علـوم محـیـطی سال پنجم، شماره اول ، پاییز ۱۳۸٦
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.5, No.1 , Autumn, 2007
۱۱-۲۲

بررسی توانایی صدف *Dreissena polymorpha* در کاهش غلظت نیترات و فسفات فاضلاب شهری (سیستم باز)

لیلی غلام حسینی[۱*]، آرش جوانشیر[۲]، امیر حسام حسنی[۱]

۱- گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
۲- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

گونـه *Dreissena polymorpha* (Zebra mussel) شـاخص آلودگی آب‌های شیرین، بومی حوضـه دریـای خـزر و یـک تـصفیه کننـده زیستی می‌باشد که می‌تواند حجم زیادی از آب را فیلتر نماید. بـراین اسـاس در این تحقیق سعی گردید به جهت دامنه وسـیع مـواد موجـود در فاضـلاب، نیترات و فسفات مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظـور سـه تـوده صـدف (۲۰، ۴۰ و ۶۰ گـرم) تحـت آزمایـشات فیلتراسـیون (از طریـق کـشت تـوام فیتوپلانکتون کلرلاو سندسموس) و جذب غیرمستقیم نیتـرات و فـسفات در سیستم باز قرار گرفت و برای به‌دست آوردن نتایج قطعی، این آزمایش‌هـا ۳ تا ۱۰ بار بسته به دامنه واریـانس، تکـرار گردیـد. نتـایج نـشان داد، بـین وزن توده‌های صدف و میزان فیلتراسیون نیترات و فسفات همبستگی مثبت وجود دارد (R^2=۰/۹۹) و نیز بین غلظت نیتـرات و فـسفات در ورودی فاضـلاب و میزان فیلتراسیون نیترات و فسفات، همبستگی منفی وجـود دارد (R^2=۰/۹۷) (t =۲/۱۳۲، P<۰/۰۲۳). همچنین مشخص گردیـد، کـه بـا افـزایش وزن توده‌های صدف، میزان جذب نیترات با میانگین ۰/۰۸ تا ۰/۲ و میزان جـذب فسفات ۰/۰۲ تا ۰/۰۴ میلی‌گرم بـر لیتـر بـه ازای وزن خـشک تـوده صـدف می‌باشد. علاوه بر آن مشخص شد که جلبک کلرلا و سندسـموس قـادر بـه تقلیل غلظت نیترات (از۰/۰۳ تا ۱/ ۷۳ میلی‌گرم بر لیتر) و فسفات (از ۰/۴۲تا ۴/ ۴۸ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشند.

کلیـدواژه‌هـا: فاضـلاب شـهری، نیتـرات، فـسفات، *Dreissena polymorpha*

Study of Capability of Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in Reduction of Nitrate and Phosphate in Urban Waste Water (Open System)

Leyli Gholamhosseini[1*], Arash Javanshir [2], Amirhesam Hassani[1]

1- Department of Environment, Faculty of Environment and Energy, Science & Research Campus, Islamic Azad University
2- Department of Environment Faculty of Natural Research, Tehran University

Abstract

Dreissena polymorpha (Zebra mussel) is a fresh water mollusk and native species of Caspian Sea area. These shells belong to filter feeder class and are able to filter a great volume of water. In this research, due to a wide range of materials available in urban wastewater efficiency of *Dreissena polymorpha* is studied to reduce concentration of Nitrate and Phosphate. The shell masses in 20, 40 and 60 g were put test for filtration tests and indirect absorption of nitrate and phosphate from artificial wastewater. These tests were performed in open system and were repeated 3-10 times depending on variance range.The results showed that there is a positive correlation between the weight of shell masses and the filtration rate of Nitrate and Phosphate in open system (R^2 =0.99) and there is a negative correlation between concentration of Nitrate and Phosphate at the wastewater entry on one side and the filtration rate of nitrate and phosphate on the other side (R^2=0.97) (t=2.132, P<0.023). It was found that when the weight of shell masses increase (from 20 to 40 to 60 g), the amount of Nitrate absorption is 0.08-0.2 mg.l^{-1} while Phosphate is absorbed 0.02-0.04 mg.l^{-1} in the open system. In this research it was found that Chlorella and Scenedesmus algae are able to reduce concentration of Nitrate (of at least 0.03 to 1.73 mg.l^{-1}) and the Phosphate solved in waste water (of at least 0.42 to 4.48 mg.l^{-1}).

Key words: urban wastewater, nitrate, phosphate, *Dreissena polymorpha*.

