

اثر پرورش در قفس قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر جمعیت کفزیان سواحل جنوبی دریای خزر (منطقه نشتارود)

کوروش حدادی مقدم^۱، مهدی سلطانی^{۲*}، ابوالقاسم کمالی^۱، حسینعلی عبدالحی^۳

۱- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵

۲- گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۱۱۵-۶۴۵۲

۳- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۶

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر پرورش در قفس قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) بر جمعیت کفزیان مستقر در عمق ۳۰-۲۵ متری سواحل جنوبی دریای خزر و در منطقه نشتارود استان مازندران طراحی و انجام شد. این مطالعه بمدت ۱۵۰ روز و با اندازه‌گیری وسنجش فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب طی ۵ مرحله و تا انتهای دوره پرورشی انجام گرفت. رسوبات با استفاده از دستگاه ونوین طی سه تکرار بطور ماهیانه از داخل و خارج از قفس برداشت شد. در این مطالعه برای بررسی جمعیت کفزیان از شاخص تنوع (شانون-وینر)، غالبیت (سیمپسون) و غنای گونه‌ای (مارگالف) استفاده شد. در مجموع ۲۰۰ عدد (در مترمربع) بی‌مهرگان کفزی متعلق به رده صدف‌های دو کفه‌ای، کرم‌های پرتار، وسخت‌پوستان جمع‌آوری شدند. بیشترین و کمترین زیتوده به ترتیب گونه *Abra ovate* با بیوماس (۴۹/۲ گرم در مترمربع) و گونه‌های *Cerastoderma lamark*, *lineatus Mytilaster*, *Balanus improvises*, *diversicolor Nereis* با بیوماس (۱ گرم در مترمربع) مشاهده گردید. بیشترین میزان مواد آلی (organic matter) در غرب قفس‌های مستقر شده و کمترین آن در داخل قفس مشاهده گردید ($P < 0/05$). بین تراکم و زیتوده کفزیان با درصد رس موجود در کف بستر همبستگی معنی‌دار آماری مشاهده گردید ($P < 0/05$). نتایج بررسی‌ها ضریب همبستگی مثبتی و معنی‌داری را بین شاخص تنوع شانون و زیتوده موجودات کفزی نشان داد ($p = 0.001$; $r = 0.467$). یافته‌ها حاکی از آن بود اگرچه پس از معرفی بچه‌ماهیان قزل آلا به قفس‌های پرورشی اختلاف معنی‌داری آماری در تنوع و تراکم کفزیان مشاهده گردید ($P < 0/05$) اما روند تغییرات آنها تا انتهای دوره بسیار جزئی و اندک بوده است. بر اساس طبقه‌بندی اکولوژیکی انجام شده، بسترهای پرورشی مورد مطالعه در شرایط پرتنش و آلوده قرا داشتند.

کلمات کلیدی: پرورش، قفس، ماکروبتوز، قزل آلا، دریای خزر.

مقدمه

در سال‌های اخیر پرورش ماهیان دریایی رشد چشمگیری داشته و منجر به افزایش تولید مواد غذایی شده است (FAO, 2014). آبی پروری دریایی تحت تاثیر عوامل مختلفی نظیر شرایط هیدرودینامیکی و توپوگرافی منطقه، بافت رسوبات و ترکیب آن، موجودات کفزی، عمق و تکنیک‌های تغذیه‌ای می‌باشد می‌باشد (Karakassiset *et al.*, 2013; Fodelianaki *et al.*, 2014). از مهم‌ترین مواردی که در قبل و بعد از استقرار قفس‌های پرورشی در دریا مورد مطالعه قرار می‌گیرند بررسی موجودات ساکن یا بومی منطقه است (Châteauea *et al.*, 2009; Giles *et al.*, 2015). بدلیل محدود بودن قابلیت تحرک کفزیان به عنوان نشا نگرهای حساس به آشفته‌گی‌های محیطی به عنوان شاخص زیست‌شناختی همواره مورد توجه بوم‌شناسان دریایی بوده‌اند و یکی از نشانه‌های تغییر در محیط زیست‌های ناپایدار دریایی تغییر در ساختار ماکروبتوزها و ظهور برخی از گونه‌های مقاوم و فرصت طلب در جوامع کفزی نظیر کرم‌های پرتار است که طی دوره پرورش ماهیان در قفس جانشین گونه‌های مقاوم نظیر صدف‌های دو کفه‌ای می‌شوند. بنابراین اطلاع از وضعیت آنها کمک می‌کند تا تغییرات اکوسیستم متأثر از فعالیت‌های پرورش ماهی در قفس شناسائی شوند و مسیر برخورد با آن آسانتر صورت پذیرد (Keeley *et al.*, 2014; *et al.*, 2016; Mirto *et al.*, 2012; Tomassetti *et al.*, 2013). مطالعات متعددی به منظور تعیین وضعیت سلامت محیط‌های دریایی با استفاده از نشانگرهای زیستی (موجودات کفزی)، وضعیت شیمیایی و زیست‌شناختی رسوبات انجام یافته است که نتایج بررسی‌ها حاکی از آن بود که با استفاده

از اطلاعات بدست آمده از تغییرات زمانی و مکانی ایجاد شده در ماکروبتوزها شناسایی اختلالات موجود در سیستم‌های مدیریت پرورشی امکان پذیر است (Neofitou, 2008; Brigolin *et al.*, 2016). مطالعات نشان داده است در مناطقی که بسترهای پرورشی تحت تاثیر عوامل آلاینده نیستند گونه‌های غیرمقاوم در آنها غالبیت دارند و بر عکس در مناطقی که فشار آلودگی وجود داشته باشد تنوع و تراکم کمتر و گونه‌های مقاوم در آن مناطق ساکن خواهند بود و شرایط بحرانی نیز برای موجودات کفزی بتدریج با فاصله قفس‌ها کاهش می‌یابد و در فاصله ۱۰۰ تا ۲۰۰ متری شرایط طبیعی در آن فراهم خواهد شد (Fodelianakis *et al.*, 2014; Cubillo *et al.*, 2016). Tomassetti و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که برخی از شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی نظیر میزان مواد آلی (organic matter) و خصوصیات غیرزنده نظیر اندازه و دانه‌بندی رسوبات منعکس کننده پاسخ‌های بیولوژیکی از بستر قفس‌های پرورشی می‌باشند. در حال حاضر بزرگترین منبع مواد زائد در آبی پروری وجود مواد آلی در قالب خوراک و مدفوع ماهیان پرورشی می‌باشد که در ستون آب و یا سطح رسوبات زیر قفس‌های پرورشی مورد استفاده جوامع کفزی قرار می‌گیرد که فراوانی بیش از حد آن منجر به کاهش غنای گونه‌ای، زیتوده، اکسیژن، ایجاد شرایط بی‌هوازی، افزایش هیدروژن سولفید، تولید مواد زائد سمی و مرگ و میر گله‌ای ماهیان خواهد شد (Trichkova *et al.*, 2013; Pulatsü and Kaya, 2016).

در ایران و طی سالهای اخیر، پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه اثرات پرورش در قفس بر جوامع کفزی را می‌توان به دهقان مدیسه (۱۳۸۶)، دوست-

گردیدند. در این بررسی با توجه به جهت جریان، عمق و فاصله از ساحل ۴ ایستگاه در نظر گرفته شد:

ایستگاه اول (S۲) در زیر قفس های پرورش ماهی.

