# معرفی گیاه مهاجم آزولا

(*Azolla filiculoides*)

**مختصری بر بیولوژی، اکولوژی و تهاجم**

**پیامدها و مخاطرات اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی**

**روش‌های پیشگیری و کنترل**

**وضعیت آزولا در ایران**

| | |
|---|---|
| نوشته به وسیله: | قطب علمی مدیریت علف‌های‌هرز و گیاهان مهاجم ایران در شرایط تغییر اقلیم |
| دسته‌بندی: | مقالات عمومی |
| آدرس وب‌سایت: | https://weedsci.ut.ac.ir |
| توجه: | استفاده از مطالب سایت با ذکر منبع مجاز است. |

قطب علمی مدیریت علف‌های‌هرز و گیاهان مهاجم ایران

## فهرست منابع


خلاصه‌ای از تهاجم ..... ۱

درخت طبقه‌بندی ..... ۱

گستردگی و پراکنش ..... ۱

تاریخچه معرفی به مناطق جدید و گسترش ..... ۱

خطرات معرفی به مناطق جدید ..... ۲

زیستگاه ..... ۳

فیزیولوژی و فنولوژی ..... ۳

زیست‌شناسی تولید مثل ..... ۳

نیازهای زیست محیطی ..... ۵

ابزار انتقال و گسترش ..... ۵

گسترش طبیعی (غیرزیستی) ..... ۵

انتقال به وسیله حامل (vector) (زیستی) ..... ۵

معرفی به صورت تعمدی ..... ۵

پیامدهای منفی و مخاطرات ..... ۶

مخاطرات اقتصادی ..... ۶

مخاطرات زیست‌محیطی ..... ۶
مخاطرات اجتماعی ..... ۷
موارد استفاده ..... ۷
پیشگیری و کنترل ..... ۸
کنترل زراعی ..... ۸
کنترل مکانیکی ..... ۸
کنترل شیمیایی ..... ۸
کنترل زیستی ..... ۹
کنترل تلفیقی ..... ۹
مطالعه موردی کنترل آزولا در آفریقای جنوبی ..... ۱۰
وضعیت آزولا در ایران ..... ۱۱
منابع: ..... ۱۱

قطب علمی مدیریت علف‌های هرز و گیاهان مهاجم ایران

## خلاصه‌ای از تهاجم

*A. filiculoides* نوعی سرخس کوچک بومی قاره آمریکا است که به طور گسترده در سراسر جهان با سازوکارهای مختلف گسترش یافته که انسان مهمترین آنها بوده است (Lumpkin and Plucknett, 1982). انسان *A. filiculoides* را به اروپا، شمال و جنوب صحرای آفریقا، چین، ژاپن، نیوزیلند، استرالیا، کارائیب و هاوایی معرفی کرده است. در سیستم های آبی اوتروفیک[1]، *A. filiculoides* به سرعت رشد کرده و به راحتی با پوشش گیاهی بومی رقابت می‌کند. پوسیدگی ریشه و زیست‌توده در زیر پوشش ایجاد شده از *A. filiculoides* روی آب، همراه با عدم نفوذ نور، یک محیط بی هوازی ایجاد کرده که می تواند کیفیت آب آشامیدنی را کاهش داده و بقای دیگر موجودات را در آب غیرممکن کند.

## درخت طبقه‌بندی

آزولا از خانواده Azollaceae می‌باشد.

## گستردگی و پراکنش

طبق اظهار نظر لامپکین و پلاکنت (Lumpkin and Plucknett, 1980)، *A. filiculoides* بومی ایالت‌هایی در غرب ایالات متحده و کانادا و سراسر آمریکای مرکزی و تا حدی بیشتر در آمریکای جنوبی است. این گیاه به اروپا، شمال و جنوب صحرای آفریقا، چین، ژاپن، نیوزلند، استرالیا، کارائیب، هاوایی و کشور خودمان معرفی شده است.

## تاریخچه معرفی به مناطق جدید و گسترش

گونه *A. filiculoides*، به طور گسترده در دنیا پراکنده شده و به تعدادی از کشورهایی که در آنها بومی نیست، معرفی شده است (Ashton, 1982). این گیاه با مکانیسم های مختلفی پراکنده شده که انسان مهمترین آنها است (Lumpkin and Plucknett, 1982). گزارش شده است که *A. filiculoides* اولین بار در اواخر قرن نوزدهم در اروپا ثبت و اولین مشاهدات آن در دهه ۱۸۷۰–۱۸۸۰ انجام شده است (Szczesniak et al., 2009). این گونه ممکن است به طور تصادفی در مخازن کشتی‌ها، در آب همراه با بچه ماهی[2] یا مستقیماً به عنوان یک گونه زینتی جابجا شده باشد.

1 - Eutrophic
2 - Fry

جینز (Janes, 1998a) به معرفی عمدی این گیاه به عنوان یک گیاه زینتی به اروپا از طریق سرزمین اصلی بریتانیا در پایان قرن نوزدهم اشاره کرده است. احتمالاً در نتیجه مسیرهای حمل و نقل مختلف، *A. filiculoides* به طور مستقل در مکان های مختلف تقریباً در همان زمان ظاهر شده باشد. سپس تقریباً در سراسر اروپا گسترش یافت.

*A. filiculoides* از آلمان شرقی در سال ۱۹۷۷ به عنوان جایگزینی برای سویه بومی حساس به سرما یعنی *A. pinnata* که به عنوان کود سبز نیز در صنعت برنج استفاده می‌شود، وارد آسیا شد (Lumpkin and Plucknett, 1982). در سال ۱۹۴۸ به عنوان یک گیاه آکواریومی به آفریقا معرفی شد (Oosthuizen and Walters, 1961; Jacot-Guillarmod, 1979). *A. filiculoides* به عنوان یک گیاه مدل برای انجام مطالعات همزیستی نیز در سراسر جهان پخش شده است (Carrapiço, 2010).

