# قابلیت تصفیه گیاه آبزی چنگال آبی (*Ceratophyllum demersum*) به‌عنوان فیلتر زیستی در سیستم مداربسته و اثرات آن بر روی شاخص‌های رشد ماهیان سیکلاید

**احسان اسدی شریف*[۱]، جاوید ایمانپور نمین[۲]، زهره رمضانپور[۳]**

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۳۳۵۳۵۱۶

۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران، صندوق پستی: ۱۱۴۴

۳- گروه اکولوژی، موسسه تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۶۳۵-۳۴۶۴

تاریخ دریافت: ۱۴ مهر۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۱۷ بهمن ۱۳۹۶

## چکیده

قابلیت تصفیه گیاه آبزی چنگال آبی (*Ceratophyllum demersum*) با فیلترهای مصنوعی تعبیه‌شده در سیستم مداربسته پرورش ماهیان زینتی موردبررسی و مقایسه قرار گرفت. این تحقیق به مدت سه ماه در کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان زینتی هنرستان کشاورزی جنت رشت طراحی و اجرا شد. در ابتدا روند تشکیل ترکیبات نیتروژنی، در سیستم مداربسته مجهز به فیلترهای مصنوعی مورد ارزیابی قرار گرفت. گیاه چنگال آبی از رودخانه سیاه درویشان جمع‌آوری و به سالن پرورش ماهی منتقل شد. آداپتاسیون گیاه با شرایط سالن تکثیر و پرورش ماهی به مدت یک ماه و با استفاده از آب رودخانه انجام شد. در ابتدای آزمایش توده زنده‌تر گیاه اندازه‌گیری شد، سپس تعداد ۶۰۰ قطعه از ماهیان سیکلاید (اسکار، آنجل، سیچلاید زبرا، سیچلاید بورلی) تهیه و در قالب سه تیمار (به همراه سه تکرار) در ۱۲ عدد آکواریوم (۱۶۰ لیتری) به‌طور کاملاً تصادفی توزیع شدند. در انتهای دوره به‌منظور بررسی روند تغییرات آمونیاک ($NH_3$)، نیتریت ($NO^-_2$) و نیترات ($NO^-_3$)، نمونه آب از خروجی‌ها و ورودی بایوفیلتر گرفته و جهت آنالیز موردبررسی قرار گرفت. شاخص‌های رشد و بقای این ماهیان نیز در انتهای دوره مورد ارزیابی قرار گرفت. تغییرات ترکیبات نیتروژنی هنگام استفاده از گیاه آبزی چنگال آبی به‌عنوان بایوفیلتر نشان داد که این گیاه آبزی توانایی جذب این مقدار از ترکیبات نیتروژنی را ندارد، همچنین شاخص‌های رشد و بقا نیز هنگام استفاده از گیاه آبزی چنگال آبی در مقایسه با تیمار فیلترهای مصنوعی از کاهش معنی‌داری برخوردار بودند ($P>0/05$).

**کلمات کلیدی:** سیستم مداربسته، چنگال آبی ، Cichlid، *Ceratophyllum demersum*، تصفیه زیستی.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). ehsanasadisharif@gmail.com

**مقدمه**

اصطلاح تصفیه زیستی به تکنیک‌های تصفیه که در آن از موجودات زنده ریز جهت حذف یک ماده از محلول مایع استفاده می‌شود اطلاق می‌شود. این تعریف شامل سیستم‌هایی که از جلبک و گیاهان سبز به‌منظور تصفیه آب استفاده می‌کنند نیز است. این سیستم‌ها معمولاً به سیستم‌های رشد گیاهان در آب‌های مغذی (هیدروپونیک) نیز شناخته می‌شوند (Lawson, 1994). آنیون‌های عمده در سیستم‌های پرورشی آبزیان ترکیبات نیتروژن دار می‌باشند. آمونیاک به‌عنوان محصول نهایی تجزیه‌ی پروتئین‌ها توسط ماهی‌ها به محیط آب دفع می‌شود (Campbell, 1973). آمونیاک با آب ترکیب‌شده و در حالت تعادل با یون آمونیوم یا آمونیاک یونیزه شده ($NH_4^+$) قرار می‌گیرد. غلظت نسبی آمونیاک به عملکرد pH آب، شوری و دمای آب بستگی دارد (Pillay and Kutty, 2005). نیتریت نیز یک ماده سمی و خطرناک است که در اثر اکسیداسیون آمونیاک به‌وسیله‌ی باکتری Nitrosomonas ایجاد می‌شود. نیترات ($NO_3$) محصول نهایی فرآیند نیتریفیکاسیون است. این ترکیب نیتروژنی در اثر اکسیداسیون نیتریت به‌وسیله‌ی باکتری Nitrobacter در منابع آبی ایجاد می‌شود. نیترات در غلظت‌های پایین برای ماهی کشنده نیست ولی در شرایطی مثل سیستم مداربسته درصورتی‌که غلظت آن خیلی افزایش یابد (با توجه به گونه این مقدار متفاوت است) خطرناک است و باید به‌وسیله‌ی آب تازه از محیط خارج شود (جعفری باری، ۱۳۸۰).

