مجله شیلات
سال سوم، شماره اول، بهار ۸۸

بررسی توانایی *Anodonta cygnea* در جذب ترکیبات ازته و فسفاته در سیستم مدار بسته

***لالیک ساریخانی[۱]، آرش جوانشیر[۲]، غلامرضا رفیعی[۲] و مسعود اونق[۳]**

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، [۲]استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران،
[۳]دانشجوی کارشناسی‌ارشد شیمی آلی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد کرج

چکیده

در این تحقیق نرخ فیلتراسیون ترکیبات نیتروژنه و فسفاته آب در صدف آنودونتا سیگنهآ در یک سیستم مدار بسته مورد ارزیابی قرار گرفت. این سیستم از یک مخزن اصلی ۱۰۰ لیتری و چهار مخزن ۲/۵ لیتری (یکی از آنها به‌عنوان شاهد) و یک مخزن ۵۰ لیتری برای برگشت آب تشکیل شد. سه تیمار مختلف نیتروژن (۸۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و فسفر (۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت مجزا مورد آزمایش قرار گرفتند. در همه تیمارها، سه مرتبه نمونه‌برداری صورت گرفت. نتایج نشان داد که در هر سه تیمار با گذشت زمان از نرخ فیلتراسیون مواد آلاینده کاسته شد. همچنین با افزایش غلظت نیتروژن در محیط، میزان فیلتراسیون آن توسط صدف افزایش یافت، به‌طوری‌که نرخ فیلتراسیون از ۶/۵۳±۰/۰۳ در تیمار اول به ۷/۱۵±۰/۰۲ در تیمار دوم و ۸/۰۷±۰/۰۵ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسید. نرخ فیلتراسیون فسفر نیز توسط صدف با افزایش غلظت فسفر افزایش یافت، به‌طوری‌که نرخ فیلتراسیون از ۵/۶۱±۰/۰۱ در تیمار اول به ۶/۵±۰/۰۴ در تیمار دوم و به ۷/۵۸±۰/۰۹ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسید. نتایج فیلتراسیون نیتروژن و فسفر نشان داد که آنودونتا سیگنهآ در جذب ترکیبات نیتروژنی و فسفاته از کارآیی مناسبی برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنودونتا سیگنهآ، تصفیه زیستی فاضلاب، جذب فسفر، نرخ فیلتراسیون

مقدمه

تأمین آب یک رکن اساسی توسعه می‌باشد که به‌طور مستقیم بر سلامت، اقتصاد و اشتغال تأثیر می‌گذارد. آنچه مورد توجه است تولید ضایعات و فضولات ناشی از مصرف آب جهت تأمین نیازهای جامعه بشری و به دنبال آن آلودگی منابع آبی در دسترس انسان است. در میان آلاینده‌های مختلف، عناصر مغذی (نیتروژن و فسفر) به‌دلیل تأثیر در اکوسیستم‌های آبی و برهم زدن تعادل آنها (پدیده یوتریفیکاسیون) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

حذف ترکیبات مغذی نظیر فسفات و نیترات از آب‌های آلوده یکی از راه‌های کنترل رشد زیستی در محیط‌های آبی می‌باشد. لکن پس از تصفیه این آب‌ها، تمامی نیتروژن و فسفر جدا نمی‌گردند. با توجه به موارد ذکر شده و مشکلات ناشی از ورود فسفات و نیترات به آب‌های مصرفی، پرداختن به راهکارهای حذف این عناصر مباحثی مهم و در عین حال جدید است که از سال ۱۹۷۱ و با وجود پدیده غنی شدن مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (۴). امروزه به‌نظر می‌رسد از روش‌های زیستی بتوان در پالایش پساب‌ها بهره جست. اخیراً در دنیا استفاده از موجودات زنده که بخشی از آن شامل نرم‌تنان و جلبک‌هاست، به‌عنوان فیلتر زیستی به‌صورت وسیع مورد مطالعه قرار می‌گیرد. نظریه استفاده از نرم‌تنان آب شیرین و جلبک‌های کشت داده شده برای پالایش مواد غذایی موجود در فاضلاب

