Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

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

Investigation of aeration efficiency in increasing production per unit area and water quality with emphasis on two species of Common Carp and Grass Carp in dual-functional ponds (case study-Azadshahr)

Ehsan Fakhripour[*1], Mohammad Reza Imanpour[2], Roghieh Safari[3]

1. Corresponding Author, M.Sc. Student of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: efakhripor@gmail.com
2. Professor, Dept. of Aquaculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: imanpour@yahoo.com
3. Associate Prof., Dept. of Aquaculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: fisherissafari@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 04.05.2023
Revised: 05.05.2023
Accepted: 06.07.2023

Keywords:
Aeration,
Common carp,
Dual-purpose pool,
Grass carp

ABSTRACT

Investigation the effectiveness of aerator in increasing production per unit area and water quality in dual-purpose pools was investigated. Carp species used in this study were common carp (*Cyprinus carpio*) and grass carp (Valenciennes 1844 *Ctenopharyngodon idella*). This research was conducted in six agricultural dual purpose swimming pools with 2 treatments, 3 replications and 3 sub replications (control without aerator and treatment of a pool with 2 air jet aerators) in a period of 6 months. 1500 fry in aerated ponds, including 700 common carp and 800 grass carp, and 2500 fry in aerated ponds, including 1200 common carp and 1300 grass carp weighing approximately 100 grams were released in these pools. The DO content during the experimental period was significantly higher in the aeration treatments than in the control treatments. DO fluctuations in the aerated pools reached their highest value in May (7.43±0.15) and July (7.23±0.51), respectively. Water temperature was high during the experimental period among the aerated and non-aerated treatments. The highest pH was observed in aerated pools in July, 8.46±0.15. Fluctuations of NH_3 in aerated pools were the highest (0.05±0.01) in July and the lowest amount of NH_3 (0.02±0.002) was recorded in April. During the experimental period, the NO_2 content was significantly higher in the aerated treatments than in the control treatments. The nitrite content in the aerated pools in the month of August in the aerated treatment (0.31±0.005) and in the control treatment (0.008) ± 0.29) had the highest amount. The NO_3 content during the experimental period was significantly higher in the aerated treatments than in the control treatments. The amount of nitrite in aerated pools in August was the highest in the aerated treatment (3.6±0.0067) and in the control treatment (3.01±0.01). However, there was no significant difference between experimental and control treatments in the amount of water quality factors ($P<0.05$). The highest final weight was observed in common carp (1205.58±11.52) and the highest final weight was observed in grass carp (1305.66±7.49). The highest FCR was observed in the aerated treatment. The overall performance of the pool was also evaluated

positively in the aeration treatment. The results showed that aeration increased the water quality of the breeding ponds and increased their production compared to the control group.

Cite this article: Fakhripour, Ehsan, Imanpour, Mohammad Reza, Safari, Roghieh. 2024. Investigation of aeration efficiency in increasing production per unit area and water quality with emphasis on two species of Common Carp and Grass Carp in dual-functional ponds (case study-Azadshahr). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 13 (1), 141-160.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2023.21235.1769
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

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

بررسی تأثیر هواده در افزایش تولید در واحد سطح و کیفیت آب با تأکید بر دو گونه کپور معمولی و علفخوار در استخرهای دومنظوره (منطقه مورد مطالعه شهرستان آزادشهر)

احسان فخری‌پور*[۱]، محمدرضا ایمانپور[۲]، رقیه صفری[۳]

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی‌ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: efakhripor@gmail.com

۲. استاد گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: imanpour@yahoo.com

۳. دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: fisherissafari@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۱/۱٦
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۲/۱٥
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۳/۱۷

واژه‌های کلیدی:
استخر دومنظوره،
ماهی آمور،
ماهی کپور معمولی،
هوادهی

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی کارایی هواده در افزایش تولید در واحد سطح و کیفیت آب در استخرهای دومنظوره صورت گرفت. این پژوهش روی شش استخر دومنظوره کشاورزی با ۲ تیمار و ۳ تکرار و ۳ زیر تکرار (شاهد بدون هواده و تیمار یک استخر دارای ۲ هواده ایرجت) در یک دوره ٦ ماهه انجام شد. تعداد ۱٥۰۰ قطعه بچه‌ماهی در ۳۰۰۰ مترمربع در استخرهای بدون هواده و ۲٥۰۰ قطعه بچه‌ماهی در ۳۰۰۰ مترمربع در استخرهای باهواده با وزن تقریبی ۱۰۰ گرم در این استخرها رهاسازی شد. محتوای اکسیژن محلول (DO) در طول دوره آزمایشی به‌طور قابل‌توجهی در تیمارهای هوادهی بالاتر از تیمارهای کنترل بود. نوسانات DO در استخرهای دارای هوادهی در ماه‌های اردیبهشت (۷/٤۳±۰/۱٥ میلی‌گرم در لیتر) و تیرماه (۷/۲۳±۰/٥۱ میلی‌گرم در لیتر) به ترتیب به بیش‌ترین مقدار خود رسید. دمای آب در طول دوره آزمایشی در بین تیمارهای دارای هوادهی و بدون هوادهی بالا بود. بیش‌ترین میزان pH در استخرهای دارای هوادهی در تیرماه ۸/٤٦±۰/۱٥ مشاهده گردید. نوسانات NH_3 در استخرهای دارای هوادهی در تیرماه بیش‌ترین (۰/۰۱±۰/۰٥ میلی‌گرم در لیتر) و کم‌ترین میزان NH_3 (۰/۰۰۲±۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر) در فروردین‌ماه ثبت گردید. محتوای نیتریت در طول دوره آزمایشی به طور قابل‌توجهی در تیمارهای دارای هوادهی بالاتر از تیمارهای کنترل بود میزان نیتریت در استخرهای دارای هوادهی در مردادماه در تیمار دارای هواده (۰/۰۰٥±۰/۳۱) و هم در تیمار شاهد (۰/۰۰۸±۰/۲۹ میلی‌گرم در لیتر) بیش‌ترین میزان را داشت. محتوای نیترات

در طول دوره آزمایشی به طور قابل‌توجهی در تیمارهای دارای هوادهی بالاتر از تیمارهای کنترل بود. میزان نیتریت در استخرهای دارای هوادهی در مردادماه در تیمار دارای هواده (۰/۰۰۶۷±۳/۶ میلی‌گرم در لیتر) و هم در تیمار شاهد (۰/۰۱±۳/۰۱ میلی‌گرم در لیتر) بیش‌ترین میزان را داشت. با این‌حال هیچ تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی و کنترل در میزان فاکتورهای کیفی آب وجود نداشت (P>۰/۰۵). بیش‌ترین میانگین وزن انفرادی در ماهیان کپور معمولی (۰/۰۰۰۰۹±۱/۹ میلی‌گرم در لیتر) و بیش‌ترین میانگین وزن انفرادی در ماهیان آمور (۰/۰۰۳±۱/۳۰۵ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. بالاترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار دارای هوادهی مشاهده گردید (ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای دارای هوادهی برای ماهیان کپور معمولی ۰/۳۱±۲/۳ و برای ماهیان آمور در تیمارهای دارای هوادهی ۲/۷۷±۲۱/۰۹ ثبت شد). عملکرد کلی استخر نیز در تیمار هوادهی مثبت ارزیابی شد. نتایج نشان داد هوادهی سبب بالا رفتن کیفیت آب استخرهای پرورشی و تولید بیش‌تر آن‌ها نسبت به گروه کنترل گردید.

استناد: فخری‌پور، احسان، ایمانپور، محمدرضا، صفری، رقیه (۱۴۰۳). بررسی تأثیر هواده در افزایش تولید در واحد سطح و کیفیت آب با تأکید بر دو گونه کپور معمولی و علفخوار در استخرهای دومنظوره (منطقه مورد مطالعه شهرستان آزادشهر). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۳ (۱)، ۱۶۰-۱۴۱.