ایستگاه دوم (S۱) که در فاصله ۱۵۰ متری غرب ایستگاه اول قرار دارد.

ایستگاه سوم (S۳) که در فاصله ۱۵۰ متری و در شرق ایستگاه اول واقع می‌باشد.

ایستگاه چهارم (S۴) که به ۳۰۰ متری از شرق ایستگاه اول انتخاب گردید.

شروع نمونه برداری در قبل از معرفی بچه ماهیان قزل‌آلایه قفس های مستقر از دی سال ۱۳۹۴ طی ۵ مرحله و تا ۵ ماه (اردیبهشت ۹۵) ادامه داشت (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت ایستگاههای نمونه برداری در منطقه نشتارود

در این مطالعه تراکم ماهیان قزل‌آلا در هر قفس به تعداد ۳۲۳۹۵ عدد با متوسط وزن $21/93 \pm 198$ گرم و میانگین طولی $37/33 \pm 0/33$ سانتی متر بود. با توجه به رژیم غذایی گوشتخواری قزل‌آلا غذایی با استفاده از پلیت های اکسترو با اندازه ۵-۴ میلی متری، با قابلیت شناور بودن و نام تجاری (GFT2 (growth fish trout در مرحله پروراری که حاوی ۳۶ درصد پروتئین، ۱۴٪ چربی، ۴٪ درصد فیبر، ۱۰٪ خاکستر، ۱۱٪ رطوبت و ۱٪ فسفر (ساخت شرکت فرادانه) بودند و بصورت دستی

شناس (۱۳۸۷) و پروژه های پژوهشی شامل پزند و همکاران (۱۳۹۰)، هاشمیان و همکاران (۱۳۹۰) و -پورعلی و همکاران (۱۳۹۱) اشاره نمود.

با توجه به گسترش و توسعه روز افزون پرورش ماهی در قفس در سواحل جنوبی دریای خزر (استان گیلان و مازندران) اطلاع از ساختار و عملکرد ماکروبتنوزها می‌تواند در توسعه پایدار فعالیت های آبی پروری دریایی از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد بنابراین می‌توان با نمونه برداری های مستمر از ماکروفونها در محیط زیست قفس ماهیان دریایی از خطراتی که هرم های غذایی و رسوبات نزدیک به کف با آن مواجه هستند آگاهی پیدا کرد. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعه مزبور جهت پاسخ به این فرضیه که موجودات بنتیک بعنوان نشانگرهای محیطی برای تعیین اثرات پرورش ماهی در قفس مورد استفاده قرار می گیرند و با هدف استفاده از شاخص های زیستی مختلف جهت ارزیابی تنوع ماکروبتنوز و ارزیابی وضعیت کیفیت زیستی در زیر قفس و مقایسه آن با مناطق خارج از قفس در منطقه نشتارود استان مازندران انجام شد.

مواد و روش ها

این پژوهش جهت پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*O. mykiss*) در ۱۰ قفس فایبر گلاس شناور به ابعاد دایره ای با قطر ۱۶ متر مربع، در عمق ۳۰-۲۵ متری سطح آب دریای خزر و در دو ترانسکت افقی در منطقه نشتارود واقع در استان مازندران انجام شد. ایستگاههای مورد مطالعه با استفاده از دستگاه GPS (Global Positioning System مکان یابی و در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}, 49', 49''N$ $51^{\circ}, 53', 31''E$) ثبت

انجام شد. میزان غذای مصرفی با توجه به بیوماس، درجه حرارت، طی ۳ وعده در روز بود.

در هر مرحله از نمونه برداری خصوصیات فیزیکی آب، درجه حرارت آب و هوا، اکسیژن محلول توسط دستگاه دیجیتال HACH مدل Q40dhulti ساخت کشور آمریکا و اسیدیت به دستگاه handheld meter pH مدل 100A ساخت کشور کانادا، شوری آب با استفاده از دستگاه Refracto meter مدل HR-099 ساخت کشور انگلیس اندازه گیری شد. همچنین برای اندازه گیری خصوصیات شیمیایی آب نظیر نیتريت ($\text{NO}_2^{2-}-\text{N}$)، نیترات ($\text{NO}_3^{-}-\text{N}$)، فسفات ($\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$)، سختی کل (Total hardness) و مواد جامد معلق (TSS) به تعداد یک نمونه آب از کف هر قفس توسط بطری های ۵ لیتری مدل ساخت شرکت HYDRO- BIOS ساخت کشور آلمان طی سه مرحله (قبل، اواسط و انتهای دوره پرورش) از هر ایستگاه جمع آوری و با استفاده کیت های تخصصی و دستگاه اسپکتوفوتومتر (HACH) مدل DR2800 ساخت کشور آلمان و با روش های استاندارد اندازه گیری گردیدند (Strickland and Parsons, 1972) با استفاده از دستگاه Eckman-Grab با مساحت ۰/۲۵ مترمربع و عمق ۱۰ سانتی متری نمونه برداری از رسوبات داخل و خارج بطور ماهیانه و با سه تکرار جهت بررسی موجودات کفزی انجام شد. رسوبات جمع آوری شده از کف توسط الک با چشمه ۵۰۰ میلی متری و با آب دریا شستشو، غربال شده و پس جداسازی موجودات با رزبنگال ۰/۲ گرم در لیتر و الکل اتانول ۹۵ درصد به میزان دو برابر حجم رسوب رنگ آمیزی و تثبیت شدند. نمونه های ماکروبتوز و رسوبات به منظور شناسایی و بررسی به آزمایشگاه منتقل شدند. مجدد پس از شستشو

و عبور از الک ۵۰۰ میلی لیتری و پس از توزن با ترازوی الکترونیک حساس ۰/۰۰۰۱ گرم مدل SZ6045 ساخت شرکت Olympus کشور بلژیک، با استفاده از استریومیکروسکوپ (Stereo microscope) مدل Nikon-smz800 ساخت کشور آلمان و میکروسکوپ های نوری شمارش و برای تحزیه و تحلیل های آماری تا حد گونه شناسایی و زیتوده آنها محاسبه گردیدند (Keeley et al., 2012). در این پژوهش دانه بندی رسوبات پس از همگن سازی (homogenization) با استفاده از متدهای آزمایشگاهی (ASTM, 1990) و با استفاده از روش الک تر و خشک و تکنیک منحنی و طی دو مرحله (قبل و انتهای دوره) و هر کدام با سه تکرار اندازه و تعیین گردیدند (Martinez et al., 2015). آماده سازی اولیه رسوبات جهت تجزیه تعیین میزان مواد آلی (OM) با استفاده از روش (Carroll et al., 2003) انجام شد.

جهت مقایسه جوامع کفزی و تعیین طبقه بندی اکولوژیکی محیط پرورش از شاخص های کیفی موجودات بنتیک (Benthic Quality Index (BQI استفاده شد (Leonardsson et al., 2009). که آنها عبارت بودند از:

۱- شاخص تنوع شانون -وینر از رابطه زیر محاسبه گردید (Rosenberg et al., 2004; Borja et al., 2009)

$$H' = \sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N} \ln \frac{N}{N_i}$$

N=تعداد کل افراد

Ni=جمعیت همگی گونه ها

۲- شاخص تنوع سیمپسون که در سال ۱۹۴۹ توسط سیمپسون ارائه شده است (Simpson, 1949)

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}{N(N-1)} + 1$$

تعیین شد. تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات، رسم نمودارها و اشکال با استفاده از نرم افزارهای Excell و SPSS تحت ویندوز استفاده گردید SPSS vers. 20 (for Windows SPSS,) Chicago, IL, USA داده‌ها بصورت (میانگین $\pm$ SE) بیان گردیدند.