*- مسئول مکاتبه: lsarikhani@yahoo.com

توسط Guillard و Ryther (۱۹۶۲) مطرح شد. دوکفه‌ای‌ها از لحاظ اکولوژیک علاوه‌بر داشتن جایگاه ویژه در زنجیره غذایی، نقش بسزایی در چرخه غذایی سایر آبزیان ایفا می‌کنند. این موجودات شاخص زیستی اکوسیستم‌های آبی محسوب شده و قادرند آلودگی‌های نفتی، فلزات سنگین، مواد رادیواکتیو و غیره را از محیط جمع‌آوری کرده و باعث پاکیزگی و سلامتی نسبی محیط آبی گردند (۱۱). دوکفه‌ای آنودونتا سیگنهآ در بسیاری از رودخانه‌ها، برخی دریاچه‌ها و قسمت‌هایی با شوری کم از ورودی‌های دریا زیست می‌نمایند و از گونه‌های نرم‌تن شاخص در حوضه دریای خزر می‌باشد. این دوکفه‌ای‌ها از جمله بی‌مهرگان صافی‌کننده هستند که در محیط آبی، ذرات آلی غذایی را از طریق فیلتر کردن از آب جدا و سپس معدنی (مصرف موادآلی و دفع به‌صورت مواد مغذی) می‌نمایند. در نتیجه موادغذایی مورد نیاز تولیدات اولیه را مهیا می‌سازند (۱۰). در عین حال با توجه به نوسانات مواد غذایی در محیط زندگی خود، توانایی دیگری در آنها تکامل یافته تا در صورت کمبود غذای معلق در محیط، مواد محلول را (آلی و معدنی) مستقیماً از طریق برانشی‌ها و به‌صورت غیرفعال جذب کنند (۸). با توجه به این‌که در دوکفه‌ای‌ها عمل فیلتراسیون انجام می‌شود، در صورتی‌که در محیط زیست آنها مواد آلاینده وجود داشته باشد، این مواد با انجام عمل فیلتراسیون وارد بافت‌ها می‌شود و بدین‌ترتیب عمل حذف آلاینده‌ها از محیط آبی انجام می‌گیرد (۱۳) لذا محاسبه میزان تصفیه آنها می‌تواند حائز اهمیت باشد. بنابراین به‌دلیل تأثیرات مختلف این جانوران در محیط آبی و استفاده بهینه از آنها، به‌نظر می‌رسد بررسی مقدماتی برای تعیین میزان فیلتراسیون نیتروژن و فسفر آنها به‌نحوی که نقش این موجودات را در آب‌های آلوده روشن نماید، لازم باشد. لازم به ذکر است این صدف بومی ایران بوده و مطالعات زیادی در زمینه فیلتراسیون و نقش آنها در بهبود کیفیت آب صورت نپذیرفته است. جندقی در سال ۱۳۸۵ تحقیقاتی در مورد کاهش نیترات و فسفات در حضور جلبک کلرلا، سندسموس و آنودونتا سیگنهآ انجام داده است، اما مشکلی که وجود داشت این بود که نرخ دقیق فیلتراسیون نیترات و فسفات به‌وسیله آنودونتا، به‌علت خاصیت جذب این مواد توسط جلبک‌ها معلوم نگردید (۲). در این تحقیق با الهام از دو ماده آلاینده که بیشترین فرکانس را در محیط‌های آلوده دارند، عملکرد صدف‌های آنودونتا در فیلتراسیون آنها بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

مراحل انجام این تحقیق به‌صورت زیر بود:

الف) تهیه سیستم آزمایش

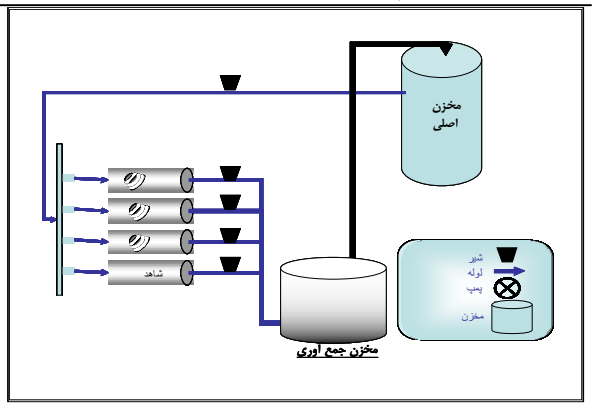
ب) تهیه صدف

ج) اندازه‌گیری میزان حذف مواد آلاینده

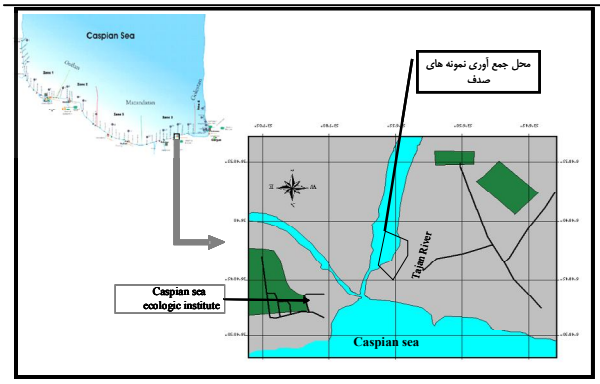
د) خشک کردن، وزن کردن و سوزاندن صدف‌ها

هـ) تجزیه و تحلیل داده‌ها

الف) تهیه سیستم آزمایش: واحد آزمایش (شکل ۱) از یک مخزن اصلی با گنجایش ۱۰۰ لیتر و سه مخزن برای قرار گرفتن صدف‌ها و یک مخزن به‌عنوان شاهد، هر کدام به گنجایش ۲/۵ لیتر و یک مخزن برای جمع‌آوری آب خروجی از ٤ مخزن و برگشت آن به مخزن اصلی، تشکیل شد. آب ابتدا از مخزن اصلی خارج شده و از طریق لوله پلی‌اتیلن وارد ٤ مخزن شد و پس از خارج شدن از آنها توسط مخزن جمع‌آوری، به مخزن اصلی برگشت داده شد. برگشت آب از مخزن جمع‌آوری به مخزن اصلی با استفاده از پمپ آب (مدل HAILEA/ACO-318) صورت گرفت. در هر ٤ مخزن، هم در ورودی و هم در خروجی آب، شیرهایی برای قطع و وصل جریان آب وجود داشت. یک انشعاب شیردار هم بعد از مخزن اصلی و قبل از رسیدن به ٤ مخزن، برای نمونه‌برداری غلظت اولیه نصب شد. مخزن اصلی دارای هواده و بخاری برای ثابت نگه داشتن اکسیژن در حد اشباع و دمای مورد نظر (۲۰ درجه سلسیوس) بود. اکسیژن محلول که به‌میزان زیادی به دمای آب بستگی دارد، در تمامی آزمایش‌ها تقریباً ثابت و برابر با ۹/۲ میلی‌گرم بر لیتر بود.



