

Water milfoil (*Myriophyllum* Spp.) management approaches in water resources

Shole Mosanefi¹ , Elaheh Pourfakhraei^{1*} 

1- Department of Industrial and Environmental Biotechnology, Research Institute of Applied Science (ACECR), Shahid Beheshti University, Iran

Abstract

Background and Aims: Increasing and uncontrolled growth of aquatic weeds including *Myriophyllum Spicatum* has caused numerous environmental problems, such as disrupting the natural balance of the ecosystem and serious damage to plant and animal species in aquatic environments. Reaching an efficient, cost-effective and environmentally safe management method to control this growth is of particular importance. Therefore, in this study, management methods of *Myriophyllum Spicatum* in water resources have been reviewed.

Materials and Methods: Using keywords “Management methods and water milfoil pollution and water sources pollution, aquatic plant or aquatic weed, water milfoil or *Myriophyllum Spicatum*”, we searched in databases such as Google scholar, Science direct, Scopus and PubMed in a time period between 2000 to 2023. Finally, 30 articles were selected as the most relevant articles.

Results: Control and management methods of aquatic weeds are different and include preventive actions, biological, mechanical, chemical, ecological control, and management through usage. Each of these methods has its own advantages and disadvantages, so their opting depends on the type of aquatic weed.

Conclusion: The efficiency of each method depends on pollution level, specific conditions of each ecosystem, limitations of control method in terms of the negative effects of plant and animal species, national and regional laws and regulations, economic considerations and the type of water resource usage. In addition, utilizing a combination of methods in a sequence outperforms the use of solely just one method in removing and controlling aquatic weeds.

Keywords: Water sources pollution, Aquatic plant, Water milfoil (*Myriophyllum* Spp), Control and management

Please Cite this article as: Mosanefi Sh, Pourfakhraei E. Investigation of water milfoil (*Myriophyllum* Spp.) management approaches in water resources. Journal of Health in the Field 2023; 11(2):62-72.

Corresponding Author: Department of Industrial and Environmental Biotechnology, Research Institute of Applied Science (ACECR), Shahid Beheshti University, Iran.

Email: pourfakhraei@acecr.ac.ir

DOI: <https://doi.org/10.22037/jhf.v11i2.42773>

Received: 21 July 2023

Accepted: 2 October 2023

بررسی روش‌های مدیریت گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در منابع آبی

سیده شعله مصنفی^۱، الهه پورفخرایی^{۱*}

۱- گروه بیوتکنولوژی صنعت و محیط، پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و اهداف: رشد کنترل نشده علف‌های هرز آبی از جمله پرطاووسی سنبله‌ای سبب مشکلات زیست محیطی بسیاری مانند برهم زدن تعادل طبیعی اکوسیستم و آسیب جدی به گونه‌های گیاهی و جانوری محیط‌های آبی شده است. دستیابی به روش مدیریتی کارآمد، مقرون به صرفه و ایمن از لحاظ زیست محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در این مطالعه به مرور و بررسی روش‌های مدیریت گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در منابع آبی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها: با استفاده از کلید واژه‌های Management methods and water milfoil pollution and water sources pollution، aquatic plant or aquatic weed، water milfoil or Myriophyllum Spp جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی از قبیل Google scholar، Science direct، Scopus و PubMed در فاصله زمانی بین سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۳ صورت گرفت. در نهایت ۳۰ مقاله مرتبط انتخاب گردید. رعایت ملاحظات اخلاقی در تمام مراحل اجرای مطالعه در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: روش‌های مدیریت و کنترل علف‌های هرز آبی متفاوت بوده و شامل اقدامات پیشگیرانه، کنترل بیولوژیکی، مکانیکی، شیمیایی، اکولوژیکی، مدیریت از طریق استفاده است. هریک این روش‌ها دارای معایب و مزایای خاص خود بوده و استفاده از آن‌ها به نوع علف هرز آبی وابسته است.

نتیجه‌گیری: میزان کارآمدی هر یک از روش‌ها، به سطح آلودگی، شرایط خاص هر اکوسیستم، محدودیت‌های روش کنترلی به لحاظ اثرات منفی بر گونه‌ها، قوانین و مقررات ملی و منطقه‌ای، ملاحظات اقتصادی و نوع استفاده از منبع آبی بستگی دارد. بعلاوه استفاده از ترکیبی از روش‌ها به صورت متوالی بازده بالاتری در حذف و کنترل علف هرز آبی، نسبت به استفاده از یک روش به تنهایی دارد.

کلید واژه‌ها: آلودگی منابع آبی، علف هرز آبی، پرطاووسی سنبله‌ای، مدیریت و کنترل

* نویسنده مسئول: گروه بیوتکنولوژی صنعت و محیط، پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

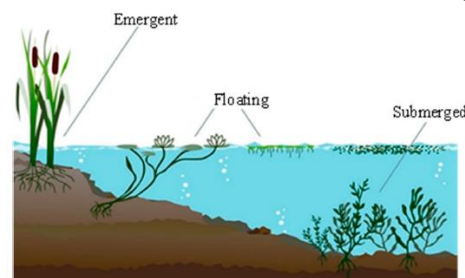
Email: pourfakhraei@acecr.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۱۰

مقدمه

گیاهان آبی نقش مهمی در عملکرد و تعادل اکوسیستم ایفا می کنند، اما حضور بیش از حد آن ها برای اکوسیستم مضر محسوب می شود [۱]. گیاهان مهاجم آبی گونه های گیاهی غیربومی هستند که وارد زیستگاه های آبی می شوند. فعالیت های مختلف انسانی منجر به تجمع مواد مغذی در اکوسیستم های آبی می شود که منجر به اوتریفیکاسیون و رشد گسترده علف های هرز می شوند [۱،۲]. این گیاهان به دلیل سرعت بالای تکثیر، می توانند زیستگاه گونه های گیاهی بومی را کاهش دهند و به نوبه خود بقاء گونه های گیاهی و جانوری را تهدید کرده و تنوع زیستی کلی اکوسیستم ها را مختل نمایند [۲،۳]. علف های هرز آبی را می توان بر اساس زیستگاه و ویژگی مورفولوژیکی به سه دسته کلی (شکل شماره ۱) شناور (Floating)، ظاهر شونده (نوظهور)/برآمده از آب (Emergent) و غوطه ور (Submerged) تقسیم بندی کرد [۴،۵].



شکل ۱- دسته بندی علف های هرز آبی

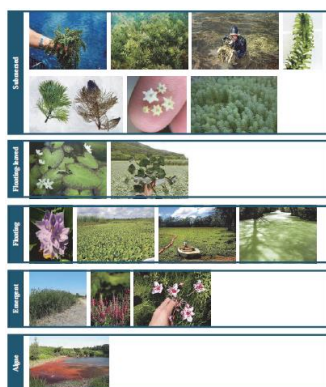
Figure 1- Aquatic plant classification

برخی از علف های هرز مانند سنبل آبی، جلبک ها، برخی از سرخس های آبی در اکوسیستم آزادانه شناور هستند و به صورت شناور در فواصل طولانی حرکت می کنند. برخی دیگر از علف های هرز آبی مانند لوخ یا گرز (*Typha angustata*)، نی قلم یا فراگمیتس (*Phragmites communis*) و پیچک نیلوفر (*Ipomoea cornea*) در حاشیه تالاب ها، رودخانه ها، منابع آبی و همچنین زمین های باتلاقی رشد می کنند.

