

Review Paper

مقاله مروری

A Review of the Use of Unconventional Waters in the Aquaculture Industry

مروری بر کاربرد آب‌های نامتعارف در صنعت آبزی پروری

Mohammad Hossein Khanjani^{*1} and Saeed Hajirezaee²

1- Assistant Professor, Department of Fisheries Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

* Corresponding author, Email: m.h.khanjani@gmail.com

محمد حسین خانجانی^{*۱} و سعید حاجی رضائی^۱

۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

* نویسنده مسئول، ایمیل: m.h.khanjani@gmail.com

Received: 11/04/2019

Revised: 06/01/2020

Accepted: 03/02/2020

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۲

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۴

Abstract

چکیده

The aquaculture industry has experienced the fastest growth in the food industry with an annual growth of 8.9% since 1970. This industry has grown steadily over the last five decades, supplying nearly half of the fish consumed by human. As the population grows, one of the major challenges ahead will be human nutrition. Aquaculture can play a key role in tackling poverty and hunger. In sustainable aquaculture, the water source (quantity and quality) is important so that optimal fish production depends on the physical, chemical and biological quality of the water. The limitation and reduction of fresh water resources, population growth and increasing demand for fishery products have led to unconventional waters to be used in the aquaculture industry. Unconventional waters include recycled water, wastewater, and saline water. In different countries, these water resources have been used for producing aquatic species to provide food and protein. The most important limiting factor for the use of unconventional waters is their quality which can be used for aquaculture after physical, chemical and biological treatment. Due to the limited water resources of the country, the use of unconventional waters is very effective and efficient in drought management and is also one of the ways of developing the fisheries sector. In this paper, the necessity of using unconventional waters in the aquaculture industry (fish, shrimp, algae, and Artemia) will investigate.

صنعت آبزی پروری با رشد سالانه ۸/۹٪ از سال ۱۹۷۰، سریع‌ترین رشد در صنعت غذایی را به خود اختصاص داده است. این صنعت به‌طور پیوسته در پنج دهه اخیر رشد یافته و تقریباً نیمی از همه ماهیانی که به مصرف انسان می‌رسد را تامین می‌کند. با افزایش جمعیت احتمالاً یکی از چالش‌های بزرگ پیش رو در آینده تغذیه انسان‌ها خواهد بود. آبزی پروری می‌تواند نقش کلیدی در مقابله با فقر و گرسنگی بازی کند. در آبزی پروری پایدار منبع آب (کمیت و کیفیت) حائز اهمیت است، به طوری که تولید بهینه ماهی بستگی به کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب دارد. محدودیت و کاهش منابع آب شیرین، افزایش جمعیت و همچنین افزایش تقاضا برای محصولات شیلاتی سبب شده است که آب‌های نامتعارف در آبزی پروری به کارگیری شود. آب‌های نامتعارف شامل: آب‌های بازیافتی، پساب و آب‌های شور هستند. در کشورهای مختلف از این منابع آبی برای پرورش انواع آبزیان به‌منظور تامین غذا و پروتئین استفاده شده است. مهم‌ترین عامل محدودیت‌زا برای استفاده از آب‌های نامتعارف، کیفیت آن‌ها بوده که پس از تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قابلیت استفاده در آبزی پروری را دارند. استفاده از آب‌های نامتعارف با توجه به محدودیت منابع آبی کشور در مدیریت خشکسالی بسیار مؤثر و کارآمد است و همچنین یکی از راه‌های توسعه بخش شیلات محسوب می‌شود. در این مقاله ضرورت استفاده از آب‌های نامتعارف در صنعت آبزی پروری (ماهی، میگو، جلبک و آرتمیا) مورد بررسی قرار گرفت.

Keywords: Production, Aquaculture, Water quality, Unconventional waters.

کلمات کلیدی: تولید، آبزی پروری، کیفیت آب، آب‌های نامتعارف

از منابع آب نامتعارف، راه کارهایی منطقی را می‌طلبد. از آنجا که بخش وسیعی از مساحت کشور خشک و نیمه خشک است، این راه کارها می‌تواند بازتاب‌های مثبت اقتصادی-اجتماعی گسترده‌ای در سطح کشور، به‌ویژه در مناطق روستایی را به دنبال داشته باشد. استفاده از آب‌های نامتعارف علاوه بر تولید غذا، منجر به کاهش آلودگی، اشتغال و تولید خواهد شد. استفاده از آب‌های شور نامتعارف در آبی‌پروری حائز اهمیت بوده که تحت عنوان شورورزی نامیده می‌شود. یکی از محصولات شورورزی، تولید آبزیان در محیط‌های آبی شور نامتعارف است. پرورش آبزیان در آب‌های نامتعارف شور سابقه طولانی دارد (خورسندی و همکاران، ۱۳۸۹). در حوزه جنوبی کشور، خلیج فارس و دریای عمان منابع عظیمی از آب‌های شور وجود دارد که انواع گونه‌های آبزیان دریایی از جمله انواع میگوها، سی‌باس آسیایی، شانک، هامور، صبیتی، سرخو، سوکلا، حلوا سفید، شوریده را می‌توان در سواحل در لاگون‌ها و قفس‌های دریایی پرورش داد. در حوزه شمالی کشور، دریای خزر منبع آب لب‌شور بوده که می‌توان انواع گونه‌های ماهیان شامل ماهیان خاویاری، ماهی آزاد، قزل‌آلا و ماهی سفید را در قفس‌ها و سواحل پرورش داد و با مدیریت صحیح و به‌کارگیری تکنولوژی‌های سازگار با محیط‌زیست، اثرات محیط‌زیستی آن را کاهش و به یک تولید پایدار همراه با اشتغال‌زایی دست یافت. سواحل کشور دارای منابع ارزشمندی از گونه‌های جلبکی با ارزش اقتصادی است که جنبه‌های کاربردی فراوانی نیز دارند. شناسایی پتانسل این گیاهان در دو دهه اخیر و نیز کاربردهای مختلف آن‌ها (Rabiei et al., 2014) باعث توجه گسترده محققین حوزه‌های مختلف کشور به این پتانسیل شده است. جلبک‌های دریایی از جمله کاندیدی مناسب برای به‌کارگیری در شورورزی است. در مطالعه حاضر توجه به آب‌های نامتعارف در صنعت آبی‌پروری و پساب‌های آبی‌پروری مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- کیفیت آب مطلوب برای آبی‌پروری

تولید بهینه در آبی‌پروری به فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت آب بستگی دارد (Bhatnagar and Devi, 2013). در جدول ۱ پارامترهای مطلوب برای رشد ماهی و تولید بهینه ارائه شده است. درجه حرارت، اکسیژن محلول، شفافیت آب، کدورت، میزان ترکیبات غیرآلی نیتروژن، سختی، قلیائیت و ... از فاکتورهای مهمی هستند که باید قبل از شروع فعالیت‌های آبی‌پروری در هر نوع آبی (رودخانه، زهکش، پساب) مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

