بررسي اكولوژيكي رشد بيش از اندازه آزولا در تالاب انزلي و چگونگي كنترل آن[۱]

يوسف فيلي‌زاده[۲]

چكيده

آزولا (*Azolla filiculoides* Lam.) يك علف هرز مهم آبزي شناور مي‌باشد كه سطح وسيعي از تالاب انزلي را اشغال كرده است. رشد بيش از اندازه اين گياه در تالاب انزلي، موجب دخالت دراستفاده از منابع آب توسط انسان، تاثير نامطلوب بر كيفيت آب و ايجاد مشكلات اكولوژيكي بر سايرگونه‌هاي گياهي و جانوري شده است. براي بررسي دلايل رشد فراوان اين علف هرز در تالاب انزلي و چگونگي كنترل آن درشرايط آزمايشگاهي، استخرهاي پرورش ماهي و تالاب انزلي، چهار آزمايش در سال ۷۹-۱۳۷۸ در ايستگاه‌هاي تحقيقاتي مركز تحقيقات شيلاتي استان گيلان و تالاب انزلي انجام گرفت. نتايج حاصل از اين تحقيق نشان داد كه علف هرز آزولا با رشد سريع و زمان كوتاه دوبرابر شدن داراي قدرت رقابت بالايي براي حذف ساير گونه‌هاي شناور نظير عدسك آبي است. براساس نتايج اين تحقيق حداكثر ميزان رشد نسبي (۰/۱۱ گرم در گرم در روز) و كوتاهترين زمان دوبرابر شدن آزولا (٦/۲۷ روز) در تيرماه مشاهده گرديد. از طرف ديگر، نتايج اين تحقيق نشان داد كه همزمان با افزايش درجه حرارت و غلظت فسفر در دسترس، رشد آزولا افزايش و زمان دوبرابرشدن آن كاهش يافت. همچنين استعمال علف‌كش تماسي پاراكوات در دو مرحله در شرايط آزمايشگاهي، استخرهاي پرورش ماهي و تالاب انزلي در غلظت‌هاي۰/۷۵، ۱/۲۵ و ۱/۵ ميلي‌گرم در ليتر و بالاتر، موجب توقف رشد و كاهش معني‌دار زيتوده آزولا گرديد. علاوه‌بر اين، گياه آزولا حتي در تراكم‌هاي پايين در يك منطقه با رشد سريع و زمان كوتاه دوبرابرشدن قدرت پراكندگي گسترده را داشته و قادر است كه تبديل به يك علف هرز خطرناك شود. استفاده مناسب از علف‌كش تماسي پاراكوات و جلوگيري سريع از ورود فاضلاب‌ها به آبگيرهاي شمالي داراي آزولا، عوامل اساسي در كاهش معني‌دار رشد اين گياه محسوب مي‌شوند.

واژه‌هاي كليدي: آزولا، تالاب انزلي، رقابت، زمان دوبرابر شدن، درجه حرارت ، سطوح فسفر و علف‌كش پاراكوات

۱- تاريخ دريافت: ۷۹/۱۰/۲۰، تاريخ تصويب نهايي: ۸۰/۸/۲۸

۲- استاديار دانشكده علوم كشاورزي دانشگاه شاهد رامسر

مقدمه

يك گياه آبزي هنگاميكه با رشد بيش از اندازه مانع انجام بسياري از فعاليت‌هاي مورد نظر انسان و ساير موجودات شود، به علف‌هرز تبديل مي‌گردد(۳ و ۱۹). به‌عنوان يك علف هرز آبزي شناور در بسياري از آبگيرهاي شمال كشور حضور دارد. رشد بيش از اندازه اين علف هرز آبزي بر روي سطح آب در آبگيرهاي شمال كشور و بويژه تالاب انزلي، موجب تاثير نامطلوب بر كيفيت آب، كاهش تنوع موجودات جانوري و گياهي تالاب و همچنين ايجاد مشكل براي شاليكاران منطقه گرديده است. علاوه بر اين، موجب رشد انبوه اين علف هرز بر روي سطح آب باعث جلوگيري از نفوذ نور به لايه‌هاي پايين از سطح آب شده كه اين عمل مانعي براي رشد گياهان غوطه‌ور در تالاب انزلي و در نهايت كاهش تنوع گياهي و جانوري وابسته به آن گرديده است. از طرف ديگر، به‌دليل رشد متراكم اين گياه در روي سطح آب، تبادلات گازي بين سطح و لايه‌هاي زيرين آب به حداقل رسيده كه همين عمل منجر به كاهش شديد اكسيژن در لايه‌هاي مختلف آب و در نهايت مرگ و حذف بعضي از موجودات درون تالاب انزلي شده است.

علاوه بر موارد فوق، آزولا با ورود به شاليزارها، مشكلات فراواني را در مراحل مختلف عمليات كاشت و داشت گياه برنج براي شاليكاران ايجاد كرده است. رشد آزولا در شاليزارها، سبب جلوگيري از رشد و خروج گياهچه‌ها، خوابيدن و شكستن آنها و در نهايت تاخير در زمان رسيدن برنج گرديده است.

هدف از اين تحقيق، بيان نتايج چهار آزمايش در شرايط آزمايشگاهي، استخرهاي پرورش ماهي و تالاب انزلي براي ارزيابي دلايل رشد بيش از اندازه و غالبيت علف هرز آزولا در اين محيط‌هاست. تعيين واكنش اين علف هرز نسبت به تغييرات موادغذايي در محيط و تاثير آن بر تنوع گياهي و جانوري تالاب انزلي و همچنين كنترل آن با علف‌كش تماسي پاراكوات درغلظت‌هاي مختلف، از اهداف ديگر اين تحقيق است.