گونه های علف هرز مانند پرتاوووسی سنبله ای (*Myriophyllum spicatum*)، علف مرداب یا علف برکه ای (*Hydrilla verticillata*) و انبانی یا صیاد مرداب (*Utricularia flexvosa*) که جوانه می زنند و در زیر سطح آب تولیدمثل می کنند، علف های هرز غوطه ور نامیده می شوند. ریشه ها و اندام های تولیدمثلی آن ها در خاک در انتهای بدنه آبی باقی می مانند [۳،۴]. برخی از علف های هرز آبی مانند گل مرواریدی از تیره تاج خروسیان (*Alternanthera philoxeroides*)، شبدر آبی (*Marsilea minuta*)، غلافی (*Morochoria vaginalis*) و ارزن باتلاقی (*Paspalum fluitans*) ممکن است تحت عنوان علف های هرز دوزیست نیز نامیده شوند، زیرا علاوه بر اینکه در زمان

پربابی در حاشیه بدنه های آبی رشد و تکثیر می یابند، در زمان کم آبی نیز توانایی تحمل شرایط خشکی و بی آبی را نیز داشته و قادر به رشد و تکثیر می باشند [۴،۶].

گونه ای گوشاب یا روغن واش (*Potamogeton spp*) نیز در ایجاد اختلال در دستگاه های انتقال آب جهت آبیاری دخیل هستند [۵]. طبق آمار موجود از سازمان ملل، حدود ۷۰ درصد از تالاب های طبیعی در طول قرن گذشته در سطح جهان از بین رفته اند. اندازه و کیفیت آب دریاچه ها در سراسر جهان به دلیل تخریب حوضه آبریز و افزایش میزان رسوبات در حال کاهش یافتن است [۷]. در سال های اخیر هجوم گونه های غیربومی و مهاجم علف های هرز از جمله پرتاوووسی سنبله ای به محیط های آبی (شکل شماره ۲) مانند دریاچه ها، تالاب ها و گرداب های کشور در استان های مازندران، گیلان و چهارمحال و بختیاری افزایش چشمگیری داشته است [۸]. گونه های آبی به دلیل اشغال بخشی از اکوسیستم آبی و برهم زدن تعادل طبیعی اکوسیستم، نابودی گونه های بومی گیاهی و جانوری در بدنه های آبی، به وجود آوردن تغییرات اکولوژیک و بسیاری از مشکلات زیست محیطی، علف هرز محسوب می شوند [۵،۹،۱۰].



شکل ۲- انواع علف های هرز آبی

Figure 2- Types of aquatic plant

به همین دلیل مدیریت علف های هرز آبی و پاک سازی آن ها از منابع آبی اهمیت بیشتری یافته است. در راستای پاک سازی گیاه پرتاوووسی سنبله ای از تالاب ها و گرداب ها اقداماتی از طرف نهادهای مربوطه از قبیل جمع آوری فیزیکی و دستی گیاه به صورت روزانه و همچنین آزادسازی ماهی آمور به عنوان یک عامل کنترل کننده بیولوژیک گیاه انجام شده است؛ اما هیچ کدام از این دو روش تأثیری در کاهش جمعیت گیاه و کنترل رشد آن نداشته و مشکل آلودگی منابع آبی به گیاه پرتاوووسی سنبله ای که مسبب ایجاد بوی ناخوشایند، بد منظری، اختلال در قایقرانی و ماهیگیری است، همچنان پابرجا است. با توجه به تأثیر گسترده تالاب ها و گرداب ها بر زندگی مردم از مناظر اکولوژیکی، زیست محیطی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی، یافتن

راهی برای کنترل و پاک‌سازی این منابع آبی در معرض خطر و آلوده به این نوع علف هرز حائز اهمیت است؛ بنابراین در این مطالعه که به روش مروری سیستماتیک انجام شده است، به بررسی روش‌های مدیریت و کنترل گیاه پرطاووسی سنبله‌ای (Myriophyllum spicatum) یکی از گونه‌های علف‌های هرز آبی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر، یک مطالعه مروری است که به بررسی روش‌های مدیریت و کنترل علف‌های هرز آبی از جمله پرطاووسی سنبله‌ای پرداخته است. این مطالعه با استفاده از کلید واژه‌های Management methods and water milfoil pollution and water sources pollution, aquatic plant or aquatic weed, water milfoil or Myriophyllum Spp جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی از قبیل Pubmed، Science direct، Google scholar و Scopus در فاصله زمانی بین سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۳ صورت گرفت. ابتدا حدود ۵۶ مقاله در نتیجه جستجوها به دست آمد. مقالات، کتب و درگاه‌های

اینترنتی دارای پسوند دانشگاهی (ac) یا آموزشی (edu) ۳ گروه اصلی مطالب یافت شده بودند. به منظور انتخاب مرتبط‌ترین مقالات، مستندات یافت شده توسط موتورهای جستجو از نظر ارتباط موضوعی بررسی شدند. بعلاوه ارتباط چکیده با هدف در رابطه با انتخاب مقالات ارزیابی گردید. در نهایت ۳۰ مقاله به عنوان مرتبط‌ترین مقالات انتخاب شدند. شایان ذکر است در تمامی مراحل مطالعه، ملاحظات اخلاقی مرتبط لحاظ شد.

یافته‌ها

پرطاووسی سنبله‌ای

همان طور که در جدول (۱) ارائه شده است، گیاه پرطاووسی سنبله‌ای که تحت عناوین متفاوتی شناخته شده است، از خانواده گیاهانی دولپه‌ای غوطه‌ور در آب و از جنس میریوفیلوم و خانواده هالوراکاسه (Haloragaceae) و بومی اروپا، آسیا و شمال آفریقا است [۴، ۱۱].

جدول ۱- مشخصات و مورفولوژی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای

Table 1- Characteristics and morphology of Myriophyllum spicatum

نام علمی	Myriophyllum spicatum (Myriophyllum Spp)
نام انگلیسی	water milfoil, parrot`s feather
نام فارسی	پرطاووسی سنبله‌ای، هزار برگ، بومادران آبی
گونه گیاهی	گونه‌ای از رده دولپه‌ای‌ها و گیاهان غوطه‌ور در آب، از جنس میریوفیلوم و خانواده هالوراکاسه
توزیع جغرافیایی	بومی اروپا، آسیا و شمال آفریقا
محل رشد	دریاچه‌ها، تالاب‌ها، استخرها و به طور کلی جریان‌های آب دارای حرکت کند
شیوه راه‌یابی به منابع طبیعی آب	حمل و نقل از طریق قایق، کشتی آلوده و آکواریوم زینتی
رنگ ساقه	قرمز قهوه‌ای یا سفید مایل به صورتی و تولید انشعاب در نزدیکی سطح آب
دمای مورد نیاز رشد	۲۱ الی ۲۹ درجه سانتی‌گراد
نیازمندی به نور	شدید/ بسیار زیاد
بیشترین ارتفاع/ عمق رشد	۲ الی ۳ متر
شیوه تکثیر	قلمه و شاخه‌های جانبی
نحوه رشد ریشه	غوطه‌ور و متصل به بستر
شناسایی از روی سنبله/ گل	سنبله به طول ۸ اینچ، گل‌ها مایل به قرمز، در حلقه‌های ۴ گل در امتداد سنبله

پرطاووسی سنبله‌ای که یک گیاه بشدت فرصت طلب و دردرساز است (شکل شماره ۳) به صورت انبوه در آب‌های دارای حرکت آهسته با عمق کم به خصوص در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و بسیاری از تالاب‌ها و حتی آب‌های شور رشد می‌کند [۲، ۱۱]. رشد و بقای این گونه از

