بررسی تأثیر و نحوه کنترل رسوبات زیستی در پرورش ماهی در قفس

محمود حافظیه[1*]، اشکان اژدری[2]، امیر آرامون[2]

[1]مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
[2] مرکز تحقیقات شیلاتی آب های دور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران.

تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۱

چکیده

تجمع موجودات زنده از باکتری‌ها، میکرو و ماکروجلبک‌ها، سخت پوستان و سایر توده‌های زنده روی تور در پرورش ماهی در قفس باعث ایجاد رسوبات زیستی[1] شده و مشکلات فراوانی ازجمله تخریب فیزیکی، مشکلات مکانیکی، رقابت زیستی و تغییرات محیطی را برای آبزی هدف، بروز بیماری، ساختار قفس و اقتصاد تولید بوجود خواهد آورد. اما با کنترل فناورانه رسوبات زیستی می توان از بروز چنین مخاطراتی جلوگیری و یا آنرا بسیار محدود نمود. از جمله روش‌های جلوگیری شامل خارج نمودن فیزیکی، استفاده از ضد رسوبات زیستی و یا کنترل بازنشست موجودات زنده روی تورها می باشند. بنابراین به منظور توسعه صنعت پرورش ماهی درقفس‌های دریایی، استراتژی‌های نوآورانه در ضد رسوبات زیستی[2] با رعایت مسائل زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی بسیارضروری بوده و در ایران یکی از روش های مناسب استفاده از لیگاندهای آهن و نقره برای ترکیب ضد رسوبات زیستی پیشنهاد می گردد.

کلمات کلیدی: : رسوبات زیستی، قفس دریایی، Biofouling، Antifouling، آبزی پروری

* نویسنده مسئول:jhafezieh@yahoo.com

1 Biofouling
2 Antifouling

مقدمه

از انواع آبزیان پرورشی در قفس می‌توان به صدف دریایی اویستر(*Crassostrea* spp و *Ostrea* spp.)، انواع نرم تنان (*Mytilus* spp., *Perna* spp.) و اسکالوپ ها (*Placopecten* spp., *Chamys* spp.)، اشاره نمود حال آنکه گونه‌های اصلی ماهیان پرورشی در قفس‌های دریایی از خانواده سالمونیده (*Salmo salar*, *Oncorhynchus* spp.) ، کفال‌ها (*Mugil* spp.) و خامه ماهی (*Chanos chanos*)، شاه ماهی (*Seriola* spp.)، تون ماهیان (*Thunnus* spp.)، سی بریم‌ها (*Sparus* spp., *Pagrus* spp.) و سی باس‌ها (*Dicentrarchus labrax*, *Lates* spp., *Lateolabrax japonicus*) به شمار می‌روند.

بیوفولینگ یا رسوبات زیستی شامل جلبک ها و حیوانات آبزی هستند که به‌صورت اجتماعی زیست می کنند و مشکلات عمده زیستی و اقتصادی را برای واحدهای عملیاتی کشت و پرورش ماهیان دریایی در قفس به وجود می‌آورند.. ساختار قفس در پرورش ماهیان دریایی شامل، لوله‌های پلی اتیلن فشار قوی، حلقه‌ها، تورها، اتصالات، طناب ها، زنجیر، بویه ها و لنگر و وزنه ها و سایر ادوات می‌باشند که سطوح آن‌ها در معرض رسوبات زیستی است. این سطوح محل مناسبی برای موجودات متنوع اپی بیوتیک هستند که روی آن‌ها نشست و رشد می‌کنند. تخمینی وجود دارد که ۵ تا ۱۰ درصد هزینه تولید در سیستم آبزی پروی در قفس‌های دریایی به عنوان هزینه‌های مستقیم کنترل رسوبات زیستی می‌باشد (Lane and Willemsen, 2004).

بهره مندی از تکنولوژی و روش‌های مدیریت و کنترل پرورش جوامع رسوبات زیستی برای به حداقل رساندن اثرات منفی آن‌ها، ضروری است. ترکیب موجودات این جوامع و اثرات آن‌ها بر روی آبزی پروری دریایی، به خواص سطوح چسبیدن رسوبات زیستی و محافظت و مدیریت این سطوح بسیار وابسته است و درحقیقت با مدیریت سطوح است که می‌توان کنترل کلیدی بر رسوبات زیستی اعمال نمود. در مورد آبزیان صدف دار، کنترل رسوبات زیستی باید به تمیز بودن پوسته منتج شود، زیرا بازارهدف، رشد و سلامت موجود زنده به آن وابسته است. حال آن که چسبیدن موجودات رسوبات زیستی به ساختار قفس همچون طناب‌ها و بخش‌های شناور، باعث پارگی یا شکستن آن‌ها خواهد شد و طبیعتاً هزینه های تعمیراتی را افزایش می دهد. لذا در این موارد، مهمترین مشکل چسبیدن این موجودات به پوسته صدف داران است. برعکس آن، درصنعت پرورش ماهیان درقفس، چسبیدن موجودات به تور و سایر بخش های ساختاری قفس بسیار حائز اهمیت است. موضوع بهداشت و سلامت ماهی، مخصوصاً در جذر پایین آب دریا که میزان حلالیت اکسیژن در آب به حداقل خود می‌رسد حائز اهمیت است. درهر صورت برای غلبه براثرات منفی رسوبات زیستی ، چه از نظر آبزی هدف، چه از نظر ساختار و همچنین محیط زیست، باید از تکنولوژی بهره جست. شش استراتژی ضد رسوبات زیستی درصنایع آبزی پروری شامل موارد زیر است (Lewis, 1994):

۱- باید در مقابل طیف وسیعی از تاکسون‌های رسوبات زیستی مؤثر باشد
۲- دوستدار محیط زیست باشد
۳- اثرات منفی برگونه هدف نداشته باشد
۴- در بدن آبزی هدف تجمع نیابد
۵- در مقابل شستشو و امواج دریا و دستکاری ها مقاومت نشان دهد
۶- از نظر اقتصادی در دسترس باشد

در این مقاله مروری، به تأثیر رسوبات زیستی بر ماهیان و کل زنجیره تولید و راهکارهای کنترل آن اشاره خواهد شد.