DOI: 10.22069/japu.2023.21235.1769

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

امروزه به‌علت افزایش جمعیت، نیاز به تأمین پروتئین افزایش یافته است. آبزی‌پروری یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین بشری است که به دلیل پتانسیل بالقوه تولید و امنیت غذایی، امروزه بیش‌تر از قبل مورد توجه قرار می‌گیرد. بر اساس گزارش منتشر شده سازمان خواروبار جهانی در سال ۲۰۲۰، میزان تقاضای ماهی برای مصارف انسانی از ۱۱۰ میلیون تن در سال ۲۰۱۰، به ۱۵٦ میلیون تن در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است (۱). با توجه به کاهش ذخایر آبزیان دریا و کمبود منابع آبی باید با برنامه‌ریزی اصولی و به‌کارگیری تمامی امکانات و منابع (تأسیساتی و آبی) به این نیاز پاسخ داد. به این منظور در زمینه تکثیر و پرورش ماهی با به‌کارگیری کشت‌های توأم و جانبی محصولات کشاورزی می‌توان بهره‌وری را به صورت پایدار بالا برد (۲). استفاده بهینه از منابع آبی، مسأله‌ای است که نباید از سوی کارشناسان این حوزه نادیده گرفته شود زیرا وضعیت اقلیمی کشور ایران به گونه‌ای است که باید حداکثر بهره‌برداری از منابع آبی موجود صورت گیرد. با توجه به میانگین سالانه بارش در شهرستان آزادشهر احداث استخرهای دومنظوره با استفاده از آب چاه کشاورزی، جهت استفاده بهینه از منابع آبی دارای اهمیت است. از مزایای این منابع ذخیره آب کشاورزی می‌توان به افزایش راندمان آبیاری، استفاده بهینه از منابع آبی و هم‌چنین تولید ماهی و ایجاد اشتغال و بهبود شرایط اقتصادی خانوارهای روستایی و تأمین نیازهای مردم اشاره کرد (۳). استخرهای دومنظوره استخرهایی هستند که به منظور ذخیره کردن آب برای فعالیت‌های کشاورزی ساخته شده‌اند که با تمهیداتی از جمله اصلاح استخر، نصب توری و دریچه ورودی و خروجی می‌توان آن را برای پرورش ماهی آماده نمود (٤). ایجاد این نوع استخر نه تنها بهره‌برداری منطقی از منابع آب‌های زیرزمینی را برای اقشار کشاورز به دنبال دارد، بلکه باعث افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی می‌شود، ضمن این‌که مواد دفعی حاصل از متابولیسم ماهی، کود بسیار مفیدی برای محصولات کشاورزی به حساب می‌آید (۵). هم‌چنین دو نوع استخر دومنظوره برق‌دار و فاقد برق وجود دارد که در نوع برق‌دار از هواده استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که در این نوع استخرها به‌دلیل خروج آب برای فعالیت‌های کشاورزی و عدم امکان باروری و غنی‌سازی آب استخر، از گونه ماهیانی که از جیره غذایی دستی تغذیه می‌نمایند، مانند دو گونه کپور معمولی و کپور علفخوار پرورش داده می‌شود (۲). گونه‌های کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) دو گونه اقتصادی مهم از ماهیان گرمابی می‌باشند که قابلیت پرورش مناسب در استخرهای دومنظوره کشاورزی را دارند. کپور معمولی به علت داشتن گوشت و قیمت مناسب از ماهیانی است که در سراسر دنیا پرورش داده می‌شود. این گونه همه‌چیزخوار و بیش‌تر از جانوران کفزی، گیاهان، مواد غذایی پوسیده بستر و داخل گل تغذیه می‌کند. کپور علفخوار به طور معمول از گیاهان عالی و جلبک‌ها تغذیه می‌کند و نقش مفیدی در کنترل گیاهان هرز کف و دیواره‌های استخر دارد. از شرایط پرورش کپور ماهیان می‌توان به کمیت و کیفیت آب مورد استفاده به عنوان مهم‌ترین عامل اشاره کرد (٦). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب جهت پرورش ماهیان عبارتند از: اسیدیته (pH)، که بهتر است آب مورد استفاده از این نظر خنثی یا قلیایی باشد، هدایت الکتریکی، بیانگر میزان املاح آب است، اکسیژن محلول، سختی آب و دما. در ارتباط با تغذیه

کپور ماهیان این مسأله دارای اهمیت است که این‌گونه ماهیان به علت تغذیه از کف باید با استفاده از ظروف یا تشتک‌های پلاستیکی غذادهی شوند. غذاهای مورد استفاده این ماهیان در مزارع دارای استخر ذخیره آب کشاورزی ذرت، گندم، جو، کنجاله سویا و انواع سبوس و هم‌چنین غذاهای کنسانتره می‌باشند زیرا غذاهای طبیعی استخرها ناچیز بوده و رشد ماهیان را به تأخیر می‌اندازد که باید آن را با انواع غذاهای دستی مذکور جبران کرد. برای خروج فضولات باید عمل تخلیه استخر از کف صورت گیرد تا فضولات از آن خارج شوند و پس از هر بار غذادهی ظروف غذا را بالا کشیده و مصرف غذا توسط ماهی‌ها مورد بررسی قرار بگیرد (٦). از آن‌جایی‌که پرورش کپور ماهیان در نیمه اول سال و در درجه حرارت بالا صورت می‌گیرد، تراکم و دمای بالا منجر به کمبود اکسیژن نمی‌شود. با افزایش دمای آب ماهی‌ها در اثر فعالیت بیش‌تر به اکسیژن و غذای بیش‌تری نیاز خواهند داشت و افزایش میزان تولید مواد دفعی در آب سبب کمبود بیش از حد اکسیژن محلول در آب می‌شود (۷). کیفیت آب در استخرهای پرورش ماهی اهمیت بسیار زیادی از نظر اثرات زیست‌محیطی دارد. بنابراین باید شاخص‌های دما و اکسیژن محلول آب به عنوان مهم‌ترین شاخص آب برای مدیریت کیفیت آب استخر مورد توجه قرار گیرد (۸). کاهش اکسیژن محلول در استخرها سبب افزایش سطح دی‌اکسیدکربن و آمونیاک می‌شود که هر دو مورد به عنوان مواد سمی و مضر برای ماهی به شمار می‌روند و افزایش آن‌ها به‌طور هم‌زمان سبب کاهش قدرت دفاعی ماهیان در مقابل بیماری‌ها می‌گردد (۹). برای جلوگیری از این موضوع از هواده استفاده می‌شود. هوادهی یک روش مکانیکی جهت تزریق هوا در آب به شمار می‌رود. این مهم با افزایش سطح تماس بین آب و هوا به‌دست می‌آید. در طبیعت این عمل توسط باد انجام می‌گیرد. امروزه عمل هوادهی با روش‌های مختلف از طریق پمپاژ آب و همین‌طور انواع دستگاه‌های هواده مانند ایرجت، فورس، پدالی و اسپلش و ... در مزارع پرورش ماهی به منظور افزایش تولید در واحد سطح استفاده می‌شود که هر یک از این دستگاه‌های هواده در آب برای عمق و سطح مشخصی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۰). مقدار اکسیژن محلول آب در طی دوره پرورش برای کپورماهیان نباید کم‌تر از سه میلی‌گرم بر لیتر باشد (۷). پرورش ماهیان در استخرهای ذخیره آب کشاورزی از سال ۱۳۷۵ آغاز گردید که این استخرها فاقد برق بوده‌اند و استفاده از برق و هواده تا قبل از سال ۱۳۹۵ به صورت پراکنده انجام می‌شد و امروزه به عنوان یک شیوه کارآمد و مؤثر به منظور افزایش تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. حوزه جغرافیایی محل اجرای طرح، بخش مرکزی شهرستان آزادشهر می‌باشد که از غرب به پلیس راه رامیان، از شرق به منطقه کاله شور و از شمال به ۵ کیلومتری شهرستان گنبد منتهی می‌شود. مساحت اراضی کشاورزی بخش مرکزی شهرستان در حدود ۱۸۰۰۰ هکتار می‌باشد که شامل استخرهای ذخیره آب کشاورزی خاکی بوده که به صورت چاه‌های آب کشاورزی احداث شده‌اند و در بیش‌تر موارد با کمی تغییرات و مرمت در ساختار آن‌ها مانند اصلاح دیواره‌ها، احداث خروجی و اصلاح شیب و ... اقدام به پرورش ماهی در آن‌ها می‌نمایند. در این اراضی تقریباً ۱۰۰۰ حلقه چاه دارای مجوز با میانگین دمای ١٦ درجه سانتی‌گراد موجود است که تا به امروز تعداد استخرهای ساخته شده در حوزه جغرافیایی محل اجرای طرح، ۲۲ استخر با مساحت ٦٦۰۰۰ مترمربع می‌باشد که تعداد ۳ استخر با مساحت ۹۰۰۰ مترمربع دارای برق و ۱۹ استخر با مساحت ۵۷۰۰۰