علف‌های هرز در منابع و بیدنه‌های آبی تحت تأثیر میزان دی‌اکسید کربن، قلیائیت، اکسیژن محلول و فسفات بوده و عدم حضور آن تحت تأثیر سرعت جریان آب، میزان کل مواد جامد معلق، هدایت الکتریکی و عمق آب قرار دارد [۲، ۸]. این گیاه به عنوان علف هرز و گونه مهاجم

که در خاک بستر منبع آبی ریشه‌زایی نموده و به دنبال نور خورشید به صورت متراکم در سطح آب ظاهر می‌شود [۸،۱۲]. رشد این گونه گیاه سبب کاهش اکسیژن و نفوذ نور به آب، افزایش تغییرات روزانه pH، به هم خوردن تعادل آبی اکوسیستم، کاهش حرکت آب و موج، افزایش میزان رسوبات و تأثیر بر روابط شکار و شکارچی شده و آسیب جدی به گونه‌های گیاهی و جانوری آبی وارد می‌کند [۸،۱۳].

و مقاوم به تخریب شناخته شده و ورود آن به اکوسیستم طبیعی سبب رشد بی‌رویه آن‌ها و در نتیجه نابودی جانوران و گیاهان بومی و همچنین مشکلات گسترده زیست‌محیطی می‌شود. تکثیر این گیاه در آب زمانی که قطعات ساقه به‌طور طبیعی (جدایش بخش‌هایی از ساقه در اثر آسیب‌های محیطی) و به‌طور مکانیکی (برداشت دستی، مکانیکی و یا اصابت با پره‌های موتور قایق و...) جدا می‌شود، به‌سرعت رخ می‌دهد و در نهایت از هر ساقه بریده شده، گیاهی جدید به وجود می‌آید



شکل ۳- گیاه پرطاووسی سنبله‌ای

Figure 3- *Myriophyllum spicatum* (*Myriophyllum* Spp.)

به لایه‌های عمیق آب و تغییر تعادل اکسیژن و دی‌اکسید کربن [۱،۳]، مسدود کردن کانال‌های آبیاری و انتقال آب و منجر شدن به وقوع سیل و فرسایش سواحل، کاهش آب آبیاری کشاورزی به واسطه افزایش تبخیر و تعرق، تأثیر بر کیفیت آب آشامیدنی و سایر مصارف خانگی به دلیل تکثیر حشرات (عمدتاً پشه)، گیاهان و مارها، تولید بوی ناخوشایند و کاهش زیبایی مناظر آبی در نتیجه اوتریفیکاسیون و در نهایت وارد شدن زیان‌های اقتصادی مربوط به مسائل اجتماعی، اکولوژیکی، اقتصادی (تصفیه آب آلوده) و اثرات منفی بر گردشگری است [۴،۱۴]؛ بنابراین با توجه به آثار و مشکلات زیست محیطی ذکر شده، کنترل این گیاهان به دلیل سرعت رشد بالا، توانایی در پراکندگی و ظرفیت تشکیل ساختارهای مقاوم برای بقا نیاز به توجه بیشتری دارد، چراکه احتمال کنترل موفقیت‌آمیز علف‌های هرز آبی با اندازه اکوسیستم آبی و میزان آلودگی رابطه معکوس دارد [۳،۴].

آثار و خطرات زیست محیطی ناشی از تکثیر پرطاووسی سنبله‌ای

در صورت تکثیر کنترل نشده علف‌های هرز آبی از جمله گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در زیستگاه‌های موردتهاجم به علت غیربومی بودن و مهاجم شناخته شدن، سرعت رشد و تکثیر بالا، عدم وجود دشمن طبیعی سبب بروز چالش‌ها و مشکلات اقتصادی و محیط زیستی در زمین‌های کشاورزی، زیستگاه‌های آبی، اکوسیستم‌های طبیعی و جنگل‌ها می‌شود [۳،۸]. در جدول شماره ۲، برخی از اثرات و مشکلات زیست محیطی و اقتصادی ایجاد شده توسط علف‌های هرز آبی ارائه شده است [۲،۵،۱۳]. خطرات و مشکلات محیط زیستی ناشی از تکثیر بی‌رویه علف‌های هرز آبی شامل وقفه در تولید انرژی برق آبی به دلیل کاهش سطح آب در بدنه‌های آبی، ناکارآمدی ماشین‌آلات و تجهیزات مرتبط (مانند توربین‌ها) و هزینه‌های بالای نگهداری، ممانعت از عبور و مرور قایق‌ها و تأثیر بر ماهیگیری و تفریحات آبی، تأثیر بر زندگی و حضور موجودات آبی، گیاهان و فیتوپلانکتون‌ها به علت قطع فتوسنتز در نتیجه محدود کردن نفوذ نور

جدول ۲- اثرات منفی علف‌های هرز آبی
Table 2- Aquatic weeds negative impacts

مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی						گونه	ذخیره‌سازی آب	تنوع گونه‌ای	کنترل سیلاب	زیستگاه پشه	ماهیگیری	تفریحی	ناوبری	آبیاری
✓	✓	✓	✓	✓	✓	Egeria densa (Egeria)								
✓	✓	✓	✓		✓	Eichhornia crassipes (Waterhyacinth)								
✓	✓	✓	✓		✓	Salvinia molesta (Giant water fern)								
✓		✓	✓			Hydrilla verticillata	✓	✓						
				✓	✓	Ludwegia peploides (Water primrose)								
✓	✓	✓	✓			Myriophyllum spicatum (Eurasian watermilfoil)		✓						
			✓	✓	✓	Myriophyllum aquaticum (Parrot feather)		✓						
✓		✓				Potamogeton spp (Pondweeds)	✓							

بحث

روش‌های مدیریت علف‌های هرز آبی

در خصوص مدیریت علف‌های هرز آبی به‌ویژه پرطاووسی سنبله‌ای، با توجه به خسارات اقتصادی و اکولوژیکی بدنه‌های آبی، دو رویکرد متفاوت یعنی اقدامات پیشگیرانه و کنترلی را می‌توان اتخاذ کرد [۵،۱۲]. مدیریت علف‌های هرز آبی را می‌توان با ترکیب روش‌های مختلف برحسب نیاز انجام داد، چراکه مدیریت علف‌های هرز با استفاده از چند روش به‌صورت متوالی مؤثرتر از روش‌های کنترل علف‌های هرز منفرد خواهد بود [۳]. به‌طور کلی روش‌های کنترل علف‌های هرز آبی عبارت‌اند از: (۱) اقدامات پیشگیرانه، (۲) مدیریت اکولوژیکی، (۳) مدیریت بیولوژیکی، (۴) مدیریت از طریق استفاده (۵) مدیریت مکانیکی-فیزیکی، (۶) مدیریت شیمیایی؛ که در ادامه به‌تفصیل به هریک از روش‌ها پرداخته شده است [۳،۴].

