

## بررسی تأثیر پرورش فیل ماهی (*Huso huso*) در قفس بر عوامل غیر زیستی در حوضه جنوبی دریای خزر (منطقه جفروود)

ذبیح اله پژند\*<sup>۱</sup>، مرجان صادقی راد<sup>۱</sup>، کورش حدادی مقدم<sup>۱</sup>، فروزان چوپیان<sup>۱</sup>،  
زهرة رمضانپور<sup>۱</sup>، اسماعیل فرزانه<sup>۱</sup>

۱- موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۶۳۵-۳۴۶۴

تاریخ دریافت: ۲۱ دی ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۱۸ ادیبهشت ۱۳۹۷

### چکیده

با توجه به شرایط اکولوژیکی، آب و هوایی و هیدرولوژیکی و بسته بودن دریای خزر و همچنین زیستگاه‌های گونه‌های بارزش و در حال انقراض ماهیان خاویاری، ضرورت دارد قبل از هرگونه توسعه در امر پرورش ماهی در دریا، مطالعات جامع و کاملی از نظر شرایط زیست‌محیطی صورت پذیرد. این طرح با حمایت مالی اداره کل شیلات استان گیلان باهدف بررسی شرایط غیر زیستی در امر توسعه پرورش فیل ماهیان در قفس در دریای خزر در منطقه جفروود بندر انزلی (عمق ۵۰ متری) به مدت یک سال توسط موسسه تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری انجام شد. بررسی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی قفس به‌طور ماهانه انجام شد. بررسی‌ها در ۴ ایستگاه در داخل قفس و ۱ ایستگاه در خارج قفس (۲۰ متر در مسیر خلاف جهت جریان آب در غرب) انجام شد. شرایط غیر زیستی پرورش ماهی در قفس با اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی شامل اندازه‌گیری درجه حرارت آب و هوا، اکسیژن محلول، pH و شوری آب و همچنین فاکتورهای نیتريت، ارتوفسفات، هدایت الکتریکی و TSS به‌طور ماهانه انجام گردید. همچنین میزان مواد آلی (TOM) و دانه‌بندی رسوبات اندازه‌گیری شد. در بررسی میزان رشد فیل ماهیان در قفس بر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل  $N-NO_2^-$ ،  $N-NO_3^-$ ،  $P-PO_4^{3-}$ ، اکسیژن محلول، دمای آب، pH، شوری آب... طی ماه‌های موردبررسی ارتباط معنی‌دار آماری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ) و همچنین آزمون آماری اختلاف معنی‌داری را در این فاکتورها بین داخل و خارج قفس نشان ندادند ( $p > 0.05$ ). این در حالی است که در فاکتورهای TOM، TSS و دانه‌بندی رسوبات در داخل و خارج قفس از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید ( $p < 0.01$ ). نتایج حاصل از فاکتورهای غیر زیستی ایستگاه‌های موردبررسی در قفس نشان داد این فاکتورها در محدوده غلظت‌های قابل قبول جهت پرورش بودند. با توجه به اینکه چنین فعالیت‌هایی اثرات خود را در طولانی مدت نشان می‌دهند و به دلیل مشکلات ایجادشده در خصوص سازه نصب‌شده در دریا امکان ادامه بررسی‌ها فراهم نشد. استمرار چنین مطالعاتی به‌منظور دستیابی به یک روش استاندارد بر اساس اطلاعات زیست‌محیطی ضرورت دارد تا مدیران بتوانند جهت ارزیابی ظرفیت پرورش ماهی در قفس‌های دریایی به‌منظور صدور مجوز احداث قفس برای پرورش دهندگان ماهیان خاویاری اطلاعات لازم را کسب نمایند.

**کلمات کلیدی:** پرورش در قفس، فیلماهی، فاکتورهای غیر زیستی، دریای خزر.

## مقدمه

امروزه گونه‌های باارزش ماهیان خاویاری در آب‌های شیرین و لب‌شور به روش‌های مختلف پرورش داده می‌شوند. کمبود آب شیرین نیز یکی از معضلات جهانی شمرده می‌شود. مصرف آب در سال‌های گذشته رشد زیادی داشته و آثار هشداردهنده آن با توجه به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش سطح دریاچه‌ها و خشکی مرداب‌ها آشکار شده است و متعاقب آن در آینده اهمیت منابع آب شیرین بارزتر خواهد شد. به دلیل اینکه بیشترین مصرف‌کننده آب شیرین در صنعت، فعالیت‌های آبرزی پروری است بنابراین کاهش منابع آبی در بقاء و توسعه این صنعت تأثیرات سوء خواهد داشت. با توجه به این مسئله استفاده از قفس در دریای خزر جهت پرورش ماهیان خاویاری می‌تواند یکی از راهکارهای جبران این کمبود در حوضه جنوبی دریای خزر باشد.

به دلیل مشکلات ناشی از پرورش در قفس و پن در مناطق دریایی یا آب‌های محصور شیرین و افزایش نگرانی جهانی در مورد پیامدهای زیست‌محیطی فعالیت‌های آبرزی پروری، هم‌اکنون تلاش‌هایی در جهت دستیابی به اطلاعات پایه‌ای موردنیاز برای ارزیابی مطلوب اثرات زیست‌محیطی در مورد حداقل برخی از سیستم‌های پرورش و متعاقب آن طراحی راهبردهای مدیریت عاقلانه در حال انجام است.

بر اساس آمار FAO (۲۰۰۵) کشور چین با تولید حدود یک میلیون تن آبزیان در قفس در آب شیرین مقام اول را در جهان دارا است. همچنین سه کشور نروژ، شیلی و چین بیشترین میزان تولید آبزیان را در دریاها و آب‌های لب‌شور دارا هستند. پرورش ماهیان خاویاری در قفس از چند سال قبل در کشور روسیه

آغاز شد و هم‌اکنون بیش از ۶۰ درصد تولید خاویاری در قفس انجام می‌شود. در کشور چین نیز پرورش ماهیان خاویاری در قفس به‌طور گسترده در حال انجام بوده و سالانه بالغ بر ۱۰ هزار تن ماهی خاویاری در قفس تولید می‌گردد. در این کشور از ۳۴۰ هزار مترمربع سطح زیر کشت پرورش ماهیان خاویاری ۱۲۳ هزار مترمربع معادل ۳۶ درصد، به پرورش در قفس در آبگیرها و دریاچه‌ها اختصاص دارد. (Wei Qi-wei, 2009).