مواد و روش‌ها

اين تحقيق در ايستگاه تحقيقات ساحل غازيان و ايستگاه تحقيقاتي پل آستانه مركز تحقيقات شيلاتي استان گيلان، استخرهاي پرورش ماهي مركز تحقيقات امور دام استان گيلان و همچنين ايستگاه‌هاي تحقيقاتي درون تالاب انزلي انجام گرفت. در آزمايش‌هاي انجام‌گرفته در ايستگاه ساحل غازيان، آزولا در درون حوضچه‌هايي به ظرفيت ۲۵۰ ليتر و تحت شرايط نور طبيعي و درجه حرارت ۲۰ درجه سانتي‌گراد رشد داده شد. از آنجايي كه در محيط طبيعي تالاب انزلي حداكثر رشد آزولا در ميان توده‌هاي انبوه ني (*Phragmites australis*) و لوپي (*Typha latifolia*) انجام مي‌گيرد، براي جلوگيري از افزايش درجه حرارت آب و استرس‌هاي حرارتي در روي حوضچه‌ها، اقدام به نصب سايبان در ساعات گرم روز شد. همه گياهان براي آزمايش در ايستگاه تحقيقات ساحل غازيان، از توده‌هاي سالم، جوان و سبز درون تالاب انزلي انتخاب شدند. در آزمايش شماره ٤ به‌دليل ناكافي بودن استخرهاي آزمايشي، عمليات كنترل درچند مرحله انجام گرفت.

در اين تحقيق، در هر چهار آزمايش، طرح بلوك‌هاي كامل تصادفي با سه تكرار مورد استفاده قرار گرفت. پارامترهاي مورد استفاده در اين آزمايش‌ها شامل تعيين زيتوده، درصد پوشش و زيتوده كوادرات اندازه‌گيري شده و مقايسه آن نسبت به تيمار شاهد بود.

آزمايش ۱- رقابت بين آزولا و عدسك آبي در شرايط آزمايشگاهي

براي تعيين آثار رقابت بين گونه‌اي و يافتن دلايل چيرگي آزولا و حذف تدريجي ساير گونه‌هاي شناور نظير عدسك آبي (*Lemna minor*) و سرخس آبي (*Salvinia rotundifolia*) از آبگيرهاي شمال كشور، يك آزمايش رقابت جانشيني(۱۰) در ايستگاه تحقيقات ساحل غازيان مركز تحقيقات شيلاتي

استان گيلان انجام گرفت. هدف از اين آزمايش، بررسي قدرت رقابتي دوگونه علف هرز آبزي شناور آزولا و عدسك آبي در سطوح مختلف نوري و تراكم متفاوت اوليه كاشت بود. در اين مطالعه، قدرت نسبي رقابت درون و برون‌گونه‌اي و تاثير آن بر زيتوده گياهي نيز مورد بررسي قرارگرفت.

در اين آزمايش در كاشت خالص مقدار ٤ كيلوگرم از هر گونه (آزولا و عدسك آبي) و در كاشت مخلوط نسبت‌هاي ۳:۱، ۲:۲ و ۱:۳ كيلوگرم از هر گونه در داخل حوضچه‌ها قرار داده شد. ۵ روز بعد از استقرار گياهان در درون حوضچه‌ها و رفع تنش ناشي از انتقال از تالاب انزلي، براي ايجاد ۳ سطح نوري صفحات پلاستيكي سفيد و سبز براي كاهش نور طبيعي از ۳۵۰ ميكروواينشتين متر مربع در ثانيه ($\mu E.m^{-2}.s^{-1}$) به ۱۵۰ و ۷۵ ميكروواينشتين مترمربع در ثانيه بر روي حوضچه‌ها قرار داده شدند.

در طي ۹ هفته آزمايش، گياهان آزمايشي هر دو هفته يك بار از حوضچه‌ها جمع‌آوري، و بعد از ۵ دقيقه نگهداري در صافي و آبگيري اوليه، وزن گرديدند. همچنين تغييرات زيتوده به‌صورت خالص و مخلوط و درصد پوشش تيمارهاي آزمايشي نسبت به تيمار شاهد مورد اندازه‌گيري قرار گرفتند. گياهان بعد از هر اندازه‌گيري مجددا به درون حوضچه‌ها منتقل شدند.

آزمايش ۲- ميزان رشد آزولا در تالاب انزلي

براي تعيين ميزان رشد آزولا در فصول مختلف سال، تعداد ٦ كوادرات به ابعاد۷۵*۷۵ سانتي‌متر در ٦ نقطه تالاب انزلي در ايستگاه‌هاي سياه كشيم و هنده خاله به‌صورت تصادفي قرارداده شدند. حدود ۱۵-۱۰ درصد از مساحت هر كوادرات با قراردادن توده‌هاي جوان آزولا اشغال شد. موادغذايي (فسفر و ازت)، درجه حرارت و اكسيژن محلول در آب كوادرات به صورت ماهانه اندازه‌گيري شد. متوسط فسفات محلول در آب، آمونيوم محلول در آب و pH در مناطق آزمايشي در زمان آزمايش به ترتيب ۰/۱۲۵، ۰/۸۲٤ ميلي‌گرم در ليتر و ۸/۱٦ بود.

زيتوده آزولا در هر كوادرات، درصد پوشش، ميزان رشد نسبي[1] (۱۱) و زمان دو برابر شدن آزولا (۱٦) نيز بر اساس فرمول‌هاي زير در درون هر كوادرات به‌صورت ماهانه تعيين شد:

$$\text{ميزان رشد نسبي (گرم‌در گرم در روز)} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

در اين فرمول W_1 و W_2 وزن تازه برحسب گرم در زمان‌هاي اندازه‌گيري t_1 و t_2 و ln لگاريتم بر پايه طبيعي است. زمان دوبرابر شدن براساس فرمول زير مورد اندازه‌گيري قرارگرفت:

زمان دوبرابرشدن = ln2/RGR

آزمايش ۳- تاثير درجه حرارت و عنصر غذايي فسفر بر رشد آزولا

هدف از اين آزمايش، تعيين واكنش آزولا به سطوح مختلف عنصر غذايي فسفر و درجه حرارت‌هاي مختلف آب در شرايط آزمايشگاهي است. از آنجايي كه بسياري از آبگيرهاي شمال كشور و بويژه تالاب انزلي تقريبا از نظر عناصر غذايي غني و فاضلاب‌ها، آلاينده‌ها و پساب زمين‌هاي كشاورزي و كارخانه‌ها به درون تالاب ريخته مي‌شوند، اين آزمايش مي‌تواند وضعيت رشد آزولا را در آينده با توجه به اين شرايط پيشگويي كند.

