نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
ISSN: 2423-6349
دوره 14، شماره 1، صفحات 73–60

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

ارزیابی کیفیت آب و عملکرد رشد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کپور علف‌خوار (*Ctenopharyngodon idella*): به صورت تک گونه‌ای و چند گونه‌ای در دو سامانه تعویض آب و بیوفلاک

سودابه صفائیان[1]، سعید زاهدی*[2]، امید صفری[3]، محمد حسین خانجانی[4]

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
2- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
3- گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله
دریافت: 1405/01/04
پذیرش: 1405/02/12

نویسنده مسئول مکاتبه:
سعید زاهدی
گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
ایمیل:
saeedzahedi@um.ac.ir

چکیده:
در مطالعه حاضر، کیفیت آب و عملکرد رشد بچه‌ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کپور علف‌خوار (*Ctenopharyngodon idella*) به‌صورت تک گونه‌ای و چندگونه‌ای، در دو سامانه دارای تعویض آب و بیوفلاک، مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، سه ترکیب گونه ای (کپور معمولی، کپور علف‌خوار و چندگونه ای) در سامانه‌های آب شفاف، بیوفلاک رقیق و بیوفلاک غلیظ به مدت 56 روز مطالعه شد. در نهایت، عوامل کیفی آب و عملکرد رشد بچه‌ماهیان مقایسه گردید. نتایج حاصله نشان داد که در روزهای 21، 42 و 56 از شروع آزمایش، مقدار آمونیاک کل در تیمارهای دارای بیوفلاک رقیق و غلیظ، نسبت به سامانه آب شفاف افزایش داشت. همچنین، مقادیر نیتریت و نیترات آب، در هر چهار مرحله نمونه‌برداری، افزایش معنی‌داری را در تیمارهای بیوفلاک رقیق و غلیظ نسبت به تیمارهای آب شفاف از خود نشان داد. در روز پایانی آزمایش، بیشترین میانگین وزنی در بچه‌ماهیان کپور معمولی در مقایسه با کپور علف‌خوار و چندگونه ای در هر سه سامانه مورد آزمون مشاهده گردید. در همین راستا، اختلاف معنی‌داری در درصد افزایش وزن، افزایش وزن روزانه، میزان رشد ویژه و ضریب تغییرات وزنی بین تیمارهای مختلف مشهود بود. بطور کلی، وجود و افزایش غلظت بیوفلاک در آب، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد رشد در هر سه ترکیب گونه ای در مقایسه با آب شفاف نشد.

واژه های کلیدی: کپور معمولی، کپور علف‌خوار، کیفیت آب، عملکرد رشد، بیوفلاک

1. مقدمه

جهت توسعه آبزی‌پروری، بهره‌گیری از سامانه‌هایی حائز اهمیت است که بتوانند اهداف آبزی‌پروری پایدار را دنبال کنند. اهداف آبزی پروری پایدار شامل مواردی همچون، الف) توسعه آبزی‌پروری بدون افزایش استفاده از منابع طبیعی (آب و زمین)، ب) توسعه آبزی‌پروری بدون اثرات زیان‌آور بر محیط‌زیست و ج) توسعه آبزی‌پروری جهت حمایت اقتصادی جامعه و پایداری تولید با نسبت منطقی از هزینه و سود، می‌باشد (Naylor *et al.*, 2021). در میان نوآوری‌های سالهای اخیر در سامانه‌های آبزی‌پروری، فناوری توده زیستی (بیوفلاک، BFT)، به دلیل توانایی در تحقق بخشیدن به اهداف آبزی‌پروری پایدار، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Khanjani *et al.*, 2025) چراکه فناوری بیوفلاک از طریق محدود کردن یا حذف تعویض آب، تخلیه مواد مغذی و زائد را به محیط‌زیست کاهش می‌دهد (Khanjani and Sharifinia., 2020).