شکل ۱- شمایی از سازگان طراحی شده آزمایشی



شکل ۲- نشان‌دهنده موقعیت رودخانه تجن و دهانه آن در حوضه جنوبی دریای خزر محل نمونه‌برداری صدف آنودونتا

در این آزمایش صدف‌های آنودونتا در سه گروه تقریباً هم اندازه (۱±۱٤ سانتی‌متر)، به تعداد ۱ عدد در هر تکرار قرار گرفتند. ابتدا شیرهای خروجی موجود در ٤ مخزن بسته و شیر اصلی باز و نمونه‌برداری برای تعیین غلظت اولیه انجام گرفت. پس از پر شدن ٤ مخزن، شیر اصلی بسته و به‌مدت ۳۰ دقیقه جریان در سیستم متوقف بود تا صدف‌ها زمان کافی برای پالایش داشته باشند. این زمان کوتاه‌تر است از زمان عبور لقمه غذایی از لوله گوارش[1] که در مطالعات قبلی ٤۰ دقیقه به‌دست آمده بود (۱) در پایان این زمان شیرهای خروجی باز شده و غلظت‌های ثانویه از ٤ مخزن نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری در محفظه ۳۰ میلی‌لیتری از جنس پلی‌اتیلن صورت پذیرفت. در این زمان شیر اصلی باز شده و پمپ آب به برق وصل شد تا جریان به‌مدت ۱۲۰ دقیقه برقرار شود. این زمان مورد نیاز است تا کل ماده آلاینده در درون ظرف ۲/۵ لیتری به‌طور کامل تخلیه شود. پس از گذشت این زمان مراحل قبلی دو بار تکرار شد.

ب) تهیه صدف: صدف‌های مورد مطالعه از حاشیه رودخانه تجن (شکل ۲) در محل دهانه این رودخانه جمع‌آوری و پس از قرار دادن در یخدان با حفاظت ویژه به آزمایشگاه منتقل شد. به‌منظور از بین بردن استرس‌های ناشی از حمل و نقل، گروه صدف‌ها یک دوره سازگاری ۱۰ روزه را در داخل مخزنی طی کردند که از قبل برای آنها آماده و هوادهی شده بود. آب مخزن در دوره سازگاری هوادهی شده و جریان ملایمی در آن وجود داشته است. صدف‌ها در این دوره تغذیه نشده و برای شروع آزمایشات آماده شدند.

ج) اندازه‌گیری میزان حذف مواد آلاینده: در این بخش سعی شد میزان حذف دو آلاینده نیتروژن و فسفر توسط صدف اندازه‌گیری و مطالعه شود. به‌منظور حذف اثرات متقابل بین عناصر معدنی فسفر و نیتروژن، هر کدام از این دو عنصر به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش ۳ تیمار با ۳ تکرار طراحی شد که تیمارها شامل سه غلظت مختلف از نیتروژن (۸۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و سه غلظت متفاوت از فسفر (۲۰، ٤۰ و ٦۰ میلی‌گرم بر لیتر) با توجه به مرور منابع انتخاب گردید. همچنین حدهای بالا و پایین این آلاینده‌ها نزدیک به غلظت‌هائی است که در محیط طبیعی رودخانه تجن در طول سال اتفاق می‌افتند (۳). برای ایجاد غلظت‌های مختلف نیتروژن و فسفر به‌ترتیب از اوره و K_2HPO_4 با توجه به محاسبات شیمیایی به‌مقدار لازم استفاده شد که مقادیر آن در جدول ۱ آورده شده است. همچنین برای اطمینان بیشتر قبل از شروع آزمایش غلظت‌های به‌دست آمده با دستگاه اسپکتروفتومتر مورد آزمایش قرار گرفتند. طبیعی است که آلاینده‌ها غالباً به‌صورت معدنی وارد محیط‌های آبی شده و پس از جذب در بدن میکروارگانیسم‌ها تشکیل مواد آلی فسفر و نیتروژن‌دار را می‌دهند. با توجه به این نکته این دو آلاینده در شکل معدنی خود انتخاب شدند. برای اندازه‌گیری نیتروژن از دستگاه کجلدال و برای فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد.

1- Gut Passage Time

جدول ۱- مقادیر مورد استفاده برای ایجاد غلظت‌های مختلف مواد آلاینده

میزان K_2HPO_4	غلظت فسفر	میزان اوره	غلظت نیتروژن
۱۱/۲ گرم	۲۰ میلی‌گرم بر لیتر	۱۷/۲ گرم	۸۰ میلی‌گرم بر لیتر
۲۲/٤٤ گرم	٤۰ میلی‌گرم بر لیتر	۲۱/۵ گرم	۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر
۳۳/٦٦ گرم	٦۰ میلی‌گرم بر لیتر	٤۳ گرم	۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر

د) خشک کردن، وزن کردن و سوزاندن صدف‌ها: پس از اتمام آزمایش، صدف‌ها در دمای ٤۸ درجه سلسیوس و به‌مدت ٤۸ ساعت خشک و پس از خشک شدن وزن شدند. حرارت نسبتاً پائین و زمان زیاد با توجه به جلوگیری از تبخیر اسیدهای چرب و عناصر معدنی Volatile و مطابق دستورالعمل مندرج در مقالات دیگر انتخاب شد (۷). عدد به‌دست آمده وزن خشک را به ما نشان داد. سپس صدف‌ها به کوره انتقال داده شد در دمای ۷۰۰ درجه سلسیوس کلیه مواد آلی آن سوزانده شود. خاکستر به‌دست آمده وزن شده و از وزن خشک به‌دست آمده در قبل کسر گردید. بدین‌ترتیب وزن خشک بدون خاکستر به‌دست آمد. در این تحقیق با تقسیم نتایج به‌دست آمده برروی این وزن، اثر بزرگی و کوچکی صدف‌ها از آزمایشات حذف می‌گردد.