گیاه علف شاخی که به نام چنگال آبی (*Ceratophyllum demersum*) هم شناخته می‌شود، از گیاهان آبزی مهم و غالب رودخانه‌ها و کانال‌های ایران است (بخشی خانیکی، ۱۳۸۶). این گیاه از راسته‌ی Nymphaels و خانواده‌ی Ceratophyllaceae است که در آب‌های کم‌عمق، گل‌آلود، تیره و کم‌سرعت در شدت‌های نوری پایین می‌روید (APHA, 2005). *Ceratophyllom demersum* یک گیاه کاملاً غوطه‌ور در آب است (Keskinkan, 2004). این گیاه همچنین توانایی جذب ترکیبات نیتروژنی را نیز دارد (Walstad, 2003). سیکلایدها ماهیانی از خانواده‌ی Cichlidae و از راسته‌ی Perciformes و زیر راسته‌ی Labroidei می‌باشند. سیکلایدها دارای رشد سریعی در برخی از دریاچه‌ها مانند دریاچه‌ی تانگانیا، مالاوی، ویکتوریا و ادوارد می‌باشند اگرچه ازلحاظ شکل ظاهری گونه‌های این دریاچه‌ها باهم تفاوت دارند ولی از یک خانواده می‌باشند (Salzburger *et al*., 2005).

باوجوداینکه مطالعات محدودی به‌منظور بررسی قابلیت تصفیه زیستی گیاه آبزی چنگال آبی صورت گرفته است و با توجه به اهمیت پالایش زیستی در سیستم‌های متراکم، در مطالعه حاضر سعی بر آن است که قابلیت تصفیه ترکیبات نیتروژنی تولیدی ناشی از فضولات ماهی توسط این گیاه آبزی موردبررسی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### روش‌های نمونه‌برداری و انتقال گیاه چنگال آبی

واریته گیاه *Ceratophylum demersum* با کمک ساچوک‌های مخصوص جمع‌آوری شد. سپس در داخل کیسه‌های دوجداره قرار داده‌شده و با آب رودخانه به کارگاه ماهیان زینتی هنرستان کشاورزی جنت رشت منتقل شد. در هنگام نمونه‌برداری

پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب مانند: دما و pH آب نیز اندازه‌گیری شد.

### آداپتاسیون گیاه

به‌منظور سازگار کردن گیاه چنگال آبی با شرایط دمایی سالن تکثیر و پرورش ماهیان زینتی، به مدت یک ماه در دمای کارگاه بدون تعویض آب نگهداری شدند. در طول مدت نگهداری گیاه آبزی، برای تأمین نور از لامپ‌های فلورسنت خطی (مدل $T_5$) استفاده شد. همچنین برای تأمین نیاز غذایی گیاه در طول این مدت از کودهای شیمیایی مایع بازاری (مارک Tetra) استفاده شد. پس از یک ماه به‌منظور جلوگیری از آلودگی و پژمرده شدن حدود ۲۰٪ آب تعویض شد. این کار نیز به مدت یک هفته صورت گرفت تا آب رودخانه به‌طور کامل با آب سالن تکثیر و پرورش ماهیان زینتی تعویض شود. پس از انجام مراحل آداپتاسیون، وزن‌تر گیاه اندازه‌گیری شده سپس به‌وسیله‌ی مواد ضدعفونی‌کننده پرمنگنات پتاسیم ضدعفونی شدند.

