طراحی سازه‌های پرورش ماهی تیلاپیا در سیستم گلخانه‌ای مجهز به سیستم بیوفلاک با معیارهای فنی و اقتصادی

کامیار غرا
kamyar.gharra75@gmail.com
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۰

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آبی کشور نیاز است مکانیزم های بهینه ای جهت طراحی و ساخت استخرهای پرورش لحاظ شوند تا اولا استفاده حداکثری از منابع موجود در کشور فراهم شود و از سویی دیگر زمینه برای تولید انواع آبزیان با حداکثر بهره‌وری بوجود آید. در این میان طراحی و ساخت استخرهای مبتنی بر سیستم گلخانه‌ای از عوامل کلیدی هستند که نقش بسزایی در افزایش راندمان تولید و سودآوری خواهند داشت. یکی از مزایای قابل توجه این سیستم‌ها صرفه جویی در منابع آب است. ضمن اینکه این سیستم‌ها قابلیت کنترل بصورت مدار بسته را نیز دارا می‌باشند که این امر ایمنی زیستی مطلوب را فراهم خواهد کرد. در این تحقیق توصیه‌های ترویجی به منظور حصول به یک سازه مناسب به منظور تولید و پرورش ماهی تیلاپیا در سیستم گلخانه‌ای مجهز به فنآوری بیوفلاک بیان شده است. بدین منظور سه طرح بین المللی سیستم پرورش ماهیان در سیستم گلخانه‌ای مجهز به فناوری بیوفلاک بررسی شدند. این سه سازه شامل مخزن اصلی بیوفلاک و مخزن رسوب گذاری، مخزن پرورش با مخروط وسط خط تخلیه خارجی و سیستم مخزن دو-نهری می باشد. در این راستا تجهیزات مورد نیاز برای هر سازه بصورت پارامتریک ارائه شد و ارزیابی اقتصادی سازه‌ها به منظور انتخاب سازه با کمترین هزینه انجام پذیرفت. مقایسه هر سه سازه برای ظرفیت ۶۰ تن انجام شد. تجهیزات مشترک در همه سازه ها شامل مخزن ۸۵ متر مکعبی با سازه اسکلت و ورق و پوشش پلی کربنات / هر متر مربع می‌باشد. آنالیز هزینه روی شاخص انرژی برق مصرفی نشان داد که هزینه مصرف انرژی در طرح ۳ بیشتر بوده به گونه ای که حدود ۸ برابر بیشتر از طرح ۲ و حدود ۱۳ برابر بیشتر از طرح ۱ می باشد. اما از نظر هزینه ساخت تانک های مورد نیاز، طرح ۳ بهینه است. بنابراین با توجه به اقتضای مزارع پرورش و محدودیت های خاص هر منطقه، می‌توان یکی از طرح های ۱ یا ۳ را پیاده سازی نمود.

کلمات کلیدی: استخر پرورش، بیوفلاک، سیستم گلخانه‌ای، طراحی سازه، ارزیابی پارامتریک اقتصادی

مقدمه

در طول نیم قرن گذشته پرورش دهندگان ماهی در سرتا سر مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان تحقیقات خود را در زمینه استخرهای پرورش آبزیان با هدف افزایش بهره وری و غلبه بر محدودیت های منابع آبی آغاز کرده اند. بعنوان نمونه بررسی شرایط انواع استخرهای پرورش ماهیانی مانند تیلاپیا به عنوان یکی از موضوعات آبزی پروری در دانشگاه ایالتی لوئیزیانا مورد مطالعه قرار گرفت (Greg, 1914) و نتایج نشان داد که تولید این ماهی می‌تواند در مناطقی که با محدودیت منابع آبی مواجه هستند، صورت گیرد. طبق بررسی های انجام شده، تمام کشورهای دنیا در خصوص پرورش در سیستم گلخانه‌ای تحقیقاتی انجام داده اند. حتی کشورهای سردسیر با مشکلات زیاد توانسته اند در گلخانه ها و یا در آبهای گرم که ناشی از سردکردن سیستم‌های انرژی نیروگاه هاست، به امر پرورش ماهی تیلاپیا مبادرت ورزند (OselameNobrega, *et al*., 2020). در ایران نیز تحقیقات اندکی در زمینه چالش های تکثیر ماهی تیلاپیا انجام شده است (مزدک عالی محمودی و پورباوردصاد، ۱۳۹۳) و (مرتضی علیزاده و بمانی، ۱۳۹۱). همچنین اقداماتی اجرایی نیز انجام شده است که یکی از آنها اجرای طرح پایلوت تولید ماهی تیلاپیا به روش گلخانه‌ای با حداقل مصرف آب در مرکز تحقیقات ماهیان آب شور بافق یزد می‌باشد. این پروژه در یک استخر به مساحت ۷۰۰ متر مربع با پوشش کف از ژئوممبران و سقف گلخانه‌ای اجرا گردیده است. در حال حاضر سازه مربوطه به پایان رسیده است. ظرفیت تولید این سازه در هر دوره پرورش(۴ الی ۵ ماه) ۲۶ تن و در سال ۵۲ تن می‌باشد. علاوه بر تلاش ها و تحقیقات گسترده ای که توسط محققان در زمینه آبزی پروری در سیستم‌های گلخانه‌ای انجام شده است هدف دیگری نیز مورد نظر است و آن استفاده از تکنولوژی بیوفلاک در جهت تعویض آب استخرهای پرورشی تا حد صفر در آبزی پروری است (Widanarni and Maryame, 2012) و (نوریه میرزایی و محمدی آزرم، ۱۳۹۵). سیستم‌های آبزی پروری دوستدار محیط زیست یا فناوری توده زیستی (بیوفلاک) بعنوان یک ابزار پرقدرت و کارا بویژه در بازچرخش و استفاده مجدد از غذا معروف شده اند. مزایای استفاده از سیستم بیوفلاک شامل کاهش تعویض آب استخرهای پرورشی تا حد صفر، کاهش هزینه های تولید، ایمنی زیستی و پرورش آبزیان با حداقل تبادل آب می‌باشد (Sears *et al*., 2006). در مورد ماهی تیلاپیا با بکار بردن بیوفلاک حجم تولید محصول ماهی ۳۰ -۲۰ کیلوگرم در هر مترمکعب خواهد بود. بدیهی است که نیاز به غذادهی افزایش‌یافته و تا ۵۰۰ گرم در هر مترمکعب در روز خواهد رسید. در مورد پرورش متراکم تیلاپیا تا ۱۵۵ تن ماهی در هکتار طی یک مرحله تولید گزارش‌شده است(Rakocy *et. al*., 2004). به نظر می‌رسد استفاده از بیوفلاک در آبزی‌پروری از ۱/۱ تا ۰/۲ یورو به ترتیب در روش‌های معمول آبزی پروری و روش استفاده از فیلترهای شنی، کاهش هزینه‌های تولید را به همراه داشته باشد. از طرف دیگر می‌تواند ۴۰ تا ۵۰ درصد هزینه‌های غذا را نیز جبران نماید (Craig and Helfrich, 2002). علاوه بر افزایش تولید اثر بیوفلاک در بهبود کیفیت آب برای ماهی تیلاپیا در شرایط سرد زمستان نیز ثابت شده است (محمود حافظیه و میرزایی، ۱۳۹۵). طبق تحقیقات انجام شده (Crab *et al*., 2008) اظهار داشتند که با استفاده از سیستم بیوفلاک جهت پرورش آبزیان می‌توان حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد هزینه‌های تولید را کاهش داد.

