Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

A comparative study of reducing the percentage of ammonia and nitrates in stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) farming effluents by *Hediste diversicolor*, *Gamarus* (*Gammarus aequicauda*) and reed plants (*Phragmites australis*)

Javad Saiadfar[1], Zabihollah Pajand[*2], Jalil Jalilpoor[3], Alireza Ashouri[4], Esmaeil Hosseinnia[5]

1. International Sturgeon Research Institute, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. E-mail: j_saiadfar@yahoo.com
2. Corresponding Author, International Sturgeon Research Institute, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. E-mail: zpajand@gmail.com
3. International Sturgeon Research Institute, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. E-mail: tjalilpoor@yahoo.com
4. International Sturgeon Research Institute, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. E-mail: alireza.ashouri52@gmail.com
5. International Sturgeon Research Institute, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. E-mail: esmaeilhosseinnia@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 02.12.2023
Revised: 03.20.2023
Accepted: 04.08.2023

Keywords:
Culture,
Gammarus,
Hediste,
Sturgeon,
Wastewater

ABSTRACT

The attention to the control of aquatic ponds and the optimum use of water consumption can reduce pollution of the environment and maintenance ecological conditions of the region. This study investigated the effect of artificial wetlands on the reduction of ammonia and nitrate factors and also physical and chemical changes loading in wastewater to improve water efficiency in stellate sturgeon ponds over a ten-month growth period. To conduct this research, 5 ponds (4 m^{-2}) and 5 cement canals were used. Three fiberglass ponds were used to culture of stellate sturgeon under the same conditions, two fiberglass ponds were used for culturing of *Hediste diversicolor* and Gammarus *(Gammarus aequicauda)* larvae, and cement channels were used to establish reed plants (*Phragmites australis*) in the treatments in the first to third rows, respectively. At this study was used 50% recyclution water and 50% freshwater. The ammonia and nitrate factors were measured in all ponds monthly. In the output of the reed plant, the highest percentage of ammonia (NH_3-N) and nitrate (NO_3-N) removal was related to the water that was passed through the *gammarus* ponds and stellate sturgeon, respectively. The results of percentage reduction of wastewater nutrients among the treatments showed that the highest ability to remove ammonia (15.6%), and nitrate (24%), was observed in the ponds of *Phragmites australis* and it also economically plays an important role due to the lack of food cost for feeding worms and *Gamarus*.

Cite this article: Saiadfar, Javad, Pajand, Zabihollah, Jalilpoor, Jalil, Ashouri, Alireza, Hosseinnia, Esmaeil. 2024. A comparative study of reducing the percentage of ammonia and nitrates in stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) farming effluents by *Hediste diversicolor*, *Gamarus* (*Gammarus aequicauda*) and reed plants (*Phragmites australis*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 13 (1), 189-202.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2023.21081.1746
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

بررسی مقایسه کاهش درصد آمونیاک و نیترات پساب پرورش ماهیان ازون‌برون توسط کرم نرئیس (*Hediste diversicolor*)، گاماروس (*Gammarus aequicauda*) و گیاه نی (*Phragmites australis*)

جواد صیادفر[۱]، ذبیح‌الله پژند*[۲]، جلیل جلیل‌پور[۳]، علیرضا عاشوری[٤]، اسماعیل حسین‌نیا[٥]

۱. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (ARRO)، رشت، ایران. رایانامه: j_saiadfar@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (ARRO)، رشت، ایران. رایانامه: zpajand@gmail.com

۳. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (ARRO)، رشت، ایران. رایانامه: tjalilpoor@yahoo.com

٤. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (ARRO)، رشت، ایران. رایانامه: alireza.ashouri52@gmail.com

۵. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (ARRO)، رشت، ایران. رایانامه: esmaeilhosseinnia@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۱۱/۲۳
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۱۲/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۱/۱۹

واژه‌های کلیدی:
ازون‌برون،
پساب،
پرورش،
کرم نرئیس،
گاماروس

چکیده

توجه به کنترل پساب استخرهای پرورش آبزیان و بهره‌برداری بهینه آب مصرفی، می‌تواند سبب کاهش آلودگی محیط زیست و حفظ شرایط اکولوژیک منطقه گردد. در این پژوهش تأثیر تالاب مصنوعی در میزان کاهش فاکتورهای آمونیاک و نیترات و تغییرات فیزیکی و شیمیایی پساب به‌منظور افزایش بهره‌وری آب حوضچه‌های ماهیان ازون‌برون برای مدت ۱۰ ماه مورد بررسی قرار گرفت. برای اجرای این پژوهش از ۵ حوضچه ٤ مترمربعی و ۵ کانال سیمانی استفاده گردید. سه حوضچه فایبرگلاس برای پرورش گونه ازون‌برون در شرایط کاملاً یکسان، دو حوضچه‌های فایبرگلاس برای پرورش لارو کرم پرتار نرئیس و گاماروس و کانال‌های سیمانی جهت استقرار گیاه نی به ترتیب در ردیف‌های اول تا سوم در تیمار و تکرارها مورد استفاده قرار گرفت. در این بررسی میزان ۵۰ درصد به صورت بازچرخانی و ۵۰ درصد آب تازه مورد استفاده قرار گرفت. فاکتورهای آمونیاک و نیترات به‌صورت ماهیانه از تمام حوضچه‌ها اندازه‌گیری گردیدند. در خروجی گیاه نی بیش‌ترین درصد قابلیت حذف میزان آمونیاک (NH_3-N) و نیترات (NO_3-N) به ترتیب مربوط به آبی بود که از حوضچه‌های گاماروس و پرورش ازون‌برون عبور داده شد. نتایج درصد کاهش مواد مغذی پساب در میان تیمارها نشان داد که

بیش‌ترین قابلیت حذف میزان آمونیاک و نیترات به میزان ۱۵/٦ و ۲٤ درصد در خروجی حوضچه‌های گیاه نی مشاهده شدند و هم‌چنین نقش مهمی را از نظر اقتصادی به‌دلیل عدم هزینه غذا برای تغذیه کرم نرئیس و گاماروس بازی می‌کند.