در اين آزمايش ميزان رشد آزولا در ۳ سطح حرارتي ۱۸، ۲۱ و ۲٤ درجه سانتي‌گراد و ٤ سطح فسفر ۰/۰۲، ۰/۲، ۲ و ۲۰ ميلي‌گرم فسفات در ليتر با ۳ تكرار در ۳٦ آكواريوم آزمايشي مورد بررسي قرارگرفت. براي جلوگيري از رشد جلبك در آكواريوم‌هاي آزمايشي، هر ۹٦ ساعت يك‌بار بعد از شستن آزولا، آنها در درون آكواريوم‌هاي جديد با تركيبات تازه از سطوح فسفر قرار داده شدند. همزمان با تعويض آكواريوم‌ها تاثير مواد غذايي بر رشد (زيتوده) آزولا نيز اندازه‌گيري گرديد.

آزمايش٤-كنترل‌آزولاباعلف‌كش تماسي پاراكوات

هدف از اين تحقيق، بررسي واكنش علف هرز آزولا درحوضچه‌هاي آزمايشي درون ايستگاه تحقيقاتي ساحل غازيان، استخرهاي پرورش ماهي درون ايستگاه تحقيقات شيلاتي پل آستانه و تالاب انزلي به

[1] Relative Growth Rate

غلظت‌هاي متفاوت علف‌كش پاراكوات است. ميزان حساسيت آزولا به علف‌كش پاراكوات و پيداكردن حداقل غلظتي كه موجب كاهش معني‌دار زيتوده و رشد آزولا گردد، از اهداف ديگر اين آزمايش است.

در اين آزمايش، علف هرز آزولا تحت تاثير علف‌كش تماسي پاراكوات با غلظت‌هاي ۰/۱۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵، ۲ و ۵ ميلي‌گرم درليتر در سه محيط حوضچه‌هاي آزمايشي، استخرهاي پرورش ماهي و تالاب انزلي قرارگرفت. استعمال علف‌كش زماني انجام گرفت كه گياه آزولا در حداكثر رشد رويشي و فعاليت فتوسنتزي قرار داشت. مساحت حوضچه‌هاي آزمايشي، استخرهاي پرورش ماهي و مناطق آزمايشي درون تالاب انزلي به ترتيب ۳، ۱۰۰ و ۲۰۰ مترمربع تعيين شد.

شش هفته بعد از استعمال اول، عمليات كنترل با غلظت‌هاي فوق در محيط‌هاي آزمايشي مجددا تكرار گرديد. يك هفته بعد از هر استعمال با پرتاب كوادرات (۰/۵*۰/۵متري) در محيط‌هاي آزمايشي درصد گياهان صدمه‌ديده، ميزان زيتوده، طول ريشه و اندازه برگ‌ها اندازه‌گيري و با شاهد مقايسه شد.

نتايج

آزمايش ۱

بعد از ۲ هفته از شروع آزمايش، هر دو گونه آزولا و عدسك آبي بدون ايجاد رقابت برون‌گونه‌اي شروع به رشد كردند و ميزان زيتوده دركاشت مخلوط مشابه با زيتوده در كاشت خالص بود. بعد از ٤ هفته از شروع آزمايش حداكثر زيتوده آزولا در كاشت مخلوط با تراكم ۳:۱ و ۲:۲ كيلوگرم در نور طبيعي (۳۵۰ ميكرواينشتين مترمربع در ثانيه) با ۲/٦٦ و ۳/۳۳ برابرتراكم اوليه مشاهده گرديد. از طرف ديگر، آزولا در تراكم ۱:۳ در حضور عدسك آبي بسرعت تراكم خود را به ٤/٦ كيلوگرم رساند. حداكثر رشد عدسك آبي در كاشت خالص در تيمار ۱۵۰ ميكرواينشتين مترمربع در ثانيه با ۱/۷۵ برابر تراكم اوليه در زيتوده مشاهده شد (شكل ۱).

نتايج اين تحقيق نشان داد كه بعد از ٦ هفته از شروع آزمايش، بيوماس آزولا در نور طبيعي در تراكم‌هاي ٤:۰، ۳:۱، ۲:۲ و ۱:۳ كيلوگرم به ترتيب ۲/۸۷، ٤/۲٦، ۵/۵ و ۷ برابر تراكم اوليه شد. در مقابل، زيتوده عدسك آبي در تراكم‌هاي ٤:۰، ۳:۱، ۲:۲ و ۱:۳ كيلوگرم در نور طبيعي به ترتيب ۲/۵، ۱/۹۳، ۱/۸ و ۱/٤۵ برابر تراكم اوليه كاشت گرديد (شكل۲). نتايج تحقيق همچنين نشان داد كه در پايان آزمايش (بعد از ۹ هفته)، در تمام سطوح نوري بيشترين زيتوده و پوشش گياه در كاشت خالص و مخلوطي مشاهده شد كه گياه آزولا در آن حضور داشت. آزولا بيش از دو برابر عدسك آبي در كاشت خالص و مخلوط با همان وزن توليد بيوماس كرد. در پايان آزمايش، سطح حوضچه‌هاي آزمايشي تقريبا پوشيده از آزولا بود و عدسك آبي به‌طور كامل تحت تاثير رشد آزولا قرار گرفته بود. بعد از ۹ هفته از شروع آزمايش، با وجود افزايش در بيوماس عدسك آبي نسبت به وزن اوليه، رشد و تكثير عدسك آبي به‌طور معني‌داري تحت تاثير فشار ناشي از آزولا قرار داشت (شكل ۳).