بیان مسئله و اهمیت

جوامع رسوبات زیستی در آبزی پروری

رسوبات زیستی برروی سطوح اجسام دریایی، ازجمله ساختار آبزی پروری دریایی با فرآیندهای اکولوژیکی شناخته شده توسعه می‌یابند. موجودات بزرگ رسوبات زیستی از اسپور و پروپاگولس جلبک‌ها تا لارو بی مهره-هایی چون هیدروئیدها، آسیدین‌ها، اسفنج ها، بریوزوآ ها، بارناکل‌ها، دو کفه ای‌ها و پرخاران طی چند روز تا چند هفته روی سطوح تکوین می‌یابند (Maki and Mitchell, 2002).

تجمع رسوبات زیستی مختلف ازنظر زمانی و فضایی با هم تفاوت دارند. جمعیت بی مهره‌ها، عمدتاً تحت تأثیرفصول در بروز تغییرات زمانی شکل می‌گیرند. هم تجدید و هم دوره رشد متراکم آن‌ها به فصول وابسته است. از بعد فضایی نیز درمورد جمعیت بی مهره‌ها، مقیاس‌های کوچک و بزرگ دیده می‌شوند (Fraschetti *et al.*, 2005) و در آب‌های مناطق معتدله و استوایی نیز تغییراتی دیده می‌شود. اولین تغییرات در پلانکتون‌ها و لارو آبزیان در طی دگردیسی و مرگ و میر رخ می دهدکه بر حسب شرایط محیطی به سطوح می‌چسبند (Holloway and Keough, 2002a; 2002b). به عنوان مثال دامنه تنوع جلبک ها و بی مهره‌ها بر روی قفس‌های دریایی در مقایسه با کشت تک گونه‌ای جلبک‌ها در آب‌های لب شور را می‌توان ذکر کرد (Santhanam *et al.*, 1983). در مراکز پرورشی تفاوت‌های رسوبات زیستی به نور و جریان آب و عمق بستگی دارد (Cronin *et al.*, 1999). جوامع رسوبات زیستی به طورعموم در اعماق آب هم کاهش زی توده می‌یابند و هم از نظر تنوع کمتر می شوند (Guenther *et al.*, 2010).

عمومی ترین موجودات رسوبات زیستی در آبزی پروری

عمده ترین این موجودات شامل کفزی‌ها و سوسپانسیون خورها من جمله بارناکل‌ها، دو کفه‌ای‌ها، بریوزوآها، پرتاران، اسیدین‌ها، هیدروئیدها، اسفنج‌ها و جلبک‌ها هستند که روی سطوح جا می‌گیرند. بخش قابل توجهی از این موجودات مهاجم هستند. بسیاری توزیع جهانی دارند که از طریق کشتی رانی و با توجه به توانایی بقا و تولید مثل، توانسته‌اند در مناطق جدید حضوری پر رنگ داشته باشند. به عنوان مثال از مهاجم‌ها، می توان به یک گونه تونیکاتای گلدانی شکل (*Ciona intestinalis*) (شکل ۱) اشاره نمود که امروزه به عنوان یکی از مهمترین مشکلات رسوبات زیستی درکشت و پرورش نرم تنان مخصوصاً در آمریکای شمالی مطرح می باشد (Edwards and Leung, 2009). این گونه در مناطق معتدله و استوایی گسترش یافته است (Blum *et al.*, 2007). امروزه پیش بینی می‌شود که پراکنش آن جهانی است و دامنه گسترش آن هر روز بیشتر می شود (Sorte *et al.*, 2010).

شکل ۱: موجودات معمول در رسوبات زیستی قفس‌های پرورشی شامل A) *Ciona intestinalis* (تونیکات گلدانی)، B) *Ectopleura crocea* (هیدروئید دهان صورتی)، C) *Mytilus adulis* (ماسل آبی) و D) *Ectoplera larynx* (توبولاریا حلقه ای) (Alfaro and Jeffs, 2002; Carl *et al.*, 2011)

اثرات ناشی از رسوبات زیستی

- **اثرات بر تغییرات محیط زیستی**

از دیگراثرات رسوبات زیستی، ایجاد تغییرات محیط زیستی به همراه کاهش جریان آب و تغییر درغلظت پساب تولید شده می‌باشد. رسوبات زیستی باعث کاهش تعویض آب و جریانات آن شده و به سرعت از بین رفتن مواد غذایی کمک می‌کنند (Yukihira *et al.*, 1998). از طرف دیگر رسوبات زیستی باعث تجمع ته نشست‌های زیستی زیر ناحیه سایت های آبزی پروری می‌شوند (جدول ۱) (Stenton-Dozey *et al.*, 2001). این ته نشست‌ها به طور مؤثر و معنی دار با تغییر دینامیک مواد غذایی در اطراف اکوسیستم ها باعث ایجاد تغییر در جوامع کفزی می‌شوند (Giles *et al.*, 2006).

جدول ۱: مروری بر رسوبات زیستی دریایی در مناطق مختلف و اثرات آن‌ها بر پرورش ماهیان (Stenton-Dozey *et al.*, 2001).

