بررسی شیمی رسوبات پیرامون قفس‌های پرورش ماهی در منطقه جنوبی دریای خزر (منطقه نوشهر)

حسن نصراله زاده ساروی*[۱]، ولی اله محمدزاده[۲]، عسگرمنعمی[۲]، فریبا واحدی[۱]، محمد علی افرایی بندپی[۱]، مهدیه بالویی[۱]، آسیه مخلوق[۱]، عبداله نصراله تبار[۱]، احد احمدنژاد[۱]، غلامرضا دریانبرد[۱]

*hnsaravi@gmail.com

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، ساری، ایران
۲- اداره کل شیلات مازندران، سازمان شیلات ایران، بابلسر، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

استقرار قفس آبزی‌پروری در مکان مناسب با حداقل اثرات نامطلوب براکوسیستم همراه خواهد بود. لذا، در پایش پرورش ماهی در قفس، کیفیت رسوب بسیار با اهمیت می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی برخی پارامترهای شیمی رسوبات پیرامون قفس‌های پرورش ماهی در حوزه جنوبی دریای خزر (منطقه نوشهر) می‌باشد. نمونه‌برداری در چهار مرحله از دوره پرورش طی سال ۹۷-۱۳۹۶، در ایستگاه‌های سایه قفس، فاصله ۲۰۰ متر و ۱۰۰۰ متر از قفس‌ها در چهار جهت جغرافیایی انجام پذیرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات فرم‌های مختلف فسفر از قبیل فسفر جذب سطحی (Loosely-P)، فسفر متصل به آهن (Fe-P)، فسفر متصل به آلومینیم (Al-P)، فسفر قابل دسترس (Bioava.-P)، فسفر متصل به کلسیم (Ca-P)، فسفر معدنی(TIP)، فسفر باقیمانده (Res.-P) و فسفر کل (TP) بترتیب برابر ۱۳/۸-۱/۲، ۱۱۴-۲۲، ۱۲۱-۱۲، ۲۱۱-۳۷، ۲۱۷۰-۶۱، ۲۲۲۳-۱۵۰، ۹۳۷-۰ و ۲۲۸۳-۲۰۳ میکروگرم برگرم وزن خشک بوده است. غلظت اشکال مختلف فسفر در رسوبات بترتیب Ca-P> Res.-P >Fe-P>Al-P>Loosely-P ثبت گردید. همچنین تغییرات میزان pH، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء (Eh) و درصدکربن آلی (TOC%) بترتیب برابر ۸/۶۰-۸/۰۵ ، (۸۳-)- (۶۷-) و ۱/۳۶-۷/۸۷ درصد بوده است. این مطالعه نشان داد که در جذب و رهاسازی فسفر جذب سطحی، فسفر متصل به آهن (Fe-P) و فسفر متصل به آلومینیم (Al-P) بترتیب عامل دما، پتانسیل اکسیداسیون احیاء و pH نقش بارزی ایفاء کردند. با مقایسه کربن آلی کل (۲/۶۰-۱/۹۷ درصد) با حد آستانه‌ای مجاز مشخص گردید که رسوبات منطقه نوشهر در گروه اثرات متوسط آلودگی قرار داشت.

لغات کلیدی: پارامترهای محیطی، رسوبات سطحی، پرورش ماهی در قفس، دریای خزر، منطقه نوشهر

