بررسی و مقایسه تأثیرات دو صدف *Dreissena polymorpha* و *Anodonta cygnea* بر کاهش غلظت نیترات

لیلی غلام حسینی[۱]*، مژگان جندقی[۲]، آرش جوانشیر[۳]، امیرحسام حسنی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
۳- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴- استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده

توان فیلتراسیون صدف دوکفه‌ای *Dreissena polymorpha* و *Anodonta cygnea* بر غلظت نیترات از طریق آزمایشهای فیلتراسیون (کشت فیتوپلانکتون کلرلا) و جذب غیرمستقیم نیترات از فاضلاب مصنوعی به روش جورگنسن[۱] (۱۹۹۰) در سیستم باز و بسته مقایسه گردید. این تحقیق در سه وزن مختلف و با ۳-۱۰ بار تکرار در آزمایشگاه واحد علوم و تحقیقات (دانشگاه آزاد) در سال ۱۳۸۵ انجام و نتایج در محیط اکسل[۲] بررسی گردید. بین وزن صدفها و میزان فیلتراسیون نیترات و کلرلا همبستگی مثبت (R^2=۰/۹۹) و بین غلظت نیترات ورودی فاضلاب و میزان فیلتراسیون نیترات در *D. polymorpha* همبستگی منفی (R^2=۰/۹۷) و در *A. cygnea* همبستگی مثبت (R^2=۰/۹۰) مشاهده گردید. میزان جذب نیترات در *D. polymorpha* ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۴mg/L و در *A. cygnea* ۰/۰۰۳ تا ۱/۴mg/L مشاهده گردید.

کلید واژگان: صدف دوکفه‌ای *Dreissena polymorpha* و *Anodonta cygnea*، غلظت، نیترات، کلرلا.

۱- مقدمه

فاضلابهای شهری، صنعتی، کشاورزی و روان آبهای سطحی، مواد مغذی چون نیترات را وارد محیطهای آبی می‌کنند و باعث بروز پدیده یوتریفیکاسیون می‌شوند. به دلیل مزیت روشهای بیولوژیکی در حذف مواد مغذی نسبت به سایر روشهای فیزیکی و شیمیایی از نظر کاهش هزینه‌های ناشی از مصرف مواد شیمیایی و همچنین به دلیل پیشگیری از اثر ترکیبات شیمیایی باقیمانده در سیستمهای طبیعی [۱] در این تحقیق، اثرات صدف *D. polymorpha* و *A. cygnea* به عنوان تصفیه کننده‌های زیستی در کاهش غیرمستقیم غلظت نیترات با استفاده از فیلتراسیون جلبک کلرلا بررسی شد. هلند[۳] و همکارانش در سال ۱۹۹۵ در دریاچه پولیش[۴] تحقیقاتی انجام دادند که نشان می‌دهد *D. polymorpha* بر غلظت و چرخه N و P از طریق فیلترکردن سستونها اثر می‌گذارد و ۵۰ تا ۸۰٪ نیتروژن و ۴۰٪ فسفر را فیلتر می‌کند و به صورت مدفوع و شبه مدفوع رسوب می‌دهد و بخش کوچکی از آن

* نویسندهٔ مسؤول مقاله: تلفن: ۰۲۱-۴۴۸۳۴۹۹، همراه: ۰۹۱۲۷۱۱۵۵۹۲، E.mail: gholamhosseni2006@yahoo.com

1. Jorgensen
2. Excel
3. Holland
4. Polish

Archive of SID
www.SID.ir

هم در خود صدف جذب می‌شود [۲]. کوزرو[1] در سال ۱۹۹۸ یک واحد تصفیه به صورت پایلوت ایجاد کرد و نشان داد این صدف می‌تواند به عنوان یک تصفیه کننده زیستی برای تصفیه بیشتر در یک واحد تصفیه بیولوژیکی استفاده شود و مواد معلق را به صورت لجن رسوب دهد [۳]. در مورد بازیافت N و P توسط صدف *D. polymorpha* در دریاچه اری[2] در سال ۱۹۹۶تحقیقاتی انجام شد که مقادیر C و N و P را در اندامها و پوسته‌های *D. polymorpha* و در فیتوپلانکتونها برای تعیین مواد غذایی در دسترس این صدف از طریق توازن جرمی مورد بررسی قرار دادند [۴]. در سال ۲۰۰۳ راورا[3] غلظت فلزات سنگین را در *A. cygnea* و *Unio pectrum* بررسی کرد [۵]. در تحقیقی اشاره شده صدف*D. polymorpha* تحت شرایط معین ممکن است به عنوان کود و منبع کلریدکلسیم، مکمل غذای ماکیان یا مواد پرکننده استفاده شود. شاید بهترین استفاده از آنها در شفاف‌سازی و تصفیه آب باشد[۶].

۲- مواد و روش کار

صدفهای مذکور از مصب رودخانه تجن واقع در شهر ساری، جمع‌آوری گردید. سپس نمونه‌ها به تهران انتقال داده شد و برای طی دوره سازگاری و رفع استرس ناشی از حمل و نقل به مدت ۲۰ روز در آکواریم قرار گرفت. برای اندازه‌گیری توان فیلتراسیون دو صدف، فیتوپلانکتون *Chlorella vulgaris* از طریق روش گیلارد[4] و ریتر[5] کشت داده شد [۷]. از آنجا که مواد تشکیل دهنده فاضلاب بسیار متنوع است، بنابراین یکی از مواد تشکیل دهنده فاضلاب که نقش اساسی در آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی دارد یعنی نیترات به طور مصنوعی در آزمایشگاه با استفاده از کود شیمیایی اوره ساخته شد.

