

تأثیر پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس شناور بر میزان کلروفیل-آ و شاخص تروفی پیرامون منطقه عباس‌آباد، حوضه جنوبی دریای خزر

عرفان کریمیان^{*}، محمد ذاکری^۱، سید محمودوحید فارابی^۲، مهسا حقی^۱، پریتا کوچنین^۱

^۱ گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
^۲ پژوهشکده اکولوژی آبریان دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.
^{*} نویسنده مسئول: erfankarimian88@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۵

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۱۰

چکیده

این تحقیق با هدف تعیین اثر فعالیت پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر میزان کلروفیل-آ و شاخص تروفی منطقه عباس‌آباد در حوضه جنوبی دریای خزر طراحی گردید. بدین منظور نمونه‌های آب و رسوب از فواصل ۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ متری از قفس‌های پرورش ماهی طی ۴ دوره شامل ماه دی (قبل از پرورش)، اسفندماه ۱۳۹۳ و ماه اردیبهشت (دوره پرورش) و ماه مرداد (بعد از دوره پرورش) ۱۳۹۴ جمع‌آوری شدند. در این بررسی، در مجموع ۴۲ گونه فیتوپلانکتون متعلق به پنج شاخه با غالبیت شاخه Bacillariophyta شناسایی گردید. میزان کلروفیل-آ طی دوره و ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری دارای تفاوت معنی‌دار بود ($P < 0.05$). بیشترین میزان کلروفیل-آ طی دوره، در ماه اسفند و ایستگاه با فاصله ۵ متری از قفس (۲/۱۳ میکروگرم در لیتر) و کمترین آن در ماه اردیبهشت و ایستگاه با فاصله ۱۰۰۰ متری از قفس (۰/۴۴ میکروگرم در لیتر) به‌دست آمد. در منطقه مورد مطالعه، شاخص تروفی (TSI) فقط در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). بیشترین میزان آن (۴۲/۱۸) در ماه اسفند و سپس در ماه مرداد (۴۰/۴۷) به‌دست آمد و این اختلافات بین دوره‌های مختلف معنی‌دار بود ($P < 0.05$), در حالی‌که، اثر فاصله از مرکز قفس معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). به‌نظر می‌رسد که فعالیت پرورش در قفس قزل‌آلای رنگین‌کمان در منطقه عباس‌آباد، به‌دلیل کوچک بودن مقیاس پرورش ماهی، کوتاه بودن طول دوره پرورش و جریان‌های آبی قوی اثر قابل ملاحظه‌ای روی میزان کلروفیل-آ و شاخص تروفی محیط اطراف قفس نداشت به‌طوری‌که، تغییرات مشاهده شده بیشتر با تغییرات فصلی مرتبط بود.

واژگان کلیدی: پرورش، قفس، قزل‌آلا، کلروفیل، شاخص تروفی.

مقدمه

(2005). شاخص تروفی کارلسون به‌طور وسیعی کاربرد داشته و تحت شرایط آب و هوایی و اکوسیستم‌های مختلف (آب شور و شیرین) قابل قبول است (Cako, 2014). مقدار این شاخص محاسبه شده توسط کارلسون (۱۹۷۷) بین ۱۰۰-۰ برآورد شده که براساس میزان کلروفیل-آ، عمق سشی‌دیسک و فسفرکل محاسبه می‌شود.

پرورش ماهی در قفس در آب‌های لب‌شور و شور، از مدت‌ها قبل مورد توجه قرار گرفته و به‌دلیل وجود منابع آبی شور، می‌تواند گسترش و تنوع قابل توجهی داشته باشد. در سال ۲۰۱۴ میلادی سهم قابل توجهی از تولیدات آبی‌پروری جهان به محیط‌های آبی لب‌شور و شور اختصاص داشته است (FAO, 2016)، 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).

کاربرد موجودات به‌عنوان شاخص‌های زیستی، مانند جمعیت فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها برای منطقه پلاژیک آب‌ها و همچنین موجودات کفزی جهت تعیین سلامت رسوبات و سایر ویژگی‌های اکولوژیک بسیار موفقیت‌آمیز بوده است (Azevedo et al., 2015). جمعیت فیتوپلانکتونی نقش اکولوژیکی مهمی به‌عنوان تولیدکننده اولیه دارد که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی شبکه غذایی تأثیر می‌گذارد (Domingues et al., 2008). از طرف دیگر، فیتوپلانکتون‌ها به‌عنوان شاخصی از تغییرات رهاسازی مواد مغذی و همچنین عنصر کلیدی جهت برآورد میزان تروفی در اکوسیستم‌های دریایی به‌کار برده می‌شوند (Garmendia et al., 2013)، چراکه نسبت به تغییرات اکولوژیکی ناشی از آلودگی‌های انسانی بسیار حساس هستند (Naz and Turkoglu,

بسیار محدود و در حد مطالعات ابتدایی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه Bagheri و همکاران (۲۰۱۶) اشاره نمود. بنابراین تحقیق حاضر با هدف تعیین میزان کلروفیل آ و شاخص تروفی تحت شرایط پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس شناور منطقه عباس‌آباد، حوضه جنوبی دریای خزر صورت گرفت.

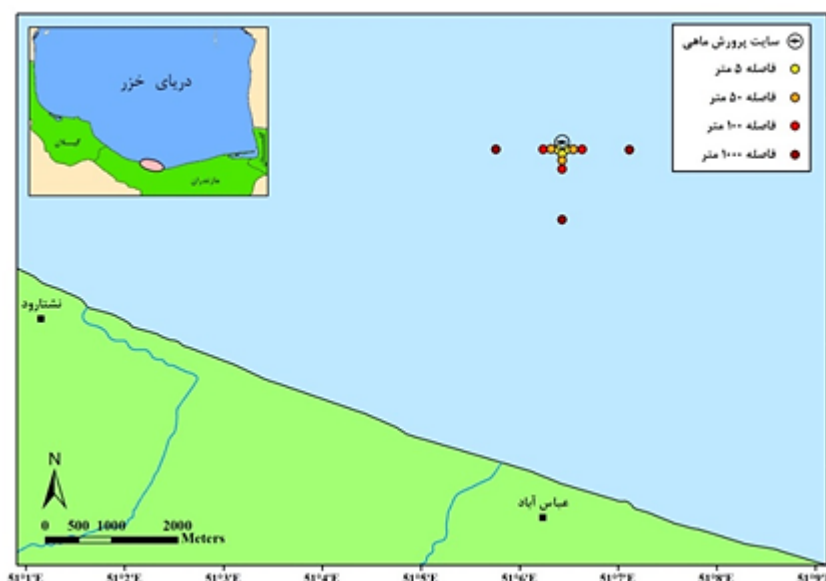
مواد و روش‌ها

این تحقیق در ساحل جنوبی دریای خزر در استان مازندران در منطقه‌ی عباس‌آباد، 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 متر)، 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، غرب و جنوب یا ساحل دریای خزر (در مجموع ۱۲ مکان) در نظر گرفته شد (شکل ۱).

