مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی
دورهٔ ۶، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱
ISSN- 2821-1111

# معرفی گیاهان آبزی مهاجم سد حسنلو و راهکارهای کنترل این گیاهان

**فریدون محبی[1*]، سمیه زارع‌زاده[2]**

۱- استادیار مرکز تحقیقات ملی آرتمیا، موسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، ارومیه، ایران
۲- دکتری سیستماتیک گیاهی دانشکدهٔ علوم و بیوتکنولوژی دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران، ایران

نویسندهٔ مسئول: mohebbi44@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱ تاریخ انتشار:۱۴۰۳/۲/۴

**چکیده**

تالاب حسنلو یکی از جاذبه‌های طبیعی استان آذربایجان غربی است که در کنوانسیون رامسر در فهرست تالاب‌های بین‌المللی به ثبت رسیده است. پس از احداث سد حسنلو، عمق تالاب افزایش یافته، از میزان املاح آن کاسته شده و درنتیجه، تالاب بیشتر به یک دریاچه در پشت سد تبدیل شده است. تغییر شرایط به‌موجب احداث سد سبب شده تا اکوسیستم تالاب دستخوش تغییرات شده و شرایط جدیدی بر آن حاکم شود. ازآنجایی‌که دریاچهٔ سد حسنلو ظرفیت بالایی برای رشد و افزایش تراکم گونه‌های گیاهی آبزی مهاجم دارد، جمع‌آوری‌های میدانی از گونه‌های گیاهی و آب این دریاچه به‌منظور شناسایی گونه‌های مهاجم و همین‌طور تعیین تروفی آب صورت گرفت. نتایج مطالعه، نشان‌دهندهٔ وجود چهار گونهٔ گیاهی مهاجم شامل *Stuckenia pectinata*، *Potamogeton perfoliatus*، *Cerathophyllum* sp. و *Najas marina* بود. محاسبات بر اساس شاخص تروفی کارلسون، نشان‌دهندهٔ یوتروف بودن آب این دریاچه است. علت این موضوع می‌تواند به شسته‌شدن رواناب‌های کشاورزی حاوی کود و فضولات احشام که در اطراف دریاچه چرا می‌کنند، نسبت داده شود. تروفی بالا باعث افزایش تراکم گونه‌های گیاهی آبزی مهاجم شده که تهدیدی جدی برای گونه‌های گیاهی بومی و حیات ماهیان و آبزیان محسوب می‌شود. برای زدودن این گیاهان ناخواسته و کنترل جمعیت آن‌ها، استفاده از روش‌های کنترل فیزیکی، مکانیکی، زیستی و شیمیایی توصیه می‌گردد. در بیشتر موارد، روش‌های فیزیکی و مکانیکی برای قطع کردن این گیاهان کارآمد نبوده و استفاده از علف‌کش‌های مجاز که گیاه خاصی را هدف قرار می‌دهند مناسب است.

**واژه‌های کلیدی:** تالاب، تروفی، دریاچهٔ حسنلو، گونهٔ مهاجم، گیاه آبزی

**مقدمه**

تالاب حسنلو با وسعت حدود ۱۱۰۰ هکتار، یکی از جاذبه‌های طبیعی استان آذربایجان غربی است که در فاصلهٔ بیست کیلومتری شهر نقده قرار گرفته است (عسل‌پیشه و منافی‌فر، ۱۳۹۶). این تالاب در غرب جاده پرتردد مهاباد به ارومیه واقع شده است که دسترسی به آن را نیز سهولت می‌بخشد. تالاب که در ارتفاع ۱۳۰۸ متری از سطح آب‌های آزاد قرار گرفته است (عسل‌پیشه و منافی‌فر، ۱۳۹۶) دارای چشم‌اندازی بسیار زیباست و در تمام فصول سال میزبان پرندگان بسیاری است. تالاب در ابتدا بسیار کم‌عمق بوده و آب نیز رو به شوری بوده است. جوشش چشمه‌ها، آب‌های روان و بارش برف و باران نیز آب موردنیاز این تالاب را تأمین می‌کنند. تالاب حسنلو (شورگل) به همراه چند تالاب دیگر در کنوانسیون رامسر در فهرست تالاب‌های بین‌المللی به ثبت رسیده و موردحفاظت قرارگرفته است (The Convention on Wetlands, 1975).

