بررسی تأثیر پرورش فیل‌ماهی (*Huso huso*) در قفس بر عوامل غیر زیستی در حوضه جنوبی دریای خزر (منطقه جفرود)

ذبیح اله پژند*[۱]، مرجان صادقی راد[۱]، کورش حدادی مقدم[۱]، فروزان چوبیان[۱]، زهره رمضانپور[۱]، اسماعیل فرزانه[۱]

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

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

چکیده

با توجه به شرایط اکولوژیک، آب و هوایی و هیدرولوژیک و بسته بودن دریای خزر و همچنین زیستگاه‌های گونه‌های باارزش و در حال انقراض ماهیان خاویاری، ضرورت دارد قبل از هرگونه توسعه در امر پرورش ماهی در دریا، مطالعات جامع و کاملی ازنظر شرایط زیست‌محیطی صورت پذیرد. این طرح با حمایت مالی اداره کل شیلات استان گیلان باهدف بررسی شرایط غیر زیستی در امر توسعه پرورش فیل‌ماهیان در قفس در دریای خزر در منطقه جفرود 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 آب‌وهوا، اکسیژن محلول، pH و شوری آب و همچنین فاکتورهای نیتریت، نیترات، ارتوفسفات، هدایت الکتریکی و TSS به‌طور ماهانه انجام گردید. همچنین میزان مواد آلی (TOM) و دانه‌بندی رسوبات اندازه‌گیری شد. در بررسی میزان رشد فیل‌ماهیان در قفس بر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل $N\text{-}NO_2^-$، $N\text{-}NO_3^-$، $P\text{-}PO4_3^-$، 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 TSS، TOM و دانه‌بندی رسوبات در داخل و خارج قفس ازنظر 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 قابل‌قبول جهت پرورش بودند. با توجه به اینکه چنین فعالیت‌هایی اثرات خود را در طولانی‌مدت 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 پرورش‌دهندگان ماهیان خاویاری اطلاعات لازم را کسب نمایند.

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

* عهده‌دار مکاتبات (✉). zpajand@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]

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 آشکارشده است و متعاقب آن در آینده اهمیت منابع آب شیرین بارزتر خواهد شد. به دلیل اینکه بیشترین مصرف‌کننده آب شیرین در صنعت، فعالیت‌های آبزی‌پروری 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 آبزی‌پروری، 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 یک‌میلیون 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 بالغبر 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 به‌موازات 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 درزمینه 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]

کشورهایی چون ویتنام، اندونزی و تایلند در مقیاس کوچک بازی می‌کند (Liao and Lin, 2000). این در حالی است که تأثیرات زیست‌محیطی پرورش ماهی در قفس اغلب نادیده گرفته می‌شود و تحقیقات و بررسی‌های زیست‌محیطی بندرت انجام می‌گیرد. اثرات محیطی ناشی از پرورش در قفس ماهیان بر کیفیت آب از اولین نگرانی‌هایی است که هر شخصی که می‌خواهد توسعه این صنعت در مقابل محیط‌زیست مسئولانه باشد، با آن دست‌به‌گریبان است و بسیاری از مقالات به این موضوع اشاره دارند (Wu, 1995, Pearson and Black, 2001, Hargrave, 2003, Goldburg and Naylor, 2005, Braaten, 2007, Pittenger *et al*., 2007, Grigorakis and Rigos, 2011).

نتایج و اثرات در سایت‌های پرورشی مختلف و برای گونه‌های مختلف متفاوت است، اما این مسئله که در بیست سال گذشته یک پیشرفت قابل‌توجه ای در مدیریت بهره‌برداری از قفس‌های دریایی در ارتباط با بهبود کیفیت آب وجود داشته است، موردتوافق همگان است. به‌طور مثال در بررسی بیش از ۲۰ مقاله تحقیقاتی که توسط Holmer (۲۰۱۰) انجام شد، نشان داد که هیچ اثری از غنی‌سازی در ستون آب در قفس‌های دور از ساحل وجود نداشته است.

بررسی فاکتورهای زیستی و غیر زیستی پرورش فیل‌ماهی 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 بین‌المللی ماهیان خاویاری انجام شد.

