

بررسی اکولوژیکی رشد بیش از اندازه آزولا در تالاب انزلی و چگونگی کنترل آن^۱

یوسف فیلی زاده^۲

چکیده

آزولا (*Azolla filiculoides* Lam.) یک علف هرز مهم آبی شناور می‌باشد که سطح وسیعی از تالاب انزلی را اشغال کرده است. رشد بیش از اندازه این گیاه در تالاب انزلی، موجب دخالت در استفاده از منابع آب توسط انسان، تاثیر نامطلوب بر کیفیت آب و ایجاد مشکلات اکولوژیکی بر سایرگونه‌های گیاهی و جانوری شده است. برای بررسی دلایل رشد فراوان این علف هرز در تالاب انزلی و چگونگی کنترل آن در شرایط آزمایشگاهی، استخرهای پرورش ماهی و تالاب انزلی، چهار آزمایش در سال ۷۹-۱۳۷۸ در ایستگاه‌های تحقیقاتی مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان و تالاب انزلی انجام گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که علف هرز آزولا با رشد سریع و زمان کوتاه دوبرابر شدن دارای قدرت رقابت بالایی برای حذف سایر گونه‌های شناور نظیر عدسک آبی است. براساس نتایج این تحقیق حداکثر میزان رشد نسبی (۰/۱۱ گرم در گرم در روز) و کوتاهترین زمان دوبرابر شدن آزولا (۶/۲۷ روز) در تیرماه مشاهده گردید. از طرف دیگر، نتایج این تحقیق نشان داد که همزمان با افزایش درجه حرارت و غلظت فسفر در دسترس، رشد آزولا افزایش و زمان دوبرابر شدن آن کاهش یافت. همچنین استعمال علف‌کش تماسی پاراکوات در دو مرحله در شرایط آزمایشگاهی، استخرهای پرورش ماهی و تالاب انزلی در غلظت‌های ۰/۷۵، ۱/۲۵ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر، موجب توقف رشد و کاهش معنی‌دار زیتوده آزولا گردید. علاوه بر این، گیاه آزولا حتی در تراکم‌های پایین در یک منطقه با رشد سریع و زمان کوتاه دوبرابر شدن قدرت پراکندگی گسترده را داشته و قادر است که تبدیل به یک علف هرز خطرناک شود. استفاده مناسب از علف‌کش تماسی پاراکوات و جلوگیری سریع از ورود فاضلاب‌ها به آبگیرهای شمالی دارای آزولا، عوامل اساسی در کاهش معنی‌دار رشد این گیاه محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آزولا، تالاب انزلی، رقابت، زمان دوبرابر شدن، درجه حرارت، سطوح فسفر و علف‌کش پاراکوات

۱- تاریخ دریافت: ۷۹/۱۰/۲۰، تاریخ تصویب نهایی: ۸۰/۸/۲۸

۲- استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد رامسر

مقدمه

یک گیاه آبیزی هنگامی که با رشد بیش از اندازه مانع انجام بسیاری از فعالیت‌های مورد نظر انسان و سایر موجودات شود، به علف‌هرز تبدیل می‌گردد (۳ و ۱۹). به‌عنوان یک علف هرز آبیزی شناور در بسیاری از آبگیرهای شمال کشور حضور دارد. رشد بیش از اندازه این علف هرز آبیزی بر روی سطح آب در آبگیرهای شمال کشور و بویژه تالاب انزلی، موجب تاثیر نامطلوب بر کیفیت آب، کاهش تنوع موجودات جانوری و گیاهی تالاب و همچنین ایجاد مشکل برای شالیکاران منطقه گردیده است. علاوه بر این، موجب رشد انبوه این علف هرز بر روی سطح آب باعث جلوگیری از نفوذ نور به لایه‌های پایین از سطح آب شده که این عمل مانعی برای رشد گیاهان غوطه‌ور در تالاب انزلی و در نهایت کاهش تنوع گیاهی و جانوری وابسته به آن گردیده است. از طرف دیگر، به‌دلیل رشد متراکم این گیاه در روی سطح آب، تبادلات گازی بین سطح و لایه‌های زیرین آب به حداقل رسیده که همین عمل منجر به کاهش شدید اکسیژن در لایه‌های مختلف آب و در نهایت مرگ و حذف بعضی از موجودات درون تالاب انزلی شده است.

علاوه بر موارد فوق، آزولا با ورود به شالیزارها، مشکلات فراوانی را در مراحل مختلف عملیات کاشت و داشت گیاه برنج برای شالیکاران ایجاد کرده است. رشد آزولا در شالیزارها، سبب جلوگیری از رشد و خروج گیاهچه‌ها، خوابیدن و شکستن آنها و در نهایت تاخیر در زمان رسیدن برنج گردیده است.

هدف از این تحقیق، بیان نتایج چهار آزمایش در شرایط آزمایشگاهی، استخرهای پرورش ماهی و تالاب انزلی برای ارزیابی دلایل رشد بیش از اندازه و غالبیت علف هرز آزولا در این محیط‌هاست. تعیین واکنش این علف هرز نسبت به تغییرات مواد غذایی در محیط و تاثیر آن بر تنوع گیاهی و جانوری تالاب انزلی و همچنین کنترل آن با علف‌کش تماسی

پاراکوات در غلظت‌های مختلف، از اهداف دیگر این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات ساحل‌غازیان و ایستگاه تحقیقاتی پل آستانه مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان، استخرهای پرورش ماهی مرکز تحقیقات امور دام استان گیلان و همچنین ایستگاه‌های تحقیقاتی درون تالاب انزلی انجام گرفت. در آزمایش‌های انجام‌گرفته در ایستگاه ساحل‌غازیان، آزولا در درون حوضچه‌هایی به ظرفیت ۲۵۰ لیتر و تحت شرایط نور طبیعی و درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد رشد داده شد. از آنجایی که در محیط طبیعی تالاب انزلی حداکثر رشد آزولا در میان توده‌های انبوه نی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha latifolia*) انجام می‌گیرد، برای جلوگیری از افزایش درجه حرارت آب و استرس‌های حرارتی در روی حوضچه‌ها، اقدام به نصب سایبان در ساعات گرم روز شد. همه گیاهان برای آزمایش در ایستگاه تحقیقات ساحل‌غازیان، از توده‌های سالم، جوان و سبز درون تالاب انزلی انتخاب شدند. در آزمایش شماره ۴ به‌دلیل ناکافی بودن استخرهای آزمایشی، عملیات کنترل در چند مرحله انجام گرفت. در این تحقیق، در هر چهار آزمایش، طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد استفاده قرار گرفت. پارامترهای مورد استفاده در این آزمایش‌ها شامل تعیین زیتوده، درصد پوشش و زیتوده کوادرات اندازه‌گیری شده و مقایسه آن نسبت به تیمار شاهد بود.

آزمایش ۱- رقابت بین آزولا و عدسک آبی در شرایط آزمایشگاهی

برای تعیین آثار رقابت بین گونه‌ای و یافتن دلایل چیرگی آزولا و حذف تدریجی سایر گونه‌های شناور نظیر عدسک آبی (*Lemna minor*) و سرخس آبی (*Salvinia rotundifolia*) از آبگیرهای شمال کشور، یک آزمایش رقابت‌جانشینی (۱۰) در ایستگاه تحقیقات ساحل‌غازیان مرکز تحقیقات شیلاتی

زیتوده آزولا در هر کوادرات، درصد پوشش، میزان رشد نسبی^۱ (۱۱) و زمان دو برابر شدن آزولا (۱۶) نیز بر اساس فرمول‌های زیر در درون هر کوادرات به صورت ماهانه تعیین شد:

$$\text{میزان رشد نسبی} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} = \text{گرم در گرم در روز}$$

در این فرمول W_1 و W_2 وزن تازه برحسب گرم در زمان‌های اندازه‌گیری t_1 و t_2 و \ln لگاریتم بر پایه طبیعی است. زمان دو برابر شدن براساس فرمول زیر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت:

$$\ln 2 / RGR = \text{زمان دو برابر شدن}$$

آزمایش ۳- تاثیر درجه حرارت و عنصر غذایی

فسفر بر رشد آزولا

هدف از این آزمایش، تعیین واکنش آزولا به سطوح مختلف عنصر غذایی فسفر و درجه حرارت‌های مختلف آب در شرایط آزمایشگاهی است. از آنجایی که بسیاری از آبگیرهای شمال کشور و بویژه تالاب انزلی تقریباً از نظر عناصر غذایی غنی و فاضلاب‌ها، آلاینده‌ها و پساب زمین‌های کشاورزی و کارخانه‌ها به درون تالاب ریخته می‌شوند، این آزمایش می‌تواند وضعیت رشد آزولا را در آینده با توجه به این شرایط پیشگویی کند.