با توجه به نتايج آزمايش، بيشترين زيتوده علف هرز آزولا در كاشت مخلوط مشاهده شد. از طرف ديگر، حداكثر ميزان رشد براي آزولا در نور طبيعي و براي عدسك آبي در تيمار ۱۵۰ ميكرواينشتين متر مربع در ثانيه مشاهده شد. كاهش معني‌دار در رشد و تكثير عدسك آبي در تيمارهاي مختلف نوري نسبت به آزولا، نشان مي‌دهد كه رشد آزولا در حضور گياهان ديگر سريع‌تر است و اين گياه قدرت رقابت بالاتر نسبت به ساير گياهان مجاور دارد.

نتايج اين تحقيق نشان داد كه هر دو گياه در كاشت مخلوط و در تراكم‌هاي مختلف با تغيير شكل ظاهري، نسبت به سطوح مختلف نوري از خود واكنش نشان دادند. اندازه ريشه در عدسك آبي درحضور آزولا و سطوح پايين نوري حدود ۲ برابر بيش از شرايط معمولي بود (۳ سانتي‌متر). از طرف ديگر، در واحدهاي پايين نوري گياه آزولا با بالابردن توليد برگ‌هاي جديد، به‌طور معني‌داري مرگ و مير برگ‌هاي خود را جبران مي‌كرد.

شکل ۱- میزان زیتوده (وزن تازه) آزولا و عدسك آبي
در کاشت خالص مخلوط در ٤ هفته بعد از شروع آزمایش
A: ۳۵۰ میکروانیشتین مترمربع در ثانیه
B: ۱۵۰ میکروانیشتین مترمربع در ثانیه
C: ۷۵ میکروانیشتین مترمربع در ثانیه

شكل ۲- ميزان زيتوده (وزن تازه) آزولا و عدسك آبي
در كاشت خالص مخلوط در ٦ هفته بعد از شروع آزمايش
A: ۳۵۰ ميكروانيشتين مترمربع در ثانيه
B: ۱۵۰ ميكروانيشتين مترمربع در ثانيه
C: ۷۵ ميكروانيشتين مترمربع در ثانيه

شكل ۳- ميزان زيتوده (وزن تازه) آزولا و عدسك آبي
در كاشت خالص مخلوط در ۹ هفته بعد از شروع آزمايش
A: ۳۵۰ ميكروانيشتين مترمربع در ثانيه
B: ۱۵۰ ميكروانيشتين مترمربع در ثانيه
C: ۷۵ ميكروانيشتين مترمربع در ثانيه

آزمايش ۲

ميزان رشد آزولا با اندازه‌گيري افزايش وزن تازه و زمان دو برابر شدن در فصول مختلف سال تعيين شد. نتايج اين آزمايش نشان داد كه حداكثر رشد رويشي آزولا در طي ماه‌هاي فروردين تا تير و شهريور تا اوايل آبان در تالاب انزلي است. در مردادماه با بالارفتن درجه حرارت و افزايش تنش‌هاي حرارتي و در ماه‌هاي آذر تا فروردين با كاهش درجه حرارت هوا و تنش‌هاي ناشي از آن، رشد آزولا كاهش و زمان دوبرابرشدن آن افزايش يافت (جدول۱).

ميزان رشد نسبي (RGR) و زمان دو برابر شدن آزولا در ماه‌هاي مختلف سال در جدول ۱ نشان داده شده است. متوسط ميزان رشد نسبي آزولا در طي ماه‌هاي فروردين تا تير (۰/۰۸۷ گرم در گرم در روز) و حداقل آن در ماه‌هاي آذر تا اسفند (۰/۰۲۷ گرم در گرم در روز) مشاهده گرديد. حداقل و حداكثر زمان دوبرابرشدن به ترتيب در تيرماه با ٦/۲۷ روز و در بهمن ماه با ۳٤/۵ روز تعيين شد (جدول ۱).

نتايج اين آزمايش نشان دادكه واكنش آزولا به افزايش زيتوده و توليد گياهان جديد با تغييرات سطوح نوري و درجه حرارت در فصول مختلف سال متفاوت است (جدول ۱). ميزان رشد آزولا و همچنين كوتاه شدن زمان دوبرابر شدن اين گياه با افزايش شدت تشعشعات تا ۳۵۰ ميكروانيشتين مترمربع در ثانيه و ۲۵ درجه سانتي‌گراد افزايش يافت. افزايش بيشتر درجه حرارت و شدت تشعشعات در مرداد ماه و كاهش درجه حرارت وتشعشعات در ماه‌هاي دي تا اسفند، موجب كاهش ميزان رشد وافزايش زمان دوبرابر شدن آزولا گرديد (جدول ۱).

نتايج اين تحقيق نشان داد كه اختلافات درجه حرارت در ماه‌هاي مختلف سال اثر معني‌داري بر ميزان رشد آزولا دارد. ميانگين درجه حرارت روزانه با افزايش وزن تازه ارتباط مثبت غيرخطي از خود نشان داد ($P<\%5$ و $r^2=\%90$). از طرف ديگر، ارتباط مثبت معني‌داري بين ميانگين شدت نور روزانه و ميانگين درجه حرارت روزانه مشاهده شد ($P<\%5$ و $r^2=\%90$).