آ ب

**شکل: آ- رشد گیاه آزولا در یک باغ گیاه‌شناسی در آمریکا و ب-نحوه رشد و ایجاد پوشش ضخیم آن روی سطح آب**

## خطرات معرفی به مناطق جدید

خطر گسترش بیشتر این گونه همچنان محتمل است، زیرا *A. filiculoides* همچنان در خزانه‌های تولید نشاء و گیاه زینتی به عنوان یک گیاه برای استخرهای ماهی فروخته می‌شود. در آفریقا و اروپا، پراکندگی بین کشورها بدون شک به دلیل جابجایی پرندگان آبزی ادامه خواهد داشت که می‌تواند قطعات گیاه را بین پهنه‌های آبی پخش کند. هجوم *A. filiculoides* به کشورهایی ادامه خواهد داشت که در آن وجود آب‌های اوتروفیک، فقدان دشمنان طبیعی و تجارت غیرقانونی گیاهان خزانه‌ای به ادامه وضعیت آن به عنوان یک گیاه مهاجم و علف‌هرز خطرناک کمک می‌کند.

## زیستگاه

*A. filiculoides* در نواحی بومی خود (آمریکای جنوبی و غرب آمریکای شمالی) گیاهی منحصر به نهرها و رودخانه‌ها، برکه‌ها و دریاچه‌ها با جریان آهسته آب است (Reed, 1962; Lumpkin and Plucknett, 1980; Ashton, 1982). محدوده بومی آن با آب و هوای گرم و استوایی با تابستان های مرطوب و زمستان های معتدل مشخص می‌شود. معمولاً به عنوان یک گیاه زینتی در استخرها و مخازن نگهداری ماهی استفاده می‌شود و از این کانون‌ها به نقاط دیگر گسترش یافته است.

## فیزیولوژی و فنولوژی

مگاسپورها[1] در بهار و تابستان تولید شده و می توانند زمستان گذرانی کرده و به این وسیله در برابر شرایط خشکی شدید مقاومت کرده و زنده می‌مانند (Lumpkin and Plucknett, 1982). مگاسپورها روی سطح گل و لای در قسمت زیرین پهنه‌های آبی، اغلب در مناطق بسیار کم عمق (یک الی دو دهم متر) جوانه می‌زنند. اشتون (Ashton, 1982) مطالعات مفصلی در مورد جوانه زنی اسپور *A. filiculoides* انجام داد. اولین علامت قابل مشاهده جوانه زنی، جابجایی کلاهک ایندوزیم[2] به سمت بالا است که به دلیل انبساط اولین برگ است. در نهایت، هنگامی که برگ‌های دوم و سوم شروع به فشار آوردن به سمت بالا می‌کنند، کلاهک ایندوزیم از بین می‌رود و اسپوروفیت۳ جدید در سطح آب شناور می‌شود، یعنی جایی که شرایط برای رشد بیشتر مطلوب‌تر است. اولین ریشه از پایه اولین برگ ظاهر می‌شود و در این مرحله بقایای مگاسپور قدیمی از اسپوروفیت جدا می‌شود. ادامه رشد منجر به افزایش سریع ریزوم و تولید برگ‌ها و ریشه‌های بیشتر می‌شود.

## زیست‌شناسی تولید مثل

*A. filiculoides* قادر است در طول سال از طریق طویل و تکه تکه شدن شاخه‌های کوچک، تولیدمثل رویشی زیادی داشته باشد. در شرایط ایده آل، سرعت افزایش روزانه زیست‌توده می‌تواند از ۱۵٪ تجاوز کند و زمان دو برابر شدن آن هر ۴ تا ۵ روز یکبار باشد (Lumpkin and Plucknett, 1982). تحت شرایط محیطی مساعد، *A. filiculoides*

1 - Megaspores
2 - Indusium cap
3 - Sporophyte

تولید مثل جنسی انجام می‌دهد. اسپوروکارپ‌های جفت شده[1] از یک لوب شکمی ابتدایی یک شاخه جانبی تشکیل می‌شوند. اسپوروکارپ‌ها دو نوع هستند، میکروسپوروکارپ[2]های نر و مگاسپوروکارپ[3]های ماده (Ashton, 1982; Wagner, 1997). معمولاً یک جفت میکروسپوروکارپ یا مگاسپوروکارپ وجود دارد، اما ممکن است فقط یکی از آنها وجود داشته باشد (Moore, 1969).

میکروسپوروکارپ‌ها تقریباً ۱.۵ میلی متر قطر دارند و حاوی ۱۳۰–۸ میکروسپورانژیا[4] هستند (Wagner, 1997). در هر میکروسپورانژیوم[5] ۶۴ میکروسپور وجود دارد که به نوبه خود به ۱۰–۳ توده[6] تجمع می‌یابند (Moore, 1969). مگاسپوروکارپ‌ها تقریباً ۰.۵ میلی‌متر قطر دارند که هر کدام یک مگاسپورانژیوم تولید می‌کنند (Wagner, 1997). یک مگاسپور منفرد که حاوی کلنی کوچکی از *Anabaena azollae* است، در داخل مگاسپورانژیوم قرار دارد (Wagner, 1997). به محض رسیدن به بلوغ، هر دو میکرو و مگاسپوروکارپ جدا می‌شوند.