سیستم باز، سیستمی است که در آن جریان خروجی فاضلاب از سیستم خارج شده و دفع می‌شود و سیستم بسته، سیستمی است که در آن جریان خروجی فاضلاب مجدداً وارد سیستم شده و به عنوان جریان ورودی فاضلاب عمل می‌کند. برای تهیه سیستم آزمایش، بشکه‌ای به حجم ۱۲۰L، که یک شیر در قسمت پایین آن نصب بوده، به عنوان مخزن فاضلاب و فیتوپلانکتون در نظر گرفته شد. شیلنگی که یک سر آن به شیر بشکه متصل و سر دیگر آن به ظرف ۴۰۰ لیتری وارد می‌شد، به عنوان ورودی فاضلاب (به ظرف ۴۰۰ لیتری که محل استقرار صدفها، در سیستم آزمایش می‌باشد) منظور گردید. یک شیلنگ دیگر نیز به عنوان خروجی فاضلاب، یک سر آن به ظرف ۴۰۰ لیتری متصل شد و سردیگر آن در سیستم باز در ظرفی که به عنوان محل تخلیه فاضلاب بود، قرار گرفت (شکل۱) و در سیستم بسته از طریق یک پمپ مجدداً به عنوان ورودی به مخزن فاضلاب محتوی فیتوپلانکتون وارد می شد (شکل۲). به منظور انجام آزمایش فیلتراسیون، ابتدا ۲۰g توده صدف *D. polymorpha* در ظرف مخصوص استقرار صدف قرار داده شد و شیر بشکه باز شد تا جریان فاضلاب به همراه کلرلا وارد این ظرف (ظرف استقرار صدف) شود و پس از آن از این ظرف خارج شود و در سیستم باز به خروجی رفته، دفع شود و در سیستم بسته مجدداً به مخزن فاضلاب برگردد. طی مدت زمان ۱۲۰ دقیقه از آزمایش، هر۲۰ دقیقه یکبار نمونه‌گیری از فاضلاب محتوی فیتوپلانکتون ورودی (به ظرف استقرار ۲۰g توده صدف) و نمونه‌گیری از فاضلاب محتوی فیتوپلانکتون خروجی (از ظرف استقرار ۲۰g توده صدف) به طور همزمان به عمل آمد. این نمونه‌گیریها توسط سرنگ و به اندازه ۵ mL انجام شد و به ازای هر نمونه ۱۰ بار شمارش فیتوپلانکتون با استفاده از لام هماسیتومترنئوبار انجام گردید. این عمل ۷ مرتبه انجام شده و در ضمن این عمل در توده ۴۰ و ۶۰g صدف *D. polymorpha* و همچنین در سیستم بسته انجام گردید. این آزمایشها ۳ تا ۵ بار تکرار شد. سپس همین آزمایشها به همان

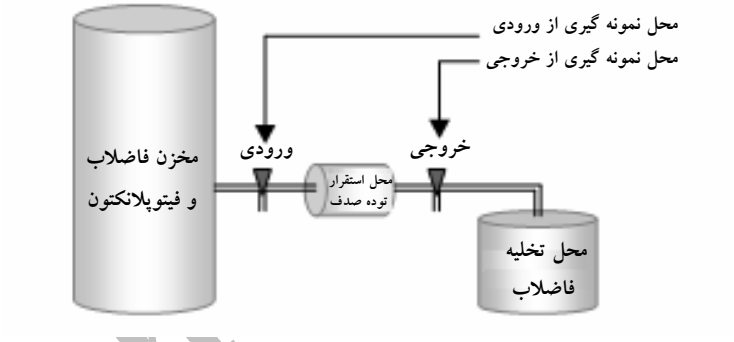
1. Kusserow
2. Erie
3. Ravera
4. Guillard
5. Ryther

Archive of SID
www.SID.ir

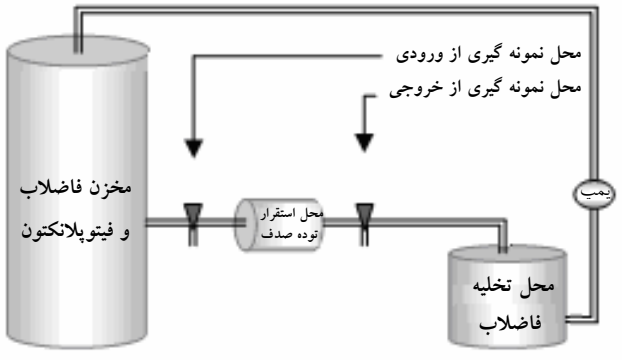
ترتیب برای صدف *A. cygnea* انجام شد، با این تفاوت که به دلیل اندازه بزرگ صدف *A. cygnea* ، به ازای هر آزمایش به جای یک توده از صدف، فقط یک صدف استفاده گردید.

به منظور بررسی میزان کاهش غلظت نیترات فاضلاب در سیستم باز و بسته، یک نمونه به حجم ۴۰۰mL از اولین ورودی فاضلاب و بعد از ۱۲۰ دقیقه، نمونه دیگری به حجم ۴۰۰ mL از آخرین خروجی فاضلاب گرفته شد. اندازه‌گیری نیترات براساس روش ذکرشده در کتاب استاندارد متد به عمل آمد [۱۲].

پس از انجام آزمایشهای فیلتراسیون و حذف غیرمستقیم غلظت نیترات فاضلاب برای هر صدف در انتها با بستن شیر فاضلاب، توده‌های صدف در *D. polymorpha* و *A. cygnea* از ظرف استقرار صدفها، خارج شد. سپس به وسیله یک انبر امحا و احشا هر یک از صدفها از پوستشان خارج گردید و وزن کل امحا و احشا را به دست آمد. سپس بوته‌چینی محتوی امحا و احشا را در دمای ۴۸°C و به مدت ۴۸ ساعت، در آون قرار داده شد تا خشک شود. نتیجه این عمل به دست آوردن وزن خشک توده صدفها بود. عدد فیلتراسیون از رابطه جورگنسن (۱۹۹۰) به دست آمد [۹]. داده‌های حاصل از آزمایشهای فیلتراسیون و حذف غیرمستقیم غلظت نیترات در دو گونه صدف در محیط اکسل بررسی شد و آنالیز آماری از طریق مقایسه میانگینها استودینت تی‌تست[1] (واریانس همگن) با احتمال حداقل ۹۵٪ به عمل آمد.