انگیزه‌های اقتصادی قوی برای توسعه این صنعت وجود دارد و بنابراین مسؤولیت زیست‌محیطی ایجاب می‌کند که سرمایه‌گذاران، بخش‌های دولتی و آژانس‌های کنترل‌کننده درک صحیحی از نسبت خطرات زیست‌محیطی ناشی از این نوع پرورش و راه‌حل‌های مناسب برای به حداقل رساندن این خطرات داشته باشند و این خطرات را مدیریت نموده و یا از بین ببرند.

مواد و روش‌ها

قفس شناور دریایی از جنس پلی‌اتیلن 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 فیل‌ماهی با میانگین وزن ۵ ± ۲۲۹ گرم از خرداد تا دی‌ماه ۱۳۹۱ به قفس معرفی شدند. فیل‌ماهیان 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 فیل‌ماهیان 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 فیل‌ماهیان موجود در قفس قرار گرفت.

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]



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

شرایط غیر زیستی پرورش ماهی در قفس با اندازه-گیری فاکتورهای فیزیک و شیمیایی شامل اندازه‌گیری درجه حرارت آب‌وهوا، اکسیژن محلول و pH با استفاده از دستگاه اکسیژن متر و pH متر دیجیتال 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 قلیایت 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 به‌وسیله 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 برحسب درصد وزن خشک برای هر نمونه ۳ بار اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه گردید. اندازه-گیری TOM و دانه‌بندی و تعیین بافت رسوبات بستر بر اساس روش Holme and Mclntyre (1984) انجام شد.

جهت تعیین TOM از فرمول (A-B/ =TOM % 100*(A-Cکه 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. به‌منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها در نمونه‌های موردبررسی از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. جهت تعیین اختلاف بین فاکتورهای رشد فیل‌ماهیان در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف از آزمون آنالیز واریانس (ANOAVA) یک‌طرفه ONE-Way factorical analysis با تعیین ضریب F-ratio استفاده شد. در صورت نرمال بودن داده‌ها به‌منظور بررسی ارتباط و همبستگی بین فاکتورهای پرورش فیل-ماهی در آب دریای خزر و فاکتورهای فیزیکی و

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]

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 زیست‌سنجی فیل‌ماهیان موجود در قفس نشان داد میانگین وزن فیل‌ماهیان از میزان ۲۹۴ گرم در به میزان ۱۲۷۱ گرم در دی‌ماه 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 اندازه‌گیری طول کل ماهیان نشان داد که میانگین طول کل از ۴۲ به ۶۱/۶ سانتی‌متر رسید و حداکثر طول کل از ۴۵ به ۷۸ سانتی‌متر و حداقل طول کل از ۴۰ به ۵۱ سانتی‌متر افزایش یافت. میزان رشد روزانه از حداقل ۱/۱۱ گرم در روز تا حداکثر ۱۱/۴۳ گرم در روز اندازه‌گیری شد. درصد افزایش وزن بدن (%BWI) نیز به دلیل آنچه در بالا به آن اشاره شد با نوسانات همراه بود. بهترین مقدار درصد افزایش وزن بدن در آبان ماه به میزان ۱۳۸/۴ گرم اندازه‌گیری شد. ضریب چاقی (CF) اندازه‌گیری شده در فیل‌ماهیان از حداقل ۰/۳۸ تا حداکثر ۰/۵۷ در نوسان بود. شاخص رشد ویژه (SGR) از حداقل ۰/۲۵ تا حداکثر ۲/۱ اندازه‌گیری شد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری دمای آب‌وهوا، اکسیژن محلول و pH آب در داخل و خارج قفس در ماه‌های موردبررسی نشان داد که دامنه تغییرات دمای آب ۲۶/۳-۲۵/۲ درجه سانتی‌گراد در خردادماه و ۹-۸ درجه سانتی‌گراد در آذرماه است. در این بررسی، حداقل میزان اکسیژن محلول ۴/۸ میلی‌گرم در لیتر در خردادماه و مهرماه و حداکثر آن ۸/۶۹ میلی‌گرم در لیتر در دی‌ماه بود. همچنین میزان pH آب در کل بررسی‌های انجام‌شده بالای ۸ اندازه‌گیری شد و نوسان کمی را طی ماه‌های مختلف نشان داد (جدول ۱) و ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری رابین دمای آب، اکسیژن محلول و pH داخل و خارج قفس نشان نداد ($P>0.05$).