رسوبات زیستی	دامنه تاثیر	منطقه	گونه متاثرآبزی
از طنابداران: Ascidiacea *Ascidiella aspersa* *Botrylloides sp.* *Botryllus schlosseri* *Styela plicata* *Symplegma sp.* *Tridemnum sp*	تغییر شکل قفس و بهم ریختگی ساختار و افزایش بروز بیماری	مالزی و بریتانیا	*Epinephelus sp.* *Lates calcarifer* *Lutjanus sp.* *Salmo salar* *Siganus sp*
جلبک ها *Antithamnion sp.* *Ectocarpus spp.* *Enteromorpha spp.* *Filamentous diatoms* *Gracilaria sp.* *Ulva spp*	گرفتگی تورو عدم تبادل آب، کیفیت پایین آبو محدود شدن اکسیژن محلول، کاهش تبادل متابولیت ها و خروج مواد دفعی، تغییر شکل قفس و به ریختگی ساختار	استرالیا بریتانیا آمریکا و مالزی	*Epinephelus sp* *Lates calcarifer* *Lutjanus sp.* *Oncorhynchus tshawytscha* *Salmo salar* *Siganus sp.* *Thunnus maccoyii*
نرم‌تنان- دو کفه ای ها *Crassostrea spp.* *Electroma georgiana* *Modiolus sp.* *Mytilus edulis* *Perna viridis* *Pinctada spp.*	گرفتگی تور و تغییر شکل قفس و بهم ریختگی ساختار	استرالیا، مالزی سنگاپور آمریکا و بریتانیا	*Epinephelus sp* *Lates calcarifer* *Lutjanus sp.* *Oncorhynchus tshawytscha* *Salmo salar* *Siganus sp.* *Thunnus maccoyii*
مرجان‌ها Hydrozoa *Ectopleura larynx* *Obelia dichotoma* *Plumularia sp.* *Tubularia sp*	گرفتگی تور و کاهش جریان آب	مالزی نروژ و آمریکا	*Lates calcarifer* *Salmo salar*

اثر بر افزایش وزن و کشیدگی تور

رسوبات زیستی باعث افزایش وزن و کشیدگی تور قفس‌های دریایی می‌شوند که در صورت بروز این رخداد باید به سرعت مدیریت شوند، درغیر این صورت باعث غرق شدن قفس و از بین رفتن همه سرمایه زیستی موجود خواهند شد. موجودات رسوبات زیستی، به دلیل کاهش جریان‌های آبی، سبب افزایش کشیدگی تور می‌شوند (Claereboudt *et al.*, 1994) و این موضوع به خصوص در مورد پرورش ماسل‌ها، باعث می‌شود تا ذخیره زیستی افت داشته باشد (Mallet and Carver, 2006). اگرچه تشکیل رسوبات زیستی روی تجهیزات به عنوان دومین اثر جانبی در پرورش آبزیان در قفس نیز بسیار حائز اهمیت است، ولی این تأثیر بیشتری در پرورش ماهی در قفس دارد.

اثر بر محدودیت تبادل جریان آب

گرفتگی چشمه تور و متعاقب آن عدم تبادل مناسب آب و کاهش اکسیژن و عدم خروج مواد دفعی ماهی از قفس از مهمترین اثرات منفی رسوبات زیستی در قفس‌های پروش ماهیان دریایی است. رسوبات زیستی جریان آب ورودی به قفس را تا نصف کاهش می‌دهند (Gormican, 1989). از طرف دیگرقرار گرفتن قفس در مسیر جریان آب می‌تواند روی میزان تبادل اثر گذار باشد (Inoue, 1972). وقتی قفس در مسیر جریانات آب دریا قرار می‌گیرد، و وقتی تور گرفته می‌شود، این دو روی هم تأثیر بیشتری خواهند داشت و به کاهش تبادل آب می انجامند (Aarsnes *et al.*, 1990). مرگ ومیر ناشی از کمبود اکسیژن، به کرات در قفس‌هایی که رسوبات زیستی سنگینی روی تور آن‌ها تشکیل شده، گزارش شده است. غلظت اکسیژن بیش از ۷ میلی‌گرم در لیتر برای پرورش سالمون ماهیان توصیه شده است، در حالی که غلظت زیر ۵ میلی‌گرم در لیتر اثرات منفی بر تغذیه، رشد و تنفس ماهیان خواهد داشت (Remen *et al.*, 2012) و سطوح کمتر از ۲ میلی‌گرم منجر به مرگ و میر خواهد شد. رسوبات زیستی روی تولید و مصرف اکسیژن تأثیر می‌گذارند (Cronin *et al.*, 1999).

اثر بر خطر انتقال بیماری از رسوبات زیستی به ماهیان پرورشی

رسوبات زیستی و جوامع میکروبی روی تور قفس‌ها برای سلامت آبزی هدف خطرناک هستند مخصوصاً این که می‌توانند حامل عوامل بیماری زا باشند. ویروس‌های جداسازی شده از دو کفه‌ای، توانسته‌اند ماهیان را درگیر کنند. به عنوان مثال؛ پروتئین 13p2 رئوویروس، یا ویروس سالمون ماهی چام، یا ویروس JOV-1 مربوط به اویستر ژاپنی، سویه‌های عفونی نکروز پانکراتیک و ویروس عفونی نکروزهماپویتیک گزارش گردیده است (Leong and Turner, 1979). علاوه براین، شماری از باکتری‌ها (Vibrio spp.) نیز باعث بروز بیماری در ماهیان می‌شوند. رخداد بیماری NLD که نوعی بیماری کبدی ماهیان پرورشی درقفس است، به مصرف تغذیه آن ماهیان از رسوبات زیستی بر می‌گردد (Kent, 1990; Andersen *et al.*, 1993). NLD با ایجاد مسمومیت کبدی که توسط جلبک ها در تابستان تولید می شود بر ماهیان پرورشی تأثیر می‌گذارد (Kent, 1990). سم جداشده از بافت کبد مسموم با میکروسیتین LR شناسایی شده که در حقیقت یک مهارکننده پروتئین فسفاتاز است (Andersen *et al.*, 1993).

از طرف دیگر پرورش ماهی در قفس زمینه ای را به وجود می‌آورد که چرخه زیستی انگل‌های با دسترسی به تراکم میزبان و سرعت بخشی به انتقال به گونه‌های هدف پرورشی در قفس، تسهیل گردد. البته این روند می‌تواند جریان معکوس نیز داشته باشد. به عنوان مثال انگل متاسستود *Gilquinia squali* باعث مرگ و میر اسمولت ماهی سالمون چینوک در مزارع بریتیش کلمبیا گردید (Kent *et al.*, 1991). همچنین سخت پوستی که در بین جوامع رسوبات زیستی قفس زندگی می‌کرد، به عنوان میزبان حد واسط این انگل تشخیص داده شد که با تغذیه ماهی هدف، ازآن سخت پوست، انگل منتقل گردید (Kent *et al.*, 1991).