با گذر زمان و در سال‌های اخیر سدی بر روی آب خروجی از این تالاب ساخته شده که شرایط آن را تغییر داده است. ساخته‌شدن این سد سبب شده است تا تالاب حسنلو دارای عمق بیشتری شده و آب نیز رو به شیرینی رود. اکنون، این تالاب بیشتر به یک دریاچه در پشت سد مبدل شده است. احداث سد سبب شده است تا اکوسیستم تالاب نیز دستخوش تغییرات گردیده و شرایط جدیدی بر آن حاکم شود. ۱۶۶ گونهٔ آبزی و کنار آبزی در این دریاچه زیست می‌کنند و حدود ۵۶ گونهٔ گیاهی شورپسند و آبی نیز در این دریاچه یافت می‌شود. نی، جگن و سالیکورنیا در کنار سایر گونه‌های گیاهی پوشش گیاهی بخشی از این تالاب را تشکیل می‌دهند (عسل‌پیشه و منافی‌فر، ۱۳۹۶). مراتع سرسبز اطراف دریاچه نیز محلی برای چرای دام‌های منطقه است. از آب این سد برای آبیاری زمین‌های کشاورزی مناطق اطراف استفاده می‌شود.

ساخت سد حسنلو که در حدفاصل رودخانهٔ گدار و دریاچهٔ ارومیه قرار دارد، به‌صورت خارج از بستر رودخانه در سال ۱۳۷۵ آغاز شد و در سال ۱۳۷۹ به بهره‌برداری رسید. حجم مخزن و حجم تنظیمی آن به ترتیب ۹۹ و ۹۳ میلیون مترمکعب است (اکبری و موسوی ۱۴۰۲). آبگیری سد حسنلو از طریق انحراف آب در بند انحرافی نقده روی رودخانهٔ گدار و انتقال آب توسط کانال تغذیه‌کننده به ظرفیت ۱۵ مترمکعب بر ثانیه انجام می‌پذیرد. هدف اولیهٔ احداث این سد ذخیره‌سازی آب رودخانهٔ گدارچای و تأمین آب کامل برای ۸ هزار هکتار از اراضی بلندآب حسنلو و تأمین آب تکمیلی موردنیاز در ماه‌های حداکثر مصرف برای ۸۸۰۰ هکتار از اراضی دشت نقده بوده است (اکبری و موسوی، ۱۴۰۲) (شکل ۱).

شکل ۱. تصویر هوایی محل استقرار اجزای مختلف سیستم حسنلو

بررسی کیفیت آب دریاچه پس از آبگیری در سال ۱۳۸۱ نشان داد که این دریاچه دارای ۲۴/۶ میلیون مترمکعب آب در مساحت ۱۱۱۱ هکتار و با عمق بین ۰/۸ الی ۳/۳ متر است (بابایی و همکاران، ۱۳۸۷). بازبینی مجدد در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ نشان دادند که عمق در کیفیت آب دریاچه به‌لحاظ املاح موجود تأثیر مستقیم داشته و همچنین تأثیر غیرمستقیم بر مقادیر مواد مغذی و فعالیت بیولوژیکی دارد. میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها پس از چند سال آبگیری و ورود آب شیرین از رودخانهٔ گدار کاهش چشمگیری نشان داد (بابایی و همکاران، ۱۳۸۷). قلیائی بودن آب و همین‌طور مقادیر بالای نیتروژن و فسفر نشان‌دهندهٔ ظرفیت بالای دریاچه برای افزایش فعالیت بیولوژیکی و تولید بالاتر بود (بابایی و همکاران، ۱۳۸۷)؛ بنابراین، احتمال افزایش گونه‌های گیاهی مهاجم وجود دارد. هدف مطالعهٔ حاضر، شناسایی و معرفی گونه‌های گیاهی مهاجم دریاچهٔ سد حسنلو و همچنین ارائه راهکارهای مؤثر برای مقابله با این گونه‌ها است.

**مواد و روش‌ها**

دریاچهٔ سد حسنلو در استان آذربایجان غربی، در حدفاصل طول جغرافیایی ´۴۴ °۴۵ تا ´۵۰ °۴۵ و عرض جغرافیایی ´۰۲ °۳۷ تا ´۰۶ °۳۷ واقع شده است. موقعیت این دریاچه نسبت به دریاچهٔ ارومیه در شکل ۲ نمایش داده شده است.