در این آزمایش میزان رشد آزولا در ۳ سطح حرارتی ۱۸، ۲۱ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد و ۴ سطح فسفر ۰/۰۲، ۰/۲، ۲ و ۲۰ میلی‌گرم فسفات در لیتر با ۳ تکرار در ۳۶ آکواریوم آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت. برای جلوگیری از رشد جلبک در آکواریوم‌های آزمایشی، هر ۹۶ ساعت یک‌بار بعد از شستن آزولا، آنها در درون آکواریوم‌های جدید با ترکیبات تازه از سطوح فسفر قرار داده شدند. همزمان با تعویض آکواریوم‌ها تاثیر مواد غذایی بر رشد (زیتوده) آزولا نیز اندازه‌گیری گردید.

آزمایش ۴- کنترل آزولا با علف‌کش تماسی پاراکوات

هدف از این تحقیق، بررسی واکنش علف‌هرز آزولا در حوضچه‌های آزمایشی درون ایستگاه تحقیقاتی ساحل غازیان، استخرهای پرورش ماهی درون ایستگاه تحقیقات شیلاتی پل آستانه و تالاب انزلی به

استان گیلان انجام گرفت. هدف از این آزمایش، بررسی قدرت رقابتی دوگونه علف‌هرز آبی شناور آزولا و عدسک آبی در سطوح مختلف نوری و تراکم متفاوت اولیه کاشت بود. در این مطالعه، قدرت نسبی رقابت درون و برون‌گونه‌ای و تاثیر آن بر زیتوده گیاهی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

در این آزمایش در کاشت خالص مقدار ۴ کیلوگرم از هر گونه (آزولا و عدسک آبی) و در کاشت مخلوط نسبت‌های ۳:۱، ۲:۲ و ۱:۳ کیلوگرم از هر گونه در داخل حوضچه‌ها قرار داده شد. ۵ روز بعد از استقرار گیاهان در درون حوضچه‌ها و رفع تنش ناشی از انتقال از تالاب انزلی، برای ایجاد ۳ سطح نوری صفحات پلاستیکی سفید و سبز برای کاهش نور طبیعی از ۳۵۰ میکرواینشتین متر مربع در ثانیه ($\mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) به ۱۵۰ و ۷۵ میکرواینشتین مترمربع در ثانیه بر روی حوضچه‌ها قرار داده شدند.

در طی ۹ هفته آزمایش، گیاهان آزمایشی هر دو هفته یک بار از حوضچه‌ها جمع‌آوری، و بعد از ۵ دقیقه نگهداری در صافی و آبگیری اولیه، وزن گردیدند. همچنین تغییرات زیتوده به صورت خالص و مخلوط و درصد پوشش تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. گیاهان بعد از هر اندازه‌گیری مجدداً به درون حوضچه‌ها منتقل شدند.

آزمایش ۲- میزان رشد آزولا در تالاب انزلی

برای تعیین میزان رشد آزولا در فصول مختلف سال، تعداد ۶ کوادرات به ابعاد ۷۵×۷۵ سانتی‌متر در ۶ نقطه تالاب انزلی در ایستگاه‌های سیاه کشیم و هنده خاله به صورت تصادفی قرار داده شدند. حدود ۱۵-۱۰ درصد از مساحت هر کوادرات با قراردادن توده‌های جوان آزولا اشغال شد. مواد غذایی (فسفر و ازت)، درجه حرارت و اکسیژن محلول در آب کوادرات به صورت ماهانه اندازه‌گیری شد. متوسط فسفات محلول در آب، آمونیوم محلول در آب و pH در مناطق آزمایشی در زمان آزمایش به ترتیب ۰/۱۲۵، ۰/۸۲۴ میلی‌گرم در لیتر و ۸/۱۶ بود.

^۱ Relative Growth Rate

نتایج این تحقیق نشان داد که بعد از ۶ هفته از شروع آزمایش، بیوماس آزولا در نور طبیعی در تراکم‌های ۴:۰، ۳:۱، ۲:۲ و ۱:۳ کیلوگرم به ترتیب ۲/۸۷، ۴/۲۶، ۵/۵ و ۷ برابر تراکم اولیه شد. در مقابل، زیتوده عدسک آبی در تراکم‌های ۴:۰، ۳:۱، ۲:۲ و ۱:۳ کیلوگرم در نور طبیعی به ترتیب ۱/۹۳، ۱/۸ و ۱/۴۵ برابر تراکم اولیه کاشت گردید (شکل ۲). نتایج تحقیق همچنین نشان داد که در پایان آزمایش (بعد از ۹ هفته)، در تمام سطوح نوری بیشترین زیتوده و پوشش گیاه در کاشت خالص و مخلوطی مشاهده شد که گیاه آزولا در آن حضور داشت. آزولا بیش از دو برابر عدسک آبی در کاشت خالص و مخلوط با همان وزن تولید بیوماس کرد. در پایان آزمایش، سطح حوضچه‌های آزمایشی تقریباً پوشیده از آزولا بود و عدسک آبی به‌طور کامل تحت تاثیر رشد آزولا قرار گرفته بود. بعد از ۹ هفته از شروع آزمایش، با وجود افزایش در بیوماس عدسک آبی نسبت به وزن اولیه، رشد و تکثیر عدسک آبی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر فشار ناشی از آزولا قرار داشت (شکل ۳).

با توجه به نتایج آزمایش، بیشترین زیتوده علف هرز آزولا در کاشت مخلوط مشاهده شد. از طرف دیگر، حداکثر میزان رشد برای آزولا در نور طبیعی و برای عدسک آبی در تیمار ۱۵۰ میکرواینشتین متر مربع در ثانیه مشاهده شد. کاهش معنی‌دار در رشد و تکثیر عدسک آبی در تیمارهای مختلف نوری نسبت به آزولا، نشان می‌دهد که رشد آزولا در حضور گیاهان دیگر سریع‌تر است و این گیاه قدرت رقابت بالاتر نسبت به سایر گیاهان مجاور دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو گیاه در کاشت مخلوط و در تراکم‌های مختلف با تغییر شکل ظاهری، نسبت به سطوح مختلف نوری از خود واکنش نشان دادند. اندازه ریشه در عدسک آبی در حضور آزولا و سطوح پایین نوری حدود ۲ برابر بیش از شرایط معمولی بود (۳ سانتی‌متر). از طرف دیگر، در واحدهای پایین نوری گیاه آزولا با بالابردن تولید برگ‌های جدید، به‌طور معنی‌داری مرگ و میر برگ‌های خود را جبران می‌کرد.

غلظت‌های متفاوت علف‌کش پاراکوات است. میزان حساسیت آزولا به علف‌کش پاراکوات و پیدا کردن حداقل غلظتی که موجب کاهش معنی‌دار زیتوده و رشد آزولا گردد، از اهداف دیگر این آزمایش است.