اثر بر تغییر شکل قفس و فرسودگی ساختار

افزایش گرفتگی تور، باعث افزایش نیروهای کشنده تورمی‌شود که در مورد تور با حضور رسوبات زیستی این نیرو قدرتمند تر خواهد شد و گاه بیش از ۱۲ برابرحالت تور تمیز فشارتحمل می‌کند (Milne, 1970). نتیجه آنکه، در زمان تحمل فشار ناشی از بار رسوبات زیستی، قفس ها سرعت جریان آب ۰/۵ تا ۱ متر برثانیه را تحمل می‌کنند، و دراین صورت حجم مؤثر قفس ۴۵ تا ۸۰ درصد کاهش می‌یابد (Aarsnes *et al.*, 1990). با کاهش حجم مفید قفس، میزان مصرف اکسیژن محلول، تولید آمونیاک به ازای واحد حجم افزایش می‌یابد و به تجمع زیاد ماهی‌ها استرس شدید وارد می‌شود (Lader *et al.*, 2008). رسوبات زیستی عمومی چون هیدروئیدها و ماسل‌ها، بار ایستایی روی تور را تا ۲۰۰ برابر افزایش می‌دهند (Beveridge, 2004)، و این حجم رسوبات زیستی سه برابر بیشتر از تور تمیز، فشارافقی روی تور اعمال می‌کنند (Swift *et al.*, 2006). بالاترین تغییرشکل تور، باعث افزایش استرس ساختاری به نقاط خاصی از قفس شده که فشار افقی گوشه‌های قفس را ۲ تا ۶۶ برابر بیشتر می‌کند (Tomi *et al.*, 1979). طراحان قفس و پرورش دهندگان باید این افزایش بار را محاسبه کنند تا در طراحی قفس-های شناور لحاظ و از شکستن قفس و فرار ماهیان جلوگیری نمایند (Jensen *et al.*, 2010).

ارائه راهکار

کنترل رسوبات زیستی در قفس های پرورش ماهی

در مورد پرورش ماهی در قفس‌های دریایی معمولاً چندین روش برای کنترل رسوبات زیستی به شرح زیر کاربرد دارد (Fitridge *et al.*, 2012):

روش تعویض و تمیز کردن تور

به عنوان یک راه جایگزین، تورها می توانند درون آب تمیز شوند، که به همین دلیل از دیسک‌های شوینده قابل کنترل برای تمیز کردن تور روی قفس استفاده می‌شوند. از دستگاه های ماشینی یا دستی که توسط غواص هدایت می‌شود برای این کار استفاده می‌گردد. فرآیند شستشو همچنین باعث آزاد شدن مرحله لارو و تولید کلنی‌های مجدد روی تور می‌شود (Carl *et al.*, 2011) و یا با تکه تکه شدن برخی رسوبات زیستی به رشد مجدد و ترمیم آن‌ها کمک می‌کنند (Carl *et al.*, 2011; Hopkins *et al.*, 2011). تمیز کردن درون آب باید به طور متناوب انجام شود. علاوه بر آن، برس زدن باعث افزایش مشکل رسوبات زیستی خواهد شد، زیرا این کار باعث کنده شدن آن‌ها از روی چشمه تور و با ایجاد حالت رشته‌ای روی تور، زمینه نشست گونه‌های دیگر رسوبات زیستی مثل ماسل-ها فراهم می‌شود (مثلاً شکل ۱، C (*Mytlis edulius*)) (Alfaro and Jeffs, 2002) و هیدروئیدها مثل *Ectopleura larynx* (شکل ۱، D) (Carl *et al.*, 2011).

روش استفاده از مواد شیمیایی ضد رسوبات زیستی

مس علاوه بر مشکل محیط زیستی، بر ماکروجلبک¬ها (Bond *et al.*, 1999)، میکروجلبک¬ها (Lim *et al.*, 2006)، صدف¬ها (Munari and Mistri, 2007) و ماهی (Mochida *et al.*, 2006) اثر گذار است. با وجود افزایش مس در تور آغشته به ترکیبات مس در مزارع قفس سالمون، هیچگونه تجمع زیستی مس در بافت عضله یا کبد آن¬ها مشاهده نشد (Peterson *et al.*, 1991; Solberg *et al.*, 2002)، با این وجود بهتر است یک ماه بعد از اولین رنگ آمیزی تور با مس ذخیره سازی ماهی انجام شود تا کمترین اثر منفی و تجمع زیستی حادث گردد.

از نظر زیست محیطی برای تجمع زیستی مس در رسوبات اطراف قفس و در موجودات غیر هدف (Miller, 1998) هشدارهایی وجود دارد. شواهدی به دست آمده که نشان می¬دهد اثرات کربن آلی محلول (DOC) در جذب مس و اثرات آن روی گونه¬های غیر هدف تأثیر دارد و شاید به همین دلیل مسی که در آن مناطق مصرف شده، به دلیل بالا بودن سطوح DOC دیگر همچون گذشته قابل تعیین نخواهد بود (Brooks *et al.*, 2008).

