Archive of SID

محیط شناسی، سال سی و ششم، شمارهٔ ۵۵ ، پاییز ۸۹، صفحهٔ ۱۱۹-۱۲۶

ارزیابی عملکرد دوکفه‌ای (*Anodonta cygnea*) در فیلتراسیون ترکیبات نیتروژن و فسفر

لالیک ساریخانی[۱]، آرش جوانشیر [۲]

۱-کارشناس ارشد شیلات، مرکز تحقیقات شیلات استان گلستان

۲-استادیار دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران arashjavanshir@hotmail.com

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲ تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۱۶

چکیده

در این تحقیق نرخ فیلتراسیون ترکیبات نیتروژنه و فسفاته آب در صدف آنودونتا سیگنهآ در سیستم مداربسته‌ای ارزیابی شد. این سیستم از یک مخزن اصلی ۱۰۰ لیتری و چهار مخزن ۲/۵ لیتری برای قرار گرفتن صدف‌ها (یکی از آنها به عنوان شاهد) و یک مخزن ۵۰ لیتری برای برگشت آب تشکیل شد. در این تحقیق سه تیمار مختلف نیتروژن (۸۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و فسفر (۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) به صورت مجزا مورد آزمایش قرار گرفتند. روش کار سیستم به این صورت بود که صدف‌ها و آب احاطه‌کننده آنها در دوره‌های زمانی ۳۰ دقیقه‌ای بازدید و نمونه‌برداری می‌شدند. در صورتی‌که بین هر دو دوره ۳۰ دقیقه‌ای و در طول ۱۲۰ دقیقه در جریان گردشی، پالایش طبیعی خود را انجام می‌دادند. 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 با صدف افزایش یافت، به‌طوری که نرخ فیلتراسیون از ۶/۵۳ در تیمار اول به ۷/۱۵ در تیمار دوم و ۸/۰۷ 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 به‌طوری که نرخ فیلتراسیون از ۵/۶۱ در تیمار اول به ۶/۵ در تیمار دوم و به ۷/۵۸ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسید. با مقایسهٔ نتایج فیلتراسیون نیتروژن و فسفر می‌توان نتیجه گرفت که کارایی آنودونتا سیگنهآ در جذب ترکیبات نیتروژنی احتمالاً بیشتر از ترکیبات فسفاته است.

کلید واژه

نرخ فیلتراسیون، جذب فسفر، آنودونتا سیگنه آ، تصفیه زیستی فاضلاب

سرآغاز

تأمین آب رکن اساسی توسعه است که مستقیماً سلامت، اقتصاد و اشتغال را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آنچه مورد توجه است تولید ضایعات و فضولات ناشی از مصرف آب برای تأمین نیازهای جامعهٔ بشری و به دنبال آن آلودگی منابع آبی در دسترس انسان است. در میان آلاینده‌های مختلف، عناصر مغذی (نیتروژن و فسفر) به دلیل 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 است. لکن پس از تصفیهٔ این آبها، تمامی نیتروژن و فسفر جدا نمی‌شوند. 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 (غنی‌زاده اردی، ۱۳۷۸). 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 به عنوان فیلتر زیستی به صورت وسیع مورد مطالعه قرار می‌گیرد. نظریهٔ استفاده از نرم‌تنان آب شیرین و جلبک‌های کشت داده شده برای پالایش مواد غذایی موجود در فاضلاب را در سال ۱۹۶۲ مطرح کردند (Guillard & Ryther, 1962). دوکفه‌ای‌ها از لحاظ اکولوژیک علاوه بر داشتن جایگاه ویژه در زنجیرهٔ غذایی، نقش بسزایی در چرخهٔ غذایی سایر آبزیان ایفا می‌کنند. این موجودات شاخص زیستی اکوسیستم‌های آبی محسوب شده و قادرند آلودگی‌های نفتی، فلزات سنگین، مواد

نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۱۱۷۵۱۱۸۵

E-Mail: lsarikhani@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

رادیواکتیو و غیره را از محیط جمع‌آوری کرده و موجب پاکیزگی و سلامتی نسبی محیط آبی شوند (Lie, 1993).

دوکفه‌ای آنودونتا سیگنهآ در بسیاری از رودخانه‌ها، برخی دریاچه‌ها و قسمت‌هایی با شوری کم از ورودی‌های دریا زیست می‌کنند و از گونه‌های نرم‌تن شاخص در حوضه دریای خزر است. این دوکفه‌ای‌ها از جمله بی‌مهرگان صافی کننده هستند که در محیط آبی، ذرات آلی غذایی را از طریق فیلتر کردن از آب جدا و سپس معدنی (مصرف مواد آلی و دفع به صورت مواد مغذی) می‌کنند. در نتیجه مواد غذایی مورد نیاز تولیدات اولیه را مهیا می‌سازند (Kiibus & Kautsky, 1996). در عین حال با توجه به نوسان‌های 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 غیر فعال جذب کنند (Jorgensen, 1990).

