-65.
- Lu, J. B., Wu, J.G., Fu, Z.H. and Zhu, L. 2007. Water hyacinth in China: A sustainability science based management framework. *Environmental Management*, 40: 823-830.
- Malik, A. 2007. Environmental challenge Vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. *Environment International*, 33(1): 122-138.
- Mangas-Ramirez E. and Elias-Gutierrez M. 2004. Effect of mechanical removal of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on the water quality and biological communities in a Mexican reservoir. *Journal of Aquatic Health and Management*, 7: 161-168.



- Martinez Jimenez, M. and Gomez Balandra, M.A. 2007. Integrated control of *Eichhornia crassipes* by using insects and plant pathogens in Mexico. *Crop Protection*, 26: 1234-1238.
- Minakawa, N., Sonye, G., Dida, G., Futami, K. and Kaneko, S. 2008. Recent reduction in the water level of Lake Victoria has created more habitats for *Anopheles funestus*. *Malaria Journal*, 7:119.
- Mozaffarian, V. and Yaghoubi, B. 2015. New record of *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) from north of Iran. *Rostaniha*, 16(2): 208-211.
- Mujingni, C. 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 River Wouri Basin: The Case of the Wouri River Basin. Msc dissertation. World Maritime University, Malmo, Sweden.
- Mullin B.H., Anderson, L.W.J., DiTomaso, J.M., Eplee, R.E., Getsinger, K.D. 2000. *Invasive plant species*. Ames, Iowa: Council for Agricultural Science and Technology. Issue Paper No. 13.
- Ndimele, P.E. and Jimoh, A. 2011. Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms.) in Phytoremediation of heavy Metal Polluted Water of Ologe lagoon, Lagos, Nigeria. *Research journal of Environmental Sciences*, 5(5): 424-433.
- Patel, S. 2012. Threats, management and envisaged utilizations of aquatic weed *Eichhornia crassipes*: an overview. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11:249–259.
- Perez, E.A., Coetzee, J.A., Tellez, T.R. and Hill, M.P. 2011. A first report of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) soil seed banks in South Afrika. *South African Journal of Botany*, 77: 795-800.
- Pysek, P., Richardson, D.M. and Williamson, M. 2004. Predicting and explaining plant invasions through analysis of source area floras: some critical considerations. *Diversity and Distributions*, 10: 179–187.
- 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: 33-43.
- Rodriguez-Gallego L.R., Mazzeo N., Gorga J., Meerhoff M., Clemente J., Kruk C., F. S., Lacerot G., García J. & Quintans F. 2004. The effects of an artificial wetland dominated by freefloating plants on the restoration of a subtropical, hypertrophic lake. *Lakes & Reservoirs*, 9: 203-215.
- Siemering, G.S. and Hayworth, J.D. 2008. Assessment of potential aquatic herbicide impacts to California aquatic ecosystems. *Arch Environ Contam Toxicol*.
- 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): 415-431.
- Sullivan, P.R. and Wood, R. 2012. Developing solutions to evolving weed problems. 18th Australasian Weeds Conference, Melbourne, Victoria, Australia, 8-11 October 2012, 37-40. Weed Science Society of Victoria Inc., Frankston, Australia. English language.
- 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: 11-18.
- Tellez, T., Lopez, E., Granado, G., Pérez, E., Lopez, R. and Guzman, J. 2008. The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquatic Invasions*, 3: 42-53.
- Uremis, I., Ujudag, A., Arslan, Z.F. and Abaci, O. 2014. A new record for the flora of Turkey: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae). *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 44: 83-86.
- 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: 141–149.
- Varshney, J., kumar, S., and Mishra, J. 2008. Current status of aquatic weeds and their management in India. In: *Proceedings of Taal2007: the 12th world lake conference*, pp 1039–1045.
- Vila, M., Basnou, C., Pysek, P., Josefsson, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Nentwig, W., Olenin, S., Roques, A., Roy, D., Hulme, P.E. and DAISIE partners. 2010. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8: 135–144.
- Vila, M., Espinar, J., Hejda, M., Hulme, P., Jarosik, V., Maron, J., Pergl, J., Schaffner, U., Sun, Y. and Pysek, P. 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*, 14: 702–708.
- Villamagna, A. and Murphy, B. 2010. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology*, 55: 282–298.



- Westerdahl, H.E. and Getsinger, K.D. 1988. Aquatic plant identification and herbicide use guide, volume II: aquatic plants and susceptibility to herbicides. Technical Report A-88-9. Department of the Army Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Vicksburg, MS.
- Wilson, J. R.U., 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. *Neochetina* spp. *Aquatic Botany*, 87: 90-93.
- 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 absorbed glyphosate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(5): 838-842.



Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research, Education & Extension Organization
Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

***Eichhornia crassipes* (Water hyacinth)**

Biology and Management

Authors:

¹Nooshin Nezam Abadi

¹Mehdi Minbashi Moeini

²Somayeh Tokasi

¹ Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

² Plant Protection Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.