*نویسنده مسئول

مقدمه

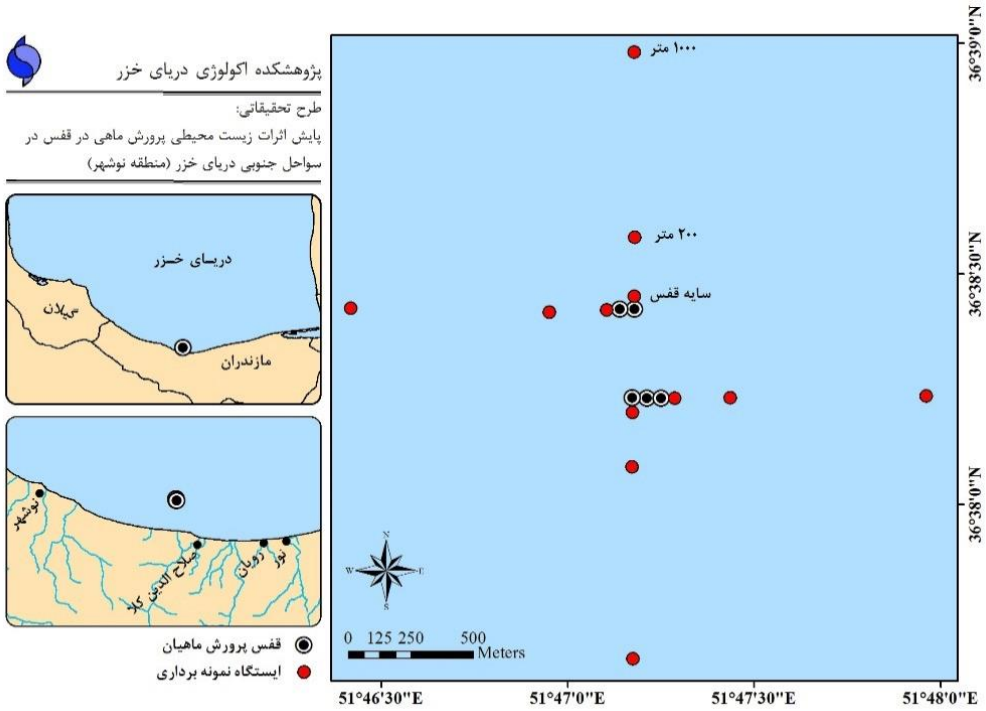
از آنجایی که دریای خزر به عنوان یک اکوسیستم بسته بشمار می‌آید، بیشتر از سایر دریاها تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی[1] قرار دارد. در پایش پرورش ماهی در قفس، در نظر گرفتن کیفیت رسوبات بسیار با اهمیت می‌باشد. در صورت تعیین مکان مناسب برای استقرار قفس، آبزی پروری دریایی با حداقل اثرات نامطلوب بر اکوسیستم همراه خواهد بود. مطالعات گوناگون نشان داد که درصد قابل ملاحظه‌ای از ترکیبات آلی ناشی از آبزی‌پروری در رسوبات پیرامون قفس ته‌نشین می‌شوند که سبب تغییر کیفیت رسوبات خواهند شد (Holby and Hall, 1991; Wu, 1995; Pittenger *et al.*, 2007; Buschmann *et al.*, 2009). Shakouri (۲۰۰۳) در مطالعه رسوبات منطقه اروپای شمالی (Icelandic fjord)، افزایش مشخصی از همه پارامترهای محیطی (ترکیبات دارای نیتروژن، فسفر و کربن) در ایستگاه ۱ (۵ متر فاصله از قفس) در مقایسه با ایستگاه شاهد مشاهده نمود، اگرچه این افزایش دارای تفاوت معنی‌دار نبود. پارامترهای مذکور بین ایستگاه شاهد (۶۰۰ متر از قفس) و ایستگاه ۲ (۹۵ متر از قفس) نیز تفاوتی نشان ندادند. به عبارت دیگر، تأثیر آبزی‌پروری در قفس بر محیط اطراف قفس ناچیز بود که علت آن را به عمق آب و سرعت متوسط جریان آب در منطقه استقرار قفس نسبت داد. Braaten (۲۰۰۷) گزارش داد که ۵۰ درصد از فسفر غذای ماهی قزل آلا در نهایت در رسوبات زیر قفس ذخیره می‌شود. وی طی دو سال نمونه‌برداری رسوبات در یک مزرعه ماهی قزل آلای نروژی دریافت که در طول دوره تولید، غلظت فسفر در زیر قفس‌ها و حتی ۵۵۰ متر دورتر از قفس در مقایسه با نمونه‌های جمع‌آوری شده قبل از آبزی‌پروری و سایت‌های مرجع (تا ۳۰۰۰ متر) بیشتر بود بطوریکه غلظت فسفر رسوبات در پیرامون قفس بیش از ۱۵۰۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در دورتر از قفس، کمتر از ۱۰۰۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک ثبت گردید. در پرورش ماهی آزاد، سالانه ۵۴٪-۴۷٪ فسفر به صورت مواد معلق به رسوبات وارد می‌شوند (Holby and Hall, 1991). Wang و همکاران (۲۰۱۴) عنوان نمودند که فعالیت‌های آبزی‌پروری در قفس، حجم بالایی از مواد مغذی، مواد معلق و آلی را در رسوبات وارد می‌کند که سبب غنی شدن رسوبات در مجاورت قفس می‌گردد. بنابراین، با توجه به اهمیت حفظ شرایط زیست محیطی دریای خزر و اثرات آبزی‌پروری دریایی بر رسوبات و همچنین کمبود مطالعات ژئوشیمیایی، در این مطالعه به روند تغییرات پارامترهای شیمی رسوبات پیرامون سایت قفس های شناور دریایی در حوزه جنوبی دریای خزر (منطقه نوشهر) و مقایسه با سالهای قبل پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

در این پروژه نمونه‌برداری از یک سایت پرورش ماهی در قفس در استان مازندران، منطقه نوشهر صورت گرفت .تعداد ۴۸ نمونه رسوب سطحی بوسیله نمونه‌بردار ون وین گرب (Van Veen grab Sampler) در چهار مرحله (در شروع فعالیت پرورش ماهی در قفس، میان دوره، پایان دوره و دو ماه بعد از اتمام فعالیت پرورش ماهی در قفس) جمع‌آوری گردیدند. ایستگاه‌ها در چهار جهت اصلی جغرافیایی (شمال، جنوب، شرق و غرب) و در فواصل مختلف شامل سایه قفس ،۲۰۰ متر و ۱۰۰۰ متر از سایت پرورش ماهی قرار داشتند (شکل ۱). در این تحقیق از روش استخراج متوالی برای جداسازی انواع فسفر موجود در رسوبات دریای خزر استفاده شد (Psenner *et al.*, 1984). در این روش امکان جداسازی پنج شکل مختلف فسفر شامل فسفر جذب سطحی (Loosely-P)، فسفر متصل به آهن (Fe-P)، فسفر متصل به آلومینیم (Al-P)، فسفر متصل به کلسیم (Ca-P) و فسفر باقیمانده (Res.-P) فراهم شد. همچنین فسفر قابل دسترس رسوبات (Bioavaiable-P= Bioava.-P) (مجموع سه شکل جذب سطحی، آهن و آلومینیم) مورد بررسی قرار گرفت. pH و Eh (redox potential) در محلول شفاف بالایی با دستگاه pH متر اندازه گیری شد. میزان درصد کل کربن آلی (TOC) به روش غیر مستقیم با استفاده از کل مواد آلی (TOM) با فرمول ذیل محاسبه گردید (Jimenz and Garci, 1992):

Total organic carbon (%) = Organic matter (%)/1.724

[1] Anthropogenic



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری پیرامون قفس های دریایی در حوزه جنوبی دریای خزر-منطقه نوشهر
Figure 1: Geographical location of sampling stations around fish cages in the southern Caspian Sea-Nowshahr region

کلیه داده‌ها بر اساس رتبه‌بندی منتقل گردیده و سپس با آزمون های کمولگروف-سیمیروف (Kolmogorov-Smirnov) و شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) نرمال بودن آن تایید گردید (جدول ۱). برای داده‌های نرمال شده ($p>۰/۰۵$) آزمون پارامتریک (ANOVA) و آزمون رگراسیون گام به گام[1] و برای متغیر فسفر باقیمانده که دارای توزیع نرمال نبود ($p<۰/۰۵$)) از آزمون کروسکال-والیس استفاده گردید (نصیری، ۱۳۸۸). داده‌های دما و شوری مورد استفاده در آزمون رگراسیون گام به گام، برگرفته از مطالعه نصراله تبار (۱۳۹۸) می باشد.