با توجه به این‌که در دوکفه‌ای‌ها عمل فیلتراسیون انجام می‌شود، در صورتی که در محیط زیست آنها مواد آلاینده وجود داشته باشد، این مواد با انجام عمل فیلتراسیون وارد بافت‌ها می‌شود و بدین ترتیب عمل حذف آلاینده‌ها از محیط آبی انجام می‌گیرد (Tran, et al., 2003) بنابراین محاسبهٔ میزان تصفیه آنها می‌تواند حایز اهمیت باشد.

به دلیل تأثیرات مختلف این جانوران در محیط آبی و استفاده بهینه از آنها، به‌نظر می‌رسد بررسی مقدماتی برای تعیین میزان فیلتراسیون نیتروژن و فسفر آنها به‌نحوی‌که نقش این موجودات را در آبهای آلوده روشن کند لازم باشد. شایان 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 به وسیلهٔ آنودونتا، به علت خاصیت جذب این مواد با جلبک‌ها معلوم نشد (جندقی، ۱۳۸۵). در این تحقیق با الهام از دو ماده آلاینده که بیشترین فرکانس را در محیط‌های آلوده دارند، عملکرد صدف‌های آنودونتا در فیلتراسیون آنها بررسی شد.

مواد و روش بررسی

مراحل انجام این تحقیق به صورت زیربود:

الف) تهیهٔ سیستم آزمایش ب) تهیهٔ صدف ج) اندازه‌گیری میزان حذف مواد آلاینده د) خشک کردن، وزن کردن و سوزاندن صدف‌ها ه) تجزیه و تحلیل داده‌ها

الف) تهیه سیستم آزمایش

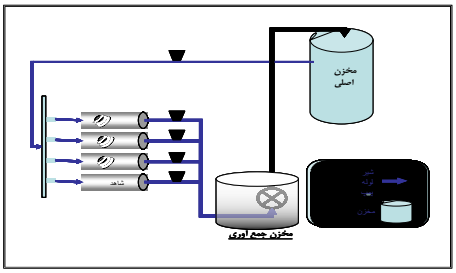
واحد آزمایش (شکل شمارهٔ ۱) از یک مخزن اصلی با گنجایش ۱۰۰ لیتر و سه مخزن برای قرار گرفتن صدف‌ها و یک مخزن به عنوان شاهد، هر کدام به گنجایش ۲/۵ لیتر و یک مخزن برای جمع آوری آب خروجی از ۴ مخزن و برگشت آن به مخزن اصلی، تشکیل شد. آب ابتدا از مخزن اصلی خارج شده و از طریق لوله پلی‌اتیلن وارد ۴ مخزن شد و پس از خارج شدن از آنها با مخزن جمع آوری، 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 ۴ مخزن، در ورودی و همچنین 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 ۴ 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 به میزان زیادی به دمای آب بستگی دارد، در تمامی آزمایش‌ها تقریباً ثابت و برابر با (۹/۲ میلی‌گرم بر لیتر) بود. در این آزمایش صدف‌های آنودونتا درسه گروه تقریباً هم اندازه (۱±۱۴ سانتیمتر) ، به تعداد ۱ عدد در هر تکرار قرار گرفتند. ابتدا شیرهای خروجی موجود در ۴ مخزن بسته و شیر اصلی باز و نمونه‌برداری برای تعیین غلظت اولیه انجام گرفت. پس از پر شدن ۴ مخزن، شیر اصلی بسته شد و به مدت ۳۰ دقیقه جریان در سیستم متوقف بود تا صدف‌ها زمان کافی برای پالایش داشته باشند. این زمان از زمان عبور لقمه غذایی از لوله گوارش[1] که در مطالعات قبلی ۴۰ دقیقه به‌دست آمده بود کوتاهتر است (جوانشیر و جندقی، ۱۳۸۵). در پایان این زمان شیرهای خروجی باز شده و غلظت‌های ثانویه از ۴ مخزن نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری در محفظهٔ ۳۰ میلی‌لیتری از جنس پلی‌اتیلن صورت پذیرفت.

در این زمان شیر اصلی باز شده و پمپ آب به برق وصل شد تا جریان به مدت ۱۲۰ دقیقه برقرار شود. این زمان مورد نیاز است تا کل مادهٔ آلاینده در درون ظرف ۲/۵ لیتری به‌طور کامل تخلیه شود. پس از گذشت این زمان مراحل قبلی دو بار تکرار شد. در این سازگان آب همراه آلاینده از مخزن اصلی در داخل ظروف حاوی صدف تخلیه شده و پس از خروج وارد مخزن جمع‌آوری می‌شود. این پساب جمع‌آوری

www.SID.ir

Archive of SID

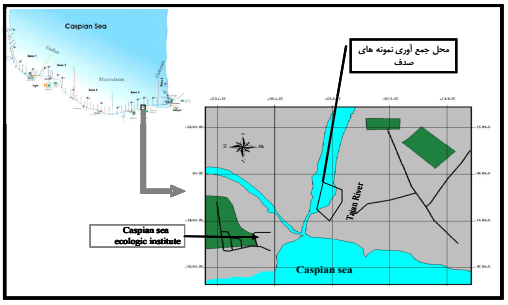
شده سپس با پمپاژ دوباره به مخزن اصلی انتقال مـی‌یابـد. شـیرهای اتصالی امکان توقف و عبور را در سازگان فراهم می‌آورند.