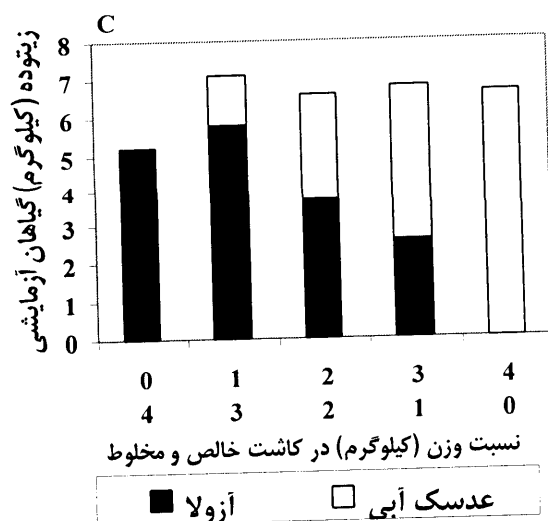
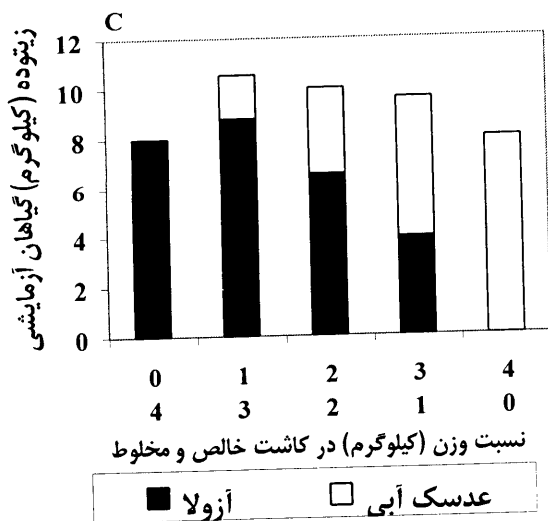
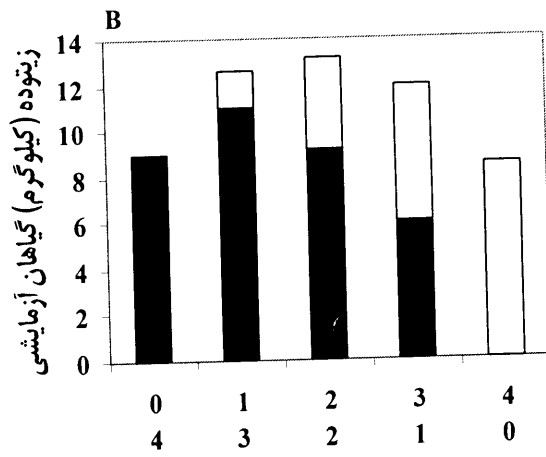
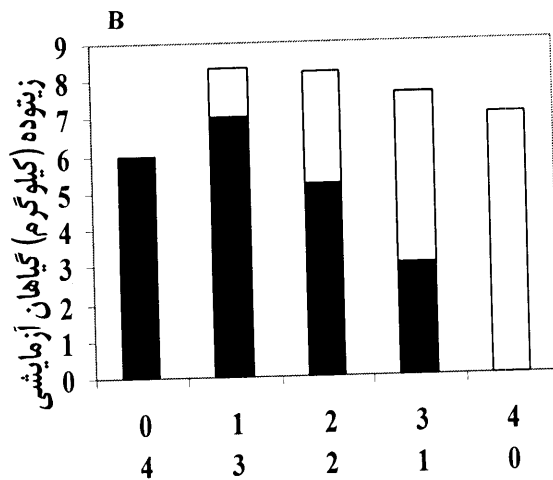
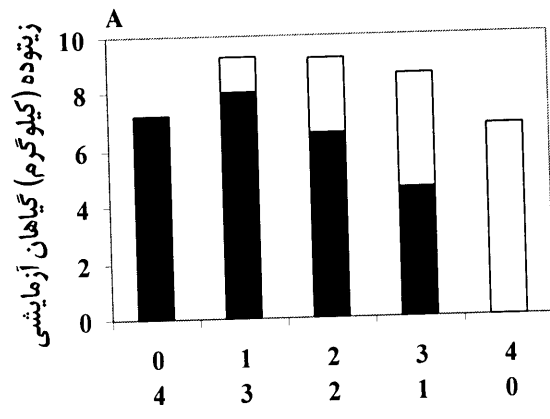
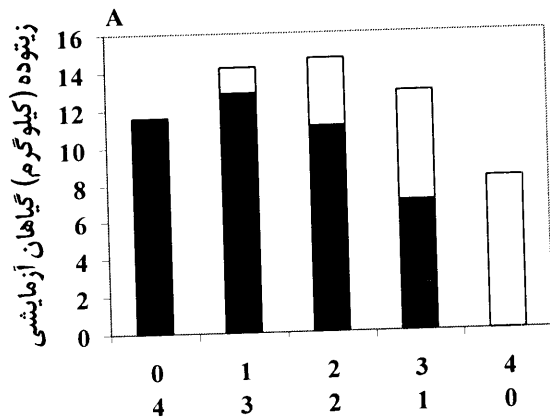
در این آزمایش، علف هرز آزولا تحت تاثیر علف‌کش تماسی پاراکوات با غلظت‌های ۰/۱۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱/۵، ۱/۲۵، ۱، ۲ و ۵ میلی‌گرم در لیتر در سه محیط حوضچه‌های آزمایشی، استخرهای پرورش ماهی و تالاب انزلی قرار گرفت. استعمال علف‌کش زمانی انجام گرفت که گیاه آزولا در حداکثر رشد رویشی و فعالیت فتوسنتزی قرار داشت. مساحت حوضچه‌های آزمایشی، استخرهای پرورش ماهی و مناطق آزمایشی درون تالاب انزلی به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ مترمربع تعیین شد.

شش هفته بعد از استعمال اول، عملیات کنترل با غلظت‌های فوق در محیط‌های آزمایشی مجدداً تکرار گردید. یک هفته بعد از هر استعمال با پرتاب کودارات (۵×۵/۵ متری) در محیط‌های آزمایشی درصد گیاهان صدمه‌دیده، میزان زیتوده، طول ریشه و اندازه برگ‌ها اندازه‌گیری و با شاهد مقایسه شد.