به دلیل سمیت بسیار بالای ترکیبات مس، TBT[3] و ترکیبات آلی فلزی، زیست‌کش های دیگری توسعه یافته-اند که در این بین می‌توان به ایرگارول[4] ۱۰۵۱ (۲-متیل تیو۴-ترت بوتیل آمین۶- سیکلوپروپیل آمین تری آزن) و دیورون[5] (۳-۴،۳ (دی کلروفنیل) ۱،۱ دی متیل اوره، پیریتیون مس اشاره کرد (زیبا سرشت و همکاران، ۱۳۹۴). ایرگارول و دیورون ها دو مانع فتوسنتز جلبک ها می باشند. کمپلکس‌های معدنی نقره با لیگاندهای پیریدینی به لحاظ ترمودینامیکی ناپایدار بوده؛ اما به لحاظ سنتیکی (alibal) می باشند. یعنی به سرعت با لیگاندهای اطراف خود در حالت تعادل و تعویض است. این ویژگی تا حدود زیادی از نشت یونهای فلزی نقره به محیط دریا جلوگیری کرده و پایداری نسبی این ترکیبات در پوششهای رنگ را افزایش می دهد. واکنش کمپلکس نقره با آهن ([Fe(TPZT)2](PF6)2) به دلیل آزاد نبودن کامل یون-های فلزی نقره در ساختار شیمیایی خود، علاوه بر پایداری نسبی مناسپ فلز نقره در ترکیپ رنگ، آلودگی نسبتاً کم تری در محیط زیست ایجاد می نماید. حضور یون‌های آهن در ساختار شیمیایی این پلیمر در بر همکنش داخلی فلز، فلز آهن این کمپلکس با اتم‌های آهن جداره بدنه شناورها احتمالاً باعث افزایش نسبی چسبندگی پوشش‌های رنگ و پایداری آن می‌گردد (زیبا سرشت و همکاران، ۱۳۹۴).

روش کنترل های بیولوژیکی

استفاده از آبزیان گیاهخوار و بی مهرگان برای کنترل رسوبات زیستی منافع زیادی به همراه داشته که کاربرد آن¬ها را هر روز بیشتر نموده است. با این وجود در مقیاس کوچک و یا آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفته است. امروزه از بعضی ماهیان گیاهخوار به عنوان کنترل بیولوژیکی در قفس های کوچک استفاده شده است (Kuwa, 1984). ولی تاکنون برای قفس¬های مدرن چنین تجربه ای بدست نیامده است. به توجه به مطالعاتی که در دنیا صورت گرفته استفاده از بی مهره های دتریت خوار مانند خیار دریایی قرمز (Parastichopus californicus) به کاهش بار رسوبات زیستی در قفس‌های آزاد ماهیان انجامید ولی مشکل کار، نگه داشت خیاردریایی روی دیواره تور به خصوص در شرایط امواج سنگین است (Ahlgren, 1998). امتیاز استفاده از روش کنترل بیولوژیکی با خیار دریایی، تولید خود خیار دریایی به عنوان یک محصول تجاری است که در آسیا متقاضی زیادی دارد (Conand and Sloan, 1989). استفاده از کنترل¬های زیستی بی مهره¬ها هنوز در مرحله آزمایش است و چالش¬های زیادی را در پی دارد اما در ایران هنوز مطالعه ای روی استفاده از خیار دریایی قرمز در آبهای دریایی جنوب کشور گزارش نشده است.

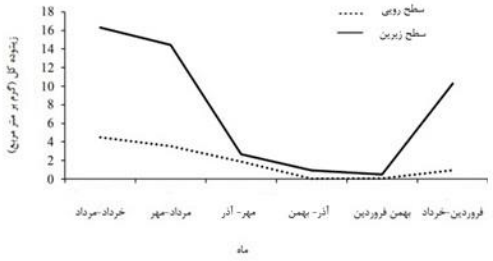
برخی مطالعات انجام شده در زمینه رسوبات زیستی در ایران

با توجه به نوپا بودن پرورش ماهی در قفس هنوز مراکز تخصصی و تهیه و تیمار تور جهت پرورش آبزیان دریایی در ایران توسعه نیافته است. پرورش آبزیان در قفس در استان هرمزگان به خصوص در حال گسترش می باشد. عمده این گونه آبزیان در قفس در جنوب که مهمترین آن سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) می باشد. در قفس های جنوب کشور مشکلات رسوبات زیستی نیز وجود دارد که برخی از این مشکلات افزایش وزن تور در اثر رسوبات زیستی و آسیب به سازه، بسته شدن چشمه های تور، عدم تبادل آب و کاهش میزان اکسیژن به خصوص در فصول گرم سال و افزایش تقاضای اکسیژن زیستی، هزینه های بالای تعویض تور، احتمال بروز بیماری مشترک بین رسوبات زیستی با آبزیان پرورشی و افزایش تراکم جلبک های مضر در منطقه می باشد. در حال حاضر در ایران از سه روش آغشته کردن تور به مس، بالا کشیدن و خشک کردن تور و استفاده از دستگاه_های تور شوی استفاده می‌گردد. در هرمزگان برای از بین بردن این موجودات مزاحم از تور شور دیسکی استفاده می شود. این تور شوی نیاز به ژنراتور بزرگ داشته که بر روی شناور مستقر می گردد و مزیتی آن سرعت بالای شستشو و آسیب کمتر به تور قفس می باشد (زاهدی و همکاران،

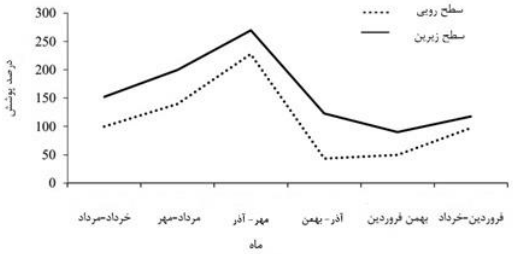
[3] Tributyltin (TBT)
[4] Irgarol
5 Diuron