مترمربع فاقد برق هستند. در این خصوص در این شهرستان پیگیری‌های لازم با اداره برق به منظور تیرگذاری و انتقال برق در مزارعی که فاصله کم‌تری با منبع دارند، صورت گرفته است. اکثر استخرهای دومنظوره بدون برق توان تولید حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم ماهی در ۳۰۰۰ مترمربع را دارند که با برق‌دار نمودن استخر دومنظوره، صرفه‌جویی در مساحت زمین، استفاده بهینه از منابع آبی، ارتقاء مدیریت پرورش و افزایش تولید در واحد سطح حاصل خواهد شد. به‌ازای هر حلقه چاه آب کشاورزی مجاز و ۳ هکتار زمین یک استخر خاکی دومنظوره برق‌دار ۳۰۰۰ مترمربعی با توان تولید ۳ تن می‌توان ایجاد کرد و این توان تولید ۳ تن در مزارع پرورش ماهی غیربرق‌دار با وسعت ۱ هکتار میسر می‌شود. در صورتی که با نصب هواده و رهاسازی ۲۵۰۰ قطعه بچه‌ماهی ۱۰۰ گرمی (تعداد ۱۳۰۰ قطعه آمور و ۱۲۰۰ قطعه کپور معمولی) در مساحت ۳۰۰۰ مترمربعی می‌توان به این امر رسید (۱۱). از آن‌جا که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص استفاده از هواده‌ها در استخرهای دومنظوره کشاورزی جهت افزایش تولید در واحد سطح در استان گلستان انجام نشده بود مطالعه حاضر با این هدف صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی: این پژوهش بر روی شش استخر دومنظوره کشاورزی در روستای قورچای بخش مرکزی شهرستان آزادشهر انجام شد. هر کدام از استخرها با شکل هندسی مستطیل و با وسعت مفید ۳۰۰۰ مترمربع و دبی آب ورودی در آن‌ها ٦ لیتر بر ثانیه بود. بعد از آماده‌سازی یکسان استخرها از لحاظ ضدعفونی و آب‌گیری با استفاده از آب چاه کشاورزی تعداد ۱۵۰۰ قطعه بچه‌ماهی در ۳۰۰۰ مترمربع در استخرهای بدون هواده (بر اساس مطالعات منتشر نشده شیلات آزادشهر) و ۲۵۰۰ قطعه بچه‌ماهی در ۳۰۰۰ مترمربع در استخرهای با هواده با وزن تقریبی ۱۰۰ گرم در این استخرها رهاسازی شد (۱۱). این پژوهش با ۲ تیمار و ۳ تکرار و ۳ زیر تکرار (شاهد بدون هواده و تیمار یک استخر دارای ۲ هواده ایرجت) انجام شد. استفاده از هواده ایرجت با مشخصات الکترو موتور ۳ فاز ۳ اسب بخار ۳۰۰۰ دور به این دلیل است که موتور این دستگاه، یک شافت میان تهی داشته که در قسمت انتهایی آن، چند شکاف وجود دارد. در قسمت سر شافت پروانه‌ای قرار دارد که در هنگام چرخش باعث جلو راندن آب و در نتیجه ایجاد خلأ در جلو شافت می‌گردد و به همین جهت هوا از قسمت شیار انتهایی مکیده و به آب تزریق می‌شود. از ویژگی‌های خوب ایرجت می‌توان به عدم تبخیر، ایجاد یک جریان دایمی در آب که مانع از لایه‌بندی حرارتی می‌شود اشاره کرد (۸).

موقعیت جانمایی هواده‌ها در تیمار یک: در نصب دستگاه‌های هواده ایرجت- شناور یا کمبوجت (دارای قدرت موتور: تک فاز ۲ اسب سه فاز ۳ اسب، میزان هوادهی: ppm ۱٦۰۰، قدرت پرتاب: ۳ متر)- باید به‌گونه‌ای در استخرهای تیمار یک عمل کرد که اکسیژن یکنواختی را در حجم آب استخرها تزریق نماید و از طرفی از گل‌آلود شدن آب استخر جلوگیری نماید و هم‌چنین دستگاه‌های هواده در جهت همسو با جریان باد نصب شوند تا ضمن راندمان بهتر فشار کم‌تری بر دستگاه‌ها وارد آید. در مورد هواده‌های دائمی باید در نقطه‌ای نصب شوند که نگهداری و تعویض آن‌ها در هنگام نیاز به راحتی انجام شود و تا حد ممکن نزدیک به تیرهای برق باشد تا طول سیم مورد نیاز مصرف به حداقل برسد.

بهتر است هواده‌ها در استخرهای تیمار یک در وسط یکی از اضلاع بلند استخر، دور از دیواره و در جهت مرکز آن نصب شود. هم‌چنین باید هواده‌ها در استخرهای این تیمار به گونه‌ای قرار داده‌شوند که در جهت حرکت عقربه‌های ساعت یا عکس حرکت عقربه‌ها به حرکت درآیند یا به عبارتی دیگر همگی در یک جهت نصب شوند (۱۲).

اندازه‌گیری فاکتورهای کیفی آب: چون غلظت‌های اکسیژن محلول یا DO در استخرهای تیمار یک معمولاً در شب پایین می‌آید بنابراین هوادهی در زمان معینی از شب، قبل از این‌که غلظت DO به حد تنش‌زا برسد و ادامه آن تا روز بعد از زمانی که سبزینه‌سازی شروع به تولید اکسیژن در استخرها نماید، انجام گرفت (۱۲).

در موضوع مورد مطالعه اندازه‌گیری DO به روش شیمیایی و با استفاده از دستگاه پورتابل مولتی پارامتر در سه نوبت صبح، ظهر، شب انجام می‌گرفت.

تغذیه و غذادهی: در همه استخرها با توجه به تعداد رهاسازی، غذادهی بر اساس بیومس یکسان انجام گرفت.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد: تمامی استخرها در فواصل زمانی معین بیومتری شد و شاخص‌های رشد مورد ارزیابی دقیق قرار گرفت. بیومتری به صورت هر ۱۰ روز یکبار برای طول و وزن ماهی انجام شد. شاخص‌های رشد بر اساس رابطه‌های زیر اندازه‌گیری شد. پس از اتمام دوره میزان افزایش وزن بدن (گرم)، ضریب تبدیل غذایی[1] (FCR) از طریق رابطه‌های زیر محاسبه شد (۱۳).

$$FCR= F/(Wt -Wi)$$

$$BWI = Wt - Wi$$

در رابطه‌های فوق، Wt وزن نهایی (گرم)، Wi وزن اولیه (گرم)، F غذای مصرفی (وزن خشک به گرم) می‌باشند.

روش آماری: شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk یا آزمون Kalmogorov-Smiranov تست شد و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش t-test در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده گردید. از نسخه شماره ۲۲ نرم‌افزار SPSS برای انجام تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد.

نتایج

فاکتورهای کیفی آب: محتوای اکسیژن محلول در طول دوره آزمایشی به‌طور قابل‌توجهی در تیمارهای هوادهی بالاتر از تیمارهای کنترل بود (جدول ۱). نوسانات اکسیژن محلول در استخرهای دارای هوادهی در ماه‌های اردیبهشت (۷/۴۳±۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر) و تیرماه (۷/۲۳±۰/۵۱ میلی‌گرم در لیتر) به ترتیب به بیش‌ترین مقدار خود رسید. کم‌ترین میزان اکسیژن محلول (۵/۶±۰/۲) در استخرهای بدون هوادهی در شهریورماه مشاهده شد. با این‌حال هیچ تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت (P>۰/۰۵). دمای آب در طول دوره آزمایشی در بین تیمارهای دارای هوادهی و بدون هوادهی بالا بود (جدول ۱). نوسانات دما در ماه‌های تیر و مرداد به بیش‌ترین مقدار خود رسید. کم‌ترین میزان دما (۱۸/۹۶±۳/٤ درجه سانتی‌گراد) در استخرهای دارای هوادهی در فروردین‌ماه مشاهده شد. با این‌حال هیچ تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد وجود نداشت (P>۰/۰۵). نتایج حاصل از بررسی pH آب استخرهای دارای هواده و بی‌هواده در ماه‌های مختلف دوره پرورش ارائه شده است. بر طبق نتایج آنالیز آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد (P>۰/۰۵). بیش‌ترین میزان pH

1- Food Conversion Ratio

در استخرهای دارای هوادهی در تیرماه ۸/٤٦±۰/۱۵ مشاهده گردید (جدول ۱). محتوای آمونیاک در طول دوره آزمایشی به‌طور قابل‌توجهی در تیمارهای هوادهی بالاتر از تیمارهای کنترل بود (جدول ۱). نوسانات آمونیاک در استخرهای دارای هوادهی در تیر ماه بیش‌ترین (۰/۰۱±۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر) و کم‌ترین میزان آمونیاک (۰/۰۰۲±۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر) در فروردین‌ماه ثبت گردید. کم‌ترین میزان آمونیاک (۰/۰۱±۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر) در استخرهای بدون هوادهی در فروردین‌ماه مشاهده شد. با این‌حال هیچ تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد مشاهده نشد (P>۰/۰۵). محتوای نیتریت در طول دوره آزمایشی به‌طور قابل‌توجهی در تیمارهای دارای هوادهی بالاتر از تیمارهای کنترل بود (جدول ۱). میزان نیتریت در استخرهای دارای هوادهی در مردادماه در تیمار دارای هواده (۰/۰۰۵±۰/۳۱ میلی‌گرم بر لیتر) و هم در تیمار شاهد (۰/۰۰۸±۰/۲۹ میلی‌گرم بر لیتر) بیش‌ترین میزان را داشت و کم‌ترین میزان آن در استخرهای دارای هواده (۰/۰۰۵±۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر) در استخرهای بدون هوادهی در خردادماه (۰/۰۰٦±۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر) مشاهده شد. با این‌حال هیچ تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت (P>۰/۰۵). محتوای نیترات در طول دوره آزمایشی به‌طور قابل‌توجهی در تیمارهای دارای هوادهی بالاتر از تیمارهای کنترل بود (جدول ۱). میزان نیترات در استخرهای دارای هوادهی در مردادماه در تیمار دارای هواده (۰/۰۰٦۷±۳/٦ میلی‌گرم بر لیتر) و هم در تیمار شاهد (۰/۰۱±۳/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر) بیش‌ترین میزان را داشت و کم‌ترین میزان آن در استخرهای دارای هواده (۰/۰۰۵۷±۲/۰۱) در استخرهای بدون هوادهی (۰/۰۱±۱/۷۹ میلی‌گرم بر لیتر) در فروردین‌ماه مشاهده شد. با این‌حال هیچ تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت (P>۰/۰۵).