* Corresponding author. *Email Address*: Gholamhosseini2@yahoo.com

مقدمه

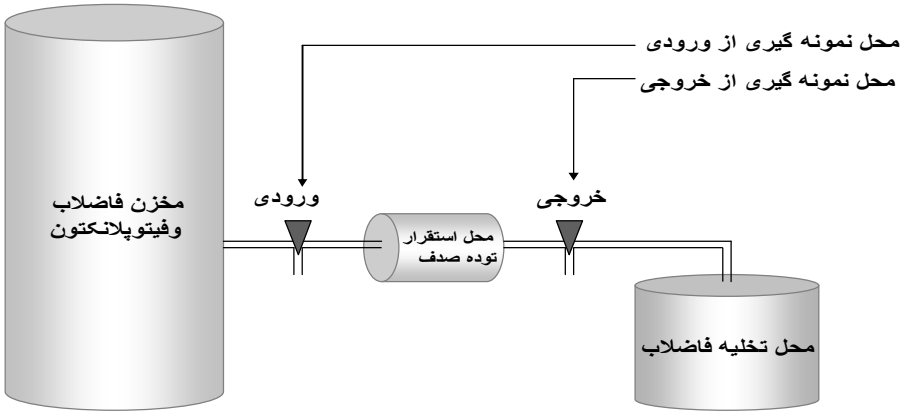
فاضلاب، محلول رقیقی است که ۹۹/۹ درصد آن را آب و فقط ۰/۱ درصد آن را مواد جامد و یا سایر مواد تشکیل داده است (Abbaspor, 2003). با جمع آوری و تصفیه فاضلاب شهری، می‌توان از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی جلوگیری کرد. لکن تحقیقات نشان می‌دهد، در تصفیه خانه‌های معمولی فاضلاب شهری پس از تصفیه فاضلاب، یک دوم نیتروژن و یک سوم فسفر جدا نگردیده (Erfanmanesh and Afyoni, 2000) و باعث مشکلاتی چون رشد جلبک‌ها و پدیده یوتریفیکاسیون می‌گردد. به دلیل مزیت روش‌های بیولوژیک نسبت به سایر روش‌های فیزیکی و شیمیایی، از نظر کاهش هزینه‌های ناشی از مصرف مواد شیمیایی، و همچنین پیشگیری از اثر ترکیبات شیمیایی باقی‌مانده در پساب دفعی به سیستم‌های بیولوژیک (Zohorian, 2001) در این تحقیق، توانایی *D. polymorpha* با استفاده از فیلتراسیون جلبک کلرلا و سندسموس، کاهش غیرمستقیم غلظت نیترات و فسفات در فاضلاب شهری مورد بررسی قرار گرفت. Arnott و Vanni درخصوص بازیافت نیتروژن و فسفر توسط صدف *D. polymorpha*، در دریاچه Erie تحقیقاتی را انجام دادند (Arnott & Vanni, 1996). راجع به روند تغییرات غلظت‌های مواد مغذی در خلیج Hatchery و دریاچهErie، قبل و بعد از حضور صدف *D. polymorpha* تحقیقاتی توسط Holland و همکاران (1995) انجام شده است و در مقاله‌ای با نام فیلتراسیون و دفع به‌وسیله Zebra mussel اشاراتی از اثرات این صدف بر کیفیت آب در دریاچه Pepin و رودخانه می‌سی‌سی‌پی توسط James و همکاران (1999) شده است.

مواد و روش‌ها

صدف‌های *D. polymorpha* در مهر، بهمن و اردیبهشت ماه از حاشیه رودخانه تجن واقع در شهرساری، به‌وسیله جدا سازی قطعات چوبی که توده‌های این صدف به آنها چسبیده بودند و نیز از میان گل و لای بستر رودخانه جمع آوری شدند. در هر نمونه گیری حدود یک کیلوگرم از صدف جمع آوری و سپس نمونه‌ها به تهران انتقال داده شدند و برای طی دوره سازگاری و رفع استرس ناشی از حمل و نقل به مدت ۲۰ روز در آکواریمی که با آب لوله کشی شهری پر شده بود، قرارگرفتند.

برای اندازه گیری توان فیلتراسیون صدف، دو فیتوپلانکتون *Chlorella vulgaris* و *Scenedesmus acutus* از طریق روش Guillard و Rither کشت داده شد (Guillard and Ryter, 1962). برای این منظور یک بطری ۱/۵ لیتری شسته شد و با یک لیتر آب لوله‌کشی شهری پرگردید و بعد به آن ۰/۱۶ گرم اوره، ۰/۰۱۶ گرم تیوسولفات سدیم و۰/۳۳ میلی گرم کلرید آهن افزوده شد. سپس ۱۰ میلی لیتر ذخیره کشت کلرلا و سندسموس که از پژوهشکده اکولوژی دریای خزر واقع در شهرساری تهیه شده بود به آن اضافه گردید و به کمک دو پمپ هوا (RI SHENG) و دو عدد لامپ کم مصرف جریان هوادهی و نوردهی در این محیط کشت فراهم گردید. نوردهی، برای انجام فرآیند فتوسنتز و هوادهی، برای توسعه و نگهداری کشت سالم، پخش یکسان نمک‌های غذایی در محیط کشت، تأمین CO_2 مورد نیاز برای فتوسنتز، جلوگیری از ته‌نشین شدن سلول‌ها در کف ظرف و برطرف سازی کمبود اکسیژن محیط کشت بکار رفت (Esmaeili Sari, 2001). کشت در دمای ۱۹ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام گردید، محیط کشت اولیه بعد از ۷ تا ۱۰ روز سبز شده و به بلوم رسید. سپس این محیط کشت به حجم ۹۰ لیتر رسانده شد و جریان هوادهی و نوردهی در آن ایجاد گردید. پس از ۱۰ روز سلول‌های زنده کلرلا و سندسموس به حد شکوفایی و به تعداد ۴۲۰۰۰ تا ۴۴۰۰۰ جلبک در هر میلی‌لیتر رسید. از آنجایی‌که مواد تشکیل دهنده فاضلاب شهری بسیار متنوع می‌باشد و تصفیه همگی این مواد در قالب این پروژه امکان‌پذیر نبود، بنابراین دو ماده