در تاریخ ۲۴ شهریورماه ۱۴۰۲ پس از مراجعه به سد حسنلو بررسی‌های بصری با قایق در داخل سد گشت میدانی انجام گرفت و نمونه‌هایی از گیاهان مهاجم برای شناسایی و آب سد جهت آنالیز جمع‌آوری گردید. گیاهان آبزی توسط فلورهای گیاهی مانند فلور ایران و فلور ترکیه شناسایی شدند. نمونهٔ آب جهت تعیین میزان فسفر و نیتروژن به آزمایشگاه کیمیا آب (ارومیه) منتقل و غلظت هر دو عنصر تعیین گردید. میزان نیتروژن کل توسط اسپکتروفتومتر و با روش TNT Persulfate Digestion Method HACH Method 10071 (Hach, 2024) و فسفر کل با روش EPA Persulfate Digestion Method HACH Method 8190 (Hach, 2024) اندازه‌گیری شدند.

شکل ۲. موقعیت مکانی دریاچهٔ سد حسنلو

## یافته‌ها

در این بررسی ۴ گونه گیاه آبزی شناسایی شدند که نام علمی و رایج آن‌ها به همراه فرم رویشی در جدول ۱ ارائه شده است. تصاویر این گیاهان در شکل ۳ نمایش داده شده است. طبقه‌بندی این گونه‌های آبزی نیز در جدول ۲ آورده شده است. همچنین میزان نیتروژن و فسفر کل آب سد حسنلو در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱. گیاهان آبزی شناسایی‌شده در دریاچهٔ سد حسنلو به همراه فرم رویشی و کوروتیپ آن‌ها

| ردیف | نام فارسی | نام انگلیسی | نام علمی | فرم رویشی | کوروتیپ |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | علف شاخی | Coontail | *Ceratophyllum* sp. | هیدروفیت | جهان‌وطنی |
| ۲ | بارهنگ آبی شانه‌ای | Sago pondweed | *Stuckenia pectinata* | هیدروفیت | جهان‌وطنی |
| ۳ | بارهنگ آبی ساقه‌محصور | Perfoliate pondweed | *Potamogeton perfoliatus* | هیدروفیت | جهان‌وطنی |
| ۴ | تیزک | Spiny naiad | *Najas marina* | هیدروفیت | نیمه جهان‌وطنی |

الف

ب

ج

د

شکل ۳. تصاویر گیاهان مهاجم شناسایی‌شده از دریاچهٔ سد حسنلو؛ الف) *Stuckenia pectinata*، ب) *Potamogeton perfoliatus*، ج) *Cerathophyllum* sp.، د) *Najas marina*

جدول ۲. طبقه‌بندی گیاهان مهاجم شناسایی‌شده از سد حسنلو

| جنس و گونه | تیره | راسته | رده | شاخه | سلسله |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Ceratophyllum* L.** | **Ceratophyllaceae** | **Ceratophyllales** | **Magnoliopsida** | **Tracheophyta** | **Plantae** |
| ***Stuckenia pectinata* (L.) Börner** | **Potamogetonaceae** | **Alismatales** | **Magnoliopsida** | **Tracheophyta** | **Plantae** |
| ***Potamogeton perfoliatus* L.** | **potamogetonaceae** | **Alismatales** | **Magnoliopsida** | **Tracheophyta** | **Plantae** |
| ***Najas marina* L.** | **Hydrocharitaceae** | **Alismatales** | **Magnoliopsida** | **Tracheophyta** | **Plantae** |

جدول ۳. میزان ازت و فسفر کل در آب سد حسنلو در شهریور ۱۴۰۲

| ردیف | فاکتور | علامت | غلظت (mg/l) |
|---|---|---|---|
| ۱ | نیتروژن کل | TN | ۱/۲ |
| ۲ | فسفر کل | TP | ۵۰ |

کیفیت آب سد حسنلو بر اساس فسفر کل و شاخص تروفی کارلسون (TSI) (Carlson, 1976) طبق فرمول زیر محاسبه گردید از طریق مطابقت با تقسیم‌بندی ارائه‌شده در جدول ۴، با نشانگر (*) در این جدول نمایش داده شده است.