شکل شمارهٔ (۱): شمایی از سازگان طراحی شده آزمایشی

ب) تهیهٔ صدف

صدف‌های مورد مطالعه از حاشیهٔ رودخانهٔ تجـن (شـکل شـمارهٔ ۲) در محل دهانهٔ ایـن رودخانـه جمع‌آوری و پـس از قـرار دادن در یخدان با حفاظت ویژه به آزمایشگاه منتقل شد. به منظوراز بین بردن استرس‌های ناشی از حمل و نقل، گروه صدف‌ها یک دوره سـازگاری ۱۰ روزه را در داخل مخزنی طی کردند که از قبل برای آنهـا آمـاده و هوادهی شـده بـود. آب مخـزن در دورهٔ سـازگاری هـوادهی شـده و جریان ملایمی در آن وجود داشته است. صدف‌ها در این دوره تغذیـه نشده و برای شروع آزمایش‌ها آماده شدند.



شکل شمارهٔ (۲): محل نمونه برداری صدف آنودونتا

ج) اندازه‌گیری میزان حذف مواد آلاینده

در این بخش سعی شد میزان حذف دو آلاینده نیتروژن و فـسفر با صدف اندازه‌گیری و مطالعه شود. به منظور حذف آثار متقابـل بـین عناصر معدنی فـسفر و نیتـروژن، هـر کـدام از ایـن دو عنـصر بطـور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش ۳ تیمار با ۳ تکـرار طراحی شد که تیمارها با توجه بـه مـرور منـابع شـامل سـه غلظـت مختلف از نیتروژن (۸۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتـر) و سـه غلظـت متفاوت از فـسفر (۲۰ ، ۴۰ و ۶۰ میلـی‌گـرم بـر لیتـر) انتخـاب شـد. همچنین حدهای بالا و پایین این آلاینده‌ها نزدیک بـه غلظـت‌هـایی است که در محیط طبیعی رودخانـه تجـن در طـول سـال مخـصوصا در فصل تابستان که میزان ورودی آب رودخانه پایین است، اتفاق می‌افتنـد (روشن طبری، ۱۳۷۹) برای ایجاد غلظت‌های مختلف نیتـروژن و فـسفر به ترتیب از نمک اوره ($CO(NH_2)_2$) (اوره یـک ترکیـب آلـی اسـت ولـی نمـک اوره یـک ترکیـب معـدنی و قابـل حـل در آب اسـت) و K_2HPO_4 استفاده شد که مقادیر آن در جدول شـمارهٔ (۱) آورده شـده است. طبیعی است که آلاینده‌ها غالبا به صورت معدنی وارد محیط‌هـای آبی شده و پس از جذب در بدن میکروارگانیـسم‌هـا تـشکیل مـواد آلـی فسفر و نیتروژن دار را می‌دهند. با توجه به این نکته ایـن دو آلاینـده در شکل معدنی خود انتخاب شدند، اندازه‌گیری نیتروژن از روش اسـتاندارد مـاکرو کجلـدال بـا اسـید کلریـدریک ۰/۱ نرمـال (شـمارهٔ ۴-۱۲۴) (Clesceri et.al.,1999) و فسفر از روش استاندارد مولیبـدات آمونیـوم (شـماره ۱۴۴-۴) در طـول مـوج ۶۸۰ نـانومتر بـا اسـتفاده از دسـتگاه اسپکتروفتومتر صورت گرفت (صبحانی و خیـردوش،۱۳۸۲; Clesceri, et.al., 1999)

جدول شمارهٔ (۱): مقادیر مورد استفاده برای ایجاد غلظت‌های مختلف مواد آلاینده

میزان K_2HPO_4	غلظت فسفر	میزان اوره	غلظت نیتروژن
۱۱/۲ گرم	۲۰ppm	۱۷/۲ گرم	۸۰ppm
۲۲/۴۴ گرم	۴۰ ppm	۲۱/۵ گرم	۱۰۰ ppm
۳۳/۶۶ گرم	۶۰ ppm	۴۳ گرم	۲۰۰ ppm

د) خشک کردن، وزن کردن و سوزاندن صدف‌ها

پس از اتمام آزمایش، صدف‌ها در دمای ۴۸ درجه سلـسیوس و بـه مدت ۴۸ ساعت خشک و پس از خشک شدن وزن شدند. حرارت نـسبتاً پایین و زمان زیاد با توجه بـه جلـوگیری از تبخیـر اسـیدهـای چـرب و عناصر معدنی Volatile و مطابق دستورالعمل مندرج در مقـالات دیگـر انتخاب شد(Javanshir,2001). عدد به‌دست آمده وزن خشک را به مـا نشان داد. سپس به کوره انتقال یافته تا در دمای ۷۰۰ درجـه سلـسیوس کلیهٔ مواد آلی آن سوزانده شود. خاکستر بـه‌دسـت آمـده وزن شـده و از وزن خشک به‌دست آمده در قبل کسر شـد. بـدین ترتیـب وزن خـشک بدون خاکستر به‌دست آمد. در این تحقیق با تقسیم نتایج به‌دست آمده بـر روی این وزن، اثر بزرگی و کوچکی صدف‌ها از آزمایش‌ها حذف می‌شود.