تشکیل‌دهنده فاضلاب، که نقش اساسی در آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی دارند یعنی نیترات و فسفات (به طور مصنوعی و با غلظتی مشابه آنچه در یک فاضلاب تصفیه شده وجود دارد) در آزمایشگاه با استفاده از کودهای شیمیایی (فسفات آمونیم و اوره) ساخته شد. سیستم باز، سیستمی است که در آن جریان خروجی فاضلاب از سیستم خارج شده و دفع می‌گردد. جهت تهیه سیستم آزمایش، بشکه‌ای به حجم ۱۲۰ لیتر، که دارای یک شیر در قسمت پایین آن می‌باشد، 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 و سر دیگر آن در ظرفی که به عنوان محل تخلیه فاضلاب بود، قرار گرفت (شکل۱). منظور انجام آزمایش فیلتراسیون ، ابتدا ۲۰ گرم صدف *D. polymorpha* را در ظرف مخصوص استقرار صدف قرار داده و شیر بشکه را باز کرده تا جریان فاضلاب به همراه کلرلا و سندسموس وارد این ظرف (ظرف استقرار صدف) شده و پس از آن، از این ظرف خارج شده به خروجی رفته و دفع شود . طی مدت زمان ۱۲۰ دقیقه از آزمایش، هر ۲۰ دقیقه یک‌بار نمونه‌گیری از فاضلاب محتوی فیتوپلانکتون ورودی (به ظرف استقرار ۲۰ گرم توده صدف) و نمونه‌گیری از فاضلاب محتوی فیتوپلانکتون خروجی (از ظرف استقرار ۲۰ گرم توده صدف) به طور همزمان به عمل آمد. این نمونه‌گیری ها به‌وسیله سرنگ و به اندازه ۵ میلی لیتر انجام می شد. این عمل ۷ مرتبه انجام شده و در ضمن این عمل در توده ۴۰ و ۶۰ گرم توده صدف نیز، انجام گردید. به ازای هر نمونه ۵ سی سی ورودی و خروجی، ۱۰ بار شمارش فیتوپلانکتون، با استفاده از لام هماسیتومترنئوبار انجام شد.



شکل ۱- سیستم باز تصفیه بیولوژیک

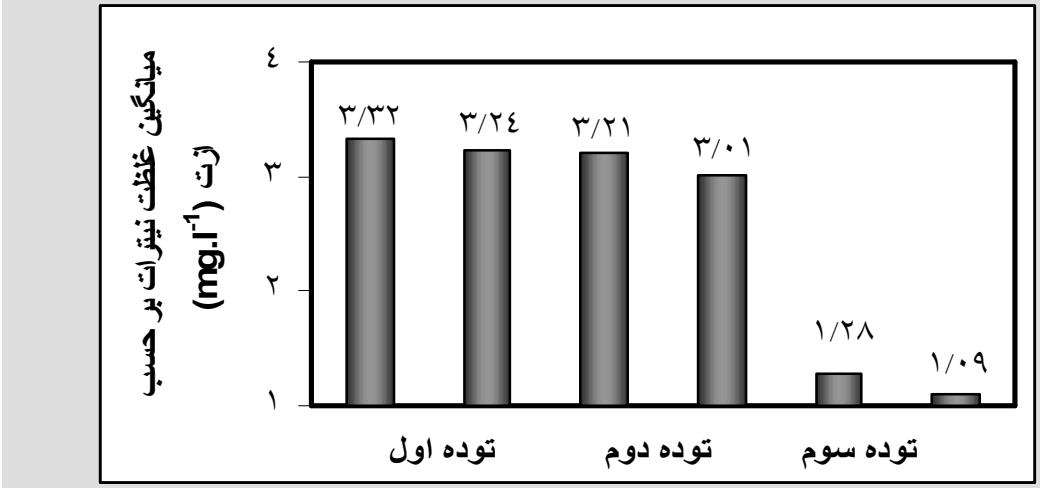
به این آزمایشات درهر توده وزنی۳ تا ۵ بار تکرار گردید. به منظور بررسی شیمی فاضلاب (میزان کاهش غلظت نیترات و فسفات) بلافاصله بعد از بازکردن فلکه شیر مخزن فاضلاب، یک نمونه به حجم ۴۰۰ سی‌سی ازاولین ورودی فاضلاب و بعد از ۱۲۰ دقیقه، نمونه دیگری به حجم ۴۰۰ سی‌سی از آخرین خروجی فاضلاب گرفته شد. نمونه‌های فاضلاب (به علت همزمانی آزمایش‌های فیلتراسیون (شمارش فیتوپلانکتون‌ها) و آزمایش‌های حذف غیرمستقیم نیترات و فسفات) فریز شده تا روز بعد آزمایش‌های سنجش نیترات و فسفات انجام گردد. آزمایشات شیمی فاضلاب یعنی اندازه‌گیری نیترات و فسفات در این تحقیق براساس روش‌های ذکرشده در کتاب استاندارد متد سال۱۹۹۲ به‌عمل آمد (Standard methods,1992). در این تحقیق برای اندازه‌گیری نیترات روش احیاء دی واردا و برای اندازه‌گیری فسفات روش Vanadomolybdo phosphoric Acid Colorimetric به کار رفت. پس از انجام آزمایشات فیلتراسیون و حذف غیرمستقیم غلظت نیترات و فسفات فاضلاب برای هر توده وزنی مشخص، در انتها شیر فاضلاب را بسته و توده‌های صدف را از ظرف استقرار صدف‌ها، خارج کرده سپس به‌وسیله یک انبر، اعما و احشاء هر یک از صدف‌ها را از پوسته جدا نموده و وزن کل اعما و احشاء محاسبه گردید. سپس بوته‌چینی محتوی اعما و احشاء، در دمای ۴۸ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت، در آون قرار داده شد تا خشک شود سپس به کوره انتقال یافت که در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۰/۵ ساعت کلیه مواد آلی آن سوزانده شد. نتیجه این عمل به‌دست آوردن وزن خشک توده صدف‌ها بود. عدد فیلتراسیون از رابطه Jorgensen به‌دست آمد (Jorgensen, 1990). داده‌های حاصل از آزمایشات فیلتراسیون و حذف غیرمستقیم غلظت نیترات و فسفات در سه توده وزنی ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم از صدف *D. polymorpha* در محیط Excel مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون t (واریانس همگن) با احتمال حداقل ۹۵ درصد، به‌عمل آمد.