نتایج

غلظت اشکال مختلف فسفر رسوبات سطحی در دوره ها و فواصل مختلف پرورش ماهی در قفس در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین و میانه فسفر کل، فسفر معدنی، فسفر قابل دسترس رسوبات (Bioava.-P)، فسفر باقیمانده بترتیب برابر ۶۰۲±۱۲۳۹ و ۱۳۷۵، ۵۹۲±۱۱۳۶ و ۱۳۴۴، ۴۰±۱۳۰ و ۱۲۴، ۵۸۱±۱۰۰۷ و ۱۲۱۲، ۱۹۴±۱۳۵ و ۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. بر اساس آزمون واریانس یکطرفه میانگین تمام اشکال مختلف فسفر بین دوره‌ها و فواصل مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$).

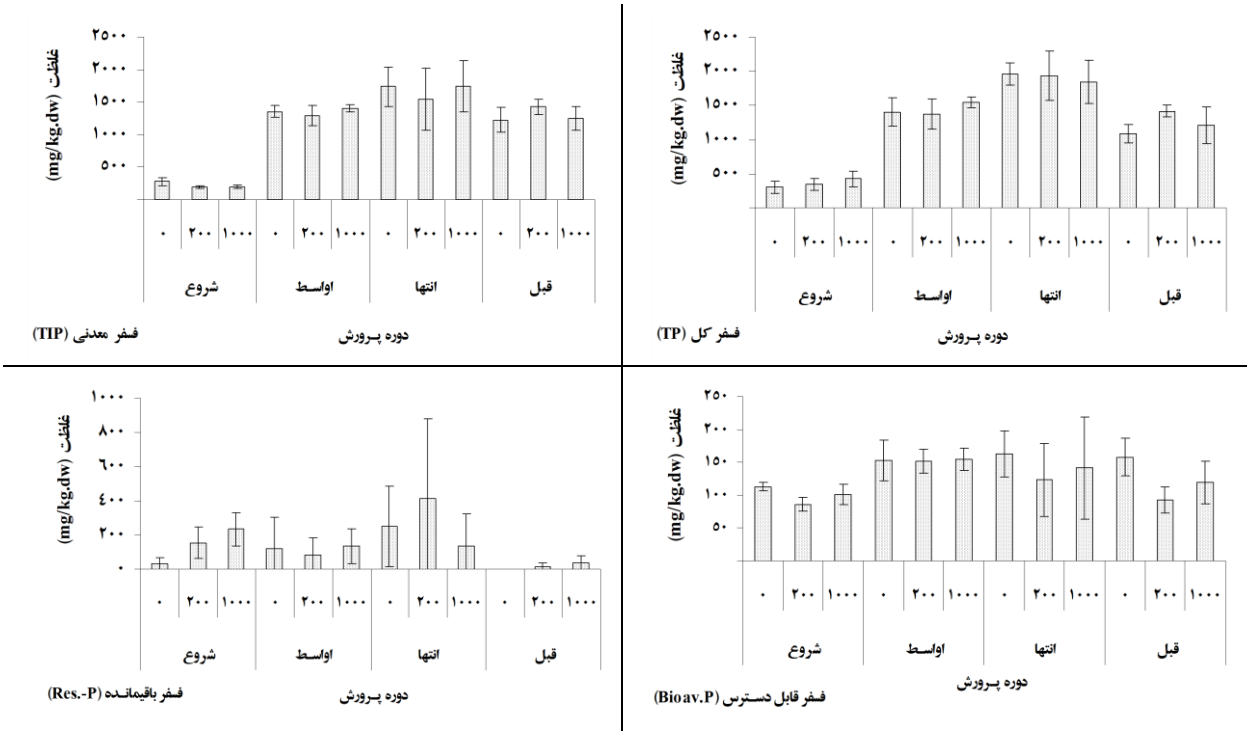
نتایج درصد اشکال مختلف فسفر قابل دسترس رسوبات سطحی نشان می‌دهد که در ایستگاههای مختلف در میان سه فرم فسفر قابل‌دسترس (فسفرجذب سطحی، فسفر متصل به آهن و فسفر متصل به آلومینیم) فسفر متصل به آهن بیشترین و فسفر جذب سطحی کمترین درصد را دارا بوده است (شکل ۳).

[1] Stepwise regression

جدول ۱: آزمون های نرمال بودن داده های انتقال یافته با روش انتقال رتبه بندی متغیرهای شیمی رسوبات

Table 1: Normality Testes of the transferred data by the Rankit method of sediment chemistry variables