با توجه به افزایش جمعیت جهانی و نیاز روزافزون به منابع غذایی ضروری است که به آبی‌پروری به‌عنوان یکی از منابع تامین‌کننده غذا توجه ویژه‌ای شود. افزایش قابل توجه تقاضا برای ماهی، انواع آبزیان و فرآورده‌های آن صنعت آبی‌پروری را رونق داده و در این بین توجه به منابع طبیعی (آب و زمین) به‌عنوان رکن اصلی توسعه آبی‌پروری حائز اهمیت است (FAO, 2014). در توسعه صنعت آبی‌پروری نیاز است که به اثرات محیط‌زیستی آن توجه ویژه شود (Avnilmech, 2012). صنعت آبی‌پروری بیشتر به‌عنوان صنعت استفاده‌کننده از منابع آبی تمیز شناخته می‌شود. ولی با توجه به کمبود آب و افزایش جمعیت نیاز است که از آب‌های نامتعارف (پساب‌ها، فاضلاب‌های تصفیه شده، آب‌های لب‌شور و شور، آب‌های موجود در آبگیرها) برای پرورش استفاده کرد. توسعه فن‌آوری‌های مناسب برای تصفیه پساب آبی‌پروری و بازیافت آن‌ها در استفاده مجدد، مسائل و مشکلات محیط‌زیستی و اجتماعی را به حداقل می‌رساند و رضایت اقتصادی را در طولانی‌مدت فراهم می‌کند. نیاز به مواد غذایی بیشتر و محدودیت منابع آبی، لزوم بهره‌برداری از منابع پایه نامتعارف را به‌عنوان گام مهم در افزایش تولید و بهبود اقتصادی-اجتماعی مطرح می‌نماید. فقط یک درصد آب‌های سطحی شیرین هستند و محدودیت شدید منابع آب شیرین وجود دارد (Davarpanah, 2018)، از این‌رو، ارائه راه‌کاری علمی، اقتصادی و منطقی برای بهبود شرایط حاضر، بهره‌برداری از منابع آبی نامتعارف در کشور به‌منظور افزایش تولیدات آبی‌پروری و ایجاد اشتغال از اهمیتی ویژه و اساسی در کشور برخوردار است.

منابع آبی نامتعارف به آن دسته از آب‌ها اطلاق می‌شود که از آن‌ها به‌طور معمول نمی‌توان استفاده کرد و برای به‌کارگیری آن‌ها نیاز به اعمال سیاست‌های مدیریتی، محیط‌زیستی و تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است (فولادمنند، ۱۳۸۸). استفاده از آب‌های نامتعارف با توجه به محدودیت منابع آبی کشور در مدیریت خشکسالی بسیار مؤثر و کارآمد است و یکی از راه‌های توسعه بخش صنعت آبی‌پروری محسوب می‌شود. آب‌های نامتعارف را می‌توان به سه دسته آب‌های شور (آب‌های شور داخلی و دریا)، زهکش‌های کشاورزی و پساب یا فاضلاب (شهری، صنعتی و کشاورزی) تقسیم‌بندی کرد. پساب‌ها حاوی ترکیبات آلی حلال و مواد جامد معلق هستند که پس از تصفیه قابل استفاده خواهند بود (Chen and Carter, 2016). در صورت ارائه راه‌کارها و راهبردهای عملی و کارشناسانه، می‌توان با بهره‌گیری از منابع آب نامتعارف، که در حال حاضر غیرقابل استفاده محسوب می‌شوند، میزان تولیدات آبزیان و راندمان مصرف آب را در کشور افزایش داده و فرصت‌های شغلی جدید ایجاد نمود. بهره‌برداری

جدول ۱- معیارهای کلی کیفیت آب برای پرورش ماهی برای رسیدن به محصول بهینه (Bhatnagar and Devi, 2013)

پارامتر	محدوده قابل قبول	محدوده مطلوب	استرس
درجه حرارت (سانتی گراد)	۳۵-۱۵	۳۰-۲۰	>۳۵، <۱۲
کدورت (سانتی متر)		۸۰-۳۰	>۸۰، <۱۲
رنگ آب	سبز روشن و کم رنگ	سبز روشن تا قهوه‌ای روشن	آب شفاف، کدر، سبز و قهوه‌ای
اکسیژن محلول (mg/l)	۵-۳	۵	>۸، <۵
'BOD (mg/l)	۶-۳	۲-۱	>۱۰
دی اکسید کربن (mg/l)	۱۰-۰	۸-۵، <۵	>۱۲
pH	۹-۷/۵	۷/۹-۵	>۱۱، <۴
قلیائیت (mg/l)	۲۰۰-۵۰	۱۰۰-۲۵	>۳۰۰، <۲۰
سختی (mg cacO ₃ /l)	>۲۰	۱۵۰-۷۵	>۳۰۰، <۲۰
کلسیم (mg/l)	۱۶۰-۴	۱۰۰-۲۵	>۲۵۰، <۱۰
آمونیاک (mg/l)	۰-۰/۰۵	۰ - <۰/۰۲۵	>۰/۳
نیتريت (mg/l)	۰/۲-۰/۲	< ۰/۰۲	>۰/۲
نیترات (mg/l)	۱۰۰-۰	۰/۱ - ۴/۵	<۰/۰۱، >۱۰۰
سولفید هیدروژن (mg/l)	۰-۰/۰۲	۰/۰۰۲	>۰/۰۲
تولید اولیه (کربن در لیتر، در روز)	۱-۱۵	۱/۹-۶/۱۴	<۱/۶، > ۲۰/۳
پلانکتون (تعداد در لیتر)	۶۰۰۰-۲۰۰۰	۴۵۰۰-۳۰۰۰	>۷۰۰۰، <۳۰۰۰

۳- آب‌های نامتعارف

۳-۱- پساب تصفیه شده

استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده برای پرورش ماهی، شیوه‌ای از پرورش با سابقه طولانی در تعداد زیادی از کشورهای آسیایی و برخی کشورهای دیگر است. در استخرهای پرورشی با پساب‌ها به علت بالا رفتن میزان فتوسنتز در طول روز، میزان اکسیژن و pH افزایش ولی در شب کاهش می‌یابد. افزایش میزان اکسیژن محلول و pH میزان حذف کلی فرم‌ها را افزایش می‌دهد (Pillay, 1992). در بررسی‌های آزمایشگاهی مشخص شده که استرپتوکوک مدفوعی و سایر ارگانیزم‌های مرتبط با بیماری‌های انسانی (*Klebsiella*, *Escherichiu*, *Salmolettae*) فقط در محتویات روده ماهی آزاد (*Aeromonas Pseudomonas*) فقط در محتویات روده ماهی آزاد ماهی اقیانوس اطلس و قزل‌آلای پرورش یافته در استخرهای کوددهی شده با پساب تصفیه شده وجود داشته و در سایر احشام و بافت‌های ماهیچه‌ای چیزی مشاهده نشده است (Pillay, 1992). مطالعات اخیر که از فاضلاب‌های تصفیه شده برای تولید بیومس ماهیانی استفاده کردند که توسط ماهیان شکارچی خورده می‌شدند، نشان داد که ماهیان شکاری و ماهیان علف‌خوار برای مصرف انسان سالم بودند (Edwards, 1990). پالایش ماهیان پرورش یافته در پساب‌ها از طریق نگهداری آن‌ها در آب‌های تمیز چند روز قبل از عرضه به بازار و عدم مصرف ماهیان پرورش یافته در پساب‌ها به صورت خام یا فرآوری نشده اقدامی محتاطانه و بدیهی برای جلوگیری از انتقال بیماری از این نوع ماهیان به انسان است. گونه‌های زیادی از آبزیان در پساب‌ها و لاگون‌های فاضلاب‌ها