نتایج

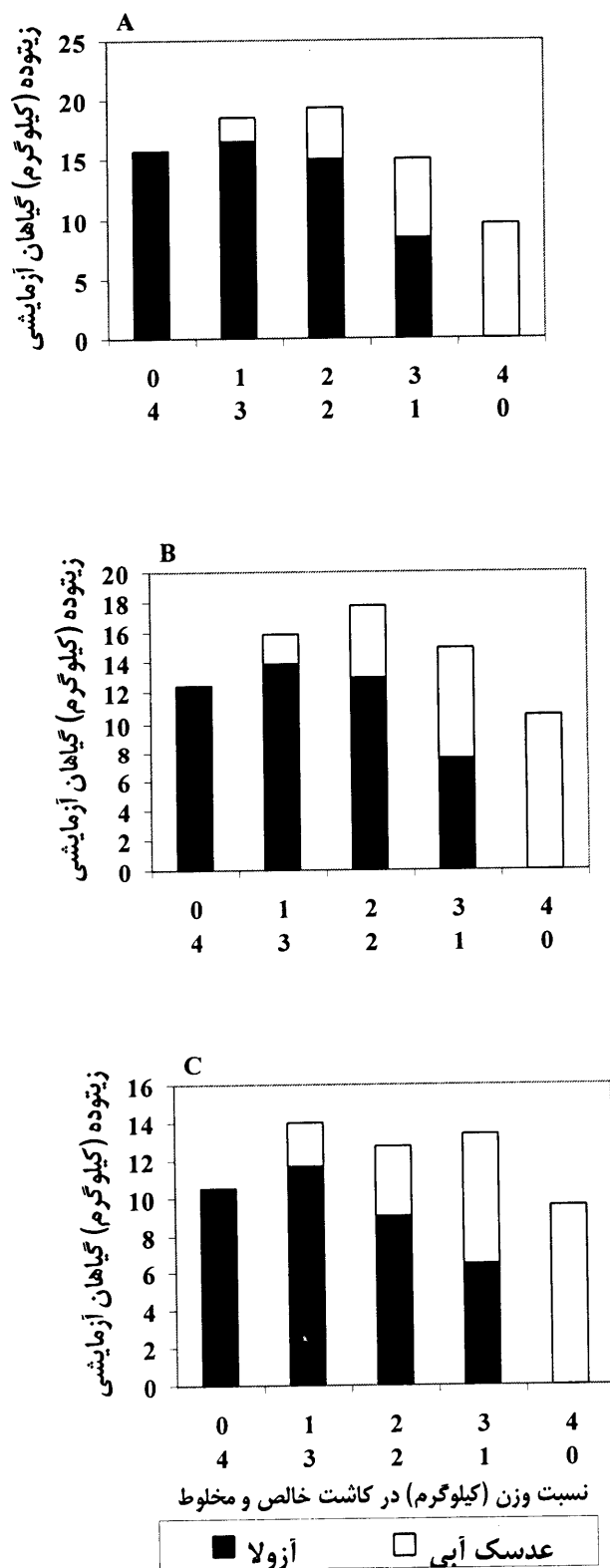
آزمایش ۱

بعد از ۲ هفته از شروع آزمایش، هر دو گونه آزولا و عدسک آبی بدون ایجاد رقابت برون‌گونه‌ای شروع به رشد کردند و میزان زیتوده در کاشت مخلوط مشابه با زیتوده در کاشت خالص بود. بعد از ۴ هفته از شروع آزمایش حداکثر زیتوده آزولا در کاشت مخلوط با تراکم ۳:۱ و ۲:۲ کیلوگرم در نور طبیعی (۳۵۰ میکرواینشتین مترمربع در ثانیه) با ۲/۶۶ و ۳/۳۳ برابر تراکم اولیه مشاهده گردید. از طرف دیگر، آزولا در تراکم ۱:۳ در حضور عدسک آبی بسرعت تراکم خود را به ۴/۶ کیلوگرم رساند. حداکثر رشد عدسک آبی در کاشت خالص در تیمار ۱۵۰ میکرواینشتین مترمربع در ثانیه با ۱/۷۵ برابر تراکم اولیه در زیتوده مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۲- میزان زیتوده (وزن تازه) آزولا و عدسک آبی در کاشت خالص مخلوط در ۶ هفته بعد از شروع آزمایش
 A: ۳۵۰ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه
 B: ۱۵۰ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه
 C: ۷۵ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه

شکل ۱- میزان زیتوده (وزن تازه) آزولا و عدسک آبی در کاشت خالص مخلوط در ۴ هفته بعد از شروع آزمایش
 A: ۳۵۰ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه
 B: ۱۵۰ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه
 C: ۷۵ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه



شکل ۳- میزان زیتوده (وزن تازه) آزولا و عدسک آبی در کاشت خالص مخلوط در ۹ هفته بعد از شروع آزمایش
 A: ۳۵۰ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه
 B: ۱۵۰ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه
 C: ۷۵ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه

آزمایش ۲

نتایج این آزمایش نشان داد که واکنش آزولا به افزایش زیتوده و تولید گیاهان جدید با تغییرات سطوح نوری و درجه حرارت در فصول مختلف سال متفاوت است (جدول ۱). میزان رشد آزولا و همچنین کوتاه شدن زمان دوبرابر شدن این گیاه با افزایش شدت تشعشعات تا ۳۵۰ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه و ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. افزایش بیشتر درجه حرارت و شدت تشعشعات در مرداد ماه و کاهش درجه حرارت و تشعشعات در ماه‌های دی تا اسفند، موجب کاهش میزان رشد و افزایش زمان دوبرابر شدن آزولا گردید (جدول ۱). نتایج این تحقیق نشان داد که اختلافات درجه حرارت در ماه‌های مختلف سال اثر معنی‌داری بر میزان رشد آزولا دارد. میانگین درجه حرارت روزانه با افزایش وزن تازه ارتباط مثبت غیرخطی از خود نشان داد ($P < / . 5$ و $r^2 = / . 90$). از طرف دیگر، ارتباط مثبت معنی‌داری بین میانگین شدت نور روزانه و میانگین درجه حرارت روزانه مشاهده شد ($P < / . 5$ و $r^2 = / . 90$).

میزان رشد آزولا با اندازه‌گیری افزایش وزن تازه و زمان دو برابر شدن در فصول مختلف سال تعیین شد. نتایج این آزمایش نشان داد که حداکثر رشد رویشی آزولا در طی ماه‌های فروردین تا تیر و شهریور تا اوایل آبان در تالاب انزلی است. در مردادماه با بالا رفتن درجه حرارت و افزایش تنش‌های حرارتی و در ماه‌های آذر تا فروردین با کاهش درجه حرارت هوا و تنش‌های ناشی از آن، رشد آزولا کاهش و زمان دوبرابر شدن آن افزایش یافت (جدول ۱).

میزان رشد نسبی (RGR) و زمان دو برابر شدن آزولا در ماه‌های مختلف سال در جدول ۱ نشان داده شده است. متوسط میزان رشد نسبی آزولا در طی ماه‌های فروردین تا تیر ($0/087$ گرم در گرم در روز) و حداقل آن در ماه‌های آذر تا اسفند ($0/027$ گرم در گرم در روز) مشاهده گردید. حداقل و حداکثر زمان دوبرابر شدن به ترتیب در تیرماه با $6/27$ روز و در بهمن ماه با $34/5$ روز تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- میزان رشد نسبی (افزایش وزن تازه) و زمان دوبرابر شدن (تولید گیاه جدید) در ماه‌های مختلف سال

در تالاب انزلی

ماه‌های سال	شدت نور ($\mu E.m^{-2}.s^{-1}$)	میانگین درجه حرارت روزانه (سانتی‌گراد)	میزان رشد نسبی RGR($gg^{-1}day^{-1}$)	مدت زمان دوبرابر شدن
فروردین	۱۳۵	۱۳/۷	۰/۰۶۶	۱۰/۴۵
اردیبهشت	۱۹۰	۱۶/۴	۰/۰۷۸	۸/۸۴
خرداد	۲۵۰	۲۱/۴	۰/۰۹۶	۷/۱۸
تیر	۳۳۰	۲۴/۹	۰/۱۱	۶/۲۷
مرداد	۴۱۰	۲۷/۶	۰/۰۶۱	۱۱/۳۱
شهریور	۲۸۵	۲۴/۲	۰/۰۹۳	۷/۴۱
مهر	۳۰۰	۲۰	۰/۰۶۶	۱۰/۴۵
آبان	۲۱۵	۱۳/۳	۰/۰۶۹	۱۰
آذر	۱۳۵	۱۰/۱	۰/۰۳	۲۳
دی	۹۵	۹/۲	۰/۰۲۵	۲۷/۶
بهمن	۷۰	۷/۳	۰/۰۲	۳۴/۵
اسفند	۸۵	۸/۴	۰/۰۲۳	۲۰/۹

رشد و کاهش زمان دوبرابر شدن آزولا مشاهده شد همچنین افزایش غلظت فسفر با بالا رفتن درجه حرارت از ۱۸ به ۲۱ درجه سانتی‌گراد موجب واکنش

آزمایش ۳

در این آزمایش با افزایش درجه حرارت به ۲۴ درجه سانتی‌گراد افزایش معنی‌داری ($P < / . 001$) در میزان

ریشه به اندام‌های هوایی کاهش یافت و گیاه حداکثر زیتوده خود را صرف اندام‌های هوایی کرد. در ۲۱ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۰/۰۲ میلی‌گرم فسفات در لیتر، حدود ۳۲ درصد از زیتوده خشک کل گیاه به ریشه اختصاص یافت، درحالی‌که در ۲۴ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۱۰ میلی‌گرم فسفات در لیتر، این نسبت فقط ۱۶ درصد از کل زیتوده را شامل می‌گردید. جدول ۲ میزان رشد نسبی و زمان دو برابر شدن را در ۳۰ روز بعد از شروع آزمایش نشان می‌دهد.