ه) انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل داده‌ها

وزن خشک بدون خاکستر که مبنای محاسبات است از رابطهٔ (۱) حاصل می‌شود:

(۱) وزن خاکستر – وزن خشک = وزن خشک بدون خاکستر

www.SID.ir

Archive of SID

نرخ فیلتراسیون یا عدد پالایش از رابطهٔ Jorgensen (Jorgensen, 1990) به‌دست می‌آیدکه به صورت زیر است:

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

که در آن:

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

V: حجم ظرف بر حسب ml (میلی لیتر)؛

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

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

t: زمان آزمایش بر حسب دقیقه؛

w: وزن جانور بر اساس وزن خشک بدون خاکستر بر حسب گرم؛

عدد پالایش به ازای وزن خشک بدون خاکستر (AFDW) محاسبه شد. برای محاسبهٔ درصد جذب نیتروژن و فسفر، از رابطهٔ (۲) استفاده شد (Jorgensen, 1990).

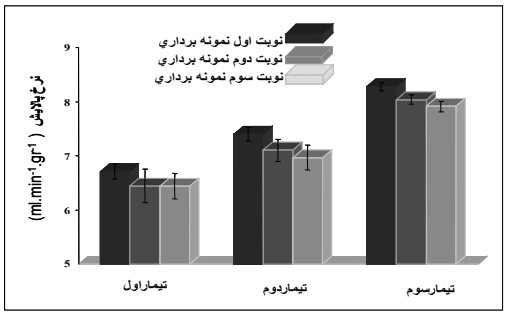
$$A_w = 100 \times \frac{(Ct_0) - (Ct_n)}{t \times w} \qquad (۲)$$

آنالیز آماری از طریق مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون زمان (t) (دقت اندازه‌گیری غلظت‌های آلاینده در این تحقیق در حد صدم (۰/۰۱) است.

نتایج

الف) بررسی میزان پالایش (نرخ فیلتراسیون) نیتروژن از محیط توسط صدف آنودونتا: نرخ پالایش صدف در هر سه تیمار در شکل شمارهٔ (۳) نشان داده شده و در هر سه تیمار با گذشت زمان از پالایش نیتروژن توسط صدف کاسته شده است. همان‌طورکه از شکل شمارهٔ (۳) نیز بر می‌آید با گذشت زمان از نرخ پالایش نیتروژن با صدف کاسته شد، به‌طوری که در تیمار اول و در بار اول نمونه‌برداری از ۶/۷۱ به ۶/۴۴ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در بار دوم و سوم نمونه‌برداری رسید.

در تیمار دوم از ۷/۴ میلی‌لیتر در بار اوّل به ۷/۰۹ و ۶/۹۵ میلی لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در نوبت‌های دوم و سوم نمونه‌برداری رسید و در تیمار سوم از ۸/۲۷ به ۸/۰۳ و ۷/۹۱ 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. (بار اوّل به بار دوم:$t=0.00,p>0.05$ بار دوم به بار سوم: $t=0.00,p>0.05$) بین تیمارها اختلافاتی وجود داشت که این اختلافات معنی دار بودند. (تیمار اول به تیمار دوم: $t=8.01,p<0.05$ تیمار دوم به سوم: $t=10.98,p<0.05$) با افزایش غلظت از ۸۰/۰۲ به ۲۰۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر نرخ پالایش از ۶/۵۳ به ۸/۰۶ میلی لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک رسید. می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش غلظت نیتروژن، نرخ پالایش افزایش می‌یابد و رابطهٔ مستقیمی بین آنها وجود دارد.



شکل شماره (۳): نمودارنرخ پالایش نیتروژن در هر سه تیمار توسط صدف آنودونتا

با توجه به جدول شمارهٔ (۲)، با گذشت زمان در هر سه تیمار، درصد جذب نیتروژن با صدف آنودونتا کاسته شده، به‌طوری که در تیمار اول و در نمونه‌برداری اول، غلظت اولیه نیتروژن از ۸۰/۰۲ به ۶۷/۹۲ میلی‌گرم بر لیتر رسید و در نمونه‌برداری دوم غلظت نیتروژن از ۷۱/۰۳ به ۶۰/۶۹ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری سوم از ۶۵/۶۴ به ۵۶/۰۹ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت.