ه) انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل داده‌ها: وزن خشک بدون خاکستر که مبنای محاسبات می‌باشد از رابطه زیر حاصل می‌شود:

وزن خاکستر- وزن خشک = وزن خشک بدون خاکستر

نرخ فیلتراسیون یا عدد پالایش از رابطه Jorgensen (۸) به‌دست می‌آید:

$$V_w = V \times \frac{Ln(Ct_0) - Ln(Ct_n)}{t \times w}$$

که در آن:

V_w: میزان فیلتراسیون بر حسب $ml.min^{-1}.g^{-1}$ (میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک بدون خاکستر)

V: حجم ظرف برحسب میلی‌لیتر

Cto: غلظت مواد آلاینده در زمان صفر (میلی‌گرم بر لیتر)

Ct_n: غلظت مواد آلاینده در پایان آزمایش (میلی‌گرم بر لیتر)

t: زمان آزمایش برحسب دقیقه

w: وزن جانور براساس وزن خشک بدون خاکستر برحسب گرم

عدد پالایش به ازای وزن خشک بدون خاکستر (AFDW) محاسبه شد.

برای محاسبه نرخ جذب نیتروژن و فسفر، از فرمول زیر استفاده شد (۸).

$$A_w = 100 \times \frac{(Ct_0) - (Ct_n)}{t \times w}$$

آنالیز آماری از طریق مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون t (واریانس همگن) با احتمال حداقل ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج

الف) بررسی میزان پالایش (نرخ فیلتراسیون) نیتروژن از محیط توسط صدف آنودونتا: نرخ پالایش صدف در هر سه تیمار در جدول ۲ آمده است و در هر سه تیمار با گذشت زمان از پالایش نیتروژن توسط صدف کاسته شده است.

جدول ۲- رابطه بین تیمارها و نرخ پالایش (واحد نرخ فیلتراسیون برحسب میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک می‌باشد)

تیمارها		دفعات نمونه‌برداری		
غلظت اولیه		بار اول (a)	بار دوم (b)	بار سوم (c)
(t3) ۲۰۰/۰۱	میانگین	۸/۲۷	۸/۰۳	۷/۹۱
	انحراف معیار	±۰/۰٦	±۰/۰۸	±۰/۰۹
(t2) ۱۰۰/۰٤	میانگین	۷/٤	۷/۰۹	٦/۹٦
	انحراف معیار	±۰/۱۲	±۰/۱۹	±۰/۲۳
(t1) ۸۰/۰۲	میانگین	٦/۷۱	٦/٤٤	٦/٤٤
	انحراف معیار	±۰/۱٤	±۰/۳	±۰/۲۳

همان‌طور که از جدول ۲ نیز بر می‌آید با گذشت زمان از نرخ پالایش نیتروژن توسط صدف کاسته شد به‌طوری‌که در تیمار اول و در بار اول نمونه‌برداری از ٦/٧١ ±٠/١٤ به ٦/٤٤ ±٠/٣ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در بار دوم و سوم نمونه‌برداری رسید. در تیمار دوم از ٧/٤ ±٠/١٢ میلی‌لیتر در بار اول به ٠/١٩ ±٧/٠٩ و٠/٢٣± ٦/٩٦ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در نوبت‌های دوم و سوم نمونه‌برداری رسید و در تیمار سوم از ٨/٢٧ ±٠/٠٦ به ٨/٠٣ ±٠/٠٨ و ٧/٩١ ±٠/٠٩ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک کاهش نشان داد. بین دفعات نمونه‌برداری در هر سه تیمار با وجود اختلافات جزئی این اختلافات معنی‌دار نبودند (a به b: $P>$ ٠/٠٥، t=٠/٠٠ ؛ b به c: $P>$٠/٠٥، t=٠/٠٠) بین تیمارها اختلافاتی وجود داشت که این اختلافات معنی‌دار بودند. (t_1) به (t_2): t =٨/٠١, $P<$٠/٠٥؛ (t_2) به (t_3): t=١٠/٩٨ $P<$٠/٠٥) با افزایش غلظت از ٨٠/٠٢ به ٢٠٠/٠١ میلی‌گرم بر لیتر نرخ پالایش از٠/٠٣±٦/٥٣ به ٠/٠٥±٨/٠٦ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک رسید. می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش غلظت نیتروژن، نرخ پالایش افزایش می‌یابد و رابطه مستقیمی بین آنها وجود دارد.

جدول ۳- میانگین غلظت‌های خروجی و درصد جذب شده نیتروژن در سه تیمار (واحد غلظت اولیه و خروجی برحسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد)

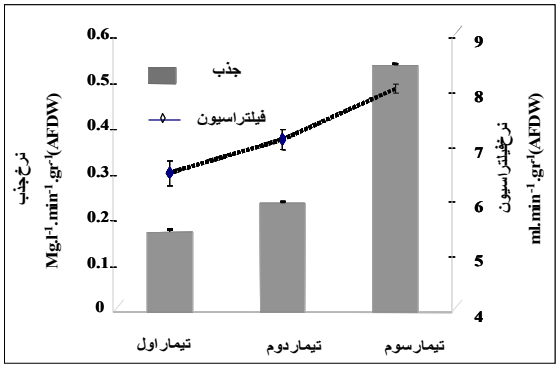
تیمارها		دفعات نمونه‌برداری					
غلظت اولیه		بار اول (a)	درصد جذب شده	بار دوم(b)	درصد جذب شده	بار سوم (c)	درصد جذب شده
(t_3)٢٠٠/٠١	میانگین	**١٦٣/٤٤**	١٨ درصد	**١٤٨/٧٩**	١١ درصد	**١٣٩/٦٤**	٩ درصد
	انحراف معیار	±٠/٥٦		±٠/٥٧		±٠/٥٥	
(t_2)١٠٠/٠٤	میانگین	**٨٣/٥**	١٦/٥ درصد	**٧٥/٠٣**	١٠ درصد	**٦٧/٩٨**	٨ درصد
	انحراف معیار	±٠/٣٨		±٠/٤٧		±٠/٤٩	
(t_1)٨٠/٠٢	میانگین	**٦٧/٩٢**	١٥ درصد	**٦٠/٦٩**	١٠ درصد	**٥٦/٠٩**	٧ درصد
	انحراف معیار	±٠/٣٣		±٠/٥٣		±٠/٣٩	