معنی‌دار آذولا نگرديد، اما اختلاف معنی‌داری در میزان رشد و کوتاه شدن زمان دوبرابر شدن با افزایش درجه حرارت به ۲۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. نتایج این آزمایش نشان داد که حداکثر میزان رشد نسبی و کوتاهترین زمان دوبرابر شدن در درجه حرارت ۴ درجه سانتی‌گراد و ۲۰ میلی‌گرم فسفات در لیتر مشاهده گردید. از طرف دیگر، اختلاف معنی‌داری در میزان رشد نسبی در این درجه حرارت و سطوح پایین‌تر فسفات مشاهده نشد. نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش درجه حرارت و همچنین افزایش غلظت فسفر در آب نسبت

جدول ۲- آثار سطوح مختلف فسفر در درجه حرارت‌های مختلف بر میزان رشد نسبی و زمان دوبرابر شدن آذولا

درجه حرارت (سانتی‌گراد)	میزان فسفر (میلی‌گرم در لیتر)	میزان رشد نسبی (RGR)	زمان دوبرابر شدن (روز)
۱۸	۰/۰۲	۰/۰۷۹	۸/۷۳
۱۸	۰/۲	۰/۰۷۸	۸/۸۴
۱۸	۲	۰/۰۸۰	۸/۶۲
۱۸	۲۰	۰/۰۸۲	۸/۴۱
۲۱	۰/۰۲	۰/۱۳۴	۵/۱۴
۲۱	۰/۲	۰/۱۴۴	۴/۷۹
۲۱	۲	۰/۱۳۸	۵
۲۱	۲۰	۰/۱۴۴	۴/۷۹
۲۴	۰/۰۲	۰/۱۸۳	۳/۷۷
۲۴	۰/۲	۰/۱۹۱	۳/۶۱
۲۴	۲	۰/۲۰۲	۳/۴
۲۴	۲۰	۰/۲۰۵	۳/۳۶

حوضچه‌های آزمایش مشاهده شد. میزان رشد آذولا با اندازه‌گیری وزن خشک آن در کوادرات ۰/۵×۰/۵ متری و طول ریشه محاسبه گردید (شکل‌های ۴ و ۵). در استخرهای پرورش ماهی و تالاب انزلی، علف‌کش پاراکوات به ترتیب در غلظت‌های ۱/۲۵ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر، موجب کاهش معنی‌دار زیتوده (وزن خشک) و طول ریشه آذولا گردید (شکل‌های ۴ و ۵).

نتایج این آزمایش نشان داد که بعد از ۶ هفته از استعمال اول در حوضچه‌های آزمایشگاهی،

آزمایش ۴

بعد از ۳ هفته از استعمال اول علف‌کش پاراکوات در غلظت ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر در حوضچه‌های آزمایشگاهی، حدود ۹۵ درصد از علف هرز آذولا از حالت فعال و زنده خارج شد و رنگ شروع به خاکستری و بی‌رنگ شدن کرد. از طرف دیگر، طول ریشه و اندازه برگ‌ها نیز به‌طور معنی‌داری ($P < 0.001$) کاهش یافت. همچنین کاهش معنی‌داری در رشد (افزایش زیتوده) و افزایش معنی‌داری در زمان دوبرابر شدن آذولا در

(۱۹۷۹) و فیلی‌زاده (۱۹۹۶)، نشان داد که غالبیت یک گونه گیاه شناور بر گونه‌های مجاور، بستگی به سرعت تولید برگ‌های جدید، میزان جذب نور و زمان دوبرابر شدن آن دارد.

نتایج این آزمایش نشان داد که گونه‌های آزولا و عدسک آبی در شرایط متفاوت رشد راهبردهای مختلفی از خود نشان می‌دادند. از آنجایی که حداکثر میزان رشد آزولا نسبت به عدسک آبی در شدت نور بالاتر انجام می‌گیرد، این گیاه برای جذب نور و مواد غذایی، بیشترین میزان زیتوده خود را به برگ‌ها اختصاص داد. در مقابل، میزان اختصاص زیتوده به ریشه و برگ‌ها در عدسک آبی تقریباً برابر بود. عدسک آبی قادر بود که سطوح پایین نور و مواد غذایی را نسبت به آزولا تحمل کند. رشد سریع و زمان کوتاه دوبرابر شدن آزولا، این گونه را قادر می‌سازد که بسرعت از منابع موجود، حداکثر استفاده را کرده و سطح آب‌های مکان رشد را اشغال کند. نتایج آزمایش رقابت نشان داد که مهمترین عامل برتری آزولا بر عدسک آبی، ناشی از تولید سریع برگ و اندام‌های رویشی و زمان کوتاه دوبرابر شدن است.

نتایج آزمایش رقابت نشان داد که بعد از ۹ هفته از شروع آزمایش، میزان زیتوده و تعداد گیاهان آزولا در کاشت مخلوط و خالص بیش از گیاه عدسک آبی بود. پوشش بخش عمده‌ای از سطح آب توسط آزولا سبب گردید که علی‌رغم قدرت تحمل بالای عدسک آبی به سطوح پایین نوری، رشد این گیاه با ایجاد سایه شدید توسط آزولا به میزان معنی‌داری در نتیجه رنگ سبز آزولا خاکستری و در نهایت بی‌رنگ شد. توده‌های بزرگ آزولا و چندلایه‌بودن و فشردگی برگ آن در محیط‌های طبیعی نظیر استخرهای پرورشی و تالاب انزلی، موجب گردید که غلظت‌های بالاتر پاراکوات نسبت به شرایط آزمایشگاهی برای کنترل این گیاه مورد نیاز باشد.

استخرهای پرورش ماهی و تالاب انزلی، بیش از ۶۰ درصد گیاهان شروع به رشد و پوشاندن مجدد سطح آب کردند. گیاهان رشدکرده دارای برگ‌های کوچکتر، نازکتر و طول ریشه کمتر بودند. همچنین وزن خشک گیاه، طول ریشه و اندازه برگ‌ها بعد از استعمال دوم در هر ۳ محیط آزمایشی در غلظت‌های پایین‌تری نسبت به استعمال اول به‌طور معنی‌داری ($P < 0.001$) کاهش یافتند (شکل‌های ۴ و ۵). میانگین وزن خشک آزولا در هر کواترات و طول ریشه بعد از استعمال دوم در مقایسه با استعمال اول به ترتیب به میزان ۷۵ و ۶۴ درصد کاهش یافت. این آزمایش نشان داد که ۵ هفته بعد از استعمال دوم در حوضچه‌های آزمایشی، استخرهای پرورشی و تالاب انزلی به ترتیب ۱۲، ۱۷ و ۲۱ درصد از آزولا شروع به رشد مجدد کردند. از طرف دیگر، این گیاهان دارای برگ‌ها و ریشه‌های کوچکتری نسبت به شاهد و گیاهان بعد از استعمال اول بودند. که بعد از استعمال دوم، سطح آب به‌طور معنی‌داری ($P < 0.001$) مشخص و عاری از آزولا گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