جدول ۱- ميزان رشد نسبي (افزايش وزن تازه) و زمان دوبرابر شدن (توليد گياه جديد) در ماه‌هاي مختلف سال در تالاب انزلي

ماه‌هاي سال	شدت نور ($\mu E.m^{-2}.s^{-1}$)	ميانگين درجه حرارت روزانه (سانتي‌گراد)	ميزان رشدنسبي $RGR(gg^{-1}day^{-1})$	مدت زمان دوبرابرشدن
فروردين	۱۳۵	۱۳/۷	۰/۰٦٦	۱۰/٤۵
ارديبهشت	۱۹۰	۱٦/٤	۰/۰۷۸	۸/۸٤
خرداد	۲۵۰	۲۱/٤	۰/۰۹٦	۷/۱۸
تير	۳۳۰	۲٤/۹	۰/۱۱	٦/۲۷
مرداد	٤۱۰	۲۷/٦	۰/۰٦۱	۱۱/۳۱
شهريور	۳۸۵	۲٤/۲	۰/۰۹۳	۷/٤۱
مهر	۳۰۰	۲۰	۰/۰٦٦	۱۰/٤۵
آبان	۲۱۵	۱۳/۳	۰/۰٦۹	۱۰
آذر	۱۳۵	۱۰/۱	۰/۰۳	۲۳
دي	۹۵	۹/۲	۰/۰۲۵	۲۷/٦
بهمن	۷۰	۷/۳	۰/۰۲	۳٤/۵
اسفند	۸۵	۸/٤	۰/۰۳۳	۲۰/۹

آزمايش ۳

در اين آزمايش با افزايش درجه حرارت به ۲٤ درجه سانتي‌گراد افزايش معني‌داري ($P<۰/۰۰۱$) در ميزان

رشد وكاهش زمان دوبرابر شدن آزولا مشاهده شد همچنين افزايش غلظت فسفر با بالا رفتن درجه حرارت از ۱۸ به ۲۱ درجه سانتي‌گراد موجب واكنش معني‌دار آزولا نگرديد، اما اختلاف معني‌داري در ميزان رشد و كوتاه شدن زمان دوبرابر شدن با افزايش درجه حرارت به ۲٤ درجه سانتي‌گراد مشاهده شد. نتايج اين آزمايش نشان دادكه حداكثر ميزان رشد نسبي و كوتاهترين زمان دوبرابر شدن در درجه حرارت ٤ درجه سانتي‌گراد و ۲۰ ميلي‌گرم فسفات در ليتر مشاهده گرديد. از طرف ديگر، اختلاف معني‌داري در ميزان رشد نسبي در اين درجه حرارت و سطوح پايين‌تر فسفات مشاهده نشد. نتايج اين آزمايش نشان داد كه با افزايش درجه حرارت و همچنين افزايش غلظت فسفر در آب نسبت ريشه به اندام‌هاي هوايي كاهش يافت و گياه حداكثر زيتوده خود را صرف اندام‌هاي هوايي كرد. در ۲۱ درجه سانتي‌گراد وغلظت ۰/۰۲ ميلي‌گرم فسفات در ليتر، حدود ۳۲ درصد از زيتوده خشك كل گياه به ريشه اختصاص يافت، درحالي‌كه در ۲٤ درجه سانتي‌گراد وغلظت ۱۰ ميلي‌گرم فسفات در ليتر، اين نسبت فقط ۱٦ درصد از كل زيتوده را شامل مي‌گرديد. جدول ۲ ميزان رشد نسبي و زمان دو برابر شدن را در ۳۰ روز بعد از شروع آزمايش نشان مي‌دهد.

جدول ۲- آثار سطوح مختلف فسفر دردرجه حرارت‌هاي مختلف بر ميزان رشد نسبي و زمان دوبرابرشدن آزولا

زمان دوبرابر شدن (روز)	ميزان رشد نسبي (RGR)	ميزان فسفر (ميلي‌گرم در ليتر)	درجه حرارت (سانتي‌گراد)
۸/۷۳	۰/۰۷۹	۰/۰۲	۱۸
۸/۸٤	۰/۰۷۸	۰/۲	۱۸
۸/٦۲	۰/۰۸۰	۲	۱۸
۸/٤۱	۰/۰۸۲	۲۰	۱۸
٥/۱٤	۰/۱۳٤	۰/۰۲	۲۱
٤/۷۹	۰/۱٤٤	۰/۲	۲۱
٥	۰/۱۳۸	۲	۲۱
٤/۷۹	۰/۱٤٤	۲۰	۲۱
۳/۷۷	۰/۱۸۳	۰/۰۲	۲٤
۳/٦۱	۰/۱۹۱	۰/۲	۲٤
۳/٤	۰/۲۰۲	۲	۲٤
۳/۳٦	۰/۲۰٥	۲۰	۲٤

آزمايش ٤

بعد از ۳ هفته از استعمال اول علف‌كش پاراكوات در غلظت ۰/۷٥ ميلي‌گرم در ليتر و بالاتر در حوضچه‌هاي آزمايشگاهي، حدود ۹٥ درصد از علف هرز آزولا از حالت فعال و زنده خارج شد و رنگ شروع به خاكستري و بي‌رنگ‌شدن كرد. از طرف ديگر، طول ريشه و اندازه برگ‌ها نيز به‌طور معني‌داري ($P<۰/۰۰۱$) كاهش يافت. همچنين كاهش معني‌داري در رشد (افزايش زيتوده) و افزايش معني‌داري در زمان دوبرابر شدن آزولا در حوضچه‌هاي آزمايش مشاهده شد. ميزان رشد آزولا با اندازه‌گيري وزن خشك آن در كوادرات ۰/٥*۰/٥ متري و طول ريشه محاسبه گرديد (شكل‌هاي٤ و ٥).

در استخرهاي پرورش ماهي و تالاب انزلي، علف‌كش پاراكوات به ترتيب در غلظت‌هاي ۱/۲٥ و ۱/٥ ميلي‌گرم در ليتر و بالاتر، موجب كاهش معني‌دار زيتوده (وزن خشك) و طول ريشه آزولا گرديد (شكل‌هاي ٤ و ٥).