۱۳۹۷) (شکل۲). در یک مطالعه در قشم توسط درویشی و همکاران در سال ۱۴۰۰ ارگانیزم‌های مشاهده شده در طی زمان نمونه‌برداری در ۴ شاخه‌ی بندپایان (Arthropoda)، روزن داران (Foraminifera)، کرم‌های حلقوی (Annelida) و نرم‌تنان (Mollusca) قرار داشتند. در مجموع و طی فصل مورد بررسی ۴ شاخه، ۵ رده، ۹ راسته، ۱۶ خانواده و ۱۵ گونه از موجودات چسبنده در قفس پرورشی شناسایی گردیدند. در مطالعه گلی نیا و نصرالهی در سال ۱۳۹۶ بر روی جوامع رسوبات زیستی در غرب دریای خزر نشان داد که در مجموع شش گروه از رسوبات زیستی شامل کشتی چسب‌ها (Barnacles)، خزه زیان (Bryozoans)، جلبکها (Algae)، پرتاران (Polychaete) ، دوکفه ای‌ها (Mussels) و هیدروزئن‌ها (Hydrozoans) شناسایی شد. گونه غالب در این بررسی کشتی چسب *Amphibalanus improvises* بود که در تمام طول سال روی پنل‌ها مشاهده شد. همچنین بریوزوئن های راسته کیلوستوم و تنوستوم دومین گروه فراوان رسوبات زیستی را تشکیل دادند. بیشترین زی توده و نسبت ماده غیرآلی به آلی رسوبات زیستی در تابستان مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد از نظر ترکیب جمعیت، سطح رویی پنل‌ها بیشتر دارای گونه‌های اتوتروف نظیر جلبک‌ها است ولی سطح زیرین بیشتر شامل گونه های هتروتروف دارای ساختار کربنات کلسیمی است. بیشترین میزان زی‌توده کل در این مطالعه، در دوره زمانی خرداد-مرداد و کمترین آن در دوره بهمن فروردین مشاهده شد (شکل۳). گروه غالب دیگر، خزه زیان راسته Cheilostomata بوده (۱±۳۱/۳۲ درصد) که درصد پوشش آنها از تابستان به سمت پاییز روند افزایشی داشته و در دوره مهر-آذر به بیشترین مقدار رسیده است و سپس در زمستان به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. درصد پوشش جلبک‌های سبز (چهارمین گروه غالب)، از تابستان به سمت بهار روند افزایشی نشان داد. نتایج همچنین نشان داد که نشست جلبک‌ها نسبت به سایر گونه‌ها، در سطح رویی بیشتر از سطح زیرین است درحالیکه کشتی چسب‌ها و خزه زیان در سطح زیرین فراوان تر هستند. در این مطالعه میزان زیتوده کل در تابستان حدود ۱۰ برابر آن در زمستان مشاهده شد. نتایج مطالعه گلی نیا و عبداللهی در سال ۱۳۹۶ همچنین نشان داد با این که درصد پوشش در پاییز بیشتر از فصل تابستان است اما زیتوده کل در فصل تابستان بسیار بیشتر از پاییز است (شکل۴). بنابراین بخشی از درصد پوشش بالا در تابستان مربوط به میزان رشد زیاد است که باعث پوشانده شدن سطح بستر می شود.

شکل۲: تور شوی دیسکی (زاهدی و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۳: زی‌توده کل رسوبات زیستی در غرب دریای خزر (بندر آستارا) از خرداد ۱۳۹۳ تا خرداد ۱۳۹۴ در دو سطح رویی و زیرین (گلی نیا و نصرالهی، ۱۳۹۶).



شکل۴: درصد پوشش رسوبات زیستی در دوره‌های زمانی یک ساله (خرداد ۱۳۹۳ تا خرداد ۱۳۹۴) در دو سطح رویی و زیرین پنل‌ها (گلی نیا و نصرالهی، ۱۳۹۶).

توصیه ترویجی

معروف‌ترین نوع رنگ‌های ضدجلبک سمی TBT رنگهای حاوی قلع دارای ویژگی ضد خزگی بسیار بالا و رنگهای حاوی مس هستند. استفاده از کنترل کننده های زیستی راه‌کارهای نوین متعددی برای حذف رسوبات زیستی هستند. با این وجود، فارغ از بحث قیمت، استفاده از کنترل‌های زیستی بی مهره‌ها هنوز در مرحله آزمایش است و چالش‌های زیادی را در پی دارد. این تکنولوژی نو (پوشش با حداقل انرژی سطحی) این امکان را به وجود خواهد آورد که رسوبات زیستی، با کمترین انرژی از سطح تور قفس کنده شوند. از روش‌های جایگزین شستشوی تور می‌توان به در معرض قراردادن کوتاه مدت رسوبات زیستی درون آب داغ دریا و یا اسید استیک اشاره نمود که این روش ها باعث کشته شدن موجودات و عدم نیاز به برس کردن بسیار شدید خواهد داشت و همچنین در مواردی که آبزی پرورشی در معرض آنها قرار نگیرد استفاده می شود (Guenther *et al.*, 2011). پوشش سطوح با ایزوتیازولینونس[6] به عنوان جایگزین مس یک کشنده خوبی است که در استرالیا آزمایش شد (Svane *et al.*, 2006)، اما اثر بخشی آن در محتوای آبزی پروری هنوز خیلی خوب مرور نشده است. نانو نقره فضاهای زنجیره پلیمری پلی آمید را اشغال می‌کند و با جفت الکترون‌های تک نیتروژن ارتباط قوی برقرار می کند، از این رو یک مجموعه هماهنگ شکل می گیرد و می‌تواند به عنوان یک ضد رسوبات زیستی مطرح باشد. با توجه به پایداری نسبی مناسب فلز نقره در ترکیب رنگ، آلودگی نسبتاً کم تری در محیط زیست ایجاد می نماید لذا به نظر می رسد در ایران یکی از روش های مناسب استفاده از لیگاندهای آهن و نقره برای ترکیب ضد رسوبات زیستی باشد.

6. Isothiazolinones

منابع

زاهدی، محمد رضا.، فروغی فرد، حجت اله.، روحانی قادیکلائی، کیومرث.، معزی، مریم و عبدالعلیان، عیسی. (۱۳۹۷). اثرات رسوبات زیستی بر پرورش ماهیان دریایی در قفس. دو فصلنامه ماهیان دریایی، ۳۴-۴۰ ، ۲(۳).

زیبا سرشت، رامین.، اشجع اردلان، آریا.، داودی، زهره و کریمی، پرتو. (۱۳۹۴). سنتز و شناسایی کمپلکس های معدنی پلیمری حاوی یون نقره به عنوان ترکیبات بالقوه در تهیه نسل جدیدی از آنتی فولینگ ها .فصلنامه علمی دریا فنون، ۲(۱)، ۹۳-۱۰۲.