استناد: صیادفر، جواد، پژند، ذبیح‌الله، جلیل‌پور، جلیل، عاشوری، علیرضا، حسین‌نیا، اسماعیل (۱۴۰۳). بررسی مقایسه کاهش درصد آمونیاک و نیترات پساب پرورش ماهیان ازون‌برون توسط کرم نرئیس (*Hediste diversicolor*)، گاماروس (*Gammarus aequicauda*) و گیاه نی (*Phragmites australis*). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۳ (۱)، ۲۰۲-۱۸۹.
DOI: 10.22069/japu.2023.21081.1746

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

روش تالاب مصنوعی حاوی موجودات بنتیکی مانند کرم نرئیس و گاماروس و هم‌چنین گیاه نی، علاوه بر راهبری ساده، نیاز به فناوری ساده و مصرف انرژی کم در مقایسه با روش‌های معمول پالایش، روشی مناسب برای حذف آلاینده‌ها از آب بوده که در اصلاح و بهبود محیط زیست نیز مؤثر است (۱).

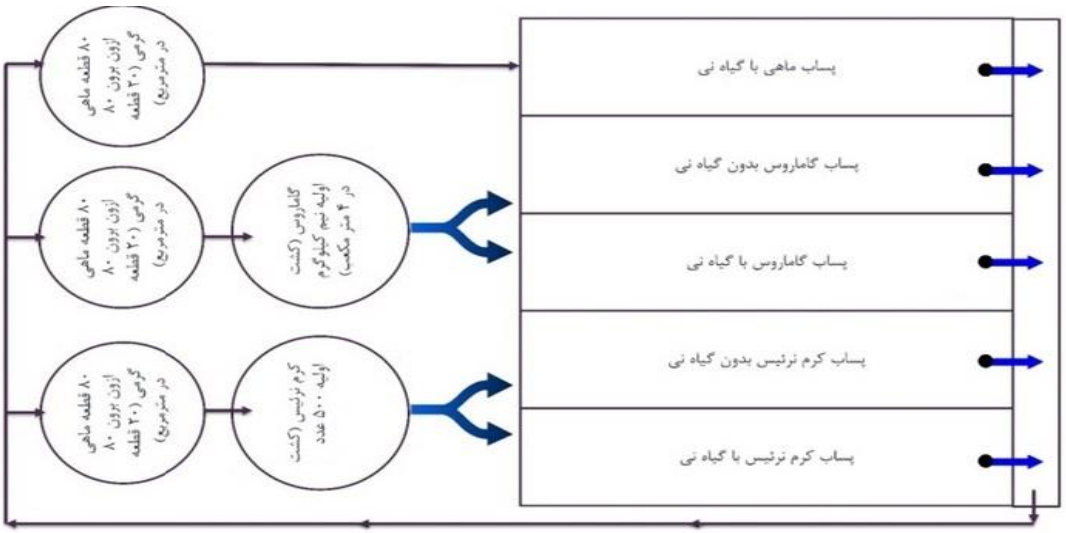
توسعه پرورش ماهیان طی سال‌های اخیر موجب توجه اثرات پساب به محیط زیست گردید. بر همین اساس پژوهش‌گران در توسعه تکنولوژی‌های جدیدی به منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از مواد مغذی حاصل از آبزی‌پروری متمرکز شدند (۲ و ۳). پژوهش‌گران زیادی در سراسر دنیا بر این باورند که با توسعه تکنولوژی‌های جدید می‌توان اثرات زیست‌محیطی ناشی از آبزی‌پروری را به‌ویژه در بهبود کیفیت آب و استفاده بهینه از آب خروجی توسط موجوداتی در سیستم آبزی‌پروری کاهش دهند (۲ و ۳). تجزیه این مواد جامد باعث افزایش آمونیاک، نیتریت، نیترات و کاهش اکسیژن محلول می‌شود که در نتیجه باعث کاهش کیفیت آب در گردش می‌شود (٤).

از سوی دیگر افزایش بهره‌وری با حداقل اثرات زیست‌محیطی یکی از مهم‌ترین اهداف توسعه آبزی‌پروری پایدار و مسئولانه محسوب می‌گردد. پیامدهای منفی زیست‌محیطی ناشی از احداث مزارع پرورش ماهی در بستر رودخانه و یا در جوار منابع آب طبیعی و علاوه بر آن تضاد بالقوه ذاتی توسعه آبزی‌پروری کنترل‌نشده با حفظ محیط زیست، سرمایه‌گذاری برای توسعه آبزی‌پروری را به مخاطره می‌اندازد. در شرایط فعلی تعداد زیادی از مزارع و کارگاه‌های پرورش آبزیان (ماهیان خاویاری و قزل‌آلا) در سواحل دریا و رودخانه قرار دارند و بیش‌ترین حجم آلودگی را با تخلیه پساب وارد محیط زیست می‌کنند (۵). خروج مقدار زیادی از غذای خورده نشده و نیمه هضم در پساب و تجمع آن به همراه مواد دفعی آبزیان پرورشی، تولید آمونیاک در آب می‌کند که در اثر اکسیداسیون به ترتیب به نیتریت و نیترات تبدیل می‌شود. امروزه پیشرفت علم و تکنولوژی متخصصان را قادر ساخته گام‌های بلند و مؤثری را در زمینه پالایش فاضلاب و پاکسازی محیط و بهره‌برداری بهینه از آب بردارند. در واقع تالاب مصنوعی تصفیه ارزان و مؤثر طی اثر متقابل آب، خاک، گیاه و میکروارگانیسم می‌باشد (٦). روش‌های تصفیه پساب با تالاب مصنوعی می‌تواند فاضلاب تصفیه شده، عاری از عوامل بیماری‌زا برای انتقال مجدد به استخرهای پرورش ماهی برای بهره‌برداری بهینه فراهم آورد. ماحصل این تصفیه برای آبیاری محصولات غذایی و سیستم‌های تولید آکواپونیک و هیدروپونیک هم استفاده می‌شود. با توجه به محدودیت منابع آب در کشور و به‌ویژه کمبود آب شیرین استفاده بهینه از منابع آب و پساب‌های تصفیه شده در موارد متعدد در آبزی‌پروری و کشاورزی ضروری می‌باشد. مطالعه در خصوص فیلترهای مکانیکی به همراه فیلتراسیون به کمک بی‌مهرگان شامل نرم‌تنان و هم‌چنین جلبک‌ها جهت افزایش کارآیی فیلتر مواد مغذی معلق و محلول آب انجام می‌شود (۷). برخی پژوهش‌گران 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 می‌کنند (۸ و ۹). کرم نرئیس از شاخه کرم‌های حلقوی (Annelidae) و از جمله پرتارانی (Polychaeta) است که در تغذیه انواع ماهیان اقتصادی کفزی‌خوار استفاده می‌شود. این موجود به‌دلیل تغذیه از مواد آلی پوسیده و یا مواد دفعی سایر جانوران از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. چندین مطالعه به منظور کاهش مواد غیرآلی با استفاده از