نتايج اين آزمايش نشان داد كه بعد از ٦ هفته از استعمال اول در حوضچه‌هاي آزمايشگاهي، استخرهاي پرورش ماهي و تالاب انزلي، بيش از ٦٠ درصد گياهان شروع به رشد و پوشاندن مجدد سطح آب كردند. گياهان رشدكرده داراي برگ‌هاي كوچكتر، نازكتر و طول ريشه كمتر بودند. همچنين وزن خشك گياه، طول ريشه و اندازه برگ‌ها بعد از استعمال دوم در هر ۳ محيط آزمايشي درغلظت‌هاي پايين‌تري نسبت به استعمال اول به‌طور معني‌داري ($P<0/001$) كاهش يافتند (شكل‌هاي ٤ و ٥). ميانگين وزن خشك آزولا در هر كوادرات و طول ريشه بعد از استعمال دوم در مقايسه با استعمال اول به ترتيب به ميزان ۷۵ و ٦٤ درصد كاهش يافت. اين آزمايش نشان داد كه ۵ هفته بعد از استعمال دوم درحوضچه‌هاي آزمايشي، استخرهاي پرورشي وتالاب انزلي به ترتيب ۱۲، ۱۷ و ۲۱ درصد از آزولا شروع به رشد مجددكردند. از طرف ديگر، اين گياهان داراي برگ‌ها و ريشه‌هاي كوچكتري نسبت به شاهد و گياهان بعد از استعمال اول بودند. كه بعد از استعمال دوم، سطح آب به‌طور معني‌داري ($P<0/001$) مشخص و عاري از آزولا گرديد.

بحث و نتيجه‌گيري

نتايج اين آزمايش نشان داد كه غالبيت يك گونه در يك آزمايش رقابتي، بستگي به شرايط محيطي و ميزان رشد آن گونه دارد. در اين تحقيق، غالبيت آزولا بر عدسك آبي نه تنها در كاشت مخلوط، بلكه در كاشت خالص نيز مشاهده شد. رشد سريع و زمان كوتاه دو برابر شدن آزولا، از دلايل عمده غالبيت اين گياه بر عدسك آبي بود.

در هر دو شرايط كاشت مخلوط و خالص، توليد برگ و گياهان جديد در آزولا نسبت به عدسك آبي سريع‌تر بود. اين خصوصيت موجب در معرض بيشتر قرار گرفتن برگ‌هاي آزولا براي افزايش جذب نور و در نتيجه بالارفتن ميزان فتوسنتز و ماده‌سازي گرديد، اين نتايج و يافته‌هاي سنتر و اسپنسر[1](۱۹۸۱)، آگامي و ردي[2] (۱۹۸۹، ۱۹۹۰) ، ري[3] و همكاران (۱۹۷۹) و فيلي‌زاده (۱۹۹٦)، نشان داد كه غالبيت يك گونه گياه شناور بر گونه‌هاي مجاور، بستگي به سرعت توليد برگ‌هاي جديد، ميزان جذب نور و زمان دوبرابر شدن آن دارد.

نتايج اين آزمايش نشان داد كه گونه‌هاي آزولا و عدسك آبي در شرايط متفاوت رشد راهبردهاي مختلفي از خود نشان مي‌دادند. از آنجايي كه حداكثر ميزان رشد آزولا نسبت به عدسك آبي در شدت نور بالاتر انجام مي‌گيرد، اين گياه براي جذب نور و مواد غذايي، بيشترين ميزان زيتوده خود را به برگ‌ها اختصاص داد. در مقابل، ميزان اختصاص زيتوده به ريشه و برگ‌ها در عدسك آبي تقريبا برابر بود. عدسك آبي قادر بود كه سطوح پايين نور و مواد غذايي را نسبت به آزولا تحمل كند. رشد سريع و زمان كوتاه دوبرابر شدن آزولا، اين گونه را قادر مي‌سازد كه بسرعت از منابع موجود، حداكثر استفاده را كرده و سطح آب‌هاي مكان رشد را اشغال كند. نتايج آزمايش رقابت نشان داد كه مهمترين عامل برتري آزولا بر عدسك آبي، ناشي از توليد سريع برگ و اندام‌هاي رويشي و زمان كوتاه دوبرابر شدن است.

نتايج آزمايش رقابت نشان داد كه بعد از ۹ هفته از شروع آزمايش، ميزان زيتوده و تعداد گياهان آزولا در كاشت مخلوط و خالص بيش از گياه عدسك آبي بود. پوشش بخش عمده‌اي از سطح آب توسط آزولا سبب گرديد كه علي‌رغم قدرت تحمل بالاي عدسك آبي به سطوح پايين نوري، رشد اين گياه با ايجاد سايه شديد توسط آزولا به ميزان معني‌داري در نتيجه رنگ سبز آزولا خاكستري و در نهايت بي‌رنگ شد. توده‌هاي بزرگ آزولا و چندلايه‌بودن و فشردگي برگ آن در محيط‌هاي طبيعي نظير استخرهاي پرورشي و تالاب انزلي، موجب گرديد كه غلظت‌هاي بالاتر پاراكوات نسبت به شرايط آزمايشگاهي براي كنترل اين گياه مورد نياز باشد.