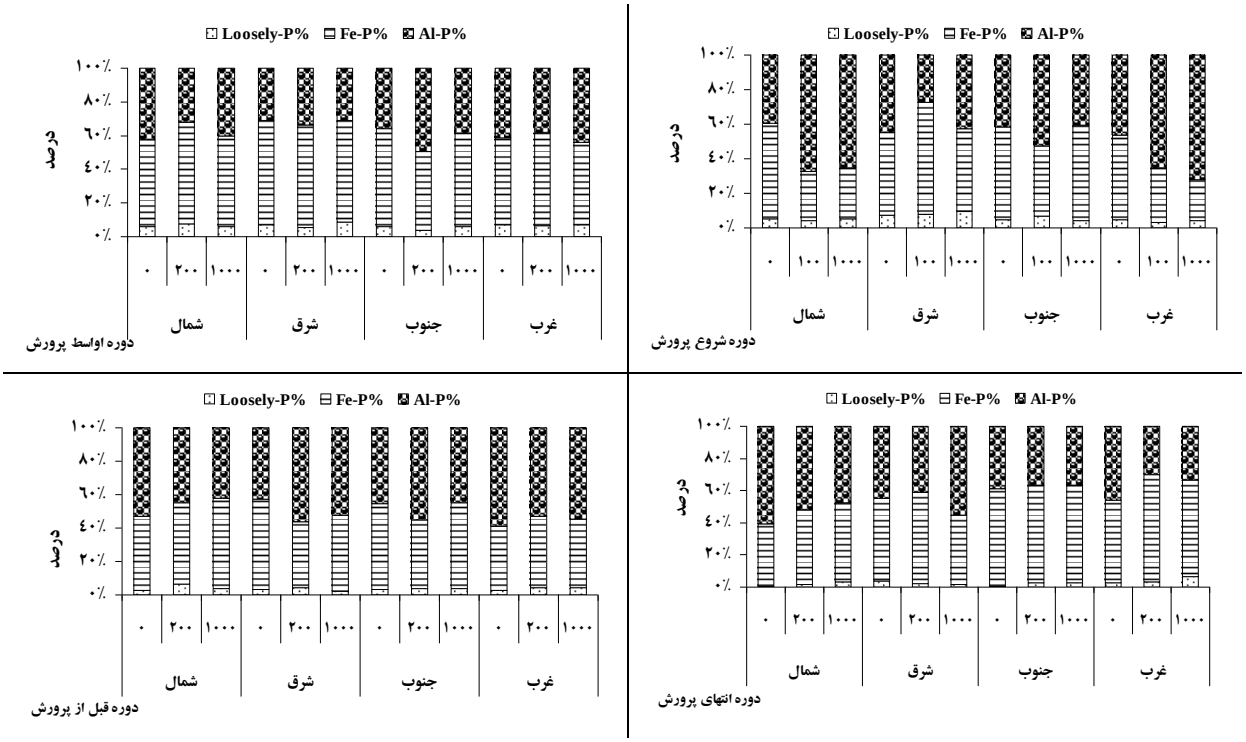
متغیرها	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	درجه آزادی	Sig.	درجه آزادی	Sig.
pH	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۱/۰۰
Eh	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۱/۰۰
TOC%	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۱/۰۰
Loosely-P	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۰/۹۹۸
Fe-P	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۱/۰۰
Al-P	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۱/۰۰
Bioava.-P	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۱/۰۰
Ca-P	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۱/۰۰
TIP	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۱/۰۰
TP	۴۸	۰/۲۰۰	۴۸	۱/۰۰
Res.-P	۴۸	۰/۰۷۸	۴۸	۰/۰۵۰



شکل ۲: غلظت فسفر کل، فسفر معدنی، فسفر قابل دسترس و فسفر باقیمانده (میلی‌گرم برکیلوگرم وزن خشک) رسوبات در سایت پرورش ماهی در قفس در دوره ها و فواصل طولی مختلف (۹۷-۱۳۹۶)

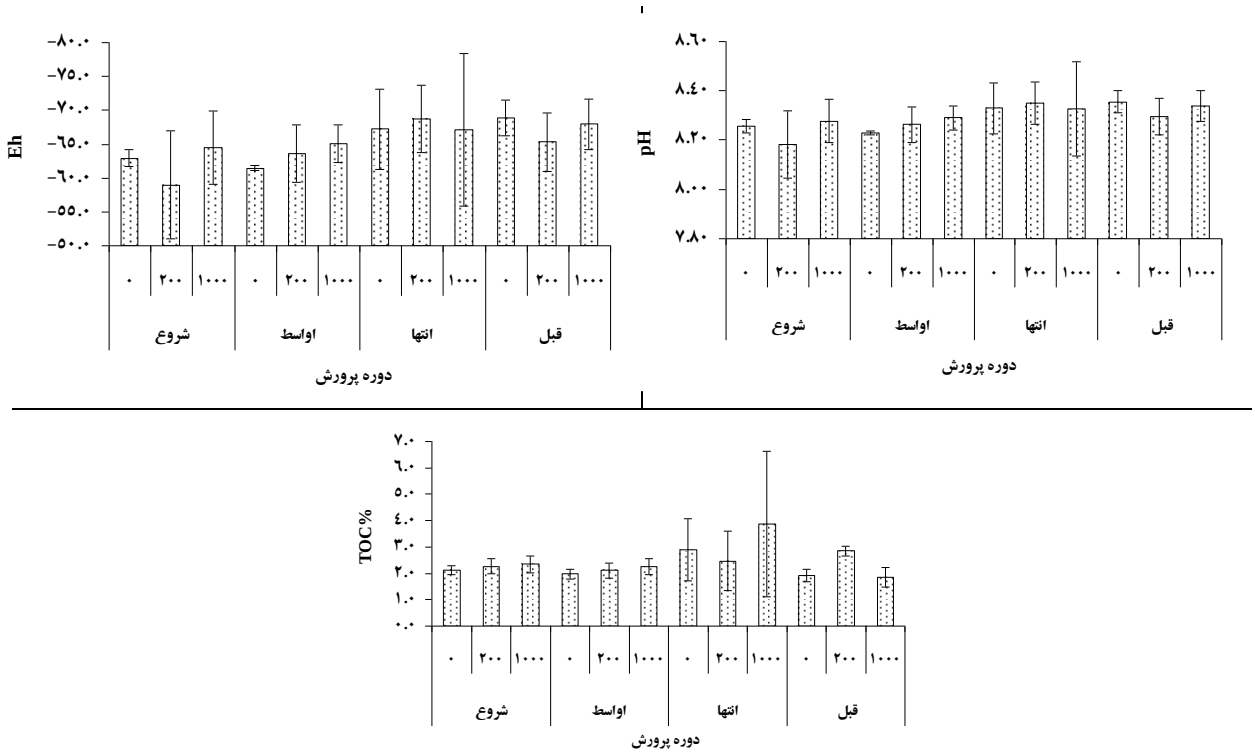
Figure 2:Concentrations of total phosphorous, inorganic phosphorous, available phosphorous and residual phosphorous (mg/kg. dry weight) in the sediments of the fish cage culture sites at different periods and longitudinal distances (2017-18)

شکل ۴ تغییرات pH ، Eh و TOC% رسوبات سطحی در دوره‌ها و فواصل مختلف پرورش ماهی را در قفس نشان می‌دهد. میانگین و میانه pH بترتیب برابر ۸/۲۹±۰/۱۰ و ۸/۲۹ ثبت شد. میانگین و میانه Eh بترتیب برابر (۶-±۶۵) و ۶۵- بود. آزمون واریانس یکطرفه میانگین Eh بین دوره‌ها و فواصل مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵). میانگین و میانه TOC% بترتیب برابر ۱/۰۰±۲/۴۱و ۲/۱۴ بدست آمد. براساس آزمون واریانس یکطرفه میانگین TOC% بین دوره‌ها و فواصل مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد (p>۰/۰۵).