عادات غذایی پرتاران در سطح آزمایشگاهی و شرایط پرورش در پن انجام گردید (۱۰). بررسی در خصوص تأثیر کرم نرئیس بر کاهش بار مواد آلی پسآب مخازن پرورش ماهیان خاویاری با نتایج موفقی همراه بود (۱۱). گاماروس از انواع سخت‌پوستان ناجورپا متعلق به خانواده Gammaridae بوده که نقش و اهمیت زیادی در زنجیره غذایی و پالایش محیط از مواد آلی دارند. گاماریدها در دریاها و منابع آب‌های داخلی با تغذیه از ذرات مواد آلی محیط با منشأ گیاهی و جانوری و در برخی از گونه‌ها از طریق صید طعمه موجب انتقال ماده و انرژی به سطوح بالاتر زنجیره‌های غذایی محیط زیست می‌شوند (۱۲). سابقه پژوهش‌ها در خصوص نقش گاماروس در کاهش بار آلودگی پساب وجود ندارد. قلی‌پور و همکاران (۱۳۷۸) بر روی جمعیت فصلی گاماروس در خلیج میانکاله (۱۳) و زمان‌پور و همکاران (۱۳۷۹) در مورد پرورش گاماروس در آب شیرین در استان فارس بررسی‌هایی انجام دادند (١٤) و این در حالی است که پژوهشی در خصوص تصفیه پساب آبزیان با کشت انواع گاماروس انجام نشده است و هم‌چنین توان پالایش موجودات کفزی مانند کرم پرتار نرئیس همراه با تالاب مصنوعی برای نخستین بار در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. عابدیان و همکاران نیز بر روی تحمل گاماروس دریای خزر در شوری‌های مختلف پژوهش نمودند و نشان داد که مولدین و نوزادان آن شوری ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر را تحمل می‌کنند اما وضعیت آن‌ها در شوری ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بهتر بود هم‌چنین در شوری صفر تلفات داشتند (۱۵). بنابراین، یکی از نتایج حاصل از آبزی‌پروری چندمنظوره روش‌های عملی کاهش اثرات زیست‌محیطی 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 چندمنظوره سوق دهد مورد اشاره در این طرح بود. هدف از این پژوهش تصفیه آب خروجی استخرهای پرورش ماهیان خاویاری با استفاده از روش تلفیقی تالاب مصنوعی و موجودات بنتیک می‌باشد تا از یک طرف موجب بهبود کیفیت آب شده و از طرف دیگر امکان برگشت آب به حوضچه‌ها و استخرهای پرورش ماهی میسر گردد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، ایستگاه تحقیقات تاس‌ماهیان گیلان (چابکسر) و برای مدت ۱۰ ماه طی دوره رشد ماهیان ازون‌برون انجام گردید. برای اجرای این پژوهش از ۵ مخزن فایبرگلاس ٤ مترمربعی با عمق آبگیری ٤٠ سانتی‌متری و ۵ کانال سیمانی به ابعاد ۱۲۰ در ۳٤ سانتی‌متری و عمق آبگیری ٤٠ سانتی‌متری استفاده گردید. در ردیف اول ۳ مخزن فایبرگلاس جهت پرورش ماهی ازون‌برون و در هر کدام ۸۰ ماهی با میانگین وزنی ۱/۹۵ ± ۷۸/٤۸ گرمی انتقال یافت. در ردیف دوم ۲ مخزن فایبرگلاس در سطح پایین‌تر آن یکی جهت پرورش لارو کرم پرتار نرئیس با ۲۰۰۰ عدد کرم نرئیس و تراکم ۵۰۰ عدد در هر مترمربع و با وزن تقریبی ۳۵۰ گرم و در یک بستر ماسه‌ای- گلی و دیگری برای پرورش گاماروس با نیم کیلوگرم گاماروس ذخیره‌سازی شده در یک بستر ماسه‌ای و در نهایت در ردیف سوم تالاب مصنوعی مشتمل بر ۵ کانال سیمانی که شامل دو کانال بدون کشت گیاه نی (*Phragmites australis*) و سه کانال حاوی نی که یک ماه قبل از شروع این بررسی از مکان ساحلی همان منطقه ریزوم های آن کشت و کاملاً سبز شده بود مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱).



شکل ۱- شماتیک طراحی مخازن و حوضچه‌های سیمانی محل استقرار پرورش ازون‌برون، کرم نرئیس، گاماروس و گیاه نی.

در ابتدای دوره ماهی ازون‌برون در اوزان متوسط ۸۰ گرم به تعداد ۱۵ عدد در مترمربع با تراکم آغازین ۱/۲ کیلوگرم در مترمربع به در مخازن پرورش داده شدند. تعداد ۲۴۰ عدد ماهی ازون‌برون در شروع پروژه مورد استفاده قرار گرفت. ماهیان خاویاری این پروژه با استفاده از غذای کنسانتره کارخانه به میزان ۳ درصد وزن توده زنده در سه وعده در طول شبانه‌روز، تغذیه شدند و آب خروجی حاصل از پرورش ماهی به‌طور جداگانه و مساوی توسط سه لوله به ترتیب یکی وارد مخزن فایبرگلاس حاوی کرم نرئیس و یکی دیگر به مخزن فایبرگلاس حاوی گاماروس و سومی مستقیماً به دو کانال سیمانی هدایت گردیدند. یکی از این کانال‌ها حاوی گیاه نی و دیگری فاقد گیاه نی بودند. هم‌چنین خروجی هر کدام از مخازن حاوی کرم نرئیس و گاماروس نیز به طور مساوی به دو کانال سیمانی که یکی حاوی گیاه نی و دیگری فاقد گیاه نی بودند هدایت شدند. در انتهای کانال‌های سیمانی، همه آب‌های مخازن در یک مخزن سیمانی جمع‌آوری شده و به میزان ۵۰ درصد به صورت بازچرخانی مجدداً در پرورش ماهیان مورد بررسی مورد استفاده قرار گرفتند. ۵۰ درصد آب سیستم از یک چاه سطحی دارای شوری ۸ تا ۱۰ گرم در هزار در فصول مختلف تامین گردید. ۵۰ درصد آب چاه و ۵۰ درصد آب خروجی پساب با هم ترکیب شده و وارد مخزن نیم تنی گردید تا به صورت ثقلی وارد تانک‌های پرورش ماهی شوند. به منظور بررسی اثر کرم نرئیس و گاماروس و همین‌طور گیاه نی در زیست‌پالایی آب خروجی حاصل از پرورش ماهیان خاویاری شش تیمار با ورودی و خروجی مجزا در یک سیستم بازچرخانی در نظر گرفته شد. در این بررسی سه تیمار شامل پساب ماهی ازون‌برون + گیاه نی، پساب کرم نرئیس + گیاه نی، پساب گاماروس + گیاه نی، کانال بدون نی با پساب کرم نرئیس و در نهایت کانال بدون نی با پساب گاماروس) مورد آزمایش قرار گرفتند. عواملی مانند دمای آب و هوا به صورت روزانه و pH و اکسیژن محلول آب به صورت هفتگی و آمونیاک و نیترات به صورت ماهیانه و به‌طور جداگانه از تمام خروجی حوضچه‌های مورد بررسی با استفاده از کیت‌های استاندارد و دستگاه اسپکتروفتومتر مدل HACH آب