شکل ۱ سیستم باز تصفیه بیولوژیکی



شکل۲ سیستم بسته تصفیه بیولوژیکی

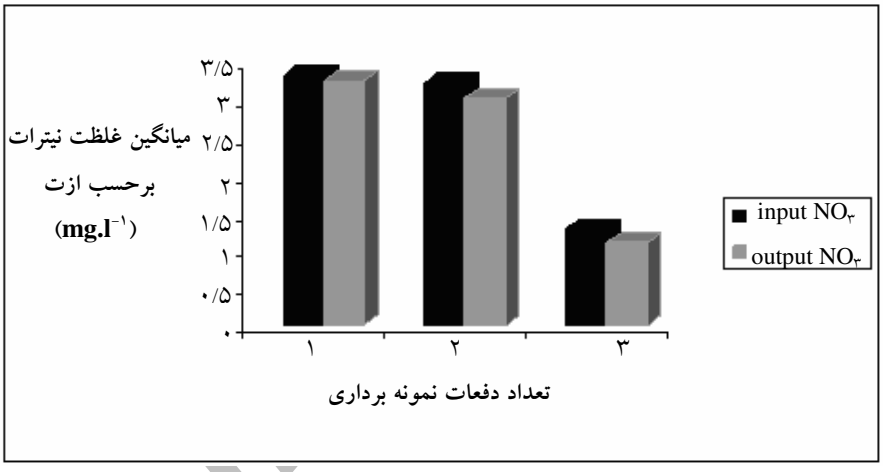
1. Student t-test

www.SID.ir

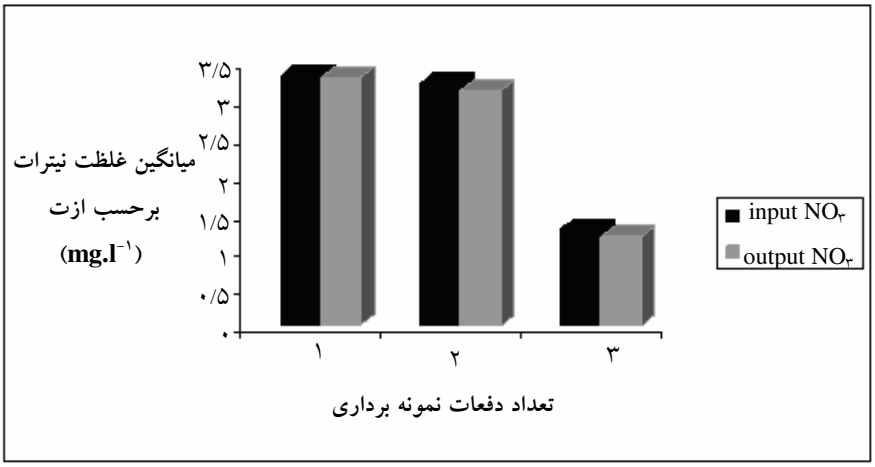
۳- نتایج

فیلتراسیون نیترات (برحسب ازت) توسط صدف *D. polymorpha* در سیستم باز نشان داد، میانگین غلظت نیترات در سه توده وزنی از این صدف به ترتیب، از ۳/۳۲ به ۳/۲۴، از۳/۲۱ به۳/۰۱ و از ۱/۲۸ به ۱/۰۹mg/L کاهش یافت. آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنادار در قبل و بعد از آزمایش است (t =۲/۳۵۳،P<۰/۰۲۱) (نمودار۱). در سیستم بسته، میانگین غلظت نیترات در سه توده وزنی از این صدف به ترتیب، از ۳/۳۲ به ۳/۲۹، از۳/۲۱ به۳/۱۲ و از ۱/۲۸ به ۱/۱۷mg/L کاهش یافت. آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنادار در قبل و بعد از آزمایش است (t=۲/۱۳۱،P<۰/۰۴۶) (نمودار۲).

فیلتراسیون نیترات (برحسب ازت) توسط صدف *A. cygnea* در سیستم باز نشان داد، میانگین غلظت نیترات در سه صدف به ترتیب، از ۲/۵۵ به ۱/۷۵، از ۱/۳۴ به ۰/۹۸ و از ۱/۰۵ به ۰/۸۳mg/L کاهش یافت. آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنادار در قبل و بعد از آزمایش است (t= ۲/۱۳۱،P<۰/۰۲۲) (نمودار۳). در سیستم بسته، میانگین غلظت نیترات در سه صدف به ترتیب، از ۱/۳۱ به ۰/۹۶، از۱/۲ به ۰/۹۴ و از ۰/۹۶ به ۰/۸۱mg/L کاهش یافت. آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنادار در قبل و بعد از آزمایش است (t =۲/۱۳۱، P<۰/۰۴۴) (نمودار۴).

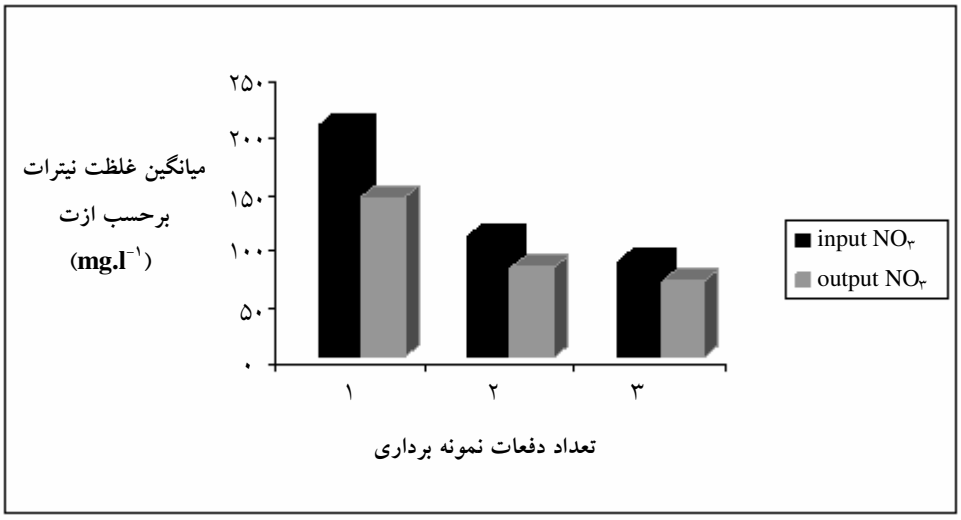


نمودار۱ مقایسه روند تغییرات غلظت نیترات (برحسب ازت) در سه توده صدف دریسنیده (سیستم باز)