این پژوهش از دی‌ماه سال ۱۳۹۳ تا مردادماه ۱۳۹۴ در بخش آب‌های زیرسطحی (با مخلوط نمودن سه نمونه از عمق‌های یک متر زیر سطح آب دریا، لایه میانی ۱۰ متری و عمق ۲۰ متر) ایستگاه‌های مذکور انجام شد. فعالیت پرورش، از ماهیانی با وزن پیش‌پروراری با میانگین ۲۰۰ گرم شروع شد. میزان ذخیره‌سازی اولیه حداکثر ۵ تن به‌ازای هر قفس و به‌طور متوسط تعداد ذخیره‌سازی ۲۵۰۰۰ قطعه ماهی بود که ماهی‌های ذخیره شده طی ۴ ماه دوره پرورش به بیش از ۸۰۰ گرم رسیدند. ۴ قفس پرورشی با قطر ۲۰ متر، ارتفاع تور ۸ متر (چشمه تور ۲۰ میلی‌متر) و تاج یک متر که در فاصله ۵ کیلومتری از ساحل و در عمق ۳۰ متری از سطح دریا مستقر شد. توانایی اسمی تولید هر قفس ۲۵ تن است ولی به‌دلیل احتمال کمترین احتساب خطرپذیری (عدم آگاهی پرورش‌دهندگان از اکولوژی محل استقرار قفس مانند وجود طوفان‌ها و در نتیجه جلوگیری از خسارات احتمالی)، عملاً حداکثر ۱۵ تن از آن برداشت شد. غذادهی روزانه به‌صورت دستی در

پرورش در قفس آزادماهیان دریاچه‌ای به‌عنوان یک منبع مهم شناخته شده از ضایعات آلی و مواد مغذی است که می‌تواند باعث افزایش سطوح مواد آلی و مغذی در ستون آب و در نتیجه به‌وجود آمدن مشکلات زیست‌محیطی گردد (Guo and Li, 2003). مهمترین منبع ضایعات در فعالیت پرورش ماهی در قفس، ترکیبات غذای ماهی و روش‌های تغذیه‌ای است، به‌طوری که غذای مصرف نشده و مواد دفعی ماهی منابع اولیه ورود مواد مغذی به ستون آبی طی فعالیت آبی‌پروری به حساب می‌آیند (Podemski and Blanchfield, 2006). وقتی FCR در قفس‌های پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان ۱/۲ باشد (Beveridge, 2004)، مقدار فسفر رها شده به محیط ۱۰/۸ کیلوگرم و در FCR برابر ۲، این مقدار تقریباً ۱۹/۲ کیلوگرم فسفر به ازای هر تن تولید ماهی خواهد بود که در این صورت فسفر ره‌اشده به محیط تقریباً دو برابر شرایط ایده‌آل تغذیه‌ای است. حداقل فسفر آزاد شده، حتی در شرایط ایده‌آل تغذیه‌ای (FCR برابر ۱) ۸/۸ کیلوگرم به ازای هر تن پرورش قزل‌آلا، یعنی حدود دوسوم فسفر موجود در غذاست (Temporetti et al., 2000).

تاکنون بدون هیچ استفاده مستقیم از آب و محیط منطقه جنوبی دریای خزر برای فعالیت‌های آبی‌پروری، تغییرات اکولوژیک نامطلوبی در این منطقه اتفاق افتاده است و همچنین افزایش ریزش مواد مغذی از رودخانه‌ها به این منطقه در دو دهه گذشته شرایط نوار سواحل جنوبی از وضعیت الیگوتروفیک به سمت مزو-یوتروفیک پیشرفت داشته است. بنابراین استفاده از قفس‌های شناور در اعماق کمتر از ۲۰ متر با مخاطرات جدی روبرو است، اما در حال حاضر اثر این پدیده‌های ناخواسته با دور شدن از ساحل کاهش یافته و شرایط آب دریا به لحاظ روند بهبود عوامل فیزیکوشیمیایی و زیستی برای استقرار قفس و پرورش ماهی و همچنین کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی از کیفیت مناسب‌تری برخوردار می‌گردد (فارابی، ۱۳۹۳). در ایران مطالعاتی روی جنبه‌های مختلف پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و رژیم‌های غذایی این ماهی انجام شده است، اما در ارتباط با اثرات پرورش در قفس این ماهی مطالعات



شکل ۱ - موقعیت قفس و ایستگاه‌ها در منطقه مورد مطالعه - عباس‌آباد.

بهداشت عمومی آمریکا (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد (APHA, 2005).

به‌منظور تعیین میزان کلروفیل-آ نیز همانند نمونه‌برداری دیگر عوامل فیزیکی و شیمیایی، ۱ لیتر آب از لایه‌های مختلف برداشت و تا زمان انتقال به آزمایشگاه در شرایط یخچال نگهداری شد. نمونه آب را با پمپ خلاء و کاغذ صافی ۰/۴۵ میکرونی صاف و سپس کاغذ صافی را درون لوله آزمایش قرار داده و ۱۰ سی‌سی استون ۹۰ درصد به آن اضافه شد. جهت استخراج عصاره لوله آزمایش را در ۳۰۰۰ دور به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ کرده و با اسپکتروفتومتر میزان جذب نمونه در ۶۶۵ و ۷۵۰ نانومتر ثبت گردید. سپس ۲ قطره اسید نیتریک ۲ نرمال به آن اضافه کرده و در طول موج‌های ۶۶۵ و ۷۵۰ نانومتر خوانده شد (Wetzel and Linkes, 1991). سپس براساس فرمول زیر غلظت کلروفیل-آ محاسبه گردید:

$$\text{Chlorophyll a mg/lit} = 29.6 [(E_{b665} - E_{b750}) - (E_{a665} - E_{a750})] \times V_1/V_2$$

که در آن E_{b665} = جذب محلول قبل از افزایش اسید در ۶۶۵ نانومتر، E_{b750} = جذب محلول قبل از افزایش اسید در ۷۵۰ نانومتر، E_{a665} = جذب محلول بعد از افزایش اسید در ۶۶۵ نانومتر، E_{a750} = جذب محلول بعد از افزایش اسید در ۷۵۰ نانومتر، V_1 = حجم الکل اسید به میلی‌لیتر و V_2 = حجم آب صاف شده به لیتر می‌باشد.

بررسی وضعیت تروفی منطقه مورد مطالعه: برای

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 (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 به ترتیب ۰/۶ و ۶/۵۶ درصد محاسبه شد). نمونه‌برداری‌های زیستی و غیر زیستی طی ۴ مرحله شامل قبل از ذخیره‌سازی در قفس (دی‌ماه ۱۳۹۳)، اواسط دوره پرورش (اسفندماه، با تراکم بیشتر)، اواخر دوره پرورش (اردیبهشت‌ماه، با تراکم کمتر) و سه ماه پس از اتمام دوره‌ی پرورش (مردادماه ۱۳۹۴) جهت بررسی اثرات زیست‌محیطی پرورش در قفس، صورت گرفت. لازم به‌ذکر است که یکی از قفس‌ها به‌دلیل برخورد طوفان بسیار شدید در اسفندماه در هم شکست و به ساحل منتقل گردید و در نتیجه از میزان تراکم کل کاسته شد.