نتایج شاخص‌های رشد: نتایج حاصله از شاخص‌های رشد در جدول ۲ ارائه شده است. وزن نهایی در طول دوره آزمایشی در تیمارهای دارای هوادهی بالا بود (جدول ۲). میانگین وزن انفرادی ماهیان کپور ۰/۰۰۰۰۹±۱/۲ گرم و میانگین وزن انفرادی ماهیان آمور ۰/۰۰۳±۱/۳۰۵ گرم در استخرهای دارای هوادهی مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد وجود داشت (P<۰/۰۵).

ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای دارای هوادهی برای ماهیان کپور معمولی ۰/۳۱±۲/۳ و برای ماهیان آمور در تیمارهای دارای هوادهی ۲/۷۷±۲۱/۰۹ ثبت شد. تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد وجود نداشت (P>۰/۰۵).

در انتهای دوره بهترین عملکرد در میان استخرهای دارای هواده مشاهده شد. وزن نهایی در ماهیان کپور معمولی ۹/۱۷±۱٤۱۸/۱۸۰ و وزن نهایی در ماهیان آمور ۸/۳۳±۱٦۵۸/۲۱۲ در استخرهای دارای هوادهی ثبت شد. تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد وجود داشت (P<۰/۰۵).

جدول ۱- نتایج حاصله از نتایج فاکتورهای کیفی آب.

پارامتر	تیمار هوادهی							کنترل بدون هوادهی			
	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
اکسیژن (mg/l)	٦/٦٨±٠/٥٩	٧/٤٣±٠/١٥	٧/٠١±٠/٢	٧/٣٢±٠/٥١	٦/٨±٠/٦٨	٦/٢±٠/٧٦	٦/١٦±٠/٣٥	٦/٠٢±٠/٠٦	٦/٢±٠/٠٨	٥/٩±٠/١١	٦±٠/٢	٥/٦±٠/٢
دما (C)	١٨/٩٦±٣/٤	٢١/٩٩±٣/٢٦	٢٨/٨٦±٣/٩٧	٣٢/٢٩±٤/٠٤	٣١/١٤±٤/٦٧	٢٨/٢٣±٤/٣٨	١٩/٢٣±٣/٣	٢٢/٦٥±٣/١٨	٢٧/٤٩±٣/٥	٣٢/٦٩±٤/٠٧	٣١/٧٢±٤/٥	٢٨/٥٧±٤/٣٦
pH	٦/٨٢±٠/٣٢	٧/١٢±٠/٢٣	٧/٩٢±٠/٦٦	٨/٤٦±٠/١٥	٨/٤٣±٠/٢	٨±٠/٦	٦/٨٨±٠/٢	٧/١٣±٠/٢	٧/٨±٠/٥٣	٨/٣٦±٠/٢٨	٨/٢٥±٠/٣٤	٧/٨±٠/٤٩
آمونیاک (mg/l)	٠/٠٢٦٧±٠/٠٠٢	٠/٠٣٤±٠/٠٠٣٧	٠/٠٤±٠/٠٠٥٧	٠/٠٥±٠/٠١	٠/٠٥٤±٠/٠١٦	٠/٠٤±٠/٠١	٠/٠٢±٠/٠١	٠/٠٢٧±٠/٠٠٦	٠/٠٣٩±٠/٠١	٠/٠٤٨±٠/٠١	٠/٠٤٩±٠/٠٠٧	٠/٠٣٧±٠/٠٠٦
نیتریت (mg/l)	٠/١٢±٠/١	٠/١٥±٠/٠٠٥	٠/٢±٠/٠٠٥	٠/٢٨±٠/٠١	٠/٣١±٠/٠٠٥	٠/٢٦±٠/٠٥٧	٠/١١±٠/٠٥	٠/١٣±٠/٠٠١	٠/٢±٠/٠٠٦	٠/٢٢±٠/٠٠١	٠/٢٩±٠/٠٠٨	٠/٢±٠/٠٠٦٨
نیترات (mg/l)	٢/٠١±٠/٠٠٥٧	٢/٠٥±٠/٠١	٢/٦٤±٠/١١	٣/٠٧±٠/٠٠٥٧	٣/٦±٠/٠٠٦٧	٣/٠٢±٠/٠١١	١/٧٩±٠/٠١	٢/٠٢±٠/٠٠٠٥٨	٢/٢٦±٠/٠٠٥	٢/٨٨±٠/١	٣/٠١±٠/٠١	٢/٩٢±٠/١١

حروف کوچک انگلیسی در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها در سطح ۰/۰۵ است

جدول ۲- نتایج حاصله از شاخص‌های رشد.

پارامتر	تیمار هوادهی		کنترل	
	ماهی کپور	ماهی آمور	ماهی کپور	ماهی آمور
وزن اولیه (گرم)	۹۶/۷۹±۱۲/۰۶	۹۵/۸۳±۸/۹	۹۵/۲۹±۱۱/۴۲	۹۵/۲۵±۱۱/۴۲
میانگین وزن انفرادی (گرم)	۱/۰±۲/۰۰۰۰۹	۱/۰±۳۰۵/۰۰۳	۱/۰±۱/۰۰۰۰۷	۱/۰±۱۴/۰۰۰۰۷
ضریب تبدیل غذایی	۲/۰±۳/۳۱	۲۱/۲±۰۹/۷۷	۲/۰±۲۷/۰۵	۲۰/۰±۳۳/۳
وزن نهایی (گرم)	۱۴۱۸/۱۸۰±۹/۱۷[a]	۱۶۵۸/۲۱۲±۸/۳۳[a]	۷۷۱/۱۸±۲۵/۹۳[b]	۹۵۰/۲۷±۵/۸[b]

حروف کوچک انگلیسی در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار اماری بین تیمارها در سطح ۰/۰۵ است

بحث و نتیجه‌گیری

بدون شک استفاده از آب‌های ذخیره کشاورزی جهت تولید منابع پروتئینی، از راهکارهای استفاده بهینه از آب به‌خصوص در مناطقی که با کمبود منابع آب مواجه هستند، می‌باشد. این استخرها علاوه بر تولید ماهی نقش به‌سزایی در تأمین آب غنی از مواد ارزشمند از جمله: فسفر، کلسیم و مواد آلی به عنوان کود آلی برای مزارع می‌باشند. کیفیت آب عامل مهمی است که بر روی رشد ماهیان پرورشی تأثیر می‌گذارد. برای حفظ کیفیت آب از راه‌های مختلفی از جمله هوادهی استفاده می‌شود. یک پارامتر مهم در ارزیابی کیفیت آب اکسیژن محلول می‌باشد و منعکس‌کننده فرآیندهای بیولوژیکی و فیزیکی در آب است (۱۴). میزان اکسیژن مناسب برای کپور ماهیان ۵-۳ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (۸). Nsonga (۲۰۱۴)، گزارش داد که سطح DO ۵ میلی‌گرم در لیتر یا بالاتر از ۵ میلی‌گرم در لیتر، سطح ایده‌آل برای ماهیان گرم‌آبی است (۱۵). در مقایسه میانگین‌ها، نتایج پژوهش حاضر نشان داد سطوح DO در تیمارهای هوادهی از نظر آماری بالاتر از تیمار کنترل بود که بیانگر اثرات مثبت هوادهی بر میزان اختلاط اکسیژن در آب است. میزان اکسیژن محلول پس از سه ماه کاهش یافت. نتایج Fernandes و همکاران (۲۰۱۰)، نیز نشان داد، DO در ماه‌های تابستان کاهش یافت که به دلیل مصرف زیست‌توده ماهی است. یکی دیگر از دلایل این امر می‌تواند افزایش دمای هوا باشد که منجر به کاهش میزان اکسیژن محلول در آب می‌شود. یکی از راه‌های توضیح حلالیت بیش‌تر اکسیژن در آب سردتر این است که مولکول‌های آب انرژی کم‌تری دارند، حرکت مولکولی کم‌تری دارند و در آب سرد به هم نزدیکتر هستند. آرایش نزدیک‌تر مولکول ها و حرکت کم‌تر، به آب سردتر اجازه می‌دهد تا مولکول‌های اکسیژن را قوی‌تر از آب گرم نگه دارد (۱۶).

Abdalla و Romaire (۱۹۹۰) میزان بالای DO را در سیستم دارای هوادهی در طول دوره گزارش کردند اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. میانگین غلظت اکسیژن محلول بین ۱/۰۸-۵/۵۷ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود و در طول دوره روند کاهشی را نشان داد (۱۷). اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهادر مطالعه Pawar و همکاران (۲۰۱۴)، مشاهده نشد (۱۸). سطح اکسیژن بالاتر در حوضچه‌های تصفیه به ارائه هوادهی مکانیکی مربوط می‌شود (۸). پژوهش‌های متعدد، بهبود میزان DO را در استخرهای دارای هواده نشان داده است (۱۸، ۱۹، ۲۰). یکی از راه‌های افزایش مقادیر اکسیژن محلول آب استفاده از هوادهی میکروحباب به عنوان ابزاری

برای بهبود عملکرد اکسیژن محلول و پرورش ماهی در سیستم‌های آبزی‌پروری است. در همین راستا، بررسی اثر هوادهی میکروحباب بر افزایش اکسیژن محلول، عملکرد تولید و مقاومت به تنش ماهی تیلاپیا نشان داد که هوادهی میکروحباب قادر به تثبیت سطح اکسیژن محلول با غلظت ٤/٢٨ میلی‌گرم در لیتر تا پایان آزمایش بود و غلظت دی‌اکسیدکربن و آمونیاک را کاهش داد، بنابراین در تیمارهای میکروحباب افزایش بیوماس، کاهش ضریب تبدیل غذایی و کاهش سطح استرس نشان‌دهنده سلامت ماهی و ارتقاء عملکرد تولید خوب بود (۲۱).