تولید و پرورش ماهیان در قفس در آب‌های سواحل جنوبی دریای خزر با توجه به شرایط اقلیمی، وضعیت اکولوژیک و هیدرولوژیک دریا کاملاً جدید است و با توجه به بسته بودن دریای خزر و همچنین با توجه به اینکه این دریا زیستگاه گونه‌های باارزش و در حال انقراض ماهیان خاویاری است، ضرورت دارد قبل از هرگونه توسعه در امر پرورش ماهی در قفس‌های دریایی، مطالعات جامع و کاملی صورت پذیرد. فن-آوری‌های نوین، پرورش ماهیان را در سواحل و آب‌های آزاد امکان‌پذیر نموده است اما به موازات استفاده از این فن‌آوری‌ها خطرات زیست‌محیطی نیز بیشتر می‌شود. بنابراین باید بهترین علوم موجود به کار گرفته شود و بهترین مدیریت برای سامان بخشیدن و آموزش یک صنعت پایدار پرورش ماهیان دریایی تحقق یابد.

تجربیات زیادی در زمینه پرورش ماهی در قفس در محیط‌های حاوی آب شیرین و شور شامل اقیانوس‌ها، مصب‌ها، دریاچه‌ها، مخازن پشت سدها، استخرها و رودخانه در سراسر جهان وجود دارد (Beveridge, 1998). در آسیای جنوب شرقی، پرورش ماهی در قفس یک نقش مهمی در تولید ماهی برای کشاورزان

می کند که سرمایه گذاران، بخش های دولتی و آژانس های کنترل کننده درک صحیحی از نسبت خطرات زیست محیطی ناشی از این نوع پرورش و راه حل های مناسب برای به حداقل رساندن این خطرات داشته باشند و این خطرات را مدیریت نموده و یا از بین ببرند.

### مواد و روش ها

قفس شناور دریایی از جنس پلی اتیلن به قطر ۲۰ متر و ارتفاع ۸ متر و در فاصله ۷۰۰۰ متری ساحل و در عمق ۵۰ متری دریا در منطقه جفرود شهرستان بندر انزلی استقرار یافت. تعداد ۴۲۸۱ عدد فیل ماهی با میانگین وزن  $229 \pm 5$  گرم از خرداد تا دی ماه ۱۳۹۱ به قفس معرفی شدند. فیل ماهیان پس از حمل به ساحل دریای خزر با استفاده از مخازن هزار لیتری و قایق موتوری به محل استقرار قفس منتقل و به قفس معرفی شدند. تغذیه فیل ماهیان با استفاده از خوراک اکسترودر با ترکیب ۴۳ درصد پروتئین، ۲۲ درصد چربی روزانه در دو وعده صبح و عصر و گاهی به دلیل وضعیت و شرایط دریا در یک وعده انجام شد. حداقل مقدار غذای روزانه ۱۴ کیلوگرم و حداکثر آن ۳۴ کیلوگرم بود. مقدار غذای روزانه معادل ۱ تا ۲/۵ درصد وزن بدن محاسبه و مورد تغذیه فیل ماهیان موجود در قفس قرار گرفت.

نمونه برداری از ستون آب در دونقطه داخل و خارج قفس (۲۰ متر در مسیر خلاف جهت جریان آب در غرب) انجام شد. همچنین نمونه های رسوب جهت تعیین میزان مواد آلی (Total Organic Mater) و دانه بندی رسوبات (Grain size) در ۴ نقطه از بستر زیر قفس و ۱ نقطه خارج قفس در محل نمونه برداری از ستون آب انجام شد.

کشورهایی چون ویتنام، اندونزی و تایلند در مقیاس کوچک بازی می کند (Liao and Lin, 2000). این در حالی است که تأثیرات زیست محیطی پرورش ماهی در قفس اغلب نادیده گرفته می شود و تحقیقات و بررسی های زیست محیطی بندرت انجام می گیرد. اثرات محیطی ناشی از پرورش در قفس ماهیان بر کیفیت آب از اولین نگرانی هایی است که هر شخصی که می خواهد توسعه این صنعت در مقابل محیط زیست مسئولانه باشد، با آن دست به گریبان است و بسیاری از مقالات به این موضوع اشاره دارند (Wu, 1995, Pearson and Black, 2001, Hargrave, 2003, Goldberg and Naylor, 2005, Braaten, 2007, Pittenger *et al.*, 2007, Grigorakis and Rigos, 2011).

نتایج و اثرات در سایت های پرورشی مختلف و برای گونه های مختلف متفاوت است، اما این مسئله که در بیست سال گذشته یک پیشرفت قابل توجه ای در مدیریت بهره برداری از قفس های دریایی در ارتباط با بهبود کیفیت آب وجود داشته است، مورد توافق همگان است. به طور مثال در بررسی بیش از ۲۰ مقاله تحقیقاتی که توسط Holmer (۲۰۱۰) انجام شد، نشان داد که هیچ اثری از غنی سازی در ستون آب در قفس های دور از ساحل وجود نداشته است.

بررسی فاکتورهای زیستی و غیر زیستی پرورش فیل ماهی در قفس در دریای خزر باهدف بررسی شرایط زیستی و غیر زیستی در امر توسعه پرورش ماهیان خاویاری در قفس در دریای خزر در منطقه جفرود بندر انزلی (عمق ۵۰ متری) به مدت یک سال توسط موسسه تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری انجام شد.

انگیزه های اقتصادی قوی برای توسعه این صنعت وجود دارد و بنابراین مسؤولیت زیست محیطی ایجاب



تصویر ۱: محل استقرار قفس در عمق ۵۰ متری منطقه جفروود در حوضه جنوبی دریای خزر

بار اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه گردید. اندازه-گیری TOM و دانه‌بندی و تعیین بافت رسوبات بستر بر اساس روش (Holme and McIntyre 1984) انجام شد.

جهت تعیین TOM از فرمول  $\% \text{TOM} = (A-B) / (A-C) * 100$  که A برابر وزن بوته چینی با رسوب بعد از خشک شدن در آون، B برابر وزن بوته‌ی چینی با رسوب بعد از خشک شدن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و C برابر وزن بوته چینی خالی استفاده شد.

جهت تجزیه تحلیل آماری از نرم‌افزارهای SPSS و Excel استفاده شد. به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها در نمونه‌های مورد بررسی از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. جهت تعیین اختلاف بین فاکتورهای رشد فیل ماهیان در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف از آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) یک‌طرفه -ONE Factorial analysis Way با تعیین ضریب F-ratio استفاده شد. در صورت نرمال بودن داده‌ها به منظور بررسی ارتباط و همبستگی بین فاکتورهای پرورش فیل-ماهی در آب دریای خزر و فاکتورهای فیزیکی و

شرایط غیر زیستی پرورش ماهی در قفس با اندازه-گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی شامل اندازه‌گیری درجه حرارت آب و هوا، اکسیژن محلول و pH با استفاده از دستگاه اکسیژن متر و pH متر دیجیتال و WTW و شوری آب با استفاده از دستگاه شوری سنج چشمی در سه عمق سطح، ۱۰ متر و ۳۰ متر آب در محل استقرار قفس انجام گردید. غلظت نیتریت، نیترات، ارتوفسفات، با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (HACH) و دستگاه اسپکتروفتومتر HACH در سه عمق سطح، ۱۰ متر و ۳۰ متر و قلیائیت کل، هدایت الکتریکی، سولفات و TSS بر اساس روش‌های استاندارد به‌طور ماهانه اندازه‌گیری شد (APHA, 1998).