با توجه به جدول ۳، با گذشت زمان در هر سه تیمار، درصد جذب نیتروژن توسط صدف آنودونتا کاسته شده است به‌طوری‌که در تیمار اول و در نمونه‌برداری اول، غلظت اولیه نیتروژن از ٨٠/٠٢ به ٠/٣٣±٦٧/٩٢ میلی‌گرم بر لیتر رسید و در نمونه‌برداری دوم از ٧١/٠٣ به ٠/٥٣±٦٠/٦٩ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری سوم از ٦٥/٦٤ به ٠/٣٩±٥٦/٠٩ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت. در تیمار دوم و در نمونه‌برداری اول، غلظت اولیه نیتروژن از ١٠٠/٠٤ به ٠/٣٨±٨٣/٥ میلی‌گرم بر لیتر، در نمونه‌برداری دوم از ٨٩/٢٢ به ٠/٤٧±٧٥/٠٣ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری سوم از ٨٠/٥٧ به ٠/٤٩±٦٧/٩٨ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در تیمار سوم و در نمونه‌برداری اول غلظت اولیه نیتروژن از ٢٠٠/٠١ به ٠/٥٦±١٦٣/٤٤ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری دوم از١٨١/٠٣ به ٠/٥٧±١٤٨/٧٩ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری سوم از ١٦٩/٣٧ به٠/٥٥±١٣٩/٦٤ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در بین دفعات نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. (a به b: $P>$ ٠/٠٥، t=٠/٠٠ ؛ b به c: $P>$٠/٠٥، t=٠/٠٢) در بین تیمارها اختلافات معنی‌داری مشاهده شد. (t_1) به (t_2): $P<$٠/٠٥ ,t=٤/٦٣ (t_2) به (t_3): t =١٨/١٧، $P<$٠/٠٥) با افزایش غلظت از ٨٠/٠٢ به ٢٠٠/٠١ میلی‌گرم بر لیتر درصد جذب نیتروژن از ١٥ درصد به ١٨ درصد رسید و به‌نظر می‌رسد که هر چه غلظت نیتروژن در محیط بیشتر باشد، فعالیت صدف‌ها برای جذب آنها بیشتر می‌شود.

با توجه به شکل ۳ می‌توان مشاهده کرد که با افزایش غلظت نیتروژن، نرخ پالایش و نرخ جذب افزایش یافته است، به گونه‌ای که نرخ پالایش در تیمار اول از ٠/٠٥

±٦/٥٣ به ۰/۰۳± ۷/۱۵ در تیمار دوم و ۰/۰۱± ۸/۰۷ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم افزایش داشته و نرخ جذب از ۰/۰۱±۰/۱۷ در تیمار اول به ۰/۰۱±۰/۲۳ در تیمار دوم و۰/۰۱±۰/۵۳ میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسیده است.

ب) بررسی میزان پالایش (نرخ فیلتراسیون) فسفر از محیط توسط صدف آنودونتا: نتایج مربوط به نرخ پالایش فسفر توسط صدف آنودونتا در جدول ٤ آورده شده است.



شکل ۳- نمودار تغییرات نرخ پالایش و نرخ جذب نیتروژن در سه تیمار

جدول ٤- رابطه بین تیمارها و نرخ پالایش (واحد نرخ فیلتراسیون برحسب میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک می‌باشد)

تیمارها		دفعات نمونه‌برداری		
غلظت اولیه		بار اول (a)	بار دوم (b)	بار سوم (c)
(t3)٦۰/۰۵	میانگین	۷/۹٤	۷/۵۲	۷/۲۹
	انحراف معیار	±۰/۲۲	±۰/۲۳	±۰/۱۳
(t2)٤۰/۰۹	میانگین	۷/۰٦	٦/۵۲	۵/۹۲
	انحراف معیار	±۰/۲۱	±۰/۲۵	±۰/۳۱
(t1)۲۰/۰۳	میانگین	٦/٤٤	۵/۸۵	٤/۵
	انحراف معیار	±۰/۲۷	±۰/۷۵	±۰/۸۳

همان‌طور که در جدول ٤ مشاهده می‌شود در هر سه تیمار با گذشت زمان از نرخ پالایش فسفر توسط صدف آنودونتا کاسته شده است، به‌طوری‌که در تیمار اول و در بار اول نمونه‌برداری ۰/۲۷ ±٦/٤٤ بود که در نمونه‌برداری دوم به ۰/۷۵±۵/۸۵ رسید و در نمونه‌برداری سوم به ۰/۸۳±٤/۵ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک کاهش یافت. در تیمار دوم از ۰/۲۱±۷/۰٦ در نمونه‌برداری اول به ۰/۲۵±٦/۵۲ در نمونه‌برداری دوم و۰/۳۱±۵/۹۲ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در بار سوم نمونه‌برداری رسید. در تیمار سوم نیز همانند تیمارهای قبلی روند کاهشی داشته و از ۰/۲۲±۷/۹٤ در نمونه‌برداری اول به ۰/۲۳±۷/۵۲ در نمونه‌برداری دوم و ۰/۱۳± ۷/۲۹ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در نمونه‌برداری سوم رسید. در بین دفعات نمونه‌برداری با وجود اختلافات جزئی این اختلافات معنی‌دار نبودند. (a به b: $P>0/05$، $t=0/00$ ؛b به c: $P>0/05$، $t=0/00$) بین تیمارها اختلافاتی وجود داشت که این اختلافات معنی‌دار بودند. (t_1) به (t_2): $P<0/05$، $t=5/16$:(t_3) به (t_2), $t=2/72$ $P<0/05$) با افزایش غلظت فسفر از ۲۰/۰۳ به ٦۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر، نرخ پالایش آن توسط صدف آنودنتا از ۰/۰۱±۵/٦۱ به ۰/۰۹±۷/۵۸ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک رسید. این امر نشان دهنده این موضوع است که با افزایش غلظت فسفر، نرخ پالایش نیز افزایش یافته و با آن رابطه مستقیمی دارد.