$$TSI = ۱۴/۴۲ \times Ln(TP) + ۴/۱۵ = ۱۴/۴۲ \times Ln(۵۰) + ۴/۱۵ = ۶۰/۴$$

جدول ۴. تقسیم‌بندی کیفیت آب بر اساس فسفر کل و شاخص تروفی کارلسون (TSI) (Carlson, 1976)

| سطح تروفی | TP(µg/l) | TSI | تروفی آب دریاچهٔ حسنلو |
|---|---|---|---|
| الیگوتروف | <۶ | <۳۰ | – |
| الیگوتروف | ۶-۱۲ | ۳۰-۴۰ | – |
| مزوتروف | ۱۲-۲۴ | ۴۰-۵۰ | – |
| یوتروف | ۲۴-۴۸ | ۵۰-۶۰ | – |
| یوتروف | ۴۸-۹۶ | ۶۰-۷۰ | * |
| هایپریوتروف | ۹۶-۱۹۲ | ۷۰-۸۰ | – |
| هایپریوتروف | ۱۹۲-۳۴۸ | >۸۰ | – |

* تروفی دریاچهٔ سد حسنلو در زمان نمونه‌برداری

با توجه به اطلاعات ارائه‌شده در جدول ۴، آب سد حسنلو در تاریخ نمونه‌برداری (۲۴ شهریورماه ۱۴۰۲) ازلحاظ شاخص تروفی، یوتروف بوده است. یوتروف بودن نشان‌دهندهٔ افزایش میزان یک یا چند عامل مؤثر در فتوسنتز مانند نور، دی‌اکسید-کربن و یا مواد مغذی مانند فسفر در آب است (Chislock *et al.*, 2013). علت یوتروف بودن آب دریاچهٔ سد حسنلو می-تواند به شسته‌شدن رواناب‌های کشاورزی حاوی کود و فضولات احشام که در اطراف دریاچه چرا می‌کنند، نسبت داده شود؛ که موجب افزایش میزان فسفر واردشده به دریاچه شده است. بالابودن فسفر همانند کود عمل کرده و باعث رشد بیش‌ازحد گیاهان مهاجم می‌شود. تصاویری از رشد زیاد این گیاهان در شکل ۴ ارائه شده است.