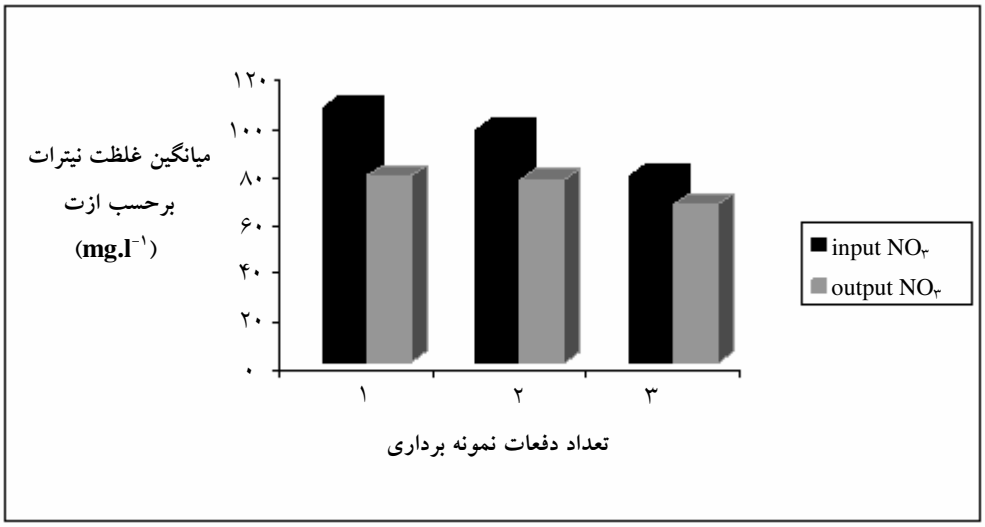


نمودار۲ مقایسه روند تغییرات غلظت نیترات (برحسب ازت) در سه توده صدف دریسنیده (سیستم بسته)

www.SID.ir



نمودار۳ مقایسه روند تغییرات غلظت نیترات (برحسب ازت) در سه صدف آنودونتا (سیستم باز)



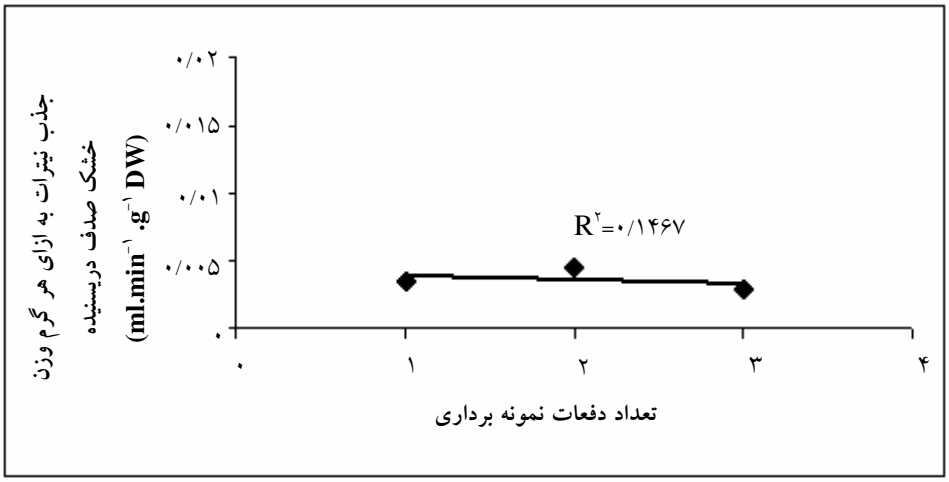
نمودار۴ مقایسه روند تغییرات غلظت نیترات (برحسب ازت) در سه صدف آنودونتا (سیستم بسته)

نتایج نشان می‌دهد میزان جذب نیترات در سیستم باز در صدف *D. polymorpha* بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۴ (R^2=۰/۱۴۶) و در سیستم بسته بین۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۲mL در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک بود (R^2=۰/۱۲۶) (نمودار۵ و۷)؛ در حالی که در صدف *A. Cygnea* میزان جذب نیترات در سیستم باز بین ۰/۴ تا ۱/۴ (R^2=۰/۹۱۴) و در سیستم بسته بین ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۰۸mL در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک نوسان داشت (R^2=۰/۹۹۳) (نمودار۶ و ۸).

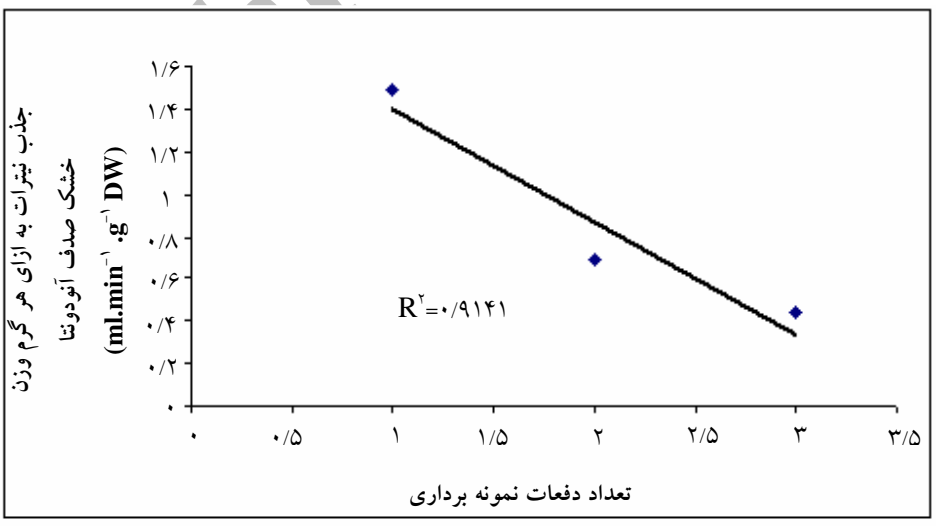
نتایج همچنین مشخص می‌سازد در سیستم باز و بسته، بین میانگین غلظت نیترات ورودی فاضلاب و میزان فیلتراسیون نیترات توسط صدف *D. polymorpha* همبستگی منفی وجود دارد. به عنوان مثال با کاهش میانگین غلظت