همان‌طور که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌شود، با گذشت زمان در هر سه تیمار از کاهش در غلظت فسفر توسط صدف‌ها کاسته شده به‌طوری‌که در تیمار اول در

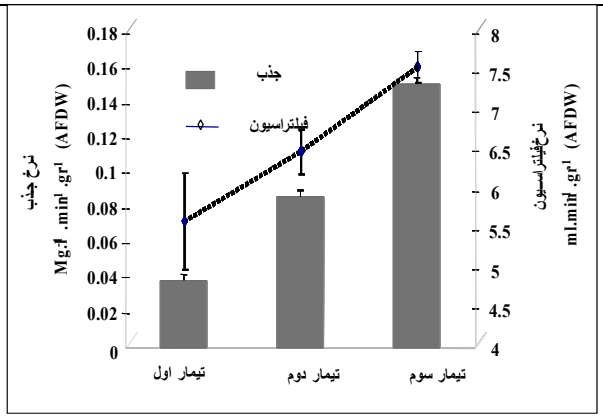
نمونه‌برداری اول، غلظت اولیه ۲۰/۰۳ به ۱۷/۱۱±۰/۱۳ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت و در نمونه‌برداری دوم، غلظت فسفر از ۱۸/۰۵ به ۱۵/٦٤±۰/۳۱ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری سوم از۱٦/۰٦ به ۱٤/۳۷±۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در تیمار دوم و در بار اول نمونه‌برداری، غلظت اولیه ٤۰/۰۹ به۳۳/۷٤±۰/۲۲ میلی‌گرم بر لیتر رسیده و در نمونه‌برداری دوم غلظت فسفر از ۳٦/۲٦ به ۳۰/۹۲±۰/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت و در بار سوم نمونه‌برداری از ۳۱/۸۹ به ۲۷/٦±۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در تیمار سوم و در نوبت اول نمونه‌برداری، غلظت اولیه فسفر از ٦۰/۰۵ به ۰/۳٦ ± ٤٦/ ٤۹ میلی‌گرم بر لیتر رسیده و در نوبت دوم نمونه‌برداری، غلظت فسفر از ٥٤/٥۳ به ٤٥/۳۸±۰/۳٤ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت و در نوبت سوم نمونه‌برداری غلظت اولیه فسفر از ٤۹/۲۷ به ٤۱/۲۳±۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر رسید. طبق جدول ٥ اختلافاتی بین غلظت‌های خروجی بین تیمارها و دفعات نمونه‌برداری وجود داشت که این اختلافات در بین تیمارها معنی‌دار بود. (a به b: P>۰/۰۵، t=۰/۰۱ ؛b به c: (t_1) به (t_2): t=۰/۰۰، P>۰/۰۵) (t_2), t=۱۵/٤٦ P<۰/۰۵ به (t_3): t =۹/۹۸، P<۰/۰۵).

با توجه به شکل شماره ٤ مشاهده شد که با افزایش در غلظت فسفر، نرخ پالایش و جذب آن افزایش یافته است، به‌طوری‌که در تیمار اول، نرخ پالایش از ۰/۰٦±۵/۱٦ به ۰/۰٤±٦/۵ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار دوم رسید و در تیمار سوم نیز این میزان به ۰/۰۲±۷/۵۸ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک افزایش یافت. در مورد نرخ جذب نیز وضع به همین منوال می‌بود و از ۰/۰۱± ۰/۰۳ در تیمار اول به ۰/۰۱±۰/۰۸ در تیمار دوم و به ۰/۰۱±۰/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسید.

در مخزن شاهد که در آن مطابق مراحل عبور و توقف در ظروف حاوی صدف آب جاری یا متوقف می‌شد، هیچ‌گونه اختلافی در ورودی و خروجی مشاهده نگردید. این مطلب مؤید این است که فسفر و نیتروژن جذب دیواره‌ها نشده و در ظرف دارای موجود زنده تماماً جذب صدف گردیده‌اند.

جدول ٥- میانگین غلظت‌های خروجی و درصد جذب شده فسفر در سه تیمار (واحد غلظت اولیه و خروجی برحسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد)

تیمارها		دفعات نمونه‌برداری					
غلظت اولیه		بار اول (a)	درصد جذب شده	بار دوم (b)	درصد جذب شده	بار سوم (c)	درصد جذب شده
(t_3)٦۰/۰٥	میانگین	٤۹/٤٦	٪۱۷/٥	٤٥/۳۸	٪۱۰	٤۱/۲۳	٪۹
	انحراف معیار	±۰/۳٦		±۰/۳٤		±۰/۲	
(t_2)٤۰/۰۹	میانگین	۳۳/۷٤	٪۱٦	۳۰/۹۲	٪۹	۲۷/٦	٪۷
	انحراف معیار	±۰/۲۲		±۰/۲۳		±۰/۳	
(t_1)۲۰/۰۳	میانگین	۱۷/۱۱	٪۱٤/٥	۱٥/٦٤	٪۸	۱٤/۳۷	٪٦/٥
	انحراف معیار	±۰/۱۳		±۰/۳۱		±۰/۳	