در تحقیق (Schneider *et al*., 2005) نشان داده شد که می‌توان از کل نیتروژن و فسفر حاصل از مواد دفعی آبزی و غذای خورده نشده استفاده نمود. در تحقیق (Avnimelech, 1999) میزان برگشت نیتروژن برای استفاده مجدد با بهره گیری از تکنولوژی بیوفلاک بررسی شد و این نتیجه حاصل شد که این میزان در یک استخر پرورشی تیلاپیا، به ۴۳٪ خواهد رسید. از منظر شرایط محیطی، سیستم‌های بیوفلاک مورد استفاده در آبزی پروری تجاری عبارتند از سیستم‌های وابسته به نور طبیعی و غیر وابسته به آن. سیستم‌های بیوفلاک وابسته به نور طبیعی در فضای باز و به صورت حوضچه های لاینی یا

مخزن‌ها به منظور پرورش ماهی تیلاپیا در گلخانه می‌باشد (Hargreaves, 2013). ترکیب پیچیده ای از جلبک و عمل آوری باکتری‌ها به منظور کنترل کیفیت آب مورد استفاده در سیستم‌های بیوفلاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال تعدادی از سیستم‌های بیوفلاک (مخزن‌ها و Raceway) در سازه‌های سرپوشیده که دسترسی به نور طبیعی ندارند هم مورد استفاده هستند. این سیستم‌ها به عنوان سیستم‌های بیوفلاک آب قهوه ای نامگذاری شده‌اند که کیفیت آب تنها توسط عمل آوری باکتری‌ها کنترل می‌شود. بطور کلی انواع سیستم‌های آبزی پروری با فناوری بیوفلاک شامل استخر های کانالی، درون سالن‌های هچری، درون سالنی، درون مخزن، استخرهای پوشش‌دار و برکه‌های طبیعی پوشش‌دار و درون گلخانه‌ای می‌باشند(Hargreaves, 2013). دانشگاه Missouri نیز تحقیقات بسیاری روی پرورش ماهیان در سیستم گلخانه‌ای انجام داده است. تحقیقات روی یک نمونه سازه بتنی با سقف پلاستیکی و اسکلت فلزی انجام شد و اثر سازه گلخانه‌ای در پرورش ماهیان مورد بررسی قرار گرفت (Musa, 2014). شاخص مورد نظر، متوسط جرم بدنی بود و نتایج بیانگر رشد این پارامتر از ۲۸۰ گرم به ۳۴۰ گرم بودند. تحقیقات مختلفی در زمینه اثر سازه گلخانه‌ای در بهره وری انرژی گرمایی نیز انجام شدند(Yongphet, 2016). نتایج نشان داد که دمای آب در این نوع استخر در زمستان نیز کاملا شبیه دمای ایده آل آب برای پرورش ماهیان است ضمن اینکه میزان هدر رفت انرژی گرمایی نیز بهینه شده است. در سال ۲۰۱۷ تحقیق دیگری انجام شد که شامل نمونه مطالعاتی استخر دارای هشت مخزن بزرگ و حجم هر مخزن ۷۸۰ مترمکعب بود و قادر به تولید تا ۱۰۰ تن تیلاپیا در هر تانک در سال یا ۱۳۰ کیلوگرم در متر مکعب بودند(Kourie, 2017). با توجه به آب و هوای سرد در نزدیکی Blantyre در ۱۱۳۰ متر بالاتر از سطح دریا، تمام امکانات تولید نیاز به استقرار در محوطه گلخانه‌ای داشت. گرمای اضافی توسط سیستم گرمایش هیدرولیک تامین شد که شامل مبدل های حرارتی در کف مخزن بوده و توسط پمپ هایی با حرارت فعال تنظیم شده اند. هم اکنون شرکت های فعالی در دنیا وجود دارند که تجهیزات سازه ای سیستم‌های گلخانه‌ای پرورش ماهی تیلاپیا را فراهم می‌سازند (Dicla).