جهت ارزیابی حجم مواد دپو شده ناشی از غذادهی در بستر دریا میزان مواد آلی رسوبات (TOM) در ۴ نقطه و سه تکرار با نمونه‌برداری از بستر به وسیله دستگاه گرب مدل ون وین با سطح مقطع ۵۰۰ سانتی-مترمربع در عمق ۵۰ متری بستر دریا در زیر قفس، قبل و پس از استقرار قفس انجام شد. مجموع مواد آلی رسوب بر حسب درصد وزن خشک برای هر نمونه ۳

نوسانات همراه بود. بهترین مقدار درصد افزایش وزن بدن در آبان ماه به میزان ۱۳۸/۴ گرم اندازه گیری شد. ضریب چاقی (CF) اندازه گیری شده در فیل ماهیان از حداقل ۰/۳۸ تا حداکثر ۰/۵۷ در نوسان بود. شاخص رشد ویژه (SGR) از حداقل ۰/۲۵ تا حداکثر ۲/۱ اندازه گیری شد.

نتایج حاصل از اندازه گیری دمای آب و هوا، اکسیژن محلول و pH آب در داخل و خارج قفس در ماه های مورد بررسی نشان داد که دامنه تغییرات دمای آب ۲۵/۲-۲۶/۳ درجه سانتی گراد در خردادماه و ۸-۹ درجه سانتی گراد در آذرماه است. در این بررسی، حداقل میزان اکسیژن محلول ۴/۸ میلی گرم در لیتر در خردادماه و مهرماه و حداکثر آن ۸/۶۹ میلی گرم در لیتر در دی ماه بود. همچنین میزان pH آب در کل بررسی های انجام شده بالای ۸ اندازه گیری شد و نوسان کمی را طی ماه های مختلف نشان داد (جدول ۱) و از نظر آماری اختلاف معنی داری را بین دمای آب، اکسیژن محلول و pH داخل و خارج قفس نشان نداد ( $P>0.05$ ).

شیمیایی آب محل پرورش از قبیل درجه حرارت و میزان شوری و اکسیژن محلول در نزدیک بستر ایستگاه و مقدار Silt-clay و کل مواد آلی بستر (TOM) از آزمون ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) استفاده گردید.

### نتایج

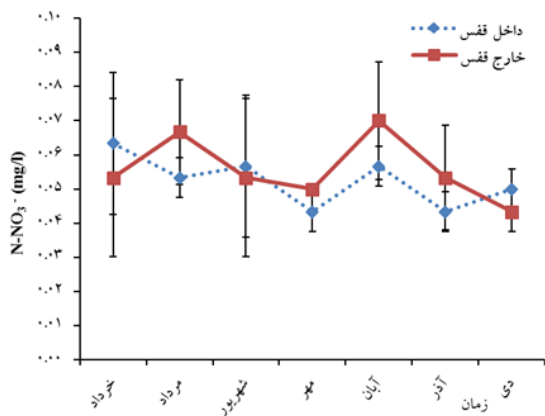
نتایج حاصل از اولین زیست سنجی فیل ماهیان موجود در قفس نشان داد میانگین وزن فیل ماهیان از میزان ۲۹۴ گرم در به میزان ۱۲۷۱ گرم در دی ماه ۱۳۹۱ رسید. در این مدت حداقل وزن از ۲۵۸ گرم به ۶۹۰ گرم و حداکثر وزن از ۳۲۶ گرم به ۱۸۰۰ گرم افزایش یافت.

همچنین اندازه گیری طول کل ماهیان نشان داد که میانگین طول کل از ۴۲ به ۶۱/۶ سانتی متر رسید و حداکثر طول کل از ۴۵ به ۷۸ سانتی متر و حداقل طول کل از ۴۰ به ۵۱ سانتی متر افزایش یافت. میزان رشد روزانه از حداقل ۱/۱۱ گرم در روز تا حداکثر ۱۱/۴۳ گرم در روز اندازه گیری شد. درصد افزایش وزن بدن (BWI%) نیز به دلیل آنچه در بالا به آن اشاره شد با

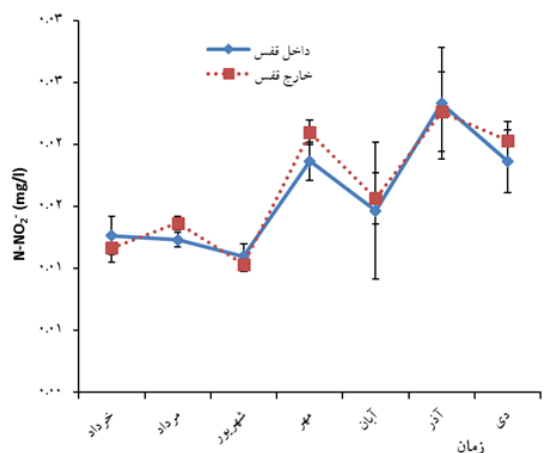
جدول ۱: دامنه تغییرات دمای آب، اکسیژن محلول و pH در داخل و خارج قفس مستقر در دریای خزر

ماه های نمونه- برداری		T (°C)		DO (mg/l)		pH	
داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس
۲۵/۲-۲۶/۳	۲۵/۲-۲۶/۳	۴/۸-۵/۲	۵-۵/۵	۸/۱-۸/۵	۸/۱-۸/۵	۸/۱-۸/۵	۸/۱-۸/۵
۲۸/۵-۳۰	۲۸/۵-۳۰	۵/۸-۷/۲	۶/۱-۶/۵	۸/۱-۸/۷	۸/۱-۸/۷	۸/۱-۸/۷	۸/۱-۸/۷
۲۲/۵-۲۳	۲۲/۵-۲۳	۵/۲-۵/۸	۵/۱-۵/۵	۸/۲-۸/۳	۸/۲-۸/۳	۸/۲-۸/۳	۸/۲-۸/۳
۲۱-۲۳	۲۱-۲۳	۴/۸-۵	۴/۹-۵/۱	۸/۱-۸/۳	۸/۱-۸/۳	۸/۱-۸/۳	۸/۱-۸/۳
۱۸/۵-۲۰	۱۸/۵-۲۰	۸/۳-۸/۶	۴/۹-۵/۱	۸/۲-۸/۳	۸/۲-۸/۳	۸/۲-۸/۳	۸/۲-۸/۳
۸-۹	۸-۹	۸/۳-۸/۶	۸/۴-۸/۷	۸/۲-۸/۴	۸/۲-۸/۴	۸/۲-۸/۴	۸/۲-۸/۴
۹/۷-۱۰	۹/۷-۱۰	۸/۴-۸/۶	۸/۲-۸/۵	۸/۴-۸/۵	۸/۴-۸/۵	۸/۴-۸/۵	۸/۴-۸/۵