نتایج

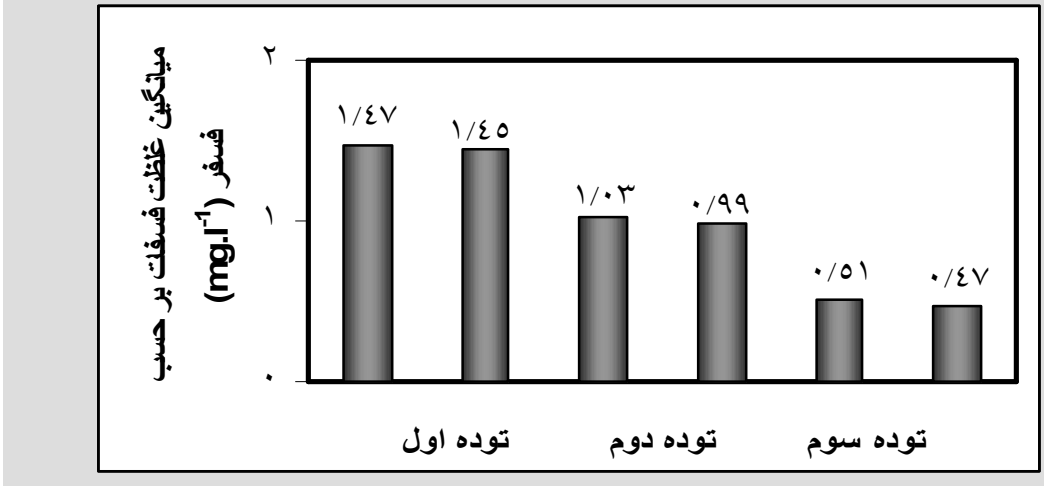
با توجه به عدم حضور صدف در فواصل دو آزمایش متوالی، نتایج نشان داد محیط کشت کلرلا و سندسموس در طول ۲۴ ساعت قادر به پایین آوردن غلظت نیترات (برحسب ازت) از۳/۲۴ به ۳/۲۱ و از۳/۰۱ به ۱/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر و غلظت فسفات (برحسب فسفر) از ۱/۴۵ به ۱/۰۳ و از ۰/۹۹ به ۰/۵۱ میلی گرم بر لیتر می‌باشد (نمودار۱و۲). بررسی توانایی صدف *D. polymorpha* در فیلتراسیون نیترات (برحسب ازت) و فسفات (بر حسب فسفر) نشان داد، میانگین غلظت نیترات توسط توده صدف اول، از ۳/۳۲ به ۳/۲۴ میلی‌گرم بر لیتر و توسط توده صدف دوم، از۳/۲۱ به۳/۰۱ میلی گرم بر لیتر و توسط توده صدف سوم از ۱/۲۸ به ۱/۰۹ میلی گرم بر لیتر کاهش یافته است. آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در قبل و بعد از آزمایش است ($P<$۰/۰۴۳، $t=$۲/۱۳۱) (شکل۲) و میانگین غلظت فسفات توسط توده صدف اول، از ۱/۴۷ به ۱/۴۵ میلی‌گرم بر لیتر و توسط توده صدف دوم، از۱/۰۳ به ۰/۹۹ میلی‌گرم بر لیتر و توسط توده صدف سوم از ۰/۵۱ به ۰/۴۷ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته است. آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنی دار در قبل و بعد از آزمایش است. ($P<$۰/۰۴۶، $t=$۲/۱۳۱) (شکل۳).

نتایج جذب مستقیم نیترات (برحسب ازت) و فسفات (بر حسب فسفر) توسط توده‌های صدف و میزان فیلتراسیون این ترکیبات مشخص می‌کند، با کاهش میانگین غلظت نیترات در ورودی فاضلاب از ۳/۳۲ به ۳/۲۱ و ۱/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر میزان فیلتراسیون نیترات توسط توده‌های به ازای هر گرم وزن خشک می‌باشد ($R^2=$۰/۹۷۲)

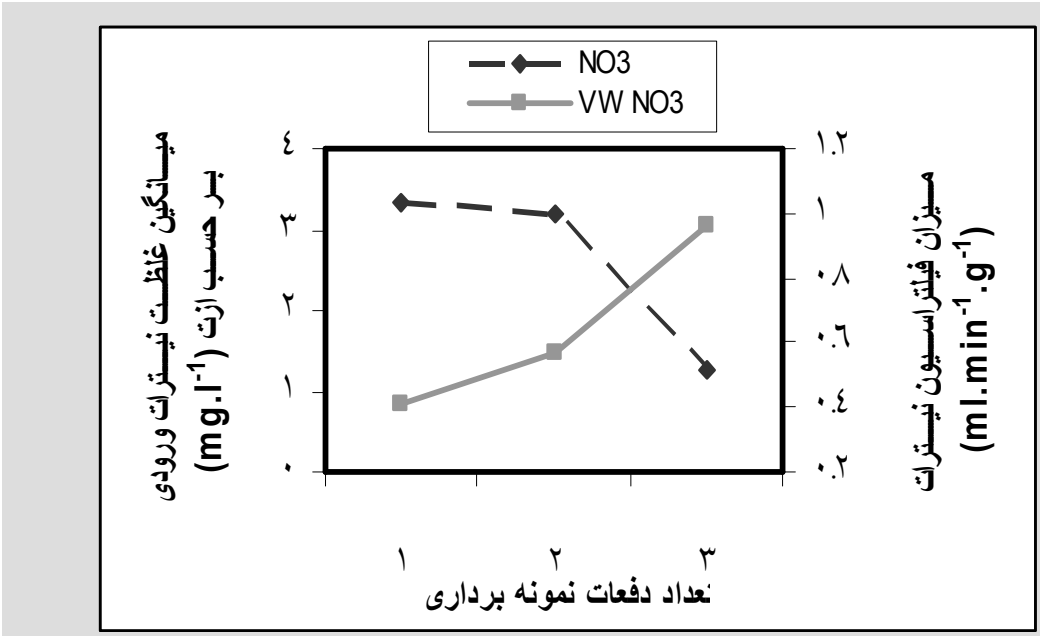
و آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنی دار در قبل و بعد از آزمایش است ($P<$۰/۰۲۳ ،t =۲/۱۳۲) (شکل۴) و با کاهش میانگین غلظت فسفات در ورودی فاضلاب از ۱/۴۷ به ۱/۰۳ و ۰/۵۱ میلی‌گرم بر لیتر، میزان فیلتراسیون فسفات توسط توده‌های صدف به ترتیب ۰/۲۴، ۰/۳۴ و ۰/۴۹ میلی‌لیتر در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک می‌باشد(R^2=۰/۹۹۸). آنالیز آماری نشان دهنده اختلاف معنی دار در قبل و بعد از آزمایش است ($P<$۰/۰۴۴، t =۲/۱۳۲) (شکل۵).