شکل ۳: درصد اشکال مختلف فسفر قابل دسترس رسوبات در سایت پرورش ماهی در قفس در دوره ها و فواصل طولی مختلف (۹۷-۱۳۹۶)

Figure 3: Percentage of different forms of available phosphorus in the sediments of the fish cage culture sites at different periods and longitudinal distances (2017-18)



شکل ٤: تغییرات pH ، Eh و %TOCرسوبات در سایت پرورش ماهی در قفس در دوره ها و فواصل طولی مختلف (۹۷-۱۳۹۶)

Figure 4: Changes in pH, Eh and TOC% in the sediments of the fish cage culture sites at different periods and longitudinal distances (2017-18)

بحث

نتایج این تحقیق اختلاف معنی‌داری از میانگین سالانه اشکال مختلف فسفر بین دوره‌ها و فواصل مختلف نشان داد که این امر احتمالاً به دلیل تغییرات مکانی (فواصل مختلف) و تغییرات زیاد اشکال مختلف فسفر در رسوبات سطحی می‌باشد که با مطالعه Pergent-Martini و همکاران (۲۰۰۶) و Porrello و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. همچنین در حوزه جنوبی دریای خزر با توجه تغییرات فصلی (زمانی) به همراه تغییرات فرآیندهای اکولوژیک (تغییر پارامترهای غیرزیستی و زیستی) (Nasrollahzadeh, 2008) و نیز فعالیت‌های آبزی‌پروری، تغییرات معنی‌دار پارامترهای محیطی رسوبات دور از انتظار نیست.

فسفر جذب سطحی دارای کمترین درصد (۵ درصد) در بین فسفر قابل دسترس بود. می‌توان اظهار نمود که کمتر بودن فسفر جذب سطحی یا فسفر قابل مبادله بدین دلیل می‌باشد که این فرم از فسفر را موجودات زنده دریایی به طور مستقیم استفاده می‌کنند. هر چند سایر فرم‌های فسفر نیز با تبدیل فرم فسفر محلول می‌توانند در دسترس جانداران دریایی قرار گیرند. Zhang و Huang (۲۰۱۱) با مطالعه جذب فسفات بر رسوبات خلیج فلوریدا (دما و شوری آب بترتیب ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۳۶ گرم بر لیتر) گزارش کردند که ظرفیت جذب در خلیج به طور قابل توجهی متفاوت است و آن را به چگونگی رسوبگذاری فسفر و آهن نسبت دادند. آنها هر دو پارامتر دما و شوری را بر روند جذب فسفر در رسوب موثر دانستند بطوریکه جذب فسفر در رسوبات خلیج فلوریدا با افزایش دما و کاهش شوری افزایش می‌یابد. Nasrollahzadeh Saravi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که دما یکی از پارامترهای کنترل و آزادسازی فسفر از رسوبات می باشد. در دریای خزر، در لایه آبی نزدیک به رسوبات[1] در تابستان با افزایش دما در عمق ۱۰ متر افزایش انتشار فسفر

[1] Overlying water

مشاهده گردید. اما در اعماق و سایر فصول به دلیل دمای پایین، آزادسازی اشکال مختلف فسفر مشهود نبود که با نتایج مذکور مطابقت دارد. اما در تحقیق حاضر، آنالیز رگراسیون گام به گام نشان داد که ارتباط غلظت فسفر جذب سطحی (Loosely-P) در سایه قفس با دما معنی‌دار و منفی ($p<۰/۰۵$ ، $ß=-۰/۵۰$) بود و سایر اشکال فسفر ارتباط معنی‌داری با دما نداشتند ($p>۰/۰۵$). نتایج این آنالیز با مطالعه Zhang و Huang (۲۰۱۱) در خلیج فلوریدا همخوانی ندارد. در خلیج فلوریدا، فعالیت‌های آبزی‌پروری صورت نمی‌گیرد. اما در تحقیق حاضر، احتمالاً فعالیت پرورش ماهی در قفس بر غلظت فسفر جذب سطحی در دمای پایین تاثیرگذار بود بطوریکه بیشترین غلظت فسفر جذب سطحی در فصل بهار (در اواسط دوره پرورش) با دمای میانگین ۱/۶±۱۰/۰ درجه سانتی‌گراد (حداقل دما عمقی) ثبت گردید و بیانگر تاثیر این فعالیت بود. با توجه به اینکه در حوزه جنوبی دریای خزر، شوری فقط در نوار ساحلی دارای تغییرات مشخصی می‌باشد، نقش دما در جذب و رهاسازی فسفر جذب سطحی در مقایسه با سایر عوامل (شوری، میکروارگانیزم‌ها و...) بیشتر نمود پیدا می‌کند.

نتایج این تحقیق نشان داد که فسفر قابل دسترس غالباً به اشکال فسفر متصل به اکسیدهای آلومینیم با ۴۶ درصد و فسفر متصل به اکسیدهای آهن با ۵۰ درصد در رسوبات مشاهده گردید بطوریکه میانگین سالانه فسفر متصل به آهن (Fe-P) متصل به آلومینیم (Al-P) بترتیب ۱۱/۵ و ۱۰/۵ برابر فسفر جذب سطحی (Loosely-P) بود.