درجه حرارت یکی از مهم‌ترین متغیرهای اصلی آب می‌باشد که نوسانات شدید آن بر کیفیت آب اثرگذار است، از این‌رو تغییرات در دمای محیط بر بسیاری از جنبه‌های فیزیولوژی ماهی مانند مصرف خوراک، بقاء، رشد، تولیدمثل، رفتار، توزیع، کسب انرژی و خواص فیزیکی مولکول‌های زیستی تأثیر می‌گذارد (۲۲). میزان دمای مناسب برای کپور ماهیان ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۸). در پژوهش حاضر نتایج نشان داد دمای آب در تیمارهای دارای هوادهی و بدون هوادهی با یکدیگر تفاوتی نداشتند و هوادهی بر میزان دمای آب چندان تأثیری نداشته است. مطابق با نتایج حاضر، دمای آب در طول دوره مطالعه Pawar و همکاران (۲۰۰۹) در محدوده وسیعی (۲۸/۱-۱۹/۹ درجه سانتی گراد) قرار داشت (۱۸). این میزان نوسان به تغییرات فصلی نسبت داده شد. با این‌حال تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی همانند پژوهش حاضر مشاهده نشد (۲۰). در مغایرت با نتایج این مطالعه Abdelrahman (۲۰۱۸)، گزارش کردند هوادهی می‌تواند سبب کاهش دمای آب در استخرهای دارای هواده نسبت به استخرهای بدون هواده گردد. هوادهی باعث افزایش تبخیر می‌شود که به نوبه خود، دمای آب را کاهش می‌دهد (۲۳). در پژوهشی دیگر دمای آب در استخرهای دارای هوادهی و غیر هوادهی مشابه بود اما از اوایل فروردین‌ماه تا اواسط خردادماه درجه حرارت در استخرهای دارای هوادهی به دلیل تبخیر قطرات آب ناشی از هوادهی، کم‌تر بود. هوادهی روزانه و جریان مداوم آب بالا در بر هم زدن لایه‌بندی کارآمد بود (٢٤). بنابراین، ایجاد اختلال در طبقه‌بندی آب، هوادهی استخرها در شب، یا تعویض آب استخر در پرورش میگوی رودخانه آمازون در سیستم‌های نیمه‌فشرده، حداقل برای تراکم ذخیره‌سازی، بی‌اثر است.

از شاخص‌های کیفی بسیار مهم آب که از طریق انحلال برخی مواد در آب یا توسط غلظت یون اسیدی یا بازی و یا تبدیل موادی مانند آمونیوم به آمونیاک بر موجودات آبزی و محیط اثر می‌گذارد pH است (٢٤). pH بالاتر سبب ایجاد استرس و مقدار پایین آن سبب مرگ آبزیان می‌گردد (۲۵). در مطالعه حاضر محدوده نوسانات pH بین ٦/٨٨ و ٨/٤٦ به‌دست آمد که در سطح مطلوب برای ماهی می‌باشد. افزایش pH می‌تواند نشان‌دهنده افزایش آمونیاک سمی باشد. در این میان هرچه حجم تغییر آب کم‌تر و زمان نگهداری ماهی بیش‌تر شود باعث کاهش کیفیت آب می‌شود. البته تجزیه مواد آلی به دلیل تشکیل اسیدهای آلی و افزایش میزان بیومس با گذشت زمان، سبب ایجاد حالت اسیدی در استخرهای پرورش به‌دلیل کاهش pH و کاهش اکسیژن محلول می‌گردد (٢٦).

Pawar و همکاران (٢٠١٤) تأثیر هوادهی بر رشد، بقا و عملکرد تولید بچه‌ماهیان کاتلا (*Catla catla*)، روهو (*Labeo rohita*) کپور روهو (*Labeo fimbriatus*) و تایگر با رب زیتونی (*Puntius sarana*) را در تراکم بالا مورد بررسی قرار دادند. pH با میزان ۷/۹۳-۷/۱۵ در طول دوره

مطالعه در بین تیمارهای آزمایشی دارای هواده و بدون هوادهی مشاهده شد (۱۸). نتایج تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. که در توافق با نتایج مطالعه حاضر است (۱۸). داس و همکاران (۲۰۰٤) در توافق با نتایج ما بیان داشتند در میزان pH در بین تیمارهای آزمایشی تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد (۲۰). به طور کلی، pH از ۸/۰۵ به ۷/۲۱ روند کاهشی نشان داد که البته این به علت کاربرد دوره‌ای آهک، استفاده از کودهای آلی و معدنی بود. کاهش تدریجی pH استخرها با پیشرفت پرورش را می‌توان به تأثیر هوادهی بر کشت متراکم کپور ماهیان، افزایش نگهداری زیست‌توده و افزایش استفاده از خوراک که منجر به افزایش سطح دی‌اکسیدکربن از طریق تنفس و معدنی شدن می‌شود، نسبت داد (۲۷، ۲۸). گزارش شد در بین تیمارهای آزمایشی، تیمار هوادهی بیش‌ترین میزان pH را داشت. با این‌حال تغییرات معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی و شاهد مشاهده نشد. سطوح pH بالا را می‌توان با افزودن گچ یا مواد آلی کاهش داد، در حالی‌که سطوح pH پایین را می توان با کاربرد آهک زنده اصلاح کرد (۲۵).

در ماهیان آب شیرین محصول نهایی دفع، آمونیاک می‌باشد، که سرعت تبدیل آن توسط باکتری‌های نیتروفایر به نیتریت و سپس نیترات بستگی به نوع سیستم پرورش دارد (۲۹). مشاهده شده است که آمونیاک در محدوده بیش از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر باعث آسیب آبشش در ماهی می‌شود، غشاهای مخاطی تولیدکننده را از بین می‌برد و باعث اثرات ریز کشنده مانند کاهش رشد، تبدیل غذایی ضعیف و کاهش مقاومت به بیماری می‌شود (۲۵). در این مطالعه بیش‌ترین میزان آمونیاک در استخرهای دارای هوادهی مشاهده شد. مطابق با نتایج این پژوهش Farrelly و همکاران (۲۰۱۵)، بیش‌ترین میزان آمونیاک را در تیمارهای دارای هوادهی ثبت کردند (۳۰). هم‌چنین گزارش شد که غلظت آمونیاک در تیمارهای هوادهی به طور قابل‌توجهی بیش‌تر از گروه شاهد بود (۸). غلظت آمونیاک در استخرهای دارای هوادهی از ۰ به ۰/۱۰ میلی‌گرم بر لیتر در طول دوره ۹۰ روز افزایش یافت. در حالی‌که غلظت در حوضچه‌های بدون هواده بین ۰/۰۱ و ۰/۰۵ میلی‌گرم در طول دوره آزمایشی در نوسان بود (۱۹). در مغایرت با نتایج این پژوهش تیمار هوادهی بر میزان آمونیاک در استخرهای گربه‌ماهی کانالی تأثیر معنی‌داری نداشت (۱۷). هم‌چنین Doss و همکاران (۲۰۰٤)، (حداکثر مقادیر آمونیاک (۰/۹٤–۰/۸٦) را در طول ماه‌های فصل تابستان به ترتیب در استخرهای کنترل و هوادهی در محدوده (۱–۲ میلی‌گرم در لیتر) ثبت شده توسط Boid (۱۹۹۲) گزارش کردند (۲۰). Doss و همکاران (۲۰۰٤) کاهش میزان آمونیاک در استخرهای شاهد و کنترل در تیرماه را به رقیق شدن آب استخرها به‌وسیله باران و سرعت تسریع اکسیداسیون آمونیاک نسبت دادند، زیرا افزایش سطوح نیتریت و نیترات در استخرها پس از این دوره (تیرماه) ثبت شد (۲۰). عبدالهی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند میزان آمونیاک در ٤ ماه اول نمونه‌برداری در استخرهای بچه‌ماهی به‌طور متوسط در محدوده ۲ میلی‌گرم در لیتر قرار داشت که بیش‌تر از غلظت قابل‌قبول بیان شده است. غلظت بالای آمونیاک باعث اختلال در سیستم ایمنی ماهی و آزاد شدن هورمون‌های استرس هم‌چون کورتیزول می‌شود که در وضعیت حاد باعث مرگ آبزی و در وضعیت مزمن باعث کاهش رشد می‌گردد (۳۱). مقدار آمونیاک قابل‌قبول برای آبزی‌پروری باید در محدوده ۲–۱ میلی‌گرم در لیتر باشد و این مقدار به میزان pH و درجه حرارت آب بستگی دارد. با افزایش pH و درجه حرارت آمونیاک غیریونیزه تولید شده در استخر نیز بالا می‌رود. علاوه بر این مواد دفعی، تجزیه غذای