در طول دوره تحقیق، نمونه‌برداری از آب در ایستگاه‌های مورد نظر با استفاده از دستگاه روتنر صورت گرفت. شفافیت با استفاده از صفحه سکشی به قطر ۲۵ سانتی‌متر بلافاصله در محل نمونه‌برداری و فسفر کل و کلروفیل آ در آزمایشگاه آنالیز شیمیایی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر با استفاده از روش کار استاندارد برای آزمایش آب ارائه شده توسط انجمن

جدول ۱ - شاخص تروفی Carlson برای تشخیص وضعیت تروفی دریاچه‌ها.

TSI	TP (mg/L)	SD (m)	Chl-a(μg/L)	وضعیت تروفی	صفات
< ۳۰	< ۰/۰۰۶	> ۷/۹	۰/۰۹۵	الیگوتروف	آب شفاف، اکسیژن در سرتاسر سال تا بستر، خیلی عمیق با آب سرد
۳۰ - ۴۰	۰/۰۰۶ - ۰/۰۱۲	۳/۹ - ۷/۹	۰/۰۹۵ - ۲/۶	مزوتروف	بستر دریاچه های کم عمق ممکن است فاقد اکسیژن باشد آب در اغلب تابستان تا حدی شفاف، در اواخر تابستان سبزتر ممکن است باشد
۴۰ - ۵۰	۰/۰۱۲ - ۰/۰۲۴	۲/۰۱ - ۳/۹	۲/۶ - ۷/۳	یوتروف	مشکلات گیاهان آبی و جلبکها، آب به رنگ سبز در اغلب اوقات سال
۵۰ - ۶۰	۰/۰۲۴ - ۰/۰۴۸	۱ - ۲/۰۱	۷/۳ - ۲۰	هایپروتروف	جلبکهای سبز-آبی غالب بوده، مشکل کفاب جلبکی و گیاهان آبی
۶۰ - ۷۰	۰/۰۴۸ - ۰/۰۹۶	۰/۴۹ - ۱	۲۰ - ۵۶	هایپروتروف	محدودیت حاصلخیزی ناشی از نور، تراکم بالای جلبکی و گیاهان آبی در تابستان
۷۰ - ۸۰	۰/۰۹۶ - ۰/۱۹۲	۰/۲۴ - ۰/۴۹	۵۶ - ۱۵۵	کفاب جلبکی	کفاب جلبکی و مقدار بسیار اندک گیاهان آبی
> ۸۰	۰/۱۹۲ - ۰/۳۸۴	< ۰/۲۴	> ۱۵۵		

جدول ۲ - تعیین میزان کلروفیل-آ (میکروگرم در لیتر) طی دوره تحقیق در پیرامون قفس‌های پرورش ماهی در جنوب دریای خزر در منطقه عباس‌آباد استان مازندران.

ایستگاه (متر)				زمان
دی	اسفند	اردیبهشت	مرداد	
۱/۲۶ ± ۰/۳۱ ABab	۲/۱۳ ± ۱/۱۴ A	۰/۴۷ ± ۰/۰۵ B	۱/۱۹ ± ۰/۲۹ AB	۵
۱/۳۸ ± ۰/۱۹ Ba	۲/۱ ± ۰/۶۸ A	۰/۵۹ ± ۰/۱ C	۱/۱۴ ± ۰/۲۳ BC	۵۰
۰/۹۷ ± ۰/۱۹ Aab	۰/۹۵ ± ۰/۱۴ A	۰/۴۹ ± ۰/۰۹ B	۰/۸۷ ± ۰/۲۵ A	۱۰۰
۰/۹۳ ± ۰/۱۳ Ab	۱/۰۲ ± ۰/۰۹ A	۰/۴۴ ± ۰/۱۳ B	۱/۰۱ ± ۰/۱۳ A	۱۰۰۰

حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون و حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

TSI (SD)/3

شاخص تروفی کارلسون، تشخیص وضعیت تروفی دریاچه‌ها به شرح جدول ۱ است. قبل از تجزیه و تحلیل، داده‌ها از نظر نرمال بودن یا نبودن با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیروویلیک آزمون شدند. جهت تجزیه و تحلیل اثر زمان و ایستگاه به‌طور جداگانه روی میزان کلروفیل-آ از آزمون واریانس یک‌طرفه و جهت مقایسه‌ی میانگین از آزمون چند دامنه دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

تعیین میزان کلروفیل-آ در فاصله‌های مختلف از قفس پرورش ماهی: تغییرات میزان کلروفیل-آ، اختلافات معنی‌دار را در تمامی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد. بیشترین میزان در ماه اسفند و ایستگاه ۵ متری (۲/۱۳ میکروگرم در لیتر) و کمترین آن در ایستگاه ۱۰۰۰ متری اردیبهشت‌ماه (۰/۴۴ میکروگرم در لیتر) ثبت شد. تغییرات بین ایستگاهی نیز فقط در دی‌ماه معنی‌دار بود که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب در ایستگاه‌های ۵۰ و

اعمال مدیریت بهینه روی هر یک از منابع آبی، ابتدا بایستی آن‌ها را بر اساس شاخص‌هایی مانند شاخص سطح تروفیک طبقه‌بندی کرده و برای هر طبقه الگوی مدیریتی مناسبی را طراحی و اجرا کرد. یکی از این شاخص‌ها، شاخص سطح تروفی کارلسون (۱۹۷۷) است. برای سنجش درجه یوتروفیکاسیون در منطقه عباس‌آباد از مدل تروفیک TSI (Trophic state index) (Carlson, 1977) استفاده شد. با توجه به ارتباط بین TSI و تنوع گونه‌ای ماهیان در دریاچه‌ها، برای بهره‌برداری پایدار پرورش ماهیان سردآبی، منطقه مورد نظر بایستی به گونه‌ای مدیریت شود که میزان تروفی از سطح مزوتروفی (TSI < 50) فراتر نرود (Carlson, 1983). برای مدل TSI از فرمول‌های زیر استفاده شد:

TSI برای کلروفیل-آ (CA) بر حسب (μg/l):

$$TSI = 9.81 \ln \text{Chlorophyll a (CA)} + 30.6$$

TSI برای صفحه سکنی (SD) بر حسب (متر):

$$TSI = 60 - 14.41 \ln \text{Secchi Depth (SD)}$$

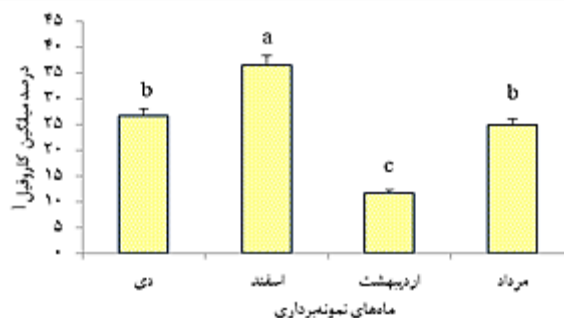
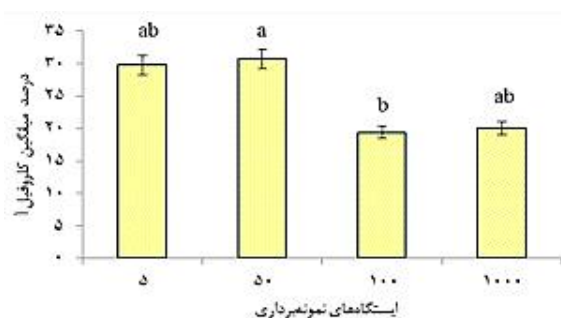
TSI برای فسفر کل (TP) بر حسب (mg/l):

$$TSI = 14.42 \ln \text{Total Phosphorous (TP)} + 4.15$$

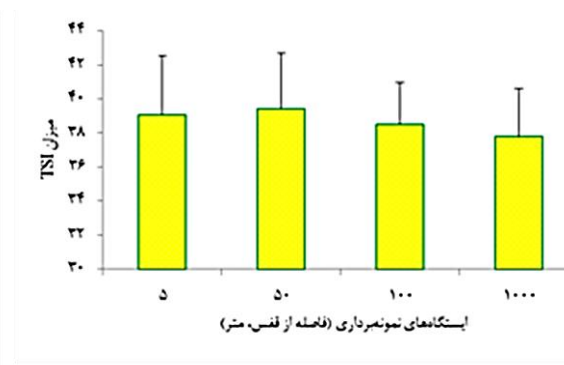
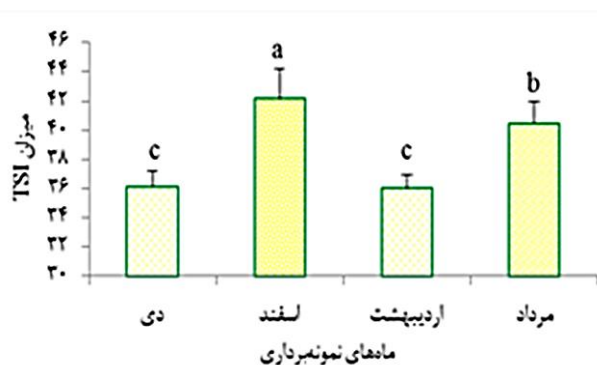
$$\text{Carlson's TSI} = [\text{TSI (TP)} + \text{TSI (CA)} +$$

جدول ۳ - تعیین سطح تروفی بر اساس مدل کارلسون پیرامون قفس‌های پرورش ماهی در جنوب دریای خزر در منطقه عباس‌آباد استان مازندران، ۱۳۹۳-۱۳۹۴.

سطح تروفی کل	TSI کل	TSI فسفر کل	TSI شفافیت	TSI کلروفیل آ
الیگوتروف	۳۸/۷۱	۵۵/۶۵	۳۰/۴۷	۳۰/۰۱
	اولیگوتروف	یوتروف	الیگوتروف	الیگوتروف



شکل ۲ - میزان کلروفیل-آ طی دوره و ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری در پیرامون قفس‌های پرورش ماهی در جنوب دریای خزر در منطقه عباس‌آباد استان مازندران.



شکل ۳ - میزان تروفی طی دوره و ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری پیرامون قفس‌های پرورش ماهی در جنوب دریای خزر در منطقه عباس‌آباد استان مازندران.

تعیین سطح تروفی بر اساس مدل کارلسون:
براساس میانگین غلظت‌های اندازه‌گیری شده فسفر کل (۳۷ میکروگرم در لیتر)، عمق قابل مشاهده صفحه سکشی یا شفافیت (۷/۹۱ متر) و کلروفیل-آ (۱/۰۶ میکروگرم در لیتر) در منطقه مورد مطالعه، میزان شاخص تروفیکی TSI (کارلسون، ۱۹۷۷) بر اساس صفحه سکشی برابر ۳۰/۴۷ (الیگوتروف)، براساس کلروفیل آ برابر ۳۰/۰۱ (الیگوتروف)، براساس فسفر کل ۵۵/۶۵ (یوتروف) و براساس متوسط این سه شاخص برابر ۳۸/۷۱ (الیگوتروف) به دست آمد. با مراجعه به جدول ۳، این منطقه از دریای خزر در محدوده دریاچه‌های الیگوتروف متمایل به مزوتروف قرار داشت.

تعیین سطح تروفی طی دوره و ایستگاه‌های

۱۰۰۰ متری مشاهده شد. در همه دوره‌ها، بیشترین میزان میانگین کلروفیل-آ در ایستگاه‌های ۵ و ۵۰ متری مشاهده گردید (جدول ۲).

تعیین میزان کلروفیل-آ طی دوره و ایستگاه‌های مختلف: در تعیین درصد میانگین میزان کلروفیل-آ طی دوره‌های مختلف، بیشترین درصد در اسفندماه ثبت شد. این میزان در دی و مردادماه بسیار به هم نزدیک و کمترین آن نیز مربوط به اردیبهشت‌ماه بود. همه این تغییرات معنی‌دار بودند ($P < 0.05$). بیشترین درصد میانگین میزان کلروفیل-آ مربوط به ایستگاه ۵۰ متری و سپس ایستگاه ۵ متری بود. کمترین میزان کلروفیل-آ نیز در ایستگاه ۱۰۰ متری مشاهده شد و میزان تغییرات بین ایستگاه‌ها معنی‌دار بود ($P < 0.05$) (شکل ۲).

میزان آن در اسفندماه همراه با اوج فعالیت پرورش با افزایش جمعیت فیتوپلانکتونی شاخه باسیلاریوفیتا ناشی از عامل دما بود و از طرفی، کمترین میزان آن نیز در اردیبهشت‌ماه همزمان با فعالیت پرورش ماهی در قفس مشاهده شد. نتایج وجود حداکثر میزان کلروفیل سالانه در حوضه جنوبی دریای خزر طی فصل زمستان قبلاً نیز گزارش شده بود (Bagheri *et al.*, 2013).

به لحاظ بررسی‌های بین ایستگاهی نیز روند تغییرات نامنظم بود به طوری که بیشترین میزان آن در ایستگاه ۵۰ متری و کمترین آن در ایستگاه ۱۰۰ متری مشاهده شد و بین ایستگاه ۵ و ۱۰۰۰ متری اختلاف معنی‌دار نبود. اگرچه بیشترین میزان غلظت کلروفیل-آ در ایستگاه‌های نزدیک به قفس به خصوص ایستگاه ۵۰ متری مشاهده شد، اما با توجه به تغییرات بین دوره‌های مختلف و همچنین عدم تفاوت معنی‌دار در غلظت کلروفیل-آ بین ایستگاه ۵ و ۱۰۰۰ متری، به نظر می‌رسد که ارتباط بین فعالیت پرورش با کلروفیل-آ در تحقیق حاضر بسیار ضعیف بوده و روند بسیار نامنظمی داشت. چنین نتیجه مشابهی در مطالعه‌ای نشان داده شد که اثر آبی‌پروری بر کلروفیل-آ نامشخص بود و تغییرات آن در بعضی دوره‌ها روند فصلی داشت (Demirak *et al.*, 2006). همچنین در مطالعه Zanatta و همکاران (۲۰۱۱) نیز میزان کلروفیل-آ به عنوان شاخصی از میزان تولیدات اولیه، همانند بسیاری از مطالعات (Holmer *et al.*, 2008; Burt *et al.*, 2012) تحت تأثیر اثرات ناشی از فعالیت پرورش ماهی در قفس قرار نگرفت. مطالعه اثر پرورش در قفس قزل‌آلای رنگین‌کمان در دریاچه Passage روی کیفیت آب نشان داد که با وجود رهاسازی پساب پرورش در قفس، افزایشی در کلروفیل-آ مشاهده نشد و نتایج آن‌ها نشان داد که فعالیت پرورش ماهی اثر کوتاه‌مدت و محدودی را در شرایط زیست‌محیطی دریاچه داشت (Cornell and Whoriskey, 1993). به طور کلی، اگرچه مواردی از افزایش تولیدات اولیه در نزدیکی قفس‌ها گزارش شده است، اما بسیاری از مطالعات اثری از پاسخ کلروفیل-آ به افزایش مواد مغذی ناشی از آبی‌پروری را تشخیص ندادند که این می‌تواند به علت پراکندگی یا مصرف

مختلف: سطح تروفی در منطقه مطالعه شده با توجه به میزان میانگین TSI در دوره‌های مختلف تعیین گردید. بیشترین آن با میزان ۴۲/۱۸ در اسفندماه سپس در مردادماه (۴۰/۴۷) به دست آمد که اختلافات آن بین ماه‌های بالا و سایر ماه‌های دیگر معنی‌دار بود ($P < 0.05$). اما در ماه‌های دی و اردیبهشت این میزان بسیار به هم نزدیک بوده و تغییرات معنی‌دار نبود ($P > 0.05$) (شکل ۳). در کل دوره تحقیق، منطقه مطالعه شده در حوضه جنوبی دریای خزر در محدوده دریاچه‌های الیگوتروف متمایل به مزوتروف قرار داشت، اما با توجه به میزان میانگین TSI (> 40) منطقه مورد مطالعه در ماه‌های اسفند و مردادماه، جزو مناطق مزوتروف طبقه‌بندی گردید. با توجه به تعیین سطح تروفی بین ایستگاه‌های مختلف، بیشترین میزان TSI در ایستگاه‌های نزدیک به قفس مشاهده شد (شکل ۳). تغییرات میزان TSI بین ایستگاه‌های مختلف بسیار کم ($37 < TSI < 40$) و معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). همه ایستگاه‌ها در کل دوره در محدوده‌ی الیگوتروف قرار گرفتند.

بحث

در این تحقیق با تعیین درصد میانگین میزان کلروفیل-آ طی دوره و ایستگاه‌های مختلف، اختلافات معنی‌دار مشاهده گردید، به طوری که بیشترین درصد به ترتیب در اسفندماه، دی و مردادماه و سپس در اردیبهشت‌ماه وجود داشت که الگوی این تغییرات تقریباً با روند تغییرات درصد فراوانی فیتوپلانکتون‌ها مشابه بود. همچنین به لحاظ تغییرات بین ایستگاهی بیشترین در ایستگاه ۵۰ متری، ۵ و ۱۰۰۰ متری و سپس در ایستگاه ۱۰۰ متری مشاهده گردید و الگوی تغییرات آن تقریباً از روند تغییرات درصد زی‌توده فیتوپلانکتونی تبعیت می‌کرد. با توجه نتایج به نظر می‌رسد تغییرات میزان کلروفیل طی دوره و ایستگاه‌های مختلف، دارای روند نامنظم‌تری نسبت به تغییرات موجود در جمعیت فیتوپلانکتونی بود اما با توجه به ارتباطی که بین میزان کلروفیل-آ نسبت به زی‌توده تر فیتوپلانکتونی در این تحقیق و بعضی مطالعات دیگر (Guo and Li, 2003; Bagheri *et al.*, 2013) وجود دارد، می‌توان گفت که افزایش

می‌رسد که تحت شرایط گرم‌تر، یک ارتباط متغیرتر بین فسفر کل و غلظت کلروفیل وجود دارد و همچنین غلظت کمتری از کلروفیل به ازای میزان فسفر کل به‌دست می‌آید (Huszar *et al.*, 2006). در این تحقیق نیز نسبت به افزایش میزان کمترین میزان کلروفیل-آ در اردیبهشت و سپس در مردادماه اندازه‌گیری شد. در مطالعه Demirak و همکاران (۲۰۰۶) نیز مشخص گردید که اثر آبی‌پروری بر تغییرات فسفات در کل دوره مثبت بود اما این رابطه برای نیتروژن کل و کلروفیل-آ به آسانی وجود نداشت و تغییرات آن در بعضی دوره‌ها دارای روند فصلی بود.

سطح تروفی کل و یا میزان شاخص تروفیکی (TSI) براساس مدل کارلسون ایستگاه اطراف قفس پرورشی برابر با ۳۸/۷۱ بود که براساس میانگین میزان تروفی صفحه سکشی برابر ۳۰/۴۷ (الیگوتروف)، تروفی کلروفیل-آ برابر ۳۰/۰۱ (الیگوتروف) و تروفی فسفر کل ۵۵/۶۵ (یوتروف) به‌دست آمد. این تروفی کل نشان داد که منطقه مورد مطالعه در محدوده الیگوتروف متمایل به مزوتروف قرار دارد. در حالی که، میزان تروفی فسفر کل با مقدار زیاد نشان‌دهنده یوتروف بودن منطقه بود و حاکی از آن بود که میزان تروفی کل نیز بیشتر تحت تأثیر میزان فسفر در این منطقه قرار گرفت. امکان‌سنجی پرورش ماهی در قفس براساس عوامل فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر کیفیت آب و روند سطح تروفیکی در اعماق کمتر از ۱۵ متر مناطق ساحلی گهرباران در جنوب‌شرقی دریای خزر نشان داد که میانگین وضعیت تروفی براساس شاخص تروفیکی مقیاسی (TRIX) (Vollenweider *et al.*, 1998) در مرحله مزو-یوتروف بود. دلیل سطح تروفی بالای مطالعه فوق نسبت به مطالعه حاضر شاید کم‌عمق بودن (۱۵ متر) ساحل گهرباران نسبت به منطقه تحقیق حاضر (۳۰ متر) باشد. همچنین در این تحقیق TSI محاسبه شده براساس کلروفیل-آ پائین‌تر از TSI میانگین بود که این می‌تواند با تعداد کم نمونه‌ها و احتمالاً با این حقیقت مرتبط باشد که به‌دلیل فواصل طولانی دوره‌های نمونه‌برداری، همه‌ی اوج تولید فیتوپلانکتونی ثبت نشده باشد (Maleri, 2011).