www.SID.ir

نیترات در ورودی فاضلاب از ۳/۳۲ به ۳/۲۱ و ۱/۲۸mg/L، میزان فیلتراسیون نیترات توسط توده‌های صدف به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۵۷ و۰/۹۶mL در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک کاهش می‌یابد (R^2=۰/۹۷۲) و آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنادار در قبل و بعد از آزمایش است (t= ۲/۱۳۲، P<۰/۰۲۳) (نمودار۹). در حالی که در صدف *A. cygnea* در سیستم باز و بسته بین میانگین غلظت نیترات ورودی فاضلاب و میزان فیلتراسیون نیترات همبستگی مثبت وجود دارد؛ به عنوان مثال با کاهش میانگین غلظت نیترات در ورودی فاضلاب از ۲/۵۵ به ۱/۳۴ و ۱/۰۵mg/L، میزان فیلتراسیون نیترات توسط صدفها به ترتیب ۸/۸۷، ۷/۴۵ و۵/۴۴mL در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک کاهش می‌یابد (R^2=۰/۹۰۵) و آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنادار در قبل و بعد از آزمایش است (t=۲/۱۳۲، P<۰/۰۳۳) (نمودار۱۰).

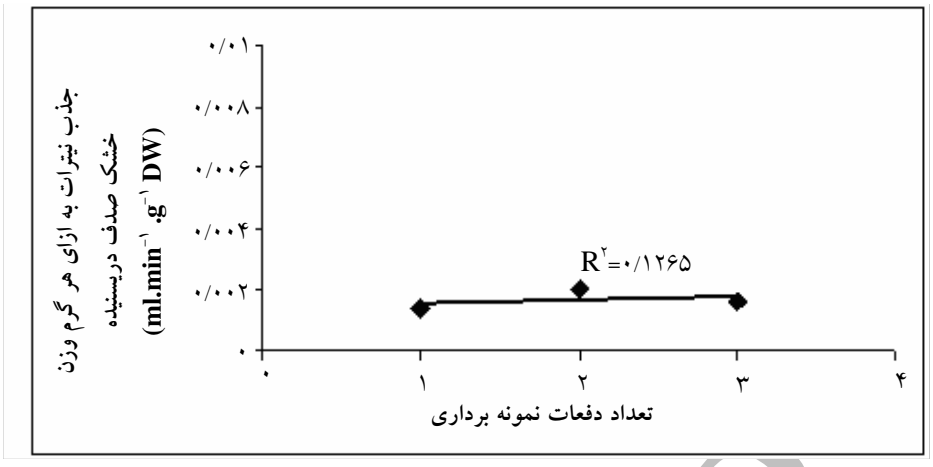


نمودار۵ میزان جذب نیترات توسط صدف دریسنیده (سیستم باز)

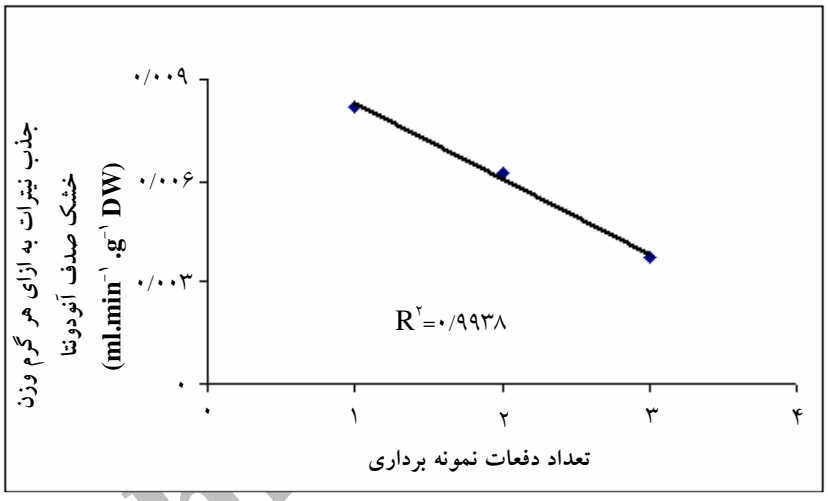


نمودار۶ میزان جذب نیترات توسط صدف آنودونتا (سیستم باز)

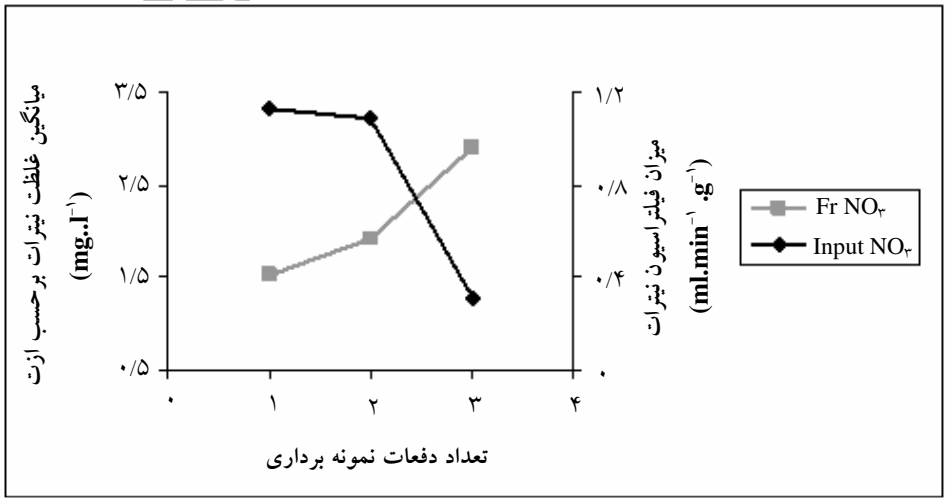
www.SID.ir



نمودار۷ میزان جذب نیترات توسط صدف دریسنیده (سیستم بسته)