بطور کلی در یک سامانه آبزی‌پروری، ضایعات تولیدی را می‌توان به دو دسته جامد و محلول طبقه‌بندی کرد. ضایعات

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

جامد شامل مواد جامد معلق و ته‌نشین شده هستند که از خوراک مصرف نشده، مواد آلی مرده یا پوسیده و مدفوع تشکیل می‌شوند. ضایعات محلول شامل آمونیاک و فسفات محلول در آب هستند که از محصولات جانبی تولید شده طی متابولیسم یا تجزیه می‌باشند (Dauda *et al*., 2018). در اساس، منبع اصلی انباشت ضایعات در یک سامانه آبزی-پروری، خوراک خورده نشده و بویژه مدفوع می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که تنها 20-30 درصد از نیتروژن موجود در خوراک به‌عنوان زیست‌توده توسط آبزی پرورشی جذب می‌شود و باقیمانده آن به‌صورت ضایعاتی همچون آمونیاک به محیط دفع می‌شود (Schumann and Brinker, 2020). غلظت بالای آمونیاک در آب، سبب افزایش تلفات، کاهش رشد و انواع اختلالات فیزیولوژیکی در ماهیان می‌شود (Torres-Beristain *et al*., 2006; Yogev *et al*., 2017).

در سامانه‌های تولیدی مبتنی بر فناوری بیوفلاک، ضایعات تولیدی به‌طور مداوم توسط فرآیندهای میکروبی تبدیل می-شوند. این بازیافت مواد به زیست‌توده میکروبی، نه‌تنها در ارتقاء امنیت زیستی سامانه نقش دارد بلکه با مصرف زیست-توده تولیدی توسط آبزی پرورشی، به کاهش ضریب تبدیل غذایی نیز کمک می‌کند (Emerenciano *et al*., 2025). امروزه کاهش حدود 30 درصدی هزینه‌های تصفیه آب در این سامانه‌ها امری عادی است و با توجه به اینکه 40-75 درصد هزینه‌های جاری عملیات پرورشی را تامین خوراک به عهده دارد، صرفه‌جویی در این زمینه نیز می‌تواند بسیار سودمند باشد (Ansari *et al*., 2021; Crab *et al*., 2012; De Schryver *et al*., 2008). بطور کلی، فناوری بیوفلاک نسبت به سامانه‌های معمولی و قفس، روش کارآمدتری برای کنترل عوامل کیفی آب، امنیت زیستی و مدیریت خوراک ارائه می‌دهد و می‌تواند در محیط‌های آب شیرین، لب‌شور و شور راه‌اندازی شود (Emerenciano *et al*., 2017). امروزه فناوری بیوفلاک به‌طور موفقیت‌آمیزی در کشورهای مختلف توسعه‌یافته است و با توجه به بحران بزرگ کمبود منابع آبی به‌ویژه منابع آب شیرین در کشور، به‌کارگیری این فناوری جهت تولید آبزیان می‌تواند کمک بزرگی به افزایش تولید آبزیان نماید.

نکته‌ای که در سامانه‌های پرورشی مبتنی بر فناوری بیوفلاک باید در نظر گرفته شود این است که همه گونه‌های آبزی مناسب پرورش در این سامانه نیستند و گونه‌هایی باید مورد توجه قرار گیرند که دارای ویژگی‌های خاص از جمله توانایی تحمل سطوح متوسطی از اکسیژن محلول (3 تا 6 میلی‌گرم در لیتر)، غلظتهای بالای مواد جامد معلق و تراکم بالا باشند. البته داشتن رژیم غذایی پالیده‌خواری یا همه‌چیزخواری و مهمتر، دارا بودن سیستم گوارشی که بتواند ذرات میکروبی را به‌طور مؤثری هضم و جذب کند، به هیچ عنوان نبایستی از نظر دور نگهداشته شود (Emerenciano *et al*., 2013; Khanjani *et al*., 2021; Khanjani *et al*., 2022). در نتیجه، تاکنون کاربرد این سامانه تنها در آبزیانی همچون تیلاپیای نیل (Khanjani *et al*., 2021)، کپور معمولی (Minabi *et al*., 2020)، کپورماهیان مهم هندی مثل کاتلا، روهو و مریگال (Deb *et al*., 2020)، کاراس (Liu *et al*., 2019)، کپور نقره‌ای (Zhao *et al*., 2018)، گربه‌ماهی آفریقایی (Dauda *et al*., 2018)، میگوی موزی (Khanjani and Sharifinia, 2022) و میگوی سفید غربی (Khanjani *et al*., 2016) گزارش شده است.