پس از تصفیه پرورش داده شده است، از جمله کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، کپور ماهیان هندی (*Catla catla*)، کپور ماهیان چینی: *Labeo rohita*، *Cirrhina mrigala*، کپور نقره‌ای (فیتوفاگ *Ctenopharyngodon idella*)، بیگ‌هد (*Hypophthalmichthys molitrix*)، ماهی تیلپیا (*Oreochromis spp.*)، *nobilis*)، خامه‌ماهی^۲ (*Chanos chanos*)، گربه‌ماهی^۳ (*Pangasius spp.*)، ماهی گورامی^۴ (*Helostoma temmincki*) و میگوی آب شیرین^۵ (*Macrobrachium lanchesterii*) (FAO, 2014). کپور ماهیان چینی و هندی از گونه‌های رایج پرورشی در پساب‌ها در چین و هند هستند. در این کشورها به دلیل افزایش جمعیت و نیاز به منابع غذایی استفاده بهینه از آب‌های نامتعارف صورت می‌گیرد. در کشور چین این گونه‌ها را به صورت پلی‌کالچر در پساب پرورش می‌دهند. گونه ماهی تیلپیا نسبت به کپور ماهیان کمتر در پساب پرورش داده می‌شود، اما این گونه قابلیت بالایی در تحمل شرایط محیطی متغیر نسبت به کپور دارد. خامه ماهی در پساب‌های دریایی و مصب‌ها در کشور هند و چین پرورش داده می‌شود (FAO, 2014). گونه‌هایی که شرایط خاص را تحمل می‌کنند برای پرورش در آب‌های نامتعارف مناسب هستند، از جمله تحمل شرایط محیطی متغیر (اکسیژن محلول، ترکیبات ازته، مواد جامد معلق) و عادت تغذیه‌ای فیلترکنندگی که بتوانند از فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌های موجود در پساب تغذیه کنند. آب‌های نامتعارف غنی از مواد مغذی بوده که انواع ارگانیزم‌های گیاهی و جانوری ریز در آن قادر به رشد و تکثیر هستند که بیومس زنده‌ای را به عنوان غذای زنده در دسترس برای آبزی فراهم می‌کند. تولید پایدار و بالا از محصولات شیلاتی در

بسیاری از نیروگاه‌ها برای خنثی‌سازی مواد زائد و رقیق‌سازی قابل‌توجه آن‌ها در آب‌های دریافت‌کننده، پساب‌های خود را تصفیه می‌کنند (Boyd and Gross., 2000) که پساب تصفیه شده برای آبی‌پروری مناسب است. محدودیت عمده استفاده از این پساب‌ها، منطبق کردن حجم و دمای آن‌ها با نیازهای آبی‌پروری تحت شرایط خاص است. پساب‌های حرارتی برای آبی‌پروری در مقیاس کوچک بسیار مناسب است که در برخی مناطق جهان استفاده می‌شود. از پساب‌های حرارتی می‌توان برای افزایش دمای آب دریاچه‌های کوچک برای افزایش تولید ماهی نیز استفاده کرد (Pillay, 1992).

۳-۳- آب بازگشتی

امروزه توجه به سیستم‌های آبی‌پروری مداربسته^۸ به دلیل امنیت بیشتر زیستی و مزایای محیط‌زیستی در حال افزایش است. هنگامی که آب در سیستم‌های پرورشی مدار بسته به صورت چرخه‌ای مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد برخی از خطرات مانند ورود پاتوژن‌ها و گونه‌های بیگانه به سیستم پرورش و مشکلات مربوط به تخلیه آب زائد که باعث ایجاد آلودگی‌های محیط‌زیستی می‌شود، کاهش می‌یابد (Avnilmech, 2012). آب خروجی این سیستم‌ها به‌طور کامل از طریق پمپاژ به سیستم پرورش بازگشت داده می‌شود.

با بازچرخ آب، میزان استفاده از آب در این سیستم‌ها برای پرورش کاهش می‌یابد. در سیستم‌های کاملاً بسته، آب فقط برای آبی‌گیری حوضچه‌ها و جبران تبخیر، استفاده می‌شود. در این سیستم‌ها مقدار پساب خروجی بسیار کم است چون آب بعد از تصفیه مناسب شامل ته نشینی، فیلتراسیون مکانیکی یا بیولوژیک، استریلیزه کردن، اکسیژن‌دهی، هوادهی، کاهش و حذف ترکیبات غیرآلی نیتروژن (با تبدیل آمونیاک به نیتريت، نیتريت به نیترات و نیترات به نیتروژن مولکولی)، خنک کردن یا حرارت دادن و کنترل pH دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد (Valenti and Daniels., 2000). در جدول ۲ کیفیت پساب مزارع پرورش با آب رودخانه و پساب فاضلاب تصفیه شده ارائه شده است. بر اساس داده‌ها مشخص است که پساب‌های حاصل از مزارع پرورش آب تمیزتر بوده و برای پرورش مناسب‌تر هستند.

آب‌های نامتعارف گزارش شده است. برای مثال ۲-۶ تن محصول در هکتار در اندونزی، ۲/۷ تا ۹/۳ تن محصول در هکتار در چین، ۵/۳ تا ۷/۸ تن محصول در تایوان گزارش شده است (FAO, 2014). گیاهان آبی نیز به خوبی قادر به رشد در آب‌های نامتعارف فاضلاب هستند. در کشورهای چین و هند برخی از ماکروفیت‌های آبی به‌عنوان غذای انسان در آب‌های نامتعارف کشت و پرورش داده می‌شود. از جمله اسفناج‌های آبی^۶ (*Ipomoea aquatica*)، بلوط آبی چینی^۷ (*Eleocharis dulcis*) گیاهان آبی خزه‌ها و عدسک‌های آبی *Spirodela Lemna* و *Wolffia* نیز در آب‌های نامتعارف و پساب‌ها پرورش داده می‌شود و به‌عنوان غذای کپور ماهیان، ماکیان، اردک و حلزون‌های خوراکی استفاده می‌شود (Edwards, 1990).

۳-۲- پساب نیروگاه‌های حرارتی

تخلیه مقادیر زیادی از پساب‌های حرارتی شامل آب خنک‌کننده مخازن چرخشی نیروگاه‌های برق به آب‌های طبیعی تاثیر نامطلوبی بر محیط‌زیست دارد. در اقلیم‌های معتدله از پساب‌های حرارتی می‌توان برای آبی‌پروری به‌عنوان یک عامل افزایش رشد در ماهی در تمام طول سال استفاده کرد. هم‌چنین امکان پرورش آبی‌زانی که دماهای بالاتری برای پرورش نیاز دارند را فراهم کرد (Pillay, 1992). تغییرات کیفیت آب نیز از خطرات مرتبط با استفاده از پساب‌های حرارتی است که هم‌زمان با چرخش مخازن خنک‌کننده آب توسط نیروگاه رخ می‌دهد. در شرایط عادی برای نگهداری تاسیسات نیروگاه‌ها از بیوسیدها نظیر کلرین استفاده می‌شود تا از تجمع مواد بیولوژیک و ایجاد بوی تعفن در تیوب‌های مخازن و سیستم تصفیه جلوگیری شود. کلرین در دوره‌های زمانی پیوسته به داخل سیستم تزریق می‌شود تا غلظت کلرین آزاد باقی‌مانده در پساب تخلیه شده به ۰/۲-۱ میلی‌گرم بر لیتر برسد. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا حداکثر کلرین آزاد در پساب تخلیه شده نیروگاه‌های حرارتی ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر و متوسط آن را ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر تا دو ساعت در روز در نظر می‌گیرند.