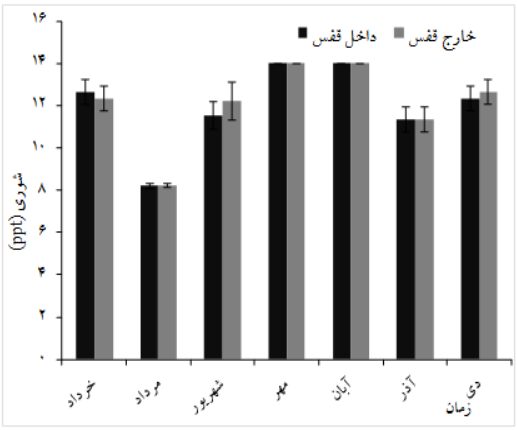
جدول ۱: دامنه تغییرات دمای آب، اکسیژن محلول و pH در داخل و خارج قفس مستقر در دریای خزر

ماه‌های نمونه‌برداری	T (°C)		DO (mg/l)		pH	
	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس
خرداد	۲۶/۳-۲۵/۲	۲۶/۳-۲۵/۲	۵/۲-۴/۸	۵/۵-۵	۸/۲۹-۸/۱	۸/۵-۸/۱
مرداد	۳۰-۲۸/۵	۳۰-۲۸/۵	۷/۲-۵/۸	۶/۵-۶/۱	۸/۲-۸/۱	۸/۷-۸/۱
شهریور	۲۳-۲۲/۵	۲۳-۲۲/۵	۵/۸-۵/۲	۵/۵-۵/۱	۸/۳-۸/۲	۸/۸-۸/۲
مهر	۲۳-۲۱	۲۳-۲۱	۵-۴/۸	۵/۱-۴/۹	۸/۳-۸/۱	۸/۶-۸/۱
آبان	۲۰-۱۸/۵	۲۰-۱۸/۵	۵-۴/۸	۵/۱-۴/۹	۸/۳-۸/۰	۸/۳-۸/۲
آذر	۹-۸	۹-۸	۸/۶-۸/۳	۸/۷-۸/۴	۸/۴-۸/۲	۸/۷-۸/۲
دی	۱۰-۹/۷	۱۰-۹/۷	۸/۶-۸/۴	۸/۵-۸/۲	۸/۵-۸/۲	۸/۵-۸/۴

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

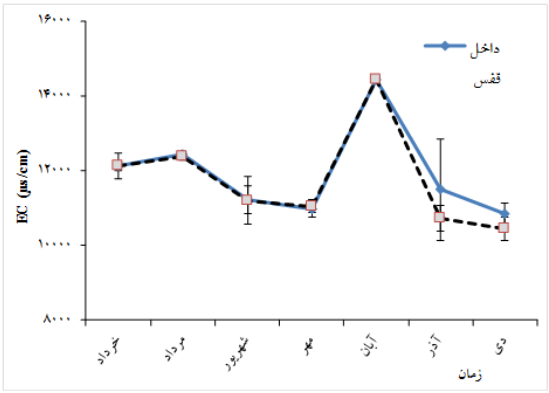
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]

میـزان شـوری حـداقل ۸/۵ قسـمت در هـزار در مردادماه و حداکثر ۱۴ قسمت در هزار در مهرماه بـود و هیچ‌گونـه اختلافـی ازنظـر آمـاری بـین داخـل و خـارج قفس مشاهده نگردید (P>0.05).



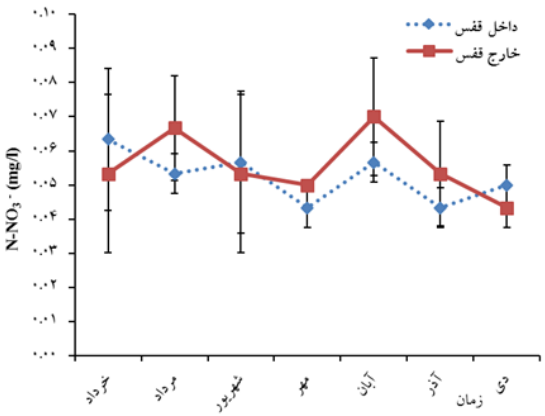
نمودار ۱: تغییرات شوری آب در داخل و خارج قفس

نتـایج نشـان داد کمتـرین میـزان EC آب ۱۰۹۷۰ میکروموس بر سانتی‌متر در مهرماه و بیشترین EC دارای ۱۴۵۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر در آبان ماه بود (نمودار ۲). ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری بین خارج و داخـل قفس در ماه‌های موردبررسی نشان ندادند(P>0.05).