بیان مسأله

با توجه به محدودیت منابع آبی کشور از یک طرف و نیاز به توسعه صنعت آبزی پروری و همگام سازی آن با تکنولوژی های روز دنیا، یکی از چشم اندازهای توسعه صنعت آبزی پروری در ایران، بررسی امکان پرورش آبزیان در استخرهای مبتنی بر سیستم‌های گلخانه‌ای است که مجهز به فناوری بیوفلاک هستند. امروزه یکی از مشکلات اصلی آبزی پروری، عدم وجود زیرساخت های مناسب و استخرهای پرورش به منظور تولید انواع مختلف گونه آبزیان است. به طوری که استخرهای موجود پاسخگوی نیاز تولید کنندگان این صنعت نخواهند بود. زیرا کمبود منابع آبی از یک سو و آلودگی ناشی از پساب خروجی کارگاه های پرورش از سویی دیگر چالش هایی را ایجاد کرده است. همچنین وابستگی بیش از حد به پودر ماهی برای تهیه غذای آبزیان و شیوع و گسترش بیماری‌های میکروبی و انگلی از دیگر مشکلات می‌باشند. در راستای مرتفع سازی محدودیت های فوق باید مکانیزم‌های بهینه ای جهت طراحی و ساخت استخرهای پرورش لحاظ شوند تا بتوان از منابع موجود در کشور حداکثر بهره برداری را انجام داد و هم زمینه برای پرورش انواع آبزیان و افزایش ظرفیت تولید این صنعت در کشور فراهم شود. طبق بررسی های بعمل آمده در ایران مناطقی که با دریا در ارتبا نیستند، دارای منابع آبی هستند که می‌توان از آنها برای پرورش ماهیان بهره برد و فرصت های سرمایه‌گذاری را ایجاد نمود. در این میان طراحی و ساخت استخرهای مبتنی بر سیستم گلخانه‌ای از عوامل کلیدی هستند که نقش بسزایی در افزایش بهره وری و سودآوری خواهند داشت. یکی از مزایای بارز این سیستم‌ها صرفه جویی در منابع آب است. ضمن اینکه این سیستم‌ها قابل کنترل بصورت مدار بسته خواهند بود که ایمنی زیستی مطلوب را

فراهم خواهند کرد. این مقاله به بیان دستاوردها و نکات ترویجی در زمینه طراحی استخرهای مبتنی بر سیستم گلخانه‌ای می‌پردازد.

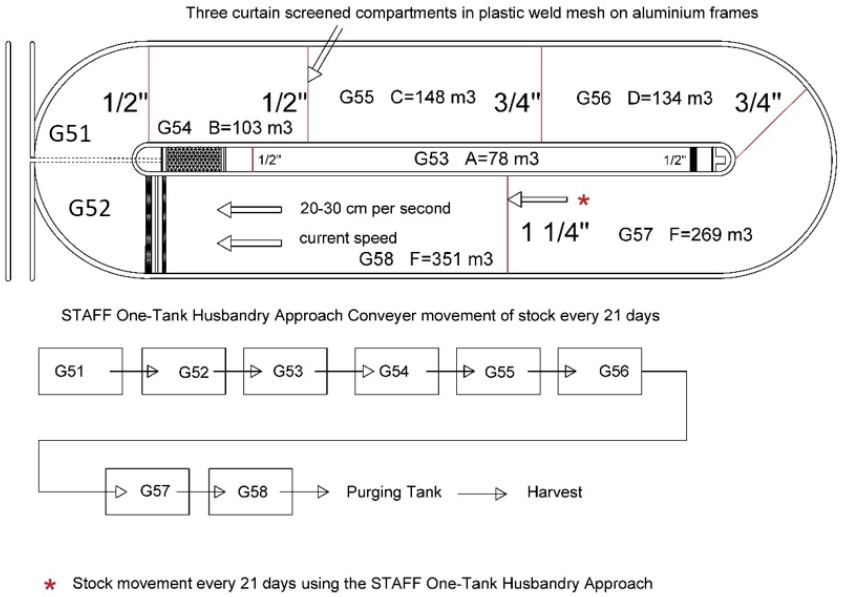
دستاوردها

امروزه استفاده از بیوفلاک در سیستم‌های آبزی‌پروری به دو روش مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌گیرد. در حالت مستقیم، نیتروژن وارد شده به آب از طریق غذا و مدفوع به‌عنوان منبع نیتروژن و با افزودن کربن مورد نیاز به آب استخر، توده بیوفلاک در همان استخر پرورشی تشکیل می‌شود و به‌طور مستقیم سبب بهبود کیفیت آب می‌شود. این روش بیشتر برای پرورش به روش نیمه متراکم کاربرد دارد. استفاده از بیوفلاک در حالت غیرمستقیم بیشتر برای روش‌های متراکم و فوق متراکم کاربرد دارد و در این حالت، توده‌های بیوفلاکی در یک مخزن مجزا از مخازن پرورشی تولید و سپس در دسترس آبزی قرار داده می‌شود (Hargreaves, 2013). از انواع طرح های بیوفلاک سه طرح به شرح زیر در این مقاله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت:

