مقاله علمی – پژوهشی:

مطالعه پارامترهای غیر زیستی آب در مجاورت قفس‌های دریایی پرورش ماهی در ساحل جنوبی دریای خزر، منطقه عباس‌آباد

عرفان کریمیان*[۱]، محمد ذاکری[۱]، سید محمدوحید فارابی[۲]، مهسا حقی[۱]، پریتا کوچنین[۱]

*Erfankarimian88@gmail.com

۱-گروه شیلات، دانشکده منابع‌طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. خرمشهر، ایران .
۲- پژوهشکده‌ی اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ساری، ایران .

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۹

چکیده

این تحقیق با هدف تعیین اثر فعالیت پرورش قزل‌آلای رنگین کمان بر پارامترهای غیرزیستی آب منطقه عباس‌آباد در حوضه جنوبی دریای خزر انجام گردید. بدین منظور نمونه آب در فواصل ۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ متری از قفس‌های پرورش ماهی طی ماه دی ۱۳۹۳ لغایت ماه مرداد ۱۳۹۴ جمع‌آوری شدند. بر اساس نتایج نشان داده شد که دمای لایه سطحی آب ۱۲/۲-۳۰/۱۶ درجه سانتی‌گراد از دی‌ماه لغایت مرداد ماه متغیر بود. بیشترین و کمترین میزان شوری به‌ترتیب در ماه مرداد (۱۱/۲۶ گرم در لیتر) و اردیبهشت (۱۰/۶۶ گرم در لیتر) به‌دست آمد. دامنه تغییرات pH (۸/۳۶-۸/۸۳)، همانند میزان تغییرات هدایت الکتریکی (۱۸/۱۱-۱۹/۰۷ میکروموهوس بر سانتی‌متر مربع) کم بود. همچنین بیشترین میانگین غلظت اکسیژن محلول (۹/۲۳ میلی‌گرم در لیتر) در ماه دی و ایستگاه ۱۰۰۰ متری و کمترین آن (۷/۲۷ میلی‌گرم در لیتر) در اردیبهشت و ایستگاه ۵ متری مشاهده شد. میانگین TDS، کدورت، نیتریت، نیترات، آمونیوم، نیتروژن کل، فسفات و فسفر کل به‌ترتیب ۹/۵۹ (گرم بر لیتر)، ۵/۵۵ (NTU)، ۳/۶۷، ۱۳۳/۴۵، ۹۲/۶، ۹۲۹/۷۲، ۲۱/۶۳ و ۳۷/۷۳ میکروگرم بر لیتر به‌دست آمد. نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای غیرزیستی نشان داد که بیشتر عوامل اندازه‌گیری شده فقط طی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری دارای تفاوت معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$) در حالی‌که برای فاکتورهایی مانند میزان اکسیژن محلول، یون آمونیوم و فسفات بین ایستگاه‌های مختلف در هر دوره‌ی نمونه‌برداری (اثر فاصله از قفس) نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). به‌نظر می‌رسد که به‌دلیل تراکم کم ماهی، کوتاه بودن دوره پرورش و سرعت جریان زیاد، میزان اثرات ناشی از فعالیت پرورش در قفس قزل‌آلای رنگین‌کمان در منطقه عباس‌آباد روی فاکتورهای اندازه‌گیری شده کم بود.

لغات کلیدی: پرورش در قفس، قزل‌آلای رنگین‌کمان، پارامترهای غیرزیستی، دریای خزر

*نویسنده مسئول

مقدمه

نقش آبزی‌پروری در تولید غذا، توسعه اقتصادی و امنیت غذایی امروزه به‌خوبی شناخته شده است. آبزی‌پروری به همراه صید مهم‌ترین منبع غذا، تغذیه، درآمد و معیشت صدها میلیون مردم در کل دنیاست (FAO, 2016)، بنابراین، باید به عنوان اولویت مهم و یکی از بخش‌های اولیه تولید غذا باقی مانده و در تمامی مناطق جغرافیایی جهان توسعه پیدا کند (Grigorakis and Rigos, 2011). در این میان آبزی‌پروری دریایی به عنوان یکی از مهم‌ترین خدمات اکوسیستم دریایی و ساحلی می‌تواند نقش اساسی در رفاه انسان داشته باشد (Barbier, 2012). پرورش ماهی در قفس در آبهای لب‌شور و شور، از مدت‌ها قبل مورد توجه قرار گرفته و به دلیل وجود منابع آبی شور، می‌تواند گسترش و تنوع قابل توجهی داشته باشد. در سال ۲۰۱۴ میلادی سهم قابل توجهی از تولیدات آبزی‌پروری جهان به محیط‌های آبی لب‌شور و شور اختصاص داشته است به‌طوری‌که سهم کل آن از ۱ میلیون تن تولید سالانه در اوایل دهه ۱۹۵۰ به ۷۳/۸ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است (FAO, 2016).

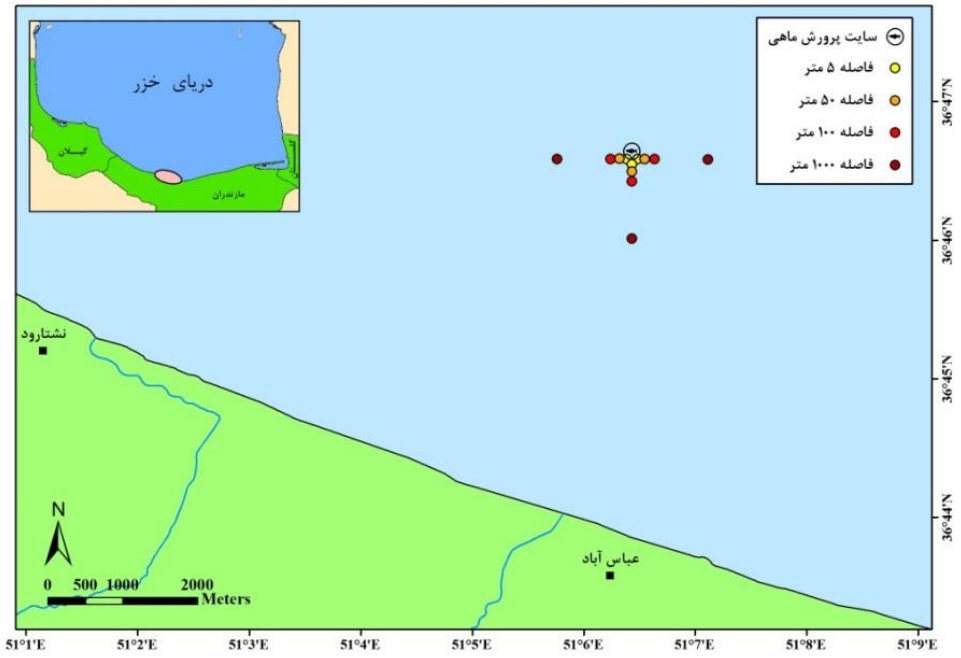
گسترش سریع آبزی‌پروری در قفس یک نگرانی عمومی را در پرورش دهندگان، محققین و جامعه، در ارتباط با افزایش مقادیر ذرات جامد، مواد محلول، رهاسازی به اکوسیستم‌های آبی و اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی این صنعت را در پی داشته است (Focardi *et al*., 2005; Whitmarsh *et al*., 2006 ; Azevedo *et al*., 2011). پرورش در قفس آزادماهیان دریاچه‌ای به عنوان یک منبع مهم شناخته شده از ضایعات آلی و مواد مغذی است که می‌تواند باعث افزایش سطوح مواد آلی و مغذی در ستون آب (Caruso, 2014) شود. مواد مغذی محلول مانند نیتروژن و فسفر به آسانی در دسترس فیتوپلانکتون‌ها و جلبک‌های بزرگ‌تر قرار گرفته است (Troell *et al*., 2009) و به‌سرعت جذب شده و ممکن است باعث افزایش زی‌توده فیتوپلانکتونی گردد (Olsen and Olsen, 2008). ذرات دفعی بزرگ یا غذایی که ماهی مصرف نکرده است، به‌سرعت نشست می‌کند و ممکن است در سوبات و بستر دریا تجمع یابد (Cromey *et al*., 2009) و سپس تحت تأثیر تجزیه شدن منجر به ایجاد شرایط بی‌هوازی گردد. بنابراین، پایش غلظت مواد مغذی در ستون آب برای مدیریت پرورش پایدار ماهی بسیار ضروری است (Beveridge, 2008). به طور کلی، نگرانی‌های عمومی در ارتباط با اثرات زیست‌محیطی پرورش در قفس آبزیان در هر دو اکوسیستم‌های آب شیرین و دریایی در تعدادی از گزارش‌ها وجود دارد (Guo and Li, 2003; Yucel-Gier *et al*., 2007). تمامی این اثرات وجود خواهد داشت مگر این‌که تراکم ماهی پرورشی و شرایط ریخت‌سنجی و آب‌شناسی، نقش کنترلی را با توجه به درجه تخریب این اثرات ایفاء کنند (Grigorakis and Rigos, 2011; Plavan *et al*., 2012).

آبزی‌پروری پایدار نیاز به کیفیت پایدار آب دارد. عوامل غیرزیستی منابع آبی مانند دما، اکسیژن محلول، اسیدیته، عمق رویت، مواد مغذی، کدورت و شرایط فیزیکی و شیمیایی جهت بررسی آشفتگی‌های انسانی در اکوسیستم‌های آبی کاربرد دارد (Price and Morris, 2013) و معمولاً عوامل شاخص فیزیکی و شیمیایی متعددی مانند pH، اکسیژن و آمونیوم جهت تعیین کیفیت آب و سلامت اکوسیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wetzel, 2001; Beveridge, 2004). در ایران مطالعاتی در ارتباط با اثرات پرورش در قفس این ماهی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه Bagheri و همکاران (۲۰۱۶) اشاره نمود که با مطالعه اثر پرورش در قفس قزل‌آلای رنگین‌کمان بر ساختار جمعیت زئوپلانکتونی، تغییرات مکانی را بین ایستگاه‌های قفس و شاهد نشان دادند و معتقد بودند که محل قفس‌ها با غالبیت گونه‌های *Acartia tonsa*، *Pleopis polyphemoides*، *Balanus improvises* و لارو دوکفه‌ای از فراوانی بیشتری نیز برخوردار بود. نتایج مطالعه پرافکنده و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی پراکنش، تراکم و زیتوده بزرگ بی‌مهرگان کفزی در محل استقرار پرورش ماهی در قفس (منطقه کلارآباد مازندران) در سه ایستگاه از مرکز استقرار، فاصله ۵۰ متری و ۵۰۰ متری از قفس نشان داد که کم‌ترین تعداد بنتوز در زیر قفس‌ها و بیشترین آن در فاصله ۵۰۰ متری مشاهده شد. همچنین نتایج مطالعه افرایی بندپی و همکاران (۱۳۹۵) بر جوامع پلانکتونی تحت تأثیر اثرات پرورش ماهی در قفس حاکی از وجود افزایش فراوانی جوامع مورد بررسی در نزدیکی قفس‌ها بود و اذعان کردند که تعداد قفس‌های بیشتر می‌تواند اثرات جبران ناپذیری بر اکوسیستم بسته دریای خزر داشته باشد. با توجه روند روبه رشد صنعت پرورش ماهی در قفس، بررسی‌های بیشتری در راستای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از آن در دریای خزر مورد نیاز است. با توجه به شروع این فعالیت در منطقه عباس‌آباد استان مازندران، بنابراین تحقیق حاضر با هدف تعیین اثرات فعالیت پرورش در قفس ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر خصوصیات عوامل فیزیکی

و شیمیایی منطقه عباس‌آباد در حوضه جنوبی دریای خزر صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ساحل جنوبی دریای خزر در استان مازندران در منطقه‌ی عباس آباد، با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی، انجام گرفت. برای انجام این تحقیق، ۴ ایستگاه؛ ایستگاه اول در لبه قفس‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (فاصله ۵ متری از قفس)، ایستگاه دوم در فاصله ۵۰ متری از قفس، ایستگاه سوم در فاصله ۱۰۰ متری و ایستگاه چهارم (شاهد) در فاصله ۱۰۰۰ متری از قفس در جهت وزش باد و جریان آب به سمت شرق، به سمت غرب و به سمت ساحل دریای خزر (در مجموع ۱۲ مکان) در نظر گرفته شد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی قفس پرورش ماهی و ایستگاه‌ها در منطقه مورد مطالعه- عباس‌آباد.