## تعبیه فیلترهای مصنوعی در داخل هر آکواریوم

به‌منظور مقایسه کنترل نوسانات ترکیبات نیتروژنی با تیمار حاوی گیاه چنگال آبی ، فیلترهایی مصنوعی از ابر و سنگ هوا در هر آکواریوم تعبیه شد. این نوع از فیلترها علاوه بر فیلتراسیون آکواریوم‌ها، با افزایش سطح، زمینه فعالیت باکتری‌های نیتریفیکانت را فراهم کرده و فرآیند نیتریفیکاسیون را در هر آکواریوم تسهیل می‌بخشند.

### طراحی آزمایش و سیستم پرورشی

در ابتدای دوره آزمایش، ماهیان به مدت دو هفته با شرایط آکواریوم‌ها سازگار شدند. پس از طی دوره آداپتاسیون ۶۰۰ قطعه ماهی پیش مولد سیکلاید به‌طور کاملاً تصادفی در ۱۲ آکواریوم ۱۶۰ لیتری با میانگین وزنی ۲۳/۶۶ گرم توزیع شدند. جاگذاری گیاه آبزی چنگال آبی به‌عنوان بایوفیلتر در سیستم مداربسته به مدت یک ماه صورت گرفت. تغذیه ماهیان موجود در آکواریوم توسط غذای کنسانتره شرکت اسکرتینگ (اندازه ۰,۸) در دو نوبت ۸ صبح و ۱۶ بعدازظهر تا حد سیری و به‌صورت دستی صورت گرفت. در انتهای هر ده روز (در هر دوره سه مرتبه)، نمونه‌برداری از آب در قسمت خروجی سیستم صورت گرفته و جهت اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی مانند آمونیاک، نیتریت، نیترات با کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Konica-Minolta CM-700d) به آزمایشگاه منتقل شد.

### نحوه نمونه‌برداری از آب سیستم مداربسته

برابر طبق دستورالعمل آزمایشگاه مرجع، در انتهای هر دوره نمونه آب در دو بطری ۱/۵ لیتری و با اضافه کردن ماده شیمیایی فیکس کننده (اسیدسولفوریک) به میزان 1CC به یکی از بطری‌ها صورت گرفت. سپس جهت اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی به آزمایشگاه آنالیز آب منتقل شد.

### کاربرد گیاه آبزی چنگال آبی در سیستم مداربسته

به‌منظور ضدعفونی گیاه آبزی *Ceratophyllum demersum* از پرمنگنات پتاسیم استفاده شد، سپس گیاه در آکواریوم ۱۶۰ لیتری قرار گرفت. در طول فرآیند تحقیق نوردهی توسط لامپ فلورسنت خطی

مدل T5 صورت گرفت. در ابتدای آزمایش به‌منظور تأمین مواد مغذی اولیه گیاه از کودهای شیمیایی مایع شرکت Tetra استفاده شد. به‌منظور کاهش فشار آب ورودی به داخل آکواریوم گیاه آبزی، ورودی آب آکواریوم به‌صورت قطره‌ای صورت پذیرفت. در پایان هر دوره وزن‌تر گیاه محاسبه‌شده و به‌منظور اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی به آزمایشگاه آنالیز شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان منتقل شد.

## میزان و نحوه گردش آب در سیستم مداربسته

میزان حجم تانک = ۱۸۰ لیتر، میزان آبگیری = ۱۶۰ لیتر

کل حجم آبی = ۲۰۰۰ لیتر

میزان آب ورودی = ۳ لیتر بر ثانیه

میزان آبگردشی طی ۲۴ ساعت: ۲۵۹۲۰۰ =۲۴ × ۳۶۰۰ ×۳

میزان آب تازه اضافه‌شده به سیستم به‌صورت روزانه ۳۰۰ لیتر

## سنجش شاخص تولید بیومس گیاه آبزی چنگال آبی

این شاخص به‌صورت زیر محاسبه گردید:

$Pr = (FW1 - FW_2) / \Delta t$ (رابطه ۱)

که $FW_1$ و $FW_2$ وزن‌تر خالص گیاه (گرم) در زمان‌های ۱ و ۲ (روز) و $\Delta t$ اختلاف بین زمان‌های ۱ و ۲ است (Schroder *et al.*,2007).