تعداد کل گونه S
تعداد کل افراد N
جمعیت هر گونه n_i
جمعیت کل گونه‌ها N_i
۳- شاخص غنای مارگالوف (Gamito, 2010)
 $M = (S - 1) / \ln N$
تعداد کل گونه S
تعداد کل افراد N

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری دمای اکسیژن محلول، دمای و اسیدیته آب در کف ایستگاه‌های مورد نظر طی ماه‌های مورد بررسی نشان داد که حداقل میزان اکسیژن (9.03 ± 0.25) (mg l^{-1}) در اردیبهشت و حداکثر آن در بهمن ماه به مقدار (9.57 ± 0.25) بود. در این پژوهش دامنه تغییرات دمای آب ($9/20 - 11/1$) درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه و ($26/9 - 24/3$) در طی اردیبهشت ماه اندازه‌گیری شد. دامنه تغییرات میزان شوری ($11/3 - 10/11$) و همچنین میزان اسیدیته آب در کل بررسی‌های انجام شده بالای ۸ اندازه‌گیری شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را بین ایستگاه کنترل و سایر ایستگاه‌ها نشان نداد ($p > 0.05$) (جدول ۱).

داده پردازی آماری

به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌های آماری در هر ایستگاه از آزمون Shapiro-wilk و رسم نمودار هیستوگرام استفاده شد. در صورت نرمال بودن داده‌ها و به منظور مقایسه آماری بین ایستگاه‌ها (S_1, S_2, S_3, S_4) و جهت تعیین سطوح اختلاف بین زیتوده ماکروبتوزها، از آزمون آنالیز واریانس One-way analysis of variance (ANOVA) با اختلاف آماری در سطح ۵ درصد استفاده شد. میزان همبستگی و ضریب همبستگی بین زیتوده موجودات ماکروبتوز و شاخص‌های بوم شناختی در نزدیک بستر دانه‌بندی و کل مواد آلی بستر با استفاده از آزمون همبستگی Pearson correlation

جدول ۱: دامنه تغییرات دمای آب، اکسیژن محلول، اسیدیته و شوری آب در قفس‌های مستقر در منطقه نشتارود

زمان	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)		اکسیژن محلول (میلی گرم/لیتر)		شوری اسیدیته (در هزار)	
	سطح	عمق	سطح	عمق	سطح	عمق
دی	$11/53 \pm 0.35$	$10/3 \pm 0.15$	$10/08 \pm 0.1$	$9/57 \pm 0.25$	$8/20 \pm 0.10$	$11/67 \pm 0.35$
بهمن	$12/33 \pm 0.15$	$10/7 \pm 0.25$	$10/73 \pm 0.38$	$10/4 \pm 0.40$	$8/53 \pm 0.15$	$12/13 \pm 0.75$
اسفند	$14/47 \pm 0.38$	$12/7 \pm 0.30$	$10/43 \pm 0.32$	$9/43 \pm 0.54$	$8/57 \pm 0.15$	$12/20 \pm 0.35$
فروردین	$17/20 \pm 0.1$	$16/7 \pm 0.37$	$10/4 \pm 0.25$	$10/43 \pm 0.11$	$8/33 \pm 0.21$	$12/23 \pm 0.67$
اردیبهشت	$24/20 \pm 0.1$	$23/3 \pm 0.35$	$9/33 \pm 0.25$	$9/3 \pm 0.25$	$8/50 \pm 0.20$	$12/30 \pm 0.35$

* مقادیر به صورت میانگین $\pm$ SE بیان گردید.

نتایج حاصل از بررسی فاکتورهای شیمیایی آب
نظیر نیتريت، نیترات، فسفات، سختی کل و مواد جامد
معلق نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار آماری در بین
ایستگاه‌های مورد بررسی بود ($P>0.05$) (جدول ۲).
جدول ۲: دامنه تغییرات نیتريت، نیترات، فسفات، مواد جامد معلق و سختی کل در داخل و خارج قفس‌های مستقر در منطقه نشتارود

زمان	نیتريت (mg l^{-1})		نیترات (mg l^{-1})		فسفات (mg l^{-1})		مواد جامد معلق (mg l^{-1})		سختی کل (mg l^{-1})	
	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس	داخل قفس	خارج قفس
دی	۰/۰۳±۰/۰۳	۰/۰۰۲±۰/۰۲۱	۰/۰۱±۰/۰۰۹	۰/۰۲±۰/۰۰۵۷	۰/۱۸±۰/۰۰۱	۰/۱۳±۰/۰۰۲	۲۸/۲±۰/۱۲	۳۶/۲±۰/۱۷	۲۰۲±۵/۷	۲۰۰±۶/۰۳
اسفند	۰/۰۰۵±۰/۰۰۶	۰/۰۰۶±۰/۰۰۳	۰/۰۱±۰/۰۰۵	۰/۰۱±۰/۰۰۸	۰/۱۹±۰/۰۰۱	۰/۱۸±۰/۰۰۱	۳۸/۸±۰/۰۸۱	۲۳/۷±۰/۰۷	۲۲۵±۵/۹	۲۳۲±۴/۳
اردیبهشت	۰/۰۰۵±۰/۰۰۴	۰/۰۰۲±۰/۰۰۳	۰/۰۲±۰/۰۰۲	۰/۰۱±۰/۰۰۳	۰/۱۷±۰/۰۰۵	۰/۱۶±۰/۰۰۵	۵۷/۷±۰/۱۲	۳۷/۶±۰/۰۲	۲۴۰۷±۵/۳	۲۳۷±۵/۰۷

* مقادیر به صورت میانگین $\pm$ SE بیان گردید.

آن در کرم‌های پرتار و سخت‌پوستان (هر کدام ۱ گونه) مشاهده گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد که با شروع دوره ترکیب گونه‌های بنتیکی در داخل قفس‌های پرورشی شامل ۴ گونه از سخت‌پوستان، صدف‌های دوکفه‌ای و در خارج از قفس فقط دو گونه از صدف‌های دو کفه‌ای و کرم پرتار نرئیس مشاهده شد (جدول ۳).

