مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) در دو سیستم تعویض آب معمولی و محدود

محمدحسین خانجانی[۱*]، مرتضی علیزاده[۲]

[۱] گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان، ایران

[۲] مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بافق، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۹/۰۷/۳۰
اصلاح: ۴۰۰/۰۲/۲۰
پذیرش: ۴۰۰/۰۳/۰۴

کلمات کلیدی:
اقتصاد
توده میکروبی
تیلاپیای نیل
سیستم پرورش
عملکرد رشد

چکیده

به‌کارگیری سیستم‌های نوین در پرورش ماهیان اقتصادی نظیر تیلاپیا حائز اهمیت است. در مطالعه حاضر، تأثیر سیستم‌های تعویض آب معمولی و محدود بر کیفیت آب، عملکرد رشد و تغذیه تیلاپیای نیل و همچنین جنبه اقتصادی سیستم‌های پرورش مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور بچه ماهیان نوجوان تیلاپیا با میانگین وزن ۱/۷۹ گرم در تانک‌های فایبرگلاس با حجم آب ۱۷۰ لیتر با تراکم یک قطعه ماهی در هر لیتر آب به مدت ۵ هفته مورد آزمایش قرار گرفتند. دو تیمار در سه تکراردر نظر گرفته شد. در سیستم با تعویض آب محدود ماده کربندار ملاس جهت توسعه توده میکروبی و حفظ بهینه کیفیت آب افزوده شد. نتایج نشان داد بین پارامترهای کیفی آب در دو سیستم پرورش، اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری‌که نیتروژن آمونیاکی کل (۱/۰۷ میلی‌گرم در لیتر) کمتری در سیستم با تعویض آب محدود مشاهده شد. بیشترین افزایش وزن بدن، بیومس و میزان بازماندگی (۹۸/۸۲ درصد) در تیمار با تعویض آب محدود به دست آمد. ارزیابی اقتصادی نشان داد که مصرف آب کمتر (۶۱/۴۷ لیتر بر کیلوگرم)، نیاز غذایی کمتر (۱۰۴۲/۵ گرم)، تولید بالاتر و در نتیجه سوددهی بهتر در سیستم با تعویض آب محدود می‌باشد. به‌طوری کلی مطالعه حاضر نشان داد سیستم با تعویض آب محدود نسبت به سیستم معمولی جهت پرورش تیلاپیای نیل در مقیاس مذکور اقتصادی‌تر است.

مقدمــه

صنعت آبزی‌پروری در سال‌های اخیر به سرعت در حال توسعه می‌باشد. در این صنعت حدود ۵۰ درصد از هزینه‌ها به خوراک آبزیان مربوط می‌شود (Khanjani *et al*., 2020a). مطالعه برای استفاده از تکنولوژی‌های نوین در جهت کاهش هزینه‌های تولید، رو به افزایش است. سیستم تولید پروتئین میکروبی (biofloc) از سیستم‌های نوین به‌کارگیری شده در پرورش تیلاپیا (Pérez-Fuentes *et al*., 2016) و میگو (Panigrahi *et al*., 2019) می‌باشد. در سیستم مذکور افزایش تراکم پرورش، کاهش

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: m.h.khanjani@ujiroft.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]

تعویض آب، افزایش هوادهی و افزودن مواد آلی کربندار به سیستم حائز اهمیت است (Khanjani and Sharifinia, 2020). توده‌های میکروبی در این سیستم دو نقش اساسی شامل حفظ کیفیت آب و تولید خوراک برای آبزی پرورش یافته را بر عهده دارند. توده‌های میکروبی در صنعت آبزی‌پروری به روش‌های مختلف از جمله به‌عنوان مکمل خوراک (Day *et al*., 2016)، به‌عنوان جزئی از خوراک برای جایگزین شدن با پودر ماهی (Dantas *et al*., 2016) و نیز به‌عنوان یک غذای طبیعی جهت جایگزینی با بخشی از غذای کنسانتره (Khanjani *et al*., 2020a) برای آبزی پرورش یافته در دسترس است. در سیستم با تعویض آب محدود، توده میکروبی به عنوان یک منبع غنی از فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون مورد مصرف آبزی قرار می‌گیرد (Khanjani *et al*., 2020b). بیومس میکروبی می‌تواند به عنوان یک منبع غنی از پروتئین و چربی در جیره غذایی گنجانده شود و منجر به کاهش هزینه‌های تولید گردد (Khanjani and Sharifinia, 2020). نتایج حاصل از تأثیر سه منبع غذایی در سیستم توده زیستی بر عملکرد رشد میگوی سفید غربی نشان داد که جایگزین نمودن ۳۳/۳ درصد غذای کنسانتره با توده میکروبی، عملکرد مطلوبی بر بهبود رشد دارد (Khanjani *et al*., 2020a).

تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) از گونه‌هایی است که به دلیل شرایط پرورش و گوشت سفید طرفداران زیادی در سطح جهان پیدا کرده است (Durigon *et al*., 2020). این گونه با رشد مناسب، مقاوم به شرایط محیطی مختلف، قابل پرورش در تراکم بالا (Avnimelech, 2007) و دومین گونه آب شیرین پرورش یافته در جهان می‌باشد (Menaga *et al*., 2019). ماهی تیلاپیا از جمله آبزیانی است که در سیستم با تعویض آب محدود از توده‌های میکروبی معلق در ستون آب تغذیه می‌کند (Durigon *et al*., 2020). با توجه به پتانسل‌های بالقوه در خصوص پرورش ماهی تیلاپیا در نواحی مرکزی کشور و نیز شرایط اقتصادی و اجتماعی خصوصاً ارزآوری و اشتغال‌زایی صنعت تکثیر و پرورش، لازم است که محققین صنعت شیلات در کشور، با به کارگیری تکنیک‌ها و فناوری‌های مناسب، پیشنهادات مؤثری را در جهت بالا رفتن میزان تولید ارائه نمایند که بتواند منجر به تأمین بخشی از مواد پروتئینی داخل، صدور این محصول و همچنین ارزآوری برای کشور شود. برآورد بازده اقتصادی نقش بسیار مهمی در تصمیم مزرعه‌داران بر انتخاب فن‌آوری‌های نوین دارد و در نتیجه بر مدیریت منابع آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Nyekanyeka, 2011). هزینه خوراک در آبزی‌پروری بیشترین بخش هزینه‌ها را شامل می‌شود و با توجه به شرایط اقتصادی هر کشوری بر میزان تولید تأثیر می‌گذارد. هزینه‌های نیروی انسانی، خوراک و مواد شیمیایی مورد استفاده در آبزی‌پروری در حال افزایش است و به‌کارگیری تکنولوژی‌های نوین در جهت کاهش هزینه‌ها ضروری می‌باشد (Liping *et al*., 2012). آنالیز اقتصادی نقش مهمی در ارزیابی و استفاده صحیح از منابع دارد. ارزیابی اقتصادی پرورش خامه ماهی (*Chanos chanos*) در دو سیستم تعویض آب معمولی و محدود بر پایه توده میکروبی نشان داد که سیستم تعویض آب محدود بر پایه توده میکروبی نسبت به سیستم تعویض آب معمولی اقتصادی‌تر و سودآورتر است (Sontakke and Haridas, 2018).

با ارزیابی اقتصادی می‌توان فعالیت‌های خود را طبقه‌بندی و بر اساس اولویت اقدام نمود. مدیریت کارآمد یک مزرعه پرورشی می‌تواند تفاوت بین سود و زیان را به خصوص در سال‌های که هزینه و قیمت‌ها نامطلوب است، ایجاد کند. در یک فعالیت تجاری لازم است میزان هزینه کرد، مالیات و درآمد را محاسبه و میزان سود را مشخص کرد تا بتوان فعالیت خود را تداوم بخشید (Engle, 2010). بنابراین در مدیریت مزرعه علاوه بر توجه به فرآیندهای بیولوژیکی نیاز است به عوامل اقتصادی و تجزیه و تحلیل هزینه‌ها و سودآوری پرداخت که برای موفقیت در فعالیت آبزی‌پروری ضروری است. مطالعات مختلف نشان دادند که تکنولوژی تولید توده زیستی به‌عنوان سیستم آبزی‌پروری سازگار با محیط زیست، که به توسعه آبزی‌پروری پایدار کمک می‌کند، به‌صورت تجاری و آزمایشگاهی در مورد انواع گونه‌های آبزیان به‌ویژه تیلاپیا مورد بررسی قرار گرفته است (Khanjani *et al*., 2021a; 2021b). به‌کارگیری فن‌آوری‌های جدید و برآورد هزینه‌های اقتصادی آن در پرورش آبزیان ضروری است. در مطالعه حاضر عملکرد تولید و برآورد اقتصادی پرورش تیلاپیای نیل در دو سیستم با تعویض آب معمولی (روزانه حداقل ۵۰ درصد تعویض آب) و محدود (روزانه حداکثر ۱ درصد تعویض آب همراه با افزودن ماده آلی کربندار جهت تولید توده زیستی) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]

طراحی آزمایش

مطالعه حاضر در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور ایران واقع در شهرستان بافق، استان یزد در سال ۱۳۹۸ انجام گردید. بچه ماهیان نوجوان تیلاپیا با میانگین وزن ۱/۷۹ گرم به مدت پنج هفته در تانک‌های فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری با ظرفیت مفید آبگیری ۱۷۰ لیتر و با تراکم یک قطعه بچه ماهی در هر لیتر آب مورد بررسی قرار گرفتند. تانک‌های پرورش با آب زیرزمینی لب شور (با شوری ۸ppt) پر شدند. دو تیمار در سه تکرار شامل گروه کنترل با تعویض آب معمولی (روزانه ۵۰ درصد) و گروه توده زیستی با تعویض آب محدود (روزانه ۱ درصد) در نظر گرفته شد. غذادهی با جیره کنسانتره (حاوی ۳۳ درصد پروتئین و ۷ درصد چربی)، ۳ مرتبه در روز (۸ صبح، ۱۲ ظهر، ۱۶ عصر) به‌طوری‌که در ابتدای دوره ۷ درصد وزن بدن و با توجه به افزایش رشد، درصد غذادهی نسبت به درصد وزن بدن کاهش داده شد و در هفته آخر پرورش به ۵ درصد وزن بدن رسید (جدول ۱). به تیمار با تعویض آب محدود قبل از ذخیره‌سازی ماهی تیلاپیا ۲/۵ میلی‌لیتر توده میکروبی (میزان پروتئین ۲۵/۹ درصد و میزان چربی ۲/۳۴ درصد) به ازای هر لیتر آب به عنوان استوک اولیه اضافه گردید. توده میکروبی اولیه از استخرهای بتونی پرورش تیلاپیا بر پایه بیوفلوک جمع‌آوری گردید. برای هوادهی پیوسته و تأمین اکسیژن، ۳ عدد سنگ هوا در کف مخازن که به منبع هواده متصل بود، نصب گردید. جهت تحریک و توسعه توده میکروبی در طول دوره آزمایش، به تیمار با تعویض آب محدود، روزانه بعد از وعده غذایی ساعت ۱۲، ماده کربندار ملاس (حاوی ۵۶/۱۸ درصد ماده خشک، ۷۱/۲۴ درصد کربوهیدرات) اضافه شد. تقریباً ۶۰ درصد خوراک ورودی ماده کربندار ملاس جهت تحریک و توسعه توده‌های میکروبی و حفظ کیفیت آب اضافه گردید. نسبت کربن به نیتروژن بر اساس روش (Avnimelech, 2009) ۱۵ به ۱ تنظیم شد.

ملاس پس از توزین به درون ظروف پلاستیکی یک لیتری ریخته شد و به‌خوبی با آب مخزن پرورش مخلوط گردید و به‌طور یکنواخت در سرتاسر سطح مخزن توزیع شد تا توسعه توده میکروبی را تقویت کند. آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی، شوری آب ۸ گرم در لیتر، اکسیژن محلول ۶/۵-۵ میلی‌گرم در لیتر، pH ۷/۲ – ۷/۸ و دمای ۲۶/۵-۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

جدول ۱. مشخصات تیمارهای مورد استفاده برای پرورش تیلاپیای نیل در دو سیستم تعویض آب معمولی و محدود

تیمار	ظرفیت مخازن	تراکم	تعویض آب	غذادهی	ماده کربن دار ملاس
سیستم تعویض آب معمولی	۱۷۰ لیتر	یک قطعه در لیتر	۵۰ درصد	۱۰۰٪ کنسانتره	-
سیستم تعویض آب محدود	۱۷۰ لیتر	یک قطعه در لیتر	۱ درصد	۷۵٪ کنسانتره+ ۲۵٪ توده میکروبی	۶۰ درصد خوراک ورودی

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی

اندازه‌گیری عوامل کیفی آب شامل دما، pH و اکسیژن محلول روزانه با کمک دستگاه HACH HQ30D Multi Meter انجام شد. اندازه‌گیری میزان مواد جامد قابل ته نشین[1] (SS) و کل مواد جامد معلق[2] (TSS) هر ۵ روز یک‌بار انجام شد. برای تعیین میزان مواد معلق قابل ته نشین، یک لیتر از آب پرورش به درون ظروف مخروطی شکل ریخته شد و به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه نگه‌داشته شد تا ته نشین شود و سپس مقدار حجم ته نشین شده بر حسب میلی‌لیتر بر لیتر محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری کل مواد جامد معلق حجم توده میکروبی ته نشین شده از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳ ساعت قرار گرفت تا خشک شود و بر حسب میلی‌گرم بر لیتر محاسبه گردید (Khanjani *et al.*,

[1] Settled Solid (SS)
[2] Total suspended solid (TSS)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]

2017). نیتروژن آمونیاکی کل (TAN)، نیتریت و نیترات آب با استفاده از روش طیف‌سنجی به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Perkin Elmer lambda 25 UV/V) و بر اساس (MOOPAM, 1999) به‌صورت هفتگی سنجیده شد.

اندازه‌گیری پارامترهای بیولوژیکی و اقتصادی

به منظور محاسبه و مقایسه شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن، سرعت رشد، بیومس و ضریب رشد ویژه زیست‌سنجی ماهیان (بیومس کل) شامل اندازه‌گیری وزن در ابتدای آزمایش و انتهای دوره پرورش انجام شد. تعداد ماهیان ذخیره‌سازی شده در ابتدای دوره و تعداد ماهیان باقیمانده در انتهای دوره ثبت شد تا بر اساس آن میزان بازماندگی محاسبه شود. همچنین شاخص‌های تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی، بازده غذایی، نیاز غذایی و شاخص‌های اقتصادی شامل میزان مصرف آب، کل تولید، هزینه‌ها و سوددهی بر اساس روابط زیر تعیین شد (Abou *et al*., 2007; Lima *et al*., 2018; Khanjani *et al*., 2020b).

وزن اولیه بدن (گرم) - وزن نهایی بدن (گرم) = افزایش وزن (گرم)

کل روزهای پرورش / ۱۰۰ × (وزن اولیه ln – وزن نهایی ln) = ضریب رشد ویژه

{تعداد ماهی ذخیره‌سازی شده × میزان بقاء × (وزن ابتدایی –وزن نهایی)} = بیومس (گرم)

(دوره پرورش به روز) / (وزن ابتدایی –وزن نهایی) = سرعت رشد (گرم)

۱۰۰ × تعداد ماهیان در انتهای آزمایش - تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش = نرخ بازماندگی

افزایش وزن (گرم) / غذای مصرف شده (گرم) = ضریب تبدیل غذایی

۱۰۰× کل غذای مصرفی / (افزایش وزن) = بازده غذایی (درصد)

ضریب تیدیل غذایی × کل تولید (گرم) = مصرف کل غذا در طی دوره

حجم آب (مترمکعب) × بیومس نهایی (کیلوگرم) = بازده تولید (کیلوگرم بر مترمکعب آب)

بیومس نهایی (کیلوگرم) × کل آب مصرف شده (لیتر) = مصرف آب (لیتر بر کیلوگرم)

هزینه جاری (غذا+ ماهی+ کربوهیدرات) + هزینه ثابت = هزینه کل

کل هزینه‌ها - درآمد به دست آمده = سود خالص

هزینه غذا × (بیومس ماهی تولید شده / مقدار غذای استفاده شده) = هزینه غذا برای تولید یک کیلوگرم ماهی

۱۰۰ × هزینه کل / سود به دست آمده = درصد سودآوری

آنالیز داده‌ها

در ابتدا برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف – اسمیرنوف استفاده شد. از آنالیز واریانس یک طرفه با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد و نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه گردید. داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایــج

نتایج حاصل از پارامترهای کیفی آب در جدول ۲ ارائه شده است. در سیستم با تعویض آب محدود مقادیر اکسیژن محلول (۵/۹۱ میلی‌گرم در لیتر) و pH (۷/۲۷) کمتری مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با مقادیر تیمار تعویض آب معمولی نشان داد ($P<0/05$). میزان مواد جامد قابل ته نشین و کل مواد جامد معلق در سیستم تعویض آب معمولی نسبت به سیستم با تعویض آب محدود کمتر به دست آمد. مقادیر ترکیبات ازته در دو سیستم نشان می‌دهد بیشترین نیتروژن آمونیاکی کل (۲/۴۳ میلی‌گرم در لیتر) و نیترات (۱۸/۷۴ میلی‌گرم در لیتر) به ترتیب در تیمار تعویض آب معمولی و محدود می‌باشد. نتایج به دست آمده از پارامترهای رشد و میزان بازماندگی در جدول ۳ آمده است. مقادیر افزایش وزن، سرعت رشد و بیومس به

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]

جدول ۲. مقادیر برخی از پارامترهای کیفی آب برای پرورش تیلاپیای نیل در دو سیستم تعویض آب معمولی و محدود (میانگین ± انحراف معیار)

پارامترها	سیستم تعویض آب معمولی	سیستم تعویض آب محدود
درجه حرارت (سانتی‌گراد)	[a]۲۵/۸۵ ± ۰/۶۷	[a]۲۵/۹۶ ± ۰/۷
اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)	[a]۶/۶۴ ± ۰/۳۸	[b]۵/۹۱ ± ۰/۴
pH	[a]۷/۴۳ ± ۰/۰۷	[b]۷/۲۷ ± ۰/۰۴
SS (ml/l)	[b]۱/۷۸ ± ۰/۸	[a]۲۱/۳۹ ± ۱۱/۳
TSS (mg/l)	[b]۶۵/۸۸ ± ۳۱/۴	[a]۲۹۱/۴۴ ± ۱۴۸/۷۷
TAN (mg/l)	[a]۲/۴۳ ± ۰/۸۴	[b]۱/۰۷ ± ۰/۳۱
NO_2 (mg/l)	[a]۰/۳۲ ± ۰/۱۷	[a]۰/۲۸ ± ۰/۱۴
NO_3 (mg/l)	[b]۶/۱۴ ± ۲/۱۵	[a]۱۸/۷۴ ± ۵/۴۱

* در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند ($P>0/05$).

جدول ۳. عملکرد رشد و میزان بازماندگی تیلاپیای نیل تحت تأثیر دو سیستم پرورش تعویض آب معمولی و محدود (میانگین ± انحراف از معیار)

شاخص‌های رشد	سیستم تعویض آب معمولی	سیستم تعویض آب محدود
وزن نهایی (گرم)	[b]۷/۴۶ ± ۰/۴۴	[a]۷/۹۴ ± ۰/۳۸
افزایش وزن (گرم)	[b]۵/۶۷ ±۰ ۰/۴۴	[a]۶/۱۵ ± ۰/۳۸
سرعت رشد (گرم)	[b]۰/±۱۶۲ ۰/۰۱۴	[a]۰/±۱۷۵ ۰/۰۱۳
ضریب رشد ویژه (درصد بر روز)	[b]۴/۰۸ ± ۰/۱۴	[a]۴/۲۶ ± ۰/۱۳
افزایش بیومس (گرم)	[b]۹۳۳/۶۶ ± ۲۵/۴۱	[a]۱۰۳۳/۲ ± ۲۲/۴۳
میزان بازماندگی (درصد)	[b]۹۶/۸۶ ± ۰/۳۴	[a]۹۸/۸۲ ± ۰/۵۸

* در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند ($P>0/05$).

جدول ۴. شاخص‌های تغذیه‌ای و اقتصادی به دست آمده از دو سیستم پرورش تعویض آب معمولی و محدود

شاخص‌های تغذیه‌ای و اقتصادی	سیستم تعویض آب معمولی	سیستم تعویض آب محدود
مصرف آب (لیتر بر کیلوگرم)	۲۷۷۷/۶۴ ± ۷۵/۶	۶۱/۴۷ ± ۱/۳۵
ضریب تبدیل غذایی	[b]۱/۵۴ ± ۰/۲	[a]۱/۰۰۹ ± ۰/۰۹
بازده غذایی (درصد)	[b]۶۴/۳۹ ± ۱۰/۴۷	[a]۹۹/۱ ± ۷/۱۴
تولید (کیلوگرم بر مترمکعب آب)	[b]۵/۴۹ ± ۰/۱۵	[a]۶/۰۹ ± ۰/۱۳
مصرف کل غذا در طی دوره (گرم)	[a]۱۴۳۷/۸۳ ± ۵/۰۸	[b]۱۰۴۲/۵ ± ۲/۰۱
هزینه هر کیلو ماهی تحت تأثیر هزینه غذا		
هزینه هر کیلو غذا (تومان)	۶۰۰۰	۶۰۰۰
هزینه غذا برای تولید یک کیلوگرم ماهی	۹۲۴۰	۶۰۵۴
هزینه لارو (تومان)	۴۰۰۰	۴۰۰۰
مقدار کربوهیدرات استفاده شده (گرم)	-	۶۲۵/۵ ± ۱/۲
هزینه کربوهیدرات (تومان)	-	۱۰۰۰
هزینه ثابت (تومان)	۴۰۰۰	۴۰۰۰۰
هزینه کل (غذا+ ماهی+ ثابت+ کربوهیدرات)	۱۷۲۴۰	۱۵۰۰۰
هزینه غذا نسبت به کل هزینه‌ها	٪ ۵۳/۵۹	٪ ۴۰/۳۶
فروش هر کیلو ماهی (تومان)	۲۶۰۰۰	۲۶۰۰۰
سود خالص (تومان)	۸۷۶۰	۱۱۰۰۰
درصد سودآوری	٪ ۵۰/۸۱	٪ ۷۳/۳

* هزینه لارو: به فرض اینکه ۳ قطعه لارو منجر به تولید یک کیلوگرم ماهی می‌شود (با در نظر گرفتن میزان بازماندگی)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]

ترتیب ۶/۱۵ گرم، ۰/۱۷۵ گرم و ۱۰۳۳/۲ گرم در سیستم با تعویض آب محدود مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با سیستم تعویض آب معمولی نشان داد (P<۰/۰۵).
میزان بازماندگی ۹۶/۸۶ و ۹۸/۸۲ درصد به ترتیب در سیستم تعویض آب معمولی و تعویض آب محدود مشاهده گردید. در جدول ۴ نتایج حاصل از پارامترهای تغذیه‌ای و اقتصادی آمده است. ضریب تبدیل غذایی (۱/۰۰۹)، بازده غذایی (۹۹/۱ درصد) و نیاز غذایی (۱۰۴۲/۵ گرم) در تیمار تعویض آب محدود به دست آمد.

بحث

حفظ و کنترل پارامترهای کیفی آب (دما، اکسیژن محلول، کل مواد جامد معلق، شوری، قلیائیت و ترکیبات ازته) در سیستم با تعویض آب محدود برای رشد موفقیت‌آمیز آبزی پرورش یافته، ضروری است (Robles-Porchas *et al*., 2020). در مطالعه حاضر میزان اکسیژن محلول و pH به‌طور معنی‌داری در سیستم تعویض آب معمولی بالاتر بود. فعالیت باکتری‌ها در شرایط بدون تعویض آب بیشتر و در نتیجه مصرف اکسیژن نیز افزایش می‌یابد (Abbink *et al*., 2011). در مطالعه Alvarenga و همکاران (۲۰۱۷) میزان اکسیژن محلول ۶/۴۴ و ۶/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر، میزان pH ۷/۱۹ و ۶/۴۲ به ترتیب در سیستم تعویض آب معمولی و تعویض آب محدود گزارش گردید که نتایج مطالعه حاضر با نتایج آن‌ها مطابقت دارد. افزودن کربوهیدرات به مخازن پرورش با تعویض آب محدود منجر به مصرف بیشتر اکسیژن توسط ارگانیسم‌های مرتبط با توده، ضریب تنفس بالاتر و تولید دی‌اکسید کربن می‌شود که اسیدی شدن محیط و کاهش pH آب را به دنبال دارد (Abbink *et al*., 2011; Khanjani *et al*., 2017). در تیمارهای با تعویض آب محدود مصرف بیشتر اکسیژن توسط باکتری‌ها و ارگانیسم‌های مرتبط با توده زیستی نسبت به تیمار تعویض آب معمولی مورد تائید قرار گرفته است (Abbink *et al*., 2011).
در نتایج مطالعه حاضر اختلاف معنی‌داری در میزان SS و TSS بین سیستم پرورشی تعویض آب معمولی با تعویض آب محدود وجود داشت. افزایش میزان SS و TSS به دلیل افزودن کربوهیدرات‌ها به مخازن پرورش می‌باشد که شرایط مناسبی را برای رشد ارگانیسم‌های مرتبط با توده زیستی ایجاد می‌کند. در مطالعه حاضر مقادیر نیتروژن آمونیاکی کل و نیترات به ترتیب در سیستم تعویض آب معمولی و با تعویض آب محدود بالاتر بود که با نتایج مطالعه Sontakke و Haridas (۲۰۱۸) مطابقت دارد. در مطالعات مختلف گزارش شده است که توده‌های میکروبی، آمونیاک و نیتریت را جذب می‌کنند و در شکل‌گیری فرآیند نیتروفیکاسیون مؤثر هستند (Lorenzo *et al*., 2016; Minaz and Kubilay, 2021; Khanjani *et al*., 2021c). باکتری‌های شوره ساز[3] به همراه باکتری‌های هتروتروف در تانک‌های تولید توده میکروبی و با تعویض آب محدود رشد کرده و به کاهش آمونیاک و بهبود کیفیت آب کمک می‌کنند (Hisano *et al*., 2020). اضافه کردن مواد آلی کربندار به‌عنوان یک روش مناسب برای جلوگیری از افزایش سطح نیتروژن غیرآلی در استخر پرورش شناخته شده است، به‌طوری‌که ۲۰ گرم مواد کربندار برای حذف ۱ گرم نیتروژن غیر آلی نیاز است (Avnimelech, 2009).
در مطالعه حاضر عملکرد رشد و میزان بازماندگی در تیمار توده میکروبی با تعویض آب محدود بالاتر از تیمار تعویض آب معمولی به دست آمد. بر اساس مطالعات محققین مختلف، حضور توده میکروبی در سیستم پرورش با تعویض آب محدود منجر به بهبود عملکرد رشد آبزی پرورش یافته می‌شود (Ahmad *et al*., 2016; Panigrahi *et al*., 2019; De Souza *et al*., 2014; Kaya *et al*., 2019; Kent *et al*., 2011; Lara *et al*., 2016)، بهبود عملکرد رشد و میزان بازماندگی در سیستم با تعویض آب محدود احتمالاً به دلیل دسترسی بیشتر به غذا و کیفیت بهتر آب می‌باشد. توده‌های میکروبی تولید شده در مخازن پرورش به عنوان غذاهای طبیعی استفاده شده که می‌تواند نیاز به پروتئین در جیره را کاهش دهد (Khanjani *et al*., 2020a). با استفاده از تکنولوژی تولید توده میکروبی می‌توان هزینه غذا و نیاز به پروتئین در جیره را کاهش داد. مطالعات نشان دادند در سیستم بیوفلوک با جیره‌های حاوی پروتئین کم و پروتئین زیاد عملکرد رشد مشابه ای برای آبزی پرورش یافته اتفاق می‌افتد (Jatobá *et al*., 2014; Nguyen *et al*., 2021)، توده‌های میکروبی منابع غنی از ترکیبات زیست فعال از

[3] Nitrifying

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]

جمله کاروتنوئیدها، کلروفیلها، فیتواستروئیدها، بروموفنلها و ترکیبات آنتی باکتریال هستند (Anusha *et al*., 2020)، همچنین توانایی فعالیت به عنوان پروبیوتیک را دارند (Khanjani and Sharifinia, 2020). احتمالاً این عملکرد توده‌های میکروبی منجر به بهبود عملکرد رشد و میزان بازماندگی می‌شود.

ضریب تبدیل غذایی به‌طور قابل‌توجهی در تیمار با تعویض آب محدود بالاتر می‌باشد که با نتایج Jatobá و همکاران (۲۰۱۴) مبنی بر بهبود ضریب تبدیل غذایی در سیستم‌های حاوی توده زیستی مطابقت دارد. احتمالاً به دلیل وجود توده‌های میکروبی در سیستم با تعویض آب محدود باشد که این توده‌ها توسط آبزی پرورش یافته مصرف و به عنوان مکمل غذایی منجر به بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود. توده‌های میکروبی منبع غنی اضافی از پروتئین، چربی، ویتامین و مواد معدنی برای رشد آبزی فراهم می‌کند و منجر به بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود (Sontakke and Haridas, 2018). در مطالعات مختلف گزارش شده که حضور توده میکروبی در سیستم پرورش سبب بهبود کارایی خوراک و نسبت کارایی پروتئین می‌شود (Khanjani *et al*., 2020b; Khanjani *et al*., 2020a; 2021b; Ahmad *et al*., 2016). میزان ضریب تبدیل غذایی در سیستم تولید توده میکروبی ۰/۸۷ تا ۱/۶ برای میگو (Panigrahi *et al*., 2019)، ۰/۸ برای خامه ماهی (Sontakke and Haridas, 2018) و ۱/۱۰ تا ۱/۳۳ برای تیلاپیا (Hisano *et al*., 2020) گزارش شد که مقادیر مشاهده شده در مطالعه حاضر با نتایج آن‌ها هم‌خوانی دارد. در مطالعه حاضر بازده غذایی در سیستم با تعویض آب معمولی ۶۴/۳۹ درصد و در تیمار با تعویض آب محدود ۹۹/۱ درصد به دست آمد که با مطالعات دیگر مبنی بر اینکه در سیستم با تعویض آب محدود بازده غذایی افزایش می‌یابد هم‌خوانی دارد (Khanjani *et al*., 2016; 2017; 2020a). در سیستم‌های آبزی‌پروری هزینه‌های ورودی از قبیل خوراک بیش از ۵۰ درصد هزینه‌های تولید می‌باشد (Khanjani and Sharifinia, 2020). در سیستم با تعویض آب محدود به همراه تولید توده میکروبی برای پرورش میگوی سفید غربی ۳۷/۸۹ درصد از هزینه تولید مربوط به خوراک میگو می‌باشد (Rego *et al*., 2017). در مطالعه حاضر برای تولید یک کیلوگرم ماهی هزینه مربوط به خوراک ۵۳/۵۹ و ۴۰/۳۶ درصد به ترتیب در سیستم تعویض آب معمولی و با تعویض آب محدود به دست آمد. کاهش حدود ۱۳ درصدی هزینه خوراک در سیستم با تعویض آب محدود نسبت به سیستم معمولی مربوط به توده‌های میکروبی می‌باشد که بخشی از خوراک را تأمین می‌کند. حضور توده‌های میکروبی در سیستم با تعویض آب محدود هزینه خوراک را کاهش می‌دهد و به عنوان جایگزین منبع غذا در نظر گرفته می‌شود (Avnimelech, 2009; Castilho-Barros *et al*., 2018; Sontakke and Haridas, 2018).

آبزی‌پروری پایدار به مدیریت و منبع غذا بستگی دارد، در سیستم تولید توده میکروبی بیشترین همکاری برای تولید غذای طبیعی صورت می‌گیرد. تولید تیلاپیا در سیستم تولید توده میکروبی به همراه پریفیتون عملکرد سوددهی بالاتری دارد (Nahar *et al*., 2015). عملکرد تولید و صرفه اقتصادی پرورش خامه ماهی (*Chanos chanos*) در سیستم با تعویض آب محدود بر پایه توده میکروبی نسبت به سیستم تعویض آب معمولی بهتر می‌باشد (Sontakke and Haridas, 2018) که نتایج مطالعه حاضر با نتایج آن‌ها مبنی بر اقتصادی‌تر بودن سیستم با تعویض آب محدود مطابقت دارد.

ضریب سوددهی برای پرورش میگوی سفید غربی در سیستم‌های با تعویض آب محدود ۳ تا ۲۲ درصد بیشتر از سیستم‌های با تعویض آب معمولی می‌باشد که دلیل آن کاهش مصرف غذای کنسانتره، استفاده از توده‌های میکروبی و در نتیجه کاهش هزینه خوراک می‌باشد (Khanjani *et al*., 2020c).