اگرچه همه پیامدهای تغییرات کیفیت آب به صورت بالقوه خطرناکند، اما برای استفاده در آبی‌پروری خطری ندارند. زیرا

جدول ۲- مقایسه کیفیت پساب حاصل از مزارع پرورش ماهی، آب رودخانه و پساب خانگی تصفیه شده بیولوژیک (Pillay, 1992)

پساب فاضلاب خانگی	پساب مزرعه پرورش	آب رودخانه	مواد تشکیل دهنده
۳۰۰	۲۰-۳	۵-۱	BOD (mg/l)
۷۵	۰/۴-۵	۲-۱	نیتروژن کل (mg/l)
۶۰	۰/۰-۲/۵	-	نیتروژن آمونیومی (mg/l)
۲۰	۰/۰-۰۵/۱۵	۰/۰۲-۰/۱	فسفر کل (mg/l)
۵۰	۵۰-۵	-	مواد جامد معلق (mg/l)

۴-۳- آب‌های شور

آب شور نیز به‌عنوان یک محیط تولید برای آبزیان مورد نظر است. علاوه بر آب‌های شور ساحلی، از آب‌های شور داخلی نیز می‌توان برای آبزی‌پروری بهره‌برداری نمود. آبزی‌پروری با آب‌های شور مناطق داخلی کشور از چند جهت قابل توجه است. اول و مهم‌تر از همه وجود بازار مصرف بسیار خوب برای فرآورده‌های آن، به‌ویژه ماهی و میگو، در سطح کشور و جهان است. از این‌رو، نیازی به صرف هزینه و وقت زیاد برای بازاریابی نیست. هم‌چنین در این فعالیت از منابعی استفاده می‌شود که به‌دلیل شوری زیاد برای مصارف کشاورزی رایج کاربرد ندارد. از این‌رو، رقیبی برای کشاورزی رایج در استفاده از زمین‌های مرغوب و منابع آب با کیفیت مناسب نخواهد بود. بهره‌برداری از منابع آب شور به‌منظور آبزی‌پروری بهره‌وری اقتصادی از منابع آب را افزایش داده و

فرصت ایجاد اشتغال و یا تنوع درآمد را برای کشاورز و تولیدکننده فراهم می‌سازد (خورسندی و همکاران، ۱۳۸۹). این نوع فعالیت اقتصادی با میگو در مقیاس بزرگ در کشور آمریکا (ایالت آریزونا) و در مقیاس کوچک در کشور مصر آغاز شده است. تولید تجاری میگوی سفید غربی از سال ۱۹۹۷ میلادی در ایالت آریزونا، کشور آمریکا، که از خشک‌ترین مناطق آن کشور است، آغاز شد، از آن پس رشد بسیار بالایی از نظر تولید و ارزش اقتصادی پیدا کرده است. پساب خروجی از این مزارع برای آبیاری گیاهانی که در حال حاضر با آب‌های دارای شوری متوسط آبیاری می‌شوند (مانند گندم، سورگوم و پنبه) استفاده می‌شود. منابع آب مورد استفاده در این مزارع پرورش میگو از آب‌های زیرزمینی (چاه) بوده است (جدول ۵).

جدول ۵- تفاوت خصوصیات کیفی آب ورودی و پساب خروجی مزرعه پرورش میگوی سفید غربی در ایالت آریزونا آمریکا (McIntosh and Fitzsimmons, 2003)

اختلاف میانگین	پساب		آب چاه		پارامتر
	محدوده	میانگین	محدوده	میانگین	
-۰/۸۱	۲۱/۱ - ۳۱/۲	۲۷/۹	۲۵/۵ - ۲۹/۸	۲۸/۷	درجه حرارت (سانتی‌گراد)
۰/۳	۴/۵۹ - ۹/۰۸	۶/۷۰	۵/۴۴ - ۷/۰۹	۶/۴	اکسیژن محلول (mg/l)
۰/۲	۱/۷ - ۲/۷	۲/۲	۱/۶ - ۲/۵	۲	شوری (گرم بر لیتر)
۱/۱۵	۸/۱۵ - ۹/۶۷	۸/۸۴	۷/۱۸ - ۷/۹۵	۷/۶۹	pH
-۲	۳ - ۱۳	۹	۳ - ۱۷	۱۱	نیتروژن کل (mg/l)
۰/۱۵	۰/۰۴ - ۰/۷۰	۰/۱۷	۰ - ۰/۰۷	۰/۰۲	آمونیاک (mg/l)
۰/۲۵۶	۰/۱۶۸ - ۰/۴۱۰	۰/۲۶۱	۰ - ۰/۱۱۰	۰/۰۰۵	نیتريت (mg/l)
۳/۲	۴/۵ - ۱۸/۲	۹/۸	۳/۷ - ۱۹/۱	۶/۷	نیترات (mg/l)
۰/۳۴	۰/۲۹ - ۱/۶۱	۰/۷۴	۰ - ۰/۸۱	۰/۴۰	فسفر کل (mg/l)
۰/۱۹	۰/۰۶ - ۰/۷۸	۰/۳۳	۰ - ۰/۶۰	۰/۱۴	فسفر فعال (mg/l)
-۳۸	۵۱ - ۱۵۶	۹۶	۱۰۲ - ۱۸۷	۱۳۴	قلیائیت (mg/l)
۱۰	۰ - ۸۸	۲۳	۰ - ۶۸	۱۳	نیاز شیمیایی اکسیژن (mg/l) COD
۵/۳۱	۰/۲۲ - ۱۰/۵۵	۶/۴۰	۰/۱۶ - ۴/۴۰	۱/۰۹	نیاز بیولوژیکی اکسیژن (mg/l) BOD
۴۲/۲	۱۱/۶ - ۲۰/۰۵	۴۶/۸	۰ - ۱۰	۴/۶	کل جامدات معلق (TSS) (mg/l)
۲۱/۷	۸ - ۹۳/۸	۲۴/۱	۰ - ۵	۲/۴	جامدات معلق فرار (VSS) (mg/l)

۴- گونه‌های قابل پرورش در آب‌های نامتعارف

۴-۱- ماهی و میگو

پرورش ماهیان دریایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیربخش‌های تولید پروتئین حیوانی در کشورها به‌خصوص جنوب‌شرقی آسیا مطرح و در کشور ما نیز پرورش ماهیان دریایی در قفس‌ها برای تولید و اشتغال امری مهم است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). براساس تجربیات انجام شده در جهان و با توجه به آمار و ارقام مربوط به تولید ماهیان در سیستم‌های پرورش ماهیان دریایی در قفس، تولید پروتئین با کیفیت در سبد مصرفی خانوار، امکان صادرات محصولات و کسب درآمد ارزی، امکان سوق‌دادن