طرح ۱، مخزن بیوفلاک با طراحی R-ended

طراحی این سیستم بیوفلاک شامل مخزن اصلی برای پرورش تیلاپیا و دو مخزن کوچکتر به منظور مخزن رسوب گذاری (شفاف کننده) ، پایه اصلی و نیتروژن زدایی است. قطر مخزن پرورش ۱۶ متر و عمق آن ۱ متر با حجم ۱۰۸۳ متر مکعب بود (شکل ۲). برای ساخت این مخزن از بلوک های بتنی و مسلح شده با میلگرد و لایه پلاستیکی با کف خاکی مسطح شده با شیب ۳ درصد و خروجی مرکزی استفاده شد. همچنین سه پمپ هواده عمودی با توان ۰/۷۵اسب بخار در مخزن پرورش قرار داده شد که یک هواده در طول ۲ ماه اول و هواده دیگر در دو ماه بعدی اضافه گردید. پمپ هواده عمودی دیگر با توان ۰/۷۵اسب بخار در جهت افقی قرارداده شده و دائما برای معلق نگه داشتن ذرات به کار گرفته شد. این هواده یک جریان چرخشی آب را برای جمع کردن ذرات و حرکت دادن آنها به سمت خروجی مرکزی ایجاد می‌کند. یک خط لوله از خروجی مرکز به یک مخزن شفاف کننده ۱/۹ متر مکعبی (یک درصد حجم سیستم) آب را به طور مداوم با یک پمپ۱/۴ اسب بخار گریز از مرکز به داخل این مخزن پمپ کرده و یک جریان ۳۸ لیتر بر دقیقه را ایجاد می‌کند. شفاف کننده با مدت زمان احتباس ۵۰ دقیقه کار کرده و برای تنظیم ۹۰ درصد مواد جامد از جمله کل جامدات درشت و جلبک کافی است. کل حجم مخزن پرورش هر ۳ الی ۴ روز از مخزن شفاف ساز کننده عبور می‌کند. این مخزن می‌تواند تجمع ذرات جامد را در مخزن های پرورش در حدود ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر حفظ نماید. لجن تخلیه شده از مخروط پایین شفاف کننده به یک راکتور دنیتریفیکاسیون (۵۰ فوت × ۴ فوت) هدایت می‌شود. راکتور دنیتریفیکاسیون با سرعت جریان کافی برای زمان ۱ روز کار می‌کند. میزان نیتریفیکاسیون ۳ میلی گرم در لیتر در روز به دست آمد. غلظت نیترات با بارگذاری خوراک تجمعی با میزان تجمع حدود ۲۵ گرم در کیلوگرم خوراک افزایش یافت. قبل از افزودن راکتور دنیتیزاسیون، میزان نیترات پس از ۶ تا ۷ ماه به ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی گرم در لیتر (به عنوان N) تجمع یافت. میزان نیتروژن برای این سیستم حاکی از آن است که ۴۵ درصد ازت اضافه شده در خوراک به عنوان نیترات بازیابی می‌شود. نیاز به انرژی مستقیم به ازای هر واحد تولید ماهی حدود ۳/۵ تا ۴ کیلووات بر کیلوگرم است. راندمان مصرف آب حدود ۱۰۰ لیتر در کیلوگرم است. برای جایگزینی تلفات روزانه نیاز به تعویض آب معادل ۰/۲تا ۰/۴ درصد از حجم مخزن می باشد. شکل های ۱ و ۲ نمای بیرونی مزرعه و طرح جانمایی یکی از مخازن رشد بیوفلاک R-ended را نشان می‌دهد.

شکل ۱. نمای بیرونی مزرعه پرورش بیوفلاک با هشت مخزن با طراحی R-ended (Crab *et al.*, 2008)



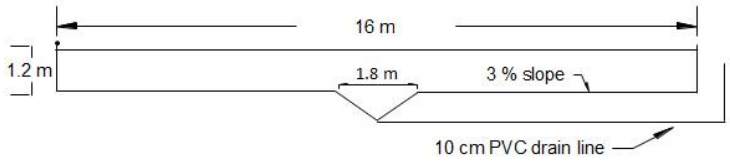
شکل ۲. طرح جانمایی یک مخزن بیوفلاک با طراحی R-ended (Crab *et al.*, 2008)

طرح ۲، مخزن پرورش با مخروط وسط - خط تخلیه خارجی

در طراحی این مخزن یک مخزن دایره ای به مساحت سطح ۲۰۰ متر مربع بصورت بیرونی[۱] ساخته می‌شود (شکل های ۳ و ۴). عمق این مخزن ۱/۲۲ متر و عرض آن ۱۶ متر است. دیواره های مخزن از شش لایه بلوک های بتنی ساخته شده که بصورت افقی و عمودی با میله تقویت کننده فولادی و مرکز پر شده از بتن تقویت شده است. یک بوش پلاستیکی پیش ساخته پلی اتیلن فشرده[۲] در دیواره مخزن نصب می‌شود و با بستن الوار (۵ سانتی متر به ۲۰ سانتی متر) به قسمت بالای دیوار ایمن می شوند. ارتفاع خاک اطراف محوطه مخزن ۰/۴ متر بالاتر از سطح مخزن است.