شکل ٤- نمودارتغییرات نرخ پالایش و جذب فسفر در هر سه تیمار

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه یکی از روش‌های بسیار مؤثر و رایج برای حذف مواد محلول و به‌خصوص ترکیبات نیتروژنه و فسفاته، استفاده از فیلترهای زیستی می‌باشد. ایده استفاده از نرم‌تنان آب شیرین برای پالایش مواد غذایی از پساب در سال ۱۹۶۲ توسط Guillard و Ryther مطرح شد. فیلتراسیون مواد از آب یکی از خصوصیات ذاتی هر گونه نرمتن می‌باشد. جهت تعیین نرخ فیلتراسیون از کاهش نمایی ذرات (یعنی اختلاف غلظت نیتروژن و فسفر ورودی و خروجی هر ظرف) استفاده گردید. بر طبق نتایج به‌دست آمده در مورد پالایش نیتروژن توسط صدف آنودونتا، نرخ پالایش در هر سه تیمار با گذشت زمان کاهش یافت، به‌طوری‌که در تیمار اول از ٦/٧١±٠/١٤ به ٦/٤٤±٠/٣، در تیمار دوم از ٧/٤±٠/١٢ به ٦/٩٦±٠/٢٣ و در تیمار سوم از ٨/٢٧±٠/٠٦ به ٧/٩١±٠/٠٩ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک رسید. این نتایج به دو علت یکی کاهش تقاضای صدف نسبت به مواد موجود با گذشت زمان و دیگری کاهش غلظت اولیه مواد می‌باشد که نتایج به‌دست آمده در این بررسی گواه این موضوع است. بدن موجود زنده از جمله صدف‌ها برای هر ماده‌ای ظرفیت خاصی دارند و در ابتدا نیاز آنها زیاد و بعد از گذشت زمان از نیاز آنها به این مواد کاسته می‌شود، زیرا در بدن آنها یک سیستم خودتنظیمی منفی وجود دارد و صدف را وادار به جذب نکردن می‌کند و صدف به آن مواد واکنش منفی (پالایش نکردن) نشان می‌دهد (٨). بدیهی است بخشی از موادی که به‌صورت غیرانتخابی جذب شده‌اند وارد سوخت و ساز جانور شده و بقیه آن طی مراحل دیگری دفع خواهند شد. این مورد در مطالعه حاضر مورد اندازه‌گیری قرار نگرفته است.

نرخ پالایش نیتروژن در بین تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد و از ٦/٥٣±٠/٠٣ در تیمار اول به ٨/٠٧±٠/٠٥ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسید. بنابراین با افزایش غلظت نیتروژن در محیط، پالایش آنها افزایش می‌یابد.

مطالعاتی که روی صدف آنودونتا سیگنهآ در سال ۱۳۸۵ انجام شده نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین افزایش غلظت نیتروژن و نرخ پالایش آن توسط صدف وجود دارد (٢). همچنین نتایج ما تحقیق حاضر با نتایج به‌دست آمده در مورد کراسوسترا ورجینیکا (*Crassostrea Virginia*) در سال ۲۰۰۳ مطابقت دارد (١٢). مطالعاتی در مورد صدف کوربیکولا جاپونیکا[٤] صورت گرفته، نشان می‌دهد که این‌گونه می‌تواند ۸۷ درصد نیتروژن موجود در محیط را هنگامی‌که یوتریفیکاسیون رخ می‌دهد، جذب نماید و باعث کاهش بار آلی محیط شود (٩).

نتایج به‌دست آمده در مورد کاهش غلظت فسفر توسط صدف آنودونتا مؤید این مطلب است که در اینجا نیز، در هر سه تیمار به مرور زمان، نرخ پالایش فسفر کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که از٦/٤٤±٠/٢٧ به ٤/٥±٠/٨٣ در تیمار اول، از ٧/٠٦ ±٠/٢١ به ٥/٩٢±٠/٣١ در تیمار دوم و از ٧/٩٤±٠/٢٢ به ٧/٢٩±٠/١٣ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسیده است. درصد جذب فسفر و نرخ پالایش در بین تکرارها اختلاف معنی‌داری ندارند ولی اختلافات موجود بین تیمارها معنی‌دار بوده و رابطه مستقیمی بین آنها و افزایش غلظت فسفر وجود دارد (٢ و ١٢).

با مقایسه بین نرخ پالایش و درصد جذب نیتروژن و فسفر در این صدف مشخص می‌شود که نرخ پالایش و درصد جذب نیتروژن بیشتر از فسفر بوده است. تحقیقات انجام شده روی صدف دریسنا پلی‌مورفا (*Dreissena polymorpha*) در دریاچه پولیش (Polish) نشان می‌دهد که این صدف بر چرخه و غلظت نیتروژن و فسفر در ستون آب اثر می‌گذارد و ٥٠ تا ٨٠ درصد از نیتروژن و ٤٠ درصد فسفر را فیلتر می‌نماید (٦). تحقیقات انجام شده بر روی صدف کوربیکولا جاپونیکا (*Corbicula japonica*) مؤید این مطلب است و نشان می‌دهد که این صدف می‌تواند ۸۷ درصد از نیتروژن و ٦٠ درصد از فسفر را از توده آب جذب کند (٩).