در تیمار دوم و در نمونه برداری اول، غلظت اولیه نیتروژن از ۱۰۰/۰۴ به ۸۳/۵۵ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری دوم از ۸۹/۲۲ به ۷۵/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری سوم از ۸۰/۵۷ به ۶۷/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در تیمار سوم و درنمونه‌برداری اول غلظت اولیه نیتروژن از ۲۰۰/۰۱ به ۱۶۳/۴۴ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری دوم از ۱۸۱/۰۳ به ۱۴۸/۷۹ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری سوم از ۱۶۹/۳۷ به ۱۳۹/۶۴ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در بین دفعات نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. (بار اول به بار دوم:$t=0.00,p>0.05$ بار دوم به بار سوم: $t=0.02,p>0.05$) در بین تیمارها اختلافات معنی‌داری مشاهده شد.

(تیمار اول به تیمار دوم: $t=4.63,p<0.05$ تیمار دوم به سوم: $t=18/17,p<0/05$) با افزایش غلظت از ۸۰/۰۲ به ۲۰۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر درصد جذب نیتروژن از۱۵ درصد به ۱۸ درصد رسید و به‌نظر می‌رسد که هر چه غلظت نیتروژن در محیط بیشتر باشد فعالیت صدف‌ها برای جذب آنها بیشتر می‌شود.

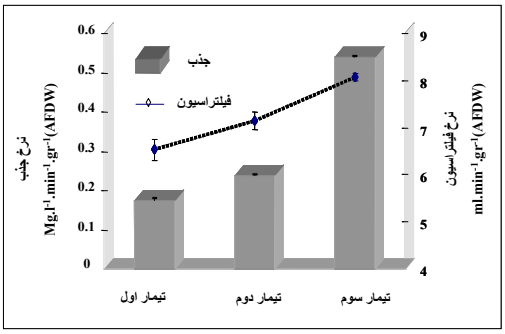
www.SID.ir

Archive of SID

جدول شمارهٔ (۲): میانگین غلظت‌های خروجی و درصد جذب شده نیتروژن در سه تیمار

								تیمارها
درصد جذب شده	بار سوم	درصد جذب شده	بار دوم	درصد جذب شده	بار اول		غلظت اولیه	
٪۹	۱۳۹/۶۴	٪۱۱	۱۴۸/۷۹	٪۱۸	۱۶۳/۴۴	میانگین	۲۰۰/۰۱	
	±۰/۵۵		±۰/۵۷		±۰/۵۶	انحراف معیار		
٪۸	۶۷/۹۸	٪۱۰	۷۵/۰۳	٪۱۶/۵	۸۳/۵	میانگین	۱۰۰/۰۴	
	±۰/۴۹		±۰/۴۷		±۰/۳۸	انحراف معیار		
٪۷	۵۶/۰۹	٪۱۰	۶۰/۶۹	٪۱۵	۶۷/۹۲	میانگین	۸۰/۰۲	
	±۰/۳۹		±۰/۵۳		±۰/۳۳	انحراف معیار		

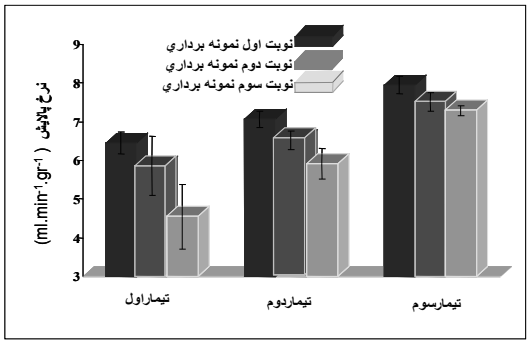
با توجه به شکل شمارهٔ (۴) می‌توان مشاهده کرد که با افزایش غلظت نیتروژن، نرخ پالایش و نرخ جذب افزایش یافته به گونه‌ای که نرخ پالایش در تیمار اول از ۶/۵۳ به ۷/۱۵ در تیمار دوم و ۸/۰۷ میلی لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم افزایش داشته و نرخ جذب از ۰/۱۷ در تیمار اول به ۰/۲۳ در تیمار دوم و ۰/۵۳ میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسیده است.



شکل شمارهٔ (۴): نمودارتغییرات نرخ پالایش و نرخ جذب نیتروژن در سه تیمار

ب) بررسی میزان پالایش (نرخ فیلتراسیون) فسفر از محیط توسط صدف آنودونتا: نتایج مربوط به نرخ پالایش فسفر با صدف آنودونتا در شکل شمارهٔ (۵) آورده شده است. همان‌طور که در شکل شمارهٔ (۵) مشاهده می‌شود در هر سه تیمار با گذشت زمان از نرخ پالایش فسفر با صدف آنودونتا کاسته شده به‌طوری که در تیمار اول و در بار اول نمونه‌برداری از ۶/۴۴ به ۵/۸۵ در بار دوم نمونه‌برداری رسیده و در بار سوم به ۴/۵۴ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک کاهش نشان داد.