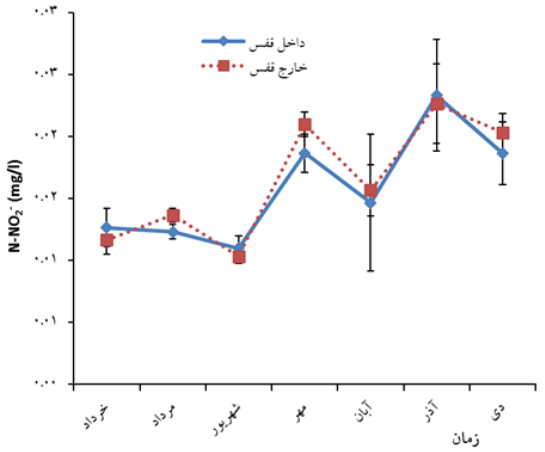


نمودار ۲: تغییرات EC در داخل و خارج قفس

حـداقل میـزان فسـفات در آذرمـاه بـا مقـدار ۰/۷۲ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۷ میلی‌گرم در لیتـر در آبان ماه بود. حداقل میزان نیتریت در مردادماه بـا مقـدار ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر و حـداکثر آن ۰/۰۶۸ میلـی‌گـرم در لیتر در آبان ماه در خـارج قفـس انـدازه‌گیـری شـد. همچنین حداقل میزان نیترات در آذر و دی‌ماه بـا مقـدار ۰/۰۴۳ میلی‌گرم در لیتر و حـداکثر آن ۰/۰۷ میلـی‌گـرم در لیتر در آبان مـاه در خـارج قفـس انـدازه‌گیـری شـد (نمودارهای ۳ تا ۵). ازنظر آمـاری اخـتلاف معنـی‌داری در میزان فاکتورهای فسفات، نیتریت و نیترات در داخل و خارج قفس مشاهده نشد(P>0.05).

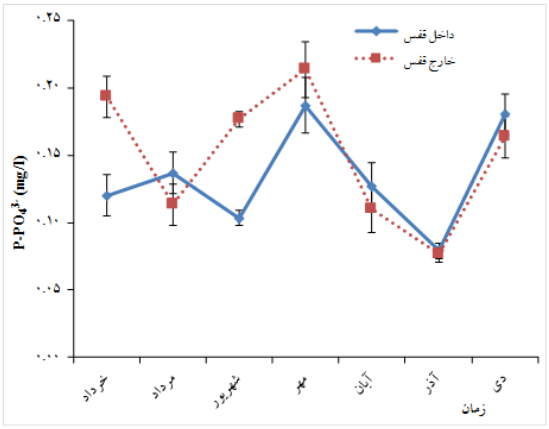


نمودار ۳: تغییرات NO_3^- در داخل و خارج قفس



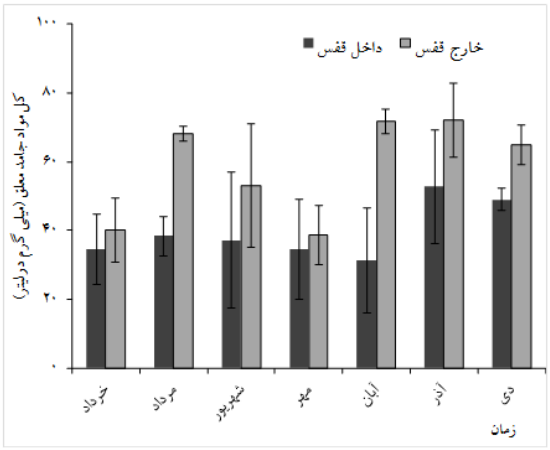
نمودار ۴: تغییرات NO_2^- در داخل و خارج قفس

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]