شورورزی و استفاده از آب‌های شور می‌تواند در توسعه آبزی‌پروری در کشور و ایجاد اشتغال در مناطق خشک و مبتلا به شوری مورد توجه قرار گیرد. دریای خزر در شمال، خلیج فارس و دریای عمان در جنوب، دریاچه ارومیه و رودخانه‌ها و دریاچه‌های شور متعدد دیگر در نقاط مختلف، کشور را از حیث بهره‌برداری اقتصادی از محیط‌های آبی شور برای آبزی‌پروری بسیار مساعد ساخته است. به این منابع می‌توان حجیم عظیمی از زه‌آب‌های شور کشاورزی، از جمله زهکش‌های مجتمع‌های نیشکر در استان خوزستان را که در حال حاضر مشکل محیط‌زیستی محسوب می‌شوند، اضافه نمود. آبزی‌پروری در آب‌های شور امکان افزایش بهره‌وری از آب و حل مسئله زهکش‌های شور را فراهم می‌کند (خورسندی و همکاران، ۱۳۸۹).

تشکل‌های صیادی به سمت آبی‌پروری دریایی پایدار، پایین‌بودن هزینه ثابت طرح پرورش ماهی در دریا نسبت به پرورش آن در سیستم‌های خشکی، شرایط مناسب برای پرورش انواع گونه‌ها، ایجاد شغل و اشتغال‌زایی به‌ویژه در مناطق محروم و فرصت شغلی جدید و مناسب در استان‌های ساحلی، روش بسیار مناسب و مقرون به‌صرفه برای پرورش و استقرار در محیط‌های آبی عمیق و استفاده از آب‌های شور، امکان ایجاد شرایط مطلوب پرورشی و بدون استرس‌های محیطی، امکان حرکت‌دادن و جابجا کردن در موقع وجود آلودگی، نیاز به فضای کم و تولید زیاد در هر واحد سطح، جذب سرمایه‌گذاران و سرمایه‌سازان ملی برای فعالیتی نوین در کشور، تامین پروتئین مورد نیاز و گوشت ماهی، با توجه به افزایش جمعیت و محدودیت منابع آب شیرین، آبادی و اشتغال‌زایی در مناطق محروم و دور از مناطق ساحلی در جنوب کشور، دستیابی به تولید انبوه ماهیان با ارزش دریایی، استفاده چند منظوره از منابع آبی به‌عنوان تفریح‌گاه و ورزش ماهی‌گیری و پرورش گونه‌های متنوع از مهم‌ترین مزایای پرورش ماهیان دریایی در قفس است (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

پرورش در قفس فرصت مناسبی است تا مزرعه‌داران از آبی که برای سایر فعالیت‌ها محدودیت استفاده دارد و یا از آن بهره‌برداری نمی‌شود، استفاده نمایند. در سیستم پرورش در قفس نیاز به فضای کم، استفاده از آب نامتعارف شور دریا، تولید زیاد در واحد سطح، امکان حرکت دادن و جابجا کردن در موقع وجود آلودگی، حفظ و نگهداری در برابر شکارچیان، شرایط مناسب برای پرورش انواع گونه‌ها، امکان استفاده از نواحی مربوط به بستر دریا، سادگی و راحتی صید، استفاده بهینه از آب دریا برای تولید از مزایای این سیستم پرورش هستند (عوفی و همکاران ۱۳۹۲). گونه‌های مختلف ماهی، هامور (*Epinephelus coioides*)، سرخو (*Lutjanus johni*)، سوکلا (*Rachycentron canadom*)، سی‌باس‌آسیایی (*Lates calcarifer*)، حلوا سفید (*Pampus argenteus*)، شانک (*Acanthopagarus latus*)، صبیتی (*Acanthopagarus cuvieri*) قابلیت پرورش در محیط‌های آب شور را دارند (عوفی و همکاران، ۱۳۹۲).

مطالعات مختلفی در مرکز تحقیقات ملی آبیان آب‌های شور با استفاده از آب‌های زیرزمینی شور برای پرورش ماهیانی از قبیل قزل‌آلای رنگین‌کمان، فیل ماهی، کفال و تیلاپیا صورت گرفته است که بیانگر این است که آب‌های شور زیرزمینی برای پرورش انواع ماهیان مناسب بوده و رشد مطلوب نیز صورت می‌گیرد (علیزاده، ۱۳۸۷، بمانی خرائق و همکاران، ۱۳۹۷). تحقیقات مقدماتی پرورش میگو با استفاده از آب شور دریا در ایران از سال ۱۳۶۳ توسط مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در پژوهشکده میگوی کشور مستقر در بوشهر انجام شد. دستاوردهای این فعالیت‌های تحقیقاتی منجر به معرفی سه گونه مهم و تجاری

میگوی ببری سبز، سفید هندی و سفید غربی به صنعت آبی‌پروری کشور در سواحل جنوبی شد. پرورش میگو در بسیاری از کشورها از سه دهه گذشته برای تحول در صنعت تولید به سرعت رشد یافته و فعالیت اقتصادی آن قابل توجه بوده است. این صنعت به‌دلیل بازده اقتصادی بالا نقش مهمی در توسعه اقتصادی بسیاری از کشورهای گرمسیری بازی می‌کند (Islam, 2008). با این حال، شواهد نشان می‌دهد که تولید پایدار تا حدودی با ظرفیت قابل تحمل اکوسیستم‌های ساحلی (حاوی آبی‌پروری) محدود شده است (Sa et al., 2013). علاوه بر این، رشد سریع این صنعت در یک مسیر نامتعارف منجر به برخی مشکلات محیط‌زیستی، فنی، اقتصادی و اجتماعی شده است که به‌طور گسترده‌ای در تحقیقات بین‌المللی گزارش شده است (Neiland et al., 2001).

در آبی‌پروری در محیط‌های شور، رعایت نکات زیست‌محیطی و اکولوژیکی توصیه می‌شود از جمله: آب‌بندی مناسب کف استخر، برای جلوگیری از نشت آب به آب‌های زیرزمینی و بالا آمدن سطح ایستابی، پیشگیری از فرار گونه‌های غیربومی (در صورت استفاده از این گونه‌ها) به آبراهه‌های طبیعی منطقه، پیشگیری از انتقال امراض و آلودگی‌های احتمالی به آبراهه‌های طبیعی و جلوگیری از خروج و انتقال آب به خارج از محدوده تولید آبی، به‌عبارت دیگر، دفع پساب‌های آبی‌پروری به‌صورت مناسب باید در خود منطقه و محل صورت گیرد و پساب حاصله به آبراهه‌ها یا محیط‌های آبی حساس تخلیه نشود (Sousa et al., 2006). در مزرعه‌های پرورش متراکم میگو، آب تخلیه شده از یک مزرعه با آب ورودی مزرعه همسایه مخلوط شده که منجر به آلودگی مزارع و گسترش بیماری بین جمعیت میگو می‌شود. سیستم‌های مختلف پرورش میگو، اثرات متفاوتی بر محیط‌زیست می‌گذارند. سیستم‌های گسترده نیاز به زمین با مساحت بیشتر دارند و در نتیجه منجر به تخریب اکوسیستم‌های ساحلی می‌شوند. اما سیستم‌های متراکم بیشتر باعث مشکلات آلودگی به دلیل تراکم بالا، خوراک ورودی و مواد شیمیایی شده اند (Sousa et al., 2006).