در تیمار دوم از ۷/۰۶ در بار اول نمونه‌برداری به ۶/۵۲ در بار دوم و ۵/۹۲ میلی لیتر 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 ۷/۹۴ در بار اول نمونه برداری به ۷/۵۲ در بار دوم و ۷/۲۹ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در بار سوم نمونه‌برداری رسیده است. در بین دفعات نمونه‌برداری با وجود اختلافات جزئی این اختلافات معنی‌دار نبودند.



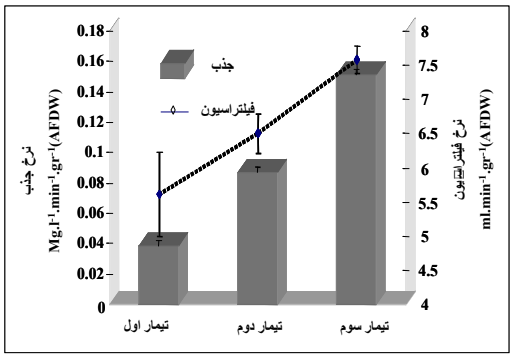
شکل شمارهٔ (۵): نمودار نرخ پالایش فسفر در هر سه تیمار توسط صدف آنودونتا

(بار اول به بار دوم:$t=0.00,p>0.05$ بار دوم به بار سوم: $t=0.00,p>0.05$) بین تیمارها اختلافاتی وجود داشت که این اختلافات معنی‌دار بودند. (تیمار اول به تیمار دوم: $t=2.72,p<0.05$ تیمار دوم به سوم: $t=5.16,p<0.05$) با افزایش غلظت فسفر از ۲۰/۰۳ به ۶۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر، نرخ پالایش آن با صدف آنودنتا از ۵/۶۱ به ۷/۵۸ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک رسیده و نشان دهنده این موضوع است که با افزایش غلظت فسفر ، نرخ پالایش نیز افزایش یافته و با آن رابطهٔ مستقیمی دارد. همان‌طورکه در جدول شمارهٔ (۳) مشاهده می‌شود، با گذشت زمان در هر سه تیمار از کاهش در غلظت فسفر با صدف‌ها کاسته شده به‌طوری که در: تیمار اول در نمونه‌برداری اوّل، غلظت اولیه ۲۰/۰۳ به ۱۷/۱۱ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت و در نمونه‌برداری دوم، غلظت فسفر از ۱۸/۰۵ به ۱۵/۶۴ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌برداری سوم از۱۶/۰۶ به ۱۴/۳۷ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در تیمار دوم و در بار اول نمونه‌برداری، غلظت اولیه ۴۰/۰۹ به ۳۳/۷۴ میلی‌گرم بر لیتر رسیده و در نمونه‌برداری دوم غلظت فسفر از ۳۶/۲۶ به ۳۰/۹۲ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت و در بار سوم نمونه‌برداری از ۳۱/۸۹ به ۲۷/۶ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در تیمار سوم و در نوبت اول نمونه‌برداری،

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت اولیه فسفر از ۶۰/۰۵ به ۴۶/ ۴۹ میلی‌گرم بر لیتر رسیده و در نوبت دوم نمونه‌برداری، غلظت فسفر از ۵۴/۵۳ به ۴۵/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت و در نوبت سوم نمونه برداری غلظت اولیه فسفر از ۴۹/۲۷ به ۴۱/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر رسید. اختلافاتی بین غلظت‌های خروجی بین تیمارها و دفعات نمونه‌برداری وجود داشت که این اختلافات در بین تیمارها معنی‌دار بود. درصد جذب هم بین ۱۴/۵ درصد تا ۱۷/۵ درصد بود که بین تیمارها اختلافات معنی داری داشت. بیشترین درصد جذب در تیمار سوم (غلیظ) مشاهده شد و نشان می‌دهد که با افزایش غلظت فسفر درصد جذب آن هم با صدف آنودنتا بیشتر می‌شود. (بار اول به بار دوم: $t=0.01, p>0.05$ بار دوم به بار سوم: $t=0.00, p>0.05$) (تیمار اول به تیمار دوم: $t=15/46, p<0.05$ تیمار دوم به سوم: $t=9.98, p<0.05$). با توجه به شکل شمارهٔ (۶) مشاهده شد که با افزایش در غلظت فسفر، نرخ پالایش و جذب آن افزایش یافته به‌طوری که در تیمار اول، نرخ پالایش از ۵/۱۶ به ۶/۵ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار دوم رسیده و در تیمار سوم این میزان به ۷/۵۸ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک افزایش نشان داد.