میکروسپورانژیا توده‌های اسفنجی ماسوله[7]ای را در آب آزاد می‌کند که از طریق زائده‌های خاردار و بیرون زده (گلوکیدیا[8]) به مگاسپوروکارپس‌ها متصل می‌شوند (Lumpkin and Plucknett, 1980). این درهم‌تنیدگی‌ها معمولاً در ته یک پهنه آبی فرو می‌روند و پس از یک دوره خواب، میکرو و مگاسپورها جوانه زده و پروتالی[9] را تشکیل می‌دهند (Wagner, 1997). گامت‌های مژک‌دار نر (آنتروزوئیدها[10]) در آنتریدیا[11] روی تالوس[12] نر و گامت‌های ماده (اووسفرها[13]) در آرکگونیا[14] روی تالوس ماده رشد می‌کنند. پس از لقاح اووسفرها توسط آنتروزوئیدها، یک جنین تشکیل می‌شود (مور، ۱۹۶۹). اشتون (Ashton, 1982) دریافت که جوانه‌زنی مگاسپور تحت تأثیر خشک شدن (خشک شدن بیش از ۴۰ روز

1 - Pairs of sporocarps
2 - Microsporocarp
3 - Megasporocarps
4 - Microsporangia
5 - Microsporangium
6 - Massulae
7 - Massulae
8 - Glochidia
9 - Prothalli
10 - Antherozoids
11 - Antheridia
12 - Thallus
13 - Oospheres
14 - Archegonia

جوانه زنی را به شدت کاهش می‌دهد)، تلاطم[1] (تلاطم شدید سطح جوانه زنی را به ۶ درصد کاهش داد)، دوره نوری شدت نور و pH (در سطوح اسیدیته کمتر از ۴/۵ یا بیشتر از ۹/۵ جوانه زنی رخ نداد) قرار می‌گیرد.

## نیازهای زیست محیطی

*A. filiculoides* یک گیاه آبزی‌زیست اجباری[2] است که رشد آن تحت تأثیر فراهمی عنصر فسفر محدود خواهد بود. الزامات اقلیمی شامل ماه‌های گرم مناسب برای رشد اسپوروکارپ، تشعشع و شدت نور کافی برای رشد رویشی و مقادیر کافی بارندگی برای جلوگیری از خشک شدن زیستگاه آبی آن است. تصور می شود که این گونه با منشأ گرمسیری از زمان معرفی آن به بریتانیا (Janes, 1998b) و آفریقای جنوبی (McConnachie, 2003) به سویه‌ای مقاوم به سرما تبدیل شده است. *A. filiculoides* ممکن است بتواند قبل از مرگ حتی دمای ۱۰- درجه سانتیگراد را تحمل کند.

## ابزار انتقال و گسترش

### گسترش طبیعی (غیرزیستی)

*A. filiculoides* هم به صورت غیرجنسی و هم جنسی تکثیر می‌شود. هم هاگ‌ها و هم قطعات گیاهی در فواصل طولانی در امتداد سیستم‌های رودخانه پراکنده می‌شوند.

### انتقال به وسیله حامل (vector) (زیستی)

تصور می شود که پرندگان آبزی، دوزیستان و جوندگان قطعات کوچکی از گیاه را که به بدن آنها می‌چسبد پخش می‌کنند.

### معرفی به صورت تعمدی

*A. filiculoides* در مناطق گرمسیری جهان به عنوان کود سبز در کشت برنج معرفی شده است. *A. filiculoides* عمداً در سال ۱۹۴۸ به عنوان یک گیاه برای استخر ماهی به آفریقای جنوبی معرفی شد (Jacot-Guillarmod, 1979) و در اوایل دهه ۱۹۸۰ تصور می‌شد که به تمام سیستم رودخانه‌های آفریقای جنوبی حمله کرده باشد. این گیاه همچنین در پایان قرن نوزدهم عمداً به عنوان یک گیاه زینتی به جنوب شرقی بریتانیا معرفی شد (Janes, 1998a) و اکنون در

1 - Turbulence
2 - Obligate

آب‌های ساکن و کم جریان متعدد خوگیری[1] کرده است (Preston and Croft, 1997). همچنین وجود دارد که این گیاه از شرایط کشت برای انجام تحقیقات به محیط طبیعی فرار کرده است. *A. filiculoides* به عنوان یک گیاه نمونه برای مطالعه همزیستی *Azolla-Anabaena* در سراسر جهان پخش شده است (Carrapiço, 2010).

## پیامدهای منفی و مخاطرات

### مخاطرات اقتصادی

تأثیر اقتصادی *A. filiculoides* در آفریقای جنوبی مورد بررسی قرار گرفته است (McConnachie et al., 2003). ایجاد پوشش ضخیم[2] روی مخازن و جریان‌های آب با سرعت حرکت کم باعث خسارات اقتصادی به مصرف‌کنندگان آب شد. از جمله مصارف آب که به طور جدی تحت تاثیر قرار گرفته شامل کشاورزی (۷۱٪)، تفریحی (۲۴٪) و شهری (۵٪) بوده است. به طور متوسط مشخص شد که *A. filiculoides* در این محل، میزان ۵۸۹ دلار آمریکا در هر هکتار در سال ایجاد خسارت می‌کند.

### مخاطرات زیست‌محیطی

در سیستم های آبی اوتروفیک، *A. filiculoides* به سرعت رشد کرده و به راحتی با پوشش گیاهی بومی رقابت می‌کند. پوسیدگی ریشه و زیست‌توده (خصوصاً برگ) در زیر پوشش *A. filiculoides* و عدم نفوذ نور، یک محیط بی‌هوازی ایجاد می‌کند. در چنین شرایطی نه تنها اندکی از گونه‌های دیگر می‌توانند زنده بمانند، بلکه کیفیت آب آشامیدنی نیز به دلیل بو، رنگ و کدر بودن کاهش می‌یابد (Hill, 1997). مواردی گزارش شده است که هم دامداران و هم کشاورزان حیواناتی را به دلیل امتناع از نوشیدن از آب آلوده یا غرق شدن در نتیجه اشتباه گرفتن این پوشش گیاهی ضخیم غوطه‌ور روی آب با زمین خشک، از دست داده‌اند. همچنین گزارش شده است که این گیاه میزان تبخیر و تعرق و در نتیجه از دست رفتن آب را افزایش می‌دهد و باعث توسعه بیماری های ناشی از آب[3]، مبتنی بر آب[4] و مربوط به آب[5] می‌شود (Hill, 1997).