[1] - Center & Spencer
[2] - Aghami & Reddy
[3] Ray

شكل ۳- اثر غلظت‌هاي مختلف علف‌كش تماسي پاراكوات بر روي زيتوده (وزن خشك) علف هرز آزولا در يك كوادرات ۰/۵ مترمربعي در سه محيط، A: تالاب انزلي، B: استخرهاي پرورش ماهي، C: حوضچه‌هاي آزمايشي

شكل ۵- اثر غلظت‌هاي مختلف علف‌كش تماسي پاراكوات بر روي طول ريشه (سانتي‌متر) علف هرز آزولا در يك كوادرات ۰/۵ مترمربعي در سه محيط، A: تالاب انزلي، B: استخرهاي پرورش ماهي، C: حوضچه‌هاي آزمايشي

كاهش يابد. از آنجايي كه هر دو گونه و بويژه عدسك آبي در تراكم‌هاي بالا ميزان زيتوده بيشتري نسبت به تراكم پايين توليدكردند، مي‌توان نتيجه گرفت كه رقابت درون‌گونه‌اي نمي‌توانست عامل كاهش معني‌دار زيتوده بخصوص در عدسك آبي گردد. از طرف ديگر، به‌دليل شكل يكسان رشد اين دو گياه و كاهش معني‌دار زيتوده عدسك آبي در حضور آزولا، مي‌توان ارزيابي كرد كه رقابت برون‌گونه‌اي بيش از رقابت درون‌گونه‌اي تاثير داشته است. پس مي‌توان نتيجه گرفت كه اين دو گونه قادر به همزيستي و اشغال يك نيچ مشابه در يك محيط نيستند.

نتايج اين تحقيق نشان داد كه تغييرات فصلي نور و درجه حرارت آثار معني‌داري بر روي رشد آزولا دارند. حداكثر ميزان رشد آزولا در ارديبهشت تا مرداد ماه به ترتيب با متوسط درجه حرارت و نور ۲۲/۵ درجه سانتي‌گراد و ۲۹۵ ميكروانيشتين مترمربع در ثانيه انجام گرفت. از آنجايي كه اختلافات فصلي شدت نور و درجه حرارت با يكديگر در ارتباط‌اند، در اين تحقيق همبستگي مثبتي بين اين دو عامل مشاهده شد ($P<\%5$ و $r^2=\%90$). همچنين به‌دليل وابسته بودن اين دو متغير (نور و درجه حرارت) به يكديگر، جداكردن آثار جداگانه آنها در اين آزمايش ممكن نبود. اين آزمايش و يافته‌هاي ميچل و تور[1] (۱۹۷۵)، زوتشي و واس[2] (۱۹۷۱)، اوشاراني و بهامبي[3](۱۹۸۳) و فينليسون[4] (۱۹۸٤) نشان داد كه حداكثر رشد گياهان شناور در دامنه حرارت ۲۵-۱۸ درجه سانتي‌گراد و شدت نور ۳۵۰-۲۵۰ ميكروانيشتين مترمربع در ثانيه انجام گرفته و در پايين‌تر از اين درجه حرارت رشد كاهش و زمان دوبرابر شدن افزايش مي‌يابد. نتايج اين تحقيق و يافته‌هاي سينگ و ياداوا[5] (۱۹۷٤)، ميچل (۱۹۷٦) و روم[6] و همكاران (۱۹۸۱) نشان داد كه درجه حرارت و نور براي رشد گياهان شناور داراي يك اثر متقابل مثبت‌اند. براي مثال در ٢٤ درجه سانتي‌گراد در ماه‌هاي تير و شهريور حداكثر ميزان رشد و كوتاهترين زمان دوبرابرشدن آزولا در تيرماه هنگامي‌كه شدت تشعشعات بيش از شهريورماه بود، مشاهده گرديد (جدول ۲).

نتايج اين تحقيق و يافته‌هاي ميچل و تور (۱۹۷۵) نشان داد كه درجه حرارت يك عامل موثر در رشد آزولا محسوب مي‌شود. اين نتايج و يافته‌هاي وتنابه و برجا[7] (۱۹۸۳) نشان داد كه حداكثر رشد آزولا در ۳۰-۲۰ درجه سانتي‌گراد انجام مي‌گيرد. نتايج اين بررسي و تحقيقات‌كاري و ويرتز[8] (۱۹۸۳a) نشان داد كه افزايش غلظت فسفر به ميزان بيش از ۱ ميلي‌گرم در ليتر در محيط رشد موجب افزايش معني‌دار ماده خشك گياهان شناور نگرديد. نتايج اين تحقيق و يافته‌هاي آود[9] و همكاران(۱۹۷۹) و كاري و ويرتز (۱۹۸۳a) مشخص ساخت كه گياهان آبزي شناور قادر به ذخيره فسفر و ساير عناصر غذايي موجود در محيط در اندام‌هاي رويشي خود هستند تا در مواقع كمبود عناصر غذايي از آنها استفاده كنند.

در اين تحقيق با افزايش درجه حرارت و غلظت فسفر در آب، نسبت وزن خشك ريشه به كل گياه كاهش يافت. اين نتيجه در تاييد يافته‌هاي كاري و ويرتز (a,b ۱۹۸۳) نشان داد كه با افزايش درجه حرارت آب در حد اپتيمم (۳۰-۲۰ درجه سانتي‌گراد) و وجود عناصر غذايي ضروري نظير ازت و فسفر در محيط، نسبت توليد برگ به ريشه در گياهان شناور افزايش يافت.

استفاده از علف‌كش پاراكوات براي كنترل آزولا با غلظت بيش از ۰/۷۵ ميلي‌گرم در ليتر در شرايط آزمايشگاهي و بيش از ۱/۲۵ ميلي‌گرم در ليتر

[1] - Mitchell & Tur
[2] Zutshi & Vass
[3] - Ush Rani & Bhambie
[4] - Finlayson
[5] - Singh & Yadava
[6] - Room
[7] - Watanabe & Berja
[8] Cary & Weerts
[9] - Awad