اندازه‌گیری شد. آنالیز عوامل فیزیکی و شیمیایی آب با استفاده از روش کار استاندارد متد برای آزمایش آب ارائه شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا انجام شد (APHA, 1992). روزانه کف مخازن سیفون شده و بقایای مواد غذایی و دفعی از حوضچه‌های ماهی به داخل مخازن پرورش لارو کرم نرئیس و گاماروس و نی‌زار انتقال داده شدند.

در صورت تعیین نرمال بودن و همگنی داده‌ها با کمک آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، مقایسه میانگین بین تیمارها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای جداسازی گروه‌های همگن از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P<۰/۰۵) با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده گردید.

نتایج

بر اساس جدول ۱، میانگین حداقل میزان درجه حرارت آب در تیمار پرورش گاماروس با میزان ۰/٦۹ ± ۲۱/٦۵ و حداکثر آن با عدد ۲/۱۹ ± ۲۲/٤۵ درجه سانتی‌گراد به ثبت رسید و میانگین دمای آب در تیمارهای مختلف پرورشی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نگردید. کم‌ترین میانگین اکسیژن محلول آب در تیمار پرورش کرم نرئیس با میزان ۰/۰٦ ± ۵/۷۸ میلی‌گرم در لیتر و بیش‌ترین میانگین اکسیژن محلول آب در تیمار پرورش کرم نرئیس با میزان ۰/۰٤ ± ٦/۵۸ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. هم‌چنین میزان pH آب در این بررسی تغییر چندانی نداشت. میزان اکسیژن و pH آب اختلاف معنی‌داری نداشتند.

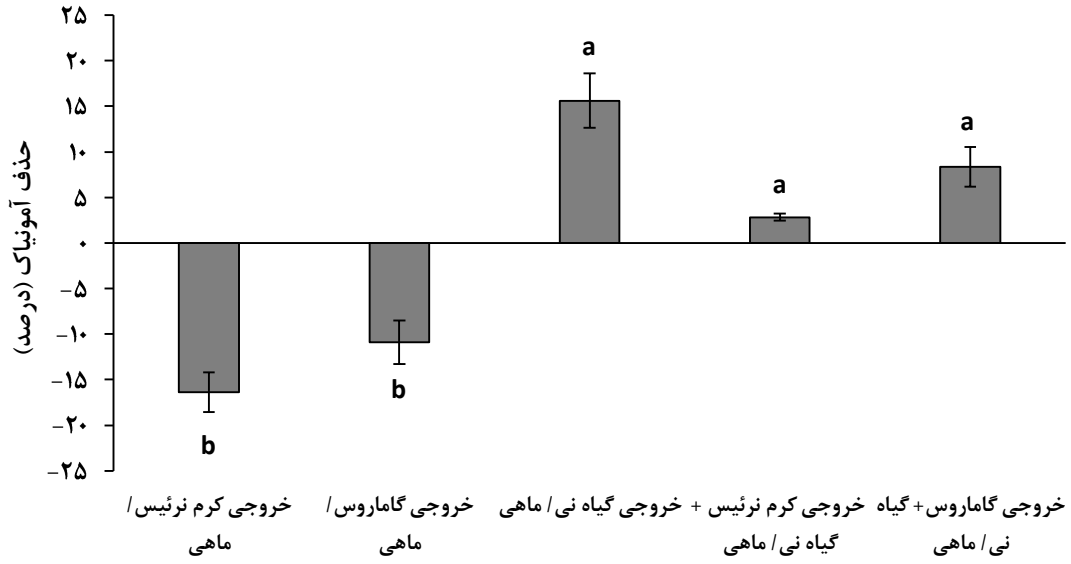
جدول ۱- مقایسه میانگین دمای آب (سانتی‌گراد)، اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر) و pH آب در تیمارهای مختلف در طول دوره پرورش.

تیمار	دمای آب	اکسیژن آب	pH آب
گیاه نی	۲۲/٤۵ ± ۲/۱۹	٦/۳۳ ± ۰/۱٤	۸/۲۵ ± ۰/۱٤
ماهی	۲۱/۷٦ ± ۱/۵۵	٦/۵۸ ± ۰/۰٤	۸/۲۲ ± ۰/۰٤
گاماروس	۲۱/٦۵ ± ٦۹۱	٦/۰۹ ± ۰/۰۳	۸/۲٤ ± ۰/۰۳
کرم نرئیس	۲۱/٦۷ ± ۱/٦۸	۵/۷۸ ± ۰/۰٦	۸/۳۲ ± ۰/۰٦

بر اساس نتایج فاکتورهای رشد نهایی در پایان دوره بررسی وزن و طول نهایی و ضریب چاقی بچه‌ماهیان ازون‌برون به ترتیب ۱۵/۷۸ ± ۱۰۳۸/۳۰ گرم، ۰/٤۷ ± ۷۲/۹۷ سانتی متر، ۰/۰۰۱ ± ۰/۲۷ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. هم‌چنین درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، میانگین رشد روزانه و ضریب تبدیل غذایی در این بچه‌ماهیان به ترتیب ۲۷/۸۵ ± ۱٤۱۸/۱٦ درصد، ۰/۰۰٦ ± ۰/۹۱ درصد در روز، ۰/۰۹ ± ٤/۷۳ درصد و ۰/۱۲ ± ۱/۵٤ محاسبه گردید. ماهیان در کل دوره بررسی تلفاتی نداشت و درصد بازماندگی ۱۰۰ درصد بود.