1 - Naturalized
2 - Thick mats
3 - Waterborne
4 - Water-based
5 - Water-related

### تهدید تنوع زیستی

هجوم *A. filiculoides* ممکن است پوشش‌های ضخیم (۲۰–۵ سانتی متر ضخامت)، روی پهنه‌های آبی حتی در اندازه‌های ۱۰ هکتار ایجاد کند (McConnachie *et al*., 2003). نشان داده شده است که چنین آلودگی‌هایی به شدت بر تنوع زیستی اکوسیستم‌های آبی تأثیر گذاشته و پیامدهای جدی بر تمام جنبه های استفاده از آب دارد (Gratwicke and Marshall, 2001). یکی از آخرین زیستگاه‌های باقی مانده از گونه‌های ماهی در حال انقراض، کیپ صخره ای شرقی (*Sandelia bainsii*, Castelnau, 1861; Anabantidae) در آفریقای جنوبی، به اندازه‌ای به این گیاه آلوده شده بود که اگر برنامه کنترل زیستی موفقیت آمیز نبودند، S. bainsii با انقراض مواجه شده بود.

### مخاطرات اجتماعی

در درجه اول، اثرات اجتماعی A. filiculoides به کاهش فراهمی آب مناسب برای مقاصد تفریح (ماهیگیری، شنا و اسکی روی آب) و حمل و نقل آبی معطوف شده است.

## موارد استفاده

گونه‌های جنس آزولا علاوه بر کاربردهای گسترده آنها به عنوان یک گیاه زینتی در استخرها و مخازن ماهی، در سراسر جهان برای اهداف مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Lumpkin and Plucknett, 1980; 1982) *A. filiculoides* به عنوان کود سبز در شالیزارهای برنج، عمدتاً در آسیا، به عنوان یک مهارکننده رشد علف‌های هرز در کشت برنج در چین و ویتنام استفاده شده (Kröck and Alkämper, 1991) و به عنوان یک علوفه جایگزین با پروتئین بالا برای گاو، خوک، طیور و ماهی و احتمالاً به عنوان منبع غذایی جایگزین برای انسان، عمدتاً در آسیا استفده شده است. همچنین به عنوان یک کمپوست غنی از نیترات استفاده می‌شود که به طور بالقوه سطوح نیتروژن آلی خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی آن را افزایش می‌دهد. برای تصفیه آب، حذف فلزات سنگین (Sanyahumbi *et al*., 1998)، نیتروژن و فسفر از فاضلاب استفاده می‌شود (Forni *et al*., 2001). همچنین به‌عنوان ماده‌ای در تولید صابون، درمان گلودرد و به‌عنوان کنترل پشه‌ها در جنوب استفاده می‌شود (Rajendran and Reuben, 1991).

# پیشگیری و کنترل

## کنترل زراعی

اگرچه *A. filiculoides* به عنوان علوفه برای خوک‌ها، طیور و گاو استفاده شده است (Lumpkin and Plucknett, 1982)، اما ممکن است کنترل آن از طریق چرای دام به دلیل عادت آبزی بودن گیاه مقدور نباشد. با این حال، *A. filiculoides* ممکن است برای ماهی‌های گیاهخوار، نسبت به سایر علف‌های هرز آبزی، دارای ارجحیت باشد (Edwards, 1974).

## کنترل مکانیکی

آلودگی‌های کوچک علف‌های هرز در مناطق در دسترس ممکن است با استفاده از چنگک‌ها و شبکه‌های مشبک ظریف[1] حذف شوند (Hill, 1997). با این حال، نقطه ضعف کنترل مکانیکی این است که در شرایط ایده آل، علف هرز می تواند هر ۵-۴ روز یکبار دو برابر شود (Lumpkin and Plucknett, 1982). از این رو، صرفاً برای مقابله با تولید روزانه حتی یک آلودگی کوچک، به تلاشی هماهنگ نیاز است و حتی در صورت ریشه‌کنی، استقرار مجدد هاگ‌های ساکن در بستر بدنه آبی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. اشتون (Ashton, 1992) اشاره کرد که *A. filiculoides* نسبت به تکه تکه شدن ناشی از آسیب فیزیکی حساس است و این قطعات به شدت نور بسیار حساس بوده و در اثر نور مستقیم خورشید از بین می‌روند. بنابراین او استفاده از همزن[2] یا همزن مکانیکی[3] را برای ایجاد تلاطم کافی برای خرد کردن گیاهان پیشنهاد کرد. با این حال، هزینه چنین رویکردی (حتی در مقیاس کوچک) بسیار زیاد خواهد بود.

## کنترل شیمیایی

مواد شیمیایی پیشنهادی برای کنترل *A. filiculoides* شامل گلایفوسیت (Steyn et al., 1979; Ashton, 1992)، پاراکوات و دیکوات (Axelsen and Julien, 1988)، و نفت سفید مخلوط با یک سورفکتانت (Diatloff and Lee, 1979) بوده‌اند. با این حال، پاراکوات در حال حاضر در اتحادیه اروپا، سوئیس و تعدادی از کشورهای دیگر ممنوع شده است. استفاده از دیکوات در اتحادیه اروپا محدود به تیمارهای زمینی و خاکی بوده و دیگر نمی‌توان آن را برای کنترل علف‌های هرز آبزی مجاز دانست. گلایفوسیت برای ماهی‌ها و جلبک‌ها سمی است و تا زمانی که علف کش تجزیه نشود، نمی‌توان از آب برای آبیاری یا ذخیره‌سازی استفاده کرد.

1 - Fine meshed nets
2 - Stirrer
3 - Mechanical agitator

## کنترل زیستی

آفریقای جنوبی تنها کشوری است که یک برنامه کنترل زیستی کلاسیک را علیه *A. filiculoides* آغاز کرده است. چهار گونه حشره به عنوان عوامل کنترل زیستی بالقوه شناسایی شدند که همگی همه سوسک‌های تغذیه کننده از برگ بودند: *Pseudolampsis guttata* Leconte (Chrysomelidae)، *P. darwinii* Sherer، *Stenopelmus rufinasus* Gyllenhal (Curculionidae)، *S. brunneus* Hustache. همه گونه‌ها آسیب زیادی به گیاهان در کشور مبدا وارد می‌کنند (Hill, 1997). زیست شناسی و دامنه میزبان *P. guttata* توسط هیل (Hill, 2002) مورد بررسی قرار گرفت و اگرچه مشخص شد که نسبتاً آسیب زا است، سرخرطومی *S. rufinasus* مناسب ترین از بین چهار مورد برای انتشار در آفریقای جنوبی شناسایی و به آن وارد شد.