### زیست‌سنجی ماهیان

زیست‌سنجی ماهیان در پایان هر دوره با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ به‌صورت انفرادی انجام شد. اندازه‌گیری پارامترهای رشد و مقایسه بین تیمارها، شاخص‌هایی مانند وزن نهایی (FW)، درصد رشد نسبی (RGR) با استفاده از فرمول‌های زیر موردمحاسبه قرار گرفت:

(رابطه ۲)

RGR = ۱۰۰ *[وزن اولیه (گرم) / افزایش وزن (گرم) ]

(رابطه ۳)

Survival rate(٪) =۱۰۰*[تعداداولیه‌ماهیان/تعداد نهایی‌ماهیان]

## روش‌های آماری

برای تعیین اختلاف معنی‌داری در کل تیمارهای آزمایشی در مورد شاخص‌های رشد ماهیان، از آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA One way استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن تفاوت‌ها نیز از آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای مختلف استفاده شد. در مورد داده‌های غیر نرمال آزمون کروسکال والیس (Kruskal-Wallis) مورداستفاده قرار گرفت. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و همچنین به‌منظور ترسیم نمودارهای ترکیبات نیتروژنی از نرم‌افزار 2013Excel به کار گرفته شد.

## نتایج

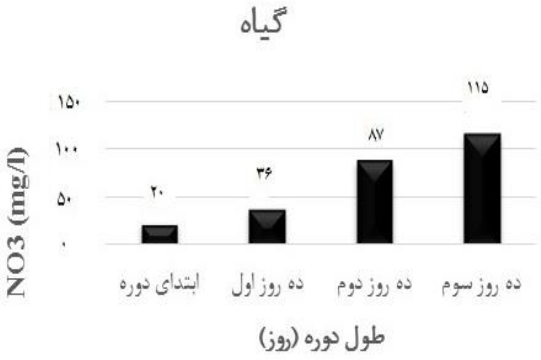
## نتایج حاصل از کاربرد گیاه آبزی چنگال آبی در سیستم مداربسته

نتایج حاصل از سنجش میزان جذب آمونیاک، نیتریت، نیترات در پایان دوره در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ آمده است. نتایج حاصل از کاربرد گیاه چنگال آبی در طول ۳۰ روز نشان داد که غلظت آمونیاک غیریونیزه در طول یک ماه آزمایش روندی صعودی داشته به‌طوری‌که در پایان این دوره این میزان به ۰/۸ میلی‌گرم در لیتر رسیده است. غلظت نیتریت نیز در

طول یک ماه روندی افزایشی داشته و در انتهای دوره به ۱/۲۱ میلی‌گرم در لیتر رسیده است. در مورد غلظت نیترات، روند صعودی داشته و در پایان دوره غلظت آن به ۱۱۵ میلی‌گرم در لیتر رسیده است. نتایج حاصل از سنجش شاخص تولید بایومس گیاه آبزی نشان داد که رشد این گیاه از ۵۳ گرم در لیتر به ۵۰/۵ گرم در لیتر کاهش‌یافته است.

شکل ۱: روند تغییرات غلظت آمونیاک (mg/lit) با استفاده از گیاه چنگال آبی طی ۳۰ روز آزمایش

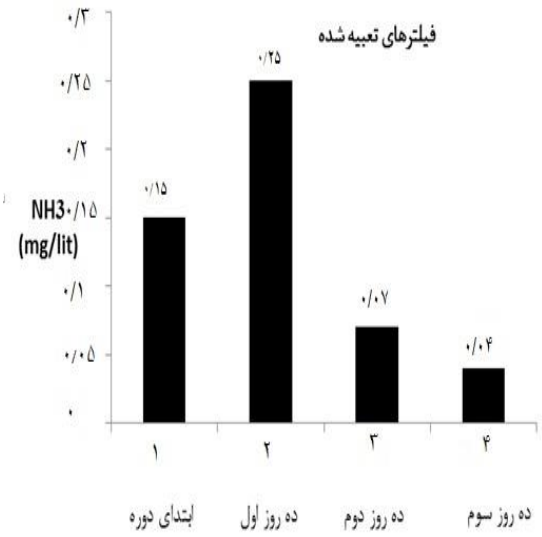
شکل ۲: روند تغییرات غلظت نیتریت (mg/lit) با استفاده از گیاه چنگال آبی طی ۳۰ روز آزمایش