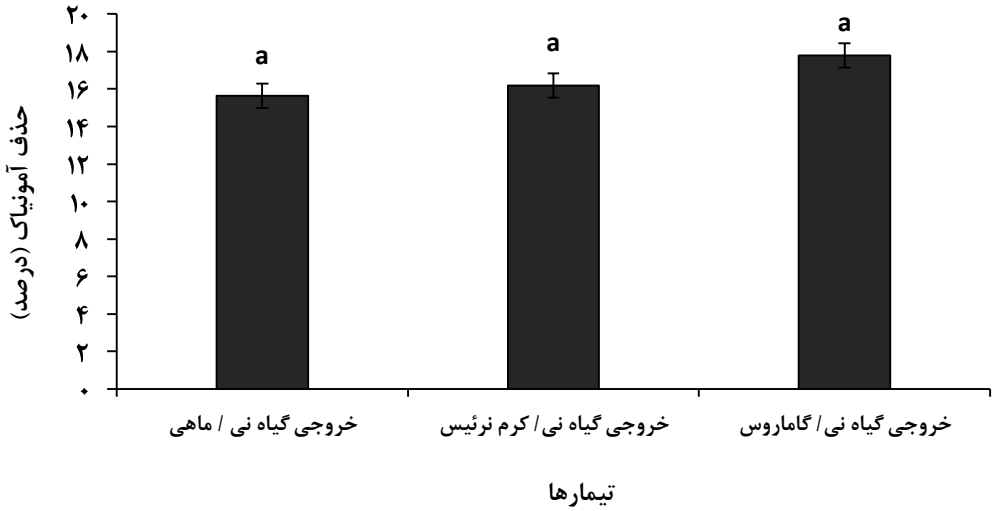
در مجموع میزان ۲۰۵۵ گرم کرم نرئیس و ۳٤٦۰ گرم گاماروس برداشت گردید و تلفاتی در ماهیان ازون‌برون مشاهده نگردید.

بیش‌ترین و کم‌ترین قابلیت حذف میزان آمونیاک (NH_3-N) در خروجی‌های گیاه نی و کرم نرئیس به‌ترتیب دارای ۱۵/٦ و ۱٦/۳- درصد با دارابودن اختلاف آماری بین آن‌ها (P<۰/۰۵) مشاهده گردید (شکل ۲). بر اساس آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) سیستم دارای کرم نرئیس و گاماروس در کارآیی حذف میزان آمونیاک تأثیر به‌سزایی نداشت و اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمارها مشاهده نگردید (F=٤/۰۸۲، df=٤، P=۰/۰۰۷).



شکل ۲- درصد حذف آمونیاک در خروجی آب تیمارهای مختلف در مقایسه با خروجی آب ازون‌برون.
حروف انگلیسی غیرمشترک در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین تیمارها با یکدیگر می‌باشند (n=۳؛ P<۰/۰۵).

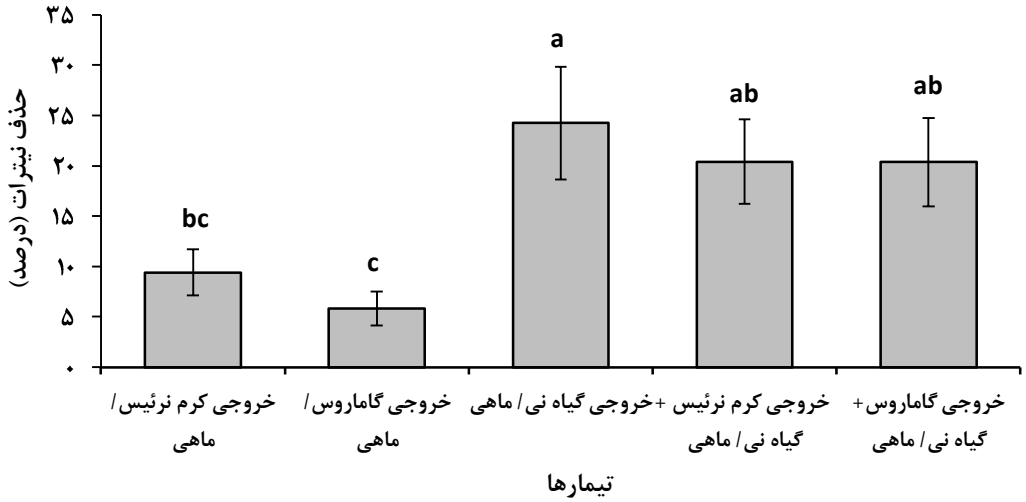
مشاهده بیش‌ترین درصد قابلیت حذف میزان آمونیاک (NH_3-N) در خروجی گیاه نی مربوط به آبی بود که از حوضچه‌های گاماروس عبور داده شد (F=۰/۰۵۳، df=۲، P=۰/۹۴۹) (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه درصد حذف آمونیاک خروجی‌های آب حاصل از گیاه نی با تیمارهای مختلف آزمایشی.
حروف انگلیسی مشترک در هر سطر نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها با یکدیگر می باشند (n=۳؛ P>۰/۰۵).

بیش‌ترین و کم‌ترین قابلیت حذف میزان نیترات (NO_3-N) در خروجی‌های گیاه نی و گاماروس به ترتیب دارای ۲٤ و ۵/۸ درصد با دارا بودن اختلاف آماری بین آن‌ها (P<۰/۰۵) مشاهده گردید (شکل ٤). بر اساس آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (Oneway ANOVA) سیستم دارای کرم نرئیس و