اخیرا به‌کارگیری تکنیک نوین توده‌ساز زیستی^{۱۱} برای رفع مشکلات آبی‌پروری پایدار توصیه شده است. در این تکنولوژی با مدیریت صحیح، از جمعیت باکتری‌ها در آب به‌طور موثر استفاده می‌شود. در این سیستم تعویض آب صفر یا حداقل، برای به حداکثر رساندن امنیت زیستی و به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی مزرعه است (Avnimelech, 2012; Khanjani et al., 2017). هوادهای قوی مصنوعی برای تزریق و تامین اکسیژن و معلق کردن ذرات آلی و توسعه جوامع میکروبی هتروتروفیک در استخر، به‌کارگیری می‌شود. نقش اصلی را در این سیستم باکتری‌های شوره‌ساز^{۱۲} و باکتری‌های هتروتروف (گونه‌های باسیلوس با فرایند آسیمیلایسیون^{۱۳} و گونه‌های سودوموناس با فرایند

۴-۲- آرتمیا

آرتمیا یکی از انواع مهم و نسبتاً گسترده سخت پوستان است که از آب‌های لب شور تا آب‌های شور که میزان املاح آن‌ها ممکن است تا چند برابر آب دریا باشد، زندگی می‌کند (Lavens and Sorgeloos, 1996). یکی از ملزومات گسترش آبی‌پروری، تامین غذای لاروی انواع آبیان پرورشی است. پرورش موفق لارو آبیان یک مرحله مهم در چرخه تولید برای بسیاری از گونه‌های آبی است. یکی از مشکلات مهم در این راه، فراهم نمودن غذای مناسب برای تغذیه ابتدایی لاروها است. غذای زنده به ویژه زئوپلانکتون‌ها به عنوان غذایی ابتدایی برای تغذیه برخی از گونه‌های ماهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین غذاهای زنده در صنعت آبی‌پروری ناپلیوس آرتمیا است. ارزش غذایی ناپلی آرتمیا در حد مطلوبی است و دارای بیش از ۵۲٪ پروتئین و ۴٪ چربی است و همچنین گونه‌های آرتمیا بالغ از نظر ارزش غذایی حاوی ۵۰ تا ۶۰٪ پروتئین، ۲ تا ۱۹٪ لیپید، ۹ تا ۱۷٪ کربوهیدرات و ۹ تا ۱۱٪ خاکستر است (Ahmadi et al., 1990).

امروزه آمریکا، برزیل و چین بزرگترین تولید کنندگان سیستم بیوماس آرتمیا در جهان هستند. آمریکا به تنهایی ۷۰٪ بازار جهانی آرتمیا را در اختیار دارد و سالانه میلیون‌ها دلار از این تجارت سود می‌برد. نوسانات قیمت سیستم در بازار جهانی و وابستگی شدید به سیستم، موجب شد تا فرایند تولید در مزارع تولید نمک، آبیگرهای دست‌ساز با آب‌های نامتعارف شور و زهکش‌های کشاورزی شور انجام شود. بسیاری از کشورهای آسیای جنوب شرقی نظیر چین، ویتنام، فیلیپین، تایلند و سریلانکا در این خصوص از پیشرفت قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و نتایج

قابل قبولی در طی سال‌های اخیر به دست آورده‌اند. میزان برداشت در کشورهای مختلف با توجه به سیستم پرورش، نوع مدیریت، شرایط اقلیمی و اهداف نهایی (تولید نمک مصرفی یا صنعتی) متفاوت است. به عبارتی مدیریت برداشت، تولید و فرآوری سیستم بیوماس آرتمیا بستگی به نوع منبع، میزان تولید و حجم عملیات دارد. هم‌اکنون در دنیا تولید و برداشت سیستم و بیوماس آرتمیا از چندین منبع با بهره‌گیری از آب شور و نامتعارف انجام می‌شود.

۴-۳- علف‌های دریایی و جلبک‌ها

در حدود ۱۰۰۰۰ گونه علف دریایی^{۱۵} وجود دارد که ۵۰۰ گونه از آن به صورت تجاری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Guiry, 2001). علف‌های دریایی منبع غنی از فیکوکلوئیدها هستند، که کاربرد وسیعی در صنایع مختلف دارند. این مواد پلی‌ساکاریدهای هستند که مهم‌ترین فرآورده‌های آن آگار^{۱۶}، کاراجین^{۱۷} و آلگانی^{۱۸} هستند. همچنین این علف‌ها منابع غنی از عناصر آهن و ید هستند. جلبک‌ها به صورت ماکرو و میکرو که در آب‌های شور تولید می‌شوند طیف وسیعی از انواع فرآورده‌های مفید، مانند بتاکاروتین، کلروفیل، اسیدهای چرب، انواع مواد معدنی و ویتامین‌ها از گونه‌های مختلف آن‌ها استخراج می‌شود (PPK, 2001). این مواد در صنایع بهداشتی، دارویی، مکمل‌های غذایی برای انسان، آبیان و دام، و سوخت‌های زیستی کاربرد فراوان و بازار مصرف بسیار خوبی دارند. تحمل به شوری و فرآورده‌های برخی از گونه‌های انواع جلبک‌ها در جدول ۶ ارائه شده است. پرورش انبوه جلبک‌ها و جنگل‌های دریایی^{۱۹} در محیط‌های آبی شور، فرصت بهره‌برداری از آب‌های بسیار شور را برای تولید خوراک انسان، آبیان و دام و ایجاد درآمد فراهم می‌سازد.

جدول ۶- گونه‌های مناسب جلبک برای پرورش با آب‌های شور (PPK, 2001)

انواع گونه‌های جلبک	فرآورده تجاری	شوری (گرم بر لیتر)
میکرو جلبک		
<i>Dunaliella salina</i>	بتاکاروتین	< ۲۰۰
<i>Aphanothece halophytica</i>	پلی‌ساکاریدها و رنگدانه‌ها	< ۲۰۰
<i>Tetraselmis and Isichrysis</i>	خوراک آبی	تقریباً ۳۰
<i>Spirulina platensis</i>	فرآورده‌های غذایی سالم	تقریباً ۳۰
<i>Porphyridium creurentum</i>	پلی‌ساکاریدها و رنگدانه‌ها	تقریباً ۳۰
ماکرو جلبک		
<i>Gracilaria spp.</i>	خوراک آبی	تقریباً ۳۰
<i>Ulva spp.</i>	خوراک دام و آبیان	تقریباً ۳۰
<i>Caulerpa spp.</i>	خوراک انسان در ژاپن	تقریباً ۳۰

۵- مدیریت کیفیت آب پساب‌های تصفیه شده

تراکم تعدادی از پاتوژن‌ها در پساب افزایش می‌یابد که کنترل و مدیریت آن‌ها در استفاده از پساب‌ها ضروری است. برخی از پاتوژن‌ها از جمله انواع نامتوده‌ها و ترماتودها از گیاهان آبی و