نیاز پروتئینی آبزی پرورش یافته در سیستم پرورش با تعویض آب محدود به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد و توده میکروبی به عنوان غذای طبیعی مصرف می‌شود (Dantas *et al*., 2016). پارامترهای بیولوژیکی نظیر میزان بازماندگی از عوامل مهم در بازگشت هزینه‌ها و سودآوری می‌باشد (Hanson *et al*., 2009). افزایش بازماندگی و کاهش هزینه غذا تأثیر بسزایی در سودآوری دارد. تولید یک کیلو میگوی ببری سبز با استفاده از توده میکروبی با ۳۳ درصد (Megahed, 2010)، برای ماهی تیلاپیا با ۱۰ درصد کاهش هزینه (De Schryver and Verstraete, 2009) همراه است. در مطالعه حاضر حدود ۱۳ درصد کاهش هزینه برای غذا مشاهده شد. در سیستم با تعویض آب محدود هزینه تولید توده میکروبی، منبع کربن آلی (از قبیل ملاس، آرد گندم و نشاسته) وجود دارد، اما بهبود عملکرد رشد، تولید، میزان بازماندگی، ضریب تبدیل غذایی و کاهش مصرف

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]

آب در سیستم با تعویض آب محدود منجر به سودآورتر شدن این سیستم نسبت به سیستم تعویض آب معمولی می‌شود (Sontakke and Haridas, 2018).

به‌طورکلی مطالعه حاضر نشان داد پرورش ماهی تیلاپیا در سیستم با تعویض آب محدود منجر به بهبود عملکرد رشد، بازده غذایی و میزان بازماندگی می‌شود. همچنین هزینه تولید یک کیلوگرم ماهی تیلاپیا در این سیستم نسبت به سیستم تعویض آب معمولی کمتر می‌باشد و سودآوری پرورش ماهی در این سیستم بالاتر است. بنابراین پیشنهاد می‌شود جهت گسترش صنعت آبزی‌پروری تیلاپیا، استفاده از سیستم تولید توده میکروبی با تعویض آب محدود در مقیاس‌های تجاری در آینده مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

منابـع

Abbink, W., Garcia, A.B., Roques, J.A.C., Partridge, G.J., Kloet, K., Schneider, O. 2011. The effect of temperature and pH on the growth and physiological response of juvenile yellowtail kingfish *Seriola lalandi* in recirculating aquaculture systems. Aquaculture. 330-333: 130-135.

Abou, Y., Fiogbe, E., Claud, J. 2007. Effect of stocking density on growth, yield and profitability of farming Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed Azolla diet in earthen ponds. Aquaculture Research. 38: 595- 604.

Ahmad, I., Verma, A.K., Babitha, Rani, A.M., Rathore, G., Saharan, N., Gora, A.H. 2016. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against Aeromonas hydrophila in biofloc systems using different carbon sources. Aquaculture. 457: 61-67.

Alvarenga, E.R., Sales, S.C.M., Brito, T.S., Santos, C.R., Correa, R.D.S., Alves, G.F.O., Manduca, L.G., Turra, E.M., 2017. Effects of biofloc technology on reproduction and ovarian recrudescence in Nile tilapia. Aquaculture Research. 48(12): 5965-5972.

Anusha, S., Neeraja, T., Haribabu, P., Akshaya, P. 2020. Effect of different biofloc based culture systems on the growth and immune response of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 8(6): 176-180.

Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. Aquaculture. 264: 140-147.

Avnimelech, Y. 2009. Biofloc Technology—a practical guide book. 2end edition. The World Aquaculture Society.

Castilho-Barros, L., Almeida, F.H., Henriques, M.B. Seiffert, W.Q. 2018. Economic evaluation of the commercial production between Brazilian samphire and whiteleg shrimp in an aquaponics system. Aquaculture International. 26: 1187-1206.

Dantas, E.M.Jr., Valle, B.C., Brito, C.M., Calazans, N.K., Peixoto, S.R., Soares, R.B. 2016. Partial replacement of fishmeal with biofloc meal in the diet of postlarvae of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Nutrition. 22: 335-342.

Day, S.B., Salie, K., Stander, H.B. 2016. Growth comparison among three commercial tilapia species in a biofloc system. Aquaculture International. 24: 1309-1322.

De Schryver, P., Verstraete, W. 2009. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. Bioresource Technology. 100: 1162-1167.

De Souza, D., Suita, S., Romano, L., Wasielesky, W., Ballester, E. 2014. Use of molasses as a carbon source during the nursery rearing of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a Biofloc technology system. Aquaculture Research. 45: 270-277.

Durigon, E.G., Lazzari, R., Uczay, J., Lopes, D.L.D.A., Jerônimo, G.T., Sgnaulin, T., Emerenciano, M.G.C. 2020. Biofloc technology (BFT): Adjusting the levels of digestible protein and digestible energy in diets of Nile tilapia juveniles raised in brackish water. Aquaculture and Fisheries. 5(1): 42-51.

Engle, R.C. 2010. Aquaculture economics and financing: Management and analysis. Blackwell Publications, Iowa, USA 2: 1.

Hanson, T.R., Posadas, B., Samocha, T.M., Stokes, A.D., Losordo, T., Browdy, C.L. 2009. Economic factors critical to the profitability of super-intensive biofloc recirculating production systems for

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]

marine shrimp *Penaeus vannamei*. In: Browdy, C.L., Jory, D.E. (eds.). The Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming. World Aquaculture Society. Baton Rouge. pp. 268-283.

Hisano, H., Pinheiro, V.R., Losekann, M.E., Silva, M.S.G.M. 2020. Effect of feeding frequency on water quality, growth, and hematological parameters of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared using biofloc technology. Journal of Applied Aquaculture. 30: 1-16.

Jatobá, A., Silva, J.S., Vieira, F.N., Mourino, J.L.P., Seiffert, W.Q., Toledo, T.M. 2014. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc systems. Aquaculture. 432: 365-371.

Kaya, D., Genc, M., Genc, A.M., Yavuzcan, H. 2019. Effect of biofloc technology on growth of speckled shrimp, *Metapenaeus monoceros* (Fabricus) in different feeding regimes. Aquaculture Research. 50: 2760-2768.

Kent, M., Browdy, C., Leffler, J. 2011. Consumption and digestion of suspended microbes by juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 319: 363-368.