Figure 1: Geographical location of cage culture and stations in study area.

این پژوهش از ماه دی سال ۱۳۹۳ لغایت ماه مرداد ۱۳۹۴ در بخش آبهای زیرسطحی ایستگاه‌های مذکور انجام شد. ۴ قفس پرورشی با قطر ۲۰ متر، ارتفاع تور ۸ متر (چشمه‌ی تور ۲۰ میلی‌متر) و تاج یک متر که در فاصله ۵ کیلومتری از ساحل و در عمق ۳۰ متری از سطح دریا مستقر شد. ماهیان با وزن پیش‌پرواری با میانگین ۲۰۰ گرم و میزان حداکثر ۵ تن به ازاء هر قفس ذخیره شدند. توانایی اسمی تولید هر قفس ۲۵ تن است ولی چون خطرهای احتمالی به‌درستی پیش‌بینی نشده بود (ناآگاهی پرورش‌دهندگان از شرایط اقلیمی محل استقرار قفس مانند وجود طوفان‌ها و در نتیجه جلوگیری از خسارات احتمالی)، عملاً حداکثر ۱۵ تن از آن برداشت شد. غذادهی روزانه به صورت دستی در دو نوبت در ساعات ۰۹:۰۰ و ۱۶:۰۰ به اندازه ۳ درصد از وزن بدن ماهیان انجام شد. ترکیبات غذایی پلت‌های تهیه شده از شرکت خوراک دام و آبزیان مازندران شامل (۴۱٪ پروتئین، ۱۸٪ چربی، ۲۰٪ کربوهیدرات، ۱۰٪ خاکستر، ۸٪ رطوبت و ۳٪ فیبر) بود و میزان ضریب تبدیل غذایی بدون احتساب هدر رفت غذا ۱ به‌دست آمد (میزان فسفر و نیتروژن کل در غذا به‌ترتیب ۰/۶ و ۶/۵۶ درصد محاسبه شد). یکی از قفس‌ها به دلیل برخورد طوفان بسیار شدید در اسفند ماه شکسته شده و به ساحل منتقل گردید و در نتیجه از میزان تراکم کل کاسته شد.

نمونه‌برداری از آب طی ۴ مرحله شامل قبل از ذخیره‌سازی در قفس (دی ماه ۱۳۹۳)، اواسط دوره پرورش (اسفند، با تراکم بیشتر)، اواخر دوره پرورش (اردیبهشت، با تراکم کمتر) و سه

ماه پس از اتمام دوره‌ی پرورش (مرداد ماه ۱۳۹۴) در ایستگاه‌های مورد نظر با ۳ تکرار از اعماق ۰/۵ متر زیر لایه سطحی، لایه میانی و نزدیک به بستر با استفاده از دستگاه روتنر صورت گرفت و سپس جهت آنالیز عوامل فیزیکی و شیمیایی، نمونه ۱ لیتر از هر سه تکرار تهیه گردید. بعضی از عوامل فیزیکوشیمیایی از قبیل pH، دما، شوری و هدایت الکتریکی در محل نمونه‌برداری (Wetzel and likens, 1991) با دستگاه مولتی پارامتر پرتابل مدل مولتی ۳۴۰ آی و شفافیت با استفاده از صفحه سکشی به قطر ۲۵ سانتیمتر بلافاصله در محل نمونه‌برداری و سایر عوامل فیزیکوشیمیایی در آزمایشگاه آنالیز شیمیایی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر با استفاده از روش کار استاندارد انجمن بهداشت عمومی آمریکا[1] (۲۰۰۵) که برای آزمایش آب ارائه شده است، طرف اندازه‌گیری شد (APHA, 2005). اکسیژن محلول (DO) با روش Winkler اندازه گیری شد و کدورت نمونه‌ها نیز بعد از آماده سازی با دستگاه کدورت سنج TB-100 تعیین شد (APHA, 2005). جهت اندازه‌گیری نیترات و نیتریت از روش "DR/ 2500 Spectrophotometer HACH Cadmium Reduction Method" و DR/ 2500 Spectrophotometer HACH Diazotization Method استفاده گردید (APHA, 2005). برای اندازه‌گیری آمونیوم و آمونیاک از روش "4500- NH_3 NITROGEN (AMMONIDA) C. Nesslerization Method"، میزان NH_4^+ اندازه‌گیری شده و سپس با استفاده از جدول‌های استاندارد و میزان NH_4^+، دما و pH میزان تقریبی آمونیاک غیر یونیزه بدست آمد (APHA, 2005). سنجش نیتروژن‌کل با روش "4500-Norg- Nitrogen Organic. C. Semi- Micro Kjeldal Method و سنجش فسفرکل به روش "4500- P. Phosphorus. E. Ascorbic acid Method" انجام شد (APHA, 2005). برای تعیین کل مواد جامد محلول (TDS)، میزان ۱۰۰ سی‌سی آب با استفاده از صافی واتمن صاف و سپس مورد آزمایش قرار گرفت. اندازه‌گیری TDS با روش "2450 SOLIDS D. Total ° Dissolved Solid Dried at 103-105 C صورت گرفت (APHA, 2005). قبل از تجزیه و تحلیل، داده‌ها از نظر نرمال بودن یا نبودن با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف آزمون شدند. جهت تجزیه و تحلیل اثر زمان و ایستگاه به طور جداگانه بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از آزمون واریانس یکطرفه و جهت مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از آنالیز عوامل فیزیکی و شیمیایی نشان داد که میزان عوامل اندازه‌گیری شده در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$)، در حالی‌که این اختلاف بین ایستگاه‌های مختلف مربوط به هر دوره نمونه‌برداری برای تعداد کمی از عوامل مورد بررسی مشاهده شد (جدول ۱). دما در دامنه ۱۲/۲-۳۰/۱۶ درجه سانتی‌گراد از دی‌ماه لغایت مردادماه متغیر بود و این افزایش به صورت صعودی و معنی‌دار وجود داشت اما بین ایستگاه‌ها در هر دوره اختلاف معنی‌دار نبود. دامنه تغییرات شوری ۱۰/۶۶-۱۱/۲۶ گرم در لیتر بود که در ایستگاه‌های مطالعاتی (به جز ایستگاه ۱۰۰ متری) در اردیبهشت‌ماه به طور معنی‌داری کمتر از سایر دوره‌ها و در مردادماه بیشتر از سایر ماه‌ها بود. همانند دما، اختلاف معنی‌دار در میزان شوری بین ایستگاه‌ها در هیچ زمانی مشاهده نگردید. تغییرات pH در طول مدت مطالعه بسیار کم بود (۸/۳۶-۸/۸۳)، اما همین تغییرات کم بین ایستگاه‌های مورد مطالعه (به جز ایستگاه ۱۰۰ متری) طی زمان‌های مختلف نمونه‌برداری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان pH در دی‌ماه و کمترین آن در اسفندماه به‌دست آمد. در مورد تغییرات میانگین میزان اکسیژن محلول تغییرات به‌گونه‌ای دیگر و دارای روند نامنظمی بود به‌طوری‌که تغییرات معنی‌دار در میزان اکسیژن ایستگاه‌ها در اردیبهشت و مردادماه و همچنین این تغییرات در ایستگاه‌های ۵ متر و ۵۰ متر طی زمان‌های مختلف مشاهده گردید. بیشترین میانگین میزان اکسیژن محلول (۹/۲۳ میلی‌گرم در لیتر) در دی‌ماه و ایستگاه ۱۰۰۰ متری و کمترین آن (۷/۲۷ میلی‌گرم در لیتر) در اردیبهشت‌ماه و ایستگاه ۵ متری به‌دست آمد. میزان تغییرات میانگین هدایت الکتریکی کم (۱۸/۱۱-۱۹/۰۷ میکروموهوس بر سانتی‌متر مربع) و دارای روند منظمی بود و تغییرات معنی‌دار آن فقط طی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری بین هر ایستگاه وجود داشت ($p<۰/۰۵$). همانند شوری، بیشترین میانگین میزان آن طی تحقیق حاضر و بین ایستگاه‌های مختلف در مردادماه و کمترین آن نیز در اردیبهشت‌ماه اندازه‌گیری شد. همچنین تغییرات معنی‌دار در میانگین میزان کدورت فقط طی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری دیده شد و بیشترین میانگین میزان آن در ماه‌های اسفند و اردیبهشت و کمترین نیز در مرداد و سپس دی به‌دست

[1] American Public Health Association

آمد. در ارتباط با تغییرات مواد جامد محلول کل نیز تغییرات معنی‌دار بین ایستگاه‌ها در هر دوره وجود نداشت در حالی‌که اختلاف‌ها در میانگین این عامل در هر ایستگاه طی دوره‌های مختلف معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱: پارامترهای هیدروشیمی در پیرامون قفس‌های پرورش ماهی در جنوب دریای خزر، منطقه عباس‌آباد ۹۴-۱۳۹۳

Table 1: The hydrochemistry parameters in nearby of cage culture in southern basin of the Caspian Sea 2014-2015.