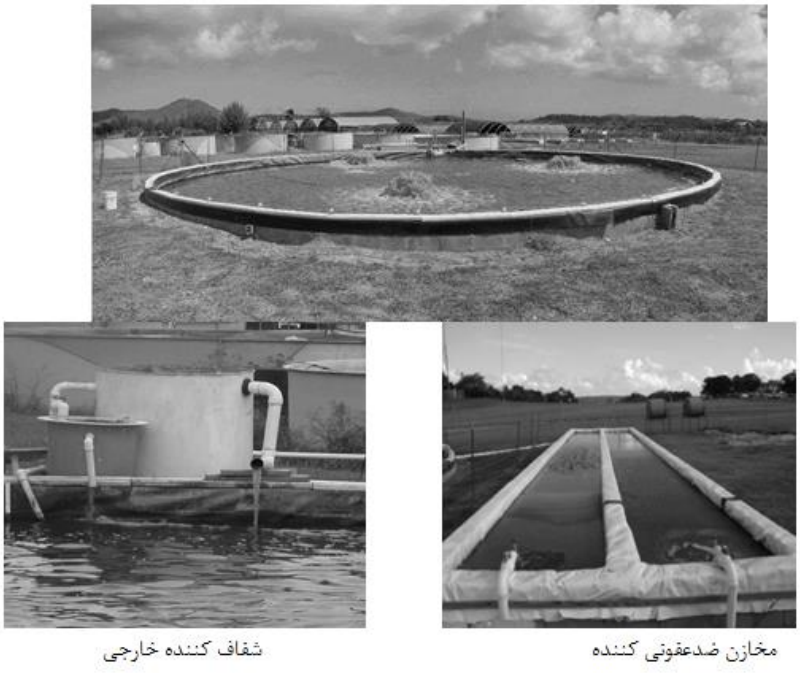
[۱] Outdoor

[۲] HPDE



شکل ۳. طرح یک مخزن پرورش ۲۰۰ مترمکعبی با مخروط وسط و خط تخلیه خارجی (Rakocy *et al*., 2004)

قسمت تحتانی مخزن نسبت به مخروط فایبرگلاس مرکزی ۱ مترمکعب دارای شیب ۳ درصد است. یک درپوش PVC به طول ۱۰ سانتی متر از بالای مخروط به مخزن فایبرگلاس (۱ میلی متر مکعبی) واقع در خارج از مخزن پرورش امتداد یافته است. مخروط نسبت به خط PVC زاویه ۴۵ درجه دارد. با باز کردن شیر دروازه یک بار در روز، زباله های جامد از مخروط از طریق یک پایه داخلی به مخزن کوچک جاری شده و حجم آن اندازه گیری می‌شود(شکل ۴).



شکل ٤. نمای مخازن پرورش با سه پمپ عمودی (Rakocy *et al*., 2004)

به منظور پیاده سازی سیستم دفع جامدات، یک شفاف کننده استوانه‌ای مخروطی ۱/۹متر مکعب در خارج از مخزن پرورش نصب شده است (شکل ۴). شفاف سازی با ورق پلاستیکی محکم از جنس فایبرگلاس (ضخامت ۱ میلی متر) ساخته شد. قسمت استوانه‌ای شفاف کننده در بالای زمین قرار دارد و حاوی یک حفره مرکزی می باشد که عمود بر جریان آب ورودی است. قسمت مخروطی پایین با شیب ۶۰ درجه در زیر زمین دفن شده است. یک درپوش PVC به طول ۳ سانتی متر از جلوی مخروط به بالای مخزن با حجم ۱ متر مکعب گسترش یافته است.

پساب مخزن از عمق ۰/۸ متر در امتداد طولی است. قسمت مخزن پرورش از طریق لوله ۳/۸ سانتی متر و با پمپ گریز از مرکز ۰/۲۵ اسب بخار، داخل شفاف کننده درست در زیر سطح آب با سرعت ۳۸ لیتر در دقیقه پمپ شده و مدت زمان احتباس ۵۰ دقیقه ای را ایجاد می‌کند. آب ورودی با یک اهرم PVC ۴۵ به سمت بالا هدایت شده تا مانع جریان اضافی شود. با جاری شدن آب در زیر حفره، تلاطم کاهش یافته و مواد جامد در کف مخروط مستقر می شوند. دریچه دایره ای برای تخلیه مواد جامد از مخروط به مخزن لجن برای اندازه گیری باز می‌شود. مواد جامد به طور متوسط ۸ بار در روز برای ۶ روز اول از مخروط جدا خواهند شد. طی روزهای ۷ تا ۲۱، مواد جامد یک بار در صبح برداشته می شوند. در طی این مدت ۲۱ روز، مواد جامد نیز یک بار در روز در اواخر بعد از ظهر از مخروط خارج می شوند. آب از طریق مخزن های پشتی با نرخ جریان ۶ و ۳/۱ لیتر در دقیقه به سمت مخزن ها پمپاژ می‌شود و زمان احتباس بدست آمده از این نرخ جریان ها به ترتیب تقریباً ۱ و ۲ روز است. جامدات در طول دوره تولید در فرورفتگی ها مستقر شدند و مناطقی از بی هوازی ایجاد می شوند و ممکن است محیط فرمیک اسید دنیتریک پدید آید. در پایان مرحله۱، یک مسیر الکتریکی با ولتاژ بالا در اطراف محیط مخزن حدود ۴ سانتی متر بالای صفحه که دیواره جانبی را پوشانده است، نصب می‌شود. یک سیم مسی متصل به تخته بوده و زمانیکه پرنده ای روی سیم الکتریکی قرار گیرد در معرض شوک الکتریکی خواهد بود. حریم حدود ۷۵ سانتی متری میله های تقویت شده بتنی به صورت عمودی در امتداد لبه داخلی تخته بالا نصب شدند. توری باغ (روزنه ۱/۹ سانتی متر) به میله ها در کل محیط پیرامون مخزن چسبانده شد تا فضای پرندگان را در لبه مخزن خالی کنند. کل مخزن با روزنه ۵ سانتی متر پوشانده شده است تا از هرگونه احتمال دسترسی پرندگان به مخزن جلوگیری شود. همان طور که در شکل ۴ نمایش داده شده است، مخزن پرورش با سه پمپ عمودی ۰/۷۵ اسب بخار هوادهی شده است. دو هواکش مجزا برای دو ماه اول استفاده می‌شود. یک پمپ بالابر عمودی نیز به منظور تأمین گردش آب افقی به صورت افقی قرار گرفته است. همچنین دو هواده در طی ماه های ۳-۴ و سه هواده در طی ماه های ۵-۶ قابل استفاده است.

