

بررسی عملکرد پوشش سه و نه ماهه نانونقره در کاهش بیوفولینگ قفس‌های پرورش ماهی سد ایوشان خرم‌آباد

فاطمه رادفر^۱، محسن صفائی^{۱*}، سعید گرگین^۲، همیرا آگاه^۳، غلامرضا رفیعی^۴

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۲- گروه تولید و بهره برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

۳- گروه زیست‌دریا، پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، تهران

۴- گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

چکیده

بیوفولینگ‌ها یکی از بزرگ‌ترین مشکلات جهانی در آبی پروری ماهیان در قفس به شمار می‌روند. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر پوشش سه و نه ماهه نانونقره در کاهش جمعیت موجودات نشست‌کننده‌زیستی در قفس‌های پرورش ماهیان قزل‌آلای‌رنگین-کمان سد ایوشان خرم‌آباد انجام شد. نمونه‌ها، به منظور بررسی مقدار زیستوده و ترکیب گروه‌های موجودات نشست‌کننده‌زیستی، از پانل‌های توری مستقر در عمق یک متری کنار قفس‌های پرورش ماهی جداسازی شدند. در این مطالعه، ۳ جنس از جلبک سبز، دیاتوم شناسایی شدند. بر اساس نتایج بین تیمار نانو ۳ ماهه و نانو ۹ ماهه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و بین تیمار شاهد ۳ ماهه و نانو ۹ ماهه اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. براساس نتایج مشخص شده، پوشش نانونقره می‌تواند به مدت ۹ ماه اثر حفاظتی از رسوب موجودات نشست‌کننده‌زیستی داشته باشد. با توجه به شستن تورهای قفس در این منطقه می‌توان استفاده از پوشش نانونقره را پیشنهاد کرد که در کاهش هزینه‌ها، زمان و استرس به ماهی کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: سد ایوشان خرم‌آباد، بیوفولینگ، قفس پرورش ماهی، نانو نقره

ایمیل نویسنده مسئول: msn_safaie@yahoo.com

۱- مقدمه

گونه کاسپین سالمون^۲ به روش نگهداری در قفس پرورش یافته‌اند. طبق آمار سال ۲۰۰۵ سازمان جهانی خواربار، ۴۰ خانواده با ۸۰ گونه از آبزیان در قفس پرورش می‌یابند، از این تعداد تنها ۵ خانواده از ماهیان^۳ ۹۰ درصد مجموع تولیدات در قفس‌ها را تشکیل می‌دهند که ۶۶ درصد آن مربوط به خانواده آزادماهیان^۴ و ۵۱ درصد ماهیان پرورشی را گونه سالمو سالار^۵ تشکیل می‌دهد [۲]. با توجه به اهمیت فراوان پرورش ماهی در قفس و نوپا بودن این صنعت در ایران، در این بررسی اقدام به رفع یکی از مشکلات این صنعت می‌شود.

قفس‌ها سامانه‌هایی هستند که با قرار دادن آبزیان در حصاری توری و غذادهی، مشاهده و برداشت از آن‌ها راحت‌تر انجام می‌شود. قفس‌ها در انواع منابع آبی مانند رودخانه‌ها، سدها، دریاها و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. شبکه‌ی توری اجازه می‌دهد که آب آزادانه بین ماهی و محیط اطراف عبور کرده و در نتیجه باعث حفظ کیفیت آب و حذف مواد زائد می‌شود [۱]. عواملی مانند افزایش مصرف جهانی ماهی و محدودیت ذخایر آبزیان دریایی باعث شده تا امروزه پرورش ماهی در قفس، مورد توجه پژوهشگران و پرورش‌دهندگان قرار گیرد. براساس گزارش سازمان جهانی^۱ در سال ۱۳۷۵ در ایران نخستین بار ماهیانی از خانواده کپور ماهیان، تاس ماهیان و آزاد ماهیان و