عضله ماهی در سیستم‌های پرورشی با آب بازیافتی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- کیفیت عضله ماهی پرورش یافته در سیستم آب بازیافتی (Buras et al., 1987)

کیفیت عضله	غلظت کل باکتری‌های هوازی در بافت عضله ماهی (باکتری/اگرم عضله)
بسیار خوب	۱۰-۰
متوسط	۳۰-۱۰
غیر قابل قبول	بیشتر از ۵۰

در صورت تامین استانداردهای بهداشتی امکان استفاده از منابع بازیافتی نامتعارف در آبی‌پروری مقدور بوده ولی نیاز به پایش دقیق محصولات تولیدی و پساب ورودی به استخر دارد. در زمینه استفاده از زهکش‌های کشاورزی در آبی‌پروری با توجه به استانداردهای سختگیرانه، سموم و علف‌کش‌ها مهم‌ترین عامل محدودیت‌زا بوده که استفاده از این منابع را با محدودیت مواجه می‌سازد. معیار کیفیت پیشنهادی برای استفاده از پساب و آب‌های بازیافتی برای پرورش ماهی در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- معیار کیفیت پیشنهادی برای استفاده از پساب و آب‌های بازیافتی برای پرورش ماهی (WHO, 1989)

پارامتر	مقدار پیشنهاد شده
آمونیاک (mg/l)	کمتر از ۱
دی‌اکسیدکربن (mg/l)	کمتر از ۱۲
فلزات سنگین (mg/l)	کمتر از ۱
جامدات محلول (mg/l)	کمتر از ۱۰۰۰
دترجنت‌ها (mg/l)	کمتر از ۰/۲
اکسیژن محلول (mg/l)	بیش از ۵
pH	۸/۵ - ۶/۵
DDT (mg/l)	کمتر از ۰/۰۰۲

*براساس سازمان بهداشت جهانی برای استفاده از پساب در آبی‌پروری میزان کلی‌فرم مدفوعی کمتر و یا مساوی ۱۰۰۰ در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر و در هر لیتر هیچ تخم زنده ترماتودی مشاهده نشود (WHO, 1989).

۶- نتیجه‌گیری

کامبود آب و تامین مواد غذایی جمعیت رو به فزون سبب شده استفاده از آب‌های نامتعارف مانند آب‌های شور، فاضلاب‌های شهری و صنعتی، آب خروجی از کارگاه‌های پرورش و آبی‌گیرهای سیلابی به‌عنوان منابع با ارزش برای افزایش میزان تولیدات بخش کشاورزی و آبی‌پروری محسوب شود. در ارتباط با قابلیت مصارف پساب‌ها و آب‌های برگشتی نتیجه‌گیری می‌شود که مهم‌ترین کاربری مصارف این منابع، در آبی‌پروری (پس از تصفیه

ماهی به‌عنوان میزبان حدواسط استفاده می‌کنند (Strauss, 1985). از جمله *Heterophys*, *Clonorchis*, *Schistosoma*, *Opisthorchis* و *Metagonimus* از جمله پاتوژن‌های خطرناک هستند که کنترل و مدیریت آن‌ها در استفاده از پساب‌ها مورد توجه است. کلونورکیس و شیسستوزوما از همه آن‌ها خطرناک‌تر بوده و سنجش تراکم آن در پساب‌ها برای استفاده در آبی‌پروری حائز اهمیت است که اگر تراکم آن بالا باشد استفاده از این منابع برای آبی‌پروری دارای محدودیت است (Strauss, 1985).

فاز اول توسعه پاتوژن کلونورکیس ابتدا در بدن حلزون توسعه یافته، سپس حلزون آن‌را به بدن آبی انتقال داده و آبی در صورت مصرف به‌صورت خام و نیمه پخته پاتوژن را به انسان انتقال می‌دهد. حلزون‌های آبی هم‌چنین به‌عنوان میزبان حدواسط ترماتود شیسستوزوما هستند که سبب بیماری شیسستوزومیاز می‌شود. هنگامی که کارگران به‌داخل حوضچه‌های پرورش می‌روند حلزون‌های عفونی شده با ترماتود که حاوی لارو آن هستند، ممکن است به بدن کارگر چسبیده و لارو به پوست نفوذ کند. بیماری شیسستوزوما به‌طور ویژه *Schistosoma japonicum* در استخرهای آبی‌پروری استفاده از پساب دیده شده است.

مطالعاتی در مورد بقای باکتری‌ها و ویروس‌ها در ماهی انجام گرفت (Strauss, 1985) و نتیجه شد که اگر تراکم باکتری‌های کلی‌فرم و سالمونلا به‌ترتیب بیش از 10^4 و 10^5 در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر شود، باکتری به بافت عضله ماهی نفوذ می‌کند. نتایج دیگر این تحقیق به‌شرح زیر است:

- هر چه مدت زمان در معرض قرارگیری ماهی با آلودگی افزایش یابد نفوذ باکتری به بافت ماهی بیشتر می‌شود؛
- تجمع کمتری از میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌ها و نفوذ آن‌ها به بافت ماهی رخ می‌دهد، هنگامی که غلظت کلی‌فرم در آب استخر کمتر از ۱۰۰۰ عدد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر باشد؛
- حتی در غلظت پایین آلودگی آب پساب، تراکم پاتوژن بالایی ممکن است در لوله گوارش ماهی حضور داشته باشد؛
- پاتوژن‌ها در طحال، کلیه و کبد ماهی مشاهده شد.

سازمان بهداشت جهانی^۹ محدودیت‌هایی را در استفاده از پساب‌های تصفیه شده در آبی‌پروری و کشاورزی اعمال نموده است. براساس دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی، پساب مورد استفاده برای استخرهای پرورش آبی باید عاری از تخم انگل نماتودها بوده و تعداد کلی‌فرم مدفوعی در آن‌ها بیش از ۱۰۰۰ عدد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر نباشد. در استفاده از پساب‌های شهری در آبی‌پروری مهم‌ترین عامل محدودیت‌زا، کلی‌فرم، فکال کلی‌فرم و تخم انگل نماتود است. کیفیت باکتریولوژیکی بافت

و بررسی آب) کشاورزی و همچنین آبیاری فضای سبز و جنگل کاری اطراف شهرها است که امکان استفاده از این منابع را با حداقل اثرات سوء محیط‌زیستی مقدور می‌سازد. مهم‌ترین عامل محدودیت‌زای کیفی پساب‌های حاصل از تصفیه فاضلاب شهری در مصارف مختلف ویژگی‌های بهداشتی و مواد آلی پساب خروجی است، که پس از تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قابلیت استفاده در آبی‌پروری را دارند. استفاده از آب‌های نامتعارف با توجه به محدودیت منابع آبی کشور در مدیریت خشکسالی بسیار مؤثر و کارآمد است و همچنین استفاده آن یکی از راه‌های توسعه بخش شیلات محسوب می‌شود. استفاده از آب‌های شور نامتعارف که مصرف شرب ندارند، را می‌توان برای افزایش بهره‌وری و تولید در پرورش ماهی، میگو، آرتیمیا و جلبک استفاده کرد که از اهمیت زیادی برخوردار است. از این‌رو شورورزی به‌عنوان راه‌کاری کاربردی، اقتصادی و پایدار می‌تواند مکمل تولیدات کشاورزی در ارتقای امنیت غذایی کشور باشد. منبع اصلی آب‌های شور در مناطق داخلی، آب‌های زیرزمینی هستند که در استان‌های مرکز ایران مثل یزد و کرمان این منابع آبی زیاد است و می‌توان برای آبی‌پروری، اشتغال و تولید استفاده کرد. تعیین مقدار کمیت آب شور و حجم آن برای توسعه فعالیت‌های آبی‌پروری ضروری بوده و تعیین کننده پایداری فعالیت‌های شیلاتی است.