سریع نیتروژن و فسفر در شبکه غذایی به‌خصوص در مناطق الیگوتروف باشد (Braaten, 2007; Holmer *et al.*, 2008; Holmer, 2010).

اما متناقض با نتایج مطالعات فوق و مطالعه حاضر، اثرات قابل ملاحظه آبی‌پروری بر میزان کلروفیل-آ در بعضی مطالعات نشان داده شده است. برای مثال مطالعه Venturoti و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که دریاچه‌ای با پرورش ماهی در قفس، به‌دلیل توان پائین خودپالایی، سرعت جریان ضعیف آب (۰-۱۰ cm/s) و همچنین ضریب تبدیل غذایی ضعیف، حتی با فاصله بیش از ۵۰۰ متر از قفس‌ها، نتوانست به‌خوبی غلظت کلروفیل-آ را کاهش دهد به‌طوری‌که، هیچ‌گونه اختلافی از لحاظ غلظت کلروفیل-آ بین فواصل مختلف از قفس تا فاصله ۵۰۰ متری وجود نداشت. همچنین در مطالعه‌ی Guo و Li (۲۰۰۳) غلظت کلروفیل-آ فقط در داخل قفس‌ها و در بعضی دوره‌ها افزایش یافت، اما اختلافی بین فاصله ۲۰ متری با ۱۳۰ متری از قفس مشاهده نشد. مطالعه Burt و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد شد که میزان غلظت کلروفیل-آ در قفس با تراکم کمتر ماهی آزاد اقیانوس اطلس و در اعماق پائین‌تر از سطح آب بیشتر از قفس متراکم‌تر بود. به هر حال همانند تحقیق حاضر نتایج بعضی مطالعات (La Rosa *et al.*, 2002; Soto and Norambuena, 2004; Pitta *et al.*, 2006) در نشان دادن تغییرات معنی‌دار کلروفیل-آ در اطراف قفس‌های پرورشی موفقیت‌آمیز نبوده است. این نتایج متناقض می‌تواند با ماهیت پراکنندگی مکان پرورش ماهی و این حقیقت که فیتوپلانکتون‌ها زمان کافی را برای استفاده از مواد مغذی ندارند (Gowen *et al.*, 1988)، یا این‌که فیتوپلانکتون‌ها مورد چرای سریع زئوپلانکتون‌ها قرار می‌گیرند (Machias *et al.*, 2004)، در ارتباط باشد.

ارتباط بین فسفر و غلظت کلروفیل-آ برای اکوسیستم‌های معتدله به خوبی توصیف شده است (Vollenweider 1968; Straskraba *et al.*, 1993; Kalff, 2002)، اما این ارتباط برای اکوسیستم‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری کمتر استفاده شده است (Salas and Martino, 1991; Kalff, 2002; Huszar *et al.*, 2006). به نظر

در بعضی گزارش‌ها مشخص گردید که منطقه جنوبی دریای خزر نیز همانند منطقه شمالی میل به یوتروفی شدن دارد (CEP, 2009). در حالی که گزارش شده بود که دریای خزر به لحاظ تولیدات اولیه و مواد غذایی، یک دریاچه فقیر بوده و تنها قسمت شمالی آن نسبتاً غنی‌تر بوده است (Aladin and Plotnikov, 2004). بررسی‌های نه چندان دور در مناطق ساحلی جنوب دریای خزر نشان داد که این منطقه در اوایل دهه هشتاد و پس از ورود شانه‌دار *Mnemiopsis leidyi* از وضعیت الیگوتروفی به سمت مزوتروفی و یوتروفی متمایل شده است (Nasrollahzadeh Saravi et al., 2008). در حالی که در این تحقیق و متناقض با نتایج بالا، براساس شاخص تروفی کارلسون در کل دوره، منطقه مورد مطالعه جزء مناطق الیگوتروف متمایل به سمت مزوتروف طبقه‌بندی گردید که چنین نتیجه‌ای مبنی بر متمایل شدن شرایط تروفی دریای خزر به سمت مزوتروفی در مطالعات دیگری نیز نشان داده شد (Tahami et al., 2012).

در مجموع، به‌عنوان یک تئوری گفته شده است که پرورش متراکم ماهی در قفس به‌خصوص در اکوسیستم‌های یوتروفی باعث ایجاد تغییراتی در عملکرد غلظت‌های بالای مواد مغذی و سپس اثرات منفی در کیفیت آب، افزایش فرآیندهای یوتروفیکاسیون از جمله تغییرات pH، افزایش ترکیبات سمی نیترژن (آمونیم و نیتريت) و شکوفایی جلبک‌های سمی می‌گردد (Gorlach-Lira et al., 2013). با این وجود که آبی‌پروری در قفس چه به‌صورت محلی و چه در مقیاس وسیع‌تر در هایپریوتروفیکاسیون نقش دارد، اما اثبات نقش آبی‌پروری در ارتباط با اثر آن روی یوتروفیکاسیون به‌خصوص در مناطق دریایی بسیار مشکل است. در اغلب موارد افزایش محلی یا بی‌ثباتی غلظت مواد مغذی در مناطق پرورش دریایی نقشی در یوتروفیکاسیون قابل توجه نداشته است و معمولاً اثرات چشمگیری از آبی‌پروری دریایی روی زی‌توده فیتوپلانکتونی یا تولیدات اولیه مشاهده نشده بود اما در اکوسیستم‌های آب‌شیرین، گزارش‌های بیشتری از افزایش تولیدات اولیه در ارتباط با پرورش ماهی در قفس وجود دارد (Mente et al., 2006).

زمانی که $TSI (SD) < TSI (Chl a)$ ، احتمال می‌رود که رنگ یا ذرات معلق کل روی عمق رویت اثر می‌گذارد یا به‌دلیل فراوانی پیکوپلانکتون‌ها، غلظت کلروفیل-آ کمتر از میزان واقعی برآورده شده است (Havens, 2000). در حالی که اگر برعکس این حالت اتفاق بیفتد یعنی گونه‌های با اندازه بزرگ‌تر از فیتوپلانکتون‌ها غالب بودند (Maleri, 2011). با توجه به میزان برابر $TSI (SD)$ و $TSI (Chl a)$ در این تحقیق به‌نظر می‌رسد که عمق شفافیت به‌میزان قابل توجهی تحت تأثیر میزان تولیدات فیتوپلانکتونی و کلروفیل-آ قرار داشت به‌طوری که، یکی از دلایل وجود کمترین میانگین عمق شفافیت در اسفندماه می‌تواند ناشی از بیشترین فراوانی جمعیت فیتوپلانکتونی و میزان کلروفیل-آ باشد.