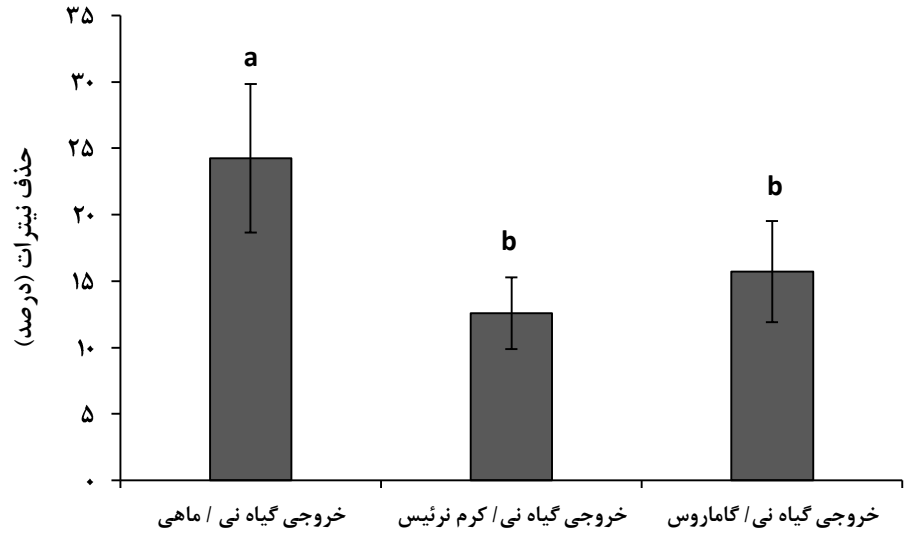
گاماروس در کارآیی حذف میزان نیترات تأثیر به‌سزایی نداشت و اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمارها مشاهده نگردید (F=٤/١٥٦، df=٤، P=٠/٠٠٧).



شکل ٤- درصد حذف نیترات در خروجی آب تیمارهای مختلف در مقایسه با خروجی آب ازون‌برون.

حروف انگلیسی غیرمشترک در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین تیمارها با یکدیگر می‌باشند (n=٣؛ P<٠/٠٥).

بیش‌ترین درصد قابلیت حذف میزان نیترات (NO_3-N) در خروجی گیاه نی مربوط به آبی بود که مستقیماً از ماهی ازون‌برون وارد تالاب حاوی گیاه نی گردید و این قابلیت در زمانی که از حوضچه‌های کرم نرئیس و گاماروس عبور داده شد کم‌تر بود (F=٣/١٥٣، df=٤، P=٠/٠٣٥) (شکل ٥).



شکل ٥- مقایسه درصد حذف نیترات خروجی‌های آب حاصل از گیاه نی با تیمارهای مختلف آزمایشی.

حروف انگلیسی غیرمشترک در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین تیمارها با یکدیگر می‌باشند (n=٣؛ P<٠/٠٥).

بحث

گونه ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) یکی از با ارزش‌ترین ماهیان تجاری دریای خزر محسوب می‌شود که پساب خروجی حوضچه‌های پرورش ماهی دارای مواد زائد زیادی مانند نیتروژن، فسفر، غذاهای خورده نشده و فلور میکروبی روده ماهی است (۱۶) که با رهاسازی به اکوسیستم‌های طبیعی باعث آلودگی، شکوفایی جلبکی و در نتیجه تغییر ساختار اکوسیستم‌های رودخانه‌ها و دریاچه‌ها می‌شود (۱۷). با ملزم نمودن مزارع به طراحی اصولی می‌توان از خطرات زیست‌محیطی ناشی از پساب آن‌ها جلوگیری نمود. بنابراین، افزایش بهره‌وری با کم‌ترین اثرات منفی زیست‌محیطی یکی از مهمترین موضوعات توسعه آبزی‌پروری پایدار محسوب می‌گردد (۱۰).

نتایج مطالعه حاضر از روند رشد ماهیان ازون‌برون بر اساس نتایج زیست‌سنجی نشان داد، وزن ماهیان از روند افزایشی برخوردار بود. در این بررسی، بیش‌ترین نرخ رشد ویژه (SGR) بچه‌ماهیان ازون‌برون ۰/۰۶ ± ۱/۱۷ به‌دست آمد. هم‌چنین بر اساس اطلاعات به‌دست آمده در این بررسی نشان داد که طراحی چنین سیستمی می‌تواند باعث رشد کرم نرئیس و گاماروس گردد.

نتایج فوق با نتایج مطالعات پژند و همکاران در (۱۳۹۸) در بررسی کارآیی حذف مواد مغذی پساب حاصل از تراکم‌های مختلف پرورش فیل‌ماهی (*Huso huso*) توسط کرم پرتار دریایی (*H. diversicolor*) نیز مطابقت داشت (۱۸). در بررسی اخیر بیوماس کرم نرئیس که در شروع آزمایش با تراکم ۵۰۰ عدد در مترمربع کشت داده شده بود (۳۵۰ گرم به ازای ٤ مترمربع) در نهایت به میزان ۲۰۵۵ گرم در ٤ مترمربع افزایش یافت که بیش از ۵ برابر بیوماس اولیه کرم‌ها بود. هم‌چنین بیوماس گاماروس که در شروع آزمایش با تراکم ۰/۵ کیلوگرم در ٤ مترمربع کشت داده شده بود در انتها به میزان ۳٤٦۰ گرم در ٤ مترمربع افزایش یافت که بیش از ٦/۹ برابر بیوماس اولیه گاماروس‌ها بود. نتایج مشابه با بررسی حاضر در سایر گونه‌های نشان داد میزان ضریب رشد ویژه کرم *H. virens* تغذیه شده از مدفوع ماهی هالیبوت در یک دوره آزمایشی ۷۱ روزه ۳ درصد در روز می‌باشد (۱۹). هم‌چنین ضریب رشد ویژه کرم پرتار *Pereinereis nuntia vallata* تغذیه شده با مدفوع فلاندر ۱/٦٦ درصد در روز تعیین شد (۱۰).

نتایج درصد کاهش مواد مغذی پساب در میان تیمارها نشان داد که بیش‌ترین قابلیت حذف میزان نیترات ($N\text{-}NO_3$) در خروجی حوضچه‌های گیاه نی با مقدار ۲٤ درصد مشاهده شد. کاهش میزان نیترات در مقایسه با سایر فاکتورها احتمالاً به‌دلیل رشد باکتری‌های نیتریفیکاسیون می‌باشد که باعث می‌شود ترکیبات نیتروژن با سمیت بیش‌تر به ترکیبات با سمیت کم‌تری تبدیل گردد (۲۰).