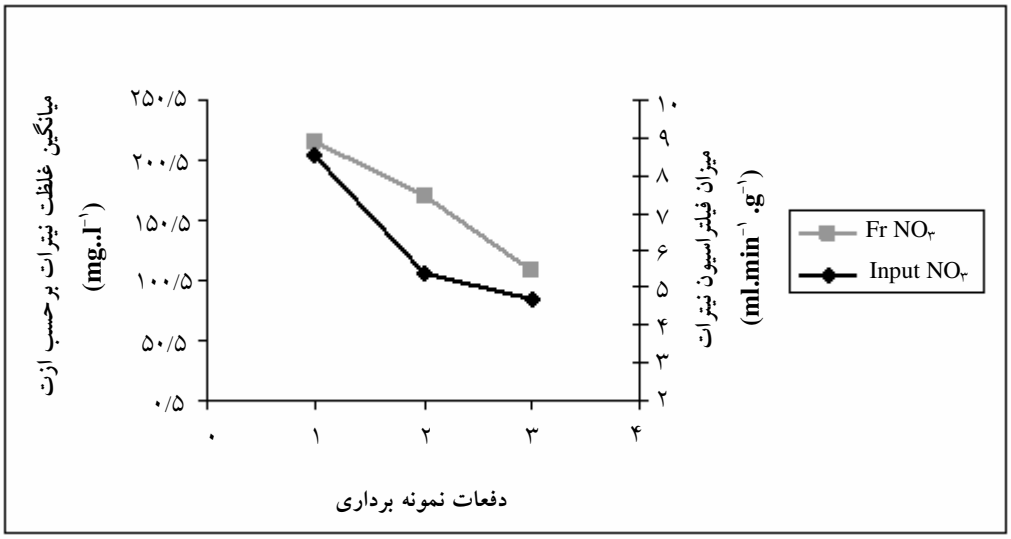


نمودار۸ میزان جذب نیترات توسط صدف آنودونتا (سیستم بسته)

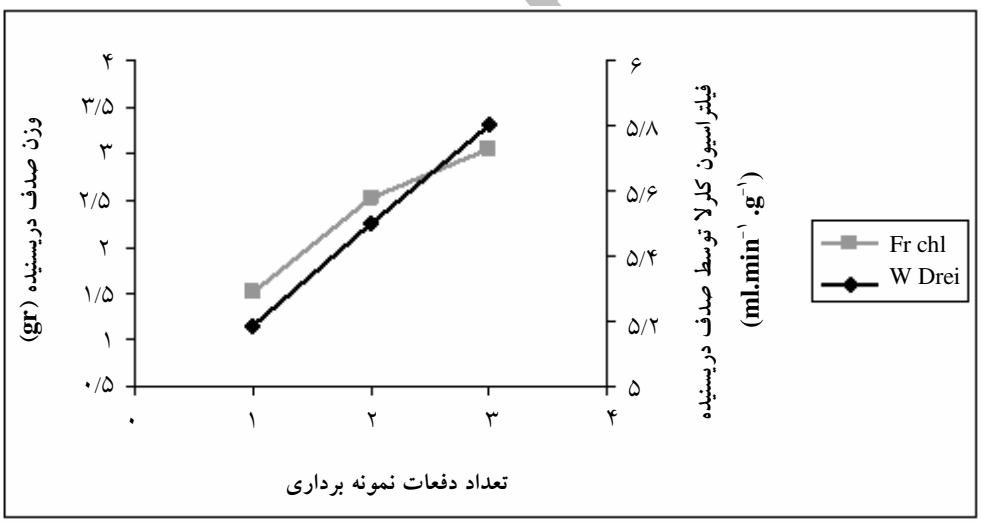


نمودار۹ رابطه کاهش غلظت نیترات (برحسب ازت) و افزایش فیلتراسیون توسط سه توده صدف دریسنیده (سیستم باز)

www.SID.ir



نمودار۱۰ رابطه کاهش غلظت نیترات (برحسب ازت) و کاهش فیلتراسیون توسط سه صدف آنودونتا (سیستم باز)



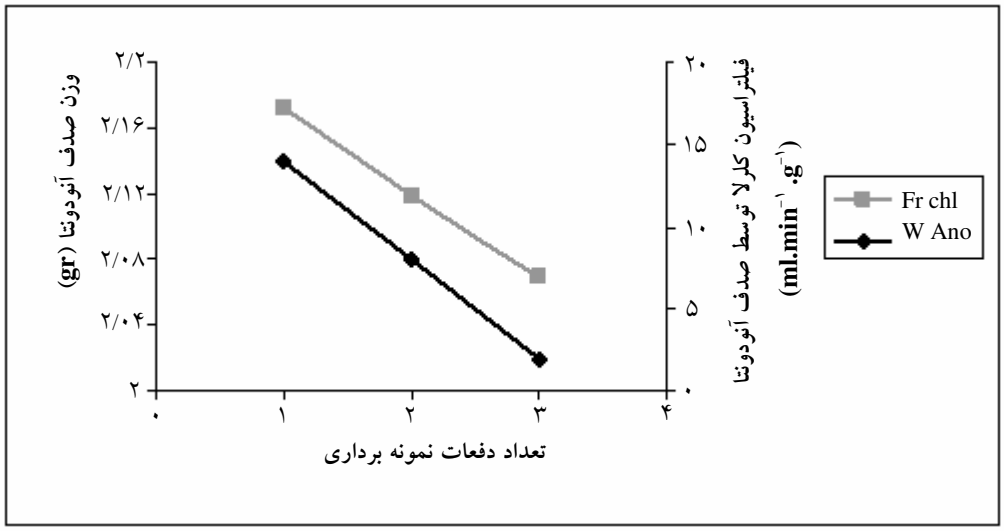
نمودار۱۱ رابطه افزایش وزن توده صدف دریسنیده و افزایش فیلتراسیون فیتوپلانکتون کلرلا (سیستم باز)

بررسی نتایج فیلتراسیون فیتوپلانکتون کلرلا توسط توده صدف *D. polymorpha* نشان می‌دهد، با افزایش وزن خشک توده‌های صدف از ۱/۱۵ به ۲/۲۵ و ۳/۳۱g، میزان فیلتراسیون کلرلا توسط توده صدف از ۵/۲۸ به ۵/۵۹ و ۵/۹۹mL در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک افزایش یافته است (R^2=۰/۹۹۶) (نمودار۱۱). در صدف *A. cygnea* ، با کاهش وزن خشک صدفها از ۲/۱۴ به ۲/۰۸ و ۲/۰۲g، میزان فیلتراسیون کلرلا توسط صدفها از ۱۷/۲۳ به ۱۱/۸۴ و ۶/۸۷mL در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک کاهش نشان داد (R^2=۰/۹۹۶) (نمودار۱۲). بنابراین در هر دو گونه در سیستم باز و بسته بین وزن خشک توده‌های صدف و میزان فیلتراسیون کلرلا همبستگی مثبت وجود دارد.