اقدامات پیشگیرانه

اقدامات پیشگیرانه که به منظور پیشگیری و اجتناب از فراهم نمودن شرایط برای رشد و تکثیر علف هرز مهاجم و بروز آلودگی در منطقه است و در برگیرنده اقدامات کنترلی پس از پاک‌سازی گونه مهاجم از بدنه آبی نیز است. این اقدامات شامل کشت گیاهان زینتی بومی بجای گونه‌های خارجی، آموزش مردم و فرهنگ‌سازی در خصوص شناسایی گونه‌های مهاجم و فرصت‌طلب و عدم تخلیه آکواریوم و تنگ ماهی در بدنه‌های آبی، توسعه، طراحی و ساخت سازه‌هایی مانند سواحل مصنوعی در لبه بدنه‌های آبی، ساخت کانال‌ها، خندق‌ها و پوشش کانال‌ها تحت هجوم این گیاه است. همچنین با رعایت قوانین و

مقررات مربوط به تجارت گیاهان، حمل و نقل گیاهان و جانوران، قرنطینه، تولید و نگهداری صحیح آبزیان می‌توان از گسترش و معرفی بیشتر علف‌های هرز آبی جلوگیری کرد [۴،۱۵].

مدیریت اکولوژیکی

علی‌رغم اینکه این گیاهان جزو علف‌های هرز دسته‌بندی می‌شوند، حضور آن‌ها برای اکوسیستم آبی ضروری است؛ زیرا مواد مغذی و زیستگاه برای زندگی آبزیان ارائه می‌کنند و درعین حال غلظت گازهای محلول در آب را تنظیم می‌کنند. درنتیجه، حذف غیرمنتظره مقدار قابل توجهی از آن‌ها می‌تواند تعادل اکوسیستم را بخصوص در زیستگاه بومی این گیاه مختل کند؛ بنابراین درک اهمیت علف‌های هرز آبی در یک محیط آبی خاص و مطالعه استراتژی اکولوژیکی، سازگاری گیاهان و پیامدهای زیست محیطی پس از حذف آن‌ها از محیط، پیش از انطباق استراتژی‌های مدیریت علف‌های هرز حائز اهمیت است [۴،۱۱].

مدیریت بیولوژیکی

کنترل بیولوژیکی، یکی از سازگارترین روش‌ها با استفاده از ارگانیسم‌های گیاه‌خوار مانند حشرات، ماهی، انگل‌ها، عوامل بیماری‌زا مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها است [۴،۱۱]. از آنجایی که ۹۹ درصد علف‌های هرز آبی در اکوسیستم‌ها، مهاجم و بیگانه (غیربومی) هستند، عوامل کنترل‌کننده بیولوژیکی طبیعی را نمی‌توان به‌آسانی پیدا نمود [۱۱]. بنابراین، عوامل کنترل‌کننده مختص گونه خاصی از علف‌های هرز، باید شناسایی شده و پس از تجزیه و تحلیل اثرات منفی آن‌ها بر روی اکوسیستم و گونه‌های گیاهی و جانوری آن اکوسیستم

آنتی‌اکسیدان بالا)، دارای ارزش دارویی برای درمان سرطان پوست استفاده می‌شوند [۲۱]. علاوه مطالعاتی استفاده از گونه پرتاووسی سنبله‌ای علف‌های هرز را به عنوان شاخص و اندیکاتور بیولوژیک فلزات سنگین معرفی نموده‌اند [۲۲]. روش مدیریت از طریق استفاده، اگرچه بسیار سازگار با محیط زیست بوده و به گونه‌ای نمایانگر اقتصاد چرخشی در مدیریت پسماند بجا مانده از مدیریت علف‌های هرز آبی است، اما تا حدودی بستگی به روش مدیریت، کنترل و برداشت گیاه از محیط آبی دارد [۴].

مدیریت مکانیکی - فیزیکی

روش‌های مکانیکی - فیزیکی مقرون به‌صرفه اقتصادی، سازگار با محیط زیست اما بسیار زمان‌بر هستند. اقدامات مکانیکی - فیزیکی یکی از قدیمی‌ترین روش‌ها برای کنترل رشد بیش از حد علف‌های هرز آبی است [۱۱، ۲۳]. استفاده از چنگک‌ها و شبکه‌های ریز مشبک، تراکتور، بیل مکانیکی، دستگاه علف‌بر آبی، دستگاه‌های قطع کن در زیرآب و دروگر، روش‌های مکانیکی مؤثر و رایجی است که برای مدیریت علف‌های هرز آبیان استفاده می‌شود [۱۵، ۱۶]. همچنین کاهش سطح آب در بدنه آبی به‌عنوان یک روش مکانیکی - فیزیکی بر رشد علف‌های هرز آبی غوطه‌ور و شناور به دلیل تغییر در ترکیب مواد مغذی آب تأثیرگذار خواهد بود. به‌کارگیری روش مکانیکی - فیزیکی به تنهایی دارای معایبی است [۱۶، ۲۴]. به عنوان مثال حذف دستی و مکانیکی علف‌های هرز آبی غوطه‌ور و شناور می‌تواند منجر به تکه‌تکه شدن ساقه و در نتیجه پراکندگی بعدی و افزایش جمعیت آن شود. این روش تنها به عنوان راه حلی کوتاه‌مدت در مناطق با سطح پایین آلودگی می‌توان بهره گرفت [۳، ۴].

مدیریت شیمیایی

کنترل شیمیایی ساده‌ترین و کارآمدترین روش برای دستیابی به بهترین نتایج است. انتخاب مناسب‌ترین علف‌کش مخصوص علف‌های هرز آبی و استفاده از آن‌ها در زمان مناسب با دوز توصیه‌شده و بهینه، علف‌های هرز آبی را به‌طور مؤثر و بدون آسیب رساندن به اکوسیستم آن‌ها کنترل می‌کند [۴، ۲۱]. استفاده از ماده شیمیایی مناسب، غلظت و دوز بهینه، میزان گسترش آلودگی، نوع گیاه یا علف هرز آبی از عوامل اصلی موفقیت این روش می‌باشند و بر کارایی و حفظ موجودات و گیاهان مفید در محیط اثر می‌گذارد [۲۵، ۲۶]. اما جنبه منفی استفاده از این روش این است که برخی از مواد تشکیل‌دهنده یا سورفکتانت‌ها در چنین علف‌کش‌هایی می‌توانند برای عوامل کنترل‌کننده بیولوژیکی زمینی و موجودات آبی بومی و مفید، سمی باشند؛ بنابراین در نظر گرفتن حداکثر غلظت مجاز ماده شیمیایی مورد استفاده برای کنترل گیاه در محیط آبی حائز اهمیت است [۱۱، ۲۱].

علف‌کش‌های شیمیایی مناسب پرتاووسی سنبله‌ای

به‌منظور جلوگیری از ایجاد مشکلات ثانویه، گونه بیولوژیکی خاصی را به اکوسیستم القا نمود. در برخی مناطق، این روش به عنوان روشی کند و ناکافی برای مدیریت کوتاه‌مدت در نظر گرفته می‌شود. برخی از مطالعات عوامل کنترل بیولوژیکی بالقوه گونه‌های ماهی مانند *Cyprinus carpio* و *Ctenopharyngodon idellus* انواع علف‌های هرز (جلبک رشته‌ای)، معرفی نموده‌اند [۵]. همچنین در مطالعاتی در اروپا، چین و آمریکا از *Acentria ephemerella*، *Eurychiopsis lecontei* و *Cricotopus myriophylli* به منظور کنترل بیولوژیک پرتاووسی سنبله‌ای استفاده شده است [۵، ۱۱]. این در حالی است که نیتروژن و ترکیبات فنل بر میزان تمایل عوامل بیولوژیک از جمله حشرات و گونه‌های جانوری گیاه‌خوار تأثیرگذار است. به عنوان مثال میزان نیتروژن در گیاه پرتاووسی سنبله‌ای نسبت به میزان آن در سایر گونه‌های گیاهی موجود در بستر دریاچه یاهو در آمریکا بالاتر بوده و همین امر سبب کاهش تمایل عوامل بیولوژیک برای خورده‌شدن گیاه شده است [۵]. استفاده از گونه‌های رقیب یا مقابله با استفاده از گونه‌های شکارچی از جمله گزینه‌های مطرح در سال‌های اخیر بوده که نیازمند توجه و تحقیقات بیشتر است. به کارگیری روش‌های مولکولی نیز به‌عنوان روشی نوین در مدیریت بیولوژیک مطرح است که تأیید کارآمدی آن نیاز به پژوهش بیشتری دارد [۴، ۱۶].