باقی‌مانده و تجزیه غذای طبیعی آمور نیز می‌تواند به بالا رفتن آمونیاک در استخرهای پرورشی کمک کند (۱۶). هوادهی کافی در مدیریت آمونیاک بسیار مهم است. غلظت کم اکسیژن محلول، اکسیداسیون آمونیاک را به‌وسیله نیتریفیکاسیون مهار می‌کند (۳۲) و سمیت آمونیاک را برای ماهی افزایش می‌دهد (۳۳، ۳٤). آمونیاک غیریونیزه بالا ممکن است به pH و دمای بالا ارتباط داشته باشد (۱۷). هم‌چنین گزارش شد که غلظت آمونیاک کل در تیمارهای دارای هوادهی به طور قابل‌توجهی بیش‌تر از گروه شاهد بود (۱۹). غلظت ۱ تا ۳ میلی‌گرم در تیمارهای هوادهی را به میزان نرخ تغذیه بالا ناشی از هوادهی بیان کردند (۱۹). Boyd و Pillai (۱۹۸٤)، افزایش آمونیاک و نیتریت را در استخرهای گربه‌ماهی دارای هوادهی گزارش کردند و آن‌ها این افزایش را به نیتریفیکاسیون آمونیاک و نیترات‌زدایی در رسوبات معلق از اختلاط توسط هواده‌ها نسبت دادند (۳۵). با این‌حال، برخی پژوهش‌ها نشان داده است که هوادهی در کاهش غلظت آمونیاک بی‌اثر است زیرا حجم آب تحت‌تأثیر هواده‌ها در مقایسه با حجم کل محیط پرورش بسیار کم است. هوادهی در واقع ممکن است غلظت آمونیاک را افزایش دهد زیرا رسوبات حوضچه‌ها را معلق می‌کند (۳٦). یکی دیگر از مواد دفعی که بالا رفتن آن در محیط آبی استخر سبب بیماری مت هموگلوبین در آبزیان پرورشی می‌گردد، نیتریت می‌باشد. بالا رفتن بیش از حد این ماده در محیط زندگی آبزی، سبب تلفات و مرگ و میر آبزیان خواهد شد. نتایج این پژوهش افزایش در میزان آمونیاک نیتریت و نیترات را در تیمارهای دارای هوادهی نشان داد. افزایش رسوب فضولات ماهی، معدنی شدن مواد آلی و خوراک اضافی باقی‌مانده ممکن است منجر به تجمع متابولیت‌ها در استخر شود. در نتیجه، محصولات جانبی نیتروژنی مانند آمونیاک کل، نیتریت و نیترات به تدریج در استخرها افزایش می‌یابد (۲۷). در مطالعه ما از آن‌جایی‌که سطوح نیتریت افزایش یافته و پس از آن سطوح نیترات نیز در استخرهای دارای هواده افزایش یافته است، نشان‌دهنده سرعت انجام واکنش اکسیداسیون آمونیاک توسط هوادهی و اثرات مثبت هوادهی است. در حضور اکسیژن بالاتر در استخرهای دارای هواده فرایند اکسیداسیون افزایش یافته و سرعت تبدیل آمونیاک به نیتریت و نیترات را افزایش می‌دهد. مطابق با نتایج این پژوهش Doss و همکاران (۲۰۰٤)، نیز بیش‌ترین میزان نیتریت را در تیمارهای دارای هوادهی گزارش کردند (۲۰). در پژوهشی در ٤ ماه اول نمونه‌برداری میزان نیتریت در استخرهای بچه‌ماهی به‌طور متوسط در محدوده ۰/۰۲–۰/۵ گرم در لیتر قرار داشت که از مقدار مجاز توصیه شده نیتریت برای آبزی‌پروری توسط Boyd (۱۹۹۰) (کم‌تر از ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر) بیش‌تر بود (۳۷). مقدار مجاز نیتریت برای آبزی‌پروری بین ۱–۰ بیان شد (۸). Boyd و Pillai (۱۹۸٤) سطوح نیتریت بالای ۱ میلی‌گرم در لیتر در آب استخر را برای کشت ماهی کشنده گزارش کردند. در مطالعه افضلی (۱۳۹٦) در تیمار با هوادهی ۸ پی‌پی‌ام، میزان نیتریت نسبت به سایر تیمارها افزایش نشان داد (۱۰). که در توافق با نتایج مطالعه حاضر است غلظت نیتریت در تیمارهای دارای هوادهی در طول دوره پرورش بسیار کم گزارش شد (۱٦). در میزان نیتریت در بین تیمارهای آزمایشی بیش‌ترین میزان را داشت. با این‌حال تغییرات معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی و شاهد مشاهده نشد (۱۷). در مطالعه فرناندز و همکاران (۲۰۱۰)، غلظت آمونیوم بالا در تیمارهای بدون هوادهی و حداکثر نیتریت همراه بود. که بیان داشتند این رابطه مثبت بین آمونیوم و نیتریت در حوضچه بدون هوادهی می‌تواند نشان‌دهنده نرخ تولید آمونیوم بالاتر

از طریق ترکیب مواد آلی و در نتیجه تولید نیتریت از طریق نیتریفیکاسیون باشد (۱۶). نرخ نیتریفیکاسیون به غلظت اکسیژن محلول در محیط بستگی دارد (۱۶). در مورد ارتباط مرگ و میر ماهی فیتوفاگ با برخی فاکتورهای محیط، میزان نیتریت بالاتر از حد استاندارد برای آبزی‌پروری بوده است و آن را می‌توان عامل احتمالی تلفات در استخرهای پرورش ماهی عنوان کرد (۸). کاهش مواد نیتروژنی می‌تواند در نتیجه نوسانات در pH، دما، غلظت آمونیاک، اکسیژن و اندازه و سن ماهی رخ دهد (۳۸). افزایش رسوب فضولات ماهی، کانی‌سازی مواد آلی کود دامی و خوراک اضافی باقی‌مانده ممکن است منجر به تجمع متابولیت‌ها در استخر شود. در نتیجه، محصولات جانبی نیتروژنی مانند آمونیاک کل، نیتریت، نیترات و نیتروژن به تدریج در استخر افزایش می‌یابد (۲۷) در مطالعه حاضر میزان نیترات در طول دوره آزمایشی به‌طور قابل‌توجهی در تیمارهای دارای هوادهی بالاتر از تیمارهای کنترل ثبت شد. مطابق با نتایج حاضر در مطالعه افضلی (۱۳۹۶) میزان نیترات در استخرهای دارای هوادهی بیش‌تر از تیمار شاهد گزارش شد (۱۰). میزان نیترات در تیمارهای دو و سه به ترتیب با ۸ و ۱۲ ساعت هوادهی به طور قابل‌توجهی بالاتر از تیمار یک با ٤ ساعت هوادهی و شاهد بدون هوادهی بود. در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (۱۸). وجود اکسیژن بیش‌تر در استخرهای دارای هواده، اکسیداسیون آمونیاک به نیتریت و تبدیل بیش‌تر به نیترات را افزایش می‌دهد. هم‌چنین در مغایرت با نتایج حاضر بالاترین میزان نیترات ثبت شده در مطالعه Doss و همکاران (۲۰۰٤) در استخرهای شاهد بدون هوادهی مشاهده شد (۲۰). این میزان در محدوده مناسب برای ماهی می‌باشد. در مغایرت با نتایج مطالعه حاضر، غلظت نیترات در تیمارهای دارای هوادهی در طول دوره پرورش بسیار کم گزارش شد (۱٦). بوید و پیلای (۱۹۸٤)، سطوح نیتریت بالاتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر در آب استخر برای ماهی کشنده است زیر این محدوده، نشان‌دهنده استفاده بهینه از ماده مغذی است. قرار گرفتن در معرض طولانی‌مدت در معرض آمونیاک و نیتریت موجود در آب باعث تأخیر رشد ماهی می‌شود (۳۵). فرآیند اکسیداسیون آمونیاک به نیترات در استخرهای شاهد پس از تیرماه بسیار کندتر بود، زیرا نیتریت، محصول میانی اکسیداسیون آمونیاک، در این استخرها به‌طور قابل‌توجهی کم‌تر از استخرهای دارای هواده بود. اکسیژن محلول بر رشد، بقا، رفتار و فیزیولوژی ماهی و سایر موجودات آبزی تأثیر می‌گذارد بنابراین کاهش اکسیژن در آب منجر به تغذیه نامناسب ماهی، عدم تغذیه، کاهش رشد و غیره می‌شود (۳۸). افزایش وزن معنی‌داری در همه گونه‌ها در استخرهای دارای هوادهی ثبت شد. رشد و بقای ماهی در همه گونه‌های پرورشی ثبت شد. افزایش قابل‌توجه رشد در استخرهای دارای هوادهی در مقایسه با استخرهای کنترل با تراکم مشابه مشاهده شد (۲۰). هوادهی تأثیر مثبتی بر رشد ماهی نشان داد زیرا رشد به‌طور معنی‌داری در استخرهای دارای هوادهی بالاتر بود (۲۷). با تراکم ۲۰۰۰۰ و ۳۰۰۰۰ از ماهیان انگشت‌قد در هکتار نیز نرخ رشد بالاتری در حضور هوادهی ثبت گردید (۲۷). یک استخر ماهی با کیفیت آب خوب احتمالاً ماهی بیش‌تری و بزرگ‌تر از یک استخر با کیفیت آب ضعیف تولید می‌کند (۸). به عنوان مثال، تجزیه و تحلیل داده‌های وزن جمع آوری شده در ۲۸ روز و ٤۲ روز در استخرهای منطقه کولانیا نرخ رشد ویژه ثابت ۲/۳درصد را در دوره ۱٤ روزه نشان می‌دهد که نشانه‌ای از رشد کم ماهی در این مدت است که احتمالاً به دلیل تأثیر کیفیت پایین آب است. افزایش هوادهی، تغییر منظم آب، افزودن آهک زنده از جمله روش‌هایی است که پرورش‌دهندگان می‌توانند

در مدیریت آمونیاک، نرخ رشد ویژه (درصد) دما، pH و DO استفاده کنند (۲۷).