مقدار کل زیتوده کفزیان در داخل قفس ۸۲/۶۶ گرم در متر مربع و در خارج از قفس ۱۲۹/۲ گرم در متر مربع بود. کفزیان مشاهده شده در رسوبات داخل و خارج از قفس عبارت بودند از:

polychaeta worms (*Nereis diversicolor*)
Bivalvia Molluscas (*Abra ovata*, *Cerastoderma lamarki*, *Mytilaster lineatus*)
Maxillopoda (*Balanus improvises*). بیشترین تنوع گونه‌ای در صدف‌های دوکفه‌ای (۳ گونه) و کمترین

جدول ۳: حضور و عدم حضور گونه‌های بنتیک در داخل و خارج از قفس‌های مستقر در منطقه نشتارود

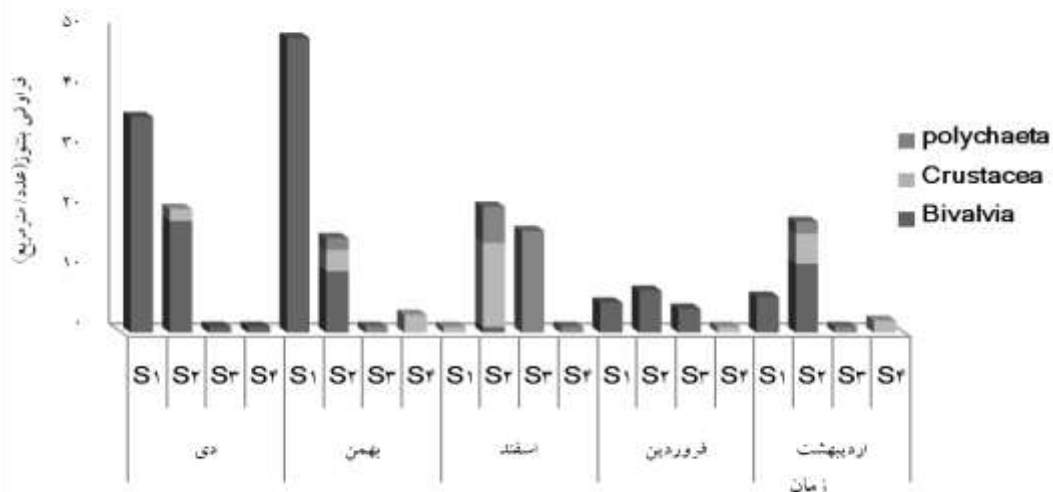
ماکروبتوزها (بر حسب گونه)	مکان نمونه برداری		زمان نمونه برداری	
	داخل قفس	خارج از قفس	قبل از معرفی	انتهای دوره
<i>Abra ovata</i>	+	+	+	+
<i>Cerastoderma lamarki</i>	+	+	+	+
<i>Mytilaster lineatus</i>	+	-	+	-
<i>Nereis diversicolor</i>	+	+	-	+
<i>Balanus improvises</i>	+	-	+	-

های ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری شرق آن مشاهده شد. گونه غالب در این پژوهش صدف‌های دوکفه‌ای بودند با زیتوده ۴۹/۵٪ گرم در مترمربع که در ماه اسفند و خارج از

نتایج نشان داد که بیشترین تنوع کفزیان در زیر قفس در ایستگاه انتخاب شده در غرب و طی ماه‌های (بهمن، اسفند و فروردین) کمترین آن در فاصله

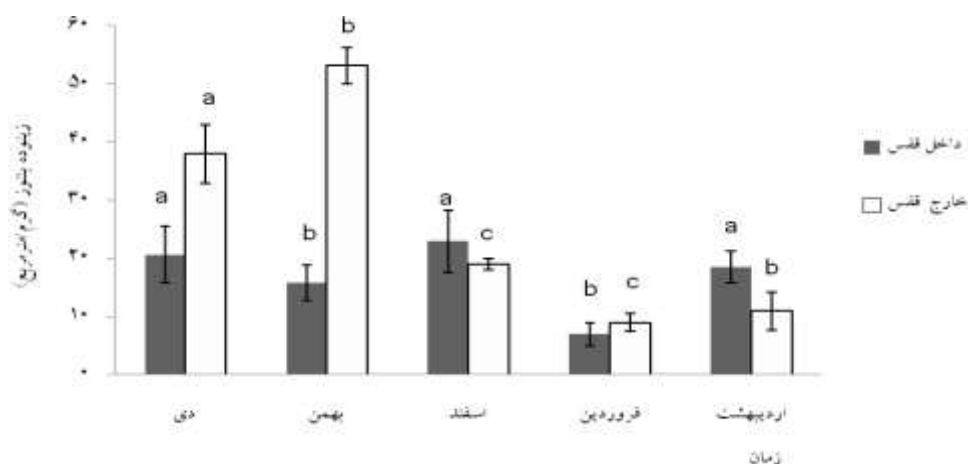
با زیتوده (۱ گرم در متر مربع) و در شرق قفس‌های مستقر مشاهده شدند (شکل ۲).

قفس مشاهده شد و کمترین آن از Crustacea Polychaeta در ماه‌های (اسفند، فروردین و اردیبهشت)



شکل ۲: مقایسه فراوانی بنتوز (عدد/متر مربع) در رسوبات داخل و خارج قفس در ماه‌های مورد بررسی

نتایج حاصل از بررسی‌ها اختلاف معنی‌داری آماری را در طی ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت نشان داد ($P < 0.05$) (شکل ۳).



شکل ۳: مقایسه زیتوده بنتوز (گرم/متر مربع) در رسوبات داخل و خارج قفس در ماه‌های مورد بررسی

*حروف کوچک غیر هم نام در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ($P < 0.05$) می‌باشد

مقدار $(41/49 \pm 0/36)$ و کمترین آن نیز در همین ایستگاه مشاهده گردید ($3/01 \pm 0/51$). نتایج بدست آمده حاکی از اختلاف معنی‌دار آماری بین ایستگاه‌های

نتایج حاصل از بررسی مواد آلی نشان داد که بیشترین مواد اندازه‌گیری شده در خارج از قفس و در فاصله ۱۵۰ متری غرب ایستگاه اول (داخل قفس) و به

در هر مرحله از نمونه برداری شده بود ($P < 0.05$) (جدول ۴).

جدول ۴: تغییرات درصد مواد آلی در رسوبات داخل و خارج قفس در طی دوره بررسی

مکان نمونه برداری				زمان
داخل قفس	خارج از قفس			دی
S _۲	S _۳	S _۴	S _۱	
۵/۴۷±۰/۱۲ ^b	۳۷/۲±۰/۵۱ ^c	۸/۲۱±۰/۶۸ ^a	۴/۵±۰/۰۸ ^c	بهمن
۲۱/۱±۵/۳۳ ^b	۳۱/۴±۱۹/۰۳ ^a	۳۶/۰±۱/۲۶ ^a	۳/۰۱±۰/۵۱ ^a	اسفند
۳۲/۱±۵۷/۹۲ ^a	۱۸/۱۱±۰/۷۳ ^c	۲۸/۷۴±۰/۰۶ ^b	۳۴/۵۱±۰/۷ ^a	فروردین
۳۵/۹۲±۸/۲۱ ^b	۳۷/۴۱±۰/۲۳ ^b	۲۵/۱۴±۰/۸ ^c	۴۱/۴۹±۰/۳۶ ^a	اردیبهشت

*حروف کوچک غیر هم نام در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ($P < 0.05$) می باشد

*مقادیر به صورت میانگین $\pm$ SE بیان گردید.