مدیریت علف‌های هرز آبی از طریق استفاده

علی‌رغم اینکه گیاهان آبی در برخی از مناطق جهان مهاجم شناخته شده‌اند، برخی از علف‌های هرز مستقیماً منجر به درآمدزایی در برخی مناطق دیگر شده است. برخی از علف‌های هرز آبی به دلیل رفتار و خواص آللوپاتیک و بالا بودن مواد آلی و نوترینت‌ها برای تأمین مواد مغذی گیاهی، حفظ رطوبت و افزایش جمعیت میکروبی خاک، پتانسیل بیشتری برای استفاده به عنوان کود زیستی از جمله کمپوست و ورمی‌کمپوست رادارند [۳، ۱۷]. علاوه به علت پایین بودن سلولز، همی سلولز و لیگنین علف‌های هرز آبی، به‌راحتی می‌تولند برای ساخت کیسه‌های ارزان قیمت، صفحات کاغذی، تخته‌های کاغذی و کاغذهای تزئینی استفاده شوند [۱۸]. همچنین، علف هرز آبی می‌تواند مواد خام بالقوه‌ای برای تولید بیوگاز و در نتیجه تولید برق و همچنین جاذب فلزات سنگین از جمله سرب باشند [۲، ۱۹، ۲۰]. از طرفی برخی از گونه‌های علف‌های هرز آبی مانند سرخس آب آزولا (*Azolla spp*) به دلیل ارزش غذایی بالا، به‌ویژه دارا بودن اسیدهای آمینه مطلوب و محتوای پروتئین بالا، به‌عنوان مکمل خوراک دام، طیور و شیلات در نظر گرفته می‌شود [۲، ۴]. از طرف دیگر گونه‌های مانند نیلوفر آبی کرک‌دار (*Nymphaea pubescens*) و لوتوس یا لاله مردابی (*Nelumbo nucifera*) علاوه بر زینتی و منبع غذایی بودن

انتخاب علف‌کش باید بر اساس اندازه آلودگی و شرایط اکوسیستم، ویژگی‌های تبادل آب، محدودیت‌های محل آلوده به لحاظ اثرات منفی بر گونه‌های گیاهی و جانوری بدنه آبی، قوانین و مقررات ملی و منطقه‌ای، ملاحظات اقتصادی، نوع استفاده از منبع آبی (آشامیدن، آبیاری، کشاورزی، دام‌پروری، شیلات، تفریحی و ...) ماندگاری ماده

شیمیایی استفاده شده، حداکثر غلظت مجاز علف‌کش استفاده شده و در نهایت مدت زمان لازم برای اثرگذاری آن انجام گیرد [۱۱،۲۱،۲۳]. در جدول (۳) تعدادی از علف‌کش‌های رایج استفاده شده برای کنترل پرطاووسی سنبله‌ای ارائه شده است [۱۱،۱۲،۲۵].

جدول ۳- علف‌کش‌های شیمیایی مناسب گیاه پرطاووسی سنبله‌ای

Table 3- Chemical herbicides suitable for *Myriophyllum spicatum*

نوع علف‌کش	نام تجاری	برندهای تجاری رایج	میزان کارآمدی*	حداقل زمان لازم برای مواجهه	نیمه عمر و ماندگاری در محیط‌های آبی
تماسی	Diquat	Diquat Harvester Reward Tribune Tsunami-DQ Weedtrine	عالی	چند ساعت تا چند روز	نیم الی ۷ روز
	Endothall	Aquathol-K Aquathol-Super-K Hydrothol-191	عالی	چند ساعت تا سه روز	۲ الی ۱۴ روز و بیشتر
	Carfentrazone	Stingray	عالی	چند ساعت تا یک روز و بیشتر	۳ الی ۵ روز
سیستماتیک	Triclopyr	Navitrol Renovate Triclopyr-3	عالی	چند ساعت تا چند روز	۳ الی ۱۴ روز و بیشتر
	2,4-D	Navigate Restore	عالی	چند ساعت تا چند روز	۴ الی ۲۱ و بیشتر
	Penoxsulam	Galleon	عالی	بیش از ۴۵ روز	۷ الی ۳۰ روز و بیشتر
	Fluridone	Avast Sonar	خوب	بیش از ۴۵ روز	۷ الی ۳۰ روز و بیشتر
	Florpyrauxifen-benzyl	ProcellaCOR-EC	خوب	چند ساعت	نیم تا دو روز

* میزان کارآمدی علف‌کش بر اساس یافته‌های سازمان مهندسان ارتش آمریکا ارائه شده است.

استفاده از هر یک از علف‌کش‌های ذکر شده ممکن است سبب کاهش اکسیژن محلول منبع آبی و در نتیجه تلف شدن جانداران آبی از جمله ماهیان شود، بنابراین در نظر گرفتن اقدامات کنترلی حائز اهمیت خواهد بود [۲۳]. در صورتی که حجم گیاه مهاجم و مقیاس آلودگی به این گیاه بسیار بالا باشد، بهتر است بجای مصرف مقادیر و غلظت بالای مواد شیمیایی در کل منبع، به صورت زون بندی منبع آبی و مرحله‌ای عمل نمود. بعلاوه بسته به نوع ماده شیمیایی و در نظر گرفتن زمان لازم برای اثرگذاری، به منظور جبران کاهش اکسیژن محلول و برگرداندن حیات آبی به منبع آبی، بهتر است که دو هفته پس از اعمال ماده شیمیایی و بسته به مدت زمان لازم برای مواجهه،

هوادهی منبع آبی به مدت چندین روز بخصوص در طول شب انجام شود [۲۳،۲۶].

پتانسیل علف‌های هرز آبی برای استفاده به عنوان ماده خام در کمپوست‌سازی

کمپوست فرآیندی است که در آن پوسیدگی طبیعی مواد آلی از طریق فرآیند بیولوژیکی اتفاق می‌افتد که در آن میکروارگانیسم‌ها (باکتری، قارچ و اکتینومیسیت‌ها) مواد آلی را به یک منبع غنی از مواد مغذی تبدیل می‌کنند. در طی فرآیند کمپوست، میکروارگانیسم‌ها اکسیژن مواد آلی را مصرف و دی‌اکسید کربن آزاد می‌کنند. امروزه، کمپوست کردن تکنیکی است که برای تسریع فرآیند پوسیدگی طبیعی استفاده می‌شود که بسته به میزان تأثیر فعالیت انسانی ممکن است از کمتر از