² Caspian salmon

³ Sparidae, Salmonidae, Cichlidae, Pangasiidae, Carangidae

⁴ Salmonidae

⁵ Salmo salar

¹ FAO/NACA

میکروسکوپ الکترونی^۳ مشاهده شد بیشترین نفوذ در الیاف را نسبت به تیمارهای دیگر داشت. همچنین، در این بررسی بیان شد هر چه اندازه ذرات استفاده شده در رنگ کوچکتر باشد رنگ توانایی نفوذ بیشتری در الیاف دارد [۸]. در سال‌های اخیر استفاده از ترکیبات حاوی نقره، پوشش‌های نقره و نانوذرات نقره به‌عنوان مواد ضد باکتریایی با کارایی بالا و با عوارض جانبی کمتر در صنایع متفاوت در حال گسترش است [۹]. با توجه به اهمیت کنترل بیوفولینگ‌ها از یک سو و تاثیر نانوذرات در کنترل مواد ضدباکتریایی و تصمیم گرفته شد که مطالعه‌ای در رابطه تاثیر پوشش کاور نانوفیلامنت بر مقدار بیوفولینگ قفس‌های پرورشی انجام شود. هم‌راستا با برنامه‌های شیلات کشور برای توسعه صنعت پرورش آبزیان در محیط‌های آبی پشت سدها، منطقه ایوشان خرم‌آباد را به‌عنوان محل انجام این پژوهش در نظر گرفته شد.

۲- بخش تجربی

محل نمونه برداری: این پژوهش در یک دوره سه ماهه (بهار ۱۳۹۶) و یک دوره ۹ ماهه (تابستان ۱۳۹۶ الی زمستان ۱۳۹۶) در سد ایوشان خرم‌آباد استان لرستان با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب $48^{\circ} 49' 04''$ و $33^{\circ} 28' 27''$ انجام شد. سد ایوشان در ۵۷ کیلومتری خرم‌آباد واقع شده است. از نوع خاکی سنگریزه‌ای با هسته ناتراوای رسی با مساحت حدود ۱۲۰ کیلومتر مربع، ارتفاع سد حدود ۷۲ متر، عرض تاج آن ۸ متر، طول تاج آن ۶۷۶ متر و حجم مخزن ۵۲ میلیون متر مکعب است (شکل ۱).

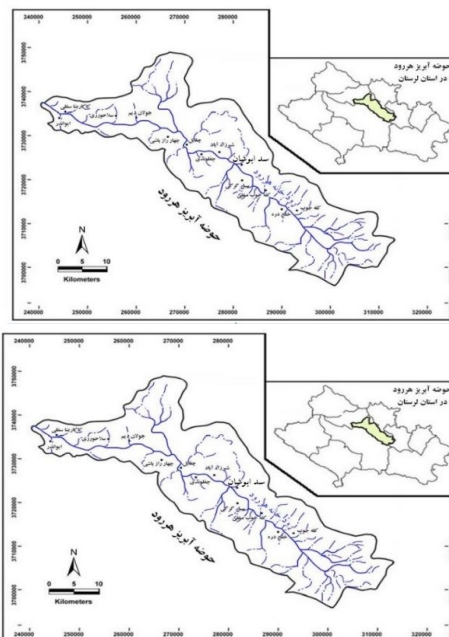
موجودات نشست‌کننده زیستی^۱ یکی از بزرگترین مشکلات در آبی‌پروری ماهیان در سراسر جهان به‌شمار می‌رود. گسترش اجتماعات بیوفولینگ‌ها بر تورها می‌تواند گردش جریان آب در میان تور را کاهش دهد که در پی آن مقدار اکسیژن، حذف مواد زائد و حساسیت ماهی پرورشی به بیماری تحت تاثیر قرار گیرد. انسداد و افزایش وزن تور، اثرات منفی بر ساختار و ثبات قفس دارد [۳]. بدین منظور روش‌هایی برای کاهش مقدار نشست و چسبیدن موجودات توسعه یافته است. امروزه، فناوری‌های کاهش فولینگ شامل طیف وسیعی از پوشش‌های سمی، تنش اسمزی، تابش، سامانه‌های برقی (جریان‌های متناوب و پالسی، انحلال آندی از فلزات سنگین و سطوح لایه‌بردار کاتدیک)، استفاده از امواج فراصوت، گرما، حباب‌های هوا، نور فرابنفش، سطوح رنگی، کلر (افزوده شدن به صورت انبوه و یا تبدیل شده به صورت الکتروشیمیایی) و جدا کردن لایه‌های فولینگ و پاکسازی دوره‌ای به صورت فیزیکی است [۴]. برای حذف یا کنترل بیوفولینگ‌ها استفاده از پوشش‌های رنگی حاوی ترکیبات مس در قفس‌ها موثر واقع شده است [۵]. در سال ۱۳۹۰، مردانی و همکارانش به بررسی اثر دو آنتی فولینگ شیمیایی با نام‌های تین کلراید دی هیدرات و سدیم دی تیوکاربامات بر رشد و گسترش فولینگ‌ها در محیط محصور پرورش ماهیان خاویاری در خلیج گرگان کرد. نتایج پژوهش‌ها ایشان نشان‌دهنده اثر معنی‌دار این دو ماده بر رشد و گسترش فولینگ‌های پنل‌های ماهیان خاویاری بود [۶]. شهبازی و همکارانش اثر آنتی فولینگ شیمیایی تین کلراید دی هیدرات و مس اکسید بر قفس‌های صیادی در بندر لنگه را مورد مطالعه قرار داد که در این بررسی مشخص شد ضد فولینگ حاوی ترکیبات مس و با دوز ۷۵ گرم به ازای کیلوگرم تور در کاهش مقدار بیوماس ماکرو فولینگ‌ها مؤثر است [۷]. در پژوهشی دیگر، تاثیر رنگ ترکیبی مس و کیتوسان را بر مزارع پرورش قزل آلا با سه تیمار ۲، ۳ و ۴ میلی‌لیتر (حاصل از افزودن دیتیلن گلیکول ۲) مورد بررسی قرار گرفت که در این بررسی بهترین نتیجه را، رنگ حاوی ۳ میلی‌لیتر دیتیلن گلیکول نشان داد که با توجه به آنالیزهای تصاویر