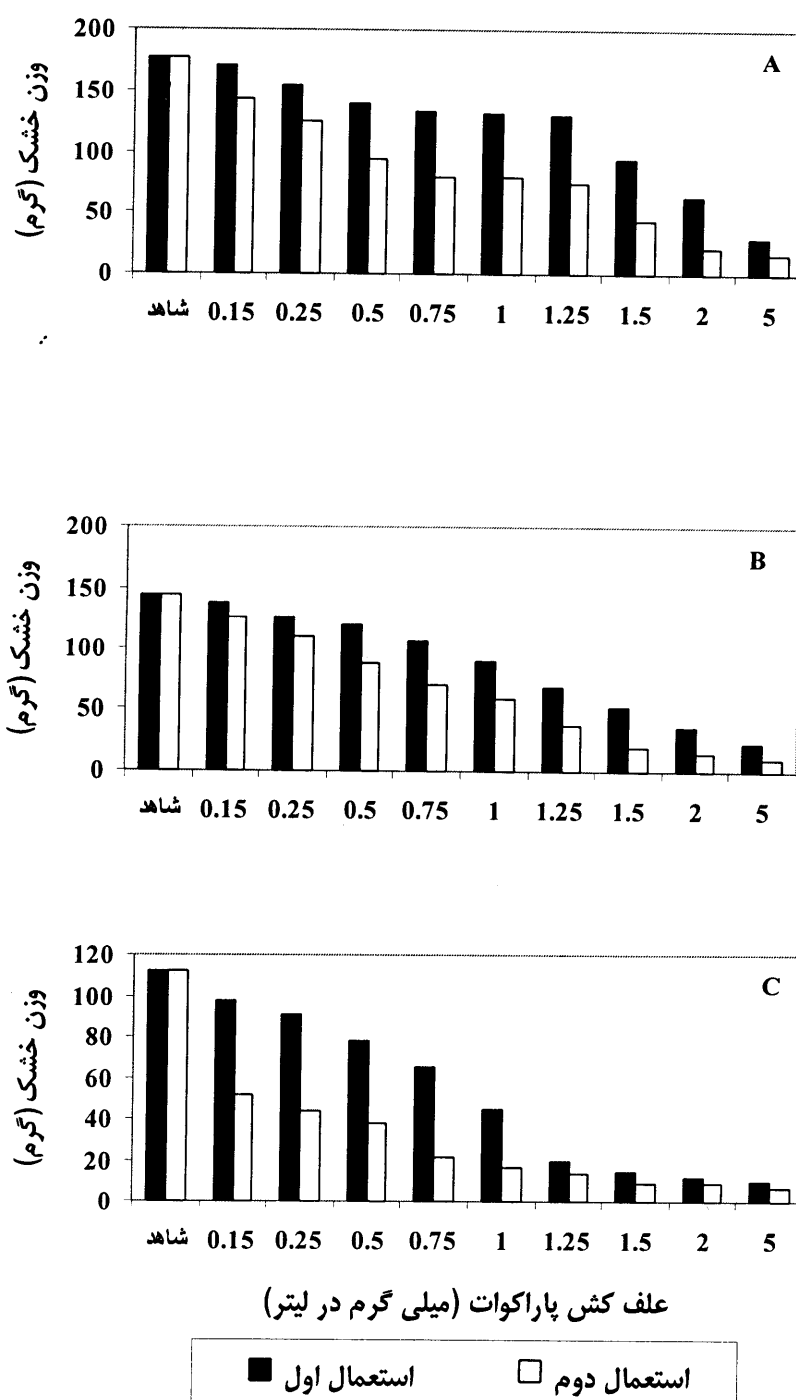
نتایج این آزمایش نشان داد که غالبیت یک گونه در یک آزمایش رقابتی، بستگی به شرایط محیطی و میزان رشد آن گونه دارد. در این تحقیق، غالبیت آزولا بر عدسک آبی نه تنها در کاشت مخلوط، بلکه در کاشت خالص نیز مشاهده شد. رشد سریع و زمان کوتاه دو برابر شدن آزولا، از دلایل عمده غالبیت این گیاه بر عدسک آبی بود.

در هر دو شرایط کاشت مخلوط و خالص، تولید برگ و گیاهان جدید در آزولا نسبت به عدسک آبی سریع‌تر بود. این خصوصیت موجب در معرض بیشتر قرار گرفتن برگ‌های آزولا برای افزایش جذب نور و در نتیجه بالا رفتن میزان فتوسنتز و ماده‌سازی گردید، این نتایج و یافته‌های سنتر و اسپنسر^۱ (۱۹۸۱)، آگامی و ردی^۲ (۱۹۸۹، ۱۹۹۰)، ری^۳ و همکاران

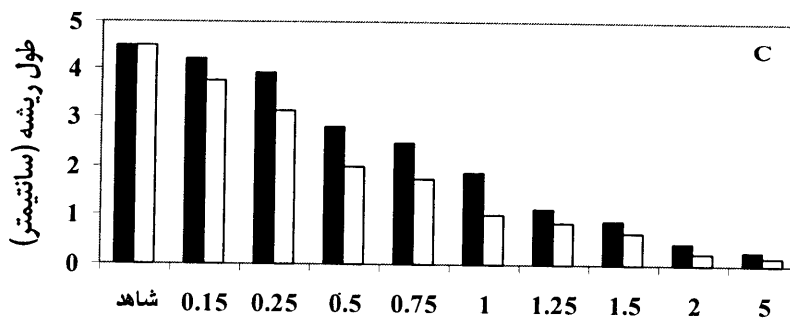
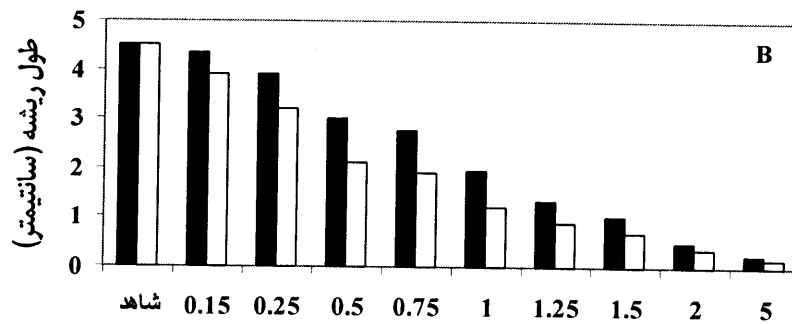
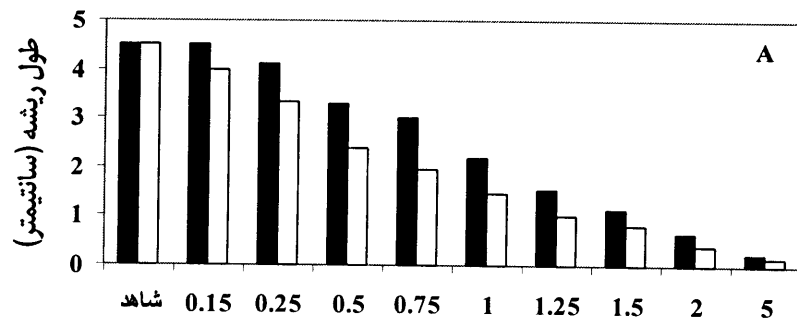
^۱ - Center & Spencer

^۲ - Aghami & Reddy

^۳ Ray



شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف علف‌کش تماسی پاراکروت بر روی زیتوده (وزن خشک) علف هرز آژولا در یک کوادرات ۰/۵ مترمربعی در سه محیط، A: تالاب انزلی، B: استخرهای پرورش ماهی، C: حوضچه‌های آزمایشی



علف کش پاراکوات (میلی گرم در لیتر)



شکل ۵- اثر غلظت‌های مختلف علف‌کش تماسی پاراکوات بر روی طول ریشه (سانتی‌متر) علف هرز آزولا در یک کوادرات ۰/۵ مترمربعی در سه محیط، A: تالاب انزلی، B: استخرهای پرورش ماهی، C: حوضچه‌های آزمایشی

(۱۹۷۶) و روم^۱ و همکاران (۱۹۸۱) نشان داد که درجه حرارت و نور برای رشد گیاهان شناور دارای یک اثر متقابل مثبت‌اند. برای مثال در ۲۴ درجه سانتی‌گراد در ماه‌های تیر و شهریور حداکثر میزان رشد و کوتاهترین زمان دوبرابردن آذولا در تیرماه هنگامی که شدت تشعشعات بیش از شهریورماه بود، مشاهده گردید (جدول ۲).

نتایج این تحقیق و یافته‌های میچل و تور (۱۹۷۵) نشان داد که درجه حرارت یک عامل موثر در رشد آذولا محسوب می‌شود. این نتایج و یافته‌های وتنابه و برجا^۲ (۱۹۸۳) نشان داد که حداکثر رشد آذولا در ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌گیرد. نتایج این بررسی و تحقیقات کاری و ویرتز^۳ (۱۹۸۳a) نشان داد که افزایش غلظت فسفر به میزان بیش از ۱ میلی‌گرم در لیتر در محیط رشد موجب افزایش معنی‌دار ماده خشک گیاهان شناور نگردد. نتایج این تحقیق و یافته‌های آود^۴ و همکاران (۱۹۷۹) و کاری و ویرتز (۱۹۸۳a) مشخص ساخت که گیاهان آبی شناور قادر به ذخیره فسفر و سایر عناصر غذایی موجود در محیط در اندام‌های رویشی خود هستند. تا در مواقع کمبود عناصر غذایی از آنها استفاده کنند. در این تحقیق با افزایش درجه حرارت و غلظت فسفر در آب، نسبت وزن خشک ریشه به کل گیاه کاهش یافت. این نتیجه در تایید یافته‌های کاری و ویرتز (۱۹۸۳ a,b) نشان داد که با افزایش درجه حرارت آب در حد اپتیمم (۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد) و وجود عناصر غذایی ضروری نظیر ازت و فسفر در محیط، نسبت تولید برگ به ریشه ازت گیاهان شناور افزایش یافت.

