مقاله علمی – پژوهشی:

تاثیر سیستم بیوفلاک بر کیفیت آب، عملکرد رشد، شاخص‌های ایمنی و ترکیب لاشه ماهی تیلاپیای‌نیل (*Oreochromis niloticus*) در تراکم‌های مختلف در آب لب‌شور

حبیب سرسنگی علی‌آباد[۱]، ابوالفضل ناجی[۱*]، سید رضا سید مرتضائی[۲]، ایمان سوری‌نژاد[۱]، آرش اکبرزاده[۱]

*Abolfazlnaji@gmail.com

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس، ایران.
۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۹

چکیده

جهت بررسی اثر سیستم بیوفلاک بر کیفیت آب، عملکرد رشد، شاخص‌های ایمنی و ترکیب لاشه تیلاپیای‌نیل در تراکم‌های مختلف، بچه ماهیان با میانگین وزنی ۰/۰۵±۳/۲ گرم در دو تیمار تراکمی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ قطعه در متر مکعب در سیستم بیوفلاک و برای هر تراکم یک گروه شاهد، هر یک با سه تکرار ذخیره‌سازی و طی یک دوره ۵۰ روزه پرورش یافتند. نتایج نشان داد میزان یون آمونیوم در تیمارهای بیوفلاک کمتر و میزان نیتریت و نیترات بالاتر از شاهد بود. مواد جامد معلق، حجم فلاک و تعداد باکتری‌ها با افزایش تراکم، افزایش یافت. بیشترین میزان وزن نهایی (۱۲/۹گرم)، ضریب رشد ویژه (۳/۲۱ ٪ در روز) و نیزکمترین میزان ضریب تبدیل غذایی (۰/۹۱) در تیمار بیوفلاک با تراکم ۵۰۰ عدد در متر مکعب حاصل شد ($p<0/05$). بازماندگی در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0/05$). میزان لیزوزیم، ایمونوگلوبولین و کاتالاز در تیمارهای بیوفلاک به طور معنی‌داری از شاهد متناظر بالاتر بود ($p<0/05$). مقدار پروتئین و چربی لاشه در تیمارهای بیوفلاک از شاهد متناظر بالاتر بود، ولی این اختلافات معنی‌دار نبود ($p>0/05$). تراکم ۵۰۰ قطعه در متر مکعب از نظر آماری، شاخص‌های مناسب‌تری در پی داشت اما با توجه به اختلاف اندک رشد و ضریب تبدیل غذایی از سویی و عدم اختلاف در میزان بازماندگی بین تراکم‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ قطعه در متر مکعب و نیز بهره‌وری بالاتر از آب و فضا، تراکم ۱۰۰۰ قطعه در متر مکعب برای پرورش بچه ماهی تیلاپیا در سیستم بیوفلاک پیشنهاد می‌گردد.

لغات کلیدی: تیلاپیا، بیوفلاک، تراکم، ایمنی

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از سیستم بیوفلاک به عنوان روشی نوین و پایدار در آبزی‌پروری مورد توجه قرار گرفته است. این سیستم در ابتدا برای حل مشکلات کیفیت آب ایجاد و به تدریج در آبزی‌پروری نیز بکار گرفته شد. با کمک این تکنیک، مدیریت کیفیت آب بر اساس توسعه و کنترل باکتری‌ها در محیط پرورش، با تعویض آب بسیار محدود امکان‌پذیر گشت. جامعه میکروبی توسعه یافته، بیوفلاک که متشکل از باکتری‌ها، پروتوزوآ، پلانکتون‌های جانوری و سایر میکروارگانیسم‌هاست، تشکیل می‌دهد (Avnimelech, 2007). در سیستم فلاک از طریق بالا بردن نسبت کربن به نیتروژن و افزایش جذب آمونیوم از طریق باکتری‌ها، از تجمع مواد سمی نیتروژنی جلوگیری می‌گردد. این جامعه میکروبی در بازچرخ مواد زاید و تغذیه مکمل برای آبزی هدف نقش دارد.

مهم‌ترین عامل در طراحی یک سیستم بیوفلاک انتخاب گونه پرورشی مناسب است. تکنولوژی بیوفلاک با پرورش گونه‌هایی مانند تیلاپیا و میگو که توانایی تحمل میزان بالای ذرات معلق در آب و نیز قابلیت خوردن فلاک‌ها را به طور مستقیم دارند، دارای بهترین عملکرد است (Hargreaves, 2013). تیلاپیا یکی از گونه‌های مهم پرورشی در دنیاست که با تولیدی معادل ۸/۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ بعد از کپورماهیان بالاترین تولید را به‌خود اختصاص داده است. این ماهی دارای ویژگی‌هایی نظیر رشد سریع، مقاومت در برابر استرس و بیماری، تراکم‌پذیری و تغذیه از سطوح پایین چرخه غذایی می‌باشد (El-Sayed, 2019). تراکم ذخیره‌سازی در سیستم بیوفلاک به صورت بسیار محدودی مورد بررسی قرارگرفته است. کارایی سیستم بیوفلاک بر کیفیت آب و عملکرد رشد تیلاپیا در تراکم‌های مختلف را Ekasari و Maryam(۲۰۱۲) ارزیابی کردند و نتایج حاکی از نوسانات بیشتر پارامترهای کیفی آب در گروه کنترل، بهبود پارامترهای رشد و بازماندگی در تراکم های پایین در تیمارهای بیوفلاک و کاهش میزان غذای مصرفی در تیمار بیوفلاک بود. Haridas و همکاران (۲۰۱۷) بهبود رشد و پاسخ‌های ایمنی را در تیلاپیای بهبود یافته ژنتیکی[1](GIFT) در سیستم بیوفلاک با تراکم‌های مختلف ارزیابی و بیان نمودند شاخص‌های رشد به طور معنی‌داری در تراکم۲۵۰ قطعه در متر مکعب بالاتر از سایرین و میزان لیزوزیم، کاتالاز و آنزیم‌های کبدی در تیمارهای بیوفلاک نسبت به شاهد بهبود یافت. در مطالعه دیگری Brol و همکاران (۲۰۱۷) اثر نژادهای مختلف تیلاپیا و تراکم ذخیره‌سازی را بررسی نمودند و بیان داشتند تیلاپیای GIFT برای پرورش در سیستم بیوفلاک مناسب‌تر و پرورش بچه ماهیان با وزن حدود ۳ گرم در تراکم ۸۰۰ قطعه در متر مکعب اثر منفی بر رشد نداشت. در مورد تراکم ذخیره‌سازی تیلاپیا در سیستم بیوفلاک به‌ویژه دوره انگشت‌قدی اطلاعات زیادی در دست نیست.