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق که حاکی از دارا بودن توانایی نسبتاً خوب تصفیه‌ای این صدف است، می‌توان از آن جهت کنترل زیستی و کاهش بار آلودگی ترکیبات نیتروژنه و فسفاته در دریاچه‌های یوتروف، استخرها و سیستم‌های فاضلاب استفاده کرد. این مطالعات همچنین خاطر نشان می‌سازند که قدرت جذب آلاینده توسط صدف آنودونتا سیگنه آ محدود بوده و ممکن است دامنه تحمل آن نیز در شرائط آلودگی بسیار بالا کاهش یابد. به هر حال نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند که می‌توان جوامعی از صدف را برای پالایش ابتدایی و به‌صورت کاربردی در پساب‌های سبک مورد استفاده قرار داد. برای دستیابی به نتایج بهتر پیشنهاد می‌گردد تحقیقاتی در مورد نرخ فیلتراسیون این‌گونه مواد آلاینده توسط گونه‌های دیگر، با غلظت‌های مختلف و همچنین تغییر فاکتورهای دیگر از جمله درجه حرارت صورت گیرد.

منابع

۱- جوانشیر، آ.، جندقی، م.، ۱۳۸۵. بررسی قابلیت صدف دوکفه‌ای *Anodonta cygnea* و جلبک‌های *Chlorella* sp. و *Scenedesmus* sp. در جذب فسفات و نیترات محلول در فاضلاب (در سیستم بسته). فصلنامه محیط زیست، زمستان ۸۵. صفحات ٤٥ تا ٥٣.

۲- جندقی، م.، ۱۳۸۵. بررسی توانایی صدف *Anodonta cygnea* در کاهش غلظت فسفات و نیترات در فاضلاب شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات: صفحات ٦٠ تا ٦٢.

۳- روشن‌طبری، م.، ۱۳۷۹. گزارش هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و هیدروشیمی آب‌های ساحلی ایران. حوضه جنوبی دریای خزر، انتشارات مرکز تحقیقات شیلاتی دریای مازندران. گزارش طرح. ۸۰ صفحه.

٤- غنی‌زاده‌اردی، ق.، ۱۳۷۸. بررسی حذف مواد آلی و مغذی از فاصلاب شهری در راکتور ناپیوسته متوالی و محیط گرانول کربن فعال. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. صفحات ۱۳ تا ۱۵.

5-Guillard R, R.L., and Ryther, J.H., 1962. Studies of marine planktonic diatoms. Can.J. Microbiol. 8: 229-239.

6-Holland, R.E., Gohengen, T.H., and Beeton, A.M., 1995. Trends in Nutrient Concentrations in Hatchery Bay, Western Lake Erie, before and after *Dreissena polymorpha*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1202-1209.

7-Javanshir, A., 2001. Influence of Labratrema minimus (Trematoda: Digenea) on filtration rate performance of edible cookle Cerastoderma edule in the extreme temperature & salinity conditions (An Invitro Experiment). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 3: 73-94.

8-JØrgensen, C.B., 1990. Bivalve filter feeding: hydrodynamics, bioenergetics, physiology and ecology. Olsen & Olsen, Fredensborg, 140p.

9-Kerciku, F., Nakamura, Y., and Tetsunori, I., 1999. Metabolism rate of *Corbicula japonica* and its significant in material cycling in a Brackish lake. Kyushu University, Hakozaki 6-10-1 Fukuoka.

10-Kiibus, M., and Kautsky, N., 1996. Respiration, nutrient excretion and filtration rate of tropical freshwater mussels and energy flow in Lake Karib. Zimbabwe Dep. Ecol. Hydro. Stock. Uni. Vol. 30:128-130.

11-Lie, J., 1993. Estimation of filtration rate of Zebra mussel. Published by the zebra mussel research program, pp: 1-3.

12-Mugg Pietros, J., and Rice, M.A., 2003. The impacts of aquacultured oyster, *Crassostrea virginica* on water column nitrogen and sedimentation: results of a mesocosm study. Elsevier Science. Aquaculture 220: 407-422.

13-Tran, D., P., Ciutat, A., Durrieu, G., Massabuau, J.C., 2003. Estimation of potential and limit of bivalve closure response to detect contamination: application to cadmium. Environ. Toxical. Chem. 22: 116-122.

Study of Capability of *Anodonta cygnea* in Absorption of Nitrogen and Phosphorus Compounds at Recirculation System

***L. Sarikhani[1], A. Javanshir[2], Gh. Rafiee[2] and M. Ounnagh**
[1]M.Sc. Graduated in Fisheries, College of Natural Resources, Tehran University,
[2]Assistant Prof., College of Natural Resources, Tehran University,
[3]M.Sc. Student of Organic Chemistry, Islamic Azad University, Karaj Branch

Abstract

In this study the filtration rate of nitrogen and phosphorus components by Swan mussel *Anodonta cygnea* in a recirculation system was investigated. The system was built of a 100 liters main tank and 4 recipients of 2.5 liters each (One of these as control) and one tank for returnin of water. Three treatments of different concentrations of nitrogen (80, 100 and 200 mg/l) and phosphorus (20, 40 and 60mg/l) separately were examined. In all treatments, sampling was repeated 3 times. Results showed that in three treatments during thise time, the filtration rates were reduced. Also an increase in Nitrogen concentration caused filtration rates to be increased. Filtration rates in the first treatment increased from 6.53±0/03 to 7.15±0/02 and then to 8.07±0/05 ml. $min^{-1}.gr^{-1}$ AFDW from the first to the third treatment respectively. The filtration rates in phosphorus treatment has also increased when the concentration increased. This has been changed from 5.61±0/01 to 6.5±0/04 and 7.58±0/09 ml. min^{-1}. gr^{-1} AFDW from first to third treatment. Results of filtration rate of nitrogen and phosphorus showed that the performance of *Anodonta cygnea* in the absorption of nitrogen and phosphorus components, is appropriate.

Keywords: *Anodonta cygnea*; Biologic purification waste water; Phosphorus absorption; Filtration rate

*- Corresponding Author; E-mail: lsarikhani@yahoo.com