شکل ۴. نمایی از رشد بیش‌از اندازهٔ گیاهان آبزی در سد حسنلو

**توصیهٔ ترویجی**

استان آذربایجان غربی ازلحاظ منابع آبی مستعد آبزی‌پروری یکی از قطب‌های مهم کشور محسوب می‌شود. در این استان، ۱۰ دریاچه پشت سد و تعدادی آب‌بند و آبگیر مورد بهره‌برداری شیلاتی قرار می‌گیرد و در این راستا هزار خانوار صیاد در این منابع آبی به صید مشغول هستند. دریاچهٔ سد حسنلو یکی از منابع آبی مهم استان آذربایجان غربی است که سالانه نزدیک به ۸۰ تن ماهی از آن صید می‌شود. ازجمله تعاونی صید صیادی سرن سولار که از ۳۰ خانوار تشکیل شده و نزدیک ۸/۵ ماه به‌صورت پایدار از این محل درآمدزایی دارند. درنتیجه هرگونه عاملی که حیات آبزیان را تهدید کند، ازجمله گیاهان مهاجم آبزی، می‌تواند تأثیر اقتصادی مهمی نیز بر جای گذارد. نتایج به‌دست‌آمده از داده‌های جمع‌آوری‌شده نشان‌دهندهٔ بالا بودن تروفی آب دریاچهٔ سد حسنلو و رشد بی‌رویهٔ گونه‌های مهاجم گیاهی است. عدم کنترل این گونه‌های آبزی، اثرات منفی روی اکوسیستم‌های آبی دارد؛ چراکه از رسیدن اکسیژن به ماهیان و سایر آبزیان جلوگیری کرده، موجب مسدودشدن آبراهه‌ها شده و گونه‌های گیاهی بومی را که به‌عنوان غذا و زیستگاه برای ماهیان و آبزیان عمل می‌کنند، با تهدیدی جدی مواجه می‌کنند (Clayton, 1996). همچنین مناطق مساعدی برای رشد پشه‌ها ایجاد کرده و خطر ابتلا به بیماری‌هایی مانند بیماری‌های ویروسی را افزایش می‌دهد. گیاهان مهاجم آبزی حتی می‌توانند بر ترکیب جنسیتی تخم ماهی‌ها با سایه‌افکنی بر آن‌ها و کاهش دمای تخم‌ها تأثیر بگذارند. به‌طورکلی، سیستم طبیعی اکوسیستم آبی و تعادل زیست‌محیطی آن در اثر رشد گیاهان مهاجم به هم خواهد خورد؛ بنابراین، باید تدابیری برای پیشگیری و کنترل این گونه‌های آبزی اتخاذ گردد. اولین راهکار برای مبارزه با این گونه‌های مهاجم، پیشگیری است. برای این منظور، جلوگیری از ورود فاضلاب و رواناب کشاورزی به سد و جلوگیری از بالا رفتن تروفی آب توصیه می‌گردد. بعلاوه مدیریت یکپارچه‌ای برای مهار و کنترل این گیاهان مهاجم باید صورت گیرد. برای زدودن این گیاهان ناخواسته، می‌توان روش‌های کنترل فیزیکی، مکانیکی، زیستی و شیمیایی را به کار گرفت؛ روش‌های فیزیکی شامل دست‌کاری فیزیکی زیستگاه از طریق روش‌هایی مانند کشیدن با دست، هوادهی و غیره است. برداشت به روش مکانیکی هزینه‌بر بوده و کارایی کامل از بین بردن گیاهان را ندارد. این روش باعث از بین رفتن گیاهان بومی اکوسیستم نیز می‌گردد. ازجمله معایب دیگر این روش، گسترش گیاهان مهاجم با به‌جا ماندن قطعات گیاهی است که این قطعات بعداً به سایر بخش‌های بدنهٔ آبی نفوذ می‌کند. در روش زیستی معمولاً موجود زنده‌ای به محیط اضافه می‌گردد تا جمعیت گیاه هدف را کنترل کند. روش زیستی را می‌توان بعد از در نظر گرفتن گیاه هدف، زیستگاه و اهداف مدیریتی مورداستفاده قرارداد. علف‌کش‌های آبی ازجمله روش‌های شیمیایی و ابزاری مؤثر و کارآمد و رایج برای کنترل گیاهان آبزی مهاجم مزاحم هستند. برخلاف سایر روش‌ها، علف‌کش‌ها می‌توانند هم به‌صورت نقطه‌ای و هم به‌صورت گسترده مورداستفاده قرار گیرند (DiTomaso *et al*., 2013).

گیاهان مهاجم آبزی اشکال متفاوتی دارند و با روش‌های متفاوتی کنترل می‌شوند. ازجمله اشکال مهم گونه‌های آبزی می‌توان اشکال غوطه‌ور، شناور و برآمده از آب را نام برد که هرکدام روش تولیدمثلی متفاوتی دارند (دیناروند، ۱۴۰۰)؛ برخی با انتقال بذر از یک نقطه به نقطهٔ دیگر و برخی با قطعه‌قطعه شدن که در این روش تکه‌ای از گیاه قطع شده و گیاه کاملی را تشکیل می‌دهد. گیاهان غوطه‌ور در زیر سطح آب ریشه دارند و گاهی بخشی از آن از سطح آب بیرون می‌آید. ازآنجایی‌که بسیاری از این گیاهان از طریق قطعه‌قطعه شدن تولیدمثل می‌کنند، اغلب با علف‌کش‌های مجاز ریشه‌کن می‌شوند. ازآنجایی‌که این علف‌کش‌ها بهینه‌شده‌اند و به‌صورت اختصاصی مکانیسم رشد واحدی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، معمولاً آسیبی به اکوسیستم طبیعی وارد نمی‌کنند. به‌ویژه اگر این علف‌کش‌ها به‌صورت کارشناسی و با فن‌آوری پیشرفتهٔ قطره‌ای به‌کار روند تا حد زیادی مؤثر خواهند بود. درصورتی‌که مقادیر گیاهان زیاد نباشد از ماهی آمور علفخوار تریپلوئید به‌عنوان روش مناسب مدیریتی استفاده می‌شود تا این گیاهان را مورداستفادهٔ تغذیه‌ای قرار دهد. گیاهان مهاجم شناور معمولاً فاقد