۰/۰۱ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۰۶۸ میلی گرم در لیتر در آبان ماه در خارج قفس اندازه‌گیری شد. همچنین حداقل میزان نیترات در آذر و دی‌ماه با مقدار ۰/۰۴۳ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۰۷ میلی گرم در لیتر در آبان ماه در خارج قفس اندازه‌گیری شد (نمودارهای ۳ تا ۵). از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در میزان فاکتورهای فسفات، نیتريت و نیترات در داخل و خارج قفس مشاهده نشد ( $P>0.05$ ).

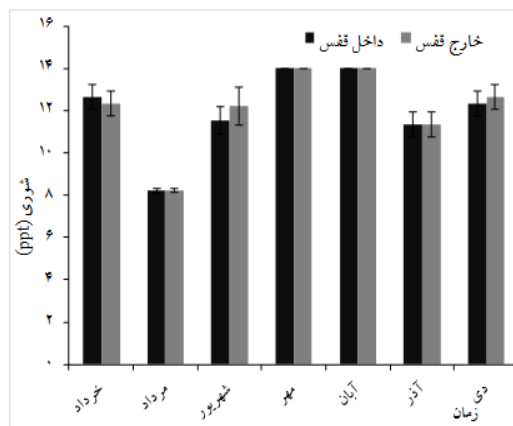


نمودار ۳: تغییرات NO<sub>3</sub><sup>-</sup> در داخل و خارج قفس



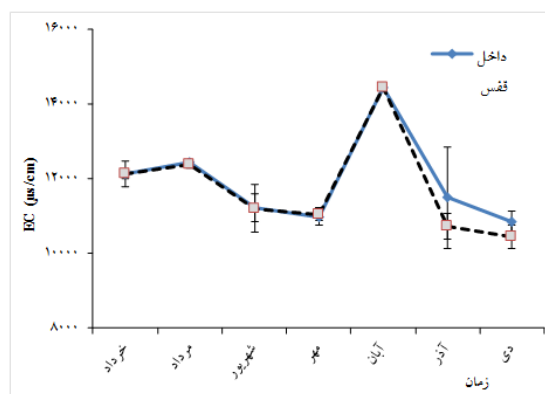
نمودار ۴: تغییرات NO<sub>2</sub><sup>-</sup> در داخل و خارج قفس

میزان شوری حداقل ۸/۵ قسمت در هزار در مردادماه و حداکثر ۱۴ قسمت در هزار در مهرماه بود و هیچ گونه اختلافی از نظر آماری بین داخل و خارج قفس مشاهده نگردید ( $P>0.05$ ).



نمودار ۱: تغییرات شوری آب در داخل و خارج قفس

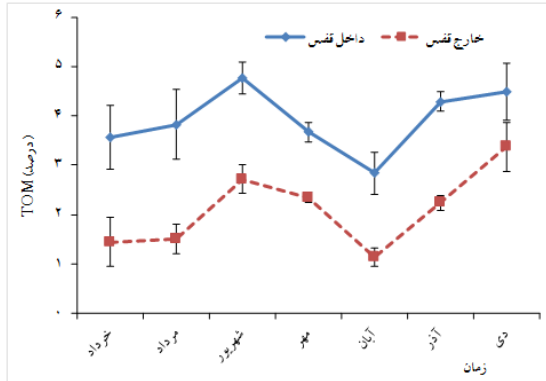
نتایج نشان داد کمترین میزان EC آب ۱۰۹۷۰ میکروموس بر سانتی‌متر در مهرماه و بیشترین EC دارای ۱۴۵۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر در آبان ماه بود (نمودار ۲). از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین داخل و خارج قفس در ماه‌های مورد بررسی نشان ندادند ( $P>0.05$ ).



نمودار ۲: تغییرات EC در داخل و خارج قفس

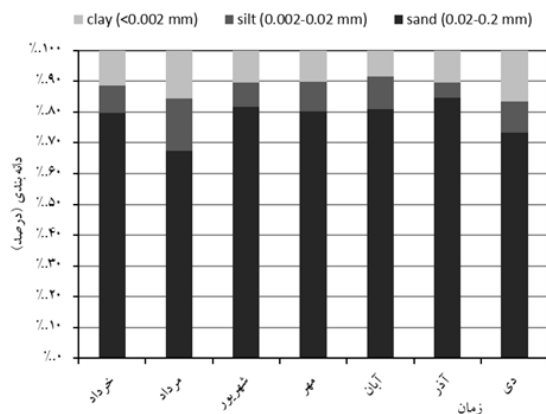
حداقل میزان فسفات در آذرماه با مقدار ۰/۷۲ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۷ میلی گرم در لیتر در آبان ماه بود. حداقل میزان نیتريت در مردادماه با مقدار

در داخل و خارج قفس دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ( $P < 0.05$ ).

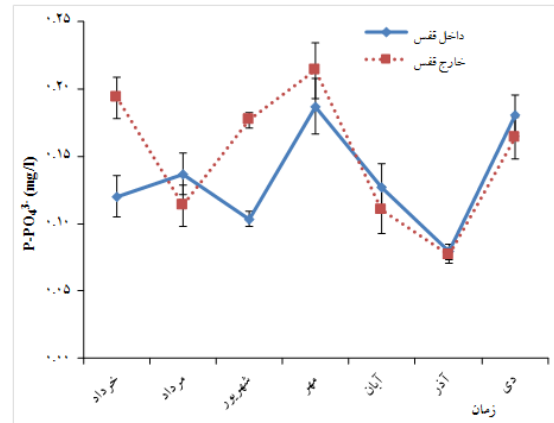


نمودار ۷: تغییرات TOM در داخل و خارج قفس

میزان سختی کل آب در کل بررسی‌های انجام شده کمتر از ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد و نوسان کمی را در ماه‌های مختلف نشان داد. نتایج حاصل از دانه‌بندی رسوبات نشان داد که دانه‌بندی موجود در داخل قفس با خارج قفس در تمامی ماه‌های مختلف متفاوت بود. دانه‌بندی بستر در خارج قفس دارای درصد بیشتری از ماسه در مقایسه با داخل قفس بود (نمودارهای ۸ و ۹). همچنین نتایج نشان داد که یک ارتباط معنی‌داری بین دانه‌بندی رسوبات شنی با مواد آلی بستر هم در خارج و هم در داخل قفس وجود ندارد ( $P > 0.05$ ).