خصوصیت	فاصله (متر)	زمان			
		دی	اسفند	اردیبهشت	مرداد
دما	۵	۱۲/۰۶ ± ۰/۱۵ ^{D}	۱۳/۸۶ ± ۰/۱۵^{C}	۱۷/۱۶ ± ۰/۲۸^{B}	۳۰/۱ ± ۰/۳۵^{A}
(درجه	۵۰	۱۲/۰۶± ۰/۱۵ ^{D}	۱۳/۸۶± ۰/۱۵ ^{C}	۱۷/۱۶ ± ۰/۲۸^{B}	۳۰/۱۶ ± ۰/۲۸ ^{A}
سانتی‌گراد)	۱۰۰	۱۲/۱۳ ± ۰/۲۵ ^{D}	۱۳/۹۳ ± ۰/۲۵ ^{C}	۱۷/۵ ± ۰/۵^{B}	۳۰/۱۶ ± ۰/۲۸ ^{A}
	۱۰۰۰	۱۲/۲ ± ۰/۲ ^{D}	۱۴ ± ۰/۲ ^{C}	۱۷/۵± ۰/۵^{B}	۳۰/۱۶ ±۰/۲۸ ^{A}
شوری	۵	۱۰/۷۳ ± ۰/۱۱ ^{C}	۱۰/۹۳ ± ۰/۰۶^{B}	۱۰/۷ ± ۰/۰^{C}	۱۱/۲ ± ۰/۰^{A}
(گرم در لیتر)	۵۰	۱۰/۸± ۰/۰ ^{B}	۱۰/۸۶± ۰/۰۶^{B}	۱۰/۷ ± ۰/۰^{C}	۱۱/۲۶ ± ۰/۰۶ ^{A}
	۱۰۰	۱۰/۸ ± ۰/۰ ^{A}	۱۰/۹ ± ۰/۰ ^{A}	۱۰/۷ ± ۰/۰^{A}	۱۱/۲ ± ۰/۰ ^{A}
	۱۰۰۰	۱۰/۸۳ ± ۰/۰۵ ^{B}	۱۰/۹ ± ۰/۰ ^{B}	۱۰/۶۶± ۰/۰^{C}	۱۱/۲۶ ±۰/۰۶ ^{A}
pH	۵	۸/۸۱ ± ۰/۰۲ ^{A}	۸/۳۶ ± ۰/۰۲ ^{C}	۸/۳۹ ± ۰/۰۱ ^{BC}	۸/۴۱ ± ۰/۰۳ ^{B}
	۵۰	۸/۸۳± ۰/۰۳ ^{A}	۸/۳۷± ۰/۰۱ ^{C}	۸/۴± ۰/۰۰۱ ^{BC}	۸/۴۳± ۰/۰۳ ^{B}
	۱۰۰	۸/۸۲ ± ۰/۰ ^{A}	۸/۳۷ ± ۰/۰۲ ^{A}	۸/۴ ± ۰/۰۰۶ ^{A}	۸/۴۵ ± ۰/۰۱ ^{A}
	۱۰۰۰	۸/۷۹ ± ۰/۰۱ ^{A}	۸/۳۸ ± ۰/۰ ^{C}	۸/۳۹ ± ۰/۰۰۳ ^{BC}	۸/۴۱ ± ۰/۰۳ ^{B}
اکسیژن محلول	۵	۸/۱۶ ± ۰/۸۳ ^{AB}	۷/۳ ± ۰/۳۶ ^{B}	۷/۲۷ ± ۰/۳۱ ^{Bb}	۸/۸۳ ± ۰/۲۷ ^{Aa}
(میلی‌گرم در	۵۰	۸/۸۸± ۰/۸۸ ^{A}	۷/۵۶± ۰/۵۸ ^{B}	۷/۴۸± ۰/۶ ^{Bb}	۷/۹۱± ۰/۱۸ ^{ABb}
لیتر)	۱۰۰	۸/۴۸ ± ۰/۶ ^{A}	۸/۰۳ ± ۰/۹۵ ^{A}	۸/۳۱ ± ۰/۶۶ ^{Aab}	۸/۰۲ ± ۰/۳۱ ^{Aab}
	۱۰۰۰	۹/۲۳ ± ۰/۰۱ ^{A}	۸/۹۳ ± ۱/۲۵ ^{A}	۸/۳۳ ± ۱/۰۱ ^{Aa}	۷/۷۱ ± ۰/۷۹ ^{Ab}
هدایت الکتریکی	۵	۱۸/۳۱ ± ۰/۱ ^{C}	۱۸/۵۶ ± ۰/۰۶ ^{B}	۱۸/۱۱ ± ۰/۰۰۵ ^{D}	۱۹/۰۲ ± ۰/۰۶ ^{A}
(میکرو زیمنس	۵۰	۱۸/۴۲± ۰/۰۱ ^{C}	۱۸/۵۸± ۰/۰۳ ^{B}	۱۸/۱۲± ۰/۰۰۵ ^{D}	۱۹/۰۷± ۰/۰۴ ^{A}
بر سانتی متر)	۱۰۰	۱۸/۴۳ ± ۰/۰۳ ^{C}	۱۸/۵۲ ± ۰/۰۳ ^{B}	۱۸/۱۲ ± ۰/۰۰۵ ^{D}	۱۸/۹۹ ± ۰/۰۲ ^{A}
	۱۰۰۰	۱۸/۴۲ ± ۰/۰۹ ^{B}	۱۸/۵۲ ± ۰/۰۲ ^{B}	۱۸/۱۲ ± ۰/۰۲ ^{C}	۱۹/۰۴ ± ۰/۱ ^{A}
کل مواد جامد	۵	۹/۱۶ ± ۰/۰۶^{C}	۹/۲۸ ± ۰/۰۳ ^{B}	۹/۰۶ ± ۰/۰ ^{D}	۹/۵۱ ± ۰/۰۲^{A}
محلول	۵۰	۹/۲۱± ۰/۰۰۵ ^{C}	۹/۲۹± ۰/۰۱ ^{B}	۹/۰۶± ۰/۰۰۵ ^{D}	۹/۵۴± ۰/۰۲ ^{A}
(گرم در لیتر)	۱۰۰	۹/۲۱ ± ۰/۰۲ ^{C}	۹/۲۶ ± ۰/۰۱ ^{B}	۹/۰۶ ± ۰/۰۰۵ ^{D}	۹/۵ ± ۰/۰۱ ^{A}
	۱۰۰۰	۹/۲۱ ± ۰/۰۴ ^{B}	۹/۲۶ ± ۰/۰۱ ^{B}	۹/۰۶ ± ۰/۰۰۵ ^{C}	۹/۵۲ ± ۰/۰۵ ^{A}
کدورت (NTU)	۵	۵/۰۸ ± ۰/۶۱ ^{B}	۷/۱۳ ± ۰/۰۵ ^{A}	۶/۳۳ ± ۰/۲۸ ^{AB}	۳/۶۹ ± ۱/۱۹ ^{C}
	۵۰	۴/۹۸± ۰/۷۳ ^{BC}	۷/۰۳± ۰/۲۵ ^{A}	۶/۰۶± ۰/۰۵ ^{AB}	۳/۸۹± ۱/۴۷ ^{C}
	۱۰۰	۵/۰۲ ± ۰/۴۹ ^{BC}	۶/۸۶ ± ۰/۰۵ ^{A}	۶/۱ ± ۰/۱۷ ^{AB}	۳/۹۴ ± ۱/۱۳ ^{C}
	۱۰۰۰	۵/۲۳ ± ۰/۶۵ ^{BC}	۷/۰۶ ± ۰/۱۵ ^{A}	۶/۱ ± ۰/۱ ^{AB}	۴/۳۶ ± ۱/۲۱ ^{C}
شفافیت (متر)	۵	۸/۲۳ ± ۰/۱۵ ^{A}	۵/۹ ± ۱/۰۸ ^{B}	۹/۵ ± ۰/۹۶ ^{A}	۸/۴۶ ± ۰/۸۷ ^{A}
	۵۰	۸/۳۳± ۰/۷۵^{A}	۶/۱۳± ۰/۳۲ ^{B}	۹/۵± ۱/۳ ^{A}	۷/۹۶± ۰/۸ ^{A}
	۱۰۰	۸/۰۳ ± ۰/۵۵ ^{A}	۵/۶۶ ± ۰/۶۵ ^{B}	۹ ± ۱/۱۷ ^{A}	۷/۶۶ ± ۰/۲۸ ^{A}
	۱۰۰۰	۸/۸۶ ± ۱/۰۵ ^{AB}	۵/۶ ± ۰/۴ ^{C}	۹/۸۶ ± ۰/۹۸ ^{A}	۷/۸۳ ± ۰/۳۵ ^{B}

خصوصیت	فاصله (متر)	زمان			
		دی	اسفند	اردیبهشت	مرداد
نیتریت (میکروگرم در لیتر)	۵	۲/۵۳ ± ۰/۷۲ ^{B}	۵/۶۴ ± ۱/۴۹ ^{A}	۳/۴۴ ± ۰/۱۴ ^{B}	۵/۶۷ ± ۰/۳۷ ^{Aa}
	۵۰	۲/۳۸± ۱/۸۶^{A}	۴/۴۲± ۲/۴۲ ^{A}	۳/۳± ۰/۱۴ ^{A}	۴/۸± ۰/۵۳ ^{Ab}
	۱۰۰	۲/۰۳ ± ۰/۹۷ ^{B}	۲/۸۸ ± ۰/۷۷ ^{B}	۳/۲۸ ± ۰/۱۸ ^{B}	۴/۷۵ ± ۰/۳۷ ^{Ab}
	۱۰۰۰	۲/۶۲ ± ۰/۳۶ ^{C}	۳/۳۲ ± ۰/۴۴ ^{B}	۳/۱۱ ± ۰/۲۱ ^{C}	۴/۶۳ ± ۰/۲۱ ^{Ab}
نیترات (میکروگرم در لیتر)	۵	۱۰۳/۷۳ ± ۸/۱۸ ^{Bbc}	۱۵۹/۸۶ ± ۸/۷۴ ^{A}	۱۰۹/۴۶ ± ۰/۱۴ ^{B}	۱۶۳/۸۶ ± ۱۲/۳۳ ^{A}
	۵۰	۸۵/۴۶± ۶/۴۹^{Bc}	۱۶۰/۹۳± ۲۶/۸۸ ^{A}	۱۱۰/۶۶± ۷/۳۹ ^{B}	۱۶۱/۶۳± ۵/۸۵ ^{A}
	۱۰۰	۱۲۰/۳ ± ۲۳/۹۵ ^{Bb}	۱۳۰/۶۳ ± ۷/۹۵ ^{BC}	۱۱۱/۴۶ ± ۸/۲۱ ^{B}	۱۵۳/۳۶ ± ۷/۱۱ ^{A}
	۱۰۰۰	۱۴۶/۲ ± ۶/۷۳ ^{Aa}	۱۴۹/۷ ± ۲۴/۵۲ ^{A}	۱۱۰/۵۳ ± ۱۰/۴۶ ^{B}	۱۵۷/۴ ± ۶/۲۲ ^{A}
آمونیوم (میکروگرم در لیتر)	۵	۷۱/۰۶ ± ۸/۹۸ ^{Cb}	۹۱/۴۶ ± ۲۱/۴ ^{BCa}	۱۰۰/۶۳ ± ۴/۳۴ ^{Bab}	۱۲۷/۱۶ ± ۲/۴۶ ^{A}
	۵۰	۸۲/۵۳± ۱/۷۴^{Ca}	۷۹/۹۳± ۲/۷ ^{Cab}	۱۰۳/۹۳± ۳/۷۵ ^{Ba}	۱۲۲/۵± ۵/۸۶ ^{A}
	۱۰۰	۷۱/۸۶ ± ۱/۲۸ ^{Cb}	۷۵/۰۳ ± ۷/۷۱ ^{Cab}	۱۰۰/۰۶ ± ۳/۰۵ ^{Bab}	۱۱۷/۶۶ ± ۱۰/۲۸ ^{A}
	۱۰۰۰	۶۰/۵۳ ± ۲/۵۶ ^{Cc}	۶۵/۸۶ ± ۷/۴۵ ^{Cb}	۹۴/۹۶ ± ۲/۰۵ ^{Bb}	۱۱۶/۴ ± ۵/۴ ^{A}
نیتروژن کل (میکروگرم در لیتر)	۵	۸۲۲± ۶۰/۵۵^{B}	۱۰۵۰/۶۶ ±۵۸/۳۲ ^{A}	۸۵۰/۳۳ ± ۶۶/۰۱ ^{B}	۹۵۳/۶۶ ± ۹۸/۳ ^{A}
	۵۰	۷۵۶/۶۶± ۳۴/۶۴^{C}	۱۰۴۰/۳۳± ۶۹/۲۹^{A}	۸۷۹± ۸۵/۷۴ ^{B}	۹۵۱± ۵۷/۰۳ ^{AB}
	۱۰۰	۸۰۷/۶۶ ± ۶۳/۵۱ ^{C}	۱۰۳۵/۶۶ ± ۳۸/۶۵ ^{A}	۹۱۶/۶۶ ± ۵۹ ^{B}	۹۶۷/۳۳ ± ۵۶ ^{AB}
	۱۰۰۰	۸۵۹/۶۶ ± ۷۵/۴۳ ^{C}	۱۰۵۵/۶۶ ± ۳۱/۰۸ ^{A}	۹۳۷ ± ۵۶/۵ ^{B}	۹۹۲/۲۳± ۵۵/۴۱ ^{AB}
فسفات (میکروگرم در لیتر)	۵	۱۵/۴۳ ± ۲/۸۴ ^{Ba}	۲۸/۳۶ ± ۶/۴۷ ^{A}	۲۳/۰۶ ± ۱/۲۸ ^{Aa}	۲۸/۳۳ ± ۲/۰۲ ^{Aa}
	۵۰	۱۴/۹۳± ۱/۵۲^{Bab}	۲۶/۵۳± ۶/۸۷ ^{A}	۲۲/۶± ۰/۵ ^{Aab}	۲۶/۶۶± ۱/۸۹ ^{Aab}
	۱۰۰	۱۱/۷۶ ± ۱/۲۵ ^{Bab}	۲۳/۵۶ ± ۲/۷۳ ^{A}	۲۰/۷۶ ± ۱/۷۵ ^{Ab}	۲۴/۴ ± ۲/۷۸ ^{Ab}
	۱۰۰۰	۱۱/۶ ± ۱/۵ ^{Bb}	۲۳/۰۶ ± ۳/۷۲ ^{A}	۲۰/۷۶ ± ۰/۲۸ ^{Ab}	۲۴/۳۳ ± ۰/۵۷ ^{Ab}
فسفر کل (میکروگرم در لیتر)	۵	۱۹/۶ ± ۳/۱^{B}	۴۳/۲۶ ± ۱۵ ^{A}	۴۰± ۰/۵ ^{A}	۵۰/۷۳ ± ۴/۵۳ ^{A}
	۵۰	۱۹/۲۶± ۲/۳^{C}	۴۶/۴۳± ۶/۴۹^{A}	۳۸/۵± ۱/۳۲ ^{B}	۵۰/۲۳± ۱/۶ ^{A}
	۱۰۰	۲۴/۰۳ ± ۴/۲۷ ^{C}	۴۳/۷۶ ± ۴/۴۶ ^{AB}	۳۶/۶۶ ± ۲/۸۴ ^{B}	۵۰/۹ ± ۴/۴۴ ^{A}
	۱۰۰۰	۱۸/۶ ± ۱/۳۲ ^{D}	۳۶/۸۳ ± ۳/۲۵ ^{B}	۳۸/۶۶ ± ۱/۲۵ ^{B}	۴۶/۲۳ ± ۲/۰۸ ^{A}

تذکر: حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون و حروف بزرگ غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ است.

تغییرات معنی‌دار برای شفافیت نیز فقط بین دوره‌های مختلف مشاهده گردید که در اردیبهشت دارای بیشترین و در اسفندماه دارای کمترین میزان بود ($p<۰/۰۵$). تغییرات در ایستگاه‌های مختلف در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری روند مشابهی داشت به طوری‌که در تمامی ایستگاه‌ها بیشترین در مردادماه و کمترین در اردیبشهت‌ماه مشاهده گردید. حداقل غلظت نیتریت در دی‌ماه مشاهده گردید و سپس در اسفندماه افزایش، در اردیبهشت‌ماه کمی کاهش و در مردادماه افزایش یافت. این تغییرات در دوره‌های مختلف برای هر ایستگاه (به جز ایستگاه ۵۰ متری) معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) که بیشترین غلظت در مردادماه اندازه‌گیری شد. غلظت‌های اندازه‌گیری شده در ماه‌های دی و اردیبهشت بسیار به هم نزدیک و معنی‌دار نبود. اختلاف بین ایستگاه‌های مختلف نیز فقط در مرداد وجود داشت و بیشترین آن هم مربوط به ایستگاه ۵ متری بود. در مورد نیترات نیز با کمی اختلاف تغییراتی مشابه با نیتریت وجود داشت به‌طوری‌که به جز در ایستگاه ۱۰۰۰ متری، اختلاف معنی‌داری در غلظت نیترات در ماه‌های دی و اردیبهشت هر ایستگاه مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). به طور کلی، تغییرات معنی‌دار در دوره‌های مختلف برای هر ایستگاه وجود داشت که بیشترین غلظت در تمامی ایستگاه‌ها در مرداد و کمترین آن در

دی (ایستگاه‌های ۵ و ۵۰ متری) و اردیبهشت (ایستگاه‌های ۱۰۰ و ۱۰۰۰ متری) بود. اما تغییرات معنی‌دار بین ایستگاهی فقط در دی‌ماه به‌دست آمد که کمترین آن در ایستگاه ۵۰ و بیشترین در ایستگاه ۱۰۰۰ متری بود. تغییرات آمونیوم طی ماه‌های مختلف منظم‌تر و تقریباً در تمامی ایستگاه‌ها دارای یک روند افزایش معنی‌دار از اول تا پایان دوره بود. کمترین غلظت مشاهده شده در ایستگاه ۱۰۰۰ متری (دی‌ماه) با مقدار ۶۰/۵۳ میکروگرم در لیتر و بیشترین آن در ایستگاه ۵ متری (مردادماه) با میزان ۱۲۷/۱۶ میکروگرم در لیتر بود. اما برخلاف سایر عوامل، میزان آمونیوم بین ایستگاه‌ها در هر دوره (به جز مردادماه) دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) که بیشترین مقدار آن در ایستگاه‌های ۵ و ۵۰ متری به‌دست آمد.

تقریباً مشابه با تغییرات نیتریت و نیترات، میزان نیتروژن کل نیز بیشترین غلظت را در ماه‌های اسفند و مردادماه داشت. از اول دوره نمونه‌برداری غلظت آن در همه ایستگاه‌ها کمتر از سایر دوره‌ها بود، بعد از آن با شروع دوره پرورش ماهی، غلظت در اسفند ماه بیشتر از سایر دوره‌ها افزایش معنی‌دار نشان داد، سپس در اردیبهشت‌ماه کاهش و سرانجام در مردادماه افزایش یافت. کمترین میانگین غلظت اندازه‌گیری شده نیتروژن کل در ایستگاه ۵۰ متری (دی‌ماه) با مقدار ۷۵۶/۶۶ میکروگرم در لیتر و بیشترین آن در ایستگاه ۱۰۰۰ متری (اسفندماه) با میزان ۱۰۵۵/۶۶ میکروگرم در لیتر بود. اما این تغییرات بین ایستگاه‌ها در هر دوره معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). تغییرات میانگین غلظت فسفات و فسفر کل نیز طی تحقیق تقریباً مشابه بود و فقط به لحاظ معنی‌داری یا عدم آن دارای تفاوت‌هایی بودند. هر دو عامل در ابتدای دوره دارای حداقل میزان نسبت به سایر دوره‌ها بودند، سپس در اسفند ماه افزایش معنی‌دار، در اردیبهشت‌ماه کاهش و دوباره در مردادماه افزایش یافتند که تمامی این تغییرات بخصوص برای فسفر کل معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). برای فسفات تغییرات بین ایستگاهی در همه دوره‌ها (به جز اسفندماه) معنی‌دار بود و در بررسی تغییرات طی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری برای هر ایستگاه، فقط دی‌ماه با سایر دوره‌ها اختلاف معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$). تغییرات میانگین فسفر کل نیز نشان داد که طی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری اختلافات معنی‌دار در هر ایستگاه وجود دارد ($p<۰/۰۵$) در حالی‌که برای ایستگاه‌های مختلف در هر دوره این تغییرات معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$).

بحث

طی دوره تحقیق افزایش معنی‌دار دما از دی‌ماه (۱۲/۲ درجه سانتی‌گراد) لغایت مردادماه (۳۰/۱۶ درجه سانتی‌گراد)، تغییرات معنی‌دار در میزان pH (۸/۸۳-۸/۳۶) و همچنین تغییرات معنی‌دار بین دوره‌های مختلف با روند نسبتاً منظم‌تر عواملی مانند شوری (۱۱/۲۶-۱۰/۶۶ گرم در لیتر)، هدایت الکتریکی (۱۹/۰۷-۱۸/۱۱ میکروموهوس بر سانتی‌متر مربع) و مواد جامد محلول کل (۹/۵۴-۹/۰۶ گرم در لیتر) مشاهده گردید که بیشترین و کمترین آن‌ها به‌ترتیب در مرداد و اردیبهشت‌ماه به‌دست آمد. شایان ذکر است، بیشتر عوامل فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر تقریباً روند تغییرات فصلی و مشابه با مطالعات انجام شده طی سال‌های گذشته (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۰) در محدوده آبهای ساحلی حوضه جنوبی دریای خزر داشت. در این تحقیق کمترین میزان pH در اسفندماه همراه با بیشترین فراوانی جمعیت فیتوپلانکتونی (کریمیان، ۱۳۹۵؛ فارابی، ۱۳۹۷) و همزمان با فعالیت پرورش ماهی در قفس مشاهده شد. تغییرات سالانه و فصلی pH عمدتاً تحت تأثیر تولیدات اولیه، ترکیب شدن یا رهاسازی یون هیدروژن در فرآیند تشبیت دی‌اکسید کربن طی فتوسنتز است (Maleri, 2011). کاهش در میزان pH در مطالعه Burt و همکاران (2012) و Sara (۲۰۰۷) در آبهای تحت تأثیر آبزی‌پروری به‌خصوص با تراکم بالا نشان داده شد. به طور کلی، اگرچه کاهش در میزان pH در بعضی مطالعات با شرایط متراکم پرورش نشان داده شده است اما در این تحقیق با وجود دامنه تغییرات کم (۸/۸۳-۸/۳۶) و همچنین عدم ارتباط معنی‌دار آن با فاصله از قفس، به‌نظر می‌رسد که این عامل تحت تأثیر فعالیت آبزی‌پروری نبود و در واقع، کاهش آن ارتباطی با افزایش دی‌اکسید کربن ناشی از تنفس ماهیان پرورشی یا سایر عوامل ناشی از این فعالیت نداشت.

بیشتر منابع آبی طبیعی در معرض خطرات آلودگی و افزایش پساب‌های مواد آلی و مغذی ناشی از مناطق صنعتی و پرورشی هستند (Focardi *et al.*, 2005). معمولاً اثرات بالقوه و اولیه بر کیفیت آب در ارتباط با پرورش ماهی در قفس شامل رهاسازی نیتروژن و فسفر کل و مواد آلی (Guo and Li, 2003)، کدورت و اکسیژن محلول است و زمانی‌که به دلیل محل مناسب قرارگیری قفس‌ها تعویض آب بخوبی صورت گیرد، این اثرات در بعد از فاصله ۳۰ متری از قفس‌ها قابل ملاحظه نخواهند بود (Price and Morris, 2013) که معمولاً میزان

این اثرات نیز به مدیریت پرورش و شرایط هیدرولوژیک منطقه (عمق دریاچه و میزان ماندگاری آب) بستگی دارد. مطالعات زیادی (Guo and Li, 2003; Grigorakis and Rigos, 2011; De silva, 2012; Caruso, 2014) افزایش میزان مواد مغذی و مواد آلی را ناشی از اثرات معمول آبزی‌پروری در قفس گزارش نمودند. در این تحقیق عواملی که به‌نظر می‌رسد تغییرات زمانی و مرتبط با فعالیت پرورش ماهی بخصوص در اسفندماه داشتند، افزایش معنی‌دار کدورت، نیتریت، نیترات، نیتروژن و فسفر کل نسبت به دوره قبل از پرورش و به‌خصوص کاهش اکسیژن در ایستگاه‌های نزدیک به قفس طی دوره پرورش بود اگرچه بعضی از این متغیرها در پایان دوره هم میزان بالایی داشتند. به‌نظر می‌رسد، همیشه افزایش مواد مغذی ناشی از فعالیت پرورش ماهی در قفس نبوده است بلکه می‌تواند تحت تأثیر ویژگی‌های خاص فیزیکی منطقه نیز مانند شرایط تعویض آب و پویایی بستر یا در نتیجه یوترفیکاسیون محلی صورت گیرد (Ola *et al*., 1994) به‌طوری‌که این احتمال وجود دارد که هنگام شکست لایه‌بندی دمایی، مواد مغذی و سایر ترکیباتی که از قفس‌های پرورشی به رسوبات یا لایه‌های عمیق‌تر رسیدند، دوباره به داخل ستون آبی برگشت داده شوند (Beveridge, 2008; Gondwe *et al*., 2011; Venturoti *et al*., 2014).

از عوامل فیزیکی و فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی در تحقیق حاضر جهت تعیین میزان اثرات پرورش ماهی در قفس، اندازه‌گیری میزان اکسیژن محلول بود که معمولاً می‌تواند تحت تأثیر قرار گیرد. میزان اکسیژن محلول ۹/۲۳-۷/۳ متغیر بود که میزان آن در ایستگاه‌های نزدیک قفس (ایستگاه ۵ و ۵۰ متری) طی دوره‌های فعال پرورش ماهی نسبت به سایر دوره‌ها کاهش معنی‌دار داشت. اگرچه کاهش معنی‌دار آن بین ایستگاه‌های مختلف در اردیبهشت‌ماه نیز مشاهده گردید. بر خلاف بعضی مطالعات (Basaran *et al*., 2007, Vargas-Machuca *et al*., 2008; Yabanli and Egemen, 2009; Aksu *et al*., 2010)، در این تحقیق کاهش میزان اکسیژن محلول ناشی از فعالیت پرورش، مانند بعضی مطالعات و پرورش گونه‌های محتلف ماهی در قفس هر چند به صورت محلی و اثرات کوتاه‌مدت نشان داده شد (Wu, 1995; Nash *et al*., 2005; Demirak *et al*., 2006; Pittenger *et al*., 2007; Tett, 2008; Paterson *et al*., 2011; Price and Morris, 2013). در پرورش در قفس آزاد ماهیان، میزان اکسیژن محلول می‌تواند به صورت زمانی و مکانی و حتی روزانه و فصلی متغیر باشد زیرا به عواملی مانند مرحله رشد ماهی (Beveridge, 2004)، میزان تراکم، لایه‌بندی، جریان آب و موقعیت داخلی مکان پرورش که بر حرکت آب اثرگذار است، بستگی دارد. در بیشتر مطالعات، کاهش اکسیژن محلول کمتر از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (Price and Morris, 2013) اما حتی شرایط هیپوکسی شدید (۳۰٪ اشباعیت در دمای ۱۲°C) در مرکز قفس‌ها به مدت بیشتر از ۱ ساعت نیز گزارش شده که با دوره دارای کمترین جریان آب همراه بوده است (Vigen, 2008). در مطالعه حاضر و در اردیبهشت‌ماه نیز کاهش معنی‌دار ۱۳-۱۱ درصدی اکسیژن محلول در ایستگاه‌های نزدیک به قفس حدود ۱ میلی‌گرم در لیتر بود. به طور معمول، در بیشتر مطالعات مصرف اکسیژن در تنفس ماهی پرورشی و تجزیه ضایعات پرورشی، کمتر از ۲۰٪-۰/۱ متابولیسم طبیعی اکوسیستم‌ها گزارش شده است که مصرف اکسیژن تا این میزان را به عنوان حداقل تاثیرات زیست‌محیطی بیان نموده‌اند (Strain and Hargrave, 2005). در تحقیق حاضر نیز میزان اکسیژن محلول جزء معدود عوامل فیزیکی و شیمیایی بود که تحت تأثیر فعالیت آبزی‌پروری قرار گرفت و برخلاف سایر عوامل، روند منظم و معنی‌داری با فاصله از قفس داشت. بعضی از مطالعات دلایل احتمالی کاهش اکسیژن محلول در نزدیکی قفس‌ها را ناشی از حضور موجودات چسپنده روی تور (Beveridge, 2004) یا کاهش کلی در سرعت جریان آب و مهم‌تر از همه اثر حضور خود ماهیان پرورشی و مصرف اکسیژن جهت تنفس و متابولیسم ماهی (Johansson *et al*., 2006; Degefu *et al*., 2011) و تجزیه ضایعات (Degefu *et al*., 2011) دانستند. به طور کلی، کاهش اکسیژن و به‌خصوص با داشتن مشکلات جدی در پرورش ماهی در قفس بسیار کم گزارش شده است (Braaten, 2007) و معمولاً تغییرات اکسیژن بیشتر تحت تأثیر فرآیندهای طبیعی اکوسیستم است بنابراین، مکان‌یابی مناسب با نرخ تعویض کافی آب توصیه می‌گردد (Price and Morris, 2013).

ذرات غذایی و مواد دفعی ماهی دو منبع اولیه مؤثر بر کدورت آب در ارتباط با پرورش ماهی در قفس هستند (Hargrave, 2003)، اگرچه خراشیده شدن موجودات چسپنده نیز ممکن است منجر به کاهش موقتی شفافیت آب شود (Alston *et al*., 2005). در این تحقیق یکی از عواملی که روند نسبتاً منظمی را طی دوره‌های مختلف و در ارتباط با فعالیت پرورش ماهی در قفس داشت، کدورت آب بود که در ابتدای دوره دارای مقدار کم سپس در اواسط دوره همزمان با فعالیت پرورش افزایش و

بعد از آن دوباره کاهش یافت. البته ممکن است که افزایش آن بخصوص در اسفندماه غیر از اثرات فعالیت پرورش ماهی، به دلیل وجود حضور بالای جمعیت فیتوپلانکتونی یا ناشی از اثرات طبیعی منطقه مانند اختلاط عمودی باشد زیرا تغییر قابل ملاحظه‌ای در ایستگاه‌های مختلف و با فاصله از قفس مشاهده نشد. تغییرات بلندمدت کدورت در ارتباط با آبزی‌پروری در اکوسیستم‌های آب شیرین گزارش شده است (Sara, 2007) اما اطلاعات کمی برای آبزی‌پروری دریایی وجود دارد. به علت نرخ تعویض بالای آب در مناطق باز دریایی، احتمالاً کدورت در این مناطق نسبت به مناطق ساحلی کمتر عامل نگران کننده محسوب می‌شود (Price and Morris, 2013). بعضی مطالعات (Alston *et al*., 2005; Sowles, 2005) اثر ناچیز و غیر معنی‌دار آبزی‌پروری بر کدورت را نشان دادند زیرا McKinnon و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که میزان کدورت بین ایستگاه‌های نزدیک به قفس با ایستگاه‌های دورتر تفاوت داشت اما این اختلافات موقتی بود و بعضی نویسندگان آن را بیشتر به تغییرات فصلی و جریان‌های آبی (جزر و مد) در مقایسه با اثر آبزی‌پروری نسبت دادند.

معمولاً شفافیت آب تحت تأثیر وجود ذرات معلق کل (TSS) و رشد جلبکی است و به‌عبارتی با افزایش این عوامل شفافیت آب پائین خواهد آمد. کاهش میزان شفافیت آب در سواحل جنوبی دریای خزر همانند دیگر محیط‌های دریایی مانند دریای بالتیک در زمان رشد جلبکی اتفاق افتاده است (Fleming-Lehtinen *et al*., 2009). اگرچه در بعضی مطالعات اوج تولید جلبکی همزمان با حداقل عمق شفافیت اتفاق نیفتاده و آن را به دلیل کمبود گونه‌های جلبکی با اندازه کوچک‌تر و وجود گونه‌های با اندازه بزرگ‌تر مانند *Ceratium sp*، *Volvox sp* دانستند (Maleri, 2011). به‌طورکلی، میزان شفافیت آب در سواحل جنوبی دریای خزر، بیشتر تحت تاثیر زمان تولید جلبکی، منابع آب ورودی رودخانه‌ها، باد و امواج است. در این تحقیق حداقل شفافیت آب در تحقیق حاضر نیز ۵/۸۲ متر و در اسفندماه مشاهده گردید که با حداکثر فراوانی فیتوپلانکتونی (۵۱/۳۶ درصد)، و در نتیجه بیشترین میزان کلروفیل (کریمیان، ۱۳۹۵؛ فارابی، ۱۳۹۷)، بیشترین میزان کدورت و فعالیت پرورش ماهی مطابقت داشت. به‌نظر می‌رسد به جز افزایش فراوانی فیتوپلانکتون‌ها و وجود اختلاط‌های عمودی (دریاچه یک گردشه گرم) در زمستان به عنوان مهم‌ترین عوامل در تحقیق حاضر و سایر عوامل طبیعی مؤثر در شفافیت آب، پرورش ماهی در قفس نیز از طریق غذادهی و در نتیجه افزایش مواد معلق ناشی از مواد دفعی ماهی و باقی‌مانده غذا (Borges *et al*., 2010) و شاید افزایش مواد مغذی در اسفندماه جهت مصرف فیتوپلانکتون‌ها، در کاهش عمق شفافیت بی‌تأثیر نبوده است. اما به‌نظر می‌رسد که اثر پرورش ماهی بر شفافیت آب قابل ملاحظه نبود زیرا بیشترین میزان آن نیز در اردیبهشت ماه و همزمان با دوره فعالیت پرورش به‌دست آمد و همچنین اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌های مختلف مشاهده نگردید.

ترکیبات نیتروژنی (آمونیوم، نیتریت و نیترات) به‌عنوان آلاینده‌های اصلی ناشی از ضایعات آبزی‌پروری در نظر گرفته می‌شوند. در این تحقیق، وجود تغییرات نامنظم در میزان ترکیبات نیتریت، نیترات و بخصوص مواد مغذی اصلی (نیتروژن و فسفر کل) بین ایستگاه‌های مختلف در هر دوره نمونه‌برداری (بخصوص زمان پرورش) معنی‌دار نبود که می‌تواند دلیلی بر عدم تأثیر قابل ملاحظه‌ی اثر پرورش ماهی در قفس بر میزان این ترکیبات باشد. تغییرات در میزان نیترات بین دوره‌های مختلف معنی‌دار بود که بیشترین آن در تمامی ایستگاه‌ها در مرداد ماه مشاهده گردید که افزایش آن در مرداد ماه علاوه بر وجود ترکیبات آلی، شاید ناشی از افزایش دما باشد (Nasrollahzadeh *et al*., 2008). روند تغییرات افزایشی آمونیوم نیز از اول تا پایان دوره منظم‌تر اما با کمی اختلاف همانند نیترات بود به‌طوری‌که کمترین میزان آمونیوم بدون اختلاف معنی‌دار همراه با دی در اسفندماه وجود داشت در حالی‌که میزان نیترات در اسفندماه بعد از مردادماه دارای بیشترین بود. همچنین بیشترین میزان آمونیوم در مرداد ماه مشاهده گردید که با سایر دوره‌ها اختلاف معنی‌دار داشت. بر خلاف انتظار، غلظت پائین آمونیوم در اسفند ماه می‌تواند به دلیل جذب ترجیحی آن از طرف فیتوپلانکتون‌ها ناشی از میزان کم انرژی جهت جذب آن باشد زیرا بیشترین درصد فراوانی فیتوپلانکتون‌ها نیز در اسفند ماه و کمترین آن نیز در اردیبهشت و مرداد ماه وجود داشت (کریمیان، ۱۳۹۵؛ فارابی، ۱۳۹۷). بنابراین، در تحقیق حاضر نیز شاید افزایش معنی‌دار آمونیوم در مردادماه نسبت به سایر دوره‌ها حتی دوره پرورش ماهی ناشی از وجود شانه‌دار (Shiganova *et al*., 2004; Nasrollahzadeh *et al*., 2008) و سپس تجزیه میکروبی در ستون آب، عدم مصرف فیتوپلانکتون‌ها از آن (کریمیان، ۱۳۹۵؛ فارابی، ۱۳۹۷) و نیز احتمال برگشت مواد مغذی ناشی از قفس‌های پرورشی به داخل ستون آبی حتی بین دوره‌های متوالی پرورش (Beveridge, 2008; Bristow *et al*., 2008; Gondwe *et al*., 2011; Plavan *et al*., 2012; Venturoti

et al., 2014) بوده باشد زیرا میزان آن همانند سایر دوره‌ها با فاصله از قفس کاهش یافت.

بر خلاف نیتریت و نیترات، تغییرات مشاهده شده در میزان یون آمونیوم بین ایستگاه‌های مختلف در اسفند و اردیبهشت ماه معنی‌دار بود به‌طوری‌که معمولاً در ایستگاه‌های نزدیک به قفس غلظت بیشتری داشت. افزایش آمونیوم در مطالعه Degefu و همکاران (۲۰۱۱) همراه با کاهش اکسیژن در نزدیک قفس‌های پرورش ماهی تیلاپیا ناشی از افزایش ترشحات ترکیبات نیتروژنی در ماهی پرورشی و تجزیه میکروبی مواد آلی از باقی‌مانده غذا همانند مطالعات Bristow و همکاران (۲۰۰۸) نشان داده شد. با توجه به این‌که حتی در تحقیق حاضر با اثر کم فعالیت پرورش ماهی بر بیشتر عوامل فیزیکی و شیمیایی، اما اثر آن بر افزایش آمونیوم همانند بعضی مطالعات محسوس بوده است و به‌نظر می‌رسد که این عامل، سریع‌تر تحت تأثیر آبزی‌پروری قرار می‌گیرد و می‌تواند شاخصی از میزان این اثرات حتی در ظرفیت‌های پائین پرورشی نیز باشد.

نتایج آنالیز فسفات در تحقیق حاضر نشان داد که بیشترین میزان فسفات در ایستگاه ۵ متری در اسفندماه و کمترین آن در ایستگاه ۱۰۰۰ متری در دی‌ماه (قبل از شروع پرورش) مشاهده گردید. در مطالعه Demirak و همکاران (۲۰۰۶) نیز میزان فسفات در محل قفس‌ها و ایستگاه شاهد در دامنه ۱۰۰-۸ و ۱۰-۱ میکروگرم در لیتر متغیر بود و میزان بالای آن را ناشی از افزایش فعالیت پرورش ماهی دانستند زیرا کمترین میزان رهاسازی آن، همزمان با کمترین فعالیت پرورش و غذادهی به‌دست آمد. اگرچه در تحقیق حاضر میزان آن کمتر و ۲۸/۳۶-۱۱/۶ میکروگرم در لیتر به‌دست آمد و نسبت به مطالعه قبلی میزان و دامنه تغییرات کمتری داشت اما با توجه به موارد مذکور می‌توان گفت که فسفات در هر دو تحقیق به طور مثبتی تحت تأثیر آبزی‌پروری بود. به‌نظر می‌رسد دلایل اثر کمتر فعالیت پرورش تحقیق حاضر ناشی از محیط دریایی باز و تراکم کمتر پرورش و سرعت جریان مناسب آب نسبت به منطقه پرورشی مطالعه Demirak و همکاران (۲۰۰۶) در خلیج Gulluk دریای اژه بوده است. همچنین در مورد فسفات نیز افزایش معنی‌دار آن در مرداد ماه مشاهده گردید به‌طوری‌که بیشترین میزان آن در لبه قفس‌ها به‌دست آمد و با فاصله از محل قفس‌ها کاهش معنی‌دار داشت که می‌تواند ناشی از افزایش فرآیندهای بیولوژیک در رسوبات در نتیجه افزایش دما و در نتیجه برگشت فسفات محلول از رسوبات به ستون باشد که چنین نتیجه‌ای نیز در بعضی مطالعات گزارش شده بود (Plavan *et al*., 2012).

مطالعات انجام گرفته در زمینه بررسی اثرات آبزی‌پروری بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، بیشتر تعیین این اثرات را بر غلظت مواد مغذی نیتروژن و فسفر کل بررسی نموده‌اند و برخلاف بعضی مطالعات (Marsden *et al*., 1995; Gale, 1999)، در بیشتر این گزارش‌ها افزایش قابل ملاحظه غلظت فسفر و نیتروژن کل ناشی از اثر پرورش ماهی در قفس گزارش شده است (Stirling and Dey; 1990; Hamblin and Gale, 2002; Guo and li, 2003; Findlay *et al*., 2009). آنها معتقد بودند که ماندگاری بالای آب همراه با تراکم بالای ماهی پرورشی منجر به اثرات بسیار سریع در کیفیت آب شدند و پیشنهاد نمودند که اثرات آبزی‌پروری با ویژگی تجمعی و دائمی بودن آن، بیشترین تأثیر را بر عوامل کیفی آب دارد (Findlay *et al*., 2009).

در این تحقیق تقریباً بیشترین غلظت مواد مغذی (به‌خصوص نیتروژن کل) در اسفندماه همراه با فعالیت پرورش ماهی در قفس هنگامی مشاهده شد که اختلاط ستون آبی نیز در نتیجه گردش زمستانه اتفاق می‌افتد (Reigstad *et al*., 2002). در اکوسیستم‌های بکر دریایی مناطق معتدله، مواد مغذی طی فصول زمستان و اوایل بهار فراوان هستند و به‌تدریج طی فصول گرم در سطح آب کاهش می‌یابند (Mente *et al*., 2006). تغییرات میانگین فسفر کل نیز نشان داد که طی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری تفاوت معنی‌دار وجود داشت و بیشترین میزان آن در مردادماه بعد از دوره پرورش مشاهده گردید. شاید یکی از دلایل افزایش فسفر بعد از دوره پرورش همین عامل تجزیه مواد آلی بوسیله جوامع باکتریایی و برگشت آن از رسوب به داخل ستون آب باشد (Cromey and Black, 2005; Stucchi *et al*., 2005; Pierre *et al*., 2015). در مطالعه Guo و Li (2003) افزایش معنی‌دار برای غلظت فسفر کل فقط در داخل قفس مشاهده شد و تغییرات آن به فاصله ۵۰ متری محدود شد اما در این تحقیق روند تغییرات غلظت فسفر کل در ایستگاه‌های مختلف در هر دوره منظم و معنی‌دار نبود اگرچه کاهش نامنظم در غلظت فسفر کل با روند منظم‌تر برای فسفات نسبت به فاصله از مرکز قفس به‌گونه‌ای بود که نشان می‌داد بیشتر تا فاصله ۱۰۰ متری از قفس تحت تأثیر قرار گرفت. معمولاً سرعت جریان آب می‌تواند به عنوان یک عامل مهم در پراکندگی ضایعات آبزی‌پروری نقش داشته باشد (Yokoyama *et al*., 2009) و به‌نظر می‌رسد که نسبت به

بعضی مطالعات، عدم اختلاف معنی‌دار در غلظت فسفر در فاصله‌های مختلف از قفس در این تحقیق با ظرفیت کم پرورش، بزرگی منطقه و مهم‌تر از همه با سرعت جریان بیشتر (با میانگین بیش از ۱۵-۱۰ cm/s) و در نتیجه پراکندگی ضایعات تا فواصل دورتر از مرکز قفس ارتباط داشته باشد.

در بیشتر مطالعات اثرات آبزی‌پروری قفس به صورت محلی و در فاصله ۵۰-۲۰ متری از قفس گزارش شده است (Beveridge, 1996). در بعضی مطالعات این اثرات تا فاصله ۵۰ متری (Guo and Li, 2003)، بیشتر از ۱۰۰ متری قفس و اثرات جزئی‌تر تا فاصله ۱۵۰ متری عنوان شده است (Mente *et al*., 2006). در این تحقیق الگوی مشخصی از ردپای اثرات آبزی‌پروری در ایستگاه‌های مطالعاتی به لحاظ افزایش بعضی عوامل فیزیکی و شیمیایی در ارتباط با پرورش ماهی (به‌خصوص مواد مغذی) با فاصله از قفس مشاهده نگردید. اگرچه عواملی مانند آمونیوم و فسفات در اردیبهشت ماه به صورت منظم و معنی‌دار تا فاصله ۵۰ متری از قفس غلظت بیشتری داشتند در حالی‌که بعضی از این عوامل (نیتروژن کل) در فواصل دورتر از مرکز قفس‌ها دارای غلظت بیشتری (غیر معنی‌دار) بودند. همانند تحقیق حاضر در بعضی مطالعات (Santos *et al*., 2009; Zanatta *et al*., 2011) و برخلاف مطالعه Bristow و همکاران (۲۰۰۸) تغییر معنی‌داری در میزان مواد مغذی بین ایستگاه نزدیک به قفس و شاهد مشاهده نگردید و نشان دادند این فعالیت هنوز بر کیفیت آب تأثیرگذار نبود و احتمالاً مدت زمان کوتاه پرورش برای ایجاد اثرات، کافی نیست. در نهایت، شرایط پرورشی، مساحت منطقه، نرخ تعویض و میزان سرعت جریان آب و خصوصیات هیدروگرافی منطقه از جمله عوامل مهم در تعیین میزان اثرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت پرورش ماهی در قفس هستند (Wu, 1995; Johansson *et al*., 2006). همچنین در بعضی از مطالعات تغییرات نامحسوسی در کیفیت آب (به‌خصوص مواد مغذی) ناشی از پرورش ماهی در قفس گزارش شده بود (Nash *et al*., 2001; Soto and Norambuena, 2004; Tlusty *et al*., 2005; Rensel *et al*., 2007) و همانند مطالعه Demirak و همکاران (۲۰۰۶) بیشتر تغییرات در عوامل فیزیکی و شیمیایی در ایستگاه‌های نزدیک به قفس و نیز در ایستگاه‌های شاهد، طی فواصل زمانی مختلف مشاهده شد. همچنین به دلیل رقیق‌سازی سریع ضایعات پرورشی، تعیین اثرات مواد مغذی محلول در اطراف قفس مشکل خواهد بود به‌خصوص در مناطقی که نسبتاً دارای غلظت بالایی از مواد مغذی هستند، همانند منطقه مورد مطالعه که در دوره‌های قبل و بعد از پرورش به‌خصوص دارای غلظت بالایی از ترکیبات نیتروژن و فسفر بودند.

به طور کلی، در این تحقیق تغییرات نسبتاً کمی در بیشتر متغیرهای فیزیکی و شیمیایی در ارتباط با پرورش ماهی در قفس ایجاد شد. اندازه اثرات ناشی از پرورش ماهی در قفس بیشتر به عواملی مختلفی مانند شرایط پرورشی (گونه پرورشی، تراکم، مدیریت تغذیه‌ای و ... (Findlay *et al*., 2009) و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی منطقه (Wu, 1995; Black, 2001)، شرایط هیدرولوژیک ستون آبی مانند عمق، جریانات یا میزان ماندگاری آب، دما و ... (Macleod *et al*., 2004; Smith *et al*., 2005; Kalantzi and Karakassis, 2006; Findlay *et al*., 2009; Plavan *et al*., 2012)، مصرف مواد دفعی و غذای مصرف نشده از طرف ماهیان محلی طی ته‌نشینی یا بعد از آن و فرآیند معدنی شدن مواد آلی توسط موجودات ریز در ستون یا بستر آب (Plavan *et al*., 2012) و مکان پرورش (مناطق ساحلی یا دریاهای باز) بستگی دارد (Grigorakis and Rigos, 2011). در این مطالعه نیز به‌نظر می‌رسد که علاوه بر دلایل مذکور، ظرفیت پائین پرورش (۴۵ تن نسبت به بسیاری از مطالعات با بیش از ۳۰۰-۲۰۰ تن) و کوتاه بودن دوره پرورش، شرایط هیدرولوژیک مناسب مانند عمق و جریانات دائمی با میانگین سرعت جریان زیاد (بیش از ۱۵-۱۰ cm/s (Zaker *et al*., 2011; www.azerbaijan.az؛ سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۴) در مقابل بعضی از مطالعات با کمتر از ۴-۳ cm/s و در مجموع، مکان پرورش با فاصله مناسب از ساحل، همگی عواملی مهمی بودند که منجر به بروز اثرات نسبتاً جزئی زیست‌محیطی ناشی از فعالیت پرورش ماهی در قفس در منطقه مورد مطالعه شد.

همچنین به دلیل قرارگیری قفس‌های پرورش ماهی در اعماق بالاتر، این امکان وجود دارد که هنگام رسوب کردن به آسانی تا مناطق دورتر از قفس شسته شوند (Salazar and Saldana, 2007). بنابراین، قرارگیری قفس‌ها در عمق مناسبی از دریا می‌تواند راهکاری برای کاهش اثرات محلی مواد مغذی باشد و به‌نظر می‌رسد همانند مطالعه Bugrov (۱۹۹۲) در دریای خزر و سیاه، محل قرارگیری قفس‌ها در مکان مورد مطالعه در فاصله ۵ کیلومتر از ساحل با عمق ۳۰ متر (بیش از دو برابر ارتفاع تور قفس پرورشی) (Beveridge, 2004) مناسب ارزیابی شد. به‌هرحال سرعت جریان ضعیف آب (Venturoti *et al*., 2014) و مساحت کم اکوسیستم همراه با زمان ماندگاری بالای آب و

عمق کم (Beveridge, 2004; Belle and Nash, 2008) می‌تواند حساسیت اکوسیستم را به افزایش میزان فسفر، نیتروژن و اثرات بر جوامع زیستی افزایش دهد (Baula *et al.*, 2011; Pierre *et al.*, 2015). در نهایت می‌توان عنوان نمود که به دلیل تراکم کم ماهی، کوتاه بودن طول دوره پرورش، جریان‌های آبی با سرعت زیاد و عمق مناسب قرارگیری قفس‌ها، فعالیت پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس در محدوده مورد مطالعه بر عوامل غیر زیستی آب اثر کمی داشت. شایان ذکر است، نتایج این تحقیق به‌ویژه در اکوسیستمی به بزرگی دریای خزر با وجود جریانات زیاد آب و شرایط الیگوتروف-مزوتروف بودن آن باید به عنوان نتایج اولیه در نظر گرفته شود زیرا ممکن است اثرات تجمعی ناشی از فعالیت پرورش ماهی در قفس در سال‌های بعد و با تعداد بیشتر قفس‌های پرورشی مشهودتر از تحقیق حاضر باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد که پایش سالانه و نظارت مدیریتی با اصول پیشگیرانه در ارتباط با این صنعت در حال رشد و احتمالاً دارای اثرات زیست‌محیطی جبران ناپذیر، به صورت آزمایشی و همراه با ارزیابی‌های دقیق زیست‌محیطی و آینده‌نگرانه دنبال گردد تا از تخریب و آسیب‌های اکولوژیک اجتناب گردد.

منابع

افرائی بندپی، م.ع.، پرافکنده، ف.، کیهان ثانی، ع.ر.، خداپرست، ن.، و نادری، م.، ۱۳۹۵. بررسی تغییرات گروه‌های زیستی (فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و بی‌مهرگان کفزی) در محدوده استقرار قفس‌های دریایی در سواحل کلارآباد. مجله آبزیان دریای خزر. سال اول. ۳: ۱۳.

پرافکنده، ف.، افرائی بندپی، م.ع.، و سلیمانی رودی، ع.، ۱۳۹۵. بررسی پراکنش، تراکم و زی‌توده بزرگ موجودات بنتیکی در محل اسقرار پرورش ماهی در قفس در سواحل جنوبی دریای خزر (آب‌های مازندران- کلارآباد). مجله علمی شیلات ایران. ۲۵(۳): ۱۳. DOI: 10.22092/isfj.2017.110261.

سازمان شیلات ایران، دفتر توسعه و مدیریت بنادر ماهیگیری.، ۱۳۹۴. تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای استقرار قفس‌های پرورش ماهی و اسکله‌های پشتیبانی و معرفی مناطق مناسب برای توسعه پرورش ماهی در قفس در سواحل استان‌های مازندران، گیلان و گلستان. گزارش بخش دریایی استان مازندران. ۲۶ صفحه.

فارابی، س.م.و.، ۱۳۹۷. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پرورش ماهی در قفس شناور در منطقه جنوبی دریای خزر (استان مازندران). موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۳۸ صفحه.

کریمیان، ع.، ۱۳۹۵. اثرات زیست‌محیطی پرورش در قفس قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در حوضه جنوبی دریای خزر. رساله مقطع دکتری. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۲۵۰ صفحه.

نصراله زاده، ح. س.، نجف‌پور. ش.، یونسی پور، ح.، علومی، ی.، واحدی، ف.، نصراله تبار، ع.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، دلیناد، غ.ح.، مکرمی، ع.، مخلوق، آ.، گل‌آقایی، م. و کاردر، م.ر.، ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر ۱۳۸۸. موسسه تحقیقات شیلات ایران. کد: ۸۸۰۳۷-۸۸۰۱-۱۲-۷۶-۲.

واحدی، ف.، نصراله تبار، ع.، علومی، ی.، یونسی پور، ح.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م. و دلیناد، غ.ح.، ۱۳۸۹. پروژه بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در کرانه‌های جنوبی دریای خزر سال ۸۶: موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۸۶۰۸۷-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۲.

Aksu, M., Kaymakci-Basaran, A. and Egemen, O., 2010. Longterm monitoring of the impact of a capture-based bluefin tuna aquaculture on water column nutrient levels in the Eastern Aegean Sea, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 171: 681-688. DOI: 10.1007/s10661-010-1313-y.

Alston, D. E., Cabarcas, A., Capella, J. Benetti, D. D., Keene-Meltzoff, S., Bonilla, J. and Cortes, R., 2005. Report on the environmental and social impacts of sustainable offshore cage culture production in Puerto Rican waters. Final Report to the National Oceanic and Atmospheric Administration, Contract NA16RG1611.

APHA (American Public Health Association)., 2005. Standard Methods for The Examination

of water and wastewater, 21th ed. American Public Health Association, Washington, DC. 1550 P.

Azevedo, P.A. Podemski, C.L., Hesslein, R.H., Kasian, S.E.M., Findlay, D.L. and Bureau, D.P., 2011. Estimation of waste outputs by a rainbow trout cage farm using a nutritional approach and monitoring of lake water quality. *Aquaculture*, 311: 175-186. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.12.001.

Bagheri, S., Mirzajani, A. and Sabkara, J., 2016. Preliminary studies on the impact of fish cage culture rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on zooplankton structure in the southwestern Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15(3): 1202-1213.

Barbier, E.B., 2012. Progress and challenges in valuing coastal and marine ecosystem services. *Review of Environmental Economics and Policy*, 6(1): 1-19. DOI: 10.1093/reep/rer017.

Basaran, A.K., Aksu, M. and Egemen, O., 2007. Monitoring the impacts of the offshore cage fish farm on water quality located in Ildir Bay (IzmirAegean Sea). *Journal of Agricultural Sciences*, 13: 22-28.

Baula, I.U., Azanza, R.V., Fukuyo, Y. and Siringan, F.P., 2011. Dinoflagellate cyst composition, abundance and horizontal distribution in Bolinao, Pangasinan, Northern Philippines. *Harmful Algae*, 11: 33-44. DOI: 10.1016/j.hal.2011.07.002.

Belle, S.M. and Nash., C.E., 2008. Better management practices for net-pen aquaculture. Pages 261-330 in C.S. Tucker and J. Hargreaves, editors. Environmental Best Management Practices for Aquaculture. Blackwell Publishing, Ames, Iowa.

Beveridge, M.C.M., 1996. Cage Aquaculture, 2ndedn. Fishing News Books, Oxford. 346 P.

Beveridge, M.C.M., 2004. Cage aquaculture. Oxford: Fishing News Books, 131P.

Beveridge, M.C.M., 2008. Cage Aquaculture (3rd edn). John Wiley e Sons, Oxford, 380 P.

Black, K.D., 2001. Environmental impacts of aquaculture. Sheffield Academic Press and CRC Press, Sheffield.

Borges, P.A.F., Train, S., Dias, J.D. and Bonecker, C.C., 2010. Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. *Hydrobiologia*, 649: 279-291. DOI: 10.1007/s10750-010-0271-2.

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

Bristow, C.E., Morin, A., Hesslein, R.H. and Podemski, C.L., 2008. Phosphorus budget and productivity of an experimental lake during the initial three years of cage aquaculture. *Canadian Journal of Fisheries and Aquaculture Science*, 65: 2485-2495. DOI: 10.1139/F08-155.

Bugrov, L., 1992. Rainbow trout culture in submersible cages near offshore oil platforms.*Aquaculture*, 100(1-3): 169-180.

Burt, K., Hamoutene, D., Mabrouk, Gehan., Lang, C., Puestow, T. and Drover, D., 2012. Environmental conditions and occurrence of hypoxia within production cages of Atlantic salmon on the south coast of Newfoundland. *Aquaculture Research*, 43: 607-620. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.02867.

Caruso, G., 2014. Effects of aquaculture activities on microbial assemblages. *Oceanography*, 2, e107.

Cromey, C.J. and Black, K.D., 2005. Modelling the impacts of finfish aquaculture (in this volume). Springer, Berlin Heidelberg New York.

Cromey, C.J., Nickell, T.D., Treasurer, J., Black, K.D. and Inall, M., 2009. Modelling the impact of cod (*Gadus morhua* L.) farming in the marine environment-CODMOD. *Aquaculture*, 289: 42-53. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.12.020.

De Silva, S., 2012. Aquaculture: a newly emergent food production sector and perspectives of its impacts on biodiversity and conservation. *Biodiversation Conservation*, 21: 3187-3220. DOI: 10.1007/s10531-012-0360-9.

Degefu, F., Mengistu, S. and Schagerl, M., 2011. Influence of fish cage farming on water quality and plankton in fish ponds: A case study in the Rift Valley and North Shoa reservoirs, Ethiopia. *Aquaculture*, 316: 129-135. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.03.010.

Demirak, A., Balci, A. and Tufekci, M., 2006. Environmental impact of the marine aquaculture in Gulluk Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 123: 1-12. DOI: 10.1007/s10661-005-9063-y.

FAO, 2016. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Contributing to food security and nutrition for all. 200 P.

Findlay, D.L., Podemski, C.L., Susan, E. and Kasian, M., 2009. Aquaculture impacts on the algal and bacterial communities in a small boreal forest lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66(11): 1936-1948. DOI:10.1139/F09-121.

Fleming-Lehtinen V., Laamanen, M. and Olsonen, R., 2009. HELCOM Indicator Fact Sheets 2007: Florida Department of Environmental Protection., 2003. Development of Florida Lake Nutrient Criteria: Summary and Synthesis. Tallahassee, USA. http://www.helcom.fi/environment2/ifs/en_GB/cover. 2011.8.22.

Focardi, S., Corsi, I. and Franchi, E., 2005. Safety issues and sustainable development of European aquaculture: new tools for environmentally sound aquaculture. *Aquacult Int*, 13: 3-17. DOI:10.1007/s10499-004-9036-0.

Gale, P., 1999. Addressing Concerns for Water Quality Impacts from Large-Scale Great Lakes Aquaculture. Roundtable Discussion Habitat Advisory Board of the Great Lakes Fishery Commission and Great Lakes Water Quality Board of the International Joint Commission. Toronto, Ontario Ministry of the Environment.

Gondwe, M.J.S., Guildford, S.J. and Hecky, R.E., 2011. Carbon, nitrogen and phosphorus loadings from tilapia fish cages in Lake Malawi and factors influencing their magnitude. *Journal of Great Lakes Research*, 37: 93-101. DOI: 10.1016/j.jglr.2010.11.014

Grigorakis, K. and Rigos, G., 2011. Aquaculture effect on environmental and public welfare- The case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere*, 855: 899-919. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.07.015.

Guo, L. and Li, Z., 2003. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture*, 226: 201-212. DOI:10.1016/S0044-8486(03)00478-2.

Hamblin, P.F. and Gale, P., 2002. Water Quality Modeling of Caged Aquaculture Impacts in

Lake Wolsey, North Channel of Lake Huron. *Journal of Great Lakes Research*, 28(1): 32-43. DOI: 10.1016/S0380-1330(02)70560-1.

Hargrave, B.T., 2003. Far-field environmental effects of marine finfish aquaculture, 1-49 in Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, 2450, Volume 1. Available at: http://mmc. gov/drakes_estero/pdfs/bivalve_aquaculture_03. pdf.

Johansson, D., Ruohonen, K., Kiessling, A. and Oppedal, F., 2006. Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. *Aquaculture*, 254: 594-605. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.10.029.

Kalantzi, I. and Karakassis, I., 2006. Benthic impacts of fish farming: meta-analysis of community and geochemical data. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 484-493. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2005.09.034.

Macleod, C.K., Crawford, M. and Moltschaniwsky, A., 2004. Assessment of long term change in sediment condition after organic enrichment: defining recovery. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 79-88. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2004.01.010.

Malleri, M., 2011. Effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on Western Cape irrigation reservoirs. Doctor of Philosophy in the Faculty of AgriSciences at Stellenbosch University. 296 P.

Marsden, M.W., Fozzard, I.R., Clark, D., McLean, N. and Smith, M.R., 1995. Control of phosphorus inputs to a freshwater lake: a case study. *Aquaculture Research*, 26: 527-538. DOI: 10.1111/j.1365-2109.1995.

McKinnon, D., Trott, L., Duggan, S., Brinkman, R., Alongi, D., Castine, S. and Patel, F., 2008. The environmental impacts of sea cage aquaculture in a Queensland context-Hinchinbrook Channel case study (SD57/06) Final Report.

Mente, A.E., Graham, J., Pierce, A.E., Santos, A.E. and Neofitou, C., 2006. Effect of feed and feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environment: a synthesis for European aquaculture. *Aquacult Int*, 14: 499-522. DOI: 10.1007/s10499-006-9051-4.

Nash, C.E., editor, 2001. The net-pen salmon farming industry in the Pacific Northwest. U.S. Dept. of Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-46.

Nash, C.E., Burbridge, P.R. and Volkman, J.K., 2005. Guidelines for ecological risk assessment of marine fish aquaculture. U.S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-71.

Nasrollahzadeh Saravi, Bin, H., Din, Z., Foong, S.Y. and Makhlough, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Journal of Continental Shelf Research*, 28: 1153-1165. DOI: 10.1016/j.csr.2008.02.015.

Ola, H. and Hall, O.J., 1994. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. III. Silicon. *Aquaculture*, 120: 305-318. DOI: 10.1016/0044-8486(94)90087-6.

Olsen, Y. and Olsen, L.M., 2008. Environmental impact of aquaculture on coastal planktonic ecosysytems. In: Tsuka-moto, K., Kawamura, T., Takeuchi, T., Beard, T. D. and Kaiser, M. J (eds) Fisheries for global welfare and environment. Proc 5th World Fisheries Congress 2008, Terrapub, Tokyo. pp.181-196.

Paterson, M.J., Podemski, C.O., WESSON, L.J. and Dupuis, A.P., 2011. The effects of an

experimental freshwater cage aquaculture operation on *Mysis diluviana*. *Journal of Plankton Research*, 33(1): 25-36. DOI: 10.1093/plankt/fbq096.

Pierre, A.C., Yuan-Chao, A.H., Chaolum, A.C. and Yang, C.C., 2015. Integrated assessment of sustainable marine cage culture through system dynamics modeling. *Ecological Modelling*, 299: 140-146. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2014.12.019.

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.

Plavan, G., Nicoara, M., Apetroaiei, N. and Plavan, O., 2012. The effect of fish cage aquaculture on the profound macrozoobenthos in the oligo-mesotrophic reservoir Izvoru Muntelui Bicaz (Romania). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(2), 145-148.

Price, C.S. and Morris, J.A., 2013. Marine Cage Culture and the Environment. Center for Coastal Fisheries and Habitat Research, 158 P.

Reigstad, M., Wassmann, P., Wexels Riser, C., Øygarden, S. and Rey, F., 2002. Variations in hydrography, nutrients and chlorophyll a in the marginal ice zone and the central Barents Sea. *Journal of Marine Sysytems*, 38: 9-29. DOI: 10.1016/S0924-7963(02)00167-7.

Rensel, J.E.J., Kiefer, D.A. Forster, J.R.M., Woodruff, D.L. and Evans, N.R., 2007. Offshore finfish mariculture in the Strait of Juan de Fuca. *Bulletin of the Fisheries Research Agency*, 19: 113-129.

Salazar, F.J. and saldana, R.C., 2007. Characterization of manures from Wash cage farming in Chile. *Bioresource Technology*, 98, 3322-3327. DOI: 10.1016/J.BIORTECH.2006.07.003.

Santos, R.M., Rocha, G.S., Rocha, O. and Santos-Wisniewski, M. J., 2009. Influence of net cage fish cultures on the diversity of the zooplankton community in the Furnas hydroelectric reservoir, Areado, MG, Brazil. *Aquaculture Research*, 40: 753-776. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2008.02148.x.

Sarà, G., 2007. Ecological effects of aquaculture on living and non-living suspended fractions of the water column: a meta-analysis. *Water Research*, 41: 3187-3200. DOI: 10.1016/j.watres.2007.05.013.

Shiganova, T.A., Dumont, H.J., Sokolsky, A.F., Kamakin, A.M., Tinenkova, D. and Kurasheva, E. K., 2004. Population dynamics of *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea, and effects on the Caspian ecosystem. In: Dumont, H., Shiganova, T. A., Niermann, U., (eds) In Aquatic Invasions in the Black, Caspian, and Mediterranean Seas, 35: Kluwer, Dordrecht. pp.71-111. DOI: 10.1007/1-4020-2152-6_3.

Smith, J.N., Yeats. P.A. and Milligan, T.G., 2005. Sediment geochronologies for fish farm contaminants in Line Kiln Bay, Bay of Fundy. *Hidrobiology Environmental Chemistry*, 5: 221-38. DOI: 10.1007/b136012.

Soto, D. and Norambuena, F., 2004. Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: A large-scale mensurative experiment. *Journal of Applied Ichthyology*, 20: 493-501. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2004.00602.x.

Sowles, J.W., 2005. Assessing nitrogen carrying capacity for Blue Hill Bay, Maine: A management case history. pp. 359-380 in B.T. Hargrave, editor. Environmental effects of marine finfish aquaculture. Handbook of Environmental Chemistry, Volume 5M. Springer-Verlag, Berlin.

Stirling, H.P. and Dey, T., 1990. Impact of intensive cage fish farming on phytoplankton and periphyton of a Scottish Freshwater loch. *Hydrobiologia*, 190: 193-214. DOI: 10.1007/BF00008187.

Strain, P. and Hargrave, B., 2005. Salmon aquaculture, nutrient fluxes and ecosystem processes in southwestern New Brunswick. 29-57 in B.T. Hargrave, editor. Environmental effects of marine finfish aquaculture. Handbook of Environmental Chemistry, Volume 5M. SpringerVerlag, Berlin.

Stucchi, D., Sutherland, T.A., Levings, C. and Higgs, D., 2005. Near-field depositional model for salmon aquaculture waste (in this volume). Springer, Berlin Heidelberg New York.

Tett, P., 2008. Fish farm waste in the ecosystem. pp. 1-46 in M. Holmer, K. Black, C.M. Duarte, N. Marba, and I. Karakassis, editors. Aquaculture in the Ecosystem. Springer, Dordrecht, London.

Tlusty, M.F., Pepper, V.A. and Anderson. M.R., 2005. Reconciling aquaculture's influence on the water column and benthos of an estuarine fjord-A case study from Bay d'Espoir, Newfoundland. pp. 115-128 in B.T. Hargrave, editor. Environmental effects of marine finfish aquaculture. Handbook of Environmental Chemistry, Volume 5M. SpringerVerlag, Berlin.

Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A. H. and Fang, J.G., 2009. Ecological engineering in aquaculture potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*, 297: 1-9. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.09.010.

Vargas-Machuca, S.C., Ponce-Palafox, J.T., Arredondo-Figueroa, J.L., Chavez-Ortiz, E.A. and Vernon-Carter, E.J., 2008. Physicochemical water parameters variation in the floating cages of snappers (*Lutjanus peru* and *L. guttatus*) farmed in tropical sea. *Revista Mexicana De Ingenieria Quimica*, 7: 237-242.

Venturoti, G.P., Veronez, A.C., Salla, R.V. and Gomes, L.C., 2014. Phosphorus, total ammonia nitrogen and chlorophyll a from fish cages in a tropical lake (Lake Palminhas, Espirito Santo, Brazil). *Aquaculture Research*, pp.1-15. DOI: 10.1111/are.12502.

Vigen, L., 2008. European Master in Aquaculture and Fisheries. Department of biology university of Bergen. 73 P.

Wetzel, R. G. and Likens, H., 1991. Limnological analysis. Springer-Verlag, 391 P.

Wetzel, R.G., 2001. Limnology of Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press, San Diego, CA, 1006 P.

Whitmarsh, D. J., Cook, E.J. and Black, K.D., 2006. Searching for sustainability in aquaculture: an investigation into the economic prospects for an integrated salmon-mussel production system. *Marine Policy*, 30: 293-298. DOI: 10.1016/j.marpol.2005.01.004.

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.www.azerbaijan.az/_Geography/_Caspian/_caspian_e.html?caspian_05.

Yabanli, M. and Egemen, O., 2009. Monitoring the environmental impacts of marine aquaculture activities on the water column and

sediment in vicinity of the Karaburun Peninsula (Turkey-Eastern Aegean Sea). *Journal of Fisheries Sciences*, 3: 207-213. DOI: 10.3153/jfscom.2009025.

Yokoyama, H., Takashi, T., Ishishi, 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.

Yucel-Gier, G., Kucuksezgin, F. and Kocak, F., 2007. Effects of fish farming on nutritents and benthic community structure in the Eastern Aegean (Turkey). *Aquaculture Research*, 38: 256-267. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007. 01661.x.

Zaker, N.H., Ghaffari, P., Jamshidi, S. and Nouranian, M., 2011. Currents on the Southern Continental Shelf of the Caspian Sea off Babolsar, Mazandaran, Iran. *Journal of coastal Research*, 64: 1989-1997.

Zanatta, A.S., Perbiche-Neves, G., Ventura, R., Ramos, I.P. and Carvalho, E.D., 2011. Effects of a small fish cage farm on zooplankton assemblages (Cladocera and Copepoda: Crustacea) in a subtropical reservoir (SE Brazil). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(**4**): 530-539.

Study on abiotic factors of water in the vicinity of marine cage culture in southern coast of the Caspian Sea, Abbas Abad area.

Karimian E.[1*]; Zakeri M.[1]; Farabi S.M.V.[2]; Haqi M.[1]; Kochanian P.[1]

[*]Erfankarimian88@gmail.com

1-Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology. Khorramshahr, Iran.
2-Aquaculture Department, Caspian Sea Ecology Research Center. Sari, Iran.

Abstract

This study was carried out to determine the effect of raibow trout cage culture on the abiotic factors of water in the Abbas Abad area, southern basin of the Caspian Sea. For this purpose, water samples were collected at distances of 5, 50, 100 and 1000 m from the cage culture during December 2014 to August 2015. Based on the results, it was shown that the mean value of water temperature for surface layer varied between 12.2 and 30.16 °C from December to August. The highest and lowest mean value of salinity obtained in August (11.26 g/l) and April (10.66 g/l) respectively. The range of pH value changes (8.36-8.83) was as small as the rate of electro conductivity variations (18.11-19.07 µs/cm). The highest concentration of dissolved oxygen was observed in December at 1000 m station (9.23 mg/l) and the lowest was seen in April at 5 m station (7.27 mg/l). Also the mean values of Total Dissolved Solids, Turbidity, Nitrite, Nitrate, ammonium, Total Nitrogen, Phosphate and Total Phosphorus was obtained 9.59 (g/l), 5.55 (NTU), 3.67, 133.45, 92.6, 929.72, 21.63, 37.73 (µg/l) respectively. The results of abiotic factors of water showed that most of the measured parameters had significant differences only among different sampling periods ($p<0.05$) whilst, for some factors such as dissolved oxygen, ion ammonium and phosphate, there were significant differences between different stations (The effect of distance from the cage) at each sampling period as well as ($p<0.05$). It seems that the cage culture of rainbow trout in the Abbas Abad area had only a minor impact on measured factors probably due to low stocking density, short-term of fish farm and high current velocity.

Keywords: Cage culture, Rainbow trout, Abiotic factors, Caspian Sea

[*]Corresponding author