طرح ۳، سیستم مخزن داخلی دو-نهری۳

طرح سوم شامل سیستم مخزن داخلی دو-نهری که هر نهر شامل مخازن A، B و C و در مجموع ۶ مخزن کنسانتره سیمانی است. طرح پیاده سازی شده شامل ۱۲ مخزن بوده که از ۴ عدد مخزن ۳۵ مترمربع، ۴ عدد مخزن ۷۰ مترمربع و ۴ عدد مخزن ۱۴۰ مترمربع هر یک در ۲ یونیت تشکیل شده است (شکل ۵).

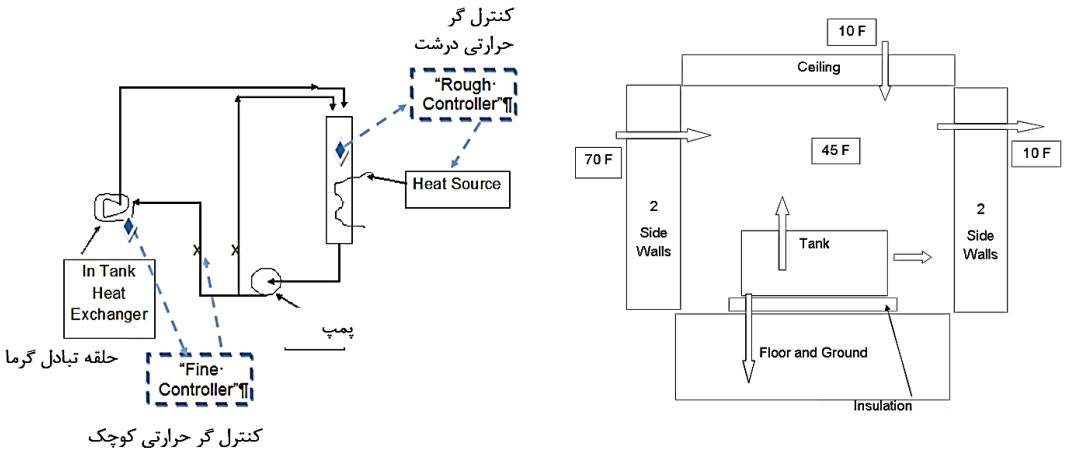
شکل ۵. طرح مخزن دو-نهری
(Pradesh *et al*., 2016)

سایر اجزای طرح عبارت از استخرهای پلاستیکی در فضای پلی اتیلن فشرده روباز ٤، ۶ عدد مخزن ۵۰ مترمکعب (ظرفیت تمامی مخازن با سیستم هوادهی پشتیبانی شده توسط ۲ دستگاه خنثی کننده هوا به توان ۷/۵ و ۱۰ اسب بخار) و دو ژنراتور خودکار برای تجهیزات توان الکتریکی می باشند (شکل ۶). مدت زمان پرورش بین ۱۰ تا ۳۵ روز بود. توده وزنی بیوفلاک ۰/۲ تا ۴/۵ میلی گرم در لیتر بود.

[۳] Two-Raceway
[٤] High Density of Poly Ethylene

شکل۶. نمایش یکی از مخازن پرورش پلی اتیلن فشرده ۵۰ مترمکعبی (Pradesh *et al.*, 2016)

در این طرح طراحی سیستم حرارتی در تانک شامل تبادل حرارتی (تیوبینگ) در تانک، حلقه شکاف، پمپ تکی و دو عدد کنترلر حرارتی یکی درشت و یکی ظریف مورد نیاز است. شکل های ۷ طرح هر یک از اجزای نامبرده فوق را نشان می‌دهند.



شکل ۶. سیستم کنترل حرارتی مخازن طرح ۳(Pradesh *et al.*, 2016)

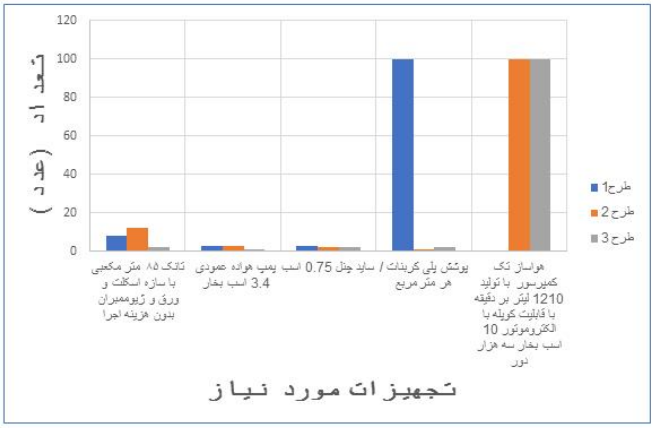
ارزیابی اقتصادی

به منظور بومی سازی طرح سازه گلخانه‌ای مجهز به سیستم بیوفلاک، ارزیابی اقتصادی پارامتریک طرح ها مطابق جدول ۱ انجام شد.