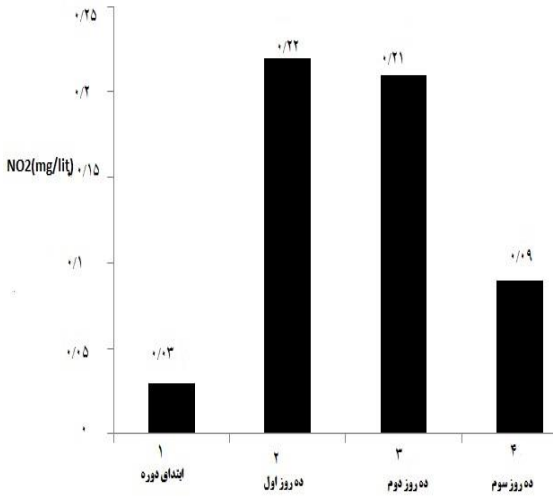

شکل ۳: روند تغییرات غلظت نیترات (mg/lit) با استفاده از چنگال آبی طی ۳۰ روز آزمایش

## نتایج حاصل از کاربرد فیلترها در سیستم مداربسته

نتایج حاصل از سنجش میزان جذب آمونیاک، نیتریت، نیترات در پایان دوره در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ آمده است. این نتایج نشان می‌دهد میزان ترکیبات نیتروژنی در انتهای دوره پس از فعال شدن باکتری‌های نیتریفایر روندی نزولی داشته است.



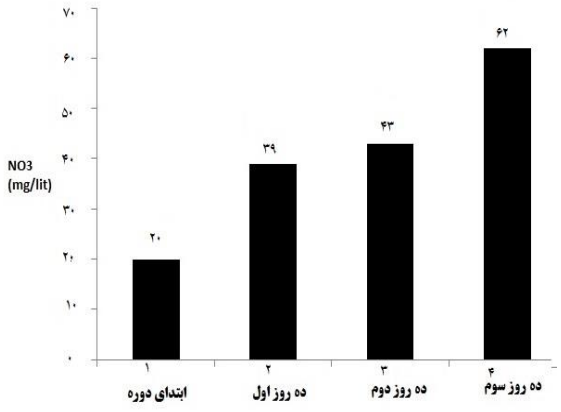

شکل ۴: روند تغییرات غلظت آمونیاک (mg/lit) با استفاده از فیلترهای تعبیه‌شده طی ۳۰ روز آزمایش




شکل ۵: روند تغییرات غلظت نیتریت (mg/lit) با استفاده از فیلترهای تعبیه‌شده طی ۳۰ روز آزمایش

## نتایج حاصل از شاخص‌های رشد

نتایج حاصل از شاخص‌های رشد و بقا در جدول ۱ آمده است. این نتایج نشان داد که پارامترهای رشد در هنگام استفاده از گیاه آبزی چنگال آبی در سیستم مداربسته نسبت به فیلترهای مخصوص کاهش معنی‌داری داشته است ($P<۰/۰۵$).




شکل ۶: روند تغییرات غلظت نیترات (mg/lit) با استفاده از فیلترهای تعبیه‌شده طی ۳۰ روز آزمایش