^۱ Biofouling

^۲ Diethylene glycol

^۳ Scanning Electron Microscope

برآورد مقدار فولینگ در قفس‌ها و نحوه محاسبه آن: پس از گذشت سه ماه و نه ماه پانل‌های توری جدید جایگزین شد و پانل‌های توری از آب برداشته شدند، درون ظرف‌های یک لیتری که دو سوم آن با آب محل مورد نظر پر شده بود، قرار گرفتند و به آزمایشگاه جانورشناسی دانشگاه علوم پزشکی لرستان انتقال داده شد. به منظور بررسی مقدار زیستوده و ترکیب گروه‌های موجودات نشست‌کننده زیستی، آبیان نشست‌کننده زیستی موجود در هر پانل توری جداسازی در مرحله بعدی وزن تر (خیس) با ترازو با دقت ۰/۰۱ ثبت شد. سپس، در آزمایشگاه با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر [۷] موجودات نشست‌کننده زیستی توسط میکروسکوپ اینورت مورد بررسی کیفی و کمی قرار گرفتند [۵].



شکل ۱: موقعیت مکانی سد ایوشان خرم آباد



شکل ۲: نمایی از پانل توری PVC

با استفاده از دوربین ۱۳ مگاپیکسلی از نمونه‌ها بر زمینه سفید عکس گرفته و در نرم‌افزار Image J 1.50e بارگذاری شد [۱۱]. مقدار باز شدگی چشمه اندازه‌گیری و برای محاسبه درصد انسداد چشمه از رابطه (۱) استفاده شد [۱۲].

$$PNO = 1 - \frac{PNA \text{ day } n}{PNA \text{ day } 0} \quad (1)$$

PNO: درصد انسداد چشمه

(درصد پوشش جلبک)

PNA day n: درصد باز شدگی چشمه در روز nام

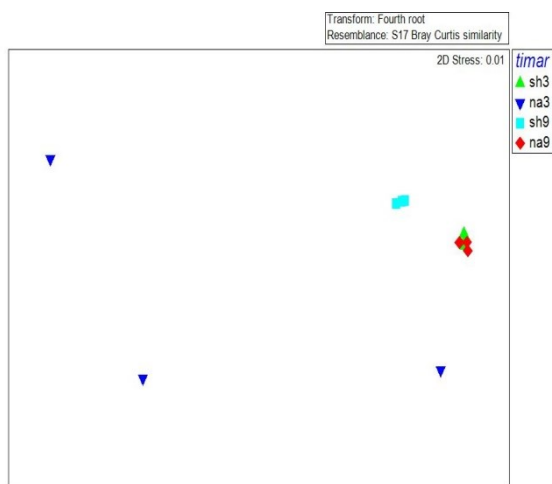
PNA day 0: درصد باز شدگی چشمه در روز نخست، پیش از فروبردن در آب