۷- پی‌نوشت‌ها

- 1- Biological Oxygen Demand
- 2- Milk fish
- 3- Cat fish
- 4- Kissing gouramy
- 5- Freshwater Prawn
- 6- Water spinach
- 7- Chinese water chestnut
- 8- Recirculation aquaculture systems
- 9- World Health Organization
- 10- Chemical Oxygen Demand
- 11- Biofloc technology
- 12- Nitrifying
- 13- Assimilation
- 14- Denitrification
- 15- Sea weed
- 16- Agar
- 17- Carageenan
- 18- Alginates
- 19- Kelp

۸- مراجع

بمانی خراقی، ا.، علیزاده، م و خانجانی، م.ح.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) پرورش ماهی تیلایپایی نیل (*Oreochromis niloticus*) در برخی مناطق استان یزد"،

مجله بوم‌شناسی آبریان، (۴) ۶۸-۸۱.

حسین‌زاده، ه.، مهرابی، م.ح. و ربانی‌ها، م.، (۱۳۹۲)، مروری بر پرورش ماهی در قفس، ملاحظات بهداشتی و زیست محیطی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران.

خورسندی، ف.، وزیری، ژ.، و عزیزی زهان، ع.، (۱۳۸۹)، شورورزی: استفاده پایدار از منابع آب و خاک شور در کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۳۳۶ صفحه.

علیزاده، م.، (۱۳۸۷)، بررسی تاثیر سطوح مختلف پروتئین و انرژی جیره غذایی بر عملکرد رشد بدن و تکامل گنادهای جنسی فیل ماهی‌های ۴ ساله پرورشی در آب لب‌شور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ایستگاه تحقیقاتی ماهیان آب شور. گزارش طرح، ۹۵ صفحه.

عوفی، ف.، شریفیان، م. و ربانی‌ها، م.، (۱۳۹۲)، انتخاب مکان مناسب جهت استقرار سیستم‌های پرورش ماهیان دریایی در قفس به روش ارزیابی ماتریس پاستاکیا (خلیج فارس، استان هرمزگان، جزایر تنگه هرمز)، گزارش علمی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور.

فولادمند، ح.ر.، (۱۳۸۸)، اصول آبیاری، انتشارات نوید شیراز، ۲۲۳ صفحه.

Ahmadi, M.R., Leibovitz, H., and Simpson, K.L., (1990), "Nutrient composition of the Iranian brine shrimp (*Artemia urmiana*)", *Comparative Biochemistry and Physiology*, 95(2), 225-228.

Avnimelech, Y., (2012), *Biofloc technology: A practical guide book*, 2nd Edition, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 272 p.

Bhatnagar, A., and Devi, P., (2013), "Water quality guidelines for the management of pond fish culture", *International Journal of Environmental Sciences*, 3(6), 1980-2009.

Boyd, C. E., and Gross, A., (2000), "Water use and conservation for inland aquaculture ponds", *Fisheries Management and Ecology*, 7, 55-63.

Buras, N., Duek, L., Niv, S., Hopher, B., and Sandbank, E., (1987), "Microbiological aspects of fish grown in treated wastewater", *Water Research*, 21, 1-10.

Chen, H., Carter, K.E., (2016), "Water usage for natural gas production through hydraulic fracturing in the United States from 2008 to 2014", *Journal of Environmental Management*, 170, 152-159.

Davarpanah, A., (2018), "The integrated feasibility analysis of water reuse management in the petroleum exploration performances of unconventional shale reservoirs", *Applied Water Science*, 8(75), 1-12.

Edwards, P., (1990), *Reuse of human excreta in aquaculture: A state-of-the-art review*, Draft Report, World Bank, Washington DC.

Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Fisheries and Aquaculture Department, (2014), "The state of world fisheries and aquaculture.", Retrieved from the Food and Agricultural Organization of the United Nations website: <http://www.fao.org/>

- Guiry, M., (2001), *What is Seaweed?* <http://seaweed.ucg.ie/whatisseaweed.html>.
- Khanjani, M.H., Sajjadi, M.M., Alizadeh, M., and Sourinejad, I., (2017), "Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: The effect of adding different carbon sources", *Aquaculture Research*, 48, 1491-1501.
- Islam, M.S., (2008), "From pond to plate: Towards a twin-driven commodity chain in Bangladesh shrimp aquaculture", *Food Policy*, 33(3), 209-223.
- Lavens, P., and Sorgeloos, P., (1996), *Manual on the production and use of live food for aquaculture*, FAO Fisheries Technical Paper, FAO Press, Rome.
- McIntosh, D., and Fitzsimmons, K., (2003), "Characterization of effluent from an inland, low-salinity shrimp farm: What contribution could this water make if used for irrigation", *Aquacultural Engineering*, 27, 147-156.
- Neiland, A.E., Soley, N. Varley, J.B., and Whitmarsh, D.J., (2001), "Shrimp aquaculture: Economic perspectives for policy development", *Marine Policy*, 25(4), 265-279.
- Pillay, T.V.R., (1992), *Aquaculture and the environment*, Fishing News Books, Cambridge, Massachusetts USA.
- PPK, (2001), *Options for the productive use of salinity*, National Dryland Salinity Program (www.ndsp.gov.au).
- Rabiei, R., Phang, S.M., Yeong, H.Y., Lim, P.E., Ajdari, D., Zarshenas, G., and Sohrabipour, J., (2014), "Bioremediation efficiency and biochemical composition of *Ulva reticula* forsskal (Chlorophyta) cultivated in shrimp (*Peneaus monodon*) hatchery effluent", *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13 (3), 621-639.
- Sa, D.T., Sousa, R.R.De., Rocha, I.R.C.B., Lima, G.C.De., and Costa, F.H.F., (2013), "Brackish shrimp farming in northeastern brazil: the environmental and socio-economic impacts and sustainability", *Natural Resources*, 4, 538-550.
- Sousa, O.V., Macrae, A., Menezes, F.G.R., Gomes, N.C.M., Vieira, R.H.S.F., and Mendonça-Hagler, L.C.S., (2006), "The impact of shrimp farming effluent on bacterial communities in mangrove waters, Ceará, Brazil," *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1725-1734.
- Strauss, M., (1985), *Pathogen survival, Part II., Health aspects of nightsoil and sludge use in agriculture and aquaculture*, IRCWD Report No. 04/85. International Reference Centre for Waste Disposal, Dubendorf, Switzerland.
- Valenti, W.C., and Daniels, W.H., (2000), "Recirculation hatchery systems and management", In: *New, M.B., Valenti, W.C. (Eds), Freshwater Prawn Culture*, Blackwell, Oxford, 69-90.
- World Health Organization (WHO), (1989), *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*, Technical Report No. 778, Geneva, 74 p.