مطالعه بر سیستم بیوفلاک در پرورش تیلاپیا و در صورت امکان معرفی آن به جامعه آبزی پروری اهمیت زیادی در زمینه صرفه‌جویی در مصرف آب و زمین، استفاده از جیره غذایی با پروتئین کمتر و سیستم سازگار با محیط زیست دارد و پرورش‌دهندگان ماهیان گرم‌آبی را جهت به‌کارگیری این تکنولوژی ترغیب خواهد نمود. زیرا در این سیستم بیش از ۹۵ درصد در مصرف آب، ۱۵-۲۰ درصد در مصرف غذا (Crab *et al*., 2012) و ۱۰-۵ درصد در میزان پروتئین جیره (Azim and Little, 2008) می‌توان صرفه جویی نمود که منجر به افزایش سود اقتصادی فعالیت آبزی‌پروری می‌گردد. در ایران این تکنولوژی سابقه عملیاتی ندارد و انجام تحقیقات پایه‌ای جهت بومی‌سازی این تکنیک برای درک بهتر روابط موجود در این سیستم و نیز آشنایی با متغیرهای مهم و تاثیرگذار نظیر تراکم جهت افزایش بهره‌وری از منابع آب و انرژی ضروری است. در این تحقیق اثرات استفاده از سیستم بیوفلاک بر کیفیت آب، میزان رشد، شاخص‌های ایمنی و ترکیبات لاشه بچه ماهیان تیلاپیا در تراکم‌های مختلف در آب لب شور بررسی گردید.

مواد و روش کار

این تحقیق در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور واقع در کیلومتر ۱۰۰ جاده یزد بافق انجام شد. تانک‌های گرد

[1] Genetically Improved Farmed Tilapia

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

۴۰ لیتری پلی اتیلن با ظرفیت مفید ۲۸ لیتر که هر کدام با آب لب‌شور زیر زمینی آبگیری و با یک سنگ هوای ۱۰ سانتی‌متری متصل به سیستم هوادهی مرکزی، هوادهی می‌گردید. در هر تانک یک بخاری آکواریومی (۲۵۰ وات) دمای ۲۹-۲۸ درجه سانتی‌گراد را به طور ثابت تامین نمود. برای تولید فلاک، تانک‌ها ضدعفونی، شستشو و آبگیری گردید و از کود اوره، تریپل فسفات، خاک رس، کربنات کلسیم و غذای آرد شده کپور استفاده شد (Vilani *et al*., 2016). بچه ماهیان تیلاپیا با وزن اولیه ۰/۰۵± ۳/۲ گرم با تراکم‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ قطعه در متر مکعب در سیستم بیوفلاک و برای هر تراکم یک گروه شاهد سیستم آب شفاف، هر یک با سه تکرار در تانک‌ها رهاسازی و به مدت یک هفته طبق جدول غذادهی آنها با استفاده از غذای آغازین کپور (پروتئین ۳۸، چربی ۸، خاکستر ۱۱ و رطوبت ۶ درصد) ساخت شرکت فرادانه انجام شد. پس از طی مرحله سازگاری، میزان غذا برای هر تیمار محاسبه و به صورت روزانه در ظرف‌های مجزا توزین و در سه وعده در ساعات ۰۷:۰۰، ۱۱:۰۰ و ۱۵:۰۰ به ماهیان داده شد (Mirzakhani *et al*., 2019). میزان تعویض آب در تیمارهای بیوفلاک ۵-۲ درصد در روز و در تیمارهای شاهد ۱۰۰-۵۰ درصد در روز انجام شد (Avnimelech, 2011). ملاس مورد نیاز برای تولید فلاک با نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ به ۱ با توجه به میزان غذای هر تیمار محاسبه و پس از حل کردن در یک لیتر آب تانک به صورت یکنواخت به هر تیمار اضافه شد. فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل اکسیژن، pH، دما و شوری با استفاده از دستگاه پرتابل Hach مدل HQ30d به صورت روزانه اندازه‌گیری شدند. آمونیاک، نیتریت و نیترات به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (Perkin Elmer lambda 25) به صورت هفتگی اندازه‌گیری شدند. حجم فلاک با استفاده از بشر یک لیتری و استوانه مدرج ۵۰ سی‌سی، دوبار در هفته ارزیابی گردید (Hargreaves, 2013). برای محاسبه میزان کل جامدات معلق[1] ۵۰۰ میلی‌لیتر از آب هر تانک از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد، کاغذ صافی در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شد و کل جامدات معلق (TSS) محاسبه گردیدند. زیتوده فلاک بر اساس تفاوت وزن کاغذ صافی قبل و بعد از فیلتر کردن و خشک کردن محاسبه گردید (Azim and Little, 2008). همچنین جهت تعیین آنالیز تقریبی لاشه ۲۰ عدد ماهی در ابتدا به عنوان لاشه اولیه و ۹ عدد ماهی از هر تیمار به طور تصادفی در انتهای آزمایش صید و پس از تخلیه امعاء و احشا با چرخ گوشت هموژن گردید. سپس مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر آنها از روش AOAC (۱۹۹۰) اندازه‌گیری شدند. برای شمارش باکتری‌ها آب تانک به طور متوالی رقیق‌سازی شد و یک میلی‌لیتر از نمونه رقیق شده در پتری‌دیش پخش و با ۱۵ میلی‌لیتر از محیط کشت پوشش داده شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت درانکوباتور با دمای ۳۰ درجه قرار گرفت. تعداد کل باکتری‌ها به صورت log 10 واحد های کلونی شکل ml^{-1} (Colony Forming Unit) نمایش داده شد (Arantes *et al*., 2017). جمع‌آوری موکوس با صید تصادفی ۵ ماهی از هر تانک، انتقال آنها به کیسه‌های نایلونی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر کلرید سدیم (۵۰ mM) به مدت ۲ دقیقه، انتقال موکوس ترشح شده به میکروتیوب و سانتریفیوژ در ۴ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد (Ross *et al*., 2000). لیزوزیم با روش اسپکتروفتومتریک و با استفاده از باکتری Micrococcus lysodeikticus به عنوان سوبسترا و لیزوزیم سفیده تخم مرغ به عنوان استاندارد اندازه‌گیری شد. میزان ایمنوگلوبولین کل با استفاده از پلی اتیلن‌گلیکول ۱۲٪ جهت تفریق و ته‌نشست ایمنوگلوبولین از پروتئین کل تعیین شد (Haghparast *et al*., 2019). همچنین جهت بررسی میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی تعداد ۵ ماهی از هر تکرار به طور تصادفی انتخاب، بی‌هوش و سپس کالبد شکافی شد و نمونه‌های کبد استخراج گردید. نمونه‌های هموژن شده در ۱۲۰۰۰ دور برای ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانترفیوژ گردیدند. آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT)[2]، آسپارتات آمینوترانسفراز