Carlson و همکاران (۱۹۸۰)، تأثیر غلظت اکسیژن محلول را بر رشد و مصرف غذای گربه‌ماهی کانالی جوان و سوف، *Perca flavescens* مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که با میانگین غلظت اکسیژن محلول ۳/۵ میلی‌گرم یا کم‌تر، گربه‌ماهی کانالی غذای کم‌تری مصرف کرد و رشد در مقایسه با سطوح بالاتر اکسیژن محلول به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت. افزایش رشد ماهی کپور علف‌خوار هیبریدی در تیمار هوادهی ممکن است به سطوح بالاتر اکسیژن و نوسانات اکسیژن کم‌تر مرتبط باشد. نرخ رشد سوف زرد به‌طور قابل‌توجهی در استخرهای کنترل کاهش یافت (۳۹). از آن‌جایی‌که آمونیاک و نیتریت در سطح اکسیژن کم سمی‌تر هستند. اثر بلندمدت آن‌ها بر روی ماهی همراه با استرس به‌دلیل DO کم، می‌تواند به رشد کم‌تر مشاهده شده در استخرهای کنترل مربوط باشد. هم‌چنین نرخ رشد پایین‌تر در استخرهای کنترل نیز ممکن است به درجه بالاتر کاهش کیفیت آب در غیاب هوادهی و تراکم ذخیره‌سازی بیش‌تر نسبت داده شود و باعث ایجاد استرس فیزیولوژیکی در این ماهی‌ها می‌شود (٤٠). میانگین وزن هر ماهی به طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر میزان هوادهی اعمال شده قرار گرفت. نسبت به وزن اولیه بدن، رشد ماهی در استخرهای بدون هوا (٥٤ درصد) کم‌تر از استخرهای هوادهی شده بود. غلظت اکسیژن محلول ممکن است با تأثیر بر اشتها و مصرف غذا بر رشد ماهی تأثیر بگذارد (۱۷). Andrws و همکاران (۱۹۷۳) یک رابطه مستقیم بین اکسیژن محلول و میانگین افزایش وزن گربه‌ماهی کانالی نشان دادند. رشد گربه‌ماهی کانالی با غلظت آمونیاک غیریونی در محدوده ۰/۰۷–۱/۲۰ میلی‌لیتر رابطه معکوس داشت. بنابراین، آمونیاک غیریونیزه احتمالاً بر رشد و مرگ و میر تأثیر می‌گذارد. Aravindakshan و همکاران (۱۹۹۷) بقا و رشد بیش‌تری را در بچه‌ماهیان کپور پرورشی هندی با تامین هوادهی گزارش کرده‌اند. هم‌چنین افزایش طول و وزن بچه‌ماهی را در تیمارهای هوادهی در در مقایسه با تیمارهای غیرهوادهی گزارش کردند. میانگین وزن هر ماهی به طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر میزان هوادهی اعمال شده قرار گرفت (٤١). رشد ماهی در استخرهای بدون هواده کم‌تر از استخرهای هوادهی شده بود (۱۷). پاوار و همکاران (۲۰۱٤) با میزان ۸ تا ۱۲ ساعت هوادهی شبانه، افزایش بقا، وزن بدن و نرخ رشد ویژه را در بچه‌ماهیان ٤ گونه از ماهیان هندی گزارش کردند (٤٢). بیان شد چنین رشد بالاتری در تیمارهای هوادهی در این مطالعه ممکن است به دلیل ورودی اضافی اکسیژن که منجر به افزایش DO و تضمین شرایط محیطی بهتر در طول دوره پرورش می‌شود، نسبت داده شود (٤١). علاوه بر این، کاهش مقادیر آمونیوم و نیتریت ممکن است منجر به کاهش تنش فیزیولوژیکی برای ماهی شود و بنابراین رشد در سیستم دارای هوادهی را بهبود بخشد. افزایش رشد در تیمارهای دارای هوادهی ممکن است به دلیل فراوانی پلانکتون باشد. علاوه بر این، هوادهی ممکن است استفاده از خوراک را بهبود بخشد و منجر به رشد بهتر شود (٤١). Singh و همکاران (۱۹۹٦). سرعت رشد سریع‌تر تحت هوادهی ممکن است به دلیل استفاده بهتر از خوراک باشد (٤٣). در مطالعه حاضر بین تیمارهای هوادهی و کنترل در ضریب تبدیل خوراک (FCR) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مطابق با نتایج این مطالعه در مطالعه پاوار و همکاران (۲۰۱٤) در بین تیمارهای هوادهی و کنترل ضریب تبدیل خوراک (FCR) تفاوت معنی‌داری نداشت (٤٢). تیمارهای دارای هواده FCR کم‌تری (۲/۵۱) در مقایسه با شاهد

(۳/۳۳) ثبت کردند. محدوده مشابهی از FCR توسط چاکرابورتی و همکاران (۱۹۷۹) در استخرهای مورد آزمایش بر روی کپور ماهیان گزارش شده بود (۳۸). نسبت تبدیل خوراک (FCR) ثبت شده در مطالعه Doss و همکاران (۲۰۰٤) ۳/۲۸ در استخرهای شاهد و ۲/٤۳ در استخرهای دارای هواده بود (۲۰). به طور مشابه، بهبود قابل‌توجهی در FCR در گروه‌های هوادهی نسبت به گروه کنترل بدون هوادهی وجود داشت (٤۲). Jena و همکاران، (۲۰۰۷) گزارش کردند که هوادهی باعث ایجاد فعالیت فتوسنتزی می‌شود که منجر به افزایش بهره‌وری اولیه خالص می‌شود (٤۰). هوادهی محیط بهتری را در تیمارها نسبت به تیمار شاهد ایجاد کرد، بنابراین منجر به بقای بالاتر، رشد بهتر، FCR پایین و تولید خالص زیست‌توده بالاتر شد. بقای بیش‌تر در گروه‌های هوادهی به دلیل استفاده از غذای بیش‌تر و انتشار کم‌تر مواد دفعی است که به افزایش کیفیت آب کمک می‌کند (٤۲). در این مطالعه در تیمارهای آزمایشی، هوادهی منجر به افزایش معنی‌دار بقا، سرعت رشد، اندازه برداشت بچه‌ماهی‌ها و تولید خالص زیست‌توده در همه تیمارها نسبت به شاهد شد. میانگین خالص تولید ماهی محاسبه شده در مخازن هوادهی ٦٦۳/۷۱۰ کیلوگرم در هکتار در سال بود. در حالی‌که در شاهد تنها ۲۸۰۹/۸۲ کیلوگرم در هکتار در سال بود که این تفاوت معنی‌دار بود (۲۰).

Jena و همکاران (۲۰۰۵) نیز عملکرد بهتر بچه‌ماهیان را از نظر تولید زیست‌توده به میزان قابل‌توجه (٤۷۵۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای با هوادهی نسبت به نمونه‌های بدون هواده (۲٦۳۵ کیلوگرم در هکتار) در طول پرورش نشان دادند. پاوار و همکاران (۲۰۱٤)، نشان داد تولید ماهی در استخرهای دارای هواده (۲۵٦۹ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تولید ماهی در استخرهای بدون هوادهی (۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) بالاتر بود (٤۲). Andrews و همکاران (۱۹۷۳) نشان دادند تولید کل گربه‌ماهی کانالی با افزایش هوادهی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت. تولید ۱/۵ برابر بیش‌تر ماهیان در حضور هوادهی گزارش شده است (٤٤).

نرخ رشد بیش‌تر، بقای بیش‌تر، FCR پایین و تولید بیومس بیش‌تر در استخر دارای هواده، در مطالعه حاضر نشان داد که ارائه هوادهی مکانیکی از طریق دستگاه هواده (در این‌جا هواده ایرجت) باعث افزایش رشد، بقا و تولید زیست‌توده ماهی و هم‌چنین افزایش مصرف خوراک توسط ماهیان می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که میزان تولید بالا به‌دلیل شرایط مناسب پرورشی (غذادهی و کیفیت آب) می‌باشد و ماهی‌ها رقابت غذایی و استرس پایین‌تری نسبت به سیستم پرورش بدون هواده داشته و در نهایت میزان رشد و تولید بالاتری نشان داده‌اند. کیفیت آب برای بقا و رشد ماهی حیاتی است. زیست‌توده بالای ماهی که در استخرها با افزایش تغذیه همراه است و می‌تواند منجر به تجمع متابولیت‌های سمی شود می‌تواند به‌طور متضاد با رشد ماهی عمل کند. ارائه هوادهی منجر به افزایش محتوای اکسیژن محلول، بهره‌وری بیش‌تر، شرایط محیطی بهتر و بهبود در دسترس بودن مواد مغذی در تیمارهای هوادهی می‌گردد. با توجه به نتایج این مطالعه که شاهد عملکرد بهتر در تیمارهای هوادهی بود، این واقعیت را ثابت می‌کند که هوادهی یک ورودی مهم در طول پرورش است.