ریشه در رسوبات زیر سطح آب هستند و می‌توانند خیلی سریع گسترش یافته و سطح دریاچه یا استخر را بپوشانند. گیاهان شناور را می‌توان با یک دستگاه برداشت‌کنندهٔ مکانیکی شناور از بین برد و گیاهان برش داده‌شده را برای دفن به مکانی دور از آن محل انتقال داد. یک یا دو بار درو در هفته می‌تواند از رشد نامطلوب این گیاهان جلوگیری نماید. گیاهان مهاجم شناور مقاوم را می‌توان با علف‌کش‌ها مهار کرد. گیاهان برآمده از آب به‌صورت عمودی در آب‌های کم‌عمق نزدیک دریاچه‌ها رویش داشته و سیستم ریشه‌ای پیچیده‌ای تولید می‌کنند که باعث گسترش بالای آن‌ها می‌شود. گیاهان برآمده از آب به‌خوبی به‌وسیلهٔ چنگک مکانیکی کنترل می‌گردند.

ازجمله گیاهان مهاجم معرفی‌شده در مطالعهٔ حاضر و از سد حسنلو گیاه بارهنگ آبی شانه‌ای (*Stuckenia pectinata*) است. راهکارهای مدیریتی فیزیکی، زیستی و شیمیایی برای مقابله با این گیاه مورداستفاده قرار می‌گیرند. در مدیریت فیزیکی، این گیاه را می‌توان با چنگک یا تور از دریاچه خارج کرد، اما ریشه‌ها و دانه‌های باقی‌مانده دوباره رشد خواهند کرد. بعلاوه، می‌توان از کوددهی برای ایجاد بلوم جلبکی به‌منظور جلوگیری از استقرار بیشتر این گیاهان هرز آبزی ریشه‌دار استفاده کرد. این کار باعث ایجاد زنجیرهٔ غذایی قوی برای ماهی‌های حوضچه نیز می‌شود. رنگ‌های غیرسمی نیز مانند کوددهی، نفوذ نور خورشید را محدود کرده، مانع رشد این گیاهان آبزی می‌شوند یا رشد آن‌ها را محدود می‌کنند. هرچند، رنگ‌ها نه‌تنها زنجیرهٔ غذایی طبیعی را تقویت نمی‌کنند بلکه زنجیرهٔ غذایی طبیعی حوضچه را نیز تضعیف خواهند کرد. استفاده از این رنگ‌ها باید در ابتدای بهار صورت گیرد و در بازه‌های زمانی مشخصی تکرار گردد تا غلظت آن حفظ گردد. دستگاه‌های از بین‌برندهٔ مکانیکی نیز برای بریدن یا خرد کردن این گیاهان می‌توانند مورداستفاده قرار گیرند ولی معمولاً گیاهان جدیدی از قطعات باقی‌مانده دوباره رشد خواهند کرد؛ بنابراین حذف قطعات بریده‌شده برای جلوگیری از انتشار مجدد ضروری است. در مدیریت زیستی از ماهی کپور برای کنترل بارهنگ آبی شانه‌ای استفاده می‌شود و ماهی کپور با مصرف این گیاه تا حدی قادر به کنترل پوشش گیاهی آبزی است. برای کنترل، معمولاً حدود ۷ تا ۱۵ ماهی کپور در یک هکتار باید استفاده شوند. راهکار دیگر، استفاده از علف‌کش‌هایی مانند پنوکسولام، ایمازاموکس، فلوریدون، فلومیوکسازین، اندوتال و غیره است (DiTomaso *et al*., 2013). پنوکسولام یک علف‌کش سیستمیک با طیف وسیع است. علف‌کش‌های سیستمیک جذب گیاه شده و در داخل گیاه به سمت محل اثر حرکت می‌کنند و نسبت به علف‌کش‌های تماسی عملکرد آهسته‌تری دارند. پنوکسولام را می‌توان به‌صورت مستقیم روی گیاهان غوطه‌ور در آب اسپری کرد یا مستقیماً در آب استفاده کرد. زمان مصرف پنوکسولام اوایل بهار یا اوایل تابستان زمانی که گیاه رشد بالایی دارد، می‌باشد. برای استفاده در آب، ۲۵ تا ۷۵ میلی‌گرم از این علف‌کش در هر مترمکعب باید استفاده شود؛ می‌توان استفادهٔ آن را تکرار کرد ولی میزان آن نباید از ۱۵۰ میکروگرم بر لیتر در یک فصل از سال فراتر رود. مدت‌زمان عملکرد این علف‌کش آهسته بوده و ممکن است کنترل علف‌های هرز ۴ تا ۶ هفته طول بکشد (Mudge and Netherland, 2014; DiTomaso *et al*., 2013). ایمازاموکس نیز یک علف-کش سیستمیک می‌باشد. این علف‌کش برای استفاده نیاز به یک سورفاکتانت دارد تا کشش سطحی آب را کاهش دهد. برای استفاده باید ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم از آن در اوایل بهار یا اوایل تابستان در هر مترمکعب آب اضافه گردد. فلوریدون، علف‌کش سیستمیک و مهارکنندهٔ سنتز رنگ‌دانه در گیاه است. میزان و نحوهٔ مصرف آن ۵ تا ۱۰ میلی‌گرم بر مترمکعب و در اوایل بهار تا اوایل تابستان است (Mudge and Netherland, 2014; DiTomaso *et al*., 2013). دی‌کوآت، مهارکنندهٔ فتوسنتر و علف‌کش تماسی با عملکرد سریع است. میزان و نحوهٔ مصرف آن ۰/۱ تا ۰/۲۵ گرم بر مترمکعب و از اواخر بهار تا اوایل تابستان است. درصورتی‌که وزن تودهٔ زندهٔ گیاه زیاد باشد، باید بخشی از محدوده تیمار گردد تا کاهش اکسیژن آب به حداقل برسد. ازآنجایی‌که دی‌کوات سریعاً به ذرات معلق رس متصل گردیده و بی‌اثر می‌گردد، نباید در آب‌های گل‌آلود مورداستفاده قرار گیرد (DiTomaso *et al*., 2013; Bugbee *et al*., 2020). دیگر علف‌کش تماسی فلومیوکسازین است که میزان مصرف آن ۱۰۰ تا ۴۰۰ گرم بر مترمکعب و از اوایل بهار تا اوایل تابستان است. ازآنجایی‌که فلومیوکسازین خیلی سریع تجزیه می‌گردد و در pH بالای ۸/۵، بی‌اثر می‌گردد، بهتر است هنگام صبح زمانی که pH پایین‌تر از ۸/۵ است استفاده شود