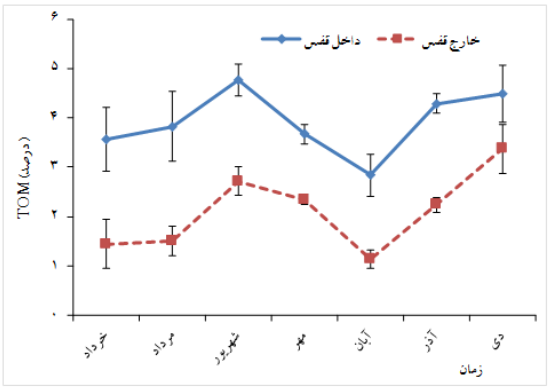
نمودار ۵: تغییرات PO_4^{3-} در داخل و خارج قفس

میـزان TSS خـارج قفـس در تمـامی مـاه‌هـای موردبررسـی بیشـتر از داخـل قفـس انـدازه‌گیـری شـد. 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 ازنظر آماری اختلاف معنی‌دار داشتند ($P<0.05$).



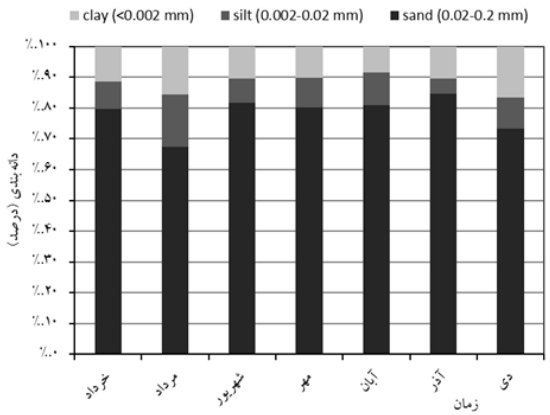
نمودار ۶: تغییرات TSS در داخل و خارج قفس

نتایج حاصل از TOM رسوبات بستر محل استقرار قفس و خارج قفس در نمودار ۷ نشـان داده‌شـده اسـت. نتایج حاصل از TOM رسوبات نشان داد که مـواد آلـی موجود در داخل قفس بیشتر از خـارج قفـس در تمـامی ماه‌های مختلف موردبررسی بود (نمودار ۹) و میـزان آن در داخل و خارج قفس دارای اختلاف معنی‌دار آمـاری بود ($P<0.05$).



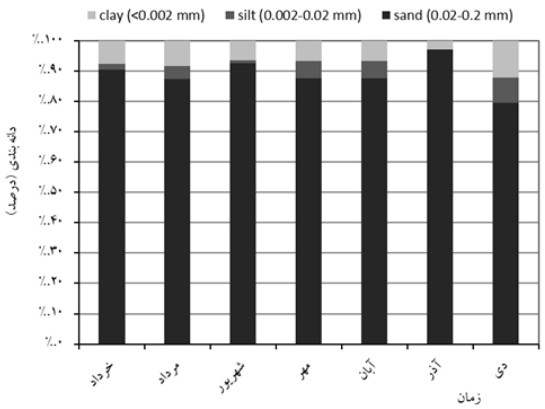
نمودار ۷: تغییرات TOM در داخل و خارج قفس

میزان سختی کل آب در کل بررسی‌های انجام‌شده کمتـر از ۳۰۰۰ میلـی‌گـرم در لیتـر انـدازه‌گیـری شـد و نوسـان کمـی را در مـاه‌هـای مختلـف نشـان داد. نتـایج حاصل از دانـه‌بنـدی رسـوبات نشـان داد کـه دانـه‌بنـدی موجود در داخل قفس با خارج قفس در تمامی ماه‌هـای مختلف متفاوت بـود. دانـه‌بنـدی بسـتر در خـارج قفـس دارای درصد بیشتری از ماسه در مقایسه با داخـل قفـس بـود (نمودارهـای ۸ و ۹). همچنـین نتـایج نشـان داد کـه یک ارتباط معنی‌داری بین دانـه‌بنـدی رسـوبات شـنی بـا مواد آلی بستر هم در خارج و هم در داخل قفس وجـود ندارد ($P>0.05$).