در استخرهاي پرورش ماهي و تالاب انزلي، سبب از بين رفتن رنگدانه‌هاي كلروفيل و كاراتنوئيد گرديد و رشد مجدد آزولا بعد از استعمال يك علف‌كش تماسي نظير پاراكوات به‌دليل از بين رفتن برگ‌ها و اندام‌هاي سطحي و دست‌نخورده باقي ماندن برگ‌هاي فشرده لايه‌هاي وسطي و زيرين، ريزوم‌هاي ثانويه و اسپورهاي موجود بر روي اندام‌هاي زير سطح آب انجام گرفت. به‌دليل فشرده و چندلايه بودن برگ‌هاي آزولا نفوذ علف‌كش پاراكوات به درون قسمت‌هاي زيرين بعد از يك عمليات كنترلي بندرت انجام مي‌گيرد (۲۳). از طرف ديگر مانند ساير گياهان شناور، محل اتصال برگ‌ها به ريشه در آزولا منبع مهمي از ذخيره غذايي است كه در رشد مجدد آن بعد از هرتنش نقش مهمي را ايفا مي‌كند (۲٤). استعمال اول پاراكوات با غلظت كمتر از ۱ ميلي‌گرم در ليتر قادر به كاهش معني‌دار اين ذخيره غذايي نيست (۱۹). كاهش معني‌دار تراكم و زيتوده آزولا بعد از استعمال دوم علف‌كش به‌دليل نفوذ پاراكوات به بخش‌هاي دروني آزولا انجام گرفت. از طرف ديگر، رشد مجدد آزولا بعد از استعمال دوم پاراكوات به دليل از بين رفتن خاصيت علف‌كشي اين علف‌كش در اثرتماس با ذرات معلق و اجزاي درون آب است (۵). با توجه به اينكه علف‌كش‌هاي خانواده بي‌پريديليوم نظير پاراكوات در اثر برخورد با ذرات معلق و ساير اجزاي درون آب غيرفعال شده و خاصيت علف‌كشي خود را از دست مي‌دهند، استفاده از آنها در محيط‌هاي آبي تاثير نامطلوبي بر گونه‌هاي جانوري وگياهي مجاور نخواهدگذاشت (۵). همچنين غلظت باقيمانده اين علف‌كش در لايه‌هاي مختلف آب بعد از هر استعمال به حدي كاهش مي‌يابد كه براي گياهان و جانوران درون آب خاصيت كشندگي ندارد (۱۵).

نتايج اين آزمايش برخلاف يافته‌هاي فينليسون و ميچل (۱۹۸۲) نشان دادكه كاهش رشد و زيتوده آزولا با استعمال حداقل دو مرحله علف‌كش تماسي پاراكوات درغلظت‌هاي بالاتر از ۱ ميلي‌گرم در ليتر ميسر است. همچنين مشخص شد كه پاراكوات اگر در زمان و مرحله مناسب رشد آزولا استفاده گردد، آثار كنترلي موثري دارد. استفاده از پاراكوات در مراحل اوليه فصل رشد هنگامي‌كه آزولا كاملا جوان و بافت‌هاي آن نرم و نازك است و همچنين بعد از استعمال اول كه برگ‌ها صاف وكوچك شده‌اند و لايه‌هاي دروني به‌آساني قابل رويت‌اند سبب كاهش معني‌دار در رشد مجدد اين علف هرز مي‌گردد.

نتايج اين آزمايش و يافته‌هاي تورين[1] و همكاران (۱۹۸۳) حاكي از آن است كه براي جلوگيري از رشد بيش از اندازه گياهان شناور در آبگيرهاي داخلي، بايد غلظت عناصر غذايي ضروري در اين مكان‌ها در زير نقطه بحراني نگه داشته شود. از طرف ديگر، به‌دليل قدرت جذب و نگهداري عناصر غذايي در اندام‌هاي گياهان شناور، در شرايط كاملا كنترل‌شده مي‌توان از آنها به‌عنوان تصفيه‌كننده‌هاي بيولوژيكي در آب‌هاي غني محتوي پساب و آلاينده‌ها استفاده كرد (۹ و ۲٦).

نتايج حاصل از بررسي رشد و زمان دوبرابر شدن آزولا نشان داد كه اين گياه قدرت رشد و پوشش سريع آبگيرهاي داخلي را دارد. نتايج اين تحقيق بيانگر آن است كه گياه ازولا حتي در تراكم‌هاي پايين در يك منطقه، قدرت رشد و پراكندگي سريع را دارد و قادر است كه به يك علف هرز خطرناك تبديل شود. تبديل آزولا در يك آبگير به علف هرز و ايجاد مزاحمت توسط آن، بستگي به ميزان ورود فاضلاب و پساب‌هاي غني‌شده به آب‌هاي محل حضور آن دارد. توقف سريع ورود فاضلاب‌ها به آبگيرهاي داراي آزولا، يك عامل اساسي در كاهش معني‌دار رشد اين گياه محسوب مي‌شود. اگرچه به‌دليل حضور عناصر غذايي نظير فسفر در رسوبات و آزادشدن تدريجي آنها اين كاهش به‌آرامي انجام مي‌گيرد.

سپاسگزاري

اين تحقيق بخشي از طرح پژوهشي كنترل گياهان آبزي در استخرهاي پرورشي است كه هزينه آن توسط سازمان تحقيقات شيلات ايران پرداخت گرديد، از اين رو از رياست محترم مركز تحقيقات

[1] - Toerien

شيلات استان گيلان جناب آقاي دكتر پيري و مهندس دانش معاونت اين مركز در ايجاد فضاي آزمايشي مناسب تشكر و قدرداني مي‌شود. همچنين از آقايان مهندس كامران زلفي‌نژاد و مهندس رضا آرمودلي كارشناسان بخش اكولوژي و تكثير و پرورش كه در بسياري از مراحل اين تحقيق اينجانب را ياري كردند، تقدير و تشكر به عمل مي‌آيد.

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 phosophorous 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 Landbouwkd. 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 S*alvinia 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* Mithchell: 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, Hydrogbilogia, Vol. 38:303-320.

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

Y. Filizadeh[1]

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 ($0.11 gg^{-1}$ 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-Pl-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*