(DiTomaso *et al*., 2013). اندوتال یک علف‌کش تماسی انتخابی است که روی گیاهان بالغ و گیاهان جوان با رشد سریع، مؤثر است. این علف‌کش در مقادیر ۱ تا ۳ گرم بر مترمکعب آب و در اوایل بهار تا اوایل تابستان استفاده می‌شود. برای کنترل بهینه باید علف‌های هرز به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت یا بیشتر در معرض علف‌کش قرار گیرند. برخی از محصولات تجاری این علف‌کش مانند هیدروتول می‌تواند برای ماهی‌ها سمی باشد (DiTomaso *et al*., 2013). یکی از خطرات روش‌های کنترل شیمیایی یا استفاده از علف‌کش‌ها، احتمال کاهش اکسیژن است که از تجزیهٔ مواد گیاهی مرده ناشی می‌شود و می‌تواند باعث مرگ ماهی‌ها گردد (DiTomaso *et al*., 2013).

بارهنگ آبی ساقه محصور (*Potamogeton perfoliatus*) گونهٔ مهاجم دیگری است که از دریاچهٔ سد حسنلو جمع‌آوری و شناسایی گردید. قطع گیاه آبزی *Potamogeton* در فصل بهار تا حدی قادر به کنترل آن در فصل‌های آتی خواهد بود. بااین‌حال، مؤثرترین روش کنترل، استفاده از مقادیر پایین اندوتال در فصل بهار می‌باشد (McComas *et al*., 2015). لازم به ذکر است که عدم تیمار مداوم و طولانی‌مدت این گیاه باعث می‌شود که کاهش در تراکم گیاه اتفاق نیفتد (McComas *et al*., 2015). عدم کنترل این گیاه مهاجم و درنتیجه مرگ طبیعی آن در اواسط تابستان منجر به آزاد شدن مقادیر بالایی فسفر در داخل آب شده (James *et al*., 2002) و منجر به بالا رفتن تروفی آب می‌گردد.