۱۴ روز الی یک سال طول بکشد [۳،۲۷]. حجم کمپوست به دست آمده، ۵۰ درصد یا کمتر از حجم اولیه مواد خام است که کمپوست را به یک ابزار مؤثر مدیریت و کنترل پسماند آلی تبدیل می‌کند [۲۸]. چرخه عمر کوتاه علف‌های هرز آبی، حجم زیست توده تولیدی بالا و در دسترس بودن مداوم آن را به گزینه‌ای مناسب به‌عنوان مواد خام فرآیند کمپوست و ورمی کمپوست تأیید می‌کند [۴،۹]. علف‌های هرز آبی به‌عنوان منابع سرشار از مواد معدنی، ویتامین‌ها، پروتئین و کربوهیدرات و جاذب فلزات سمی از محیط شناخته می‌شوند که برای سلامت گیاهان و احیای خاک مفید هستند [۲۰،۲۲]. میکروارگانیسم‌های حاضر در فرآیند کمپوست از کربن به‌عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند که باعث تجزیه شدن ترکیبات کربنی پیچیده علف‌های هرز آبی مانند سلولز، همی سلولز و لیگنین به اشکال ساده‌تر می‌شود. علاوه بر این، عملکرد آللوپاتیک، خواص گیاهپالایی و عدم نیاز به فناوری‌های جدید و تکنولوژی نوین نیز به‌مناسب بودن علف‌های هرز آبی برای کمپوست اشاره دارد [۷،۹]. بنابراین با استفاده از کمپوست علف‌های هرز آبی که غنی از مواد مغذی هستند، نیاز به کودهای شیمیایی رفع شده و سبب صرفه‌جویی در منابع مالی و محیط زیستی می‌شود [۳،۴]. اکثر علف‌های هرز آبی شانس قابل توجهی برای تبدیل شدن به منبع خوبی از مواد مغذی رادارند و این موضوع توسط چندین مطالعه تأیید شده است [۹،۱۸]. تعامل پویا بین قارچ‌ها، اکتینومسیت‌ها، باکتری‌ها و کرم‌های خاکی در ورمی کمپوست بر سرنوشت مواد آلی، نوترینت و فلزات سنگین تأثیر می‌گذارد و غلظت آن‌ها را تغییر می‌دهد. کمپوست تولیدی از علف‌های هرز آبی غنی از مواد مغذی ریز و درشت است [۲۹]. علاوه بر این، کمپوست این گیاهان ظرفیت بیشتری برای در دسترس قرار دادن مواد مغذی برای گیاهان و احیای خاک دارد. به‌عنوان مثال، پتانسیل کمپوست سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) برای احیای خاک شور شناسایی شده است [۲،۴]؛ بنابراین با استفاده از این نوع کمپوست غنی از مواد مغذی، نیاز به کودهای شیمیایی رفع شده و سبب صرفه‌جویی در منابع مالی و محیط زیستی می‌شود [۱،۲،۱۸].

روش‌های تولید کمپوست از علف هرز آبی

تکنیک‌های مختلف کمپوست می‌تواند به شیوه‌ای کارآمد، بسیاری از علف‌های هرز آبی را به کود باارزش تبدیل نماید. فرآیندهای مختلف کمپوست‌سازی برای مواد با منشأ مختلف با استفاده از فناوری به‌روز متناسب با نیازهای محصول درحالی‌که نگرانی‌ها و نیازهای محلی را در نظر می‌گیرد در مناطق مختلف جهان توسعه یافته است [۳،۴]. به‌طور کلی روش‌های مورد استفاده برای تولید کود کمپوست شامل روش‌های ویندرو (توده‌های جابه‌جا شونده، هوادهی غیرفعال و هوادهی فعال)، روش‌های کمپوست‌سازی درون محفظه‌ای/راکتوری (کمپوست‌سازی در حوضچه، بسترهای همزن مستطیلی، سیلوها،

دراهم‌های دوار، ظروف قابل حمل)، روش‌های سنتی (کمپوست بی‌هوازی، کمپوست هوازی از طریق هوادهی غیرفعال)، روش‌های سریع (کمپوست‌سازی هوازی در دمای بالا، کمپوست هوازی در دمای بالا با تلقیح) و روش‌های ورمی کمپوست است [۱۸،۲۷،۲۸]. تکنیک‌های مختلف تولید کمپوست منجر به شرایط مختلف پردازش، تغییر زمان رسیدن و تغییر نوع میکروارگانیسم‌های دخیل در فرآیند و تغییر در پایداری، بلوغ، کمیت و کیفیت کود تولیدی به روش‌های مختلف می‌شود. همه روش‌های کمپوست‌سازی ذکر شده ممکن است برای کمپوست علف‌های هرز آبی مناسب نباشند؛ بنابراین اهمیت انتخاب روش مناسب کمپوست بسیار حائز اهمیت است، زیرا عملکرد نهایی را از نظر کیفیت و کمیت تغییر می‌یابد [۷،۹،۱۸]. به‌عنوان مثال، کمپوست‌سازی غنی‌شده بیودینامیک و کمپوست با واسطه میکروب برای علف‌های هرز دال مناسب است و ورمی کمپوست برای سرخس آبی یا سالیوینیا (*Salvinia molesta*)، سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) و گیاه آکواریومی لجن‌دیرا (*Lagenandra toxicaria*) مناسب است [۳،۲۷].

مراحل تولید کمپوست از پرطاووسی سنبله‌ای

علف‌های هرز آبی باید در مرحله خاصی که رشد بهینه گیاه را نشان می‌دهد، جمع‌آوری شود. محل انتخاب شده برای تولید کمپوست باید دارای سایه بدون آب ساکن و دور از هرگونه بدنه آبی در اطراف باشد. از یک لایه پایه با آجر و سنگ و به دنبال آن یک لایه ماسه درشت (۵ الی ۷ سانتی‌متر) برای ایجاد زهکشی استفاده می‌شود. به‌جای استفاده از توده علف‌های هرز، به‌منظور بهبود هوادهی و افزایش سطح، علف‌های هرز به قطعات کوچک به طول ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر خرد می‌شود. در نتیجه، فعالیت میکروبی و سرعت تجزیه افزایش می‌یابد [۴،۲۷]. سپس توده علف‌های هرز خرد شده به‌صورت لایه‌ای به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر روی فونداسیون پخش می‌شود. در برخی موارد خاکستر، خاک، مواد آلی، کود حیوانی یا سایر مواد آلی مانند پسماند شهری، آهک و غیره با علف‌های هرز مخلوط شده تا کود نهایی کیفیت بهتری داشته باشد [۲۷،۲۸]. به‌عنوان مثال، کود دامی تازه به‌عنوان یک محلول رقیق ۱۵-۱۰ لیتری و ۱ لیتر ملاس به‌عنوان یک لایه در بالای توده علف‌های هرز استفاده می‌شود. به دنبال آن، یک لایه دیگر به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر از توده علف‌های هرز اضافه می‌شود. در نهایت توده به‌دست آمده که ابعاد آن مشابه ابعاد توده‌های ویندرو است، با پلی‌اتیلن سیاه پوشانده می‌شود. مراحل چرخش و اختلاط مناسب با استفاده مکرر از آب برای تأمین رطوبت بسته به روش انتخابی برای کمپوست، انجام می‌شود. در نهایت، محصول نهایی را می‌توان به‌عنوان مالچ، پوشش روزانه سلول‌های لندفیل و یا برای بهبود بافت خاک استفاده نمود [۳،۴]. همچنین امکان استفاده از کمپوست برخی از علف‌های هرز مانند آذولا و عدسک به‌عنوان یک

جاذب ارزان و دردسترس به منظور حذف ترکیبات فنلی و فلزات سنگین وجود دارد [۳۰].