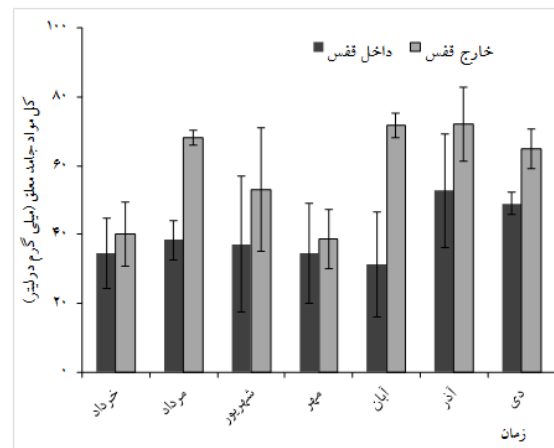


نمودار ۸: میزان دانه‌بندی (درصد) رسوبات شنی اندازه‌گیری شده در داخل قفس



نمودار ۵: تغییرات  $PO_4^{3-}$  در داخل و خارج قفس

میزان TSS خارج قفس در تمامی ماه‌های مورد بررسی بیشتر از داخل قفس اندازه‌گیری شد. بالاترین میزان TSS در آذرماه (۷۲/۱ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین آن در خردادماه (۳۴/۵۳ میلی‌گرم در لیتر) بود (نمودار ۶). میزان TSS در داخل و خارج قفس از نظر آماری اختلاف معنی‌دار داشتند ( $P < 0.05$ ).



نمودار ۶: تغییرات TSS در داخل و خارج قفس

نتایج حاصل از TOM رسوبات بستر محل استقرار قفس و خارج قفس در نمودار ۷ نشان داده شده است. نتایج حاصل از TOM رسوبات نشان داد که مواد آلی موجود در داخل قفس بیشتر از خارج قفس در تمامی ماه‌های مختلف مورد بررسی بود (نمودار ۹) و میزان آن

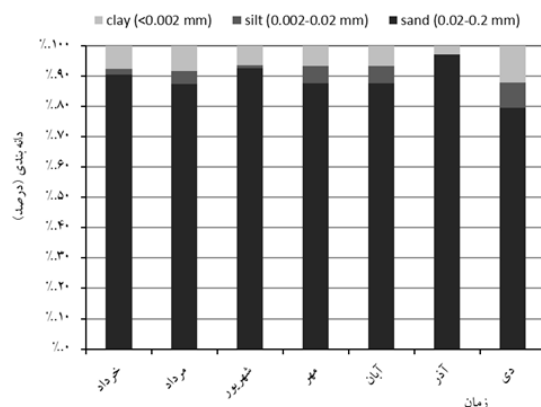
عفونت‌های انگلی حساس می‌کند و مقاومت آنها را در مقال بیماریها کاهش می‌دهد.

دمای مناسب جهت رشد و تغذیه مطلوب برای پرورش ماهیان خاویاری بر اساس تحقیقات انجام شده ۱۸ تا ۲۴ (محسنی و همکاران، ۱۳۸۹)، ۱۶ تا ۲۴ (پورعلی و همکاران، ۱۳۹۰)، ۱۵ تا ۲۵ (کاکوزا، ۱۳۸۰)، ۱۹ تا ۲۴ (شفچنکو، ۱۹۹۸) و ۱۶ تا ۲۱ (آذری تاکامی، ۱۳۸۸) با ۲ تا ۲/۵ درصد غذادهی (Hung *et al.*, 1993) است. بر اساس نتایج حاصل در این بررسی ارتباط رشد ماهیان با دمای آب دریا حاکی از تأثیرات مثبت دمای آب بر درصد افزایش وزن بدن فیل ماهیان پرورشی در قفس بود؛ بنابراین دمای آب بخشی از عوامل محیطی است که می‌بایستی در دامنه مطلوب برای پرورش فیل ماهی در قفس در دریا باشد که به نظر می‌رسد در این بررسی در محدوده مطلوبی بوده است.

در این بررسی نتایج نشان داد میانگین دمای آب ۲۰ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد طی ۸ ماه از سال بود که بهترین شرایط را جهت تغذیه و رشد فیل ماهی از نظر شرایط بهینه‌دمایی و طول مدت این شرایط ایجاد نمود.

اکسیژن برای تولید انرژی حیاتی همه موجودات عالی مورد نیاز است. انرژی برای هضم و جذب غذا، حفظ تعادل فشار اسمزی بین سلولی و فعالیت‌های حیاتی ضروری است. در صورتی که تأمین اکسیژن در حد مطلوب نباشد بر روی تغذیه، ضریب تبدیل غذایی، رشد و سلامتی اثر منفی می‌گذارد، بنابراین در هر محل وجود مقدار کافی اکسیژن از ضروریات پرورش است.

گونه‌های ماهیان خاویاری در شرایط پرورش می‌توانند تا غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر اکسیژن محلول را با حفظ سلامتی برای مدت کوتاهی تحمل کنند. در پرورش ماهیان خاویاری، پایین‌تر بودن سطح اکسیژن



نمودار ۹: میزان دانه‌بندی (درصد) رسوبات شنی اندازه‌گیری شده در خارج قفس

## بحث

مکان استقرار قفس نه تنها باید عاری از هرگونه آلودگی با مواد سمی و نفتی باشد بلکه باید از نظر دما، pH، اکسیژن محلول، شوری و ... متناسب با گونه پرورشی باشد. بررسی شرایط غیر زیستی در محل استقرار قفس نه تنها به لحاظ کنترل شرایط پرورش گونه مورد نظر اهمیت دارد بلکه به عنوان یکی از عوامل تعیین کننده اثرات زیست محیطی پرورش در قفس در محیط‌های دریایی است.