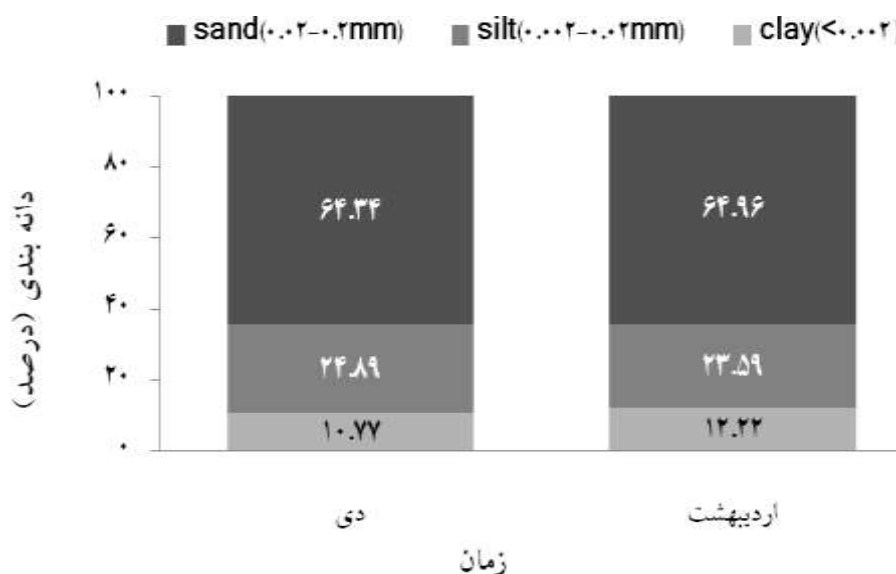
بیشترین و کمترین ترکیب دانه بندی در بستر قفس های

پرورشی به ترتیب به دانه های شنی (۶۴/۹۶٪) و رسی

(۱۰/۷۷٪) تعلق داشت (شکل ۴).

نتایج حاصل از بررسی ترکیب دانه بندی در

رسوبات کف شامل Silt, Sand, clay نشان داد که



شکل ۴: ترکیب دانه بندی در رسوبات قفس های پرورشی در منطقه نشتارود.

رسوبات نشان می دهد که با افزایش میزان درصد رس

در رسوبات زیتوده آن نیز افزایش پیدا کرد (۲۹/۵ عدد

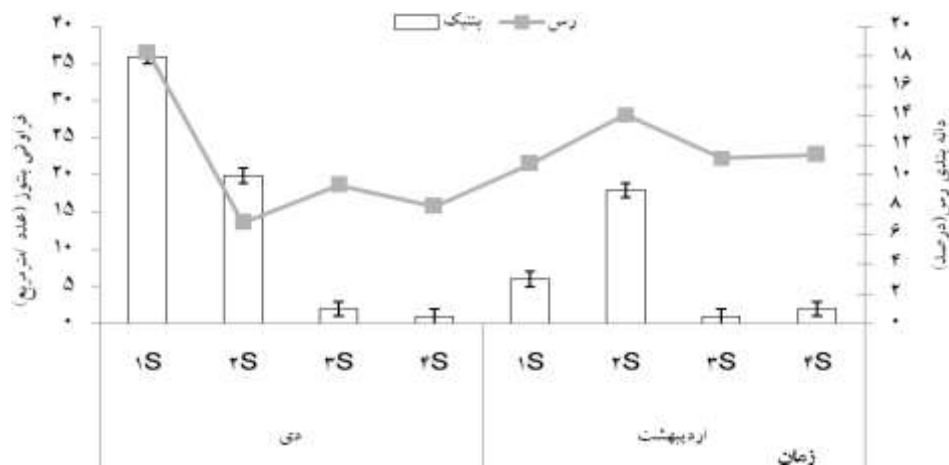
در متر مربع) (شکل ۵).

نتایج بررسی ها نشان داد اگرچه مقدار sand

بیشتر از، silt، clay بوده است اما اختلاف معنی دار

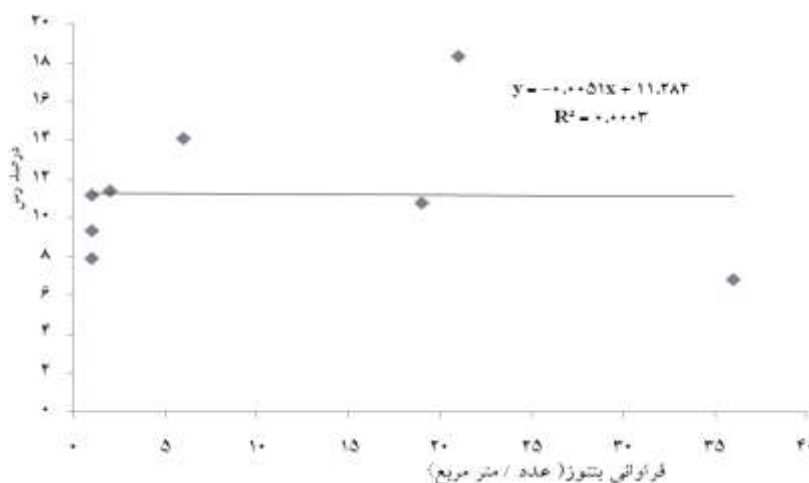
آماري بين آنها مشاهده نگردید ($P > 0.05$). مقایسه

میزان فراوانی تعداد موجودات کفزی و دانه بندی



شکل ۵: ارتباط فراوانی موجودات بتیک و درصد فراوانی رس در بستر قفس های مورد مطالعه در منطقه نشتارود

نتایج نشان داد که رگرسیون خطی بین درصد Clay موجود در رسوبات و فراوانی زیتوده هبستگی منفی و ضعیفی را نشان داد ($p=0.966$; $r=-0.018$) (شکل ۶).



شکل ۶: ارتباط بین فراوانی ماکروبتوزها و مقدار رس در رسوبات موجود در قفس های پرورشی

غنای مارگالوف در اردیبهشت ماه به مقدار (1.98 ± 0.08) در داخل قفس و کمترین آن در دی ماه و به مقدار (1.02 ± 0.01) و در فاصله ۱۵۰ متری شرق قفس های مستقر شده بود. نتایج بررسی ها اختلاف معنی داری را در شاخص های زیستی خارج و داخل قفس نشان نداد ($P > 0.05$). (جدول ۵).

نتایج حاصل از بررسی با استفاده از شاخص های زیستی نشان داد که بیشترین تنوع گونه ای در داخل قفس در دی ماه (0.73 ± 0.06) و کمترین آن در ماه اسفند مشاهده شد (0.19 ± 0.15) . بیشترین غالبیت گونه ای سیمپسون نیز در قبل از معرفی در فاصله ۳۰۰ متری (0.65 ± 0.07) و کمترین آن نیز در همین ماه و در فاصله ۱۵۰ آن مشاهده شد (0.12 ± 0.09) . بیشترین شاخص

جدول ۵: نتایج میانگین شاخص های بوم شناختی در ایستگاههای مختلف

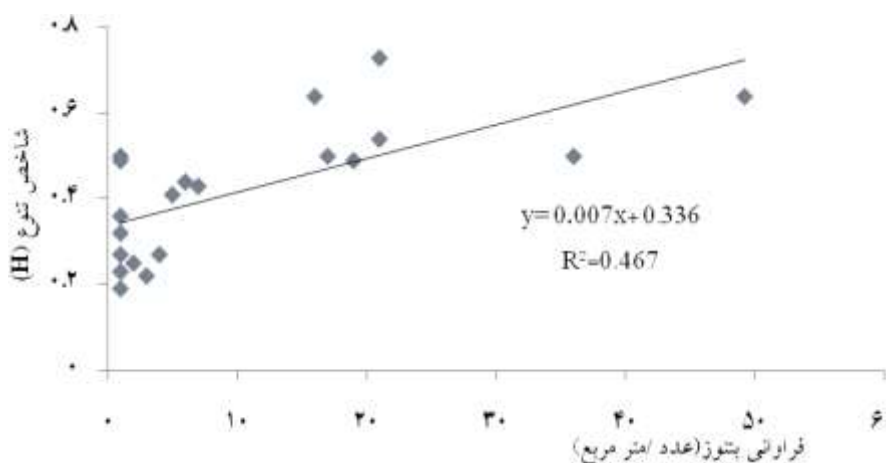
ایستگاههای نمونه برداری

زمان	شاخص	S۲	S۴	S۳	S۱
دی	شانون	۰/۵±۰/۱۱	۰/۳۶±۰/۰۳	۰/۳۲±۰/۰۱۳	۰/۷۳±۰/۰۶
	سیمپسون	۰/۳۸±۰/۰۴	۰/۱۲±۰/۰۹	۰/۶۵±۰/۰۷	۰/۳۹±۰/۰۴
	مارگالوف	۱/۱۴±۰/۲۹	۱/۰۲±۰/۰۱	۱/۳۶±۰/۸۱	۱/۹۵±۰/۱۵
بهمن	شانون	۰/۶۴±۰/۱۱	۰/۲۷±۰/۰۹	۰/۲۲±۰/۰۷	۰/۶۴±۰/۰۲
	سیمپسون	۰/۵۲±۰/۱۸	۰/۱۴±۰/۱۱	۰/۳۲±۰/۱۲	۰/۳۸±۰/۰۱
	مارگالوف	۱/۲۹±۰/۱۶	۱/۶۵±۰/۱۴	۱/۰۵±۰/۱۵	۱/۳۴±۰/۱۹
اسفند	شانون	۰/۲۳±۰/۰۷	۰/۵±۰/۱۳	۰/۱۹±۰/۱۵	۰/۵۴±۰/۰۶
	سیمپسون	۰/۳۲±۰/۱۱	۰/۴۲±۰/۱	۰/۳۳±۰/۱۷	۰/۳۵±۰/۲۴
	مارگالوف	۱/۶۳±۰/۲۶	۱/۸۲±۰/۲۵	۱/۰۶±۰/۱۱	۱/۴۱±۰/۰۴
فروردین	شانون	۰/۴۱±۰/۶۱	۰/۲۷±۰/۳۵	۰/۰۵±۰/۸۱	۰/۴۳±۰/۹۱
	سیمپسون	۰/۵۳±۰/۰۳	۰/۱۸±۰/۳۴	۰/۴۲±۰/۲۳	۰/۴۹±۰/۳۳
	مارگالوف	۱/۵۸±۰/۰۶	۱/۳۵±۰/۲	۱/۹۶±۰/۳۴	۱/۳۵±۰/۵۴
اردیبهشت	شانون	۰/۴۴±۰/۳۶	۰/۴۹±۰/۲۶	۰/۲۵±۰/۰۹	۰/۴۹±۰/۳۳
	سیمپسون	۰/۵۲±۰/۶۹	۰/۲۴±۰/۴	۰/۱۴±۰/۲۳	۰/۵±۰/۰۹
	مارگالوف	۱/۳±۰/۸	۱/۷۸±۰/۸	۱/۰۸±۰/۷۳	۱/۹۸±۰/۰۸

*مقادیر به صورت میانگین $\pm$ SE بیان گردید

مشاهده گردید ($r^2=0.467$) اما این همبستگی در شاخص های زیستی مارگالوف و سیمپسون موجودات بتیک منفی بود (شکل ۷).

بر اساس ضریب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) همبستگی مثبتی بین شاخص تنوع شانون و زیتوده کفزیان در مراحل مختلف نمونه برداری



شکل ۷: ارتباط بین شاخص تنوع و زیتوده کفزیان در قفس های مستقر در منطقه نشتارود

بحث

در این مطالعه با توجه به موقعیت جغرافیایی دریای خزر، وسعت، عمق جریانات غالب اختلاف معنی‌دار آماری بین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در داخل و خارج قفس های پرورشی مشاهده نشد. Zaker و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق مشابهی گزارش دادند که در فصول سرد سال بعد از شکست لایه حرارتی در اعماق بالای ۲۰ متر پایداری مناسبی از نظر دمایی ایجاد می‌گردد و بیان داشت که طبقه‌بندی عمودی آب بر اساس شوری در دریای خزر بسیار ضعیف می‌باشد و بر این اساس اختلاط بین ستون آبی به خوبی صورت می‌گیرد همچنین عامل اصلی اختلاط و عدم اختلاط عمودی آب دریای خزر را گرادیان دمایی آب دانستند. مطالعات انجام یافته توسط Tomassetti و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که طی عملیات غذادهی در قفس های پرورشی مواد زائد محلول نظیر نیتروژن و فسفر در منابع آبی باقی مانده و ذرات آلی جامد در رسوبات ته نشین می‌شوند و بیشتر ذرات جامد رها سازی شده شامل کربن آلی می‌باشند که مستقیماً سبب افزایش میزان مصرف اکسیژن محلول شده و زمانی که تقاضا برای اکسیژن بیشتر از مقدار موجود باشد، رسوبات وضعیت بی‌هوازی پیدا می‌کنند و در درجه حرارت‌های پایین انتشار مواد مغذی و تجمع آن در رسوبات در طی مدت طولانی‌تری انجام می‌شود. در این تحقیق بنظر می‌رسد یکی از دلایل عدم اختلاف معنی‌دار بودن شرایط ویژه دریای خزر باشد که بدلیل پایین بودن درجه حرارت آب و بالا بودن اکسیژن محلول در سطح لایه‌های رسوبی توانسته پایداری مناسب حرارتی و اسیدیته را در محیط پرورش ایجاد کرده و باعث سازگاری ماهیان نسبت به محیط

شان شده باشد و آن باعث گردیده‌است که مواد مغذی فرصت تجمع را پیدا نکنند. در این مطالعه درصد فراوانی زیتوده کفزیان و تنوع مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که این تنوع در ایستگاه‌های مختلف کم بوده است. در تحقیقات مشابه انجام یافته توسط Forchino و همکاران (۲۰۱۱)، و Mirto و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده گردید که تعداد، تنوع و فراوانی موجودات کفزی در زیر قفس با اجتماع آنها در فاصله ها و ایستگاه‌های دست نخورده متفاوت می‌باشد و تنوع کم جانوران کفزی را بدلیل عدم ثبات بستر و شرایط فیزیکی و شیمیایی ناشی از تغییرات جوی و ایجاد جریانهای متلاطم داخلی آب دانستند که آن عوامل باعث بهم خوردن رسوبات بستر می‌گردد. نتایج مطالعات پژند و همکاران (۱۳۹۰) در قفس های مستقر در دریای خزر نشان داد که که فراوانی ماکروبتوزها تحت تأثیر عواملی نظیر بافت بستر، عوامل فیزیکی و شیمیایی و حضور و عدم حضور آلودگی در منطقه می‌باشد. در تحقیق دیگری که در قفس های مستقر در دریای آدریاتیک انجام یافت، روند این تغییرات را با مدیریت غذادهی روزانه ماهیان (اتوماتیک و یا دستی)، مساحت قفس های مستقر شده، نوع غذا (بر حسب مقدار پروتئین موجود در غذاهای فرموله شده) میزان ورودی رسوبات به دریا و کاهش اثرات ورودی رودخانه‌ها به دریا، اندازه و نوع دانه‌بندی رسوبات، کاهش فراوانی فیتوپلانکtonها، عمق و جریان آب مرتبط دانسته‌اند (Forchino et al., 2011; Tomassetti et al., 2016). در این پژوهش تفاوت معنی‌داری آماری در بین دانه‌بندی رسوبات مشاهده نگردید اما همبستگی مثبتی بین زیتوده و میزان رسوبات موجود در رسوبات در ابتدای دوره مشاهده شد.

بررسی‌های انجام شده توسط Brigolin و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که درشتی و ریزی دانه‌های تشکیل دهنده رسوبات یکی از عواملی است که در بررسی نحوه گسترش و تجمع بنتوزها مهم است و همواره بین تنفس جوامع کفزی و اندازه ذرات ارتباط مستقیمی وجود دارد به طوریکه با پر شدن آب در منافذ موجود در بین ذرات خاک و رسوبات محیط مناسبی برای تجمع کفزیان فراهم می‌شود و آنها می‌توانند در رسوبات فضای بیشتری را ایجاد نمایند. همچنین برخی از محققان اظهار داشتند که مواد آلی موجود در رسوبات متشکل از ذرات ریز و یا موجودات زنده میکروسکوپی می‌باشند و به عنوان منبع غذایی موجودات بنتیک محسوب می‌شوند (Teixeira et al., 2010; Kristensen et al., 2013; Trichkova et al., 2012). نتایج بررسی‌های انجام شده در این پژوهش تفاوت معنی‌دار آماری را در مواد آلی و افزایش آن در فاصله ۱۵۰ متری غرب قفس‌های نصب شده نشان داد. بررسی که توسط Martinez و همکاران (۲۰۱۵) انجام گرفت نشان داد که اختلاف معنی‌داری در عملکرد ماکروبتوزها و غنی شدن مواد آلی در مناطق با جریان‌های دریایی شدید وجود دارد به طوریکه سرعت رسوب مواد آلی در زیر قفس‌ها ۵۰۰ برابر شده و مدفوع و غذای زائد در رسوبات زیر قفس‌های دریایی انباشته می‌شود و آن افزایش میزان مواد آلی و مغذی (کربن، نیتروژن و فسفر) در زیر و نزدیک قفس را فراهم نماید و آن باعث می‌شود که تراکم گونه‌های فرصت‌طلب افزایش پیدا نمایند. یافته‌های حاصل از این پژوهش نیز نشان داد که بعلاوه شرایط مناسب اکسیژن در کف و در توده آب و نامناسب بودن بستر برای ساکن شدن کرم‌های پرتار صدف‌های دوکفه‌ای سهم مهمی را در افزایش

تراکم و توده زنده کفزیان داشتند و توانستند جایگزین کرم‌های پرتار شوند. مطالعات Naderi Beni و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که جریان‌های محلی آب دریای خزر می‌تواند یکی از عواملی باشد که با حرکت خود در جهت عقربه‌های ساعت این انباشتگی را سبب می‌گردد.

در این مطالعه همبستگی مثبتی بین تنوع شانون با زیستوده موجودات بنتیک مشاهده شد به طوریکه با افزایش مواد آلی در اواسط دوره پرورش تنوع و غالبیت برخی از گونه‌ها افزایش نسبی را نشان داد. Forchino و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که در قفس‌های مستقر در دریای مدیترانه، سواحل یونان و ایتالیا با افزایش فاصله ۲۵ متری از قفس‌های پرورشی اثرات منفی آن کاهش یافته و وضعیت اکولوژیکی خوبی در آنها ایجاد گردید. همچنین نتایج مطالعات انجام شده توسط Ghasemi و همکاران (۲۰۱۶) و Tavoli و همکاران (۲۰۱۶) در عمق ۵ متری خلیج گرگان و در اعماق ۲۰ متری سواحل منطقه چالوس نشان داد که تنوع، غالبیت گونه‌ها و شرایط اکولوژیک در مناطق مورد مطالعه متوسط بوده است. مطالعات Borja و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که پایین بودن فراوانی برخی از گونه‌های بنتیکی نظیر آمفی‌پودا (Amphipods) در اعماق بالای ۳۰ متر شرق دریای مدیترانه بدلیل افزایش عمق، اکسیژن محلول، دما، دانه بندی رسوبات بستر بوده است که آن اثر منفی را در شاخص‌های زیستی ایجاد کرده است. در تحقیق حاضر تنوع بسیار پایین گونه‌های فرصت‌طلب از راسته کرم‌های پرتار، دانه‌بندی درشت موجود در رسوبات منطقه و جریان‌های غالب منطقه‌ای عواملی بودند که سبب گردید که شاخص‌های زیستی کاهش یابند و گونه‌های

فراوانی زیتوده ماکروبتوزها درحوزه جنوبی دریای خزر، انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۶۰ ص.

۴. دهقان مدیسه، س.، ۱۳۸۶. شناسایی مناطق حساس و تحت اثر در خوریات ماهشهر با استفاده از شاخص های اکولوژیک و بیولوژیک، رساله دکترای تخصصی در رشته بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۱۴۴ صفحه.

۵. دوست شناس، ب.، ۱۳۸۷. طبقه بندی اکوسیستم ساحلی خورموسی با استفاده از شاخص بیوتوپ بسترونظام های امتیازدهی به منظور تعیین سلامت زیستی در سامانه GIS، رساله دکترای تخصصی در رشته بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۱۶۵ صفحه.

6. ASTM, 1990. Manual for conducting an interlaboratory study of a test method. Philadelphia. USA. 330P.
7. Borja, A., Rodriguez, J.G., Black, K., Bodoy, A., 2009. Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. *Aquaculture*, 293, 231–240.
8. Borja, J.A., Dauer, D.M., Grémare, A., 2012. The importance of setting targets and reference conditions in assessing marine ecosystem quality. *Ecological Indicators*, 12(1), 1–7.
9. Brigolin, D., Pranovi, F., Kholeif, S., Abdelsalam, K., Pastres, R., 2016. Interactions of cage aquaculture in Nile Delta lakes: Insights from field data and models. *Marine Science*, 7, 129–135.
10. Château, P.A., Huang, Y.C.A., Chen, C.A., Chang, Y.C., 2015. Integrated assessment of sustainable marine cage culture through system dynamics modeling. *Ecological Modeling*, 299, 140–146.
11. Cubillo, A.M., Ferreira, J.G., Robinson, S.M.C., Pearce, C.M., Corner, R.A., Johansen, J., 2016. Role of deposit feeders

درشت بنتیکی نظیر صدف ها و سخت پوستان در آن ایستگاه ها غالبیت داشته باشند که مطالعات انجام شده با نتایج بدست آمده از این پژوهش مطابقت دارد.

جهت درک بهتر از وضعیت اکولوژیکی بستر قفس های پرورشی و پایش مستمر در محیط زیست کفزیان لازم است عوامل محیطی نظیر رسوب گذاری، جریانهای منطقه ای، اثرگذاری ماهیان وحشی و عوامل انسانی نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته شود.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم که از زحمات کارشناسان محترم بخش اکولوژی موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر و تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

۱. پزند، ذ.، مهدی نژاد، ک.، صادقی راد، م.، رمضانپور، ز.، حدادی مقدم، ک.، چوبیان، ف.، و فرزانه، ا.، ۱۳۹۰. بررسی فاکتورهای زیستی و غیرزیستی پرورش فیل ماهی در قفس در دریای خزر، انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۶۵ ص.
۲. پورعلی، م. ر.، یزدانی، م. ع.، پیکران مانا، ن.، حسنی، م.، محسنی، م.، نظامی، ا.، ۱۳۹۱. بیوتکنیک پرورش ماهیان خاویاری در آب شیرین و لب شور، مجله دنیای آبریان، ۱(۲)، ۳۰–۲۱.
۳. هاشمیان، ع.، سلیمانی رودی، ع.، سالاروند، غ.، الیاسی، ف.، نظران، م.، ۴. دشتی، ع.، نورانی، ا.، اسلامی، ف.، غلامی، م.، کارد رستمی، م.، شعبانی، خ.، ۱۳۹۰. بررسی تنوع، پراکنش و

- the Water Framework Directive. *Ecological Indicators*, 29, 26–33.
20. Keeley, N., Forrest, B., Crawford, C., Macleod, C., 2012. Exploiting salmon farm benthic enrichment gradients to evaluate the regional performance of biotic indices and environmental indicators. *Ecological Indicators*, 23, 453–466.
 21. Kristensen, E., Lopes, G., Delefosse, M., Valdemarsen, T., Quintana, C.O., Banta, G.T., 2012. What is bioturbation? The need for a precise definition for fauna in aquatic sciences. *Marine Ecology Progress Series Journal*, 446, 285–302.
 22. Keeley, N.B., Macleod, C.K., Hopkins, G.A., Forrest, B.M., 2014. Spatial and temporal dynamics in macro benthos during recovery from salmon farm induced organic enrichment: when is recovery complete? *Marine Pollution Bulletin*, 80, 250–262.
 23. Leonardsson, K., Blomqvist, M., Rosenberg, R., 2009. Theoretical and practical aspects on benthic quality assessment according to the EU-Water Framework Directive examples from Swedish waters. *Marine Pollution Bulletin*, 58(9), pp. 1286–1296.
 24. Mirto, S., Gristina, M., Sinopoli, M., Maricchiolo, G., Genovese, L., Vizzini, S., Mazzola, A., 2012. Meiofauna as an indicator for assessing the impact of fish farming at an exposed marine site. *Ecological Indicators*, 18, 468–476.
 25. Martinez, E., Sundstein, P., Sanchez, P., Sánchez, L.L., Sanz, L., 2015. Effect of sediment grain size and bioturbation on decomposition of organic matter from aquaculture. *Biogeochemistry*, 125(1), 33–148.
 26. Neofitou, N., Klaoudatos, S., 2008. Effect of fish farming on the water column nutrient concentration in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. *Aquaculture Research*, 39(5), 482–490.
 27. Naderi Beni, A., Lahijani, H., Mousavi Harami, R., Arpe, K., 2013. Caspian Sea-level changes during the last millennium: historical and geological evidence from the integrated multi-trophic aquaculture - A model analysis. *Aquaculture*, 453, 54–66.
 12. Carrola, S., Cochrane, R., Fielier, R., Velvin, P., White, S., 2003. Organic enrichment of sediments from salmon farming in Norway: environmental factors, management practices, and monitoring techniques. *Aquaculture*, 226 (1-4), 165–180.
 13. Forchino, A., Borja, A., Brambilla, F., Rodrigues, J.G., Muxika, I., Terova, G., Saroglia, M., 2011. Evaluating the influence of off-shore cage aquaculture on the benthic ecosystem in Alghero Bay (Sardinia, Italy) using AMBI and M-AMBI. *Ecological Indicators*, 11, 1112–1122.
 14. Fodelianaki, S., Papageorgiou, N., Karakassis, I., Ladoukakis, E.D., 2014. Community structure changes in sediment bacterial communities along an organic enrichment gradient associated with fish farming. *Annals of Microbiology*, 65(1), 331–338.
 15. FAO, 2014. National Aquaculture Sector Overview Maps Collection. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italia, pp. 230.
 16. Giles, H., Broekhuizen, N., Bryan, K.R., Pilditch, C.A., 2015. Modeling the dispersal of bio deposits from mussel farms: the importance of simulating bio deposit erosion and decay. *Aquaculture*, 291(3), 168–178.
 17. Gamito, S., 2010. Caution is needed when applying Margalef diversity index. *Ecological Indicators*, 10(2), 550–551.
 18. Ghasemi, A.F., Taheri, M., Foshtomi, M., Yazdani, M., Noranian, M., Sahab, M., Gam, A., 2016. Gorgan Bay: a microcosm for study on macro benthos species environment relationships in the southeastern Caspian Sea. *Oenological Acta*, 35(4), 82–88.
 19. Karakassis, I., Panagiotis, D., Dimitriou, P.D., Apageorgiou, E.S., Apostolakis, E.T., Lampadariou, N., Black, K.D., 2013. Methodological considerations on the coastal and transitional benthic indicators proposed for

- bean under cultivation. Brazilian Society for Soil Science, 10, 497–505
34. Trichkova, T., Tyufekchieva, V., Kenderov, L., Vidinova, Y., Botev, I., Kozuharov, Z., Uzunov, Y., Stoichev, S., Cheshmedjiev, S., 2013. Benthic macroinvertebrate diversity in relation to environmental parameters, and ecological potential of reservoirs, Danube River Basin, North-West Bulgaria. *Acta ZoologicaBulgarica*, 65(3), 337-348.
 35. Tomassetti, P., Gennaro, P., Lattanzi, L., Mercatali, I., Persia, E., Vani, D., Porrello, S., 2016. Benthic community response to sediment organic enrichment by Mediterranean fish farms: Case studies. *Aquaculture*, 450, 262–272.
 36. Tavoli, M., Seyfabadi, J., Nejatkhah, P., 2016. Ecological and Biological Study of Macrobenthic Communities in Chalus Shore of the Caspian Sea. *Oceanography*, 7(26), 43-54.
 37. Zaker, N. H., Ghaffari, P., Jamshidi, S., Nouranian, M., 2011. Currents on the Southern Continental Shelf of the Caspian Sea off Babolsar, Mazandaran, Iran. *Journal of Coastal Research*, 50, 564 – 569.
 - South Caspian Sea, *Climatology Past*, 9, 1645–1665.
 28. Pulatsü, P., Kaya, D., 2016. Estimation of local environmental condition and holding density in rainbow trout cage culture (Karaova Dam Lake, Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(4), 313-320.
 29. Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, C.H., Cederwall, H., Dimming, A., 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 728–739.
 30. Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, pp.352.
 31. Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. *Practical Handbook of Seawater Analysis*. *Journal of shellfish research*, 18(1), 1-11
 32. Tomassetti, P., Persia, E., Marcatali, I., Vani, D., Marusso, V., Porrello, S., 2009. Effects maricultural on microbenthic assemblages in a western Mediterranean site. *Marine Pollution Bulletin*, 7, pp.1–11.
 33. Teixeira, C.M., Carvalho, G.J., Silva, C.A., Andrade, M.J., Pereira, J.M., 2010. Release of macronutrients from straw of single millet pea and intercropped with