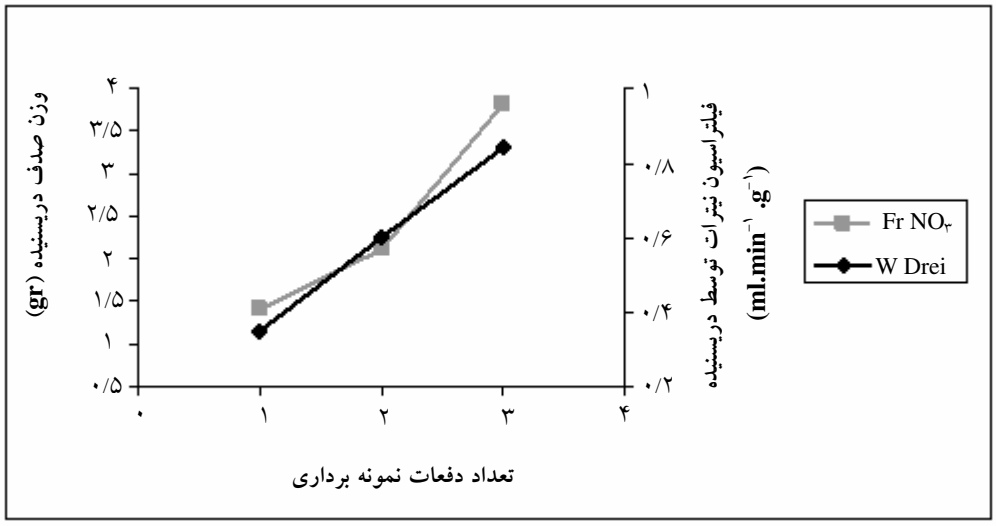
در دو گونه صدف بین وزن توده‌های صدف و میزان فیلتراسیون نیترات در سیستم باز و بسته همبستگی مثبت

www.SID.ir

وجود دارد. برای مثال با افزایش میانگین وزن خشک توده‌های صدف *D. polymorpha* از ۱/۱۵ به ۲/۲۵ و ۳/۳۱g میزان فیلتراسیون نیترات از ۰/۴۱ به ۰/۵۷ و ۰/۹۶mL در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک افزایش یافت (R^2=۰/۹۷۰) (نمودار۱۳). در صدف *A. cygnea* ، با کاهش وزن خشک صدفها از ۲/۱۴ به ۲/۰۸ و ۲/۰۲g، میزان فیلتراسیون نیترات از ۱۰/۰۱ به ۷/۹۳ و ۵/۸۷ mL در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک کاهش یافت (R^2=۰/۹۷۰) (نمودار۱۴).

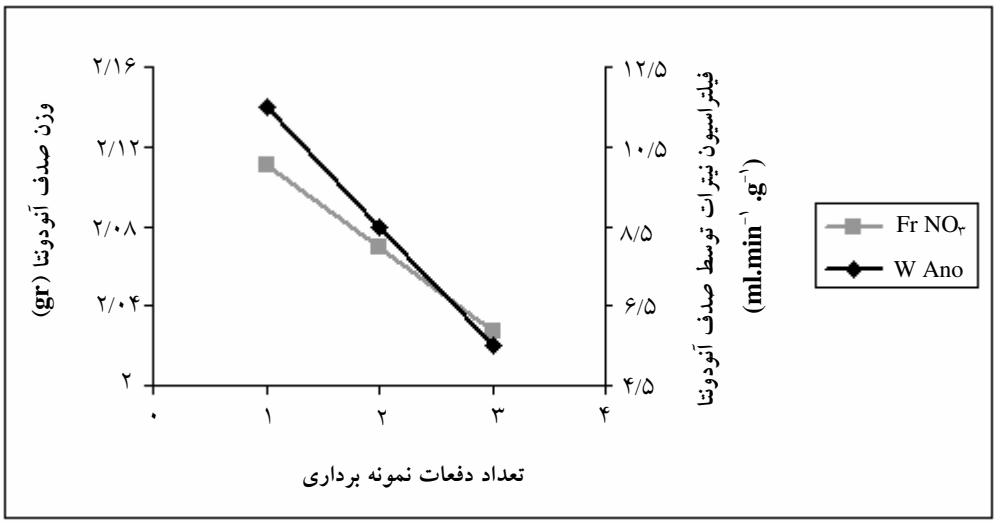


نمودار۱۲ رابطه افزایش وزن صدف آنودونتا و افزایش فیلتراسیون فیتوپلانکتون کلرلا (سیستم باز)



نمودار۱۳ رابطه افزایش وزن توده صدف دریسنیده و افزایش فیلتراسیون نیترات (سیستم باز)

www.SID.ir



نمودار۱۴ رابطه افزایش وزن صدف آنودونتا و افزایش فیلتراسیون نیترات (سیستم باز)

۴- بحث

ایده استفاده از نرمتنان آب شیرین و جلبک کشت داده شده برای پالایش مواد غذایی از پساب از سال ۱۹۷۲ توسط آقای ریتر مطرح شد. به عنوان نمونه دریاچه‌ای با سطح بستر ۲۰۰ هکتار و با حجم ۴۰۰۰۰۰۰ مترمکعب با حضور ۴۰۰۰۰ صدف. *D. polymorpha* در هر متر مربع طی ۰/۵ روز کلاً تصفیه می‌شود. حتی در تراکم حدود ۱۰۰۰۰ صدف در هر متر مربع، در ۲/۱ روز فیلتراسیون کامل صورت می‌گیرد [۱۰]. میزان فیلتراسیون در واقع معادل حجمی از آب است که موجود از مواد معلق و فیتوپلانکتونها در واحد زمان تغذیه می‌کند [۱۱]. به همین منظور برای اندازه‌گیری میزان فیلتراسیون از کشت کلرلا استفاده گردید. کراک[1] و همکارانش نیز در سال ۱۹۹۲ برای تعیین اثرات کوتاه مدت فلزات مس، روی وکادمیم بر *D. polymorpha*، میزان فیلتراسیون این صدف را از طریق کاهش غلظت جلبکها به دست آوردند و به این صورت میزان تغذیه این نرمتن از فلزات مذکور را محاسبه کردند [۱۲].