بنابراین انتخاب محل مناسب برای استقرار قفس-های پرورش ماهی در محیط‌های دریایی و آب شیرین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا سرمایه اولیه، هزینه‌های جاری، تولید و تلفات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در زمان انتخاب محل برای پرورش ماهی در قفس، باید شرایط مناسب دما و شوری را برای گونه مورد نظر در نظر داشت؛ زیرا خارج شدن از شرایط نامناسب، روی غذا خوردن، ضریب تبدیل غذا و رشد گونه اثر منفی می‌گذارد. همچنین شرایط نامناسب باعث ایجاد شوک در ماهیان شده و ماهیان را نسبت به

مناسب ۷/۵-۸/۵ است (پورعلی و همکاران، ۱۳۹۱). میزان pH آب در کل بررسی های انجام شده بالای ۸ اندازه گیری شد و نوسان کمی را در ماه های مختلف نشان داد که حاکی از شرایط خوب از نظر اسیدیته آب جهت پرورش فیل ماهی در آب دریا بود. نوسانات کم pH در این بررسی می تواند به این دلیل باشد که آب دریا یک بافر خوب بوده و در مقابل نوسانات pH ناشی از اضافه شدن ترکیبات اسیدی یا قلیایی، مقاوم است و برخلاف آب های شیرین، pH آب دریا نوسانات مهم فصلی یا روزانه ناشی از فتوسنتز را ندارد. پرورش متراکم در قفس می تواند تولید زی شناوران را تحریک کند و pH را بالا ببرد (به ویژه در تابستان) که این مسئله ناشی از بالا رفتن میزان تثبیت کربن در اثر فتوسنتز است.

بعضی گونه های آبی نسبت به بقیه، قدرت تحمل بیشتری در برابر نوسانات سریع شوری دارند ولی ممکن است این نوسانات سریع برای ماهی های پرورشی خطرناک باشد. در بررسی حاضر تفاوت معنی داری بین میزان شوری در داخل و خارج قفس مشاهده نگردید. شوری حداقل ۸/۵ قسمت در هزار در مردادماه و حداکثر ۱۴ قسمت در هزار در مهرماه بود. میزان شوری آب از مردادماه تا آبان ماه به ترتیب افزایش نشان داد که این موضوع ممکن است به دلیل وجود جریان های عمودی و سطحی آب باشد. حداکثر EC ایستگاه ها در این بررسی برابر ۱۴۵۲۰ میکروموس بر سانتی متر بود که با نتایج پورعلی و همکاران در سال ۱۳۹۰ که حداکثر میزان EC را ۱۴۵۰۰ میکروموس بر سانتی متر برای فیل ماهی در آب لب شور دریا قابل تحمل ارزیابی نمود مطابقت داشت. میزان EC در پایین ترین مقدار ۱۰۹۷۰ میکروموس بر سانتی متر اندازه گیری شد.

محلول از ۴ میلی گرم در لیتر نبایستی بیش از چند ساعت طول بکشد. (Swingle, 1969; Boyd, 1998; Masser, 1997). محدوده مطلوب برای گونه های خاویاری بالاتر از ۷ میلی گرم در لیتر است. اثرات سوء ناشی از کمبود اکسیژن در پرورش تاسماهیان بعد از ایجاد شرایط مطلوب به مدت ۳ تا ۵ ساعت بهبود می یابد. بر اساس نتایج حاصل در این بررسی ارتباط رشد ماهیان با اکسیژن محلول آب دریا حاکی از تأثیرات منفی اکسیژن محلول آب بر درصد افزایش وزن بدن فیل ماهیان پرورشی در قفس بود.

Downing و Merkind در سال ۱۹۵۷ طی آزمایشی نشان دادند که سمیت  $\text{NH}_3$  با کاهش اکسیژن افزایش می یابد. میزان اکسیژن محلول در آب بر کاهش سمیت آمونیاک مؤثر است (آذری تاکامی، ۱۳۸۰). با توجه به آزمایش های انجام شده در این بررسی غلظت اکسیژن از ۴/۸ میلی گرم در لیتر کمتر نبود و با کاهش دمای آب میزان اکسیژن محلول آب افزایش یافت بطوریکه در دی ماه میزان آن به ۸/۶۹ میلی گرم در لیتر رسید. Wu (۱۹۹۵) در گزارش خود بیان نموده است که پرورش در قفس اثرات جزئی بر اکسیژن محلول داشته است اما هنوز نگرانی هایی وجود دارد که پرورش در قفس در دریا به طور قابل توجهی می تواند در کاهش اکسیژن محلول به صورت کوتاه مدت در محل اثر داشته باشد (Pittenger et al., 2007, Tett, 2008).

در pH پایین تر از ۶/۵ رشد ماهی کند می شود. نقطه مرگ اسیدی (acid death point)  $\text{pH} = 4$  و نقطه مرگ قلیایی  $\text{pH} = 11$  است، ولی محدوده مناسب pH برای پرورش گونه های مختلف ۷-۸/۵ است (Boyd, 1998) و برای نگهداری و پرورش ماهیان خاویاری pH

در لیتر در آبان ماه در خارج قفس اندازه‌گیری شد و میزان آن در پرورش ماهیان خاویاری در آب شیرین باید تقریباً صفر باشد (کاکوزا، ۱۳۸۰) که تا حدود زیادی با میزان نیتريت در پرورش فیل ماهی در داخل و خارج قفس مطابقت دارد. میزان نیتريت با سختی بالا همچون آب دریا تا ۰/۰۶ میلی گرم در لیتر قابل قبول است (کاکوزا، ۱۳۸۰) که این میزان در بررسی حاضر در اکثر ماه‌ها کمتر از ۰/۰۲ میلی گرم در لیتر بود.

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در قفس، میزان سختی کل آب کمتر از ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود که با نتایج پورعلی و همکاران (۱۳۹۰) که میزان سختی کل آب جهت پرورش فیل ماهی در آب لب‌شور را تا ۳۸۰۰ میلی گرم در لیتر قابل قبول ارزیابی نمودند مطابقت داشت.

مزارع پرورش ماهی در قفس، خود یک منبع تولید مواد جامد معلق هستند. جریان‌ات آبی از ته‌نشین شدن ذرات جلوگیری کرده و باعث تعلیق مجدد مواد رسوبی می‌شوند. گل آلودگی زیاد موجب صدمه زدن به برانش‌های ماهیان می‌شود و بافت‌های مخاطی برانش را متورم و ضخیم می‌کند. اگر میزان صدمه بالا باشد ماهی می‌میرد. اگر میزان گل آلودگی کمتر از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر باشد برای اکثر گونه‌ها مشکلات چندانی ایجاد نمی‌کند؛ اما مدت‌زمانی که ماهی در معرض این شرایط قرار می‌گیرد، مهم است (Redding *et al.*, 1987). در بررسی حاضر میزان TSS از ۱۳ تا ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اندازه‌گیری شد که با توجه به جریان‌ات دریایی این میزان در اکثر ماه‌های مورد بررسی کمتر از میزانی بود که برای ماهی مشکل ایجاد نماید.