طبق نظر کمیسیون ماهی‌گیری آب‌های داخلی اروپا معمولاً آمونیاک در سطوح ۲-۰/٦ میلی‌گرم در لیتر در کوتاه‌مدت منجر به مسمومیت می‌شود. سایر پژوهش‌گران حداکثر غلظت قابل تحمل برای آمونیاک را ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر در نظر می‌گیرند. ولی غلظت مطلوب پائین‌تر از این حد می‌باشد. هنگامی‌که غلظت اکسیژن محلول پائین است، سمیت آمونیاک غیر یونیزه بیش‌تر می‌شود، اما از آن‌جایی‌که با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن سمیت آمونیاک کاهش می‌یابد، این مسأله از اهمیت کمی در استخرهای پرورشی برخوردار است (۲۱). نتایج بررسی اخیر درصد کاهش مواد مغذی پساب در میان تیمارها را نشان داد که بیش‌ترین قابلیت حذف میزان آمونیاک ($NH_3\text{-}N$) در خروجی گیاه نی مربوط به آبی بود که از حوضچه‌های گاماروس عبور نمود (۱۵/٦ درصد).

کارآیی هضم آمونیاک دفعی از متابولیسم پروتئین ماهی یکی از بهترین شاخص‌ها در ارزیابی کیفیت غذا می‌باشد. این موضوع اثرات میزان تولید پساب را در محیط طبیعی نشان می‌دهد. نتایج آزمایش‌های این بررسی نشان داد که قابلیت حذف میزان آمونیاک (NH_3-N) در خروجی گیاه نی کارآیی مناسبی را در حذف آمونیاک بازی نمود. این مسأله تا حدی ممکن است ناشی از افزایش فعالیت جمعیت باکتری‌های نیتریفیکاسیون باشد. این در حالی است که توانایی حذف میزان آمونیاک (NH_3-N) در خروجی کرم نرئیس و گاماروس کارآیی مناسبی را در حذف آمونیاک بازی ننمود. این موضوع شاید به این دلیل باشد که علاوه بر مواد دفعی ماهی نیز این موجودات دارای مواد دفعی می‌باشند که باعث افزایش میزان آمونیاک می‌گردد و قابلیت حذف آمونیاک روند کاهشی را به دنبال داشت. پژوهش‌های پیشین نشان داد که گیاهان هالوفیت کاربرد مناسبی در گیاه‌پالایی منابع آبی دارند. گیاه نی می‌تواند رشد بسیار خوبی در آب‌های غنی از مواد مغذی داشته باشد (۲۲). از آن‌جایی‌که کاربرد سیستم‌های مرسوم تصفیه پساب در واحدهای کشاورزی و صنعتی بسیار پر هزینه است، بنابراین در صورت در دسترس بودن زمین کافی، استفاده از سیستم‌های تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی، مناسب و مقرون به صرفه خواهد بود (۲۳).

درجه حرارت به‌واسطه تأثیر بر میزان فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد و نمو گیاهان باعث افزایش راندمان جذب مواد غذایی می‌شود. هم‌چنین فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی به درجه حرارت وابسته است و مشابه تکثیر و توزیع ارگانیسم‌های آبزی با اثرگذاری بر میزان فعل و انفعالات شیمیایی و سوخت و ساز ارگانیسم‌ها، نقش مهمی در انتقال اکسیژن محیط به تالاب، ازدیاد اکسیژن محلول در آب و در نهایت اکسیداسیون مواد آلی ایفا می‌کند. در بررسی حاضر میانگین حداقل میزان درجه حرارت آب در تیمار پرورش گیاهان نی با عدد ۱۱/۲۶ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن با عدد ۳۰/۳۵ درجه سانتی‌گراد به ثبت رسید. از طرفی میانگین حداقل میزان اکسیژن محلول آب در تیمار پرورش گیاه نی با عدد ۵/٤٦ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر آن با عدد ٦/۹۲ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد.

یکی از مناسب‌ترین مکانیسم‌های حذف نیتروژن در سامانه‌های تالابی، دنیتریفیکاسیون است (۲٤). به‌طورکلی سامانه‌های تالاب مصنوعی حاوی گیاه آبزی در کاهش مواد آلی و مواد غذایی آب‌های آلوده کارآمد می‌باشند و راندمان حذف مواد آلی آن‌ها بیش‌تر از راندمان حذف مواد غذایی است (۲۵). با این وجود نتایج کلی پژوهش تأثیر بیش‌تر تالاب‌های مصنوعی گیاهی در حذف مواد غذایی نسبت به تالاب‌های مصنوعی بدون گیاه را نشان داد، زیرا در تالاب‌های دارای گیاه علاوه بر جذب مواد غذایی، ریشه‌های گیاهان یک زیستگاه مناسب برای فعالیت‌های میکروبی فراهم می‌کنند و سبب افزایش جمعیت‌های میکروبی در این تالاب‌ها نسبت به تالاب‌های بدون گیاه می‌شوند و از طرفی در حذف مواد غذایی در همه تالاب‌ها فرایندهای میکروبی نقش اصلی دارند. هم‌چنین گیاهان آبزی با انتشار اکسیژن به‌وسیله فرایند فتوسنتز در محیط‌های آبی، اکسیژن لازم برای اکسید شدن آمونیوم به نیترات را به‌وسیله باکتری فراهم می‌کنند. از طرفی فرایند تنفس گیاهی می‌تواند سطح اکسیژن در تالاب‌ها را کاهش داده و فرایند دنیتریفیکاسیون را فعال کند و نیترات را به گاز نیتروژن تبدیل نماید که نتایج این پژوهش با پژوهش‌های Ayyasamy و همکاران (۲۰۰۹) و Tu و همکاران (۲۰۱٤) مطابقت داشته است (۲٦ و ۲۷). تالاب‌های مصنوعی به عنوان یک تکنولوژی مدرن و

فنآوری سبز با انرژی کم و الزامات عملیاتی کم‌تر، جایگزینی مناسب برای سیستم‌های تصفیه متعارف، به‌خصوص برای جوامع کوچک و مکان‌های دورافتاده هستند.