درویشی محمد، آقاجری خزایی شیوا، بهزادی سیامک، دقوقی بهنام، اجلالی خانقاه کیوان، اکبرزاده چماچایی غلامعلی. (۱۴۰۰). شناسایی و معرفی موجودات چسبنده زیستی (Biofouling) در قفس‌های پرورش ماهی دریایی جنوب قشم (فصل پاییز) .فصلنامه محیط زیست جانوری (پذیرفته شده، آماده انتشار).

گلی نیا، پریسا.، نصرالهی، علی. ۱۳۹۶. اثر سطح بستر بر جوامع چسبنده زیستی سواحل جنوب غربی دریای خزر، فصلنامه علوم محیطی، دوره پانزدهم، شماره ۱، ۱۴۰-۱۲۷

Aarsnes, J.V., Rudi, H. and Loland, G., 1990. Current forces on cage, net deflection. In: Institution of Civil Engineers. Engineering for offshore fish farming. Proceedings of a conference organized by the Institute of Civil Engineers; 17–18 October 1990; Glasgow. London (UK): Thomas Telford Ltd, p. 137–152.

Ahlgren, MO., 1998. Consumption and assimilation of salmon net pen fouling debris by the red sea cucumber *Parastichopus californicus*: implications for polyculture. *J World Aquacult Soc*, 29:133–139.

Alfaro, A.C. and Jeffs, AG., 2002. Small-scale mussel settlement patterns within morphologically distinct substrata at Ninety

assessment and management. New York (NY): John Wiley and Sons. p. 647–663.

Cronin, E.R., Cheshire, A.C., Clarke, S.M. and Melville, A.J., 1999. An investigation into the composition, biomass and oxygen budget of the fouling community on tuna aquaculture farm. Biofouling, 13:279–299.

Edwards, P.K. and Leung, B., 2009. Re-evaluating eradication of nuisance species: invasion of the tunicate, Ciona intestinalis. Front Ecol Environ, 7:326–332.

Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J. and De Nys, R., 2012. The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. Biofouling, 28(7), 649-669.

Fraschetti, S., Terlizzi, A., Terlizzi, A. and Benedetti-Cecchi, L., 2005. Patterns of distribution of marine assemblages from rocky shores: evidence of relevant scales of variation. Mar Ecol Prog Ser, 296:13–29.

Inoue, H., 1972. On water exchange in a net cage stocked with the fish, Hamachi. Bull Jap Soc Sci Fish 38:167–176 (Abstracts and illustrations in English).

Giles, H., Pilditch, C.A. and Bell, D.G., 2006. Sedimentation from mussel (Perna canaliculus) culture in the Firth of Thames, New Zealand: impacts on sediment oxygen and nutrient fluxes. Aquaculture 261:125–140.

Gormican, S.J., 1989. Water circulation, dissolved oxygen, and ammonia concentrations in fish net cages. MSc Thesis. University of British Columbia, Canada. 62 pp.

Guenther, J., Misimi, E. and Sunde, LM., 2010. The development of biofouling, particularly the hydroid Ectopleura larynx, on commercial salmon cage nets in Mid-Norway. Aquaculture, 300:120–127.

Guenther, J., Fitridge, I. and Misimi, E., 2011. Potential antifouling strategies for marine finfish aquaculture: the effects of physical

Mile Beach, northern New Zealand. Malacologia 44:1–15.

Andersen, R.J., Luu, H.A., Chen, D.Z.X., Homes, C.F.B., Kent, M.L., Le Blanc, F., Taylor, F.J.R. and Williams, D.E., 1993. Chemical and biological evidence links microcystins to salmon netpen liver disease, 31: 1315–1325.

Beveridge, M., 2004. Cage aquaculture. Oxford (UK): Blackwell Publishing Ltd. 368pp.

Blum, J.C., Chang, A.L., Liljesthrom, M., Schenk, M.E., Steinberg, M.K., Ruiz, G.M., 2007. The non-native solitary ascidian Ciona intestinalis (L.) depresses species richness. J Exp Mar Biol Ecol 342:5–14.

Bond, P.R., Brown, M.T., Moate, R.M., Gledhill, M., Hill, S.J. and Nimmo, M., 1999. Arrested development in Fucus spiralis (Phaeophyceae) germlings exposed to copper. Eur J Phycol, 34:513–521.

Brooks, S.J., Bolam, T., Tolhurst, L., Bassett, J., La Roche, J., Waldock, M., Barry, J. and Thomas. KV., 2008. Dissolved organic carbon reduces the toxicity of copper to germlings of the macroalga, Fucus vesiculosus. Ecotoxicol Environ Saf ,70:88–98.

Carl, C., Guenther, J. and Sunde, LM., 2011. Larval release and attachment modes of the hydroid Ectopleura larynx on aquaculture nets in Norway. Aquacult Res, 42:1056–1060.

Claereboudt, M.R., Bureau, D. Coˆ te,´ J. and Himmelman, J.H., 1994. Fouling development and its effect on the growth of juvenile giant scallops (Placopecten magellanicus) in suspended culture. Aquaculture, 121:327–342.

Conand, C. and Sloan, NA., 1989. World fisheries for echinoderms. In: Cadey JF, editor. Marine invertebrate fisheries: their

Lane, A. and Willemsen, P.R., 2004. Collaborative effort looks into biofouling. Fish Farming Int, September 2004: 34–35.

Leong, J. and Turner, S., 1979. Isolation of waterborne infectious hematopoietic necrosis virus. Fish News, 8:vi–viii.

Lewis, J.A., 1994. Biofouling and fouling protection: a defence perspective. In: Kjelleberg S, Steinberg P, editors. Biofouling: problems and solutions – Proceedings of an international workshop. Sydney (Australia): University of New South Wales. p. 39–43.