قرنطینه برای غربالگری اختصاصی میزبان سرخرطومی در سال ۱۹۹۷ رها شد و نتایج چشمگیر بود و باعث انقراض محلی *A. filiculoides* در مکان هایی شد که این عامل در آنجا رها شده بود (McConnachie *et al*., 2004). مساحت سطح علف‌های هرز کنترل شده در مجموع ۲۰۳.۵ هکتار بوده و مکان های آلوده به طور متوسط در طی حدود ۷ ماه (در محدوده ۳ تا ۱۱ ماه) کنترل شدند. پنج سال پس از رهاسازی سرخرطومی، *A. filiculoides* دیگر تهدیدی برای اکوسیستم‌های آبی در آفریقای جنوبی از سوی آزولا مطرح نبوده و اثرات آن بر استفاده از منابع آب به طور قابل توجهی کاهش یافته است (McConnachie *et al*., 2003). *S. rufinasus* در موزامبیک و زیمبابوه با عامل تهیه شده توسط آفریقای جنوبی رها شد و در حال اثبات یک عامل کنترل زیستی موفق در این کشورها نیز می‌باشد (Cilliers *et al*., 2003). *S. rufinasus* از زمانی که برای اولین بار توسط جانسون (Janson, 1921) در آنجا گزارش شد در بریتانیا وجود داشته است و احتمالاً همراه با گیاه به اروپا آورده شده است. از آن زمان تاکنون در ایرلند، فرانسه، بلژیک، هلند و اسپانیا نیز ثبت شده است (Pratt *et al*., 2013). این عامل به صورت افزایشی[1] در انگلستان و ایرلند استفاده شده است و برای پرورش و انتشار انبوه در هلند، فرانسه و بلژیک در دست بررسی است (Pratt *et al*., 2013).

## کنترل تلفیقی

به دلیل موفقیت در کنترل بیولوژیکی *A. filiculoides*، به نظر دیگر نیازی به توسعه یک رویکرد یکپارچه وجود ندارد.

1 - Augmentive

## مطالعه موردی کنترل آزولا در آفریقای جنوبی

A. filiculoides برای اولین بار در سال ۱۹۴۸ در آفریقای جنوبی از رودخانه Oorlogspoort در استان کیپ شمالی آفریقای جنوبی (S 25°21'28.89" E"۵۸.۲۲'۳۷°۳۰) ثبت شد و تا سال ۱۹۹۹ از ۱۵۲ مکان دیگر در این منطقه نیز ثبت شد. با توجه به اثرات نامطلوب محیطی و اقتصادی علف‌هرز، یک برنامه کنترل زیستی در آفریقای جنوبی در سال ۱۹۹۷، با وارد کردن سرخرطومی *Stenopelmus rufinasus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) از فلوریدا، ایالات متحده آمریکا، در سال ۱۹۹۵ آغاز شد. تا سال ۲۰۰۴، نزدیک به ۲۵۰۰۰ سرخرطومی در سراسر آفریقای جنوبی رها شدند و آسیب تغذیه آنها منجر به انقراض محلی *A. filiculoides* از اکثر مکان‌هایی شد که در آن زمان مورد بررسی قرار گرفتند. به طور متوسط ده ماه طول کشید تا مناطق پس از رهاسازی سرخرطومی‌ها پاک‌سازی شوند. توانایی پراکندگی سرخرطومی‌ها در ابتدا دست کم گرفته شده بود، اما آنها می‌توانند بدون کمک تا ۳۵۰ کیلومتر پراکنده شوند.

تنها پنج سال پس از رهاسازی سرخرطومی‌ها، *A. filiculoides* دیگر تهدیدی برای آب‌های آفریقای جنوبی تلقی نمی‌شد (McConnachie *et al*., 2004). این موفقیت‌ها بین سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۶ به دقت مورد بررسی قرار گرفت و کنترل سریع گیاه را مستند و ثابت کرد که تنها چهار سال پس از مطالعات مک‌کاناچی و همکارانش ( McConnachie *et al*., 2004) سرخرطومی‌ها موفق شده بودند *A. filiculoides* را در هر مکانی که رها شده بود کنترل کنند ( Hill *et al*., 2008).

نظرسنجی‌های سراسر کشور از سال ۲۰۰۸ شواهد بیشتری از موفقیت این برنامه به دست آورد. در سال ۲۰۱۰، از ۱۰۲ منطقه *A. filiculoides* بررسی شده (۴۰٪ از مناطی که گیاه مهاجم در آنها بوده است)، آزولا در ۱۹ (۱۹٪) مورد از این سایت ها وجود داشت و نیز *S. rufinasus* از ۱۴ مورد (۷۳٪) از مناطق ثبت شد. *A. filiculoides* دیگر مشکل مهمی در آفریقای جنوبی نیست و در جایی که یافت شود، *S. rufinasus* نیز معمولا در آنجا وجود دارد. کنترل زیستی *A. filiculoides* در حال حاضر به طور گسترده به عنوان موفق ترین برنامه کنترل زیستی علیه یک گونه مهاجم در آفریقای جنوبی در نظر گرفته می‌شود (Coetzee *et al*., 2011).

بررسی‌های میدانی نشان داد که عامل شروع به استفاده از میزبان دیگری کرده است که گمان می‌رود *A. pinnata* subsp که یک گونه بومی است، باشد. ، اما مطالعه اخیر مادیرا و همکارانش (Madeira *et al*., 2016) نشان

داد که در واقع عامل در حال تغذیه از *A. cristata* می‌باشد، که خود سرخس معرفی شده دیگری است که بیشتر به *A. filiculoides* نزدیک است.