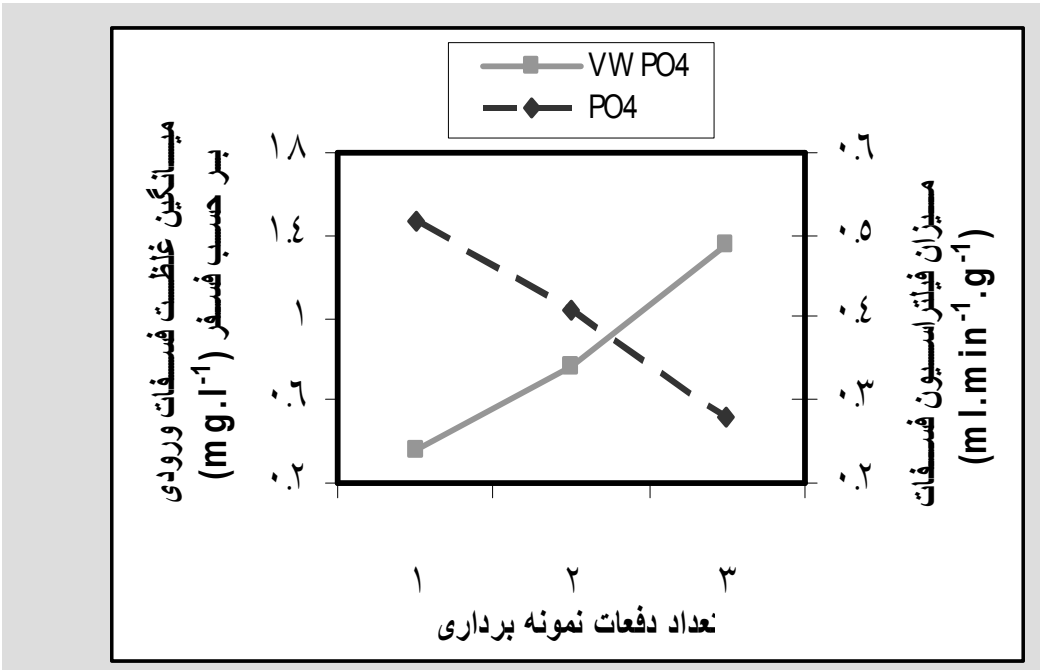
شکل ۲- روند تغییرات غلظت نیترات(برحسب ازت)توسط سه توده صدف درسیستم باز



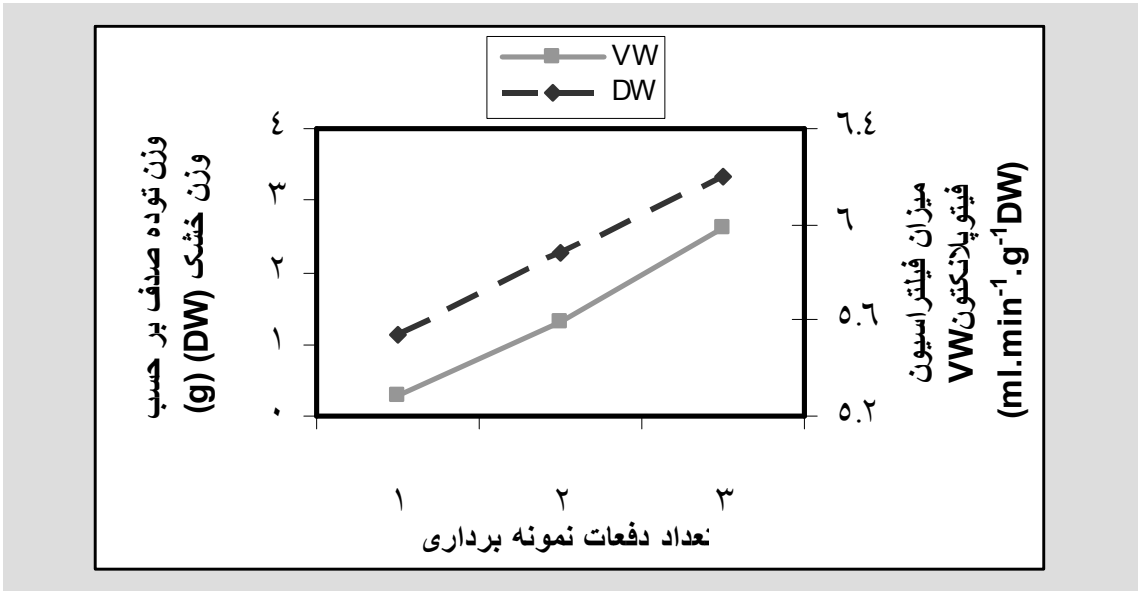
شکل ۳- روند تغییرات غلظت فسفات (بر حسب فسفر) توسط سه توده صدف در سیستم باز