استفاده از علف‌کش پاراکوات برای کنترل آذولا با غلظت بیش از ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آزمایشگاهی و بیش از ۱/۲۵ میلی‌گرم در لیتر در استخرهای پرورش ماهی و تالاب انزلی، سبب از بین رفتن رنگدانه‌های کلروفیل و کاراتنوئید گردید و

کاهش یابد. از آنجایی که هر دو گونه و بویژه عدسک آبی در تراکم‌های بالا میزان زیتوده بیشتری نسبت به تراکم پایین تولید کردند، می‌توان نتیجه گرفت که رقابت درون‌گونه‌ای نمی‌توانست عامل کاهش معنی‌دار زیتوده بخصوص در عدسک آبی گردد. از طرف دیگر، به دلیل شکل یکسان رشد این دو گیاه و کاهش معنی‌دار زیتوده عدسک آبی در حضور آذولا، می‌توان ارزیابی کرد که رقابت برون‌گونه‌ای بیش از رقابت درون‌گونه‌ای تاثیر داشته است. پس می‌توان نتیجه گرفت که این دو گونه قادر به همزیستی و اشغال یک نیچ مشابه در یک محیط نیستند.

نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات فصلی نور و درجه حرارت آثار معنی‌داری بر روی رشد آذولا دارند. حداکثر میزان رشد آذولا در اردیبهشت تا مرداد ماه به ترتیب با متوسط درجه حرارت و نور ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد و ۲۹۵ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه انجام گرفت. از آنجایی که اختلافات فصلی شدت نور و درجه حرارت با یکدیگر در ارتباط‌اند، در این تحقیق همبستگی مثبتی بین این دو عامل مشاهده شد ($P < 0.05$) و $r^2 = 0.90$. همچنین به دلیل وابسته بودن این دو متغیر (نور و درجه حرارت) به یکدیگر، جداکردن آثار جداگانه آنها در این آزمایش ممکن نبود. این آزمایش و یافته‌های میچل و تور^۱ (۱۹۷۵)، زوتشی و واس^۲ (۱۹۷۱)، اوشارانی و بهامبی^۳ (۱۹۸۳) و فینلیسون^۴ (۱۹۸۴) نشان داد که حداکثر رشد گیاهان شناور در دامنه حرارت ۱۸-۲۵ درجه سانتی‌گراد و شدت نور ۲۵۰-۳۵۰ میکروانیشترین مترمربع در ثانیه انجام گرفته و در پایین‌تر از این درجه حرارت رشد کاهش و زمان دوبرابر شدن افزایش می‌یابد. نتایج این تحقیق و یافته‌های سینگ و یاداوا^۵ (۱۹۷۴)، میچل

^۱ - Mitchell & Tur

^۲ - Zutshi & Vass

^۳ - Ush Rani & Bhambie

^۴ - Finlayson

^۵ - Singh & Yadava

^۱ - Room

^۲ - Watanabe & Berja

^۳ - Cary & Weerts

^۴ - Awad

جوان و بافت‌های آن نرم و نازک است و همچنین بعد از استعمال اول که برگ‌ها صاف و کوچک شده‌اند و لایه‌های درونی به آسانی قابل رویت‌اند سبب کاهش معنی‌دار در رشد مجدد این علف هرز می‌گردد.

نتایج این آزمایش و یافته‌های تورین^۱ و همکاران (۱۹۸۳) حاکی از آن است که برای جلوگیری از رشد بیش از اندازه گیاهان شناور در آبگیرهای داخلی، باید غلظت عناصر غذایی ضروری در این مکان‌ها در زیر نقطه بحرانی نگه داشته شود. از طرف دیگر، به دلیل قدرت جذب و نگهداری عناصر غذایی در اندام‌های گیاهان شناور، در شرایط کاملاً کنترل شده می‌توان از آنها به‌عنوان تصفیه‌کننده‌های بیولوژیکی در آب‌های غنی محتوی پساب و آلاینده‌ها استفاده کرد (۹ و ۲۶).

نتایج حاصل از بررسی رشد و زمان دوبرابر شدن آزولا نشان داد که این گیاه قدرت رشد و پوشش سریع آبگیرهای داخلی را دارد. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که گیاه ازولا حتی در تراکم‌های پایین در یک منطقه، قدرت رشد و پراکندگی سریع را دارد و قادر است که به یک علف هرز خطرناک تبدیل شود. تبدیل آزولا در یک آبگیر به علف هرز و ایجاد مزاحمت توسط آن، بستگی به میزان ورود فاضلاب و پساب‌های غنی شده به آب‌های محل حضور آن دارد. توقف سریع ورود فاضلاب‌ها به آبگیرهای دارای آزولا، یک عامل اساسی در کاهش معنی‌دار رشد این گیاه محسوب می‌شود. اگرچه به دلیل حضور عناصر غذایی نظیر فسفر در رسوبات و آزاد شدن تدریجی آنها این کاهش به آرامی انجام می‌گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق بخشی از طرح پژوهشی کنترل گیاهان آبی در استخرهای پرورشی است که هزینه آن توسط سازمان تحقیقات شیلات ایران پرداخت گردید، از این رو از ریاست محترم مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان جناب آقای دکتر پیری و مهندس دانش معاونت این مرکز در ایجاد فضای

رشد مجدد آزولا بعد از استعمال یک علف‌کش تماسی نظیر پاراکوات به دلیل از بین رفتن برگ‌ها و اندام‌های سطحی و دست‌نخورده باقی ماندن برگ‌های فشرده لایه‌های وسطی و زیرین، ریزوم‌های ثانویه و اسپوره‌های موجود بر روی اندام‌های زیر سطح آب انجام گرفت. به دلیل فشرده و چندلایه بودن برگ‌های آزولا نفوذ علف‌کش پاراکوات به درون قسمت‌های زیرین بعد از یک عملیات کنترلی بندرت انجام می‌گیرد (۲۳). از طرف دیگر مانند سایر گیاهان شناور، محل اتصال برگ‌ها به ریشه در آزولا منبع مهمی از ذخیره غذایی است که در رشد مجدد آن بعد از هرتنش نقش مهمی را ایفا می‌کند (۲۴). استعمال اول پاراکوات با غلظت کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر قادر به کاهش معنی‌دار این ذخیره غذایی نیست (۱۹). کاهش معنی‌دار تراکم و زیتوده آزولا بعد از استعمال دوم علف‌کش به دلیل نفوذ پاراکوات به بخش‌های درونی آزولا انجام گرفت. از طرف دیگر، رشد مجدد آزولا بعد از استعمال دوم پاراکوات به دلیل از بین رفتن خاصیت علف‌کشی این علف‌کش در اثر تماس با ذرات معلق و اجزای درون آب است (۵). با توجه به اینکه علف‌کش‌های خانواده بی‌پریدیلیم نظیر پاراکوات در اثر برخورد با ذرات معلق و سایر اجزای درون آب غیرفعال شده و خاصیت علف‌کشی خود را از دست می‌دهند، استفاده از آنها در محیط‌های آبی تاثیر نامطلوبی بر گونه‌های جانوری و گیاهی مجاور نخواهد گذاشت (۵). همچنین غلظت باقیمانده این علف‌کش در لایه‌های مختلف آب بعد از هر استعمال به حدی کاهش می‌یابد که برای گیاهان و جانوران درون آب خاصیت کشندگی ندارد (۱۵).