## وضعیت آزولا در ایران

آزولا در ایرانبه عنوان یک گونه مهاجم در نظر گرفته شده است (Sadeghi *et al*., 2014). این گیاه برای اولین بار در سال ۱۳۶۵ از کشور فیلیپین و به منظور یک کود سبز برای مزارع برنج به ایران معرفی شده است ( Hashemloian and Azimi, 2009). زرکامی و سحرخیز (۱۳۹۹) محدوده گسترش آزولا را تالاب انزلی و پس از آن در تالاب‌های کاس گشت و حصل معرفی کردند. فرچپور حقانی و همکاران (۱۳۹۷) اشاره کردند که دو گونه آزولا *A. filiculoides* Lamarck و *A. pinnata* R. Brown در ایران وجود داشته و امکان کنترل زیستی آنها را به وسیله نوعی شپپره *Cataclysta lemnata* L. مطالعه کرده و آن را عامل کنترل زیستی بالقوه مناسب برای کنترل این گیاهان مهاجم معرفی کردند.

## منابع:


فرچپور حقانی، آ.، حسن‌پور، م.، علی‌نیا، ف.، نوری قنبلانی، ق. و رزمجو، ج. ۱۳۹۷. بررسی امکان کاربرد یک گونه شب‌پره آبزی فعال در مزارع برنج در کنترل بیولوژیک علف‌های‌هرز آبزی *Azolla filiculoides* Lamarck و *Azolla pinnata* R. Brown در شالیزارهای شمال ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد. ۱۵۴ ص.

زرکامی، ر. و سحرخیز، م. ۱۳۹۹. بررسی مطلوبیت زیستگاهی سرخس آبی (*Azolla filiculoides* Lam.) در برخی از اکوسیستم‌های آبی استان گیلان و مازندران با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۳۳ (۴).

Allinson G, Stagnitti F, Colville S, Hill J, Coates M, 2000. Growth of floating aquatic macrophytes in alkaline industrial wastewaters. Journal of Environmental Engineering, 126(12):1103-1107

Ashton PJ, 1982. The autecolgy of *Azolla filiculoides* Lamarck with special reference to its occurrence in the Hendrik Verword Dam catchment area. PhD thesis, Rhodes University, South Africa

Ashton PJ, 1992. Azolla infestations in South Africa: history of the introduction, scope of the problem and prospects for management. Water Quality Information Sheet

Ashton PJ, Walmsley RD, 1984. The taxonomy and distribution of Azolla species in southern Africa. Botanical Journal of the Linnean Society, 89:239-247

Axelsen S, Julian C, 1988. Weed control in small dams. Part II Control of *salvinia*, *azolla* and of water hyacinth. Queensland Agricultural Journal, 114(5):291-298

Bailey FM, 1902. The Queensland flora, Pt VI. Brisbane, Australia: HJ Didams and Co

Brunker JP, 1949. Azolla filiculoides Lam. In Co. Wicklow. Irish Naturalists' Journal, 9:340

Carrapico F, 2010. Azolla as a Superorganism. Its Implication in Symbiotic Studies. Symbioses and Stress Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology, 17:225-241

Chevalier A, 1926. La culture des Azolla pour la nourriture des animaux de basse-cour et comme engrais vert pour les riziers. Rev. Bot. Appl. Agr. Trop., 6:356-360

Chikwenhere GP, 2001. Current strategies for the management of water hyacinth on the Manyame River System in Zimbabwe. Biological and integrated control of water hyacinth: Eichhornia crassipes. Proceedings of the Second Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, Beijing, China, 9-12 October 2000, 105-108

Cilliers CJ, Hill MP, Ogwang JA, Ajuonu O, 2003. Aquatic weeds in Africa and their control. In: Neuenschwander P, Borgemeister C, Langewald J, eds. Biological Control in IPM Systems in Africa. Wallingford, UK: CAB International, 161-178

Coetzee JA, Hill MP, Byrne MJ, Bownes A, 2011. A review of the biological control programmes on *Eichhornia crassipes* (C.Mart.) Solms (Pontederiaceae), *Salvinia molesta* D.S.Mitch. (Salviniaceae), *Pistia stratiotes* L. (Araceae), *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. (Haloragaceae) and *Azolla filiculoides* Lam. (Azollaceae) in South Africa. African Entomology, 19(2):451-468. http://journals.sabinet.co.za/essa

deGraft-Johnson KAA, Akpabey FJ, 2015. Aquatic plant management in Ghana. Accra, Ghana: Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) and Water Research Institute.

Diatloff G, Lee AN, A new approach for control of *Azolla filiculoides*. Proceedings of the 7th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Sydney, Australia, 1979., 253-255

Edwards DJ, 1974. Weed preference and growth of young grass carp in New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 8(2):341-350

EPPO, 2014. PQR database. Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization. http://www.eppo.int/DATABASES/pqr/pqr.htm

Ernest A, 2015. Diversity, distribution and control of aquatic macrophytes of southern Ghana with particular reference to the alien invasives. MPhil Thesis. Legon, Ghana: University of Ghana.

Evrard C, Hove C van, 2004. Taxonomy of the American Azolla species (Azollaceae): a critical review. Systematics and Geography of Plants, 74(2):301-318

Forni C, Chen J, Tancioni L, Grilli Caiola M, 2001. Evaluation of the fern Azolla for growth, nitrogen and phosphorous removal from wastewater. Water Research, 35(6):1592-1598

Fosberg FG, 1942. The uses of Hawaiian ferns. American Fern Journal, 32:15-23

Garcia-Murillo P, Fernández-Zamudio R, Cirujano S, Sousa A, Espinar JM, 2007. The invasion of Donana National Park (SW Spain) by the mosquito fern (*Azolla filiculoides* Lam). Limnetica, 26(2):243-250

Gratwicke B, Marshall BE, 2001. The impact of *Azolla filiculoides* Lam. On animal biodiversity in streams in Zimbabwe. African Journal of Ecology, 38:1-4

Habeck DH, 1979. Host plants of *Pseudolampsis guttata* (LeConte) (Coleoptera: Chrysomelidae). The Coleopterists Bulletin, 33:150.