خطرات زیست‌محیطی مرتبط با کمپوست گیاهان مهاجم آبی از جمله پرتاووسی سنبله‌ای

خطرات زیست‌محیطی مرتبط با استفاده از کمپوست تهیه شده از علف‌های هرز آبی مانند پرتاووسی سنبله‌ای را می‌توان از جوانب مختلفی موردبررسی قرارداد [۴۹]. استفاده از کمپوست این گونه از علف‌های هرز آبی مهاجم به علت بالا بودن طولانی بقا و گسترش علف‌های هرز در زمین و همچنین احتمال رشد مجدد در بدنه‌های آبی دارای ریسک بالای وقوع دوباره خطرات زیست‌محیطی بود و سبب عدم کارآمدی مدیریت و هدر رفتن منابع مالی و محیط زیستی می‌شود [۴۱،۵۳]؛ بنابراین برای جلوگیری از این خطرات و برگشت مجدد آلودگی یا اشاعه آلودگی به سایر بدنه‌های آبی توصیه می‌شود که: (۱) فرایند کمپوست به درستی راهبری شود (تنظیم دقیق pH، دما، برگرداندن توده، هوادهی و C/N). چرا که کاربرد کمپوست نابالغ و ناپایدار در مزارع تأثیر منفی بر حاصلخیزی خاک داشته و همچنین سبب زنده ماندن بذر علف‌های هرز و در نتیجه جوانه‌زنی دوباره آن‌ها خواهد شد [۲،۴]. (۲) اندازه توده کمپوست (با استفاده از سایر جزای آلی پسماند به روش کمپوست ترکیبی) برای دستیابی به دمای داخلی بالاتر برای از بین بردن دانه‌های علف‌های هرز و مواد مضر و تولید کمپوست باکیفیت بالاتر، افزایش داده شود. (۳) از کاربرد کمپوست علف‌های هرز آبی در مزارع کشاورزی تحت آبیاری واقع در نزدیکی بدنه‌های آبی خودداری شود. (۴) شرایط بهداشتی سایت حفظ شده و تمام ماشین‌آلات و ابزار مورد استفاده کمپوست علف‌های هرز آبی طبق دستورالعمل‌های موجود تمیز و شستشو شوند [۷،۱۱] و رشد علف‌های هرز در منبع آبی با استفاده از نرم افزارهای مدلسازی به‌صورت مداوم پایش شود [۳۲].

از عمده دلایل انتخاب روش کمپوست برای مدیریت پسماند، کاهش حجم پسماند، استریل شدن و از بین رفتن عوامل بیماری‌زا یا پاتوژن، از بین رفتن بذر و دانه علف‌های هرز، تثبیت و بی‌خطر سازی پسماند آلی در راستای حفظ سلامت جامعه و محیط زیست است [۲۸،۲۷،۳۳]. همچنین مدت زمان تولید کمپوست به روش‌های مختلف به‌طور میانگین ۱ الی ۳ ماه است و در صورت عدم راهبری درست فرایند و ورود ساقه زنده مانده گیاه به منابع آبی، امکان جوانه‌زنی و رشد دوباره وجود دارد [۷،۳۳]؛ بنابراین به دلیل بالا بودن ریسک برگشت این گیاه به بدنه‌های آبی، استفاده از این گیاه در تولید ورمی کمپوست و کمپوست به روش خاکچال در مناطقی دورتر از بدنه‌های آبی به همراه خاک و سایر ضایعات آلی (کمپوست ترکیبی) امکان‌پذیر است. در حالی که بهترین استفاده از پسماند حاصل از پاک‌سازی، بدون انجام

فرایند کمپوست بر روی آن، جهت حذف ریسک رشد دوباره گیاه به عنوان پوشش میانی و روزانه سلول‌های محل دفن است [۴،۷،۱۸].

نتیجه‌گیری

به علت تغییرات گسترده اقلیمی، کاهش نزولات جوی، کاهش منابع آبی، آلوده شدن منابع آب با ارزش از جمله دریاچه‌ها، تالاب‌ها و رودخانه‌ها به گونه‌های مختلف علف‌های هرز آبی و به دنبال آن برهم خوردن تعادل اکوسیستم آبی و گونه‌های جانوری و گیاهی، حفظ منابع و بدنه‌های آبی بسیار حائز اهمیت است. در راستای پاک‌سازی علف‌های هرز آبی روش‌های مختلفی از جمله اقدامات پیشگیرانه، روش‌های کنترل و مدیریت بیولوژیکی، اکولوژیکی، مدیریت از طریق استفاده، کنترل مکانیکی - فیزیکی و کنترل شیمیایی بکار گرفته شده است. پیچیدگی‌های دستگاه‌های آبی مستلزم آگاهی و درک دقیق از رویکردهای عملی است لذا استفاده از هریک از روش‌ها بخصوص در مدیریت به روش شیمیایی به عوامل مختلفی از جمله حجم و سطح آلودگی، نوع استفاده از منبع آبی، نوع و گونه علف هرز آبی و شیوه تکثیر آن، بودجه و سرمایه موجود و قوانین و مقررات ملی و منطقه‌ای بستگی دارد. در صورتی که سطح آلودگی بسیار بالا باشد استفاده از ترکیبی از روش‌ها بهترین گزینه خواهد بود. بدین‌صورت که در ابتدا آلودگی به‌صورت مکانیکی پاک‌سازی شده و زائدات به دست آمده به روش مدیریت از طریق استفاده یا به عنوان لایه پوششی روزانه محل‌های دفن استفاده می‌شوند و یا به کود کمپوست تبدیل می‌شود. سپس در مراحل بعدی برای از بین بردن حداکثری باقیمانده علف هرز در محیط آبی از علف‌کش‌های شیمیایی استفاده می‌شود. در نهایت پس از پایان دوره موردنیاز برای مواد شیمیایی، به منظور تکمیل مراحل پاک‌سازی، از عوامل بیولوژیکی مانند ماهی‌ها یا حشرات و بندپایان که رقیب یا دشمن طبیعی علف هرز آبی هستند استفاده می‌شود.

روش‌های بیولوژیکی و مدیریت از طریق استفاده به دلیل سازگار بودن با محیط زیست و مقرون به‌صرفه بودن، در آلودگی بدنه آبی به علف‌های هرز در حجم و سطح پایین، دارای بیشترین کاربرد هستند، هرچند که بررسی تعامل بین گیاه میزبان و عوامل کنترل‌کننده بیولوژیکی، نحوه رشد، فعالیت و متابولیسم گیاه، بومی یا مهاجم بودن گیاه، بهینه‌سازی پتانسیل استفاده از علف‌کش‌های مبتنی بر پایه طبیعی، توسعه و انطباق فناوری‌های پیشرفته برای مدل‌سازی رشد علف‌های مهاجم و هرز آبی، شناسایی و پایش گونه‌های مهاجم حائز اهمیت بوده و نیازمند انجام مطالعات بیشتری در این زمینه می‌باشند.

تشکر و قدردانی

این مطالعه در پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی شهید بهشتی در راستای تکمیل اطلاعات در حل مشکل آلودگی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای انجام شده و در این تحقیق مطالعه بر انسان و حیوان انجام نشده است. لذا نویسندگان، بر خود لازم می‌دانند از تمامی

افرادی که در این مطالعه همکاری نموده‌اند، تقدیر و تشکر به عمل آورند.

تضاد منافع

در این مطالعه نویسندگان هیچگونه تضاد منافی ندارند.