شکل۴- کاهش غلظت نیترات(NO_3) ورودی وافزایش فیلتراسیون(V_w) نیترات درسیستم باز



شکل۵- کاهش غلظت فسفات(PO_4) ورودی وافزایش فیلتراسیون (V_w) فسفات درسیستم باز



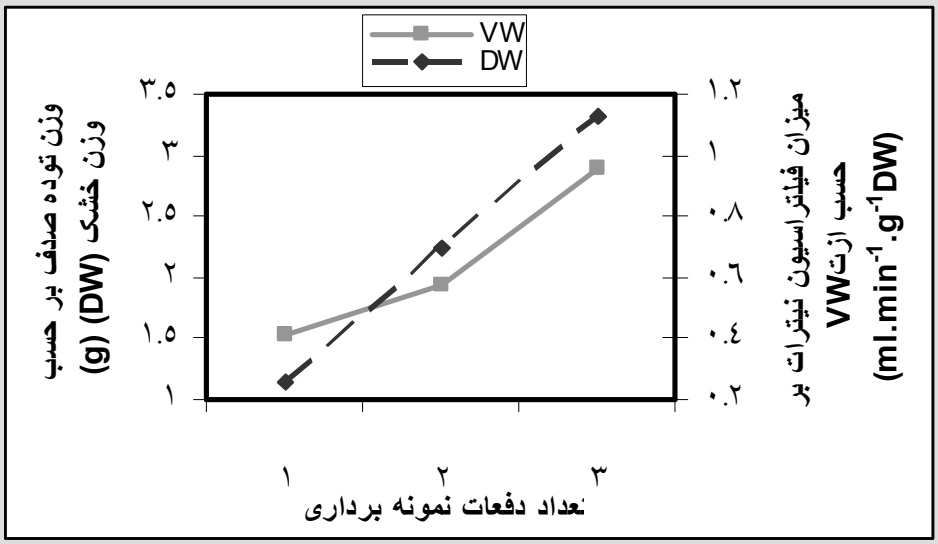
شکل ۶- رابطه افزایش میانگین وزن توده های صدف (DW) و افزایش فیلتراسیون (V_w) فیتوپلانکتونها درسیستم باز.

بررسی نتایج فیلتراسیون فیتوپلانکتون کلرلا و سندسموس توسط توده‌های صدف نشان می‌دهد، با افزایش وزن خشک توده‌های صدف از ۱/۱۵ به ۲/۲۵ و ۳/۳۱ گرم میزان فیلتراسیون فیتو پلانکتون‌ها توسط توده صدف از ۵/۲۸ به ۵/۵۹ و ۵/۹۹ میلی‌لیتر در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک افزایش یافته است. بنابراین بین وزن خشک توده‌های صدف و میزان فیلتراسیون فیتوپلانکتون‌ها همبستگی مثبت وجود دارد (R^2=۰/۹۹۶) (شکل۶).

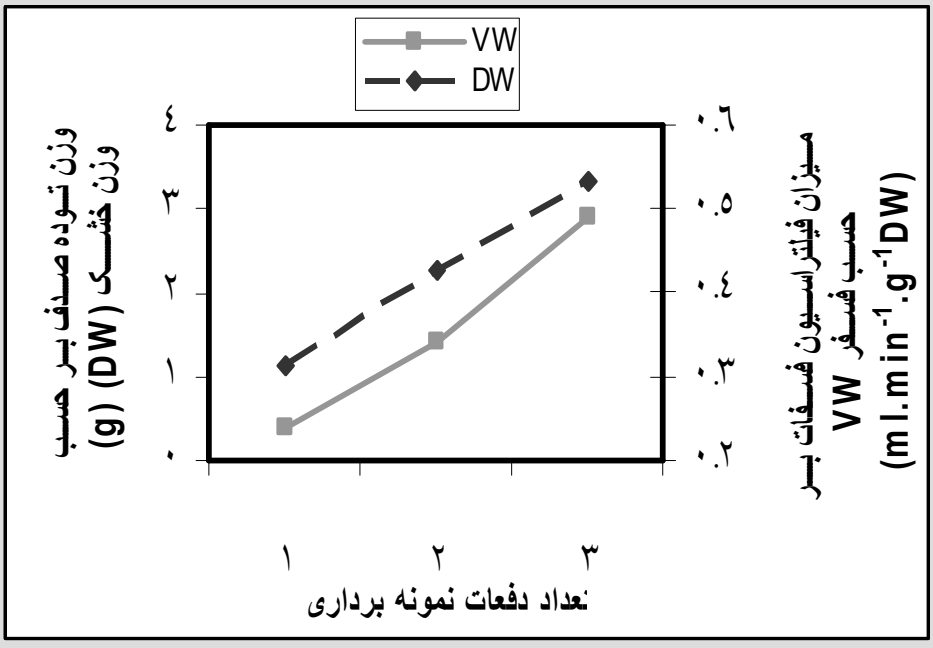
نتایج تغییرات وزن خشک توده‌های صدف و میزان فیلتراسیون نیترات (برحسب ازت) و فسفات (بر حسب فسفر) مشخص می‌سازد با افزایش میانگین وزن خشک توده‌های صدف از ۱/۱۵ به ۲/۲۵ و ۳/۳۱ گرم میزان فیلتراسیون میانگین نیترات از ۰/۴۱ به ۰/۵۷ و ۰/۹۶ میلی‌لیتر در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک افزایش یافته است و میزان فیلتراسیون میانگین فسفات از ۰/۲۴ به ۰/۳۴ و ۰/۴۹ میلی‌لیتر در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک افزایش یافته است. بنابراین بین وزن توده‌های صدف و میزان فیلتراسیون و جذب نیترات و فسفات توسط توده صدف همبستگی مثبت وجود دارد. نیترات (R^2=۰/۹۷۰) و فسفات (R^2=۰/۹۹۲) (شکل‌های ۷و۸). نرخ فیلتراسیون فیتوپلانکتون توسط توده‌های صدف، از ۶/۳۴ به ۵/۷۷، ۶/۲۶، ۷/۱۲، ۵/۴، ۶/۱۱ و ۴/۹۹ میلی‌لیتر در هر دقیقه به ازای هر گرم وزن خشک صدف تغییر ابد (شکل ۹).