در پژوهش حاضر، کارآیی تصفیه تالاب‌های مصنوعی برای تصفیه پساب خروجی پرورش ماهیان ازون‌برون، پرورش کرم نرئیس و پرورش گاماروس بررسی شد تا بتوان از نتایج آن در افزایش کارآیی سامانه‌های موجود تصفیه و هم‌چنین در ارتقای کیفیت آب تخلیه شده به محیط زیست استفاده کرد. نتایج به‌دست آمده از فاکتورهای رشد و کاهش مواد مغذی پسآب حاصل از پرورش ماهی ازون‌برون توسط کرم پرتار و گاماروس نشان داد که این بررسی از اهمیت زیادی برخوردار بود و باعث ارتقاء بهره‌وری سیستم می‌گردد. وجود سیستم پرورش کرم نرئیس و گاماروس با استفاده از پساب پرورش ماهی ازون‌برون در تراکم ۱/۲ کیلوگرم در مترمربع نه تنها باعث بیش‌ترین میزان حذف مواد مغذی آن می‌گردد بلکه نقش مهمی را از نظر اقتصادی به‌دلیل عدم هزینه غذا برای تغذیه کرم نرئیس و گاماروس بازی می‌کند.

نتایج درصد کاهش مواد مغذی پساب در میان تیمارها نشان داد که در خروجی گیاه نی بیش‌ترین درصد قابلیت حذف میزان آمونیاک (NH3-N) با ۱۵/٦ درصد و نیترات (NO_3-N) با ۲٤ درصد کاهش به‌ترتیب مربوط به آبی بود که از حوضچه‌های گاماروس و پرورش ازون‌برون عبور داده شد.

از مزایای حاصل از به‌کارگیری این بررسی در مزارع شامل کاهش بار آلودگی آن‌ها و ممانعت از ورود پساب خام به طبیعت، ایجاد سیستم آب برگشتی جهت بهره‌برداری از آب تصفیه شده پساب، افزایش بهره‌وری در تولید آبزیان، کاهش هزینه تولید و اقتصادی نمودن پرورش ماهیان خاویاری در مقایسه با تجهیزات درام فیلتر، بیوفیلتر و ... را می‌توان نام برد.

سپاسگزاری

در پایان از ریاست محترم انستیتوی مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر و کارشناسان محترم که ما را در انجام این پروژه حمایت نمودند کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

منابع

1.Pi Neber, F., Ardakani, S., & Riahi Khorram, M. (2020). Study of the efficiency of surface artificial wetland containing reed plant in removing some chemical parameters of wastewater of Bo Ali industrial town. *Journal of environmental science and technology*. 21, 5. 8 p.

2.Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*. 270, 1-14.

3.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.

4.Fotedar, R. (2016). Water quality, growth and stress responses of juvenile barramundi (*Lates calcarifer* Bloch), reared at four different densities in integrated recirculation aquaculture systems. *Aquaculture*. 458, 113-120.

5.Derakhshandeh, R. (2002). Study of the effects of the effluents of salmon breeding ponds. Research Center for Natural Resources and Livestock Affairs of Chaharmahal and Bakhtiari Province. 10 p.

6.Qasaimeh, A., AlSharie, H., & Masoud, T. (2015). A Review on Constructed Wetlands Components and Heavy Metal Removal from Wastewater. *Journal of Environmental Protection*. 6, 710-718.

7.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.
8.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.
9.Hutchings, P. (1998). Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation*. 7, 1133-1145.
10.Honda, H., & Kikuch, K. (2002). Nitrogen budget of polychaete *P. nuntia vallata* fed on the faeces of Japanese flounder. *Fisheries Science*. 68, 1304-1308.
11.Pajand, Z., Soltani, M., Bahmani, M., & Kamali, A. (2017). The role of polychaete *Nereis diversicolor* in bioremediation of wastewater and its growth performance and fatty acid composition in an integrated culture system with *Huso huso* (Linnaeus, 1758), *Aquaculture research*. 48, 1-9.
12.Saif Abadi, J., Nagarestan, H., & Moghaddisi, B. (2004). Major chemical compounds of gammarus along the southern coast of the Caspian Sea. *Journal of Marine Science and Technology*. 3 (1), 51-56.
13.Qolipour, A., Fathpour, V., & Mirzajani, A. (2012). Study of the population of Gammarus aequicauda in Miankale Bay. *Iranian Journal of Biology*. 24 (4), 565-558.
14.Zamanpour, M. (2007). Study of biology and abundance of Gamariidae in Pars province. The final report of the research project of the Agricultural Research and Training Organization. Order number 275/85. Tehran. 167 p.
15.Abedian Kanari, A., Khalesi, M. K., Shoukri, M., & Heydari, M. R. (2002). Study on the reproduction and growth of Caspian Sea Gammarus in laboratory conditions. *Iranian Journal of Marine Sciences*. 2 (2), 51-58.
16.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.
17.Nixon, S. W. (1995). Coastal marine eutrophication a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*. 1, 199-219.
18.Pajand, Z. O., Soltani, M., Kamali, A., & Bahmani, M. (2018). The study of removal efficiency of wastewater nutrition derived different densities Huso huso using polychaete worm *Nereis diversicolor*. *Journal of Aquaculture Development*, 13 (3), 13-24.19.
19.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.
20.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 Bulletin*. 57, 68-77.
21.Pillai, A. (2004). Aquaculture and environment. Translated by Morteza Alizadeh. Publications of the Iranian Fisheries Research Institute. 314 p.
22.Kumar, A., Abraham, E., & Gupta, A. (2018). Alternative biomass from saline and semiarid and arid conditions as a source of biofuels: Salicornia. Biofuels: Greenhouse Gas Mitigation and Global Warming, New Dehli: Springer India.
23.Ghasemi, S., Derikund, A., Khoshnavaz Komleh, S., Borumand Nesab, S., & Soleimani Babarsad, M. (2021). Investigating the efficiency of removing phosphates from the effluent of sugarcane cultivation and industry using artificial baffled wetland system with subsurface flow. *Journal of Water and Wastewater*. 31 (1), 61-75.

24. Khoshnavaz, S., Boroomand Nasab, S., & Moazed, H. (2014). Investigation onnitrate removal efficiency of Karun agro-industry agricultural wastewater at surface flow constructed wetland with cultivated vetiver grass. *Wetland Ecobiology*, 6, 5-14.
25. Vymazal, J. (2001). Constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. *Water Science and Technology*. 44 (11), 369-374.
26. Ayyasamy, P., Rajakumar, S., Sathishkumar, M., Swaminathan, K., Shanthi, K., & Lakshmanaperumalsamy, P. (2009). Nitrate removal from synthetic medium and groundwater with aquatic macrophytes. *Desalination*. 242 (1), 286-296.
27. Tu, Y., Chiang, P., Yang, J., Chen, S., & Kao, C. (2014). Application of a constructed wetland system for polluted stream remediation. *Journal of Hydrology*. 510, 70-78.