جدول ۱: عملکرد رشد و بقا در تیمارهای مختلف

| ماهی | پارامترهای رشد | تیمار گیاه | تیمار فیلترهای مصنوعی |
|---|---|---|---|
| اسکار | وزن اولیه (گرم) | ۲۳/۱۳±۰/۳۰ | ۲۳/۲۸±۰/۳۰ |
| | وزن نهایی (گرم) | ۲۸/۲۱±۰/۸۰ | ۳۶/۲۱±۰/۷۴ |
| | درصد رشد نسبی (٪) | $^{a}$۲۱/۹۱±۰/۸۰ | $^{b}$۰/۳۳±۵۵/۵۴ |
| | بازماندگی (٪) | ۳۰ | ۹۱/۶۶ |
| آنجل | وزن اولیه (گرم) | ۱۳,۹۸±۰/۹۸ | ۰/۱۷±۱۴/۱۳ |
| | وزن نهایی (گرم) | ۱۹/۱۳±۰/۲۰$^{a}$ | $^{b}$۰/۳۷±۲۴/۳۳ |
| | درصد رشد نسبی (٪) | ۳۶/۸۳±۰/۱۷$^{a}$ | $^{b}$۰/۱۶±۷۱/۳۲ |
| | بازماندگی (٪) | ۲۵ | ۸۳ |
| سیکلاید زیرا | وزن اولیه (گرم) | ۱۷/۷±۰/۱۴ | ۰/۲۱±۱۷/۳۰ |
| | وزن نهایی (گرم) | ۲۳/۶۳±۰/۲۹$^{a}$ | $^{b}$۰/۳۳±۲۸/۲۳ |
| | درصد رشد نسبی (٪) | ۳۳/۵۱±۰/۴۸$^{a}$ | $^{b}$۰/۴۸±۶۳/۱۷ |
| | بازماندگی (٪) | ۸۶ | ۱۰۰ |
| سیکلاید بورلی | وزن اولیه (گرم) | ۱۷/۶۳±۰/۲۳ | ۰/۱۲±۱۷/۴۳ |
| | وزن نهایی (گرم) | ۲۴/۵۳±۰/۳۳$^{a}$ | $^{b}$۰/۱۷±۲۹/۳۰ |
| | درصد رشد نسبی (٪) | ۳۹/۱۳±۰/۴۲$^{a}$ | $^{b}$۰/۲۳±۶۸/۱۰ |
| | بازماندگی (٪) | ۸۴ | ۱۰۰ |

وجود حروف متفاوت بر روی اعداد در هر ردیف، نشانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است ($P<0.05$).

## بحث

غلظت ترکیبات نیتروژنی آمونیاک، نیتریت و نیترات در انتهای هر دوره مورد ارزیابی قرار گرفت. بر طبق گزارش‌های Timmons و همکاران (۲۰۰۲) روند فعالیت باکتری‌ها در بایوفیلتر دارای چند مرحله است. در ابتدا غلظت آمونیاک کل (TAN) افزایش می‌یابد، درصورتی‌که فعالیت باکتری‌های نیتریفایر افزایش یابد، نیتریت ($NO_2$) افزایش می‌یابد. سپس غلظت نیترات افزایش‌یافته، درحالی‌که آمونیاک کل (TAN) و نیتریت ($NO_2$) روند کاهشی به خود می‌گیرند. این روند نیازمند زمان است. در هنگام استفاده از گیاه چنگال آبی ، این روند دچار مشکل شد. به‌گونه‌ای که میزان آمونیاک در ابتدای دوره ۰/۰۳±۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر بود. سپس در انتهای دوره دوم روند صعودی داشته و به ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر رسید. روند صعودی ادامه داشته به‌گونه‌ای که در انتهای دوره سوم به ۰/۸ میلی‌گرم در لیتر رسید. غلظت نیتریت نیز در ابتدای دوره ۰/۰۳ میلی‌گرم در لیتر بود. سپس روند صعودی ادامه داشته به‌گونه‌ای که در انتهای دوره دوم به ۰/۵۳ میلی‌گرم در لیتر رسید و روند صعودی ادامه داشته به‌گونه‌ای که در پایان این دوره به ۱/۲۱ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافت. در ارتباط با نیترات نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در ابتدای دوره غلظت این ترکیب نیتروژنی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بود، غلظت نیترات نیز روند صعودی داشته و در انتهای دوره دوم به ۸۷ میلی‌گرم در لیتر رسید. باگذشت زمان و در انتهای دوره سوم به روند صعودی خود ادامه داده و غلظت آن به ۱۱۵ میلی‌گرم در لیتر رسید. مطالعات در مورد تصفیه زیستی در سیستم‌های آکواپونیک گیاهان بیشتر بر روی جذب ترکیب نیتروژنی نیترات صورت گرفته است. Coleman و همکاران (۲۰۰۱)، از دو گیاه *Typha subutata* و *Zizaniopsis bonaniensis* به‌منظور تصفیه‌ی آب شهری در سیستم آبخیز استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان آمونیاک ۳۹ تا ۵۶٪ افزایش یافت، درصورتی‌که میزان نیترات به ۵۹/۶ تا ۹۰/۴٪ کاهش یافت. میزان جذب نیترات در گیاه Typha بیشتر از Zizaniopsis بود. با توجه به اینکه گیاه چنگال آبی فاقد ریشه است و ازآنجایی‌که ریشه‌ی گیاهان مکان مناسبی برای استقرار باکتری‌های نیتریفیکانت به شمار می‌آید، چنین به نظر می‌رسد که بخش کوچکی از آمونیاک توسط این باکتری‌ها به نیترات تبدیل‌شده باشند. طبیعتاً بخش کوچکی از این آمونیاک نیز توسط گیاه جذب‌شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که با کاربرد گیاه چنگال آبی مقداری زیادی از آمونیاک در سیستم باقی‌مانده است.