جدول ۱.ارزیابی طرح های ۱، ۲ و ۳ با توجه به تجهیزات مورد نیاز در هر یک

عنوان	توضیحات	نوع تجهیزات
طرح ۱	مخزن بیوفلاک با طراحی R-ended	• مخزن ۸۵ متر مکعبی با سازه اسکلت و ورق و ژئوممبران بدون هزینه اجرا • پمپ هواده عمودی ۳/۴ اسب بخار • ساید چنل ۴/۳ اسب • پوشش پلی کربنات / هر متر مربع
طرح ۲	مخزن پرورش با مخروط وسط - خط تخلیه خارجی	• مخزن ۸۵ متر مکعبی با سازه اسکلت و ورق و ژئوممبران بدون هزینه اجرا • پمپ هواده عمودی ۳/۴ اسب بخار • دیفیوز کف / ۱۰ اینچ سوپر اتک • هواساز تک کمپرسور با تولید ۱۲۱۰ لیتر بر دقیقه با قابلیت کوپله با الکتروموتور ۱۰ اسب بخار سه هزار دور • پوشش پلی کربنات / هر متر مربع
طرح ۳	مخزن داخلی دو-نهری	• مخزن ۸۵ متر مکعبی با سازه اسکلت و ورق و ژئوممبران بدون هزینه اجرا • مخزن ۴۵ متر مکعبی با سازه اسکلت و ورق و ژئوممبران بدون هزینه اجرا • دیزل موتور سازان ۱۱۰ کاوا با ژنراتور طرح استمفورد • هواساز تک کمپرسور با تولید ۱۲۱۰ لیتر بر دقیقه با قابلیت کوپله با الکتروموتور ۱۰ اسب بخار سه هزار دور • پوشش پلی کربنات / هر متر مربع

با توجه به توضیحات ارائه شده در جدول در مورد هر یک از طرح‌های ۱، ۲ و ۳ تعداد تجهیزات مورد نیاز برای پیاده سازی آنها برای ظرفیت ۶۰ تن استخراج گردید. با اعمال قیمت روز هر یک از تجهیزات مورد نیاز، برآورد هزینه کل برای هر یک از طرح‌ها قابل حصول می باشد. بدین منظور نمودار مقایسه‌ای تعداد تجهیزات هر یک از سه طرح در شکل ۷ نشان داده شد. با توجه به اینکه قیمت تجهیزاتی مانند دیزل ژنوراتور، پمپ‌های هواده و سایر اقلام متغیر هستند، برآورد هزینه کل طرح‌ها در زمان اجرای طرح و با اعمال قیمت روز تجهیزات انجام می گردد. به منظور آنالیز سریع، کافی است تعداد تجهیزات ذکر شده در شکل ۸ در قیمت روز تجهیزات ضرب شده و هزینه کل محاسبه گردد. همچنین در جدول ۲ مقایسه اقتصادی سه طرح از منظر هزینه انرژی مصرفی و ساخت تانک ها انجام شده است. با توجه به اینکه تعرفه برق مصرفی در طول سال ثابت بوده و مطابق تعرفه مصوبات هیات وزیران وزارت نیرو صورت می پذیرد و همچنین هزینه ساخت خود تانک‌ها در یک سال را نیز می‌توان تقریبا پایدار در نظر گرفت، مقایسه هزینه‌ای انجام شد.



شکل ۸. مقایسه ۳ طرح از نظر تعداد تجهیزات مورد نیاز

جدول۲. آنالیز طرح های ۱و۲و۳ با توجه به هزینه انرژی برق مصرفی و ساخت تانک ها

عنوان طرح	طرح ۱	طرح۲	طرح ۳
مقدار توان اسب بخار مصرفی	۱۲/ ۴۵	۲۰/۲	۱۶۷
هزینه برق مصرفیkw بر اساس تعرفه ۱۴۰۰(ریال)	۳۷۱۵۵۷/۳	۶۰۲۸۴۸	۴۹۸۳۹۴۱
هزینه ساخت تانک های مورد نیاز(ریال)	۲,۵۶۰۰۰۰۰۰۰	۳,۸۴۰۰۰۰۰۰	۶۴۰۰۰۰۰۰
جمع کل هزینه ها(ریال)	۲،۵۶۰،۳۷۱،۵۵۷	۳،۸۴۰،۶۰۲،۸۴۸	۶۴۴،۹۸۳،۹۴۱

همان طور که مشاهده می‌شود در طرح۱ نیاز به هواسازهای تک کمپرسور نمی‌باشد و با توجه به هزینه انرژی مصرفی مطابق جدول ۲، می‌توان گفت طرح ۱ از نظر شاخص هزینه انرژی مصرفی مقرون به صرفه تر خواهد بود. از نظر هزینه ساخت تانک های مورد نیاز، طرح ۳ مقرون به صرفه‌تر است. در مجموع همان‌طور که مشاهده می‌شود، هزینه انرژی و ساخت تانک‌ها در طرح ۳ به نسبت سایر طرح‌ها کمتر و حدود یک ششم می‌باشد.

توصیه های ترویجی

در هر سه طرح باید فضای کافی جهت جاگذاری مخزن ها، مخروط های اندازه گیری در نظر گرفته شود. همچنین در معماری ساختمان استخر گلخانه‌ای باید از نظر تامین نور و روشنایی نیز تمهیدات لازم لحاظ شود.

در طرح ۱ بهتر است کنترل سرعت آب افقی در بازه ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتر در ثانیه با تنظیم عمق بالشتک ها در هواکش انجام شود. این امر به منظور تنظیم بازوی افقی و غلبه بر نیروهای کششی اصطکاکی توده آب در حال حرکت در مخازن، اثر جریانی مفیدی را ایجاد می‌کند. همچنین موجب افزایش شیب غلظت برای انتقال اکسیژن دستگاههای هوادهی خواهد شد. دستگاه های مورد نیاز شامل چهار دیفیوزر کف با پهنای کامل در فواصل استراتژیک در امتداد محور طول مخازن و همچنین دو هوادهنده با موتور ۱۰ اسب بخار می‌باشند.

در طرح های ۱ و ۲ میزان هوادهی مورد نیاز برای سیستم‌های متراکم تیلاپیا حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ اسب بخار در هکتار می باشد. به منظور جلوگیری از فرسایش، بهتر است مخازن پرورش بیوفلاک توسط ژئوممبران و یا سایر تجهیزات پوشیده شوند.