تهیه بافته توری: به منظور تهیه بافته‌های توری مورد آزمایش، پانل توری به ابعاد ۲۵ سانتی متر در ۲۵ سانتی متر (مساحت ۰/۶۲۵ متر مربع) با جنس مولتی‌فیلانت پلی‌آمید با شماره نخ D/۴۰ و ۲۱۰ و اندازه چشمه ۱ سانتی متر (گره تا گره مجاور) تهیه شد [۵]. در این تحقیق از کاور نانو الیاف نقره استفاده شد. برای این منظور نانو نقره با خلوص ۴۰۰۰ ppm و حجم یک لیتر از شرکت پیشگامان نانومواد ایرانیان تهیه و سپس طبق دستور زیر کاور نانو الیاف انجام شد.

تورها بر اساس روش رمق‌کشی ویزگی ضدباکتری بر آن اعمال شد بدین منظور محلول نانوذرات ۰/۱ درصد بر اساس نسبت حجم محلول به کالای L:G برابر با ۳۰:۱ در محلول قرار گرفت. دمای محلول به جوش رسانده و یک ساعت در آن دما قرار داده شد. پس از پوشیده شدن سطح تورها، در هوای آزاد قرار داده شد تا ذرات نانو نقره بر روی الیاف تور پوشش ایجاد کند و در نهایت تورها به روش غوطه وری در محلول رنگ آستری با پایه رزین آلکید قرار گرفت [۱۰].

پانل‌های توری متصل به یک چارچوب به کمک طناب نایلونی به بویه‌های قفس متصل شدند و وزنه آهنی ۵ کیلوگرمی به چارچوب PVC وصل شد و این چارچوب به منظور نمونه‌برداری آسان‌تر از پانل‌های توری، در قسمت بیرونی قفس نصب شدند (شکل ۲) [۵].

به منظور تعیین تفاوت معنی‌دار در متغیرهای مورد مطالعه پائل‌های توری تیمار شده از روش ناپارمتریک مقیاس‌بندی چند بعدی استفاده شد که با توجه به شکل ۳ و نتایج آنالیز آماری مشخص شد که استفاده از تیمار نانوقره ۳، نانوقره ۹ ماهه برای پائل‌های توری سبب تغییر معنی‌دار در مقدار متغیرهای مورد مطالعه می‌شود ($P=0/1\%$ ، $ANOSIM: R=0/987$). با توجه به شکل بین تیمار نانو ۹ ماهه و شاهد سه ماهه اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($P<0/05$).



شکل ۳: نقشه nMDS متغیرهای مورد مطالعه در پائل‌های تیمارکنترل (Stress: 0.01)

با توجه به نتایج آنالیز SIMPER مشخص شد بین جفت تیمارهای شاهد ۳ و نانو ۳، نانو ۳ و شاهد ۳، نانو ۳ و نانو ۹ صد درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد و این اختلاف‌ها به دلیل متغیرهای درصد فراوانی جلبک سبز و وزن تر موجودات نشست-کننده زیستی است. حضور موجودات نشست کننده زیستی به مدت زمان غوطه‌وری، سطح تور و گونه حاضر در آب بستگی دارد. عوامل دیگر، مثل تغییرات فصل یا دما، مواد مغذی و گردش آب می‌توانند گسترش موجودات نشست کننده زیستی را تغییر دهند [۱۳]. بیومس موجودات نشست کننده زیستی قفس پس از ۲ و ۴ ماه غوطه‌وری به ترتیب ۲۲۳۹ و ۴۴۸۱ گرم بود [۱۲]. در بررسی دیگر مقدار وزن تر پس از زمان‌های ۲ و ۴ ماه غوطه‌وری به ترتیب ۱۷۰ و ۳۹۹ گرم بر متر مربع بود [۱۳]. در بررسی حاضر پس از گذشت ۳ و ۹ ماه در تیمارهای شاهد به ترتیب ۵۲۱/۲۲ و ۱۶۱۶/۵۳ و در تیمار نانوقره ۳ و ۹ ماهه به ترتیب ۰/۰۰۰ و ۴۸۰/۹۶ گرم بر مترمربع بود