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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]



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

بحث

مکان استقرار قفس نه‌تنها باید عاری از هرگونه آلودگی با مواد سمی و نفتی باشد بلکه باید ازنظر دما، pH، اکسیژن محلول، شوری و .... متناسب با گونه پرورشی باشد. بررسی شرایط غیر زیستی در محل استقرار قفس نه‌تنها به لحاظ کنترل شرایط پرورش گونه موردنظر اهمیت دارد بلکه به‌عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده اثرات زیست‌محیطی 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 می-دهد. در زمان انتخاب محل برای پرورش ماهی در قفس، باید شرایط مناسب دما و شوری را برای گونه موردنظر 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 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 انجام‌شده 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 فیل‌ماهیان پرورشی در قفس بود؛ بنابراین دمای آب بخشی از عوامل محیطی است که می‌بایستی در دامنه مطلوب برای پرورش فیل‌ماهی 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 فیل‌ماهی ازنظر شرایط بهینه‌دمایی و طول مدت این شرایط ایجاد نمود.

اکسیژن برای تولید انرژی حیاتی همه موجودات عالی موردنیاز است. انرژی برای هضم و جذب غذا، حفظ تعادل فشار اسمزی بین سلولی و فعالیت‌های حیاتی ضروری است. درصورتی‌که 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 می-توانند 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]

محلول از ۴ میلی‌گرم در لیتر نبایستی بیش از چند ساعت طول بکشد. (Swingle, 1969; Boyd, 1998; Masser, 1997). محدوده مطلوب برای گونه‌های خاویاری بالاتر از ۷ میلی‌گرم در لیتر است. اثرات سوء ناشی از کمبود اکسیژن در پرورش تاسماهیان بعد از ایجاد شرایط مطلوب به مدت ۳ تا ۵ ساعت بهبود می‌یابد. 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 فیل‌ماهیان پرورشی در قفس بود.

Downing و Merkind در سال ۱۹۵۷ طی آزمایشی نشان دادند که سمیت NH_3 با کاهش اکسیژن افزایش می‌یابد. میزان اکسیژن محلول در آب بر کاهش سمیت آمونیاک مؤثر است (آذری تاکامی، ۱۳۸۰). با توجه به آزمایش‌های انجام‌شده در این بررسی غلظت اکسیژن از ۴/۸ میلی‌گرم در لیتر کمتر نبود و با کاهش دمای آب میزان اکسیژن محلول آب افزایش یافت بطوریکه در دی‌ماه میزان آن به ۸/۶۹ میلی‌گرم در لیتر رسید. Wu (۱۹۹۵) در گزارش خود بیان نموده است که پرورش در قفس اثرات جزئی بر اکسیژن محلول داشته است اما هنوز نگرانی‌هایی وجود دارد که پرورش در قفس در دریا به‌طور قابل‌توجهی می‌تواند در کاهش اکسیژن محلول به‌صورت کوتاه‌مدت در محل اثر داشته باشد (Pittenger *et al.*, 2007, Tett, 2008).

در pH پایین‌تر از ۶/۵ رشد ماهی کند می‌شود. نقطه مرگ اسیدی (acid death point) pH =۴ و نقطه مرگ قلیایی pH =۱۱ است، ولی محدوده مناسب pH برای پرورش گونه‌های مختلف ۸/۵– ۷ است (Boyd, 1998) و برای نگهداری و پرورش ماهیان خاویاری pH مناسب ۸/۵–۷/۵ است (پورعلی و همکاران، ۱۳۹۱). میزان pH آب در کل بررسی‌های انجام‌شده بالای ۸ اندازه‌گیری شد و نوسان کمی را در ماه‌های مختلف نشان داد که حاکی از شرایط خوب ازنظر اسیدیته آب جهت پرورش فیل‌ماهی در آب دریا بود. نوسانات کم pH در این بررسی می‌تواند 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 آب‌های شیرین، pH آب دریا نوسانات مهم فصلی یا روزانه ناشی از فتوسنتز را ندارد. پرورش متراکم در قفس می‌تواند تولید زی شناوران را تحریک کند و pH را بالا ببرد (به‌ویژه در تابستان) که این مسئله ناشی از بالا رفتن میزان تثبیت کربن در اثر فتوسنتز است.