لذا به دلیل فرآیند نیتریفیکاسیون در سیستم، این آمونیاک به‌سرعت به نیترات تبدیل‌شده است. بااین‌حال گیاه توانایی جذب این مقدار از نیترات را نداشته و فرآیند جذب و کاهش نیترات با مشکل مواجه بود. البته تجزیه مواد دفعی ماهیان در قسمت‌های دیگر سیستم نیز صورت می‌گیرد. چراکه تجزیه‌ی مواد آلی ته‌نشین شده در بخش‌های مختلف یا گرفتارشده در بیوفیلتر، یکی از دلایل اصلی تولید نیترات در آب یک سیستم می‌باشند.

در آزمایشی مشخص شد که ۳۹٪ از نیترات تولیدی در یک بایوفیلتر ناشی از تجزیه مواد آلی گرفتارشده در این بخش است و مربوط به اکسیداسیون آمونیاک ترشحی نیست (Skolstrup, 1998). البته میزان نیترات موجود در سیستم علاوه بر پدیده نیتریفیکاسیون به عوامل مختلفی بستگی دارد. برخی اختلافات در نتایج به‌دست‌آمده در تحقیقات مختلف را

با ترکیب کود مصرفی، نوع و اندازه ماهی، تراکم ماهی، خصوصیات فیزیک و شیمیایی آب مصرفی مرتبط دانسته‌اند (Palanivelu *et al*., 2005;Saha *et al*., 2002).

اگرچه این حجم از گیاه چنگال آبی توانایی جذب ترکیبات نیتروژنی با غلظت بالا را نداشت ولی وجود نیترات در محیط کشت از شرایط اصلی برای رشد این گیاه محسوب می‌شود، بااین‌وجود رشد گیاه در این تیمار بسیار ناچیز بوده، درواقع می‌توان چنین استنباط کرد که حضور ترکیبات نیتروژنی بیش‌ازاندازه سبب کاهش رشد این گیاه می‌گردد.Ayyasamy و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که در غلظت‌های بالای نیترات، توانایی جذب گیاه چنگال آبی به‌شدت کاهش می‌یابد و در بعضی غلظت‌ها این مقدار به صفر می‌رسد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

هنگام کاربرد فیلترهای تعبیه‌شده در هر آکواریوم ترکیبات نیتروژنی روند نزولی را طی کردند. دلیل این امر فعال شدن باکتری‌های نیتروزوموناس و نیتروباکتر بر سطوح این فیلترها است؛ بنابراین با کمک باکتری‌های نیتروزوموناس آمونیاک ناشی از فضولات ماهی به نیتریت تبدیل‌شده و با کمک نیتروباکترها، این ترکیب نیتروژنی سمی به نیترات تبدیل شد.

نتایج این تحقیق نشان داد که هنگام کاربرد گیاه چنگال آبی ، ماهیان از رشد و بقای مناسبی برخوردار نبودند. آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد بالا بودن ترکیبات نیتروژنی حتی در حد کم برای ماهیان استرس‌زا است (Person – Le Ruyet *et al*., 1998)، عوامل استرس‌زا سبب افزایش نیازهای متابولیک می‌شود، تحت چنین شرایطی جذب غذا کاهش‌یافته و متعاقباً تقاضا برای انرژی افزایش می‌یابد که منجر به کاهش پتانسیل رشد می‌شود (Vijayan *et al*., 1990; Vanweerd and Komen., 1998).

## سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از زحمات کلیه کسانی که مارا در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

## منابع

۱. بخشی خانیکی، غ.۱۳۸۶. گیاهان آبزی (رشته علوم کشاورزی). انتشارات دانشگاه پیام نور. ۱۸۰ صفحه.

۲. جعفری باری، م.۱۳۸۰. اصول مهندسی آبزیان. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان-اداره کل آموزش و ترویج.۵۰۴ صفحه.

3. APHA. 2005. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20th Ed., Washington DC.
4. Ayyasamy, P.M., Rajakumar, S., Sathishkumar, M., Swaminatan, K., Shanthi, k., Lakshmanaperumalsamy,P., and Lee, S. 2009. "Nitrate removal from synthetic medium and groundwater with aquatic macropHytes."Desalination, 242, 286-296.
5. Campbell, J. W. 1973. Nitrogen excretion. Comparative animal physiology, 1, 279-316.
6. Coleman, J., Hench, K., Garbutt, K., Sexstone A., Bissonnette, G., and Skousen, J.2001. "Treatment of domestic wastewater by three plant species in constructed wetlands." Water, Air, Soil Pollution, 128 (3-4), 283-295.
7. Keskinkan, O., Goksu, M. Z. L., Basibuyuk, M., & Forster,C.F. 2004. Heavy metal adsorption properties of a

submerged aquatic plant (*Ceratophyllum demersum*). Bioresource Technology, 92(2).

8. Lawson, T.B., 1995.Fundamentals of Aquaculture Engineering.Chapman and Hall, NewYork
9. Noga,E.J. 2000. Fish disease,diagnosis and treatment.Iowastate university press.Iowa USA. pp, 367.
10. Palanivelu, V., Vijayavel, K., Ezhilarasibalasubramanian, S., Balasubramanian, M. P. 2005. Impact of fertilizer (urea) on oxygen consumption and feeding energetics in the fresh water fish *Oreochromis mossambicus*. Environmental toxicology and P Pharmacology, 19, 351-355.
11. Person-Le Ruyet, J. Boeuf, G. 1998. Ammonia nitrogen, a potential poison in fish farming: the turbot case. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 350-351, 393-412.
12. Pillay, T.V.R. and Kutty, M.N. 2005. Aquaculture, Principles and Practices, 2nd Edition.Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.630 p.
13. Saha, N., Kharbuli, Z. Y., Bhattacharjee, A., Goswami, C., Haussinger, D. 2002. Effect of alkalinity (pH 10) on ureogenesis in the air-breathing walking catfish,*Clarias batrachus*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology, 132, 353-64.
14. Salzburger W., Mack T., Verheyen E., Meyer A. 2005. Out of Tanganyika: Genesis, explosive speciation, key-innovations and pHylogeograpHy of the haplochromine cichlid fishes. BMC Evolutionary Biology 5 (17): 1-15.
15. Schroder, P., J. Navarro-Avino, H. Azaizeh, A. G. Goldhirsh, S. DiGregorio, T. Komives, G. Langergraber, A.Lenz, E. Maestri, A. R. Memon, A. Ranalli, L. Sebastiani, S. Smrcek, T. Vanek, S. Vuilleumier and F. Wissing. 2007. Using pHytoremediation technologies to upgrade waste water treatment in Europe. Environmental Science and Pollution Research. 14, 490-497.
16. Skolstrup, J., Nielsen, P. H., Frier, J. O., and Mclean, E. 1998. Performance characteristics of fluidized bed biofilters in a novel laboratory-scale recirculation system for rainbow trout: nitrification rates, oxygen consumption and sludge collection. Aquacultural Engineering, 18, 265-76.
17. Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T. and Vinci, B.J. 2002. Recirculating Aquaculture Systems, 2nd Edition. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, Publication. 769 pages.
18. Vanweerd, J.H. and Komen J. 1998.The effects of chronic stress on growth in fish: a critical appraisal. Comparative Biochemistry and Physiology 120, 107–112.
19. Vijayan, M.M., Ballantine J.S. and Leatherland J.F. 1990. High stocking density alters the energy metabolism of brook charr, Salvelinus fontinalis. Aquaculture 88, 371–381.
20. Walstad, D. L. 2003. Ecology of the planted aquarium. Echinodorus publishing. 205 pages.