[1] Total Suspended Solids

[2] Alanine aminotransferase

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

(AST)[1] با استفاده از روش IFCC[2] (Bergmeyer *et al.*, 1978) و آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP)[3] با استفاده از روش (DGKS, 1972)[4] و کیت‌های تشخیص طبی شرکت پارس آزمون (ایران، تهران) و به روش فتومتریک اندازه‌گیری شد. برای آگاهی از عملکرد رشد و محاسبه میزان غذای مورد نیاز، هر ۷ روز یکبار عملیات زیست‌سنجی ماهی‌ها با اندازه‌گیری وزن کل ماهیان در هر تانک انجام شد. اما در ابتدا و انتهای آزمایش طول کل به کمک تخته مخصوص زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر و وزن انفرادی با ترازوی دیجیتال AND ساخت ژاپن با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری گردید. در پایان آزمایش فاکتورهای رشدی و تغذیه‌ای از قبیل ضریب رشد ویژه (SGR)[5] ، ضریب تبدیل غذایی (FCR)[6]، نرخ بازده پروتئین (PER)[7]، راندمان پروتئین تبدیلی (PCE)[8]، فاکتور وضعیت (CF)[9]، آب مصرفی (WC)[10] و بازماندگی (Survive) از طریق روابط ذیل محاسبه شدند (Houlihan *et al.*, 2008):

SGR= ۱۰۰ × (Ln وزن نهایی – Ln وزن اولیه)/ طول دوره آزمایش

FCR = مقدار غذای خورده شده/ افزایش وزن بدن

PER = گرم افزایش وزن حاصله به ازای هر گرم پروتئین مصرفی

PCE = گرم افزایش پروتئین به ازای ۱۰۰ گرم پروتئین مصرفی

CF = وزن/طول^3 ×۱۰۰

WC = آب مصرف شده/بی‌ومس تولید شدی

Survive (%) = تعداد نهایی/تعداد اولیه ×۱۰۰

داده‌ها با نرم افزارهای اکسل و اس‌پی‌اس‌اس تجزیه و تحلیل شدند. پس از کنترل همگنی واریانس‌ها با آزمون levense و نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون Kolmogorov-smirnov برای تجزیه و تحلیل متغیرهای مورد بررسی در بین تیمارها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده گردید. از آزمون دانکن به عنوان آزمون تعقیبی جهت مقایسه میانگین تیمارها استفاده شد. آنالیزهای آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد و نتایج به صورت میانگین±انحراف معیار ارائه شده است.

نتایج

دمای آب در محدوده ۲۹-۲۸ درجه سانتی‌گراد برای تمام تیمارها در طول دوره آزمایش حفظ گردید. بالاترین میزان اکسیژن محلول (۷/۷ و ۷/۴ میلی‌گرم در لیتر) به‌ترتیب در تیمارهای شاهد با تراکم ۵۰۰ و ۱۰۰۰عدد در متر مکعب و بالاتر از بیوفلاک متناظر ثبت شد. تغییرات میانگین pH در دامنه ۸/۰۵-۷/۷ و در تیمارهای بیوفلاک پایین‌تر از شاهد بود. بیشترین میزان آمونیوم (۱۰/۳۸) در تیمار شاهد با تراکم ۱۰۰۰ عدد در متر مکعب و کمترین میزان در تیمار بیوفلاک با تراکم ۵۰۰ عدد در متر مکعب به‌دست آمد. مقادیر نیتریت در تیمارهای بیوفلاک بالاتر از شاهد بود و بالاترین میزان نیتریت در تیمار بیوفلاک با تراکم ۱۰۰۰ عدد در متر مکعب (۰/۳۶) و پایین‌ترین میزان در تیمار شاهد (۰/۰۲) ثبت گردید. بالاترین و پایین‌ترین میزان نیترات (۵/۲۷ و۱/۸۶) به‌ترتیب در تیمار بیوفلاک ۱۰۰۰ عدد در متر مکعب و شاهد ۵۰۰ عدد در متر مکعب مشاهده شد. در هر دو تیمار تراکمی میزان نیترات در تیمارهای بیوفلاک بالاتر از شاهد بود. میزان آب مصرفی در طول دوره پرورش در تیمارهای بیوفلاک بسیار پایین‌تر از تیمارهای شاهد بود و بالاترین نسبت مصرف آب به ازاء واحد تولید در تیمار ۵۰۰ عدد در متر مکعب (۱۲/۰۲) و پایین‌ترین نسبت مربوط به تیمار بیوفلاک با تراکم ۱۰۰۰ عدد در متر مکعب (۰/۳۱) ثبت گردید. مواد جامد معلق، حجم فلاک و تعداد باکتری‌ها در تیمارهای بیوفلاک به طور معنی‌داری بالاتر از شاهد منتاظر بود و با افزایش تراکم و طول دوره افزایش یافت ($p<0/05$). مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) برخی از پارامترهای رشد و تغذیه بچه ماهیان تیلاپیا طی دوره آزمایش تحت