در رسوبات با پتانسیل احیایی کمتر از ۲۰۰ میلی ولت، آهن از حالت سه ظرفیتی (Fe^{+3}) و به صورت فسفات آهن III (FePO4) احیاء شده و به آهن دو ظرفیتی (Fe^{+2}) به صورت فسفات آهن II (Fe3(PO4)2) تبدیل می‌شود که یک ترکیب محلول در آب بود و فیتوپلانکتون‌ها و سایر تولیدکنندگان اولیه می‌توانند فسفات حاصله را مصرف کنند (Chang and Jackson, 1957; Abel Shilla *et al.*, 2009). منفی بودن پتانسیل احیایی رسوبات بیانگر غنی بودن موادآلی، دانه بندی ریز سایز، کم بودن اکسیژن و غیر هوازی بودن آنهاست (Winsby *et al.*, 1996). در مطالعه نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۵) میانگین پتانسیل احیایی رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای‌خزر در سال ۱۳۹۲ در محدوده (۷۴-) – (۶۴-) میلی ولت گزارش گردید. در مطالعه حاضر نیز دامنه پتانسل احیایی برابر (۸۳-) – (۵۱-) میلی ولت بود. با توجه به اینکه این مقادیر خیلی کمتر از ۲۰۰ میلی ولت می‌باشد، نقش پررنگ این عامل در رهاسازی فسفر متصل به آهن در رسوبات دریای خزر آشکار می‌شود. با توجه به گزارش EAO (۱۹۹۶)، در کشور اسکاتلند که پرورش ماهی آزاد در قفس صورت می‌گیرد، میزان پتانسیل احیایی کمتر ۱۵۰- میلی ولت بود زیرا ورود مواد آلی به رسوبات سبب کاهش پتانسیل احیایی گردید (Crawford, 2003). در مطالعه حاضر نیز وجود قفس دریایی سبب کاهش پتانسیل احیایی در این منطقه از دریای خزر شد که با نتایج مذکور مطابقت دارد. غالباً میزان فسفر متصل به آلومینیوم (Al-P) تحت تاثیر pH محیط قرار دارد. با افزایش pH، یون‌های هیدروکسید با رقابت با یون‌های فسفات جایگزین آنها می‌شوند و در نتیجه فسفات از رسوبات آزاد می‌شود. pH لازم برای جایگزینی هیدروکسیدهای فلزی مانند آهن و آلومینیوم حدود ۹-۸ است. نتایج تحقیق نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که میزان pH در رسوبات از ۸/۰۶ در فصل پائیز الی ۸/۲۸ در فصل تابستان متغیر بوده و همچنین در تحقیق حاضر در محل فعالیت آبزی‌پروری تغییرات H رسوبات در دامنه ۸/۳۳-۸/۲۳ بوده که کمی بیش از نتایج قبل بوده است. در میان انواع مختلف طبیعی اکسی-هیدروکسی آهن دارای بیشترین ظرفیت جذب با فسفر است (Berner,1973).

در تحقیق حاضر غلظت Fe-P ۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک را بخود اختصاص داده است. در مطالعه Nasrollahzadeh Saravi و همکاران (۲۰۱۵) میانگین سالانه Fe-P برابر ۴۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک در نوار ساحلی ثبت گردید که کمتر از تحقیق حاضر بود. همچنین Samadi-Maybodi و همکاران (۲۰۱۳) فراوانی نسبی میزان Fe-P را در رده دوم گزارش کردند که مشابه با تحقیق حاضر است. همچنین در تحقیق حاضر

Al-P (۵۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در رده سوم اهمیت قرار دارد. در مطالعه Nasrollahzadeh Saravi و همکاران (۲۰۱۵) نیز Al-P از نظر فراوانی نسبی در رده سوم قرار گرفت که با تحقیق حاضر مشابه است.

در واقع، فسفر باقیمانده شامل مجموع فسفر آلی و فسفر مقاوم (انواعی از فسفر آلی که قابل دسترس نیست) می‌باشد. با توجه به اینکه استقرار قفس دریایی با افزایش فسفر بخصوص فسفر آلی در رسوبات آن منطقه همراه می گردد (EAO, 1996)، افزایش این شکل از فسفر در رسوبات منطقه نوشهر (در محل پرورش ماهی در قفس) انتظار می‌رود. اگر در مطالعه حاضر فاصله ۱۰۰۰ متر را به عنوان مرجع در نظر بگیرید، نتایج آنالیز آماری اختلاف معنی‌داری بین فواصل نشان نداد که با مطالعات Shakouri (۲۰۰۳) مطابقت داشت. اما در برخی از مطالعات تغییرات پارامتر مذکور در این فواصل با سایت مرجع معنی‌دار بود (Porrello *et al.*, 2005; Tsutsumi *et al.*, 2006; Braaten, 2007; Yokoyama *et al.*, 2009) که شاید به دلیل تولید بیشتر و فعالیت‌های چند ساله اثرات آبزی‌پروری دریایی باشد. مقایسه پارامترهای محیطی رسوبات در مطالعه حاضر با سالهای قبل در ایستگاه نزدیک به سایت پرورش ماهی در قفس نشان داد که میانگین پارامترهای فسفرکل، فسفر معدنی، فسفر قابل دسترس و فسفر متصل به آلومینیم، فسفر متصل به آهن و فسفر متصل به کلسیم نسبت به سال ۹۱-۱۳۹۰ (منطقه کلارآباد و قبل از ماهی دار کردن قفس های دریایی) بیشتر بود که بیانگر تاثیر فعالیت‌های آبزی پروری بر منطقه می‌باشد. در میان اشکال مختلف فسفر، فسفر جذب سطحی تقریباً در بین سه سال مشابه بود. اما فسفر باقیمانده نسبت به منطقه کلارآباد (۹۱-۱۳۹۰) (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۵) کمتر و نسبت به منطقه نوشهر (۱۳۹۲) (Niyazi *et al.*, 2016) بیشتر بود. همچنین مقایسه فسفر باقیمانده و فسفر معدنی در تحقیق حاضر و منطقه کلارآباد نشان می‌دهد که با فعالیت آبزی‌پروری فرم معدنی نیز بیشتر از فسفر باقیمانده می‌شود. به بیان دیگر، معدنی شدن فرم‌های فسفر آلی (Miniralization) بهتر صورت می‌پذیرد. Wangو همکاران (۲۰۱۴) عنوان نمودند که با فعالیت‌های آبزی‌پروری در قفس در هنگ‌کنگ میزان فسفر کل در رسوبات نسبت به سایت مرجع (بدون فعالیت آبزی‌پروری) ۱۳/۲ برابر بیشتر بود و در تحقیق حاضر نیز میزان فسفر کل رسوبات در مقایسه با سایت مرجع (سال ۹۱-۱۳۹۰، منطقه کلارآباد) ۴ برابر برآورد گردید که با نتایج مذکور مشابه است.