دیگر گیاهان مهاجم معرفی‌شده از دریاچهٔ سد حسنلو *Ceratophyllum* sp. و *Najas marina* است. *Ceratophyllum* یک گیاه آبزی غوطه‌ور است و برخلاف اغلب گیاهان غوطه‌ور، ریشهٔ حقیقی ندارد و بیشتر نیازهای غذایی خود ازجمله نیتروژن و فسفر را از آب تأمین می‌کند (Lombardo and Cooke, 2003). گیاهان *Ceratophyllum* sp. و *Najas marina* نیز با روش‌های رایج مدیریت گیاهان مهاجم، قادر به کنترل می‌باشند.

## منابع


۱- اکبری، ی. و موسوی، س.ن.، ۱۴۰۲. تأثیرات احداث سد حسنلو بر جامعهٔ محلی در حوزهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه. نشریهٔ آب و توسعهٔ پایدار، سال دهم، شمار ۀ ۲، صفحات ۹۸- ۸۵.

۲- بابایی، ه.، خداپرست، س.ح. و محسن‌پور، ح.، ۱۳۸۷. بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب سد مخزنی حسنلو در شهرستان نقده (استان آذربایجان غربی). اولین همایش ملی تالاب های ایران، اهواز.

۳- دیناروند، م.، ۱۴۰۰. گیاهان ماندابی ایران. طبیعت ایران، جلد ۶، شمارهٔ ۲، صفحات ۸۳-۶۳.

۴- عسل‌پیشه، ز. و منافی‌فر. ر.، ۱۳۹۶. بررسی جوامع فیتوپلانکتونی دریاچهٔ سد مهاباد، سد مخزنی حسنلو) شورگل) و تالاب یادگارلو. مجلهٔ علمی شیلات ایران دورهٔ ۲۶، شمارهٔ ۵، صفحات ۱۲۰-۱۱۱.

5- Bugbee, G.J., Robb, C.S. and Stebbins, S.E., 2020. Efficacy of diquat treatments on Brazilian waterweed, effects on native macrophytes and water quality: A case study. J. Aquat. Plant Manage, 58, pp.83-91.

6- Carlson, R.E., 1977. A trophic state index for lakes 1. Limnology and oceanography, 22(2), pp.361-369.

7- Chislock, M.F., Doster, E., Zitomer, R.A. and Wilson, A.E., 2013. Eutrophication: causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems. Nature Education Knowledge, 4(4), p.10.

8- Clayton, J.S., 1996. Aquatic weeds and their control in New Zealand lakes. Lake and Reservoir Management, 12(4), pp.477-486.

9- DiTomaso, J.M., Kyser, G.B., Oneto, S.R., Wilson, R.G., Orloff, S.B., Anderson, L.W., Wright, S.D., Roncoroni, J.A., Miller, T.L., Prather, T.S. and Ransom, C., 2013. Weed control in natural areas in the western United States. Weed Research and Information Center, University of California, 544.

10- Hach. 2024. Water analysis handbook. Accessed on January 24, 2024. https://www.hach.com/resources/water-analysis-handbook.

11- James, W.F., Barko, J.W., Eakin, H.L. and Sorge, P.W., 2002. Phosphorus budget and management strategies for an urban Wisconsin lake. Lake and Reservoir Management, 18(2), pp.149-163.
12- Lombardo, P. and Cooke, G.D., 2003. Ceratophyllum demersum–phosphorus interactions in nutrient enriched aquaria. Hydrobiologia, 497, pp.79-90.
13- McComas, S.R., Christianson, Y.E. and Singh, U., 2015. Effects of curlyleaf pondweed control on water quality and coontail abundance in Gleason Lake, Minnesota. Lake and Reservoir Management, 31(2), pp.109-114.
14- Mudge, C.R. and Netherland, M.D., 2014. Response of invasive floating plants and nontarget emergent plants to foliar applications of imazamox and penoxsulam. J. Aquat. Plant Manage, 52, pp.1-7.
15- The convention on Wetlands. 1975. https://www.ramsar.org/country-profile/iran-islamic-republic. Accessed on 13 December 2023.