Khanjani, M.H., Alizadeh, M., Sharifinia, M. 2021a. Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in a heterotrophic culture system. Aquaculture International. 29: 307-321.

Khanjani, M.H., Sharifinia, M. 2020. Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. Reviews in Aquaculture. 12(3): 1836-1850.

Khanjani, M.H., Alizadeh, M., Mohammadi, M., Sarsangi Aliabad, H. 2021b. Biofloc system applied to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming using different carbon sources: growth performance, carcass analysis, digestive and hepatic enzyme activity. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 20: 490-513.

Khanjani, M.H., Alizadeh, M., Mohammadi, M., Sarsangi Aliabad, H. 2021c. The effect of adding molasses in different times on performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) raised in a low-salinity biofloc system. Annals of Animal Scienses. 21(4): 1435-1454.

Khanjani, M.H., Alizadeh, M., Sharifinia, M. 2020a. Rearing of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system: The effects of different food sources and salinity levels. Aquaculture Nutrition. 26: 328-337.

Khanjani, M.H., Sajjadi, M., Alizadeh, M., Sourinejad, I. 2016. Study on nursery growth performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) under different feeding levels in zero water exchange system. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 15: 1465-1484.

Khanjani, M.H., Sajjadi, M., Alizadeh, M., Sourinejad, I. 2020c. Economic and Production evaluation of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) in conventional and biofloc aquaculture systems. Journal of Animal Environmental. 12(2): 347-354. (In Persian)

Khanjani, M.H., Sajjadi, M.M., Alizadeh, M., 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.

Khanjani, M.H., Sharifinia, M., Hajirezaee, S. 2020b. Effects of different salinity levels on water quality, growth performance and body composition of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultured in a zero water exchange heterotrophic system. Annals of Animal Science. 20(4): 1-16.

Lara, G., Krummenauer, D., Abreu, P., Poersch, L. 2016. The use of different aerators on *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system: effects on water quality, shrimp growth and biofloc composition. Aquaculture International. 25: 147-162.

Lima, P.C.M., Abreu, J.L., Silva, A.E.M., Severi, W., Galvez, A.O., Brito, L.O. 2018. Nile tilapia fingerling cultivated in a low-salinity biofloc system at different stocking densities. Spanish Journal of Agriculture Research. 16(4): 612- 621.

Liping, L., Zongfeng, Z., Wenbo, Z., Murray, F., Little, D. 2012. Tilapia aquaculture in China: Low market prices, other issues challenge as sector seeks sustainability. Global Seafood Alliance. 2:1-7.

Lorenzo, M.A., Candia, E.W.S., Schleder, D.D., Rezende, P.C., Seiffert, W.Q., Vieira, F.N. 2016. Intensive hatchery performance of Pacific white shrimp in the biofloc system under three different fertilization levels. Aquacultural Engineering. 72-73: 40-44.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]

Megahed, M.E. 2010. The effect of microbial Biofloc on water quality, survival and growth of the Green tiger shrimp (*Penaeus Semisulcatus*) fed with different crude protein levels. Journal of the Arabian Aquaculture Society. 5: 119-141.

Menaga, M., Felixb, S., Charulatha, M., Gopalakannana, A., Panigrahic, A. 2019. Effect of *in-situ* and *ex-situ* biofloc on immune response of Genetically Improved Farmed Tilapia. Fish and Shellfish Immunology. 92: 698-705.

Minaz, M., Kubilay, A. 2021. Operating parameters affecting biofloc technology: carbon source, carbon/nitrogen ratio, feeding regime, stocking density, salinity, aeration, andmicrobial community manipulation. Aquaculture International. 29: 1121-1140.

Moopam, R. 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods (vol. 1, p. 20). Kuwait: ROPME.

Nahar, A., Siddik, M.A.B., Chaklader, M.R., Hanif, M.A., Sharker, M.R., Rahman, M.M. 2015. Biofloc technology in aquaculture systems generates higher income in Mono-Sex Nile Tilapia farming in Bangladesh. Advances in Biological Research. 9(4): 236-241.

Nguyen, H.Y.N., Trinh, T.L., Baruah, K., Lundh, T., Kiessling, A. 2021. Growth and feed utilisation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed different protein levels in a clear-water or biofloc-RAS system. Aquaculture. 536: 736404.

Nyekanyeka, T. 2011. Analysis of profitability and efficiency of improved and local smallholder dairy production: A case of Lilongwe milk shed area. MSc Thesis. University of Malawi, Bunda College.

Panigrahi, A., Sundaram, M., Saranya, C., Kumar, R.S., Dayal, J.S., Saraswathy, R., Otta, S.K., Anand, P.S., Rekha, P.N., Gopal, C. 2019. Influence of differential protein levels of feed on production performance and immune response of pacific white leg shrimp in a biofloc–based system. Aquaculture. 503: 118-127.

Pérez-Fuentes, J.A., Hernández-Vergara, M.P., Pérez-Rostro, C.I., Fogel, I. 2016. C: N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. Aquaculture. 452: 247-251.

Rego, M.A.S., Sabbag, O.J., Soares, R., Peixoto, S. 2017. Financial viability of inserting the biofloc technology in a marine shrimp *Litopenaeus vannamei* farm: a case study in the state of Pernambuco, Brazil. Aquaculture International. 25: 473-483.

Robles-Porchas, G.R., Gollas-Galvan, T., Martınez-Porchas, M., Martinez-Cordova, L.R., Miranda-Baeza, A., Vargas-Albores, F. 2020. The nitrification process for nitrogen removal in biofloc system aquaculture. Reviews in Aquaculture. 12(4): 2228-2249.

Sontakke, R., Haridas, H. 2018. Economic viability of biofloc based system for the nursery rearing of milkfish (*Chanos chanos*). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 7(8): 2960-2970.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.3.2.9]