بعضی گونه‌های آبزی نسبت به بقیه، قدرت تحمل بیشتری در برابر نوسانات سریع شوری دارند ولی ممکن است این نوسانات سریع برای ماهی‌های پرورشی خطرناک باشد. در بررسی حاضر تفاوت معنی‌داری 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 جریان‌های عمودی و سطحی آب باشد. حداکثر EC ایستگاه‌ها در این بررسی برابر ۱۴۵۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر بود که با نتایج پورعلی و همکاران در سال ۱۳۹۰ که حداکثر میزان EC را ۱۴۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر برای فیل‌ماهی در آب لب‌شور دریا قابل‌تحمل ارزیابی نمود مطابقت داشت. میزان EC در پایین‌ترین مقدار ۱۰۹۷۰ میکروموس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]

در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آبزی‌پروری در هر پروژه‌ای میزان فسفر و نیتروژن در خوراک‌ها و ضریب تبدیل غذایی مهم هستند (Acketors, 1999). ضریب غذادهی 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 کاهش‌یافته است. درنتیجه، 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 به‌صورت محلول‌اند، به شکل ذرات بوده و کمترین تأثیرات زیست‌محیطی را در آب دریاها دارند. هرچند اختلاف‌نظرهایی 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 قرارگرفته است (Hakanson *et al.*, 1988). در این بررسی، حداقل میزان فسفات در آذرماه ۰/۰۷ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۷ میلی‌گرم در لیتر در آبان ماه بود. نتایج بررسی نشان داد که مقادیر این فاکتور در داخل و خارج قفس تفاوتی را نشان ندادند. میزان قابل‌قبول فسفات مورداستفاده 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 نیتریت در مردادماه با مقدار ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر آن ۰/۰۶۸ میلی‌گرم 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 نیتریت در پرورش فیل‌ماهی در داخل و خارج قفس مطابقت دارد. میزان نیترات با سختی بالا همچون آب دریا تا ۰/۰۶ میلی‌گرم در لیتر قابل‌قبول است (کاکوزا، ۱۳۸۰) که این میزان در بررسی حاضر در اکثر ماه‌ها کمتر از ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر بود.

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در قفس، میزان سختی کل آب کمتر از ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که با نتایج پورعلی و همکاران (۱۳۹۰) که میزان سختی کل آب جهت پرورش فیل‌ماهی در آب لب‌شور را تا ۳۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر قابل‌قبول 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. گل‌آلودگی 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 گل‌آلودگی کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم 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 میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد که با توجه به جریانات دریایی این میزان در اکثر ماه‌های موردبررسی 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]

پرسلولی 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 کنسانتره 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 رابین 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 موردبررسی بود. افزایش مواد آلی بستر در داخل قفس شاید به دلیل مواد دفعی ماهیان باشد که موجب دپوی 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. درصورتی‌که جریانات آبی این مواد را پخش نکنند، روی‌هم 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 درنتیجه 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 رسوب زی 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.به‌طورکلی از بررسی‌های به‌عمل‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر اندازه ذرات رسوبات درحرکت و گسترش فون بنتیک درون رسوب زی غالباً تابع

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]

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 دانه-بندی 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. بدین‌وسیله از تمامی مسئولین و کارشناسانی که در انجام این پروژه همکاری داشته‌اند سپاسگزاری می گردد.

منابع

۱. آذری تاکامی، ق.، ۱۳۸۸. تکثیر و پرورش تاس ماهیان. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۰۱ صفحه

۲. پورعلی فشتمی، 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 آبزی‌پروری. سال پنجم. شماره دوم. صفحات ۳۲-۱۷.

۳. پورعلی، م. ر.، یزدانی، م. ع.، پیکران مانا، ن.، حسنی، م.، محسنی، م.، نظامی، ا.، ۱۳۹۱. بیوتکنیک پرورش ماهیان خاویاری در آب شیرین و لب‌شور. دنیای آبزیان. سال نهم. شماره ۲۵. ص ۳۰-۲۱.

۴. شفچنکو، و.، ۱۳۷۵. بیوتکنیک پرورش گوشتی ماهیان خاویاری. کارشناس علمی کاسپنیرخ 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 بچه‌ماهی از تاسماهیان پرورشی (تاسماهی ایرانی، فیل‌ماهی، شیپ 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 Sustaiable 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]

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., Merkens, J.C., 1995. The influence of dissolved oxygen concentrations on the toxicity of un-joinized 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. Goldburg, 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. 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 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, vultured 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., Goldburg, 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. 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.2.2.8]