با توجه به بررسی تغییرات میزان تروفی کل در دوره و ایستگاه‌های مختلف، نشان داد که بیشترین میزان آن با اختلاف معنی‌دار ابتدا در اسفند و سپس در مردادماه همزمان با بیشترین میزان کلروفیل-آ و فسفر کل در محدوده مزوتروف به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد که حداقل عمق شفافیت آب (تحت تأثیر افزایش جمعیت فیتوپلانکتونی و احتمالاً اختلاط عمودی آب) به‌همراه افزایش میزان کلروفیل-آ در اسفندماه (به‌دلیل افزایش جمعیت فیتوپلانکتونی تحت تأثیر دمای پائین) و افزایش فسفر در مردادماه بعد از دوره پرورش ارتباطی واضحی با فعالیت پرورش نداشته و در نتیجه می‌توان گفت که وضعیت تروفی خیلی تحت تأثیر این فعالیت قرار نگرفت به‌طوری که تغییرات این شاخص بین ایستگاه‌های مختلف نیز معنی‌دار نبود. Gowen و همکاران (۱۹۸۸) در مطالعه یوتروفیکاسیون ناشی از ورود مواد مغذی بالا، نتیجه گرفتند که پرورش ماهی به‌صورت محلی در اسکاتلند، عامل ورود بالای فسفات و نیترات نبود و در نتیجه افزایشی در تولیدات اولیه فیتوپلانکتون مشاهده نشد و اهمیت ورود این مواد مغذی نسبت به سطوح طبیعی آن بسیار کم بود.

Kideys و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از میزان کلروفیل-آ، افزایش تراکم فیتوپلانکتونی را در حوضه جنوبی دریای خزر نشان دادند به‌طوری که بعد از ورود شانه‌دار به‌عنوان یک اکوسیستم هایپریوتروف نمایان شده است. همچنین

2005. Standard Methods for The Examination of water and wastewater, 21th ed. American Public Health Association, Washington, DC. 1550 p.
- Azevedo D.J.S., Barbosa J.E.L., Gomes W.I. A., Porto D.E., Molozzi J. 2015. Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: Contradictory or complementary responses? *Ecological Indicator* 50, 135-149.
- Bagheri S., Sabkara J., Mirzajani A.R., Khodaparast S.H., Yosefzad E., Foong S.Y. 2013. List of zooplankton taxa in the Caspian Sea waters of Iran. *Journal of Marine Biology* 1-7.
- Bagheri S., Mirzajani A., 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.
- Baula I.U., Azanza R.V., Fukuyo Y., Siringan F.P. 2011. Dinoflagellate cyst composition, abundance and horizontal distribution in Bolinao, Pangasinan, Northern Philippines. *Harmful Algae* 11, 33-44.
- Beveridge M.C.M. 2004. Cage aquaculture. Oxford: Fishing News Books. 131 p.
- Braaten B. 2007. Cage culture and environmental impacts. In: A. Bergheim (Ed.). *Aquacultural Engineering and Environment*. Research Signpost, Kerala, India. pp. 49-91.
- Black K.D. 2001. Environmental impacts of aquaculture. Sheffield Academic Press and CRC Press, Sheffield. 214 p.
- Burt K., Hamoutene D., Mabrouk G., Lang C., Puestow T., 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.
- Cako V., Zhuri E., Babani F., Karaja T. 2014. Water transparency as one as of trophic state indices in Natra Lagoon. *IOSR Journal of Engineering* 4(7): 15-22.
- Carlson R.E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22: 361-369.
- Carlson R.E. 1983. Discussion on the article "Using differences among Carlson's trophic state index values in regional water
- به‌طور کلی، اندازه اثرات ناشی از پرورش ماهی در قفس بیشتر به عواملی مختلفی مانند شرایط پرورشی (گونه پرورشی، تراکم، مدیریت تغذیه‌ای و غیره (Findlay et al., 2009) و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی منطقه (Wu, 1995; Black, 2001)، شرایط هیدرولوژیکی ستون آبی مانند عمق، جریان‌ات یا میزان ماندگاری آب، دما و غیره (Macleod et al., 2004; Smith et al., 2005; Kalantzi and Karakassis, 2006; Findlay et al., 2009; Plavan et al., 2012) و مکان پرورش (مناطق ساحلی یا دریا‌های باز) بستگی دارد (Grigorakis and Rigos, 2011). در این تحقیق با توجه به شرایط الیگوتروف بودن منطقه مورد مطالعه، پرورش کم تراکم، مساحت بالای منطقه پرورشی با فاصله مناسب از ساحل، وجود جریان‌ات دائمی با میانگین سرعت جریان زیاد (بیش از 15-10 cm/s Zaker et al., www.azerbaijan.az) 2011؛ سازمان شیلات ایران، 1394) و همچنین عدم وجود تغییرات قابل ملاحظه در کیفیت آب، تغییر معنی‌داری در میزان کلروفیل-آ و شاخص تروفی کارلسون در ارتباط با اثرات پرورش ماهی در قفس مشاهده نگردید. به هر حال نرخ پائین سرعت جریان آب و مساحت کم اکوسیستم همراه با زمان ماندگاری بالای آب، می‌تواند حساسیت آن را به یوتروفی شدن چند برابر کند (Baula et al., 2011).

منابع

- فارابی س.م.و. 1393. مطالعه جامع اکوسیستم منطقه جنوبی دریای خزر با هدف استقرار قفس و توسعه آبی‌پروری دریایی (فاز اول). سازمان شیلات ایران. 318 صفحه.
- سازمان شیلات ایران، دفتر توسعه و مدیریت بنادر ماهی‌گیری. 1394. 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. 26 صفحه.
- Aladin N.B., Plotnikov I.S. 2004. The Caspian Sea, Lake Basin Management Initiative. *The Caspian Bulletin* 4, 112-126.
- APHA (American Public Health Association).