تجزیه و تحلیل داده‌ها: ابتدا چگونگی پیروی داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی و هر جا نیاز بود از تبدیل لگاریتمی در پایه ۱۰ برای نرمال-سازی داده‌ها و تحقق فرضیات استفاده شد. به منظور بررسی تصویری (بصورت نقشه رج‌بندی) تفاوت معنی‌داری در تیمارهای (پائل‌های: شاهد ۳ ماهه، نانوقره ۳ ماهه، شاهد ۹ ماهه و نانو ۹ ماهه) و متغیرهای مورد مطالعه (فراوانی جلبک‌های شناسایی شده، مقدار وزن تر و درصد پوشش جلبکی از روش ناپارامتریک مقیاس‌بندی چند بعدی (nMDS) و برای مقایسه معنی‌دار بودن عوامل ذکر شده از آنالیز ANOSIM و بدنبال آن برای تعیین فاکتور موثر در ایجاد این تفاوت معنی‌داری از آنالیز SIMPER در نرم‌افزار پرایمر (نسخه ۶) استفاده شد.

۳- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که موجودات نشست‌کننده زیستی موجود بر قفس‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در منطقه ایوشان خرم آباد متعلق به خانواده جلبک سبز، دیاتوم بودند. بررسی‌های دقیق‌تر نشان داد که از خانواده دیاتومه‌ها Naviculaceae، و از جلبک سبز (Chlamydomonadaceae, Tetrasporaceae) شناسایی شد. با توجه به جدول ۱ مقدار وزن تر و درصد پوشش جلبکی در پائل شاهد ۹ ماهه از سایر تیمارها بیشتر بود. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار جلبک شناسایی شده به ترتیب مربوط به جلبک سبز Tetrasporaceae (۸۳/۶۳ درصد) در پائل شاهد ۹ ماهه و Naviculaceae (۲/۲۲ درصد) در پائل شاهد سه ماهه است.

جدول ۱: درصد فراوانی خانواده‌های شناسایی شده، میانگین وزن تر و درصد پوشش جلبکی

دوره	جلبک‌ها	شاهد
سه ماهه	Naviculaceae(%)	۲/۲۲
	Tetrasporaceae(%)	۰/۰۰
	Chlamydomonadaceae(%)	۱۷/۷۷
	وزن تر (gr/m ²)	۵۲۱/۲۲
	درصد پوشش جلبکی (%)	۲۴/۶۶
نه ماهه	Naviculaceae(%)	۲/۳۱
	Tetrasporaceae(%)	۸۳/۶۳
	Chlamydomonadaceae(%)	۱۴/۰۵
	وزن تر (gr/m ²)	۱۶۱۶/۵۳
	درصد پوشش جلبکی (%)	۶۶/۳۲

تأثیر منفی می‌گذارد. در این منطقه مورد مطالعه، استفاده از پوشش نانونقره می‌تواند شستن تورها را به مدت ۹ ماه به تأخیر بیندازد و در کاهش هزینه‌ها، زمان و استرس به ماهی کمک کند. به عبارتی، در محل مورد مطالعه بعد از هر سه ماه اقدام به شستشوی تورها می‌کنند. با توجه به این مورد که بین تور کنترل ۳ ماهه و نانو ۹ ماهه اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، می‌توان پیشنهاد نمود با استفاده از این پوشش، پس از ۹ ماه به شستشو تورها اقدام کنند.