پرورش ماهی در قفس همیشه باعث تغییر ترکیب شیمیایی رسوب یا تغییرات اکولوژیک جامعه کفزیان

در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آبی‌پروری در هر پروژه‌ای میزان فسفر و نیتروژن در خوراک‌ها و ضریب تبدیل غذایی مهم هستند (Acketors, 1999). ضریب غذایی در بیشتر کشورهای اروپایی از ۲/۳ به کمتر از ۰/۳، میزان نیتروژن به کمتر از ۷/۸ درصد و میزان اکسیژن از ۱/۷ درصد به کمتر از یک درصد کاهش یافته است. در نتیجه، به ازای هر تن تولید ماهی در حال حاضر، میزان تخلیه فسفر کمتر از ۱۰ کیلوگرم و نیتروژن کمتر از ۵۳ کیلوگرم است (Acketors and Enell, 1994).

فسفات‌ها برخلاف نیتروژن که بیشتر به صورت محلول‌اند، به شکل ذرات بوده و کمترین تأثیرات زیست‌محیطی را در آب دریاها دارند. هرچند اختلاف نظرهایی در این رابطه وجود دارد، اما اکثر محققین معتقدند که به‌استثنای برخی از مناطق با شوری پایین، فسفات نقش مهمی در کنترل رشد جلبکی در آب‌های ساحلی ندارد و بنابراین نباید عنوان یک ماده زائد مهم مورد ملاحظه قرار بگیرد. اهمیت نقش نیتروژن و فسفر به‌عنوان مواد زائد توسط برخی از دانشمندان مورد تأکید قرار گرفته است (Hakanson *et al.*, 1988). در این بررسی، حداقل میزان فسفات در آذرماه ۰/۰۷ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۷ میلی گرم در لیتر در آبان ماه بود. نتایج بررسی نشان داد که مقادیر این فاکتور در داخل و خارج قفس تفاوتی را نشان ندادند. میزان قابل قبول فسفات مورد استفاده برای پرورش ماهیان خاویاری در آب شیرین ۰/۰۷۲ میلی گرم در لیتر است (کاکوزا، ۱۳۸۰) که با حداقل آن در آذرماه مطابقت داشت.

همچنین حداقل میزان نیتريت در مردادماه با مقدار ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۰۶۸ میلی گرم

مواد آلی در بستر گردید. میزان مواد آلی در مهرماه و آبان ماه روند نزولی را به دنبال داشت که می‌تواند به دلیل جریانات دریایی، عدم غذادهی و یا دمای آب باشد. پرورش ماهی در قفس نقش زیادی در ته‌نشین شدن رسوبات و دتریتوس‌ها دارد. در صورتی که جریانات آبی این مواد را پخش نکنند، روی هم انباشته‌شده و شرایط پرورش در قفس را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Mattsson & Linden, 1983).

بهترین و سودمندترین راه‌حل مشکلات انباشت مواد زائد در زیر قفس‌ها اتخاذ استراتژی کاهش مواد زائد است. پیشرفت‌های اخیر در غذا و روش‌های غذادهی نشان داده که این عمل امکان‌پذیر است. برای مثال ضریب تبدیل غذای پرورش ماهی آزاد در اروپا در طی ۵ سال بیش از بیست درصد پایین آمده است.

درشتی و ریزی دانه‌های تشکیل‌دهنده رسوبات یکی از عواملی است که در بررسی نحوه گسترش و تجمع بنتوزها مهم است در نتیجه بررسی‌های به‌عمل‌آمده در این زمینه نشان می‌دهد که گرچه اندازه ذرات در نحوه توزیع بنتوزها مؤثر است ولی در حقیقت عامل محدودکننده همان منافذ موجود در بین ذرات خاک و رسوبات است که از آب پرشده و محیط مناسبی برای تجمع بنتوزها فراهم می‌آورد. بنابراین ذرات درشت‌تر (شن) رسوبات فضای بیشتری برای بنتوزهای رسوب‌زی ایجاد می‌کنند تغییرات در ترکیب اندازه دانه‌های رسوبات حتی به فاصله خیلی کوتاه در یک منطقه در توزیع و گسترش موجودات بنتیک که دارای حرکات خفیف می‌باشند مؤثر است. به‌طور کلی از بررسی‌های به‌عمل‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر اندازه ذرات رسوبات در حرکت و گسترش فون بنتیک درون رسوب‌زی غالباً تابع

پرسولولی نمی‌شود و میزان غنی شدن رسوبات از مواد مغذی به گونه پرورشی، غذا، مدیریت، جریان و عمق بستگی دارد.

از آنجائی که مدفوع و غذای زائد در رسوبات زیر قفس‌های دریایی انباشته می‌شوند، می‌توانند موجب افزایش میزان مواد آلی و مغذی (کربن، نیتروژن و فسفر) در بستر و کف قفس‌ها شوند (Hargrave, 1994).

طی مدت پرورش مواد زائد محلول نظیر نیتروژن و فسفر در منابع آبی باقی‌مانده و ذرات آلی جامد در رسوبات ته‌نشین می‌شوند. بیشتر ذرات جامد رهاسازی شده شامل کربن آلی می‌باشند که موجب حاصلخیزی اکوسیستم‌های بنتیک می‌شوند. در مناطق دارای تلاطم پایین آب و ورودی زیاد مواد آلی، موجب بی‌هوازی شدن لایه حد واسط رسوبات و آب می‌گردد. میزان اکسیژن آب لایه زیرین واحدهای پرورش در قفس در شرایط متلاطم، برای مدت طولانی پایین می‌آید (Gowen & Bradbury, 1987).

در طرح حاضر تمامی غذای کنساتره مصرفی ماهیان خاویاری پلت‌های خشک تجاری است. غذاهای تجاری ماهیان خاویاری حاوی حدود ۲۰ درصد چربی، ۴۰ درصد پروتئین و ۱۸ درصد کربوهیدرات با محتوای انرژی ۱۹/۵ مگا ژول بر کیلوگرم است. نتایج حاصل از آنالیز آماری اختلاف معنی‌داری را بین میزان درصد مواد آلی کل (TOM) رسوب در داخل و خارج قفس نشان داد.

نتایج نشان دادند که مواد آلی موجود در داخل قفس بیشتر از خارج قفس در تمامی ماه‌های مختلف مورد بررسی بود. افزایش مواد آلی بستر در داخل قفس شاید به دلیل مواد دفعی ماهیان باشد که موجب دپوی

بیوتکنیک پرورش ماهیان خاویاری در آب شیرین و لب‌شور. دنیای آبی‌زیان. سال نهم. شماره ۲۵. ص ۳۰-۲۱.