گونه کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کپور علف‌خوار (*Ctenopharyngodon idella*) از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی حال حاضر در جهان بوده که جزو گونه‌های رایج ماهیان گرمابی پرورشی در کشور هستند که عمدتا بصورت چندگونه ای پرورش داده می شوند. همچنین، این دو گونه از تراکم‌پذیری به نسبت خوبی برخوردار هستند و پرورش آن‌ها در محیط‌های بسته گلخانه‌ای در بسیاری از نقاط کشور قابل انجام است. در مطالعه حاضر، کیفیت آب و عملکرد رشد بچه‌ماهیان کپور معمولی و کپور علف‌خوار در پرورش به‌صورت تک گونه‌ای و چند گونه‌ای و در دو سامانه دارای تعویض آب و بیوفلاک (تحت تاثیر سطوح مختلف بیوفلاک) مورد بررسی قرار گرفت.

2. مواد و روشها

2-1- شرایط آزمایش

به‌منظور انجام این تحقیق، بچه‌ماهیان انگشت‌قد کپور معمولی و کپور علف‌خوار متعلق به تکثیر سال 1404 از مراکز معتبر خریداری شده و به آزمایشگاه آبزیان گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند. تمامی مراحل پژوهش حاضر طبق دستورالعملهای اخلاق زیستی به شماره مجوز IR.UM.REC.1402.251 دانشگاه فردوسی مشهد

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

انجام پذیرفت. پس از ورود بچه‌ماهیان به آزمایشگاه، به‌منظور سازگاری، آن‌ها درون مخازن (از جنس اینتکس و با حجم یک مترمکعب) به مدت 4 هفته تحت رژیم نوری طبیعی مورد تغذیه قرار گرفتند. غذادهی در این دوره با استفاده از خوراک اکسترود مخصوص کپورماهیان (خوراک پیش‌پرواری شرکت بهین رشد قوچان) و بر اساس جدول خوراک دهی پیشنهاد شده توسط کارخانه انجام شد. به‌منظور خارج نمودن فضولات و حفظ کیفیت آب، هر دو روز یک بار، 50 درصد تعویض آب صورت می‌گرفت. همچنین طی این مدت، در مخازن مخروطی پلی‌تنی 100 لیتری، از پساب مخازن اینتکس، نمونه آب برداشته شد و با استفاده از فرمول در دسترس مبتنی بر ملاس چغندرقند به‌عنوان منبع کربنی، با حفظ نسبت کربن به نیتروژن 15:1 و هوادهی شدید، تولید بیوفلاک انجام شد که این مورد با نمونه‌برداری از آب و استفاده از قیف ایمهوف مورد بررسی قرار گرفت (Avnimelech, 2015).

پس از اتمام سازگاری و کسب اطمینان از سلامت بچه‌ماهیان و قبل از شروع آزمایش، تعداد 324 قطعه بچه‌ماهی کپور معمولی با میانگین وزنی 0/5±9/5 گرم و 216 قطعه کپور علف‌خوار با میانگین وزنی 0/5± 9/7 گرم توسط عصاره میخک (پارس ایمن دارو) بیهوش و به‌سرعت زیست‌سنجی شده و به‌طور تصادفی به 27 مخزن مستطیلی 100 لیتری پلی‌تنی (با حجم آبگیری 60 لیتر) با تراکم ذخیره سازی 20 قطعه در هر مخزن و مجهز به امکانات هوادهی مناسب منتقل شدند. دما در محدوده 26-23 درجه سانتی‌گراد و رژیم نوری طبیعی در طول دوره پرورش حفظ گردید. طی دوره آزمایش، بچه ماهیان روزانه دو مرتبه (در ساعات 8:00 و 16:00) به میزان 5 درصد وزن بدن به مدت 56 روز تغذیه شدند. مخازن پرورشی به‌صورت روزانه مورد بازبینی قرار گرفته و در صورت مشاهده تلفات، از مخازن خارج و ثبت می‌گردید. در این مطالعه، بچه‌ماهیان به سه گروه تقسیم‌بندی شدند که شامل مخازن نگهداری تک‌گونه‌ای کپور معمولی، مخازن نگهداری تک‌گونه‌ای کپور علف‌خوار و مخازن نگهداری چندگونه‌ای کپور معمولی و کپور علف‌خوار (با نسبت80:20) و هر تیمار در سه تکرار بود. تیمارهای مورد مطالعه به شرح زیر بودند:

تیمار1: تک‌گونه‌ای کپور معمولی فاقد بیوفلاک (شاهد).