منابع

1. FAO. (2020). The state of the World Fisheries and Aquaculture. FAO, Rome, Italy. 224.
2. Seifi, J. (2013). Cultivation of tropical fish in shallow water sources. Organization of Research, Education and Promotion of Agriculture, Deputy of Education and Promotion, *Publication of Agricultural Education*. 97 p.
3. Saphakdy, B., Phonekampheng, O., Bouapao, L., & Hortle, K. (2013). Fisheries and Aquaculture Production in Reservoirs in Lao PDR. *CPWF Mekong, Vientiane*. 1-19.
4. Alizadeh, M., Nafisi, M., & Vahdayt, M. (1999). Implementation guidelines for carp breeding in agricultural water storage ponds. Publications of the Vice-Chancellor of Aquatic Breeding and Breeding, Fisheries, Iran. Tehran. 3-8.
5. Nafisi, M., Jalali, B., & Wilki, A. (2001). The principles of salmon breeding (in water storage pools and agricultural canals. Publications of the Vice-Chancellor of Aquatic Breeding and Breeding of Fisheries of Iran. Tehran. 15-32.
6. Bigten, A., Bazouk, D., & Sarai, H. (2013). Breeding of carp fish in dual-purpose agricultural water ponds. Iranian Fisheries Organization. 4-6.
7. Pyghan, R., & Abdullah Mashai, M. (2017). Management of tropical fish farms. second edition. Daryasar Publications. 264 p.
8. Boyd, C. E. (1990). Water Quality in Ponds for Aquaculture. Ala. Agric. Exp. Sta., Auburn University, AL. 482 p.
9. Mwegoha, W. J. S., M. E. Kaseva, S. M., & Sabal, M. (2010). Mathematical modeling of dissolved oxygen in fishponds. *African Journal of Environmental* Science and Technology. 4, 625-638.
10. Afzali, S. M. J. (2016). Determining the technical efficiency of carp ponds and the effect of aeration on improving energy, economic and environmental indicators.
11. Golestan Fisheries Department. (2012). Aquaculture Deputy, Golestan Fisheries General Department.
12. Esmaili Sari, A. (2019). Basics of quality management and aquaculture. *Iran Fisheries Research Institute*. 1, 99-91.
13. Bekcan, S., Dogankaya, L., & cakirogollari, G. C. (2006). Growth and body composition of European catfish (*Silurus glanis*) fed diet containing different percentages of protein. *The Israeli journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 58, 137-142.
14. Amankwaah, D., Cobbina, S. J., Tiwaa, Y. A., Bakobie, N., & Millicent, E. A. B. (2014). Assessment of pond effluent effect on water quality of Asuofia Stream, Ghana. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 8, 306-311.
15. Nsonga, A. (2014). Indigenous fish species a panacea for cage aquaculture in Zambia: A case for *Oreochromis macrochir* (Boulenger, 1912) at Kambashi out-grower scheme. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 2, 102-105.
16. Fernandes, S. O., Kulkarni, S. S., Shirodkar, R. R., Karekar, S. V., Kumar, R. P., Sreepada, R. A., Vogelsang, C., & Bharathi, L. (2010). Water quality and bacteriology in an aquaculture facility equipped with a new aeration system. *Environmental monitoring and assessment*. 164, 81-92.
17. Abdalla, A., & Romaire, R. P. (1996). Effects of timing and duration of aeration on water quality and production of channel catfish. *Journal of Applied Aquaculture*. 6, 1-9.
18. Pawar, N., Jena, J. K., & Das, P. C. (2014). Influence of aeration timings on growth, survival and production of *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings during high Density seed rearing Fishery Technology. 5, 1-7.
19. Yi, Y., & Lin, C. K. (2001). Effects of biomass of caged Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and aeration on the growth and yields in an integrated cage-cum-pond system. *Aquaculture*. 195, 253-267.

20. Das, P. C., Ayyappan, S., Jena, J. K., Singh, S. K., Patamajhiand, P., & Mudulh, H. K. (2004). Effect of aeration on production and water quality changes in intensive carp culture. *Indian Journal Fish*. 51, 173-183.
21. Heriyati, E., Rustadi, R., Isnansetyo, A., Triyatmo, B., Istiqomah, I., Deendarlianto, D., & Budhijanto, W. (2022). Microbubble Aeration in A Recirculating Aquaculture System (RAS) Increased Dissolved Oxygen, Fish Culture Performance, and Stress Resistance of Red Tilapia (*Oreochromis* sp.). Trends in Sciences, 19 (20), 6251-6251.
22. Islam, M. J., Kunzmann, A., & Slater, M. J. (2022). Responses of aquaculture fish to climate change-induced extreme temperatures: A review. *Journal of the World Aquaculture Society*, 53 (2), 314-366.
23. Abdelrahman, H. A., & Boyd, C. E. (2018). Effects of mechanical aeration on evaporation rate and water temperature in aquaculture ponds. *Aquaculture Research*. 49, 2184-2192.
24. Kimpara, J. M., Santos, A. A., & Valenti, W. C. (2013). Effect of water exchange and mechanical aeration on grow-out of the Amazon river prawn in ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. 44, 845-852.
25. Bhatnagar, A., & Devi, P. (2013). Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International journal of environmental sciences*. 3, 1980-2009.
26. Huang, W. B., & Chiu, T. S. (1997). Effects of stocking density on survival, growth, size variation, and production of Tilapia fry. *Aquaculture research*. 28, 165-173.
27. Jena, J. K. (1998). Input management in carp culture for optimization of production levels (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation, Orissa University of Agriculture and Technology, Bhubaneswar, India).
28. Mohanty, U. K. (1995). Comparative evaluation of growth and survival of Indian major carp fry in aerated vis-àvis non-aerated ponds under different stocking densities. M.F.Sc. Thesis. 123 p. Orissa University of Agriculture and Technology, Bhubaneswar, India.
29. Abakari, G., Wu, X., He, X., Fan, L., & Luo, G. (2022). Bacteria in biofloc technology aquaculture systems: Roles and mediating factors. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1260-1284.
30. Farrelly, J. C., Chen, Y., & Shrestha, S. (2015). Occurrences of growth related target dissolved oxygen and ammonia in different Cat Fish pond production systems in southeast Arkansas *Aquacultural Engineering*. 64, 68-77.
31. Parvathy, A. J., Das, B. C., Jifiriya, M. J., Varghese, T., Pillai, D., & Rejish Kumar, V. J. (2023). Ammonia induced toxico-physiological responses in fish and management interventions. *Reviews in Aquaculture*, 15 (2), 452-479.
32. Avnimelech, Y., & Zohar, G. (1986). The effect of local anaerobic conditions on growth retardation in aquaculture systems. *Aquaculture*. 58, 167-174.
33. Lloyd, R. (1961). Effect of dissolved oxygen concentration on the toxicity of several poisons to rainbow trout (*Salmo gairdneri Richardson*). *Journal Exp. Biology*. 38, 447–455.
34. Thurston, R. V., Russo, R. C., & Vinogradov, G. A. (1981). Ammonia toxicity to fishes. Effect of pH on the toxicity of the un-ionized ammonia species. *Environ. Science Technology*. 15, 837-840.
35. Boyd, C. E., & Pillai, V. K. (1984). Water quality management in aquaculture. Special publication No. 22. Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin, India.
36. Hargreaves, J. A., & Tucker, C. S. (2004). Managing ammonia in fish ponds (Vol. 4603). Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center.
37. Romaire, R. P., & Merry, G. E. (2007). Effects of paddlewheel aeration on water quality in crawfish ponds. *Journal of Applied Aquaculture*. 19, 61-75.
38. Kroupova, H., Machova, J., & Svobodova, Z. (2005). Nitrite influence on fish: A review. *Veterinary Medicine-Czech*. 50, 461-471.

39. Carlson, A. R., Blocker, J., & Herman, L. J. (1980). Growth and survival of channel catfish and yellow perch exposed to lowered constant and diurnally fluctuating dissolved oxygen concentrations. *Progve. Fish-Culture*. 42, 73-78.
40. Jena, J. K. P. C., Das, S. M., & Das, R. (2007). Compatibility of silver barb, Puntius gonionotus (Bleeker) with Indian major carps in a grow-out polyculture. *Aquaculture Research*. 38, 1061-1065.
41. Aravindakshan, P. K., Jena, S., Ayyappan, H. K., & Suresh, C. (1997). Evaluation of aeration intensities for rearing of carp fingerlings. *Journal Aquaculture*. 5, 63-69.
42. Pawar, N., Jena, J. K., & Das, P. C. (2014). Influence of aeration timings on growth, survival and production of *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings during high density seed rearing Fishery Technology. 51, 1-7.
43. Singh, W. J. (1996). Comparative evaluation of growth and survival of Indian majorcarp fry reared in nursery ponds under different stocking densities. M.F.Sc. Thesis, 87 p. Orissa University of Agriculture and Technology, Bhubaneswar, India.
44. Andrews, J. W., Murai, T., & Gibbons, G. (1973). The influence of dissolved oxygen on the growth of channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc*. 102, 835-838.