۴. شفچنکو، و.، ۱۳۷۵. بیوتکنیک پرورش گوشتی ماهیان خاویاری. کارشناس علمی کاسپنرخ روسیه

۵. کاکوزا، ا.، ۱۳۸۰. روشهای نوین تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری. دوره آموزشی کوتاه مدت ضمن خدمت کارشناسان شیلات. مرکز آموزش علوم و صنایع شیلاتی میرزا کوچک خان.

۶. محسنی، م.، بهمنی، م.، پورعلی، ح.، کاظمی، ر.، حلاجیان، ع.، صالح پور، م.، جعفری، ع.، ۱۳۸۹. مطالعه امکان تولید گوشت، خاویار و بچه ماهی از تاسماهیان پرورشی (تاسماهی ایرانی، فیل ماهی، شیب و ازون‌برون). گزارش نهایی پروژه مصوب موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۳۱ صفحه.

7. Ackefors, H., Enell, M., 1994. The release of nutrients and organic matter from aquaculture system in Nordic countries. Journal. Applied. Ichthyology, 10. 225-241.
8. Acketors, H., 1999. Environmental impact of different farming technologies. In Sustainable Aquaculture-food for future. (Ed. By N. Svennevig, H. Reinertsen & M. New). 145-169. A. A. Balkema, Rotterdam.
9. APHA (American Public Health Association)., 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edn. American Public Health Association, Washington DC.
10. Beveridge, M., 1998. Cage Aquaculture. Fishing News Books Ltd., England.
11. Boyd, C. E., 1998. Bottom soils, Sediment, and pond aquaculture. Chapman & Hall, New York, 348 pp

عوامل محیطی مثل میزان آب موجود در محیط، دما، شوری، میزان جریان آب و مقدار اکسیژن موجود در رسوبات است.

در این بررسی میزان دانه‌بندی رسوبات با میزان مواد آلی رسوبات در داخل و خارج قفس با یکدیگر ارتباط معنی‌داری نداشتند. این در حالی است که دانه‌بندی رسوبات در داخل و خارج قفس از اختلاف معنی‌داری برخوردار بود.

### سپاسگزاری

این تحقیق با مساعدت مالی واداری اداره کل شیلات استان گیلان و موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر انجام گردید. بدین وسیله از تمامی مسئولین و کارشناسانی که در انجام این پروژه همکاری داشته‌اند سپاسگزاری می‌گردد.

### منابع

۱. آذری تاکامی، ق.، ۱۳۸۸. تکثیر و پرورش تاس ماهیان. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۰۱ صفحه
۲. پورعلی فشمی، ح. ر.، بهمنی، م.، صادقی راد، م.، حسین نیا، ا.، عاشوری، ع.، ارشد، ع.، ۱۳۹۰. مطالعه اثرات تراکم پرورش فیل- ماهی طی دوره سازگاری به غذای کنسانتره در محیط آب لب‌شور و شیرین. نشریه توسعه آبی‌پروری. سال پنجم. شماره دوم. صفحات ۱۷-۳۲.
۳. پورعلی، م. ر.، یزدانی، م. ع.، پیکران مانا، ن.، حسنی، م.، محسنی، م.، نظامی، ا.، ۱۳۹۱.

- white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture*, 115, 297-303.
23. Liao, I-C., Lin, C.K., 2000. Cage culture in Asia. Proceedings of International Symposium on cage Aquaculture in Asia. Asian Fisheries Society and World Aquaculture Society, Manila, Philippines.
  24. Masser, M. 1997. Cage culture site selection and water quality. Published, SRAC. No, 161.
  25. Mattsson, J., Linden, O., 1983. Benthic microfauna succession under mussels, *Mytilus edulis*, cultured on hanging long line. *Sarsia*, 68, 97-102.
  26. Pearson, T.H., Black, K.D., 2001. The environmental impacts of marine fish cage culture. Pages 1-31 in K.D. Black, editor. *Environmental Impacts of Aquaculture*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
  27. Pittenger, R., Anderson, B., Benetti, D.D., Dayton, P., Dewey, B., Goldberg, R., Rieser, A., Sher, B., 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](http://www.pewtrusts.org/uploadedFiles/wwwpewtrustsorg/Reports/Protecting_ocean_life/Sustainable_Marine_Aquaculture_final_1_07.pdf). Accessed: 27 September 2012.
  28. Redding, J.W., Schreck, C.B., Everest, F.H., 1987. Physiological effects on coho salmon and steelhead of exposure to suspended solids. *Transaction of American Fisheries Society*, pp.737-744.
  29. Swingle, H.S., 1969. Methods of analysis for waters, organic matter and pond bottom soils used in fisheries research. Auburn Univ. Auburn, Alabama, 119p.
  30. Tett, P., 2008. Fish farm waste in the ecosystem. In: Holmer M, Black K, Duarte CM, Marba N, Karakassis I (eds) *Aquaculture in the ecosystem*. Springer, Dordrecht, p 1-46
  31. Wei, Q.w., 2009. Aquatic wildlife conservation of China.
  32. Wu, R.S.S., 1995. The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin*, 31,159-166.
  12. Braaten, B., 2007. Cage culture and environmental impacts. Pages 49-91 in A. Bergheim, editor. *Aquacultural Engineering and Environment*. Research Signpost, Kerala, India.
  13. Downing, K.M., Merckens, J.C., 1995. The influence of dissolved oxygen concentrations on the toxicity of un-ionized ammonia to rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Annals of Applied Biology*, 43, 243-246p.
  14. FAO., 2007. Cage aquaculture, Regional reviews and global overview. FAO Fisheries Technical Paper, 498. Rome
  15. Goldberg, R., Naylor, R., 2005. Future seascapes, fishing, and fish farming. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3:21-28.
  16. Gowen, R.J., Bradbury, N.B., 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: A review. In *Oceanography and Marine Biology: An annual Review* (Ed. By M. Barnes).
  17. Grigorakis, K., Rigos, G.. 2011. Aquaculture effects on environmental and public welfare - the case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere* 855:899-919.
  18. Hakanson, L., Wrvik, A. Makinene T. & Molleg, B., 1988. Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 103 pp.
  19. Hargrave, B., T. 2003. Far-field environmental effects of marine finfish aquaculture. Pages 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](http://mmc.gov/drakes_estero/pdfs/bivalve_aquaculture_03.pdf). Accessed: 27 September 2012.
  20. Holme, N.A., McIntyre, A., 1984. Methods for study marine benthos IBP. Hand book. No. 16. Second edition. Oxford 387 pp.
  21. Holmer, M., 2010. Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs. *Aquaculture Environment Interaction*, 1:57-70
  22. Hung S. O., Lutes, P.B., Shqueir, A., Conte, F., 1993. Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile