بررسی کارآیی حذف مواد مغذی پساب حاصل از تراکم‌های مختلف پرورش فیل ماهی *(Huso huso)* توسط کرم پرتار دریایی *(Nereis diversicolor)*

ذبیح اله پژند[۱و۳]، مهدی سلطانی[۲*]، ابوالقاسم کمالی[۱]، محمود بهمنی[۳]

۱- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۴

چکیده

در این تحقیق اثرات پالایشی کرم پرتار دریایی در تصفیه و حذف مواد مغذی پساب ناشی از پرورش فیل ماهی در تراکم‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این تحقیق تعیین میزان تراکم‌های پرورش فیل ماهی و کرم نرئیس به منظور حذف موثر مواد مغذی خروجی آب حاصل از پرورش فیل ماهی بود. بدین منظور سه تراکم مختلف فیل ماهی (۳-۲، ۴-۳ و ۵-۴ کیلو گرم در متر مربع) با تراکم ثابت کرم نرئیس در دمای آب ۲۳ درجه سانتی‌گراد طی مدت ۸ هفته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که کرم نرئیس با تغذیه از آب خروجی حاصل از پرورش فیل ماهی می‌تواند رشد نماید. افزایش بیوماس و درصد بازماندگی کرم نرئیس در تیماری که از پساب حاصل از پرورش فیل ماهی با تراکم ۴-۳ کیلوگرم در متر مربع (NWF_2) استفاده گردید بالاتر از تیمارهای NWF_1 ، NWF_3 (کرم نرئیس تغذیه شده از پساب حاصل از پرورش فیل ماهی با تراکم های به ترتیب ۳-۲ و ۵-۴ کیلوگرم در متر مربع) و WF_1 (پساب حاصل از پرورش فیل ماهی با تراکم ۳-۲ کیلوگرم در متر مربع بدون حضور کرم نرئیس) بود. بیشترین و کمترین قابلیت حذف مواد مغذی پساب را BOD_5 (۸۵ درصد) در تیمار NWF_2 در مقایسه با تیمار WF_1 (۱۰ درصد) و آمونیاک (۳۵ درصد) در تیمار NWF_1 در مقایسه با تیمار WF_1 (۲۰ درصد) شامل گردید. در کلیه تیمارها، کارآیی حذف مواد مغذی پساب پرورش فیل ماهی بدون حضور کرم نرئیس (WF_1) از پایین ترین میزان برخوردار بود. حضور کرم نرئیس تاثیر چندانی در قابلیت حذف میزان نیترات نداشت. همچنین نتایج به‌دست آمده حاکی از اختلاف معنی‌دار در کاهش مواد مغذی پساب حاصل از پرورش فیل ماهی با حضور و بدون حضور کرم نرئیس بود. راه اندازی چنین سیستمی نه تنها باعث حذف مواد مغذی پساب می گردد بلکه نقش مهمی را به عنوان یک محصول ثانویه از نظر اقتصادی و بهره وری بدلیل عدم هزینه غذا برای تغذیه کرم نرئیس بازی می‌نماید.

کلمات کلیدی: فیل ماهی، کرم پرتار نرئیس، زیست پالایی، پساب.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). msoltani@ut.ac.ir

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

مقدمه

امروزه به لحاظ حمایت از ذخایر ماهیان خاویاری حوضه جنوبی دریای خزر، توجه به پرورش تجاری این ماهیان که بدون شک گامی در جهت حفاظت از ذخایر و تنوع بیولوژیک آنها در طبیعت خواهد بود، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بیماریهای عفونی در ماهیان در اثر استرس‌های محیطی و عوامل وابسته به تغذیه ایجاد می‌شوند. این مسئله تا زمانی که تغذیه کافی و مناسب و کنترل موثر کیفیت آب به طور کامل به دست نیامده است، می‌تواند به طور جدی و اساسی ادامه یابد (صادقی راد و همکاران، ۱۳۹۲). انگیزه مصرف مجدد فاضلاب تصفیه شده در پرورش آبزیان در کشورهای مختلف متفاوت می‌باشد به طوریکه، در کشورهای در حال توسعه هدف از استفاده مجدد از پساب، تولید غذای زیادتر و بازیافت از مواد غذایی موجود در پساب است این در حالی است که در کشورهای توسعه‌یافته فقط تصفیه پساب برای ممانعت از آلودگی بیشتر محیط زیست نیز مطرح است (هرسیج و آدینه، ۱۳۹۶).

توجه به پرورش ماهیان خاویاری در سالهای اخیر و افزایش تعداد مزارع پرورشی بویژه در مجاورت رودخانه‌ها موجب ورود پساب اکثر آنها به محیط‌های آبی مجاور شده که با گذشت زمان و افزایش کارگاه-های پرورشی و آب خر وجی، موجب توجه اثرات پساب به محیط زیست گردید (Wu, 1995; Tsutsumi and Inoue 1996; Tovar, *et al*., 2000). بر همین اساس محققین در توسعه تکنولوژیهای جدیدی به منظور کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از مواد مغذی حاصل از آبزی پروری متمرکز شدند (Folke *et al*., 1998; Crab, *et al*., 2007).

ماهیان خاویاری به عنوان گونه‌های با ارزش شیلاتی، بدلیل صید بی‌رویه و غیرقانونی، تخریب زیستگاه‌ها و نابودی مناطق تخمریزی طبیعی آنها در معرض خطر می‌باشند و پرورش این گونه‌ها در بسیاری از کشورها در دستور کار قرار گرفت و تولید آبزی-پروری سالانه جهانی ماهیان خاویاری به ۴۰۲۷۳ تن در سال ۲۰۱۰ رسید (FAO, 2012). گونه فیل ماهی به عنوان یک گونه با ارزش شیلاتی مورد انتخاب پرورش‌دهندگان بخش خصوصی بصورت تجاری قرار گرفت. بسیاری از پرورش دهندگان در ۱۹ استان کشور اقدام به تولید این محصول نمودند و در طراحی‌های انجام شده در سایت این مراکز، آب مورد مصرف در پرورش پس از استفاده از سیستم خارج شده و به محیط زیست (رودخانه یا دریا) وارد می‌گردد و هیچگونه استفاده دیگری از آب خروجی صورت نمی‌گیرد.

آب خروجی حاصل از آبزی پروری حاوی مقادیر زیادی از غذای زاید (غذای خورده نشده) و مواد دفعی می‌باشد. بنابراین، افزایش بهره وری با کمترین اثرات زیست محیطی یکی از مهمترین موضوعات توسعه آبزی‌پروری پایدار محسوب می‌گردد (Honda and Kikuchi, 2002). محققین زیادی در سراسر دنیا بر این باورند که با توسعه تکنولوژی‌های جدید می‌توان اثرات زیست محیطی ناشی از آبزی‌پروری را به ویژه در بهبود کیفیت آب و استفاده بهینه از آب خروجی توسط موجوداتی در سیستم آبزی‌پروری کاهش داد (Folke *et al*., 1998; Crab *et al*., 2007). اخیرا فیلترهای مکانیکی به همراه فیلتراسیون به کمک بی‌مهرگان شامل نرمتنان و همچنین جلبکها جهت افزایش کارآیی فیلتر مواد مغذی معلق و محلول آب مورد استفاده قرار می-گیرد (Shpigel *et al*., 1993).

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

برخی محققین معتقدند که کرم‌های پرتار *Perinereis nuntia vallata* با تغذیه از مدفوع و بقایای موجودات دیگر آبزی نقش مهمی را در چرخه غذایی و حفظ محیط زیست موجودات بنتیک بازی می‌کند (Henriksen *et al*., 1983; Hutchings, 1998). چندین مطالعه به منظور کاهش مواد آلی و غیرآلی با استفاده از عادات غذایی پرتاران در سطح آزمایشگاهی، پرورشی و شرایط پرورش در پن انجام گردید. نتایج این مطالعات حاکی از توانایی کرم پرتار*Perinereis nuntia vallata* جهت کاهش نیتروژن مواد آلی حاصل از سیستم گردشی در پرورش ماهی فلاندر بود (Honda and Kikuchi, 2002). بنابراین، یکی از نتایج حاصل از آبزی‌پروری چند منظوره روشهای عملی کاهش اثرات زیست محیطی حاصل از پرورش ماهی از نظر بیولوژیکی و تکنیکی می‌باشد. مکانیزم‌هایی که بتواند تجمع مواد زائد را کاهش دهد و مواد مغذی زائد را به سمت سود بیشتر در سیستم چند منظوره سوق دهد مورد اشاره در این طرح بود.

کرم نرئیس از شاخه کرمهای حلقوی (Annelidae) و از جمله پرتارانی (Polychaeta) است که در تغذیه انواع ماهیان اقتصادی کفزی‌خوار استفاده می‌شود و بدلیل تغذیه از مواد آلی پوسیده و یا مواد دفعی سایر جانوران (Batista *et al*., 2003) از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. اهمیت *Nereis diversicolor* در زنجیره غذایی در خصوص تغذیه میگو و ماهی به دلیل میزان بالای اسیدهای چرب چند غیراشباع به اثبات رسیده است (Diniz, 1992).

هدف از این تحقیق استفاده بهینه از مواد مغذی آب خروجی ناشی از آبزی‌پروری فیل ماهی در تراکم-های مختلف مد نظر قرار گرفت تا از یک طرف موجب بهبود کیفیت آب شده و از طرف دیگر هزینه غذای کرمهای پرتار را با تغذیه از خروجی آب پرورش به عنوان یک محصول دیگر کاهش دهد.

مواد و روش ها

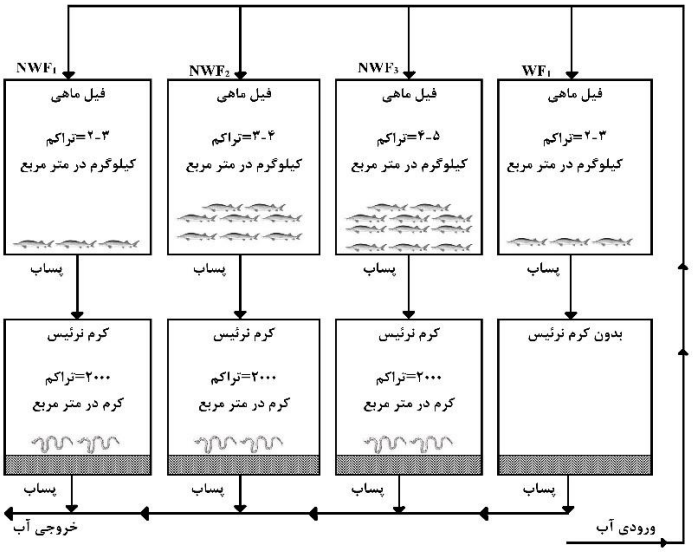
کرم *N. diversicolor* جمع‌آوری شده از تالاب انزلی در استان گیلان بصورت زنده به موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر انتقال یافتند و نسبت به تکثیر و پرورش آنها اقدام شد. کرم‌های جوان با وزن ۰/۰۰۱ ± ۰/۰۳ گرم و مجموع بیوماس ذخیره شده در هر تانک به میزان ۳/۷۱ ± ۸۲/۳۷ گرم در متر مربع (تقریبا ۲۰۰۰ کرم در هر متر مربع) مورد استفاده قرار گرفتند. کرمها داخل ۱۲ تانک ۴۰ لیتری حاوی یک لایه ۱۰-۸ سانتی‌متری از رسوب ماسه‌ای (۱۰۰-۵۰ میکرومتر) قرار گرفتند. ماسه با آب تازه شستشو و توسط نور خورشید خشک گردید. ۴ تیمار با سه تکرار در نظر گرفته شد. در طول آزمایش هیچ غذای اضافه به جزء پساب خروجی از مخازن پرورش فیل ماهی به کرمها داده نشد.

بچه فیل ماهیان (میانگین طول و وزن اولیه به ترتیب ۰/۱۴± ۱۹/۵۴ سانتی‌متر و ۰/۲۷ ± ۲۷/۷۸ گرم) تکثیر شده از مولدین فیل ماهیان وحشی در مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان خاویاری شهید بهشتی به سالن تکثیر و پرورش موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر انتقال یافتند. آنها به درون ۱۲ تانک ۸۰ لیتری (۶۰ سانتی‌متر قطر و ۴۰ سانتی‌متر عمق آبگیری) معرفی گردیدند و آزمایشها برای مدت ۵۵ روز به طول انجامید.

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

۴ تیمار شامل تیمار NWF_1، NWF_2، NWF_3 (کرم نرئیس تغذیه شده با پساب حاصل از پرورش فیل ماهی با تراکم‌های ۳-۲ ، ۴-۳ و ۵-۴ کیلوگرم در متر مربع) (پور علی و محسنی، ۱۳۸۶) و تیمار WF_1 (پساب حاصل از پرورش فیل ماهی با تراکم ۳-۲ کیلوگرم در متر مربع بدون حضور کرم نرئیس) به عنوان تیمار شاهد و هر تیمار با سه تکرار در نظر گرفته شد (شکل ۱). در تیمارهای مورد نظر بستر ماسه‌ای به عنوان فیلتر شنی در این سیستم ترکیبی پرورش کرم نرئیس و فیل ماهی مورد استفاده قرار گرفت. فیل ماهیان از جیره غذایی ماهیان خاویاری شرکت بیومار (اندازه ۱/۵ میلی‌متری) حاوی پروتئین ۴۲ درصد، چربی ۲۲ درصد، کربوهیدرات ۱۵ درصد، فیبر ۳/۳ درصد و خاکستر ۸ درصد بر اساس آنالیز کارخانه به میزان ۳ درصد وزن بدن طی ۴ وعده روزانه مورد تغذیه قرار گرفتند.



شکل ۱: طراحی سیستم استفاده از مواد مغذی پساب حاصل از پرورش فیل ماهی توسط کرم نرئیس *(N. diversicolor)*

زمانیکه بیومتری ماهیان بطور یک هفته در میان انجام پذیرفت میزان غذای مورد نیاز بچه ماهیان بر همان اساس تعیین می‌گردید. ماهیان ۲۴ ساعت قبل از بیومتری گرسنه ماندند تا غذای هضم شده داخل روده-ها خارج و از استرس پرهیز گردد. ماهیان و کرمها قبل از معرفی به تانکها شمارش و توزین اولیه شدند و بعد از مدت زمان پرورش (۵۵ روز) به منظور تعیین میزان رشد و بازماندگی مجددا شمارش و توزین گردیدند. پارامترهای اندازه گیری شده حاصل از تاثیر غذا و پساب در رشد ماهیان و کرمها شامل:

ضریب رشد ویژه (SGR) = (لگاریتم وزن نهایی – لگاریتم وزن اولیه) / روزها × 100

افزایش وزن (WG) (g) = (میانگین وزن نهایی) FW (g) – (میانگین وزن اولیه) IW (g))

بازماندگی (S) (%) = (تعداد ماهی یا کرم باقیمانده در انتهای آزمایش) / (تعداد اولیه ماهی یا کرم) × 100

افزایش بیوماس (g) = بیوماس نهایی (g) – بیوماس اولیه (g)

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = F/(وزن ماهی یا کرم در پایان آزمایش W_f - وزن ماهی یا کرم در شروع) Wo (آزمایش

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

درصد حذف غلظت های اندازه‌گیری شده پساب با استفاده از فرمول Lau و همکاران در سال ۱۹۹۸ محاسبه گردید: (۱۰۰ × غلظت ماده مغذی در خروجی ماهی / غلظت ماده مغذی در خروجی کرم) - ۱۰۰ = درصد حذف ماده مغذی میزان آب ورودی مورد استفاده به تانک‌های پرورش فیل ماهی ۱/۸-۱/۵ لیتر در دقیقه تنظیم گردید و هوادهی آب در هر تانک انجام پذیرفت. دمای آب، اکسیژن محلول، شوری، EC و pH آب بطور روزانه توسط دستگاه مولتی پارامتر HACH (مدل HQ 40d) با مقادیر میانگین ۰/۷ ± ۲۳/۲ درجه سانتی‌گراد، ۰/۳۹ ± ۷/۳۶ میلی‌گرم در لیتر، ۰/۲ ± ۱ گرم در هزار، ۴۰ ± ۱۰۶۰ میکروموس و ۰/۱۸ ± ۷/۳۱ به ترتیب مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. آب مورد استفاده بطور مداوم تعویض گردید.

همچنین پارامترهای کیفی آب شامل آمونیاک (NH_3-N) با استفاده از روش ۸۱۵۵ توسط سالیسیلات ، نیتریت (NO_2-N) با استفاده از روش ۸۵۰۷ توسط ترکیبات دیازونیوم، نیتریت (NO_3-N) با استفاده از روش ۸۱۹۲ کادمیوم، نیتروژن کل (TN) در روش کادمیوم، فسفر کل (TP) در روش اسید آسکوربیک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر HACH مدل DR 2800 مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. BOD_5 با استفاده از روش استاندارد APHA (2005) تعیین شد. غلظت کل مواد معلق (TSS) همچنین بر اساس روش استاندارد Danish (1975) انجام شد. درصد مواد آلی رسوبات بستر کرم نرئیس اندازه‌گیری شد. وزن خشک رسوبات تعیین و سپس به مدت ۴/۵ ساعت در کوره الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک خاکستر آزاد شده اندازه گیری شد. درصد مواد آلی (TOM) رسوبات بستر کرم نرئیس با استفاده از فرمول $\% TOM= (A-B/ A-C)\times100$ که A برابر وزن بوته چینی با رسوب بعد از خشک شدن در آون، B برابر وزن بوته‌ی چینی با رسوب بعد از خشک شدن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و Cبرابر وزن بوته چینی خالی تعیین گردید.

به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها در نمونه‌های مورد بررسی از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها، با توجه به نرمال بودن آنها با استفاده از آنالیز واریانس (ANOAVA) یک طرفه One-way analysis انجام شد. جهت مقایسه میانگین داده‌های حاصل از پارامترهای کیفی آب در خروجی-های فیل ماهی و کرم نرئیس و همچنین فاکتورهای رشد و بازماندگی میان تیمارهای پرورشی فیل ماهی و کرم نرئیس از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. همه داده‌ها به صورت میانگین همراه با انحراف معیار گزارش شدند. از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ جهت آنالیز آماری داده‌ها و از برنامه Excel برای رسم نمودارها استفاده گردید.

نتایج

فاکتورهای رشد فیل ماهی در جدول ۱ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌داری در ضریب چاقی و بازماندگی بین تیمارها بعد از ۸ هفته پرورش وجود نداشت ($P>0.05$). این در حالی بود که اختلاف معنی-داری در SGR، بیوماس نهایی و افزایش وزن بدست آمده در میان تیمارها مشاهده گردید ($P<0.05$). همچنین بر اساس طراحی صورت گرفته در این بررسی اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار NWF_1 و WF_1 وجود نداشت.

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

جدول ۱: شاخص های رشد بچه فیل ماهی در تراکم های مختلف تغذیه شده طی ۸ هفته

	فیل ماهی			
شاخص ها	NWF_1	NWF_2	NWF_3	WF_1
طول اولیه (سانتی متر)	۱۹/۶±۰/۱۶ a	۱۹/۵۸±۰/۴۹a	۱۹/۳۹±۰/۴۹ a	۱۹/۴۸±۰/۲۲ a
طول نهایی (سانتی متر)	۲۶/۵±۱/۲ b	۲۵/۸۳±۰/۵۶ab	۲۳/۶۵±۰/۹۷ a	۲۶/۷۶±۰/۸۹ b
وزن نهایی (گرم)	۸۹/۳۳±۷/۰۲c	۶۶/۶۶±۵/۰۳b	۴۵/۳۸±۳/۹۵ a	۸۲/۱۸±۳/۱۴ c
بیوماس نهایی (گرم در متر مربع)	۲۲۳۳/۳±۱۷۵/۶ a	۳۳۳۳/۳±۲۵۱/۶ b	۴۵۳۸/۶±۳۹۵/۹ c	۲۰۵۴/۶±۷۸/۶ a
وزن کسب شده (درصد)	۲۲۱/۲±۲۳/۶ a	۱۳۹/۸±۱۵/۱b	۶۴/۳±۱۵/۵ a	۱۹۶/۳±۱۵/۳a
تراکم نهایی (عدد در متر مربع)	۲۵a	۵۰b	۱۰۰c	۲۵a
درصد بازماندگی (درصد)	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰	۱۰۰±۰/۰۰
ضریب رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۱۱±۰/۱۳c	۱/۵۹±۰/۱۱b	۰/۸۹±۰/۱۷a	۱/۹۷±۰/۱۲c
میزان کل غذای مصرف شده (گرم)	۳۱۰/۳±۵/۷۷ a	۴۸۹/۶۶±۱۸/۸۱ b	۶۵۵/۹۴±۲۵/۱۶c	۳۱۵/۲±۴/۴۷a
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰۱±۰/۰۸ a	۱/۲±۰/۰۵a	۱/۹۱±۰/۴۷b	۱/۲±۰/۲a
ضریب چاقی	۰/۴۸±۰/۰۸ a	۰/۳۸±۰/۰۱a	۰/۳۴±۰/۰۶a	۰/۴۳±۰/۰۵a

حروف انگلیسی غیر مشترک در هر سطر نشان دهنده تفاوت معنی دار میانگین تیمارها با یکدیگر می باشند ($P<0.05$).

نتایج رشد و بازماندگی *N. diversicolor* در جدول ۲ ارائه گردید. میزان بیوماس نهایی (۲۶/۴۵ ± ۲۶۵ گرم در متر مربع)، افزایش بیوماس (۲۷/۰۶ ± ۱۸۳/۵۸ گرم در متر مربع)، تراکم نهایی (۱۴۰ ± ۱۷۱۵ عدد در متر مربع)، ضریب رشد ویژه (۰/۲۷ ± ۲/۳۴ درصد در روز) و درصد بازماندگی (۵/۶ ± ۶۸/۶ درصد) در تیمار NWF_2 بالاتر از سایر تیمارها بود (جدول ۲). اختلاف معنی‌داری در ضریب رشد ویژه و افزایش بیوماس بین تیمارهای NWF_1 و NWF_2 وجود داشت ($P<0.05$) و در حالیکه این اختلاف با تیمار NWF_3 معنی‌دار نبود ($P>0.05$).

جدول ۲: شاخص های رشد *N. diversicolor* تغذیه شده از پساب پرورش فیل ماهی در تراکم های مختلف

	N. diversicolor		
شاخص ها	NWF_1	NWF_2	NWF_3
وزن نهایی (گرم)	۰/۱۲۲±۰/۰۱	۰/۱۵٤±۰/۰۱	۰/۱۵۱±۰/۰۳
بیوماس نهایی (گرم در متر مربع)	۲۰۳/۳۳±۱٦/۰۷ a	۲٦۵/۰۰±۲٦/٤۵a	۲۰٦/۵۱±۲۲/۲۲ a
افزایش بیوماس (گرم در متر مربع)	۱۱۸/۳۳±۱۰/۵۸a	۱۸۳/۵۸±۲۷/۰٦b	۱۲٤/۲٦±۱۰/۰۳ ab
افزایش وزن (درصد)	۲٦٦/۳٦±۵۲/۹۳	۳۸۵/۷۳±۱۰۰/۵۹	۳٦۰/٤۲±٦۸/۷۹
تراکم نهایی (عدد در متر مربع)	۱٦۵٦± ۱۱۱ b	۱۷۱۵± ۱٤۰ b	۱۳۹۰± ۱۹۸a
درصد بازماندگی (درصد)	٦٦/۲٦±٤/٤۷ a	٦۸/٦±۵/٦ a	۵۵/٦±۷/۹٤ a
ضریب رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۳٤±۰/۲۷ a	۲/۸٤±۰/۳۹ b	۲/۷٦±۰/۲۸ b

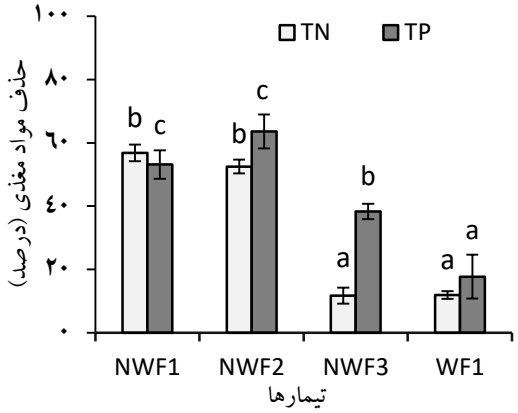
حروف انگلیسی غیر مشترک در هر سطر نشان دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین تیمارها با یکدیگر می باشند ($P<0.05$)

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

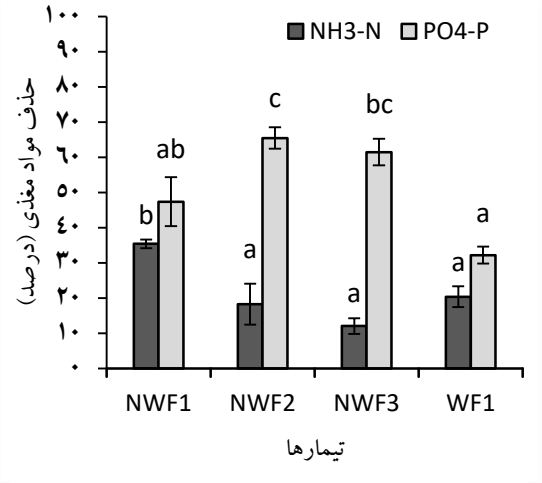
میزان قابلیت حذف مواد مغذی در پساب خروجی پرورش کرم نرئیس در اشکال ۲ تا ۵ نشان داده شده است. بالاترین قابلیت حذف میزان نیتروژن کل (TN) در دو تیمار NWF_1 و NWF_2 به ترتیب دارای ۵۶/۸۶ و ۵۲/۵۱ درصد بدون اختلاف آماری بین آنها بود. کمترین کارآیی حذف TN در تیمارهای NWD_3 (۱۱/۷۶ درصد) و WF_1 (۱۱/۹۳ درصد) مشاهده گردید (شکل ۲).

بالاترین کارآیی حذف فسفر کل (TP) در تیمار NWF_2 با کاهش ۶۳/۵۷ درصد مشاهده گردید که با تیمار NWF_1 اختلاف معنی‌داری نشان نداد (P>0/05). قابلیت حذف TP شرایط تقریبا مشابهی را با فاکتور TN در این سیستم پرورش نشان داد (شکل ۲).



شکل ۲: درصد میزان حذف فاکتورهای نیتروژن کل (TN) و فسفر کل (TP) در تیمارهای مختلف طی دوره آزمایش (حروف انگلیسی غیر مشترک نشان دهنده تفاوت معنی دار میانگین تیمارها با یکدیگر می باشند)

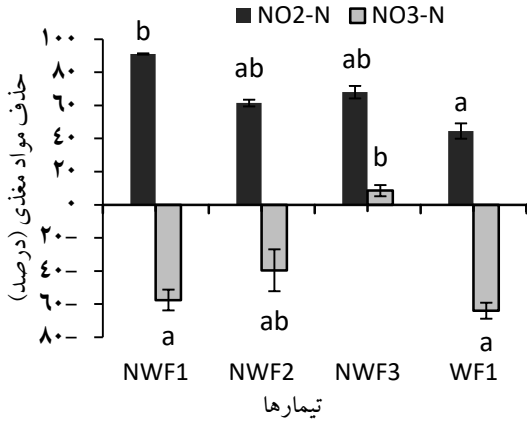
درصد قابلیت حذف فاکتور آمونیاک (NH_3-N) در تیمار NWF_1 که از کمترین تراکم ماهی برخوردار بود بیشتر از سایر تیمارها مشاهده گردید و اختلاف معنی داری با سایر تیمارها داشت. کمترین کارآیی حذف فاکتور آمونیاک (NH_3-N) در تیمار NWF_3 (۱۲/۰۵ درصد) مشاهده شد. بیشترین و کمترین قابلیت حذف میزان فسفات (PO_4-P) به ترتیب در دو تیمار NWF_2 (۶۵/۴۶ درصد) و WF_1 (۳۲/۲۱ درصد) بود و همچنین از نظر آماری اختلاف معنی داری بین تیمارهای NWF_2 و NWF_3 مشاهده نگردید (P>0/05) (شکل ۲).



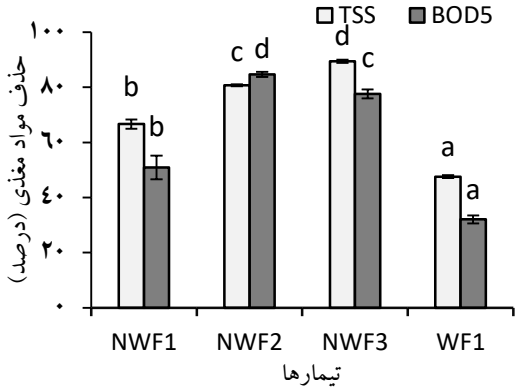
شکل ۳: درصد میزان حذف فاکتورهای آمونیاک (NH_3-N) و فسفات (PO_4-P) در تیمارهای مختلف طی دوره آزمایش (حروف انگلیسی غیر مشترک نشان دهنده تفاوت معنی دار میانگین تیمارها با یکدیگر می باشند)

بالاترین و پایین ترین قابلیت حذف میزان نیتریت (NO2-N) در دو تیمار NWF_1 و WF_1 به ترتیب دارای ۹۱ و ۴۴/۵ درصد با دارابودن اختلاف آماری بین آنها (P<0/05) تعیین گردید. سیستم دارای کرم نرئیس در کارآیی حذف میزان نیترات به جزء تیمار NWF3 تاثیر بسزایی نداشت و اختلاف معنی داری بین تیمارهای NWF_2 و NWF_3 مشاهده نگردید (P>0/05) (شکل ۴).

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]



شکل ۴: درصد میزان حذف فاکتورهای نیتریت (NO_2-N) و نیترات (NO_3-N) در تیمارهای مختلف طی دوره آزمایش (حروف انگلیسی غیر مشترک نشان دهنده تفاوت معنی دار میانگین تیمارها با یکدیگر می باشند)



شکل ۵: درصد میزان حذف فاکتورهای BOD_5 و کل مواد معلق آب (TSS) در تیمارهای مختلف طی دوره آزمایش (حروف انگلیسی غیر مشترک نشان دهنده تفاوت معنی دار میانگین تیمارها با یکدیگر می باشند)

بیشترین قابلیت حذف مواد معلق آب (TSS) توسط سیستم پرورش ترکیبی ماهی و کرم نرئیس متعلق به تیمار NWF_3 به میزان ۸۹/۴۳ درصد، با وجود بالاترین تراکم از ماهی بود. کمترین کارآیی حذف مواد معلق آب مربوط به تیمار WF_1 (۴۷/۵۹ درصد) بود. همچنین بیشترین قابلیت حذف میزان BOD_5 در دو تیمار NWF_2 و NWF_3 به ترتیب دارای ۸۴/۶۶ و ۷۷/۶ درصد بود و از نظر آماری اختلاف معنی داری بین آنها مشاهده نگردید ($P<0/05$). کمترین میزان حذف BOD_5 مربوط به تیمار WF_1 (۳۲ درصد) بود که در سیستم از کرم نرئیس استفاده نگردید (شکل ۵).

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کرم نرئیس نقش مهمی را در کاهش مواد مغذی پساب در سیستم پرورش ترکیبی با فیل ماهی نشان می‌دهد. همچنین بر اساس اطلاعات بدست آمده در این بررسی نشان داد که طراحی چنین سیستمی می‌تواند باعث رشد کرم نرئیس گردد. روند رشد فیل ماهیان با افزایش تراکم همانطور که انتظار می‌رفت باعث اختلافاتی در بین تیمارها گردید به عنوان مثال تیمار NWF_3 که از بیشترین تراکم ماهی برخوردار بود کمترین ضریب رشد ویژه را به خود اختصاص داد. همچنین هیچگونه اختلافی بین تیمار NWF_1 و WF_1 که از تراکم یکسانی برخوردار بودند مشاهده نگردید. بیوماس کرم در تیمار NWF_2 (کرم تغذیه شده از پساب فیل ماهی با تراکم ۴-۳ کیلو گرم در مترمربع) به میزان ۲۶۵ گرم در متر مربع افزایش یافت که بیش از ۳ برابر بیوماس اولیه کرمها بود. Brown و همکاران (۲۰۱۱) میزان ضریب رشد ویژه کرم *N. virens* تغذیه شده از مدفوع ماهی

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

هـالیبوت را در یـک دوره آزمایشـی ۷۱ روزه ۳ درصـد در روز بدســت آوردنــد Honda و Kikuchi (۲۰۰۲). ضـریب رشـد ویـژه کـرم پرتـار *Pereinereis nuntia vallata* تغذیه شده با مدفوع فلاندر را ۱/۶۶ درصـد در روز تعیین نمودند. در این بررسی، بیشترین ضریب رشد ویژه کرم نرئیس تغذیه شده با پسـاب فیـل مـاهی بطـور میانگین ۲/۸۴ درصد در روز در تیمـار NWF_2 در یـک دوره تقریبا ۸ هفته‌ای اندازه‌گیری شد کـه بـا یافتـه‌هـای Brown و همکــاران (۲۰۱۱) مطابقــت داشــت. ایــن موضوع ممکن است بدلیل مناسب بودن و عدم آلودگی محل زیست کرم‌های نرئیس بدلیل وجود مواد مغذی به میزان مورد نیاز آنها باشد.

نتایج درصـد کـاهش مـواد مغـذی پسـاب در میـان تیمارها نشان داد که بیشترین قابلیت حذف مـواد مغـذی به ترتیب در فاکتورهای نیتریت، نیتروژن کل، فسفر کل و BOD_5 با مقـادیر ۹۱ ، ۵۷ ، ۵۳ و ۴۶ درصـد در تیمـار NWF_2 مشاهده شـد. کـاهش میـزان نیتریـت و نیتـروژن کل در مقایسـه بـا سـایر فاکتورهـا احتمـالا بـدلیل رشـد باکتریهای نیتریفیکاسیون مـی‌باشـد کـه باعـث مـی‌شـود ترکیبات نیتروژن با سمیت بیشتر به ترکیبـات بـا سـمیت کمتری تبدیل گردد (Kunihiro *et al*., 2008).

میزان مواد معلق آب در خروجی تانـک‌هـای کـرم در تمام تیمارها بطور معنی‌داری کمتر از سـطح ورودی آب بود ($p<0/05$). تیمار NWF_2 بیشترین میزان حـذف مـواد معلـق را در سیسـتم نشـان داد. عـلاوه بـر اینکـه رسوبات شنی می‌تواند خود در کاهش TSS موثر باشـد ولی با توجه به اختلافی که در میزان حذف این فـاکتور در تیمارها وجود دارد می‌توان به نقش کـرم نـرئیس در کاهش میـزان مـواد معلـق اشـاره نمـود. همچنـین نتـایج آزمایش نشان داد که کارآیی بهینـه در حـذف پـروتئین کل (TP) در تیمار NWF_2 مشاهده شد.

کارآیی هضم آمونیاک دفعی از متابولیسم پـروتئین ماهی یکی از بهترین شاخص‌ها در ارزیابی کیفیت غـذا می‌باشد. این موضـوع اثـرات میـزان تولیـد پسـاب را در محیط طبیعی نشـان مـی‌دهـد. نتـایج آزمـایش‌هـای ایـن بررسی نشان داد که تیمار NWF_2 کارآیی مناسبی را در حذف آمونیاک بازی نمود. این مسئله تـا حـدی ممکـن اسـت ناشـی از افـزایش فعالیـت جمعیـت باکتریهـای نیتریفیکاسیون باشد.

برخی از مواد مغـذی تولیـد شـده حاصـل از تولیـد ماهی می‌تواند به عنوان یک تولید ثانویـه مـورد اسـتفاده قرار گیرد. نتایج این مطالعـه بـا نتـایج Bischoff (۲۰۰۷) و Bischoff و همکــاران (۲۰۰۹) مطابقــت داشــت بطوریکه آنهـا بیـان داشـتند *N. diversicolor* از برخـی ضایعات به عنوان منبع غذای اولیـه اسـتفاده مـی‌کننـد و رشد قابل ملاحظـه‌ای را از تغذیـه از ذرات خروجـی بـه عنوان یک ماده مغذی بـا ارزش ماننـد اسـیدهای چـرب نشان مـی‌دهنـد. کـرم نـرئیس *(N. diversicolor)* یـک گونه همه چیزخوار است و از منابع غذایی مختلفی می‌تواند تغذیه نماید (Rönn *et al*., 1988) که بطور عمده می‌توان به خوردن جلبکها یا فیلتراسیون مواد آلی معلـق آب (Riisgard, 1994) اشاره نمود.

در مطالعــه‌ای کــه توســط Honda و Kikuchi (۲۰۰۲) بر روی کرم پرتار *Perenereis vallata* انجـام شد دریافتند که این کـرم قـادر اسـت از مـدفوع ماهیـان *Paralichthys olivaceus* تغذیـه و نصـف نیتـروژن هضم شده توسـط مـاهی را بـه بافـت بـدن کـرم تبـدیل نماینـد. Batista و همکـاران (۲۰۰۳) همچنـین پیشـنهاد کردند که مدفوع خارج شده از صدف *R. decussates*

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

دارای مواد آلی بوده و به عنوان یک بستر مناسب برای حضور و فعالیت باکتریها و پروتوزوآ که منبع غذایی خوبی برای *N. diversicolor* هستند می‌باشند.

نتایج تیمارهای NWF_1 و NWF_2 نشان داد که کیفیت آب سطح رسوب تاثیر زیادی در بازماندگی کرمها بازی می‌کند. میزان کاهش مواد مغذی پساب حاصل از پرورش فیل ماهی باید متناسب با تراکم آن باشد و کاهش میزان ۱۴/۹ گرم مواد آلی در هر روز با تراکم ۲۰۰۰ کرم در متر مربع از نتایج بدست آمده در این مطالعه بود. این نتیجه تا حدودی با کاهش روزانه ۳۳/۲ گرم مواد آلی با تراکم ۸۰۰۰ کرم نرئیس در متر مربع گزارش شده توسط Muller (۱۹۹۷) مطابقت داشت. پساب حاوی مواد آلی در این بررسی به عنوان یک جیره با کیفیت بالا توانست مورد استفاده قرار گیرد و به بیوماس کرم نرئیس تبدیل گردد و این موضوع می‌تواند یکی از راه حل پایدار برای رفع مشکل آلودگی مواد آلی موجود باشد (Garcia-Alonso *et al*., 2008).

Palmer (۲۰۱۰) به این نتیجه رسید که میزان زی-توده کرم‌های تولید شده در سیستم‌های PASFs (Polychaete Assisted Sand Filters) جهت تغذیه مولدین میگو و ماهی مناسب بوده و شواهد زیادی وجود دارد که سیستم‌های PASFs به مزایای دوگانه تصفیه فاضلاب جهت مدیریت زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری از طریق یک محصول ثانویه با ارزش به طور انحصاری با استفاده از مواد مغذی فضولات اشاره می-کند.

بنابراین نتایج به دست آمده از فاکتورهای رشد و کاهش مواد مغذی پساب حاصل از پرورش فیل ماهی توسط کرم پرتار و همچنین دستیابی به یک محصول ثانویه نشان داد که این بررسی از اهمیت زیادی برخوردار بود و باعث ارتقاء بهره‌وری سیستم گردید. وجود سیستم پرورش کرم نرئیس با استفاده از پساب پرورش فیل ماهی در تراکم ۴-۳ کیلو گرم در متر مربع نه تنها باعث بیشترین میزان حذف مواد مغذی آن می-گردد بلکه نقش مهمی را از نظر اقتصادی بدلیل عدم هزینه غذا برای تغذیه کرم نرئیس بازی می‌کند.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از حمایتهای مالی پارک علم و فناوری استان گیلان و همچنین از راهنمایی‌های اساتید گروه شیلات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، مسئولین و کارشناسان محترم موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کمال تشکر و قدردانی را می‌نماییم.

منابع

۱. پورعلی، ح. ر. و محسنی م.، ۱۳۸۶. بررسی کمی و کیفی تراکم، تغذیه و آب در پرورش ماهیان خاویاری. فصلنامه علمی، پژوهشی و آموزشی آبزیان، ۵(۱۱)، ۴۸-۳۷.

۲. صادقی راد، م.، شناور ماسوله، ع.، جلیل پور، ج.، ارشد، ع. و پورعلی، ح. ر. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی آب در مراحل مختلف (انکوباسیون، ونیرو و استخر) کارکاه تکثیر و پرورش بر میزان بقای بچه ماهیان خاویاری. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۷(۲)، ۷۲-۶۱.

۳. هرسیج، م. و آدینه، ح. ۱۳۹۶. امکان‌سنجی پرورش ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

در پساب تصفیه شده از ضایعات کشتارگاه طیور: بررسی کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات بدن. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۱۱(۳)، ۱۳۵-۱۲۳.

4. American Public Health Association (APHA), 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. APHA, Washington, DC.
5. Batista, F.M., Costa, P.F.E., Matias, D., Joaquim, S., Massapina, C., Passos, A.M., Pousao Ferreira, P., Cancela da Fonseca, L., 2003. Preliminary results on the growth and survival of the polachaete *N. diversicolor* (O. F. Müller, 1776), when fed with faeces from the carpet sheel clam *Ruditapes decussatus* (L., 1758). Boletín. Instituto Español de Oceanografía, 19, 443–446.
6. Bischoff, A.A., 2007. Solid Waste Reduction of Closed Recirculated Aquaculture Systems by Secondary Culture of Detritivorous Organisms. *PhD*-Thesis at the LeibnizInstitute of Marine Sciences, Kiel, Germany, 179 pp.
7. Bischoff, A.A., Fink, P., Waller, U., 2009. The fatty acid composition of *N. diversicolor* cultured in an integrated recirculated system: possible implications for aquaculture. Aquaculture, 296, 271–276.
8. Brown, N., Eddy, S. Plaud, S., 2011. Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm *N. virens*. Aquaculture, 322, 178–183.
9. Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P. Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. Aquaculture, 270, 1–14.
10. Danish Standard Method D.S., 1975. Water analysis – determination of ammonia-nitrogen. DS 224:1975, 8pp.
11. Diniz, M.T., 1992. Aspects of the potential of *Solea senegalensis* for aquaculture. Journal of Aquaculture and Fisheries Managmant, 23:515–520.
12. FAO, 2012. Yearbooks of fishery statistics. Downloaded from www.fao.org on December 10.
13. Folke, C., Kautsky, N., Berg, H., Jansson, A. Troell, M., 1998. The ecological footprint concept for sustainable seafood production: a review. Ecological Applications, 8, 63–71.
14. García-Alonso, J., Müller, C.T., Hardege, J.D., 2008. Influence of food regimes and seasonality on fatty acid composition in the ragworm. Aquatic Biology, 4, 7–13.
15. Henriksen, K., Rasmussen, M.B., Jensen A., 1983. Effect of bioturbation on microbial nitrogen transformations in the sediment and fluxes of ammonium and nitrate to the overlaying water. Ecological Bulletins, 35, 193–205.
16. Honda, H. Kikuch, K., 2002. Nitrogen budget of polychaete *P. nuntia vallata* fed on the faeces of Japanese flounder. Fisheries Science, 68, 1304–1308.
17. Hutchings, P., 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. Biodiversity and Conservation, 7, 1133–1145.
18. Kunihiro, T., Miyazaki, T., Uramoto, Y., Kinoshita, K., Inoue, A., Tamaki, S., Hama, D., Tsutsumi, H., Ohwada, K., 2008. The succession of microbial community in the organic rich fish-farm ediment during bioremediation by introducing artificially mass-cultured colonies of a small polychaete *Capitella* sp. I. Marine Pollution Bulltein, 57, 68–77.
19. Lau, P.S., Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., 1998. Carrageenan as a matrix for immobilizing microalgal cells for wastewater nutrients removal. Springer Verlag and Landes Bioscience, Berlin, Germany, 145-163.
20. Muller, C. T., 1997 Production of High Quality Life Diet from Aquaculture derived Organic Waste. Scientific Report, Project FAIR GT96 0603, 45p.
21. Palmer, P.J., 2010. Polychaete-assisted sand filters. Aquaculture, 306, 369–377.
22. Riisgard, H.U., 1994. Filter-feeding in the polychaete *N. diversicolor*: a review. Aquatic Ecology, 28,453–458.
23. Rönn C., Bonsdorff, E., Nelson, W.G., 1988. Predation as a mechanism of interference within infauna in shallow brackish water soft bottoms; experiments with an infauna predator, *N.*

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]

diversicolor O. F. Müller. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 116, 143-157.

24. Shpigel M., Neori A., Popper D.M., Gordin H., 1993. A proposed model for ‘‘environmental clean’’ land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. Aquaculture, 117, 115–128.

25. Tovar, A., Moreno, C., Mánuel-Vez, M. P., García-Vargas, M., 2000. Environmental impacts of intensive aquaculture in marine waters. Water Research, 34, 334-342.

26. Tsutsumi H., Inoue T., 1996. Benthic environment and macrobenthic communities in a cove with organically enriched bottom sediment due to fish farming for two decades. Benthos Research, 50, 39–49.

27. 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.liau.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.3.8]