بحث و نتیجه گیری

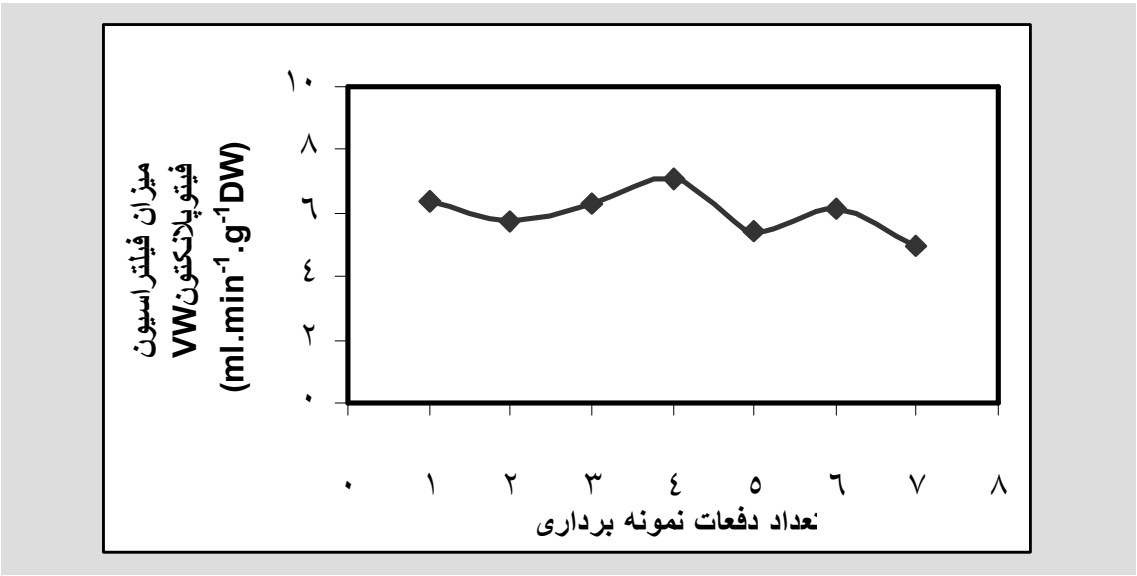
صدف *D. polymorpha* به عنوان شاخص هجوم ذرات به محیط‌های آبی می‌باشند (Patel, 1997) و غالباً در محل‌های تخلیه فاضلاب‌ها به محیط‌های آبی، دیده می‌شوند. این صدف‌ها از طریق فیلتراسیون مقادیر بالایی از ذرات پلانکتون و مواد بی جان باعث افزایش کیفیت آب می‌گردند.



شکل ۷- رابطه افزایش میانگین وزن توده های صدف (DW) وافزایش میزان فیلتراسیون (V_w) نیترات بر حسب ازت در سیستم باز



شکل ۸- رابطه افزایش میانگین وزن توده های صدف(DW) و افزایش فیلتراسیون(V_w) فسفات بر حسب فسفردرسیستم باز



شکل ۹- روند تغییرات درمیزان فیلتراسیون فیتوپلانکتون در طول ۲ ساعت در طی۷ بار نمونه برداری درسیستم باز

تحقیقاتی که در دریاچه Polish انجام شده نشان می‌دهد که *D. polymorpha* از طریق فیلتر کردن ذرات، بر روی غلظت نیتروژن و فسفر اثر می‌گذارد و۵۰ تا ۸۰ درصد نیتروژن و ۴۰ درصد فسفر را فیلتر می‌نماید و به صورت مدفوع و شبه مدفوع رسوب می‌دهد و بخش کوچکی از آن را در خود جذب می کند (Holland, *et al.*, 1995). طبق گفته Jorgensen و همکاران، میزان فیلتراسیون و شفافیت در واقع معادل حجمی از آب می‌باشد که موجود از مواد معلق و فیتوپلانکتون‌ها در واحد زمان تغذیه نموده است. بنابراین میزان تصفیه، برابر نرخ پمپاژ می باشد (Bunt, *et al.*, 1993). به همین منظور برای اندازه گیری نرخ فیلتراسیون از کشت توام (Dixenic) کلرلا و سندسموس که از فیتو پلانکتون‌های مورد استفاده این صدف در اکوسیستم‌های طبیعی می‌باشد، استفاده گردید.

Kraak و همکاران برای تعیین اثرات کوتاه مدت فلزات مس، روی و کادمیم بر صدف *D. polymorpha*، نرخ فیلتراسیون این صدف را از *polymorpha* ، نرخ فیلتراسیون این صدف را از طریق کاهش غلظت جلبک‌ها به‌دست آورده و به این صورت میزان تغذیه این نرم تن از فلزات مذکور را محاسبه نمودند (Kraak, *et al.*, 1994). در این تحقیق نیز نرخ فیلتراسیون از کاهش نمایی (Exponential) ذرات (فیتوپلانکتون، ذرات خنثی، رس و گلوله‌های پلاستکی هم اندازه...) از طریق وارد نمودن غلظت خاصی از مواد ریز در آب و محاسبه اختلاف غلظت بین ورودی و خروجی محاسبه گردید(Javanshir, 2001). نتایج نشان داد که جلبک‌های کلرلا و سندسموس قادر به کاهش غلظت نیترات و فسفات می‌باشند. جلبک‌ها نیترات آمونیوم و مواد آلی نیتروژن‌دار مثل اوره و فسفر را جهت رشد خود استفاده می‌کنند (Riahy, 2003). نتایج فیلتراسیون نیترات و فسفات توسط صدف