۵. منابع

- [1] M.P. Masser, M.W. Brunson, Delta Research and Extension Service, 160, 26-35, (2008).
- [2] Khodadadi et al., journal of Veterinary clinical Pathology, 8(2), 461-472, (1393).
- [3] N. Bloecher, Y. Olsen, J. Guenther, Aquaculture 416, 302-309, (2013).
- [4] R.A. Braithwaite, & L.A. McEvoy, Advances in marine biology 47, 215-252, (2004).
- [5] J.E. Kassah, Norwegian University of Science and Technology. Department of Biology, (2012).
- [6] H. Mardani, A. Shabani, S. Gorgin, A. Ghare Aghaji, M. Aghilinejad, Master's Thesis, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. (2011).
- [7] M. Shahbazi, A. Sourinejad, S. Gorgin, G. Mirmohammad Sadeghi, Y. Yosefzadi, Journal of Aquatic Ecology, 8(3):28-35. (2019).
- [8] M. Heuser, C. Rivera, C. Nunez, G. Cardenas, Journal of the Chilean Chemical Society, 54(4), 448-453, (2014).
- [9] M. Alishahi, M. Pashmfrosh, A. Enayati, M. Dadar, M. Karamifar, First congress of nanoparticles, Ahvaz, Faculty of Veterinary Medicine, 76-78, (2011).
- [10] S.W. Ali, S. Rajendran, M. Joshi, Carbohydrate Polymers, 83(2), 438-446, (2011).

که با گذشت زمان غوطه‌وری مقدار نشست موجودات نشست کننده افزایش پیدا کرد. در طول دوره سه ماهه بر پانل‌های تیمار نانو نقره هیچگونه موجودات نشست‌کننده زیستی وجود نداشت اما با گذشت زمان و شسته شدن سطح نخ‌ها در طول زمان ۹ ماه، موجودات رسوب‌کننده زیستی بر پانل‌ها نشست کردند و مقدار نشست موجودات رسوب‌کننده زیستی در پانل نانونقره ۹ ماهه مشابه با پانل شاهد ۳ ماهه بود. دلیل دیگر برای افزایش موجودات نشست‌کننده در مدت ۹ ماه را می‌توان به دلیل افزایش تعداد قفس‌ها در منطقه از ۵ عدد به ۲۵ عدد دانست (همراستا با برنامه‌های شیلات کشور برای توسعه صنعت پرورش آبزیان در محیط‌های آبی پشت سدها)، که به دنبال آن افزایش سوخت و ساز، رشد و ورود مواد مغذی به عنوان غذاهای به ماهیان به مقدار ۵ برابر نسبت به دوره‌ی پیش است و با توجه به این افزایش ۵ برابری قفس‌ها و ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان، مقدار نشست موجودات رسوب‌کننده زیستی تیمارهای ۹ ماهه نانونقره به ترتیب مشابه مقدار موجودات نشست‌کننده زیستی بر پانل‌های ۳ ماهه‌ی تیمار شاهد بود. در دریاچه Lindre که تروفي کمی و مقدار کمی موجودات نشست‌کننده زیستی داشت، بیان کردند شستن و تعویض تور در طول دوره پرورش آبزیان بین ژون و اکتبر ضروری نیست. در حالی که، در دریاچه Mirgenbach به دلیل تروفي بالا و مقدار بالای موجودات نشست‌کننده زیستی نیاز به تعویض تور یا شستن آن هر ماه یکبار در فصل تابستان و یکبار در ۳ ماه زمستان ضرورت دارد [۱۳].

۴. نتیجه‌گیری

پوشش نانونقره می‌تواند به مدت ۹ ماه اثر حفاظتی از رسوب موجودات نشست‌کننده زیستی داشته باشد. به عبارتی، وجود موجودات نشست‌کننده زیستی بر قفس‌های پرورش آبزیان باعث افزایش حساسیت ماهی پرورشی به بیماری، انسداد چشمه‌ها و افزایش وزن تور، اثرات منفی بر ساختار و ثبات قفس می‌شود. در منطقه مورد مطالعه برای از بین بردن موجودات نشست‌کننده زیستی از روش شستشو فصلی تورهای قفس استفاده می‌کنند، روشی پرهزینه و زمان‌بر است و مستلزم تحمیل گرسنگی بر ماهی و در نتیجه افزایش استرس بر ماهی است و در نهایت، بر سودآوری مزرعه



- [11] <http://imagej.nih.gov.ij>
- [12] R.A. Braithwaite, M.C. Carracosa, L.A. McEvoy, Aquaculture 262, 219–226, (2007).
- [13] N. Dubost, G. Masson, J.C. Moreteau, Aquaculture 143, 303–318, (1996).