در ایران با توجه به کاهش صید آبزیان و محدودیت های استفاده از آبهای شیرین، رویکرد افزایش تولید به سمت آبزی‌پروری دریایی (پرورش ماهی در قفس) و استفاده از آبهای لب شور دریای خزر معطوف گردیده است. با در نظر گرفتن این نکته که تاکنون در حوزه جنوبی دریای خزر آبزی‌پروری دریایی در مقیاس کوچک[1] انجام شده است و هنوز به مقیاس تجاری[2] نرسیده است و با توجه به نتایج مطالعه حاضر، موضوع تغییر کیفیت رسوبات در منطقه باید مورد توجه و پایش قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پروژه تحقیقاتی با عنوان "پایش اثرات زیست محیطی پرورش ماهی درقفس در حوزه جنوبی دریای خزر (منطقه نوشهر)" است که طی سال ۹۷-۱۳۹۶ در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انجام گردید. بدینوسیله از موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور که زمینه علمی و آزمایشگاهی و اداره کل شیلات مازندران که پشتیبانی مالی این تحقیق را فراهم آوردند، سپاسگزاری می‌گردد. همچنین تشکر و قدردانی خود را از کلیه همکاران و دست اندرکاران محترم در بخش اکولوژی و نیز نمونه‌برداران پژوهشکده ابراز می‌داریم.

منابع

نصراله تبار، ع.، ۱۳۹۸. بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب پیرامون قفس های پرورش ماهی درسواحل جنوبی دریای خزر (نوشهر). موسسه

[1] Small scale
[2] Commercial scale

تحقیقات علوم شیلاتی کشور کد مصوب (۹۸۰۹۱-۰۲۲-۱۲-۷۶-۲۴).

نصراله زاده ساروی، ح.، نصراله تبار، ع.، واحدی، ف.، مخلوق، آ. و پورنگ، ن.، ۱۳۹۵. بررسی مواد مغذی رسوبات در محدوده استقرار قفس های پرورش ماهی واقع در سواحل دریای مازندران (شهرستان کلارآباد). مجله زیست شناسی دریا، ۸(۳۱): ۳۴-۲۱.

نصیری، ر.، ۱۳۸۸. آموزش گام به گام SPSS17. تهران: مرکز فرهنگی نشر گستر. ۳۴۴ ص.

Abel Shilla, D., Asaeda, T. and Kalibbala, M., 2009. Phosphorus speciation in Myall Lake sediment, NSW, Australia. *Wetlands Ecology and Management*, 17: 85–91. Doi: 10.1007/s11273-008-9087-5.

Berner, R.A., 1973. Phosphate removal from sea water by adsorption on volcanogenic ferric oxides Earth Planet. *Earth and Planetary Science Letters*, 18(1): 77–86. Doi: 10.1016/0012-821X(73)90037-X.

Braaten, B., 2007. Cage culture and environmental impacts. Pages 49-91 *in* A. Bergheim, editor. Aquacultural Engineering and Environment. Research Signpost, Kerala, India. pp. 49-91.

Buschmann, A.H., Cabello, F., Young, K., Carvajal, J., Varela, D.A. and Henriquez, L., 2009. Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: Analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & Coastal Management*, 52(5): 243-249. Doi:10.1016/j.ocecoaman.2009.03.002.

Chang, S.C. and Jackson, M.L., 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science*, 84: 133–144.

Crawford, C.M., 2003. Environmental management of marine aquaculture in Tasmania, Australia. Aquaculture, 226(1–4): 129-138. Doi: 10.1016/S0044-8486(03)00473-3.

EAO (Environmental Assessment Office of the British Colombia, Canada), 1996. The salmon aquaculture review, final report. http://www.interafish.com/laws-and-regulations/report_bc 14.11.2003.

Holby, O. and Hall, P.O.J., 1991. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus. Marine Ecology Progress Series, 70: 263–272. Doi: 0171-8630/91/0070/0263.

Jimenz E.I. and Garcia V.P., 1992. Relationships between organic carbon and total organic matter in municipal solid wastes and city refuse composts. *Bioresource Technology*, 41(3): 265-272. Doi: 10.1016/0960-8524(92)90012-M.

Nasrollahzadeh Saravi, H., 2008. Ecological modeling on nutrient distribution and phytoplankton diversity in the southern of the Caspian Sea. Doctoral dissertation, University Science Malaysia. 245 P.

Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourariya, A. and Nowrozi, B., 2015. Phosphorus forms of the surface sediment in the Iranian coast of the Southern Caspian Sea. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 13(2): 141-151.

Niyazi, L., Chaichi M.J., Nasrollahzadeh Saravi, H. and Najafpour, Sh., 2016. Quantification of Individual Phosphorus forms in Surface Sediments of the Southern Caspian Sea-Iranian Coast: A Sequential Extraction Procedure. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15(2): 677- 686. Doi: 10.18869/acadpub.ijfs.

Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F., Pasqualini, V. and Pergent, G., 2006. Impact of a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Marine Ecology*, 27: 310–319. Doi:10.1111/j.1439-0485.2006.00122.x.

Pittenger, R., Anderson, B., Benetti, D.D., Dayton, P., Dewey, B., Goldburg, R., Rieser, A., Sher, B. and Sturgulewski, A., 2007. Sustainable marine aquaculture: Fulfilling the promise; managing the risks. Marine Aquaculture Task Force. Available at: www. pewtrusts.org/uploadedFiles/wwwpewtrustsorg/ Reports/Protecting_ocean_life/Sustainable_Marine_Aquaculture_final_1_07.pdf. Accessed: 27 September 2012.

Porrello, S., Tomassetti, P., Manzueto, L., Finoia, M.G., Persia, E., Mercatali, I. and Stipa, P., 2005. The influence of marine cages on the sediment chemistry in the western Mediterranean Sea. *Aquaculture*, 2(1-4): 145-158. Doi:10.1016/j.aquaculture.2005.02.042.

Psenner, R., Puesko, R. and Sager, M., 1984. Die fractionierung organischer und anorganischer phosphorverbindungen von sedimenten-versucheiner einer definition okologisch wichtiger fractionen. *Archive FürHydrobiologie*, 10: 115–155.

Samadi-Maybodi, A., Taheri-Saffar, H., Khodadoust, S., Nasrollahzadeh-Saravi, H. and Najafpour, S., 2013. Study on different forms and phosphorus distribution in the coastal surface sediments of Southern Caspian Sea by using UV–Vis spectrophotometry. *Spectrochimica Acta*, 113: 67–71. Doi:10.1016/j.saa.2013.04.071.

Shakouri, M., 2003. Impact of cage culture on sediment chemistry: A case study in Mjoifjordur. The United Nations University Fisheries Training Programme. Reykjavík, Iceland. Available at: www. unuftp.is/static/fellows/document/mehdiprf03.pdf. Accessed: 01 October 2012. 45 P.

Tsutsumi, H., Srithongouthai, S., Inoue, A., Sato, A. and Hama, D., 2006. Seasonal fluctuations in the flux of particulate organic matter discharged from net pens for fish farming. Fisheries Science, 72: 119-127. Doi: 10.1111/j.1444-2906.2006.01125.x.

Wang, H.S., Chen, Z.J., Cheng, Z., Du, J., Man, Y.B., Leung, H.M., Giesy, J.P., Wong, C.K.C. and Wong, M.H., 2014. Aquaculture-derived enrichment of hexachloro cyclohexanes (HCHs) and dichloro diphenyl trichloroethanes (DDTs) in coastal sediments of Hong Kong and adjacent mainland China. *Science of the Total Environment*, 466–467: 214–220. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.07.027.

Winsby, M., Sander, B., Archibald, D., Daykin, M., Nix, P., Taylor, F.J.R. and Mundy, D., 1996. The environmental effects of salmon net-cage culture in British Colombia. Ministry of Environment, Lands and Parks, Environmental Protection Dept. Industrial Waste/Hazardous Contaminants Branch, Victoria, BC. Canada. 243 P.

Wu, R.S.S., 1995. The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future. *Marine pollution Bulletin*, 31(4-12): 159-166. Doi: 10.1016/0025-326X(95)00100-2.

Yokoyama, H., Takashi, T., Ishihi, Y. and Abo, K., 2009. Effects of restricted feeding on growth of red sea bream and sedimentation of aquaculture wastes. *Aquaculture*, 286: 80-88. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.09.010.

Zhang, J.Z. and Huang X.L., 2011. Effect of Temperature and Salinity on Phosphate Sorption on Marine Sediments. *Environmental Science and Technology*, 45(16): 6831-6837. Doi: 10.1021/es200867p.

Investigation of sediment chemistry parameters around the fish cage culture sites in the southern part of the Caspian Sea (Nowshahr region)

Nasrollahzadeh Saravi H. [1*]; Mohammadzadeh V.[2]; Monemi A.[2]; Vahedi F.[3]; Afraei Banpei M.A.[1]; Baluei M.[1]; Makhlough A.[1]; Nasrollahtabar A.[1]; Ahmadnezhad A.[1]; Daryanabard Gh.R.[1]

[*]hnsaravi@gmail.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran
2- Mazandaran Fisheries Administration, Iranian Fisheries Organization, Babolsar, Iran

Abstract

The establishment of aquaculture cages in the right place will be associated with the least adverse effects on the ecosystem, so the quality of sediment is very important in monitoring fish cages farming. The aim of this study was to investigate the sediments chemistry parameters around fish cage culture in the southern of Caspian Sea (Nowshahr region). Sampling was conducted in four stages of the breeding period during 2017 and 2018, underneath the cages and at 200m and 1000 m longitudinal distance in four geographical directions from the cages. Based on the results the variations in different forms of phosphorus such as Loosely-P, Fe-P, Al-P, Bioava.-P, Ca-P, TIP, Res.-P and TP were 1.2-13.8, 22-114, 12-121, 37-211, 61-2170, 150-2223, 0-937 and 203-2283 µg/g. dw, respectively. The order of different forms of phosphorous were registered as Ca-P>Res.-P >Fe-P>Al-P>Loosely-P. The variation range of pH, Eh and TOC% were 8.05-8.60, (-63)-(-83) and 1.36-7.87, respectively. The results revealed that temperature, Eh and pH had the main role in the adsorption and release of loosely-P, Fe-P and Al-P. Comparison of 25-75th percentiles of total organic carbon (1.97-2.60%) with permissible threshold showed that the sediments of Nowshahr region can be classified as moderately polluted.

Keywords: Environmental parameters, Surface sediments, Fish cage culture, Caspian Sea, Nowshahr region

[*]Corresponding author