[1] Aspartate aminotransferase
[2] International federation of clinical chemistry
[3] Alkaline phosphatase
[4] Deutsche Gesellschaft fur Klinische Chemie
[7] Specific Growth Rate
[8] Feed Conversion Ratio
[8] Protein Efficiency Ratio
[9] Protein Conversion Efficiency
[10] Condition Factor
[11] Water consumption

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

تاثیر وجود یا فقدان بیوفلاک در سیستم و نیز تراکم‌های متفاوت در جدول ۱ ارائه شده است که بر اساس آن تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آزمایش مشاهده گردید ($p<0/05$).

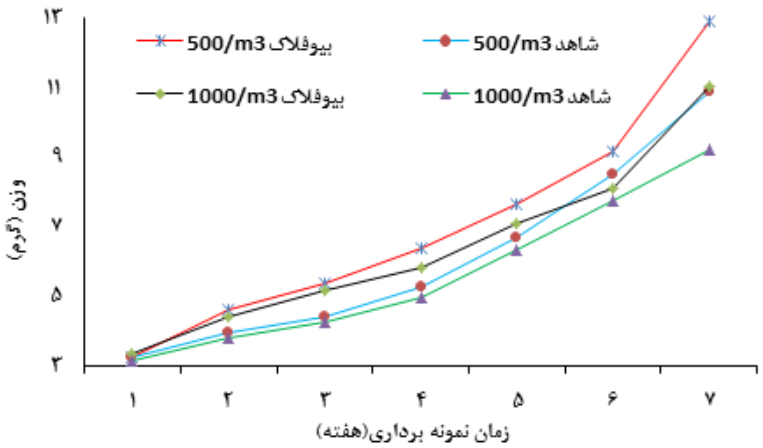
جدول ۱: مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) برخی از پارامترهای رشد و تغذیه بچه ماهیان تیلاپیا طی دوره آزمایش

Table 1: Mean (±SD) growth performances and feed utilization of O. *niloticus* fry during the experiment

تیمار	بیوفلاک ($500/m^3$)	شاهد ($500/m^3$)	بیوفلاک ($1000/m^3$)	شاهد ($1000/m^3$)
وزن اولیه (گرم)	$3/2\pm0/15^{a}$	$3/2\pm0/10^{a}$	$3/3\pm0/11^{a}$	$3/1\pm0/10^{a}$
وزن نهایی (گرم)	$12/9\pm0/30^{a}$	$10/9\pm0/35^{b}$	$11/1\pm0/26^{b}$	$9/3\pm0/36^{c}$
ضریب رشد ویژه (٪ در روز)	$3/21\pm0/07^{a}$	$2/84\pm0/01^{b}$	$2/77\pm0/06^{b}$	$2/53\pm0/11^{c}$
ضریب تبدیل غذایی	$0/91\pm0/01^{d}$	$1/13\pm0/01^{b}$	$0/95\pm0/01^{c}$	$1/21\pm0/01^{a}$
فاکتور وضعیت	$1/76\pm0/02^{ab}$	$1/57\pm0/01^{b}$	$1/79\pm0/12^{a}$	$1/60\pm0/02^{ab}$
نرخ بازده پروتئین	$2/67\pm0/06^{a}$	$2/26\pm0/15^{b}$	$2/26\pm0/13^{b}$	$1/95\pm0/11^{b}$
راندمان پروتئین تبدیلی	$48/5\pm2/3^{a}$	$36/9\pm3/17^{b}$	$37/9\pm2/69^{b}$	$32/3\pm1/46^{b}$
بازماندگی (٪)	100^{a}	$94/8\pm8/9^{a}$	$97/4\pm2/2^{a}$	$98/7\pm2/2^{a}$
مصرف آب(گرم ماهی/ لیتر)	$0/47^{a}$	$12/02^{b}$	$0/31^{a}$	$7/4^{c}$

اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی دار می باشند ($p\leq0/05$).

بیشترین میزان وزن نهایی (۱۲/۹گرم)، ضریب رشد ویژه (۳/۲۱درصد در روز)، بازماندگی (درصد۱۰۰) و نیزکمترین میزان ضریب تبدیل غذایی (۰/۹۱) در تیمار بیوفلاک با تراکم ۵۰۰ عدد در متر مکعب حاصل شد. تغییرات وزنی بچه ماهیان تیلاپیا در طول دوره آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: تغییرات وزنی بچه ماهیان تیلاپیا در طول آزمایش

Figure 1: Changes in weight gain of *O. niloticus* fry during the experiment

فاکتور وضعیت در هر دو تیمار بیوفلاک بالاتر از شاهد متناظر بود ولی اختلافات معنی‌دار نبودند ($p>0/05$). بالاترین نرخ بازده پروتئین (۲/۶۷) و راندمان پروتئین تبدیلی (۴۸/۵) در تیمار بیوفلاک با تراکم ۵۰۰ عدد در متر مکعب مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ($p<0/05$) و در هر دو تراکم، بیوفلاک

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

کارایی بهتری نسبت به شاهد نشان داد. بازماندگی در تیمارهای مختلف ۱۰۰-۹۴/۸ درصد متغیر بود اما این اختلافات معنی‌دار نبود ($p>0/05$). نتایج ترکیب لاشه بچه ماهیان پرورش یافته در سیستم بیوفلاک و شاهد در تراکم‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. در هر دو تیمار تراکمی مقدار پروتئین و چربی بیوفلاک‌ها از شاهد متناظر بالاتر بود ولی این اختلافات معنی‌دار نبود ($p>0/05$). میزان خاکستر و رطوبت در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>0/05$).

جدول ۲: مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) ترکیب لاشه بچه ماهیان پرورش یافته در سیستم بیوفلاک و شاهد در تراکم‌های مختلف

Table 2: Proximate composition (Mean ± SD) of O. *niloticus* fry under different stocking densities in biofloc system and control

تیمار	پروتئین	چربی	خاکستر	رطوبت
بیوفلاک ($500/m^3$)	$66/86\pm0/58^{a}$	$20/97\pm0/22^{a}$	$14/55\pm0/51^{a}$	$72/69\pm0/47^{b}$
شاهد ($500/m^3$)	$66/05\pm0/21^{ab}$	$19/59\pm0/55^{ab}$	$14/37\pm0/55^{a}$	$73/80\pm0/43^{ab}$
بیوفلاک ($1000/m^3$)	$66/09\pm0/55^{ab}$	$20/84\pm0/85^{a}$	$14/56\pm0/50^{a}$	$73/58\pm0/16^{ab}$
شاهد ($1000/m^3$)	$65/44\pm0/51^{b}$	$19/12\pm0/37^{b}$	$14/78\pm0/26^{a}$	$73/84\pm0/55^{a}$

اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می باشند ($p\leq0/05$).

نتایج آنالیز فاکتورهای ایمنی موکوسی و آنزیم‌های کبدی بچه ماهیان پرورش یافته در سیستم بیوفلاک و شاهد در تراکم‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. میزان لیزوزیم، ایمونوگلوبولین و کاتالاز در تیمارهای بیوفلاک به طور معنی‌داری از شاهد متناظر بالاتر بود ($p<0/05$). میزان آنزیم کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT) در تیمارهای بیوفلاک پایین‌تر از تیمارهای شاهد متناظر بود، ولی این اختلافات در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار نبود. آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) در تیمار بیوفلاک ۵۰۰ عدد در متر مکعب اختلاف معنی‌داری را با شاهد متناظر نشان داد اما در تراکم بالاتر این اختلافات معنی‌دار نبود، هر چند میزان آن در تیمار بیوفلاک پایین‌تر از شاهد بود. میزان آلکالین فسفاتاز (ALP) در تیمارهای بیوفلاک بالاتر از شاهد متناظر بود و در تراکم پایین این اختلاف معنی‌دار بود.

جدول ۳: نتایج آنالیز فاکتورهای ایمنی موکوسی و آنزیم‌های کبدی بچه ماهیان پرورش یافته در سیستم بیوفلاک و شاهد در تراکم‌های مختلف

Table 3: Mucus innate immunity and liver enzyme activity of O. *niloticus* fry under different stocking densities in biofloc system and control

تیمار	لیزوزیم	ایمونوگلوبولین	کاتالاز	AST	ALT	ALP
بیوفلاک ($500/m^3$)	$37/16\pm2/02^{a}$	$54/66\pm2/21^{a}$	$138/5\pm3/9^{a}$	$38/7\pm2/6^{b}$	$^{a}14/8\pm1/4$	$8/9\pm0/4^{a}$
شاهد ($500/m^3$)	$^{b}11/66\pm1/52$	$^{b}38/04\pm2/06$	$^{b}109/8\pm5/5$	$45/3\pm0/6^{a}$	$^{a}19/6\pm3/2$	$^{b}5/5\pm0/6$
بیوفلاک ($1000/m^3$)	$^{a}33/08\pm3/50$	$^{a}48\pm4/48$	$129/3\pm3/9^{a}$	$41/8\pm1/5^{ab}$	$^{a}15/7\pm1/6$	$^{ab}8/1\pm0/8$
شاهد ($1000/m^3$)	$^{b}13/66\pm1/52$	$^{b}35/18\pm4/48$	$114/9\pm3/4^{b}$	$46/9\pm3/4^{a}$	$^{a}21/2\pm3/8$	$^{ab}6/6\pm1/8$

اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی دار می باشند ($p\leq0/05$).

بحث

امروزه تکنولوژی بیوفلاک به عنوان یکی از سیستم‌های پرورش متراکم آبزیان، مبتنی بر مدیریت استخر پرورشی با استفاده از حداقل تبادل آبی، شناخته شده‌است (Avnimelech, 2011). در تحقیق حاضر میزان آب مصرفی بیانگر این نکته است که سیستم بیوفلاک قادر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

است تا ۹۵ درصد مصرف آب را کاهش دهد و با به‌کارگیری تراکم‌های پرورشی بالاتر، کارایی استفاده از آب بهبود می‌یابد که با نتایج سایر محققین (Avnimelech, 2007 ; Ekasari and Maryam, 2012) همخوانی دارد. بررسی پارامترهای کیفی آب نشان داد در تمامی تیمارها شرایط پرورشی در محدوده قابل قبول برای تیلاپیا بود (El-Sayed, 2019). میزان اکسیژن محلول و pH در تیمارهای بیوفلاک کمتر از شاهد متناظر و در تراکم‌های بالاتر، میزان اکسیژن و pH کاهش داشت. این کاهش به دلیل حضور جامعه هتروتروفیک و تنفس بالاتر است که غلظت دی اکسید کربن را در سیستم‌های بدون تعویض آب افزایش می‌دهد (Wasielesky *et al*., 2006). میزان آمونیوم در تیمارهای بیوفلاک و کم تراکم، پایین‌تر از شاهد متناظر و تراکم بالا بود که به دلیل افزودن روزانه کربوهیدرات به سیستم بیوفلاک و تحریک رشد باکتری‌های هتروتروف و نهایتاً هضم از طریق بیومس باکتریایی در سیستم بیوفلاک، غلظت آمونیاک کاهش می‌یابد (Avnimelech, 1999).

میزان نیتریت در تیمارهای بیوفلاک بالاتر از شاهد بود و در این تیمارها ابتدا نیتریت افزایش و سپس کاهش یافت. افزایش ابتدای دوره به دلیل تکمیل نشدن فرایند شکل‌گیری بیومس باکتریایی جهت تبدیل نیتریت به نیترات است و سرعت پایین واکنش‌های نیتریفیکاسیون نسبت به مصرف از طریق باکتری‌های هتروتروف را می‌توان به پایین‌تر بودن میزان آمونیاک در تیمارهای بیوفلاک نسبت به شاهد و نیز افزایش تدریجی نیترات در تیمارهای بیوفلاک نسبت داد (Azim and little, 2008).

میزان مواد جامد معلق، حجم بیوفلاک و تعداد باکتری‌ها در تیمارهای بیوفلاک بالاتر از شاهد بود که در طول دوره روند افزایشی داشت و با افزایش تراکم میزان این شاخص‌ها نیز افزایش نشان داد. در سیستم بیوفلاک، مواد جامد معلق تجمع می‌یابند (Avnimelech, 1999) و با افزودن کربن به سیستم و هوادهی شدید جمعیت باکتری‌های هتروتروف که کربن مورد نیاز خود را از مواد آلی تامین می‌نمایند، غالب می‌شوند و نیاز به جذب نیتروژن از محیط افزایش می‌یابد (Hargreaves, 2013). بدین‌ترتیب، ضمن افزایش جمعیت باکتری‌ها، حجم بیوفلاک و مواد جامد معلق نیز افزایش می‌یابد. بررسی شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای حاکی از بهبود رشد و کارایی غذا در تیمارهای بیوفلاک نسبت به شاهد متناظر بود و با افزایش تراکم این شاخص‌ها کاهش یافت. این نتایج با مشاهدات بسیاری از محققین (Azim and Little, 2008; Mansour and Esteban, 2017) مطابقت دارد.

در سایر گونه ها نیز افزایش رشد در سیستم بیوفلاک تایید شده است. مینابی و همکاران (۱۳۹۸) افزایش رشد ماهی کپور را در تیمار بیوفلاک گزارش نمودند. همچنین خانجانی و همکاران (۱۳۹۴) تفاوت معنی‌دار رشد را در تیمارهای بیوفلاک نسبت به تیمار شاهد در میگوی وانامی ثبت نمودند. بیوفلاک ترکیبی از باکتری‌ها، جلبک‌ها، پروتوزوآ، پلانکتون‌های جانوری، مژه‌داران، تاژک‌داران، قارچ‌ها، روتیفرها و نماتودهاست (Avnimelech, 2007) که میزان پروتئین آنها ۴۵-۲۶ درصد (Ju *et al*., 2008) و میزان چربی ۱۲/۵-۰/۵ درصد (Wasielesky *et al*., 2006) متغیر است. سازگاری‌های فیزیولوژیک تیلاپیا، امکان تغذیه و هضم این ذرات به‌هم چسبیده و غنی از غذای زنده را فراهم نموده است (Hargreaves, 2013). افزایش رشد، کاهش ضریب تبدیل غذایی و بهبود کارایی پروتئین در تیمارهای بیوفلاک نسبت به شاهد به استفاده مداوم ماهیان از بیوفلاک‌ها به عنوان یک منبع غذایی مکمل که حاوی پروتئین، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها و مواد معدنی ارتباط دارد (Ekasari and Maryam, 2012). در بیوفلاک ترکیبات فعال زیستی نظیر کاروتنوئیدها، کلروفیل‌ها و فیتواستروئیدها وجود دارد که به رشد آبزیان کمک می‌کند (Ju *et al*., 2008).

با افزایش تراکم، رشد کاهش می‌یابد. Mansour و Esteban(۲۰۱۷) این روند را در سیستم بیوفلاک بیان نمودند. کاهش رشد با افزایش تراکم می‌تواند به دلیل کاهش کیفیت آب به دلیل تراکم بالا و نیز دسترسی کمتر به بیوفلاک (Haridas *et al*., 2017)، استرس‌های ناشی از تراکم و نیز رفتارهای پرخاشگرانه ماهیان در تراکم بالا باشد. بیوفلاک بر ترکیبات بدن تیلاپیا اثر داشت و میزان پروتئین و چربی در تیمارهای بیوفلاک بالاتر از شاهد متناظر بود. اگرچه در برخی موارد اختلافات معنی‌دار نبود. این نتایج با مطالعات Azim و Little (۲۰۰۸) در مطابقت دارد. اما برخی از محققین (Crab *et al*., 2012;

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

Ekasari *et al.*, 2014) بهبود میزان پروتئین و چربی را در لاشه آبزیان پرورش یافته در محیط بیوفلاک، به دلیل تغذیه آبزی از بیوفلاک غنی از آمینواسید ها و اسیدهای چرب نسبت داده‌اند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد، سیستم بیوفلاک فاکتورهای ایمنی موکوسی و آنزیم‌های کبدی بچه ماهیان تیلاپیا را بهبود می‌بخشد. بیوفلاک ترکیبی از جلبک‌ها و باکتری‌هاست که نقش آنتی‌بیوتیک، ضد قارچ، پروبیوتیک و پربیوتیک‌ها را به‌خوبی ایفاء می‌کند (Ju *et al*,. 2008). در مطالعه حاضر، میزان فعالیت لیزوزیم، ایمنوگلوبولین و کاتالاز در تیمارهای بیوفلاک بالاتر از شاهد متناظر بود که با نتایج برخی محققین مطابقت دارد (Haridas *et al*., 2017; Mirzakhani *et al*., 2019).

لیزوزیم به عنوان یک فاکتور موثر در سیستم دفاعی و ایمنی بدن شناخته شده است که نقش مهمی در برابر باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت از طریق تخریب دیواره سلولی آنها ایفاء می‌کند (Saurabh and Sahoo, 2008) بیوفلاک و ترکیبات زیستی فعال در آن، فعالیت لیزوزیم‌ها را در تیلاپیا افزایش داده باعث افزایش ایمنی می‌گردد (Mansour and Esteban, 2017).

ایمنوگلوبولین و کاتالاز در تیمارهای بیوفلاک بالاتر از شاهد متناظر بود. Mansour و Esteban (۲۰۱۷) نتایج مشابهی را گزارش نمودند. کاتالاز از آنزیم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی است که در مقابل استرس‌های اکسیداسیونی موجود را محافظت می‌نماید. کاتالاز با جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها از طریق تجزیه پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن از سلول محافظت می‌نماید. حضور فلاک‌ها در محیط پرورش آنزیم‌های کبدی را کاهش می‌دهد. در مطالعه Adineh و همکاران (۲۰۱۹) بررسی آنزیم‌های کبدی در کپور در محیط بیوفلاک نیز نشان دهنده پایین‌تر بودن سطح این پارامترها نسبت به شاهد بود. این آنزیم‌ها با نامساعد شدن شرایط محیطی در ماهی ترشح می‌شوند و سطح آنها افزایش می‌یابد. به طور معمول، آنزیم‌هایALT وAST در داخل سلول‌های کبدی قرار دارند و هنگامی‌که کبد دچار آسیب گردد، سلول‌های کبدی آین آنزیم‌ها را در خون رها می‌کنند و باعث بالارفتن سطح آنزیم در خون می‌شوند (Saurabh and Sahoo, 2008).

در مجموع با توجه به افزایش رشد و بازماندگی در تیمارهای بیوفلاک و نیز بهبود شاخص‌های ایمنی و ترکیبات لاشه در ماهیان پرورش یافته در محیط بیوفلاک در مقایسه با شاهد، استفاده از این تکنیک برای پرورش بچه ماهیان تیلاپیا مناسب ارزیابی گردید. تراکم ۵۰۰ قطعه در متر مکعب از نظر آماری شاخص‌های مناسب‌تری را در پی‌داشت اما با توجه به اختلاف اندک رشد و ضریب تبدیل غذایی از سویی و عدم اختلاف در میزان بازماندگی بین تراکم‌های ۵۰۰ و۱۰۰۰ قطعه در متر مکعب و نیز بهره‌وری بالاتر از آب و فضا، تراکم ۱۰۰۰ قطعه در متر مکعب برای پرورش بچه ماهی تیلاپیا پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

از پرسنل محترم مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور به‌ویژه دکتر علیزاده و دکتر محمدی ریاست و معاونت محترم مرکز که در فراهم کردن امکانات لازم جهت انجام این تحقیق نهایت همکاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

خانجانی، م.ح.، سجادی، م.م، علیزاده، م. و سوری نژاد، ا.، ۱۳۹۴. تاثیر نسبت‌های مختلف غذادهی برکیفیت آب، عملکرد رشد و بقاء پست لاروهای میگوی سفید غربی(*Litopenaeus vannamei*) با استفاده از تکنولوژی بیوفلوک. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۲) : ۱۳-۲۷. DOI: 10.22092/ISFJ.2015.103126

مینابی، خ.، سوری نژاد، ا.، علیزاده، م. و رجب زاده قطرمی، ا.، ۱۳۹۸. اثرات استفاده از نسبت‌های مختلف کربن به ازت در سیستم بیوفلوک بر عملکرد رشد، تغذیه و شاخص‌های کیفی آب پرورش ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) . مجله علمی شیلات ایران، ۲۸(۶) : ۱۳-۲۴. DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

Adineh, H., Naderi, M., Hamidi, M.K. and Harsij, M., 2019. Biofloc technology improves growth, innate immune responses, oxidative status, and resistance to acute stress in common carp (Cyprinus carpio) under high stocking density. *Fish & Shellfish Immunology*, 95: 440-448. DOI:10.1016/j.fsi.2019.10.057

AOAC (Association of official Analytical chemists), 1990. Official Methods of Analysis AOAC. Washington, DC: 1263 P.

Arantes, R., Schveitzer, R., Seiffert, W.Q., Lapa, K.R. and Vinatea, L., 2017. Nutrient discharge, sludge quantity and characteristics in biofloc shrimp culture using two methods of carbohydrate fertilization. *Aquacultural Engineering*, 76: 1-8. DOI:10.1016/j.aquaeng.2016.11.002

Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176(3-4): 227-235. DOI:10.1016/S0044-8486 (99)00085-X

Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Aquaculture, 264(1-4):140-147. Doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.025

Avnimelech, Y., 2011. Tilapia production using biofloc technology: saving water, waste recycling improves economics. *Global Aquaculture Advocate*, 66-68.