Hashemloian, B. D., & Azimi, A. A. (2009). Alien and exotic Azolla in northern Iran. African Journal of Biotechnology. 8 (2).

Henderson L, 2001. Alien Weeds and Invasive Plants. Plant Protection Research Institute Handbook No. 12. Cape Town, South Africa: Paarl Printers

Hill MP, 1997. The Potential for the Biological Control of the Floating Aquatic Fern, *Azolla filiculoides* Lamarck (red water fern / rooivaring) in South Africa. Report No. KV 100/97. Pretoria, South Africa: Water Research Commission

Hill MP, 1998. Life history and laboratory host range of *Stenopelmus rufinasus*, a natural enemy for *Azolla filiculoides* in South Africa. BioControl, 43(2):215-224; 25 ref

Hill MP, 1999. Biological control of red water fern, *Azolla filiculoides* Lamarck (Pteridophyta: Azollaceae), in South Africa. Biological control of weeds in South Africa (1990-1998)., 119-124; [African Entomology Memoir, No. 1]

Hill MP, McConnachie AJ, Byrne MJ, 2008. *Azolla filiculoides* Lamarck (Pteridophyta: Azollaceae) control in South Africa: a 10-year review. In: Proceedings of the XII International Symposium on Biological Control of Weeds, La Grande Motte, France, 22-27 April, 2007 [ed. by Julien, M. H.\Sforza, R.\Bon, M. C.\Evans, H. C.\Hatcher, P. E.\Hinz, H. L.\Rector, B. G.]. Wallingford, UK: CAB International, 558-560. http://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20093001876

Hill MP, Oberholzer IG, 2002. Laboratory host range testing of the flea beetle, *Pseudolampsis guttata* (LeConte) (Coleoptera: Chrysomelidae), a potential natural enemy for red water fern, Azolla filiculoides Lamarck (Pteridophyta: Azollaceae) in South Africa. Coleopterists Bulletin, 56(1):79-83

Hussner A, Weyer Kvan de, Gross EM, Hilt S, 2010. Comments on increasing number and abundance of non-indigenous aquatic macrophyte species in Germany. Weed Research (Oxford), 50(6):519-526. http://www.blackwell-synergy.com/loi/wre

Jacot-Guillarmod A, 1979. Water weeds in southern Africa. Aquatic Botany, 6:377-391

Janes R, 1998. Growth and survival of *Azolla filiculoides* in Britain. I. Vegetative reproduction. New Phytologist, 138(2):367-375

Janes R, 1998. Growth and survival of *Azolla filiculoides* in Britain. II. Sexual reproduction. New Phytologist, 138(2):377-384

Janes RA, Eaton JW, Hardwick K, 1996. The effects of floating mats of *Azolla filiculoides* Lam. and *Lemna minuta* Kunth on the growth of submerged macrophytes. Hydrobiologia, 340(1/3):23-26

Janson OE, 1921. *Stenopelmus rufinasus* Gyll. an addition to the list of British Coleoptera. Entomologist's Monthly Magazine, 57:225-226

Khoshravesh R, Akhani H, Eskandari M, Greuter W, 2009. Ferns and fern allies of Iran. Rostaniha, 10(Supplement 1). Tehran, Iran: Iranian Research Institute of Plant Protection, iv + 134 pp. http://www.magiran.com/rostaniha

Kröck T, Alkämper J, 1991. Azolla's contribution to weed control in rice cultivation. Plant Research and Development, 34:117-125

Langa SDF, 2013. PhD Thesis. Grahamstown, South Africa: Rhodes University

Large MF, Braggins JE, 1993. Spore morphology of the New Zealand *Azolla filiculoides* Lam. New Zealand Journal of Botany, 31:419-423

Lawalree A, 1964. Azollaceae. In: Tutin TG, Haywood VH, Vallentyne DH, Walters SM, Webb DA, eds. Flora Europaea. UK: Cambridge University Press

Lumpkin TA, Plucknett DL, 1980. Azolla: botany, physiology, and use as a green manure. Economic Botany, 34(2):111-153

Lumpkin TA, Plucknett DL, 1982. Azolla as a green manure: use and management in crop production. Azolla as a green manure: use and management in crop production. Westview Press Boulder, Colorado, 230pp

Madeira PT, Center TD, Coetzee JA, Pemberton RW, Purcell MF, Hill MP, 2013. Identity and origins of introduced and native Azolla species in Florida. Aquatic Botany, 111:9-15. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304377013001083

Madeira PT, Hill MP, Dray FA Jr, Coetzee JA, Paterson ID, Tipping PW, 2016. Molecular identification of Azolla invasions in Africa: the Azolla specialist, *Stenopelmus rufinasus* proves to be an excellent taxonomist. South African Journal of Botany, 105:299-305. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629915325485

Magda SA, Ghazi IM, Atalla KM, Nahed MA, 2002. Influence of salinity and source of water on growth and protein content of Azolla pinnata and *Azolla filiculoides* under Egyptian conditions. Annals of Agricultural Science, Moshtohor, 40(2):871-884

McConnachie AJ, 2003. Post release evaluation of *Stenopelmus rufinasus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) - a natural enemy released against the red waterfern, *Azolla filiculoides* Lamarck (Pteridophyta: Azollaceae) in South Africa. PhD thesis, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa

McConnachie AJ, de Wit MP, Hill MP, Byrne MJ, 2003. Economic evaluation of the successful biological control of *Azolla filiculoides* in South Africa. Biological Control, 28:25-32

McConnachie AJ, Hill MP, Byrne MJ, 2004. Field assessment of a frond-feeding weevil, a successful biological control agent of red waterfern, *Azolla filiculoides*, in southern Africa. Biological Control. In press