شکل شمارهٔ (۶): نمودارتغییرات نرخ پالایش و جذب فسفر در هر سه تیمار

در مورد نرخ جذب نیز وضع به همین منوال می‌بود و از ۰/۰۳ در تیمار اول به ۰/۰۸ در تیمار دوم و به ۰/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسید. با مقایسه بین نرخ پالایش و جذب نیتروژن و فسفر می‌بینیم که در این صدف مقادیر نرخ پالایش و جذب نیتروژن بیشتر از فسفر بود به‌طوری‌که نرخ پالایش نیتروژن در تیمار اول ۶/۵۳ بوده و نرخ پالایش فسفر در تیمار اول ۵/۶۱ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک است به همین منوال نرخ‌های پالایش نیتروژن و فسفر در دو تیمار دیگر به ترتیب(۷/۱۵، ۶/۵) و (۸/۰۷ ، ۷/۵۸) میلی لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک بود. همچنین در مورد نرخ جذب نیتروژن و فسفر به ترتیب در تیمار اول (۰/۱۷ ، ۰/۰۳) و در تیمار دوم (۰/۲۳ ، ۰/۰۸) و در تیمار سوم (۰/۵۳ ، ۰/۱۵) میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک بود. 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 نشد. این مطلب مؤید این است که فسفر و نیتروژن جذب دیواره‌ها نشده و در ظرف دارای موجود زنده به‌تمامی جذب صدف شده‌اند.

بحث و نتیجه گیری

امروزه یکی از روشهای بسیار مؤثر و رایج برای حذف مواد محلول و بخصوص ترکیبات نیتروژنه و فسفاته، استفاده از فیلترهای زیستی است. ایدهٔ استفاده از نرم‌تنان آب شیرین برای پالایش مواد غذایی از پساب مطرح کردند (Guillard & Ryther, 1962). فیلتراسیون مواد از آب یکی از خصوصیات ذاتی هر گونه نرم‌تن است. برای تعیین نرخ فیلتراسیون از کاهش نمایی ذرات (یعنی اختلاف غلظت نیتروژن و فسفر ورودی و خروجی هر ظرف) استفاده شد. بر طبق نتایج به‌دست آمده در مورد پالایش نیتروژن با صدف آنودونتا، نرخ پالایش در هر سه تیمار با گذشت زمان کاهش یافته، به‌طوری که در تیمار اول از ۶/۷۱ به ۶/۴۴، در تیمار دوم از ۷/۴ به ۶/۹۵ و در تیمار سوم از ۸/۲۷ به ۷/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک رسیده است. این نتایج به دو علت یکی کاهش تقاضای صدف نسبت به مواد موجود با گذشت زمان و دیگری کاهش غلظت اولیه مواد است که نتایج به‌دست آمده در این بررسی گواه این موضوع است. بدن موجود زنده از جمله صدف‌ها به دلیل وجود سیستم خودتنظیمی منفی و ظرفیت خاص برای هر ماده‌ای ابتدا نیاز آنها زیاد و بعد از گذشت زمان کم می‌شود شایان ذکر است سیستم خودتنظیمی صدف‌ها را وادار به جذب نکردن می‌کند و واکنش منفی (پالایش نکردن) نشان می‌دهد (Jorgensen, 1990). بدیهی است بخشی از موادی که به‌صورت غیر انتخابی جذب شده‌اند وارد سوخت و ساز جانور شده و بقیهٔ آن طی مراحل دیگری دفع خواهند شد. این مورد در مطالعه حاضر اندازه‌گیری نشده است. نرخ پالایش نیتروژن در بین تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری است و از ۶/۵۳ در تیمار اول به ۸/۰۷ میلی‌لیتر بر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک در تیمار سوم رسیده است و نشان می‌دهد که با افزایش غلظت نیتروژن در محیط، پالایش آنها افزایش می‌یابد. همچنین درصد جذب نیتروژن در غلظت‌های مختلف با هم اختلاف معنی‌داری داشته و از ۱۵ درصد در تیمار اول به ۱۸ درصد در تیمار سوم رسیده است و نشان‌دهندهٔ این است که با افزایش غلظت نیتروژن درصد جذب هم بالا می‌رود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شمارهٔ (۳): میانگین غلظت های خروجی و درصد جذب شدهٔ فسفر در سه تیمار

			دفعات نمونه‌برداری				تیمارها
درصد جذب شده	بار سوم	درصد جذب شده	بار دوم	درصد جذب شده	بار اول		غلظت اولیه
٪۹	۴۱/۲۳	٪۱۰	۴۵/۳۸	٪۱۷/۵	۴۹/۴۶	میانگین	۶۰/۰۵
	۰/۲		۰/۳۴		۰/۳۶	انحراف معیار	
٪۷	۲۷/۶	٪۹	۳۰/۹۲	٪۱۶	۳۳/۷۴	میانگین	۴۰/۰۹
	۰/۳		۰/۲۳		۰/۲۲	انحراف معیار	
٪۶/۵	۱۴/۳۷	٪۸	۱۵/۶۴	٪۱۴/۵	۱۷/۱۱	میانگین	۲۰/۰۳
	۰/۳		۰/۳۱		۰/۱۳	انحراف معیار	

(واحد غلظت اولیه و خروجی بر حسب میلی گرم بر لیتر است.)