تیمار 2: تک‌گونه‌ای کپور علف‌خوار فاقد بیوفلاک (شاهد).

تیمار 3: چندگونه ای کپور معمولی (80 درصد) و کپور علف‌خوار (20 درصد) فاقد بیوفلاک (شاهد).

تیمار4: تک‌گونه‌ای کپور معمولی + بیوفلاک رقیق.

تیمار 5: تک‌گونه‌ای کپور علف‌خوار + بیوفلاک رقیق.

تیمار 6: چندگونه‌ای کپور معمولی (80 درصد) و کپور علف‌خوار (20 درصد) + بیوفلاک رقیق.

تیمار 7: تک‌گونه‌ای کپور معمولی + بیوفلاک غلیظ.

تیمار 8: تک‌گونه‌ای کپور علف‌خوار + بیوفلاک غلیظ.

تیمار 9 : چندگونه‌ای کپور معمولی (80 درصد) و کپور علف‌خوار (20 درصد) + بیوفلاک غلیظ.

به جهت حفظ کیفیت آب در تیمار شاهد، هر دو روز یکبار، 50 درصد آب مخازن تعویض می شد. لازم به ذکر است که در ابتدای آزمایش، جهت تقویت جامعه باکتریایی تیمارهای آزمایشی بیوفلاک رقیق و غلیظ، از بیوفلاک تولید شده در مخازن مخروطی، به میزان 2 لیتر به عنوان استوک اولیه، درون مخازن پرورشی تلقیح صورت گرفت. در ماهیان تیمارهای حاوی بیوفلاک غلیظ، ملاس چغندرقند با نسبت کربن به نیتروژن 15:1 به مخازن اضافه و با هوادهی شدید، بیوفلاک به‌صورت در محل (*in-situ*) تولید شد (Avnimelech, 2015). در این تیمار، هیچ‌گونه تعویض آبی صورت نمی‌گرفت و تنها مقداری آب تازه جهت جبران تبخیر آب و سیفون بیوفلاک کف، اضافه می‌گردید و با کنترل افزودن کربن طی دوره، میزان کل مواد جامد معلق در محدوده‌ای نزدیک به 300 میلی‌گرم بر لیتر حفظ گردید. اما در تیمارهای حاوی بیوفلاک رقیق، همان روش تیمارهای بیوفلاک غلیظ انجام شد با این تفاوت که با قطع هوادهی داخل مخازن و کمک به ترسیب مقداری از فلوکه‌ها و سپس، سیفون کردن سریع آن‌ها و جایگزینی آب تازه، میزان کل مواد جامد معلق به غلظت دلخواه 150 میلی‌گرم بر لیتر رسانده شد.

2-2- سنجش عوامل کیفی آب

عوامل کیفی آب شامل درجه حرارت، پی اچ و اکسیژن محلول به ترتیب با استفاده از دماسنج دیجیتالی، پی اچ متر (مدل Crison, Basic 20+) و اکسی‌متر (مدل Lutron DO-5510) به‌صورت منظم و روزانه ثبت گردید. هدایت الکتریکی (EC) نمونه‌های آب با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی (مدل JENWAY 4510) به‌صورت هفته-ای یک مرتبه اندازه گیری شد. جهت تعیین میزان مواد جامد قابل ته‌نشینی (Settled Solids, SS) یا حجم فلاک