نتایج این آزمایش برخلاف یافته‌های فینلیسون و میچل (۱۹۸۲) نشان داد که کاهش رشد و زیتوده آزولا با استعمال حداقل دو مرحله علف‌کش تماسی پاراکوات در غلظت‌های بالاتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر میسر است. همچنین مشخص شد که پاراکوات اگر در زمان و مرحله مناسب رشد آزولا استفاده گردد، آثار کنترلی موثری دارد. استفاده از پاراکوات در مراحل اولیه فصل رشد هنگامی که آزولا کاملاً

آزمایشی مناسب تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از آقایان مهندس کامران زلفی‌نژاد و مهندس رضا آرمودلی کارشناسان بخش اکولوژی و تکثیر و پرورش کردند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

- 1-Agami, M., & K.R. Reddy, 1989. Inter-relationship between *Salvinia rotundifolia* and *Spirodela polyrhiza* at various interaction stages, Journal of Aquatic Plant Management, Vol. 27:96-101.
- 2-Agami, M., & K.R. Reddy, 1990. Competition for space between *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms and *Pistia stratiotes* L. Cultured in nutrient-enriched water, Aquatic Botany, Vol. 38:195-208.
- 3-Aldrich, R.J., 1984. Weed crop ecology, principles in weed management, Breton Publishers, 495pp.
- 4-Awad, A.S., P.J. Milham & J. Toth, 1979. Stripping of nutrients from polluted water by *Salvinia molesta*. Proc. 7th Asian – Pacific Weed Sci. Soc. Conf., Council of Australian Weed Science Societies, Sydney, PP. 241-243.
- 5-Bowmer, K.H., 1982. Aggregates of particulate matter and aufwuchs on *Elodea canadensis* in irrigation water and inactivation of diquat, Australian Journal of Marine and Freshwater Research, Vol. 33:589-93.
- 6-Cary, P.R. & P.G.J. Weerts, 1983a. Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition. II. Effects of phosphorous level, Aquatic Botany, Vol. 17:61-70.
- 7-Cary, P.R. & P.G.J. Weerts, 1983b. Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition. II. Effects of nitrogen level and nitrogen compounds, Aquatic Botany, Vol. 16:163-172.
- 8-Center, T.D., & N.R. Spencer, 1981. The phenology and growth of water hyacinths (*Eichhornia crassipes* [Mart] Solms) in a eutrophic North-Central Florida lake, Aquatic Botany, Vol. 10:1-32.
- 9-Cornwell, D.A., J.Zoltek & C.D. Patrinely, 1977. Nutrient removal by water hyacinths, Journal of Water pollution, Vol. 49:57-65.
- 10- De Wit, C.T., 1960. On competition, Versal Landbouwk. Onderz, 66:1-82.
- 11-Evans, G.C., 1972. Studies in ecology, Vol. I. The quantitative Analysis of plant Growth, University of California Press. Berkeley and Los Angeles. 734 pp.
- 12- Filizadeh, Y., 1996. The management ecology of aquatic weeds which cause problems in Iranian freshwater systems, Ph.D. thesis. 159 pp.
- 13-Finlayson, C.M., 1984. Growth rates of *Salvinia molesta* in Lake Moondarra, Mount Isa, Australia, Aquatic Botany, Vol. 18:257-262.
- 14-Finalyson, C.M. & D.S. Mitchell, 1982. Management of *Salvinia molesta* in Australia, Aust. Weeds, Vol. 2:71-76.
- 15-Holcik, J., & J. Olah, 1992. Fish, fisheries and water quality in Anzali Lagoon and its watershed, FAO, Rome, 109 pp.
- 16-Mitchell, D.S, 1974. Aquatic vegetation and its use and control. UNESCO, Paris, 135 pp.
- 17-Mitchell, D.S., & N.M. Tur, 1975. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*S.auriculata* Abulet) in laboratory and natural conditions, Journal of Applied Ecology, Vol. 12:213-225.
- 18-Mitchell, D.S., 1976. The growth and management of *Eichhornia crassipes* and *Salvinia spp.* in their native environment and in alien situations, In: C.K. Varshney and J. Rzoska (editors), Aquatic Weeds in SE Asia. Proc. Regional Seminar on Noxious Aquatic Vegetation, New Delhi, 1973, pp. 167-176.
- 19-Murphy, K.J. & P.R.F Barrett, 1990. Chemical control of aquatic weeds, In: Aquatic Weeds (ed. A.H. Pieterse & K.J. Murphy)PP: 136-173. Oxford Unive, Press, Oxford, U.K.
- 20- Pieterse, A. H., & K.J. Murphy, 1990. Aquatic weeds, Oxford Unive Press. Oxford, UK. 596 pp.

- 21-Ray, T.B., B.C. Mayne, R.E Toia., & G.A. Peters, 1979. The *Azolla Anabaena azollae* relationship, VIII. Photosynthetic characteristics of the association and individual partners, *Plant Physiology*, Vol. 64: 791.
- 22- Room, P.M., K.L.S. Harley, I.W. Forno, & D.P.A. Sands, 1981. Successful biological control of the floating weed *Salvinia*, *Nature (London)*, Vol. 294:78-80.
- 23-Room, P.M., & J.Y. Gill, 1985 . The chemical environment of *Salvinia molesta* Mitchell: ionic concentrations of infested waters, *Aquatic botany*, Vol. 23:127-135.
- 24-Room, P.M., & J.D. Kerr, 1983. Temperatures experienced by the floating weed *Salvinia molesta* Mitchell and their predication from meterorological data, *Aquatic Botany*, Vol. 16:91-103.
- 25-Singh, J.S., & P.S. Yadava, 1974. Seasonal variation in composition, Plant biomass, and net primary productivity of tropical grassland at Kurukshetra, India. *Ecolo. Monogr*, Vol. 44:351-375.
- 26-Steward, K.K., 1970. Nutrient removal potentials of various aquatic plants, *Journal of Hyacinth Control*, Vol. 8:34-35.
- 27- Toerien, D.F., P.R. Cary, C.M. Finalyson, D.S. Mitchell, & P.G.J. Weerts, 1983. Growth models for *Salvinia molesta*, *Aquatic Botany*, Vol. 16:173-179.
- 28- Usha Rani, V., & S. Bhambie, 1983. A study on the growth of *Salvinia molesta* Mitchell in relation to light and temperature, *Aquatci Botany*, Vol. 17:119-124.
- 29-Watanabe, I., & N.S. Berja, 1983. The growth of four species of *Azolla* as affected by temperature, *Aquatic Botany*, Vol. 15:175-185.
- 30-Zutshi, D.P., & K.K. Vass, 1971. Ecology and production of *Salvinia natans* Hoffim in Kashmir, *Hydrobiologia*, Vol. 38:303-320.

An Ecological Investigation into the Excessive Growth of *Azolla* in the Anzali Lagoon and its Control

Y. Filizadeh¹

Abstract

Azolla filiculoides Lam. is a free-floating weed, which has occupied a vast surface in Anzali lagoon. Excessive growth of *Azolla* on the surface of Anzali lagoon has not only interfered with the use of the lagoon as a water resource, but has also created ecological and water quality problems. To determine the reasons for *Azolla* excessive growth, four experiments were undertaken under laboratory conditions, fish pond and Anzali lagoon during years 1999-2000. Experimental results showed that *Azolla* with a more rapid growth and a lower doubling time was the superior competitor when in competition with *Lemna minor*. The research revealed that maximum relative growth rate ($0.11\text{gg}^{-1}\text{ day}^{-1}$) and minimum doubling time (6.27 days) were observed during May and June respectively. Results indicated that by raising the temperature from 18 to 21 and from 21 to 24C° in 20mg Po₄-P₁-1 a significant increase in growth rate and substantial decrease in doubling time were obtained. Experimental results showed that 2 applications of paraquat herbicide with 0.75, 1.25 and 1.5 mg l⁻¹ under laboratory conditions, fish pond and Anzali lagoon, respectively and significantly reduced the biomass (plant dry weight) stopping the growth. The growth rate and doubling time record for *Azolla* in this investigation illustrates its rapid colonizing ability. Thus, a small amount of *Azolla* present in the Anzali lagoon has the potential to spread rapidly and cause serious weed problems. The cessation of the sewage inflow to the lagoon and using a contact herbicide such as paraquat with suitable dosage were the necessary steps to significantly reduce *Azolla* growth.

Keywords: *Azolla filiculoides*, Anzali lagoon, Competition, Doubling time, Temperature, Phosphorus level, Paraquat herbicide

¹ - Asst. Professor, Agricultural Science Faculty, Shahed University of Ramsar