References

- 1- Najar IA. Vermicomposting of aquatic weeds: A quick review. *Plant Science Today* 2017; 4(3):133-36.
- 2- Kumwimba MN, Dzakpasu M, Li X. Potential of invasive Watermilfoil (*Myriophyllum* spp.) to remediate eutrophic water bodies with organic and inorganic pollutants. *Journal of Environmental Management* 2020; 270:110919. Doi: doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110919.
- 3- Narayan S, Nabi A, Hussain K, Khan FA. Practical aspects of utilizing aquatic weeds in compost preparation 2017. Available online: https://www.researchgate.net/profile/Dr-Khan-11/publication/315100323_Practical_aspects_of_utilizing_aquatic_weeds_in_compost_preparation/links/58ca44eeaca27286b3b19644/Practical-aspects-of-utilizing-aquatic-weeds-in-compost-preparation.pdf. Accessed Oct 9, 2022.
- 4- Dissanayaka DM, Udumann SS, Dissanayake DK, Nuwarapaksha TD, Atapattu AJ. Review on aquatic weeds as potential source for compost production to meet sustainable plant nutrient management needs. *Waste* 2023; 1(1):264-80.
- 5- Anderson LW. A review of aquatic weed biology and management research conducted by the United States department of agriculture—agricultural research service. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science* 2003; 59(6-7):801-13.
- 6- Jayan PR, Sathyanathan N. Aquatic weed classification, environmental effects and the management technologies for its effective control in Kerala, India. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 2012; 5(1):76-91.
- 7- Dhadse S, Mazumdar P, Alam SN, Bagade S, Sakhare P, Khapekar R. Aquatic weeds diversity in India and its management by composting: A review. *Plantae Scientia* 2022; 5(2):29-35.
- 8- Zarkami R, Khazaie H. Assessment of habitat suitability of Watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* L.) in some aquatic ecosystems of Mazandaran and Guilan provinces. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 2020; 33(3):632-49 (In Persian).
- 9- Meier EJ, Waliczek TM, Abbott ML. Composting invasive plants in the Rio Grande river. *Invasive Plant Science and Management* 2014; 7(3):473-82.
- 10- Getsinger KD, Madsen JD, Koschnick TJ, Netherland MD. Whole lake fluridone treatments for selective control of Eurasian watermilfoil: I. application strategy and herbicide residues. *Lake and Reservoir Management* 2002; 18(3):181-90.
- 11- Gettys LA, Haller WT, Petty DG. Biology and control of aquatic plants: A best management practices handbook: 4th ed. Marietta, GA: Aquatic Ecosystem Restoration Foundation 2020.
- 12- Caffrey JM, Barrett PR, Ferreira MT, Moreira IS, Murphy KJ, Wade PM. Biology, ecology and management of aquatic plants. *Hydrobiologia* 1999; 415:1-339.
- 13- Masser M. Impacts of invasive aquatic plants. *Southwest Hydrol* 2007; 6:22-33.
- 14- Mzuza MK, Chapola L, Kapute F, Chikopa I, Gondwe J. Analysis of the impact of aquatic weeds in the Shire River on generation of electricity in Malawi: a case of Nkula Falls hydro-electric power station in Mwanza district, southern Malawi. *International Journal of Geosciences* 2015; 6(6):636-43.
- 15- Madani S, Ravanbakhsh R, Panahandeh M. A review of the assessment and management of the ecological risk of invasive plants. *Journal of Environmental Research and Technology* 2017; 2(2):25-33 (In Persian).
- 16- Hill MP, Coetzee J. The biological control of aquatic weeds in South Africa: Current status and future challenges. *Bothalia-African Biodiversity & Conservation* 2017; 47(2):1-2.
- 17- Fu Y, Bhadha JH, Rott P, Beuzelin JM, Kanissery R. Investigating the use of aquatic weeds as biopesticides towards promoting sustainable agriculture. *PloS One* 2020; 15(8):e0237258. Doi: doi.org/10.1371/journal.pone.0237258.
- 18- Alam SN, Singh B, Guldhe A. Aquatic weed as a biorefinery resource for biofuels and value-added products: Challenges and recent advancements. *Cleaner Engineering and Technology* 2021; 4:100235. Doi: doi.org/10.1016/j.clet.2021.100235.
- 19- Bote MA, Naik VR, Jagdeeshgouda KB. Production of biogas with aquatic weed water

- 21- Glomski LM, Netherland MD. Response of Eurasian and Hybrid watermilfoil to low use rates and extended exposures of 2, 4-D and triclopyr. *Journal of Aquatic Plant Management* 2010; 48:12-14.
- 22- Ustaoglu F, Kükre S, Taş B, Topaldemir H. Evaluation of metal accumulation in Terme river sediments using ecological indices and a bioindicator species. *Environmental Science and Pollution Research* 2022; 29(31):47399-415.
- 23- Texas A&M AgriLife. How to control Eurasian watermilfoil. Available from: <https://aquaplant.tamu.edu/management-options/eurasian-watermilfoil/>. Accessed Dec 18, 2022.
- 24- Kelting DL, Laxson CL. Cost and effectiveness of hand harvesting to control the Eurasian watermilfoil population in Upper Saranac lake, New York. *Journal of Aquatic Plant Management* 2010; 48:1-5.
- 25- Marko MD, White JC. Direct comparison of herbicidal or biological treatment on *Myriophyllum spicatum* control and biochemistry. *Frontiers in Plant Science* 2018; 9:1814. Doi: doi. Org /10. 3389/ fpls. 2018.01814.
- 26- Wersal RM, Madsen JD, Woolf TE, Eckberg N. Assessment of herbicide efficacy on Eurasian watermilfoil and impacts to the native submersed plant community in Hayden lake, Idaho, USA. *Journal of Aquatic Plant Management* 2010; 48:5-11.
- 27- Diaz LF, De Bertoldi M, Bidlingmaier W. *Compost science and technology*. 1st ed. Amsterdam: Elsevier Science 2007.
- 28- Wang LK, Shammas NK, Hung YT. *Biosolids engineering and management*. Totowa: Humana Press, Springer Science & Business Media 2009.
- 29- Mousavi SA, Faraji M. The influence of exploited compounds type in the vermicompost medium on the quality of produced compost from kitchen waste, garden waste and cow dung by *Eisenia fetida*. *Journal of Health in the Field* 2016; 4(2):43-54 (In Persian).
- 30- Zazulli MA, Blark D. The ability of *Azolla* and *lemna minor* biomass to adsorbe p-cresol from aqueous solutions: Isotherm and kinetics. *Journal of Health in the Field* 2014; 2(1):24-35 (In Persian).
- 31- Senarathne SH. Feasibility of using problematic aquatic weeds in productive manner by generating vermicompost in coconut triangle area of Sri Lanka. *Coconut Research and Development Journal* 2017; 33(1). Doi: doi.org/10.37833/cord.v33i1.52.
- 32- Codd-Downey R, Jenkin M, Dey BB, Zacher J, Blainey E, Andrews P. Monitoring re-growth of invasive plants using an autonomous surface vessel. *Frontiers in Robotics and AI* 2021; 7:583416. Doi: doi.org/10.3389/frobt.2020.583416.
- 33- Abtahi M, Saeedi R, Boroojerdi MN, Fakhraeefar A, Bayat A, Mokari S, et al. Public awareness, education and participation in solid waste management in Tehran. *Journal of Health in the Field* 2015; 3(2): 7-16 (In Persian).