- cages on microbial indicators of water quality. *Brazilian Journal of Biology* 73(3), 457-63.
- Guo L., 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.
- Havens K.E., Beaver J.R., East T.L. 2007. Plankton biomass partitioning in a eutrophic subtropical lake: comparison with results from temperate lake ecosystems. *Journal of Plankton Research* 29(12), 1087-1097.
- Holmer M., Hansen P.K., Joseph I.K. Borg A., Schembri P.J. 2008. Monitoring of environmental impacts of marine Aquaculture. *Aquaculture in the Ecosystem*, 2, 47-85.
- Holmer M. 2010. Environmental issues of fish farming in offshore waters: Perspectives, concerns, and research needs. *Aquaculture Environment Interactions* 1, 57-70
- Huszar V.L.M. Caraco N.F., Roland F., Cole J. 2006. Nutrient-chlorophyll relationships in tropical-subtropical lakes: do temperate models fit? *Biogeochemistry* 79(1-2), 239-250.
- Kalff J. 2002. Limnology - Inland water Ecosystems. New Jersey: Prentice Hall. 592 p.
- Kideys A.E. Roohi A., Develi E.E., Melin F., Beare D. 2008. Increased chlorophyll a levels in the southern Caspian Sea, following an invasion of Jellyfish. *Research Letters in Ecology*, 1-4.
- Kalantzi I., Karakassis I. 2006. Benthic impacts of fish farming: meta-analysis of community and geochemical data. *Marine Pollution Bulletin* 52, 484-493.
- La Rosa T., Mirto S., Favalaro E., Savona B., Sara G., Danovaro R., Mazzola A. 2002. Impact on the water column biogeochemistry of a Mediterranean mussel and fish farm. *Water Research* 36, 713-721.
- Macleod C.K., Crawford M., Moltschaniwsky A. 2004. Assessment of long term change in sediment condition after organic enrichment: defining recovery. *Marine Pollution Bulletin* 49, 79-88.
- Machias A., Karakassis I., Labropoulou M., Somarakis S., Papadopoulou K.N., Papaconstantimou C. 2004. Changes in wild fish assemblages after the establishment of a fish farming zone in an quality assessment", by Richard A. Osgood. *WaResources Bulletin* 19, 307-309.
- CEP (Caspian Environment Program). 2009. CaspEcoProject Management and Coordination Unit. 7-th floor, Kazhydromet Building, Orynbor st., Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.
- Cornell G.E., Whoriskey F.G. 1993. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediment of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture* 109, 101-117.
- Demirak A., Balci A., Tufekci M. 2006. Environmental impact of the marine aquaculture in Gulluk Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 123, 1-12.
- Domingues C.M., Church J.A., White N.J., Gleckler P.J., Wijffels S.E., Barker P.M., Dunn J.R. 2008. Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sealevel rise. *Nature* 453, 1090-1093.
- 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., 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.
- Garmendia M., Borja A., Franco J., Revilla M. 2013. Phytoplankton composition indicators for the assessment of eutrophication in marine waters: Present state and challenges within the European directives. *Marine Pollution Bulletin* 66, 7-16.
- Grigorakis K., Rigos G. 2011. Aquaculture effect on environmental and public welfare-The case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere* 855, 899-919.
- Gowen R.J., Brown J.R., Bradbury N.B., McLusky D.S. 1988. Investigation into benthic enrichment, hypereutrophication and eutrophication associated with mariculture in Scottish coastal waters (1984-1988). Dept. Biological Science, University of Stirling. 289 p.
- Gorlach-Lira K., Pacheco C., Carvalho L.C.T., Melo junior H.N., Crispim M.C. 2013. The influence of fish culture in floating net

- Soto D., 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.
- Straskraba M., Blazka P., Brandl Z., Hejzlar P., Komarkova J., Kubecka J., Nesmerak I., Prochazkova L., Straskraba V., Vyhnaek V. 1993. Framework for investigation and evaluation of reservoir water quality in Czechoslovakia. In: M. Straskraba, J.G. Tundisi, A. Duncan (Eds.). *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality management*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Temporetti P.F., Pedrozo F.L. 2000. Phosphorus release rates from freshwater sediments effected by fish farming. *Aquaculture Research* 31, 447-455.
- Tahami F.S., Mazlan A.G., Negarestan H., Najafpour S., Lotfi, W.W.M., Najafpour G.D. 2012. Phytoplankton combination in the Southern part of Caspian Sea. *World Applied Science Journal* 16 (1), 99-105.
- Venturoti G.P., Veronez A.C., Salla R.V., 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* 1-15.
- Vollenweider R.A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. OECD Technical Report DA5/SU/68-27, 1-61. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G., Rinaldi A. 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics* 9(3), 329-357.
- Wu R.S.S. 1995. The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin* 31(4-12): 159-166.
- Wetzel R.G., Likens H. 1991. *Limnological analysis*. Springer-Verlag. 391 p. www.azerbaijan.az/Geography/Caspian/caspian_e.html?caspian_05.
- Zaker N.H., Ghaffari P., Jamshidi S., Nouranian M. 2011. Currents on the oligotrophic marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 60, 771-779.
- Maleri 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.
- Mente A.E. Graham J., Pierce A.E., Santos A. E., Neofitou C. 2006. Effect of feed and feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environment: a synthesis for European aquaculture. *Aquacult International* 14, 499-522.
- Nasrollahzadeh Saravi Bin H., Din Z., Foong S.Y., Makhloogh 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.
- Naz M., Turkmen M. 2005. Phytoplankton Biomass and Species Composition of Lake Golbasi (Hatay Turkey). *Turkish Journal of Biology* 29, 49-56.
- Pitta P., Apostolaki E., Tsagaraki T., Tsapakis M., Karakassis I. 2006. Fish farming effects on chemical and microbial variables of the water column: a spatio-temporal study along the Mediterranean Sea. *Hydrobiologia* 563, 99-108.
- Plavan G., Nicoara M., Apetroaiei N., Plavan O. 2012. The effect of fish cage aquaculture on the profound macrozoobenthos in the oligo-mesotrophic reservoir Izvoru Muntelui Bicz (Romania). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 7(2), 145-148.
- Podemski C.L., Blanchfield P.J. 2006. Overview of the environmental impacts of Canadian freshwater aquaculture. a scientific review of the potential environmental effects of aquaculture in aquatic ecosystems-5: Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. Ontario, Department of Fisheries and Oceans Canada.
- Salas H.J., Martino P.A. 1991. Simplified phosphorus trophic state model for warm tropical lakes. *Water Research* 25, 341-350.
- Smith J.N., Yeats P.A., Milligan T.G. 2005. Sediment geochronologies for fish farm contaminants in Line Kiln Bay, Bay of Fundy. *The Handbook of Environmental Chemistry* 5, 221-38.

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., 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.

The impact of rainbow trout culture in floating cage on chlorophyll-a and trophic index value in the Abbas Abad area, southern basin of the Caspian Sea

Erfan Karimian^{*1}, Mohammad Zakeri¹, Seyed Mohammad Vahid Farabi², Mahsa Haqi¹, Preeta Kochanian¹

¹Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

²Caspian Sea Aquatic Ecology Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran.

*Corresponding author: erfankarimian88@gmail.com

Received: 2019/9/1

Accepted: 2020/1/25

Abstract

This study was designed to determine the effect of rainbow trout cage culture on the chlorophyll-a content and trophic index value in the Abbas Abad area, southern Caspian Sea. For this purpose, water samples were collected by a distances of 5, 50, 100 and 1000 m from the cages during December 2014 (before rearing period), March and April (during rearing) and August 2015 (post rearing period). In this study, a total of 42 species of phytoplankton belonging to five phyla (with the dominance of Bacillariophyta) were identified. Chlorophyll-a content varied significantly in different periods and stations ($P < 0.05$). The highest and lowest chlorophyll-a content was recorded in March and station 5 m ($2.13 \mu\text{g/l}$) and May and station 1000 m ($0.44 \mu\text{g/l}$) away from cages, respectively. The Trophic State Index (TSI) was significantly different between the sampling periods ($P < 0.05$). The highest TSI (42.18) was observed in March and then in August (40.47) and this differences were significant between different periods ($P < 0.05$), whereas, it was not affected by the distance from the cages ($P < 0.05$). It seems that the rainbow trout cage culture in the Abbas Abad region no remarkable effect on Chlorophyll-a and trophic index in the vicinity of fish cages due to the small scale and short duration of cage culture activity and strong water currents, so that observed changes were more associated with seasonal fluctuant.

Keywords: Cage, Culture, Rainbow trout, Chlorophyll, Trophic index.