در سیستم باز و بسته نتایج نشان داد، غلظت نیترات توسط هر دو گونه صدف کاهش می‌یابد اما *A. cygnea* در این امر قابلیت بیشتری دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که *A. cygnea* قادر است ۳۰L آب را در روز فیلتر کند در حالی که *D. polymorpha* یک لیتر آب را در روز فیلتر می‌کند [۴]. بنابراین صدف آنودونتا حجم بیشتری از آب را می‌تواند فیلتر کند و در نتیجه مقدار بیشتری نیترات جذب می‌کند.

نتایج همچنین مشخص ساختند در سیستم باز و بسته در صدف *D. polymorpha* بین میانگین غلظت نیترات و میزان فیلتراسیون آن همبستگی منفی و در صدف *A. cygnea* بین میانگین غلظت نیترات و میزان فیلتراسیون آن همبستگی مثبت وجود دارد. در صدف *A. cygnea* اطلاعاتی که دلایل این رابطه را نشان دهد، یافت نگردید. اما درخصوص صدف *D. polymorpha* مطالعات نشان می‌دهد با توجه به حضور نیترات کل در سیستم فاضلاب، نمی‌توانند آمونیاک را با غلظت بیش از ۲mg/L تحمل کنند [۱۳] و از آنجا که ترکیبات نیتروژن قابل تبدیل به یکدیگرند، حضور آمونیاک در سیستم فاضلاب اجتناب ناپذیر می‌شود. به طوری که در صدف *D. polymorpha* نتایج فیلتراسیون در غلظتهای بالای نیترات (بالاتر از ۵mg/L)، بی اثر یا منفی بودند. بنابراین فاضلاب مصنوعی در ابتدا رقیق گشته (به میزان ۳/۵mg/L نیترات) سپس در اختیار توده‌های صدف قرار گرفت.

1. Kraak

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج همچنین نشان دادند که با افزایش وزن صدفها، میزان جذب نیترات برحسب میلیگرم در لیتر به ازای وزن خشک صدف افزایش می‌یابد. جورگنسن در سال ۱۹۹۶ مطرح می‌کند بین وزن (چه وزن خشک و چه وزن بدون خاکستر) و میزان فیلتراسیون رابطه‌ای وجود دارد که براساس وزن، می‌توان میزان فیلتراسیون را برآورد کرد [۱۴].

برای جمع‌بندی می‌توان اشاره کرد که هر دو صدف قابلیت کاهش غلظت نیترات را دارند. اما در مورد صدف *D. polymorpha* این میزان (۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۴mg/L) در مقایسه با صدف *A. cygnea* (۰/۰۰۳ تا ۱/۴mg/L) به قدری ناچیز است که نمی‌توان آن را به عنوان یک تصفیه کننده زیستی در کاهش غلظت نیترات چندان مؤثر دانست. علی‌رغم این موضوع با توجه به مزایای روشهای زیستی در کاهش یا حذف ترکیبات مغذی چون نیترات، می‌توان تحقیقات بیشتر در خصوص این دو گونه و استفاده از آنها را در تصفیه و شفاف سازی محیطهای مصنوعی (آکواریمهای بزرگ) و محیطهای طبیعی (در زیستگاه طبیعی‌شان که پسابهای آبزی پروری یا کشاورزی وارد می‌شود) پیشنهاد کرد.

۵- منابع

[۱] ظهوریان م.؛ «توسعه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به منظور حذف نیترات و فسفات (مطالعه موردی تصفیه‌خانه‌های زرگنده و صاحبقرانیه تهران)»؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و فنون دریایی؛ *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*؛ ۱۳۸۰؛ صص ۸-۱۶.

[2] Holland R. E., Johengen T. H., Beeton A. M.; Trends in Nutrient Concentrations in Hatchery Bay, Western Lake Erie, before and after *Dreissena polymorpha*; Can*; j. Fish. Aquat. Sci. /J. Can. Sci. Halieut. Aquat*; 1995; 52 (6): 1202-1209.

[3] Kusserow R., Diertrich U.; Technology of a Dreissena-Filter to Remove Suspended Matter from the Effluents of Waste Water Treatment Plants; University of Technology Dresden, Abstract from the Eighth International Zebra Mussel, March; 1998; 16-19.

[4] Arnott D. L., Vanni M. J.; «Nitrogen and phosphorus recycling by the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the western basin of Lake Erie, Can»; *J. Fish. Aquat. Sci*; 1996; 53: 646-659.

[5] Ravera O.; Trace element concentration in freshwater mussels and macrophytes as related to these in their environment; 2003; 61-69.

[6] U.S. Army Engineer waterways; Environmental effects of zebra mussel in festations, zebra mussel Research program; 1994; 1-6.

[7] Guillard R. R., Ryter J. H.; Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. Can; *J. Microbiol*; 1962; 8: 229-239.

[8] Standard method for the examination of water and waste water treatment; 1980; version 2.

[9] Jørgensen C. B.; "Bivalve filter feeding: hydrodynamics, bioenergetics, physiology and ecology". Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark, 1990; 140.

[10] U.S. Army Engineer waterways; Impact of zebra mussel in festation on water quality, zebra mussel Research program; 1998; 1-10.

[11] Bunt C. M., MacIsaac H. J., Sprules W. G.; «Pumping rates and projected filtering impacts of juvenile zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in the western Lake Erie. Can»; *J. Fish. Aquat. Sci.*; 1993; 50 (5): 1017-1022.

[12] Kraak M.H., Toussaint L., Lavy D., Davids C.; Short term effects of metals on the filtration rate of the Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*), Env. 1994; pp. 84, 139-143.

Archive of SID
www.SID.ir

[13] Selegean J. P., Heidtke T. M.; The use of *Dreissena polymorpha* (The Zebra mussel) as a biofilter of municipal waste water with special reference to bioaccumulation of heavy metals, Wayne State University; 1994; 625-632.

[14] Jørgensen C. B.; «Comparative studies on the function of gills in suspension feeding bevalves, with special reference to effects of serotonin»; *Biol. Bull* (Woods Hole); 1976; 151: 331-343.

Archive of SID

www.SID.ir