Moore AW, 1969. Azolla: biology and agronomic significance. Botanical Review, 35:17-35

Nayak SK, Singh PK, 1989. Cytological studies in the genus Azolla. Cytologia, 54:275-286

O'Keeffe JH, 1986. Ecological research on South African rivers - a preliminary synthesis. South African National Scientific Programmes Report, 121:1-121

Oosthuizen GJ, Walters MM, 1961. Control of water fern with diesoline. Farming in South Africa, 37:35-37

Parimal Chattopadhyay, Kushari DP, 2002. Adaptation of two Azolla species in a laterite zone of West Bengal. Environment and Ecology, 20(1):126-132

Pratt CF, Shaw RH, Tanner RA, Djeddour DH, Vos JGM, 2013. Biological control of invasive non-native weeds: an opportunity not to be ignored. Entomologische Berichten, 73(4):144-154. http://www.nev.nl

Preston CD, Croft JM, 1997. Aquatic plants in Britain and Ireland. Colchester, UK: Harley

Rajendran R, Reuben R, 1991. Evaluation of the water fern *Azolla microphylla* for mosquito population management in the rice-land agro-ecosystem of south India. Medical and Veterinary Entomology, 5(3):299-310

Rao HS, 1936. The structure and Life-history of Azolla pinnata R. Brown. With remarks on the fossil history of the Hydropteridae. Proceedings of the Indian Academy of Science 2, 175-200

Reed CF, 1954. Index Marsileata et Salviniata. Biol. Soc. Bot., 2(a):5-61

Reed CF, 1962. Distribution of Salvinia and Azolla in South America and Africa, in connection with studies for control by insects. Phytologia, 12(3):121-130

Richerson PJ, Grigarick AA, 1967. The life history of *Stenopelmus rufinasus* (Coleoptera: Curculionidae). Annals of the Entomological Society of America, 60:351-354

Royal Botanic Garden Edinburgh, 2004. Flora Europaea Database. Royal Botanic Garden Edinburgh, UK. http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html

Sadeghi R, Zarkami R, Sabetraftar K, Damme Pvan, 2012. Use of support vector machines (SVMs) to predict distribution of an invasive water fern *Azolla filiculoides* (Lam.) in Anzali wetland,

southern Caspian Sea, Iran. Ecological Modelling, 244:117-126. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380012003195

Sanyahumbi D, Duncan JR, Zhao M, van Hille R, 1998. Removal of lead from solution by the non-viable biomass of the water fern *Azolla filiculoides*. Biotechnology Letters, 20(8):745-747

Saunders RKM, Fowler K, 1992. A morphological taxonomic revision of Azolla Lam. Section Rhizosperma Mey.) Mett. (Azollaceae). Botanical Journal of the Linnaean Society, 109:329-357

Saunders RKM, Fowler K, 1993. The supraspecific taxonomy and evolution of the fern genus Azolla (Azollaceae). Plant Systematics and Evolution, 184:175-193

Schloemer VA, 1953. Ein verwilderter wasserfarn, *Azolla filiculoides*. Natur. and Volk, 83:131-134

Sculthorpe CD, 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants. London, UK: Edward Arnold Publications Limited

Searg MS, El-Hakeem A, Badway M, Mousa MM, 2000. On the ecology of *Azolla filiculoides* Lam. in Damietta District, Egypt. Limnologica, 30:72-81

Seto K, Nasu T, 1975. Discovery of fossil *Azolla massulae* from Japan and some notes on recent Japanese species [In Japanese]. Bull. Osaka Mus. Nat. Hist., 29:51-60

Sourek J, 1958. *Azolla filiculoides* Lam. - neue eingeschleppte Art in der CSR. Preslia, 30:84-85

Stergianou KK, Fowler K, 1990. Chromosome numbers and taxonomic implications in the fern genus Azolla (Azollaceae). Plant Systematics and Evolution, 173:223-239

Steyn DJ, Scott WE, Ashton PJ, Vivier FS, 1979. Guide to the use of herbicides on aquatic plants. Technical Report TR95, Department of Water Affairs, South Africa, 1-29

Svenson HK, 1944. The new world species of Azolla. American Fern Journal, 34(3):69-84

Sweet A, Hills LV, 1971. A study of Azolla pinnata R. Brown. American Fern Journal, 61(1):1-13

Szczesniak E, Blachuta J, Krukowski M, Picinska-Faltynowicz J, 2009. Distrivution of *Azolla filiculoides* Lam. (Azollaceae) in Poland. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 78(3):241-246

Tofoli GR, Negrisoli E, Velini ED, Martins D, 2000. Chemical Azolla filicoides L. control. (Controle químico de *Azolla filicoides* L.) Ecossistema, 25(2):181-183

Twyman ES, Ashton PJ, 1972. An autecological investigation of the aquatic fern (Azolla species) in relation to the Hendrik Verwoed Dam. The Civil Engineer in South Africa, 14:88-89

USDA-ARS, 2003. Germplasm Resources Information Network (GRIN). Online Database. Beltsville, Maryland, USA: National Germplasm Resources Laboratory. https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearch.aspx

USDA-NRCS, 2002. The PLANTS Database, Version 3.5. National Plant Data Center, Baton Rouge, USA. http://plants.usda.gov

van Cat D, Watanabe I, Zimmerman WJ, Lumpkin LA, de Waha Baillonville T, 1989. Sexual hybridization among Azolla species. Canadian Journal of Botany, 67:3482-3485

Wagner GM, 1997. Azolla: A review of its biology and utilization. The Botanical Review, 63(1):1-25

Witt, A., Luke, Q., 2017. Guide to the naturalized and invasive plants of Eastern Africa, [ed. by Witt, A., Luke, Q.]. Wallingford, UK: CABI.vi + 601 pp. http://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20173158959 doi:10.1079/9781786392145.0000



Protect pdf from copying with Online-PDF-No-Copy.com