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

(BioflocVolume, BFV) در طول دوره آزمایش، هفته‌ای دو مرتبه، مقدار یک لیتر از آب واحدهای بیوفلاک، داخل قیف مدرج مخروطی (ایمهوف) ریخته شده و به مدت 20 دقیقه ثابت نگه‌داشته می‌شد تا ذرات معلق ته‌نشین شود. سپس رسوب ته‌نشین شده برحسب میلی‌لیتر در لیتر ثبت می گردید (Avnimelech, 2015). میزان کل مواد جامد معلق (Total Suspended Solids - TSS) نمونه‌های آب با استفاده از دستگاه فیلتراسیون شیشه‌ای (میلی‌پور) تحت خلأ و به کمک روش استاندارد (APHA, 2005) به‌صورت هفته‌ای دو مرتبه تعیین گردید. در این روش، ابتدا کاغذ صافی با اندازه منافذ 0/45 میکرومتر توزین و در دستگاه فیلتراسیون قرار گرفت. سپس 20 میلی‌لیتر از نمونه آب روی کاغذ صافی ریخته شده و با روشن کردن پمپ خلأ، آب از روی فیلتر عبور داده شد. بعد از آن، کاغذ صافی در دمای 105 درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و دوباره توزین گردید. میزان کل مواد جامد معلق (میلی‌گرم در لیتر) بر اساس تفاوت وزن کاغذ صافی قبل و بعد از نمونه‌گیری و حجم آب عبوری از فیلتر، با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

حجم آب (لیتر)/(وزن خالص خشک فیلتر بر حسب میلی‌گرم - وزن خشک ذرات به همراه وزن فیلتر بر حسب میلی‌گرم) = کل مواد جامد معلق

غلظت نیتروژن کل آمونیاکی (TAN)، نیتریت و نیترات آب به طور منظم در روزهای 1، 21، 42 و 56 ام از شروع آزمایش و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (DR 5000TM, USA) اندازه‌گیری شد. آمونیاک کل با استفاده از معرف Polyvinyl Alcohol F25 2376526 (ساخت شرکت انرژی شیمیایی سمنان، ایران) و روش نسلر (Nessler) سنجش شد. در این روش، نمونه با معرف واکنش داده و ترکیبی با رنگ زرد متمایل به قهوه‌ای تشکیل می‌دهد که شدت رنگ آن در طول موج ۴۲۵ نانومتر قرائت شد. غلظت نیتریت آب با استفاده از معرف Nitriver3 F10 2107169 (ساخت شرکت انرژی شیمیایی سمنان، ایران) و روش Diazotization مورد سنجش قرار گرفت. در این روش، نیتریت آب با معرف واکنش داده و کمپلکس آزو تشکیل می‌شود که جذب نوری آن در طول موج 585 نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت نیترات آب نیز با استفاده از معرف Nitriver5 F25 1403499 (ساخت شرکت انرژی شیمیایی سمنان، ایران) با روش کاهش کادمیوم اندازه گیری شد. در این روش، نیترات ابتدا توسط کادمیوم به نیتریت کاهش یافته و سپس طی واکنش با معرف، کمپلکس رنگی تشکیل می‌شود که جذب نوری آن در طول موج ۵۰۰ نانومتر ثبت گردید.

2-3- سنجش عملکرد رشد

در انتهای دوره پرورش، بچه‌ماهیان هر یک از تانک‌ها شمارش و توزین شده و شاخص‌های عملکرد رشد با استفاده از فرمولهای زیر تعیین شد:

100 × تعداد اولیه بچه ماهیان / تعداد نهایی درصد بقا بچه ماهیان =

وزن اولیه / (وزن اولیه – وزن نهایی) = درصد افزایش وزن × 100

تعداد روزهای پرورش / (وزن اولیه – وزن نهایی) = افزایش وزن روزانه

100 × تعداد روزهای پرورش / (لگاریتم طبیعی وزن اولیه – لگاریتم طبیعی وزن نهایی) = میزان رشد ویژه (درصد)

میانگین وزن انفرادی ماهیان / انحراف معیار وزن انفرادی ×100 ماهیان= ضریب تغییرات وزنی

2-4- آنالیز آماری

آزمایش در قالب طرح فاکتوریل 3×3 انجام شد. در ابتدا، نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Shapiro-Wilk و همگنی واریانسها با استفاده از آزمون Leven بررسی شد. به‌منظور مقایسه میانگین تیمارها و تعیین وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها، از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. در صورت مشاهده اختلاف معنی‌دار آماری، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان 95 درصد انجام گرفت. جهت بررسی اثرات اصلی و اثر متقابل میزان بیوفلاک موجود در آب (شفاف، بیوفلاک رقیق و بیوفلاک غلیظ) و نوع گونه (کپور معمولی، کپور علف‌خوار و چندگونه‌ای) از آنالیز واریانس دوطرفه (Two -way ANOVA) استفاده شد. همچنین، برای بررسی تغییرات مقادیر عوامل کیفی آب در طول زمان در تیمارهای مورد بررسی، از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر (Repeated measures ANOVA) استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه 22 و رسم نمودارها و پردازش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه 2010 صورت گرفت.