طرح ۱ و۲ از نظر مصرف بهینه برق مصرفی مناسب تر می باشند. با توجه به نیاز دیزل زنراتور در طرح ۳، در مناطقی که منبع تغذیه پایدار غیرقابل دسترس یا هزینه برق مصرفی گران باشد گزینه مناسبی نمی‌باشد.

منابع

حافظیه، محمود.، دادگر، شهرام. ۱۳۹۵. بیوفلاک و کاربرد آن در آبزی‌پروری، مجله آبزیان زینتی، ۳ (۱)، ۱۷-۷.

میرزایی، نوریه.، محمدی آزرم، حمید. ۱۳۹۵. سیستم‌های نوین آبزی‌پروری (بیوفلاک)، چهارمین همایش ملی شیلات و آبزیان ایران، بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس، ۷-۱.

عالی محمودی، مزدک.، صالحی پورباورصاد، سیامک. ۱۳۹۳. چالشهای پرورش ماهی تیلاپیا به عنوان ماهی وارداتی و راهکارهای اجرایی رفع این چالشها، کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها با محوریت کشاورزی ، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها، ۱۳-۱.

علیزاده، مرتضی.، بمانی، اکبر. ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح پرورش ماهی تیلاپیا در آب لب شور منطقه بافق، استان یزد، دوفصلنامه علمی-پژوهشی خشک بوم، ۲، ۱۴ ص.

Greg, C. Lutz, 1914. Greenhouse Tilapia production in Louisina University, available https://www.lsuagcenter.com/NR/rdonlyres/EB275D62-77C3-4A15-956D-DF1873710D83/2443/pub2705tilapia4.pdf

OselameNobrega, R., FilipeBanze, J., OliveiraBatista, R., Machado Fracaloss, D. 2020. Improving winter production of Nile tilapia: What can be done? Aquaculture Reports, Elsevier, vol. 18, https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100453.

Widanarni Ekasari, J., Maryame, S., 2012. Evaluation of Biofloc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia Oreochromis sp. Cultured at Different Stocking Densities HAYATI. Journal of Biosciences, pp: 19: 73-80.

Sears, K., Alleman, JE., Barnard, JL., Oleszkiewicz, JA. 2006. Density and activity characterization of activated sludge flocs. J Environ Engineering Journal, 132, pp:1235–1242.

Rakocy, J.E., D.S. Bailey, E.S. Thoman and R.C. Shultz. 2004. Intensive tank culture of tilapia with a suspended, bacterial-based, treatment process. Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Manila, Philippines. pp: 584-596.

Craig, S. Helfrich, L.A., 2002. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding, Cooperative Extension Service, publication 420–256. Virginia State University, USA.

Musa, S. 2014. The Effects of Dietary Levels of Protein and Greenhouse on Growth, Behavior and Fecundity of Nile tilapia (Oreochromis niloticus L.) Broodstock, International Journal of Science and Research (IJSR), pp. 2272-2278.

Yongphet, P. 2016. Effect of Greenhouse Cages Integrated with using Solar Energy on the Growth Performance on Freshwater Fish. International Journal of New Technology and Research (IJNTR), 2 (3), pp: 100-107.

Kourie, R. 2017. Large-Scale Biofloc Tank Culture of Tilapia in Malawi -a Technical

Success Story. Word Aquaculture Journal, pp. 25-29.

Dicla Eco Tilapia Systems, Opening the Doors to Urban and Rural Tilapia Production www.PondandGardenDepot.com

Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H., Verreth, J.A.J., 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. Aquac. Eng 32, pp: 379–401.

Avnimelech, Y., 1999. Carbon and nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture 176, pp: 227–235.

Hargreaves, J. A. 2013. Biofloc production systems for aquaculture, Southern Regional Aquaculture Center, 4503, pp: 1-12.

Crab, R., De Schryver, P., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W. 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. Aquaculture 277, pp: 125–137.

Pradesh, A. 2016. Experiments on the biofloc technology. Department of science and technology, New Dehli. pp: 1-26.

Technical and Economical Structure design for tilapia fish farming in a greenhouse system equipped with biofloc

Gharra K.
kamyar.gharra75@gmail.com

Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agriculture research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: October 2021 Accepted: January 2022

Abstract

Due to the limited water resources of the country, it is necessary to consider optimal mechanisms for designing and constructing breeding ponds in order to provide maximum use of the resources available in the country and on the other hand to create the ground for producing aquatic species with maximum efficiency. Among these, the design and construction of pools based on the greenhouse system are key factors that will play a significant role in increasing production efficiency and profitability. One of the significant advantages of these systems is the saving of water resources. In addition, these systems have the ability to be controlled in closed form, which will provide optimal biosafety. In this research, extension recommendations have been expressed in order to achieve a suitable structure for the production and breeding of tilapia in a greenhouse system equipped with biofloc technology. For this purpose, three international designs of fish farming system in a greenhouse system equipped with biofloc technology were reviewed. These three structures include the main biofloc reservoir and sedimentation tank, breeding tank with middle cone - external discharge line and two-stream reservoir system. In this regard, the required equipment for each structure was presented parametrically and the economic evaluation of the structures was done in order to select the structure with the lowest cost. Comparison of all three structures was performed for a capacity of 60 tons. Common equipment in all structures includes 85 cubic meter tank with skeleton and sheet structure and polycarbonate cover / per square meter. Cost analysis on electricity consumption index showed that the cost of energy consumption in plan 3 is higher, so that it is about 8 times more than plan 2 and about 13 times more than plan 1. But in terms of the cost of building the required tanks, plan 3 is optimal. Therefore, according to the needs of breeding farms and the specific restrictions of each region, one of the plans 1 or 3 can be implemented.

Keywords:

Biofloc, Economic evaluation, Greenhouse system, Pond, Structure design