مطالعاتی که روی صدف آنودونتا سیگنه آ در سال ۱۳۸۵ انجام شده نشان می‌دهد که رابطهٔ مستقیمی بین افزایش غلظت نیتروژن و نرخ پالایش آن با صدف وجود دارد (جندقی، ۱۳۸۵). همچنین نتایج ما با نتایج به‌دست آمده در مورد کراسوسترا ورجینیکا[2] در سال ۲۰۰۳ مطابقت دارد (Mugg Pietros & Rice, 2003).

مطالعاتی در مورد صدف کوربیکولا جاپونیکا[3] صورت گرفته، نشان می‌دهد که این‌گونه می‌تواند ۸۷ درصد نیتروژن موجود در محیط را هنگامی که یوتریفیکاسیون رخ می‌دهد، جذب کند و موجب کاهش بار آلی محیط شود (Kerciku, et al., 1999). نتایج به‌دست آمده در مورد کاهش غلظت فسفر با صدف آنودونتا مؤید این مطلب است که در اینجا نیز، در هر سه تیمار به مرور زمان، نرخ پالایش فسفر کاهش می‌یابد. به‌طوری که از ۶/۴۴ به ۴/۵۴ در تیمار اول، از ۷/۰۶ به ۵/۹۲ در تیمار دوم و از ۷/۹۴ به ۷/۲۹ 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 معنی دار بوده و رابطهٔ مستقیمی بین آنها و افزایش غلظت فسفر وجود دارد (جندقی، ۱۳۸۵; Mugg Pietros & Rice, 2003). 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 پلی مورف[4] در دریاچه پولیش[5] نشان می‌دهد که این صدف بر چرخه و غلظت نیتروژن و فسفر در ستون آب اثر می‌گذارد و ۵۰ تا ۸۰ درصد از نیتروژن و ۴۰ درصد فسفر را فیلتر می‌کنند (Holland, et al., 1995). تحقیقات انجام شده بر روی صدف کوربیکولا جاپونیکا مؤید این مطلب است و نشان می‌دهد که این صدف می‌تواند ۸۷ درصد از نیتروژن و ۶۰ درصد از فسفر را از توده آب جذب کند (Kerciku et al.,1999).

با توجه به نتایج بدست 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 یادآور می‌شوندکه قدرت جذب آلاینده توسط صدف آنودونتا سیگنهآ محدود بوده و ممکن است دامنه تحمل آن نیز در شرایط آلودگی بسیار بالا کاهش یابد. بهر 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 می‌شود تحقیقاتی در مورد نرخ فیلتراسیون این گونه مواد آلاینده با گونه‌های دیگر، با غلظت‌های مختلف و همچنین تغییر عوامل دیگر از جمله درجهٔ حرارت صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از جناب آقای دکتر حمید علیزاده، معاون پژوهشی مرکز ملی اقیانوس‌شناسی ایران که در انجام هرچه بهتر این تحقیق از هیچ‌گونه کمکی دریغ نفرمودند قدردانی می‌شود.

یادداشت‌ها

1-Gut passage time
2-Crassostrea Virginia
3-Corbicula japonica
4- Dreissena polymorpha
5-Polish

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

جوانشیر،آ.، جندقی، م. ۱۳۸۵. بررسی توانایی صدف دوکفه‌ای *Anodonta cygnea* و جلبک‌های Chlorella sp و Scenedesmus sp در جذب فسفات و نیترات محلول در فاضلاب (در سیستم بسته). فصلنامهٔ محیط زیست، زمستان ۸۵.ص ۴۵-۵۳.

جندقی، م. ۱۳۸۵ . بررسی توانایی صدف *Anodonta cygnea* در کاهش غلظت فسفات و نیترات در فاضلاب شهری. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات: ص ۶۰-۶۲ .

روشن طبری، م. ۱۳۷۹. گزارش هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و هیدروشیمی آبهای ساحلی ایران. حوضهٔ جنوبی دریای خزر، انتشارات مرکز تحقیقات شیلاتی دریای مازندران. گزارش طرح ۸۰ صفحه.

صبحانی، ش.و خیردوش، ف. ۱۳۸۲. اصول آزمایشگاهی آب و فاضلاب. انتشارات طاق بوستان: ۱۲۶ صفحه

غنی زاده اردی، ق. ۱۳۷۸. بررسی حذف مواد آلی و مغذی از فاضلاب شهری در راکتور ناپیوسته متوالی و محیط گرانول کربن فعال. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس: ص ۱۳-۱۵.

Clesceri, L.S., E.,Greenberg, and A.D., Eaton. 1999. Standard method for the examination of water and wastewater.American public health association; 20 th edition. 1325pp.

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

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

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(2), 73-94.

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

.

Kerciku,F., Y.,Nakamura, & I.,Tetsunori. 1999. Metabolism rate of *C*orbicula japonica an dits significant in materal cycling in a Brackish lake.Kyushu University,Hakozaki 6-10-1 Fukuoka.

Kiibus,M., & N.,Kautsky. 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, pp:128-130.

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

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

Tran, D.P., et al. 2003. Estimation of potential and limit of bivalve closure response to detect contamination: application to cadmium. Environ. Toxical. Chem. 22, 116-122

www.SID.ir