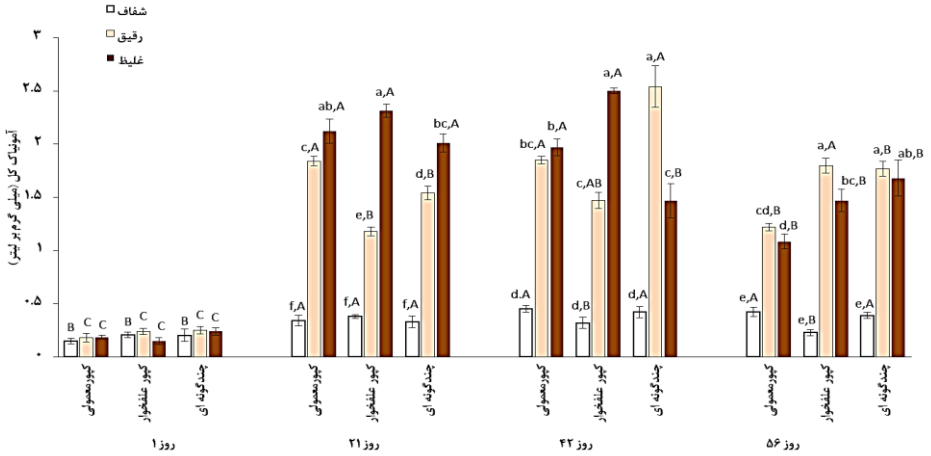
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

3. نتایج

3-1- عوامل کیفی آب

میانگین سه عامل درجه حرارت، پی‌اچ و اکسیژن برای آب مخازن پلی‌تنی در 9 تیمار آزمایشی مورد آزمون، اختلاف معنی‌داری را طی دوره 56 روزه مطالعه نشان نداد. میانگین درجه حرارت آب طی دوره 56 روزه آزمایش، 1±24 درجه سانتی گراد، اکسیژن محلول 0/5± 6/7 میلی گرم بر لیتر و پی اچ 0/1±7/2 بود. همچنین، هدایت الکتریکی در تیمارهای شفاف 10±930 و در تیمارهای بیوفلاک 60±1710 میکروموس بر سانتی‌متر بود.