Azim, M.E. and Little, D.C., 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus). Aquaculture*, 283(1-4): *29-35*. DOI:10.1016/j.aquaculture.2008.06.036

Bergmeyer, H.U., Bowes Jr, G.N., Horder, M. and Moss, D.W., 1978. Provisional recommendations on IFCC methods for the measurement of catalytic concentrations of enzymes Part 2. IFCC method for aspartate aminotransferase. *Clinica Chimica Acta*, 24(4): 720-721. ISSN: 0009-9147

Brol, J., Pinho, S.M., Sgnaulin, T., Pereira, K.D.R., Thomas, M.C., de Mello, G.L., Miranda-Baeza, A. and Emerenciano, M.G.C., 2017. Biofloc technology on the zootechnical performance of tilapia: effect of strain and stocking density. *Archivos de Zootecnia*, 66(254): 229-235.

Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P. and Verstraete, W., 2012. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356: 351-356. DOI:10.1016/j.aquaculture.2012.04.046

Ekasari, J. and Maryam, 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*, 19(2), pp.73-80. DOI:10.4308/hjb.19.2.73

Ekasari, J., Angela, D., Waluyo, S.H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E.H., Bossier, P. and De Schryver, P., 2014. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426:105-

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

111. DOI:10.1016/j.aquaculture.2014.01.023

El-Sayed, A.F.M., 2019. Tilapia culture. Academic Press. 358P.

Haghparast, R.J., Moghanlou, K.S., Mohseni, M. and Imani, A., 2019. Effect of dietary soybean lecithin on fish performance, hemato-immunological parameters, lipid biochemistry, antioxidant status, digestive enzymes activity and intestinal histomorphometry of pre-spawning Caspian brown trout (Salmo trutta caspius). *Fish & Shellfish Immunology*, 91: 50-57. DOI:10.1016/j.fsi.2019.05.022

Hargreaves, J.A., 2013. Biofloc production systems for aquaculture. SRAC, No. 4503.

Haridas, H., Verma, A.K., Rathore, G., Prakash, C., Sawant, P.B. and Babitha Rani, A.M., 2017. Enhanced growth and immuno-physiological response of Genetically Improved Farmed Tilapia in indoor biofloc units at different stocking densities. *Aquaculture Research*, 48(8): 4346-4355. DOI:10.1111/are.13256

Houlihan, D., Boujard, T. and Jobling, M. eds., 2008. Food intake in fish. John Wiley & Sons. 418p.

Ju, Z.Y., Forster, I., Conquest, L., Dominy, W., Kuo, W.C. and David Horgen, F., 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquaculture Research*, 39(2): 118-133. DOI:10.1111/j.1365-2109.2007.01856.x

Mansour, A.T. and Esteban, M.A., 2017. Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Fish & Shellfish Immunology*, 64: 202-209. Doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.025

Mirzakhani, N., Ebrahimi, E., Jalali, S.A.H. and Ekasari, J., 2019. Growth performance, intestinal morphology and nonspecific immunity response of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fry cultured in biofloc systems with different carbon sources and input C: N ratios. *Aquaculture*, 512: 734235. DOI:10.1016/j.aquaculture.2019.734235

Ross, N.W., Firth, K.J., Wang, A., Burka, J.F. and Johnson, S.C., 2000. Changes in hydrolytic enzyme activities of naive Atlantic salmon (Salmo salar) skin mucus due to infection with the salmon louse Lepeophtheirus salmonis and cortisol implantation. *Diseases of Aquatic Organisms*, 41(1): 43-51. DOI: 10.3354/dao041043.

Saurabh, S. and Sahoo, P.K., 2008. Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. *Aquaculture Research*, 39(3): 223-239. DOI:10.1111/j.1365-2109.2007.01883.x

Vilani, F.G., Schveitzer, R., da Fonseca Arantes, R., do Nascimento Vieira, F., do Espírito Santo, C.M. and Seiffert, W.Q., 2016. Strategies for water preparation in a biofloc system: Effects of carbon source

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

and fertilization dose on water quality and shrimp performance. *Aquacultural Engineering*, 74: 70-75. DOI:10.1016/j.aquaeng.2016.06.002

Wasielesky Jr, W., Atwood, H., Stokes, A. and Browdy, C.L., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp Litopenaeus vannamei. *Aquaculture*, 258(1-4): 396-403. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.04.030.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]

The effect of biofloc system on water quality, growth performance, immunity and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different densities in brackish water

Sarsangi A. H.[1], Naji, A.[*1]; Mortezaei S.R.[2]; Sourinejad I.[1]; Akbarzadeh A.[1]

[*]Abolfazlnaji@gmail.com

1- Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

An experiment was conducted to evaluate the effect of biofloc system on water quality, growth performance, immunity and body composition of Nile tilapia at different stocking densities. Fry (3.2±0.05 g) stocked in 500 and 1000/m^3 in biofloc and clear water system (as control) in three replicates and reared for 50 days. Results showed that the lowest TAN and highest nitrite and nitrate were observed in BFT treatments. Total suspended solid, floc volume and bacteria increased by increasing stocking density. Maximum final weight (12.9g), SGR (3.21 %/day), survival (100%) and the best FCR (0.91) were obtained in BFT (500/m^3). There were no significant differences in survival among treatments ($p>0.05$). Lysozyme, immunoglobulin and catalase of fishes in the biofloc treatments were significantly ($p<0.05$) better than control. Proximate analysis revealed that protein and lipid content of fishes in BFT were slightly higher than control groups but these differences were not significant. It seems that although fishes in BFT 500/m^3 statistically showed better indices than others but due to small differences in growth indices and feed conversion ratio in one hand and no difference in survival rate between 500 and 1000/m^3. On the other hands, the study suggests the stocking density of 1000/m^3 for larviculture of tilapia in biofloc system to use water and equipment more efficiently.

Keywords: Tilapia, Biofloc, Density, Immunity

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.15.2]