D. polymorpha نشان داد، میانگین غلظت نیترات و فسفات کاهش یافته است لکن همان‌طور که نتایج نشان داد توده‌های صدف میزان فسفات را به مقدار کمی کاهش داده‌اند بررسی که دردریاچه Erie، در قبل و بعد از حضور *D. polymorpha* انجام شده، نشان می‌دهد، در سال‌های ۱۹۸۵ تا۱۹۸۶ فسفر کل دریاچه، ۳۶ میکروگرم بر لیتر بوده و بعد از حضور صدف مزبور در سال‌های۱۹۹۱ تا ۱۹۹۳، به ۳۵ میکروگرم بر لیتر می‌رسد، که کاهشی حدود ۱۰ درصد را ظرف مدت تقریبی ۵ سال نشان می‌دهد (Holland, *et al.*, 1995). همچنین تحقیقات انجام شده در دریاچه Pepin در تابستان سال‌های۱۹۹۴تا ۱۹۹۶ نشان می‌دهد، اگرچه *D.polymorpha* بیشترین اثر را درچرخه نیترات و فسفات و نیز پویایی فیتوپلانکتون‌ها می‌گذارد، لکن رویهم رفته اثرات این صدف بر چرخه فسفر در مقایسه بار خروجی فسفر از آبریز و میانگین بار ورودی فسفر از رسوبات عمیق پایین می‌باشد (James, *et al.*, 1999).

تحقیقات نشان می‌دهد با افزایش غلظت، نرخ شفافیت توسط دوکفه ایها کاهش می‌یابد (Lei, *et al.*, 1996). صدف‌های *D.polymorpha* باتوجه به حضورنیترات کل در سیستم فاضلاب، نمی توانند آمونیم را با غلظت بیش از۲ میلی گرم بر لیتر تحمل کنند (Selegean and Heidtke, 1994). در آزمایشات انجام شده نیز دیده شد، به ازای توده صدفی۲۰ ،۴۰ و۶۰ گرم، نتایج فیلتراسیون در غلظت‌های بالای نیترات و فسفات (بالاتر از ۵ میلی گرم بر لیتر)، بی اثر و یا منفی بودند. بنابراین فاضلاب در ابتدا رقیق گشته (به میزان ۳/۵ میلی‌گرم در لیتر نیترات و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر فسفات) سپس این نمونه فاضلاب رقیق شده در اختیار توده‌های صدف قرار گرفت. طبق تحقیقات Jorgensen بین وزن (چه وزن خشک و چه وزن بدون خاکستر) و میزان فیلتراسیون رابطه‌ای وجود دارد که حتی براساس وزن، می‌توان نرخ فیلتراسیون را برآورد نمود (Jorgensen,1976) .

$Fr = a\,(W)^{b}$ Fr در این رابطه نرخ فیلتراسیون و W وزن صدف می‌باشد. بررسی نتایج نشان می‌دهد، با افزایش وزن خشک توده‌های صدف، میزان فیلتراسیون فیتو پلانکتون‌ها، نیترات و فسفات توسط توده صدف افزایش یافته است.

استرس ناشی از حمل و نقل به عنوان عاملی تأثیرگذار بر عملکرد فیلتراسیون صدف‌ها عمل می‌کند. مطالعات نشان داده وجود استرس در گونهٔ *Cerastoderma edule* می‌تواند فیلتراسیون را در مقادیر پایین محدود سازد. (Javanshir, 2001) بنابراین در این تحقیق کلیه آزمایشات بر روی صدف‌های مورد مطالعه پس از طی مدت زمان لازم جهت رفع و کاهش استرس‌های ناشی از حمل‌ونقل از محیط طبیعی به محیط مصنوعی، انجام گرفت و صدف‌ها در شرایط نسبتا طبیعی (بدون استرس) مورد آزمایش قرار گرفتند. تغییرات میزان فیلتراسیون کلرلا و سندسموس در طول ۲ ساعت در سیستم باز بیانگر این موضوع می‌باشد.

منابع

Abbaspor, M., (2003).*Environment Engineering*, Tehran: Azad university.

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

Bunt, C. M., H. J. MacIsaac and W. G. Sprules (1993). Pumping rate sand projected filtering impacts of juvenile Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*)

Javanshir, A. (2001). Influence of labratrema minimus trematoda: digenea on filteration rate performance of edible cockle cerastoderma edule in the extrema tenperature and salinity conditions (an in vitro experiment), *Ir. J. Fish. Sci.*, 73-94.

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

Jorgensen, C. B. (1990). *Bivalve filter feeding: hydrodynamics, bioenergetics, physiology and ecology*. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark.

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

Lei, J., B. S. Payne and S. Y. Wang (1996). Filtration dynamics of the Zebra mussel, *Dreissna polymorpha*, *Can. j. Fish. Aquat. Sci.*, 53: 29-37.

in the western basin of Lake Erie. *Can. j. Fish. Aquat.* Sci, 50: 1017-1022.

Erfanmanesh, M. & M. Afyoni (2000). *Environment pollution (Water, Soil, Air)*: Ardakan.

Esmailisari, A. (2000). *Bacteria, Algae, Fungus & Freshwater invertebrates*, Tehran: Fishery Research institute.

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

Holland, R. E., T. H. Johengen 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: 1202-1209.

James, W. F., J. W. Barko, M. Davis, H. L. Eakin, J. T. Rogala and A. C. Miller (1999). Filtration and excretion by Zebra mussel: Implication for Water Quality Impacts in Lake Pepin, upper Mississippi River: *Water quality technical note*. PD-05: 1-9.

Patel, M.. (1997). Fresh water Mussels, Interdicipling Minor in Global Sustainability, Senior Seminar.

Riahi, H., (2002), "Algology", Alzahra universiy,1-60.

Selegean, J. P. and T.M. heidtke (1994). *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.

Standard methods for the examination of water and waste water (1992). version2.

U.S. Army Engineer waterways, (1998), "Impact of zebra mussel in festation on water quality", zebra mussel Research program, 1-10.

Zohorian, M. (2001). *The development of urban wastewater plant in order to reduction of Nitrate and Phosphate:* M.Sc. Thesis of Azad university.