Lim, C.Y., Yoo, Y.H., Sidhartan, M., Ma, C.W., Bang, I.C., Kim, J.M., Lee, K.S., Park, N.S. and Shin, H.W., 2006. Effects of copper (I) oxide on growth and biochemical compositions of two marine microalgae. J Environ Biol, 27:461–466.

Maki, J.C. and Mitchell, R., 2002. Biofouling in the marine environment. In: Bitton G, editor. Encyclopedia of environmental microbiology. New York (NY): John Wiley and Sons. p. 610–619.

Mallet, A.L. and Carver, C.E., 2006. Incorporating the New Zealand Tunicate Treatment Technology into a tunicate management strategy for Indian Point Marine Farms. Report prepared for Aquaculture Association of Nova Scotia. Dartmouth (Nova Scotia): Mallet Research Services. 21 pp.

Miller, B., 1998. An assessment of sediment copper and zinc concentrations in marine caged fish farms in SEPA West region. Stirling (UK): Scottish Environmental Protection Authority, 77 pp.

Milne, P.H., 1970. Fish farming: A guide to the design and construction of net enclosures. Marine Research, No. 1. Department of Agriculture and Fisheries for Scotland. Edinburgh (Scotland): HMSO. 31 pp.

and chemical treatments on the settlement and survival of the hydroid Ectopleura larynx. Biofouling, 27: 1033–1042.

Holloway, M.G. and Keough, M.J., 2002a. An introduced polychaete affects recruitment and larval abundance of sessile invertebrates. Ecol Appl, 12:1803–1823.

Holloway, M.G. and Keough, M.J., 2002b. Effects of an introduced polychaete, Sabella spallanzanii, on the development of epifaunal assemblages. Mar Ecol Prog Ser, 236:137–154.

Hopkins, G.A., Forrest, B.M., Piola, R.F. and Gardner, J.P.A., 2011. Factors affecting survivorship of defouled communities and the effect of fragmentation on establishment success. J Exp Mar Biol Ecol,396:233–243.

Jensen, Ø., Dempster, T., Thorstad, E., Uglem, I. and Fredheim, A., 2010. Escapes of fish from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. Aquacult Environ Interact 1:71–83.

Kent, M.L, Margolis, L. and Fournie, J.W., 1991. A new eye disease in pen-reared Chinook salmon causes by metacestodes of Gilquinia squali (Trypanorhyncha). J Aquat Anim Health, 3:134–140.

Kent, M.L., 1990. Netpen liver disease (NLD) of salmonid fishes reared in sea water: species susceptibility, recovery and probable cause. Dis Aquat Org, 8:21–28.

Kuwa, M., 1984. Fouling organisms on floating cage of wire netting and the removal by Oplegnathus sp. cultured with other marine fish. Bull Jap Soc Sci Fish, 50:1635–1640 (in Japanese).

Lader, P., Dempster, T., Fredheim, A. and Jensen, Ø., 2008. Current induced net deformations in full-scale sea-cages for Atlantic salmon (Salmo salar). Aquacult Eng, 38:52–65.

Mochida, K., Ito, K., Harino, H., Kakuno, A. and Fuji, K., 2006. Acute toxicity of pyrithione antifouling biocides and joint toxicity with copper to red sea bream (Pagrus major) and toy shrimp (Heptacarpus futilirostris). Environ Toxicol Chem, 25:3058–3064.

Munari, C. and Mistri, M., 2007. Effect of copper on the scope for growth of clams (Tapes philippinarum) from a farming area in the Northern Adriatic Sea. Mar Environ Res, 64:347–357.

Peterson, L.K., D'Auria, J.M., McKeown, B.A., Moore, K. and Shum, M., 1991. Copper levels in the muscle and liver tissue of farmed Chinook salmon, Oncorhynchus tshawytscha. Aquaculture, 99:105–115.

Remen, M., Oppedal, F., Torgersen, T., Imsland, A.K. and Olsen, R.E., 2012. Effects of cyclic environmental hypoxia on physiology and feed intake of post-smolt Atlantic salmon: Initial responses and acclimation. Aquaculture, 326–329:148–155.

Santhanam, R., Srikrishnadhas, B. and Natarajan, P., 1983. Fouling problems in cages and pens. In: Proc Natl Seminar on Cage and Pen Culture, Fisheries College, Tamil Nadu Agricultural University, Tuticorin. Cochin (India) Tamil Nadu Agricultural University. p. 143–147.

Solberg, C.B., Saethre, L. and Julshamn, K., 2002. The effect of copper-treated net pens on farmed salmon (Salmo salar) and other marine organisms and sediments. Mar Pollut Bull, 45:126–132.

Sorte, C.J.B., Williams, S.L., and Carlton, J.T., 2010. Marine range shifts and species introductions: comparative spread rates and community impacts. Glob Ecol Biogeog, 19: 303–316.

Stenton-Dozey, J., Probyn, T. and Busby, A., 2001. Impact of mussel (Mytilus galloprovincialis) raft-culture on benthic macrofauna, in situ oxygen uptake, and nutrient fluxes in Saldanha Bay, South Africa. Can J Fish Aquat Sci, 58: 1021–1031.

Svane, I., Cheshire, A. and Barnett, J., 2006. Test of an antifouling treatment on tuna fish-cages in Boston Bay, Port Lincoln, South Australia. Biofouling, 22:209–219.

Swift, M.R., Fredriksson, D.W., Unrein, A., Fullerton, B., Patursson, O. and Baldwin, K., 2006. Drag force acting on biofouled net panels. Aquacult Eng, 35:292–299.

Tomi, W., Naiki, K. and Yamada, Y., 1979. Investigations into technical development of mariculture on commercial scale applied to offshore region. Proceedings of the Japan – Soviet Joint Symposium on Aquaculture. Tokyo (Japan): Tokai University. p. 111–120.

Yukihira, H., Klumpp, D.W. and Lucas, J.S., 1998. Effects of body size on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters Pinctada margaritifera and P. maxima. Mar Ecol Prog Ser, 170:119–130.