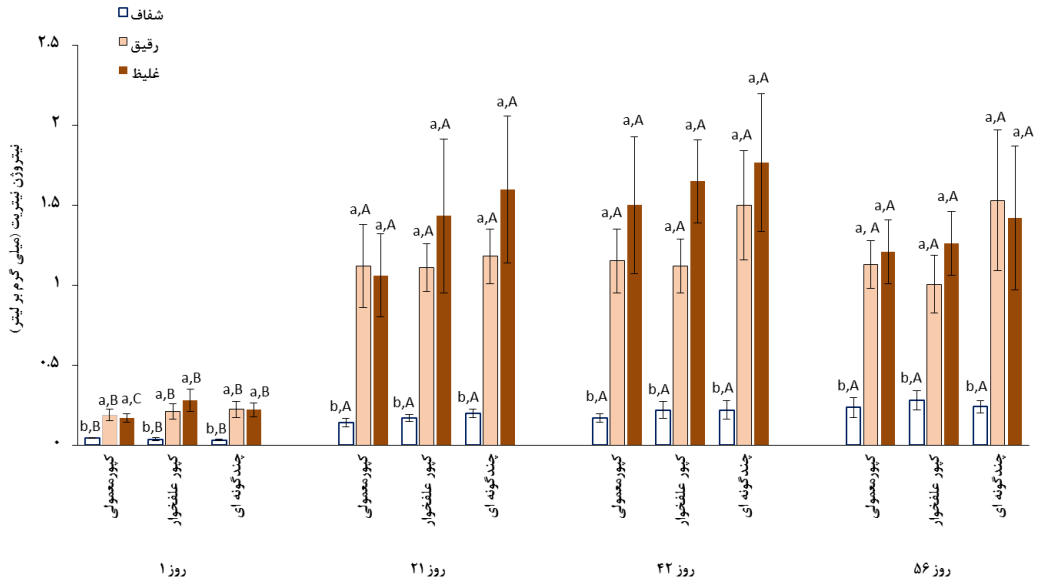
همانگونه که در شکل 1 مشاهده می‌شود، مقادیر آمونیاک آب در تمامی روزهای نمونه برداری از آب (به جزء روز اول) و در تمامی تیمارهای مورد آزمون، نسبت به تیمار دارای آب شفاف بیشتر بود ($p < 0/05$) و گاها، بین تیمارهای بیوفلاک رقیق و غلیظ اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. طی آزمایش، بالاترین میزان آمونیاک کل سنجش شده در تیمار چندگونه ای بیوفلاک رقیق در سومین مرحله از نمونه برداری مشاهده گردید (0/19 ± 2/51 میلی گرم بر لیتر). آنالیز واریانس دوطرفه، عامل سامانه پرورش، گونه و برهمکنش آنها را بر مقادیر آمونیاک آب در هر چهار مرحله نمونه برداری موثر نشان داد. همچنین، در دومین مرحله نمونه برداری و در تمامی تیمارهای مورد آزمون، افزایش معنی‌دار مقادیر آمونیاک کل نسبت به روز نخست مشاهده گردید. اما این تغییرات در سومین مرحله نمونه برداری (روز 42 ام)، تنها برای تیمارهای کپور معمولی نسبت به دومین مرحله نمونه برداری فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود. در روز پایانی نمونه برداری (روز 56 ام)، مقادیر آمونیاک کل آب در بیوفلاک رقیق تنها در تیمارهای کپور معمولی و چندگونه ای و در بیوفلاک غلیظ فقط در تیمارهای کپور معمولی و کپور علف‌خوار، کاهش معنی‌داری را نسبت به روز 42 ام از خود نشان داد.



شکل 1: تغییرات مقادیر آمونیاک کل (میلی‌گرم بر لیتر) در تیمارهای دارای آب شفاف، بیوفلاک رقیق (TSS=150) و بیوفلاک غلیظ (TSS=300) در بچه‌ماهیان (کپور معمولی، کپور علف‌خوار و چندگونه ای) در روزهای 1، 21، 42 و 56 آزمایش (خطای استاندارد ± میانگین، n =3-4). حروف انگلیسی کوچک، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در هر یک از روزهای نمونه‌برداری و حروف انگلیسی بزرگ، نشاندهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نمونه‌برداری در هر تیمار می‌باشد ($p < 0/05$).

همانگونه که در شکل 2 مشاهده می شود، مقادیر نیتریت آب، در هر چهار مرحله نمونه برداری، افزایش معنی‌داری را در تیمارهای بیوفلاک رقیق و غلیظ نسبت به تیمارهای آب شفاف از خود نشان داد ($p < 0/05$). اما بین تیمارهای بیوفلاک رقیق و غلیظ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. طی آزمایش، بیشترین میزان نیتریت سنجش شده در تیمار چندگونه ای بیوفلاک غلیظ در سومین مرحله از نمونه برداری مشاهده گردید (0/4 ± 1/76 میلی گرم بر لیتر). آنالیز واریانس دوطرفه، اثرگذاری متفاوتی از دو عامل سامانه پرورش و گونه و برهمکنش آنها بر مقادیر نیتریت آب را در هر چهار مرحله نمونه برداری نشان داد. همچنین، با گذشت زمان و در دومین مرحله نمونه برداری (روز 21 ام)، افزایش معنی‌داری در مقادیر نیتریت آب در کلیه تیمارهای مورد آزمون نسبت به روز اول مشاهده گردید. اما در سومین و چهارمین مرحله نمونه برداری، اختلاف معنی‌داری نسبت به روز 21 ام مشاهده نگردید.

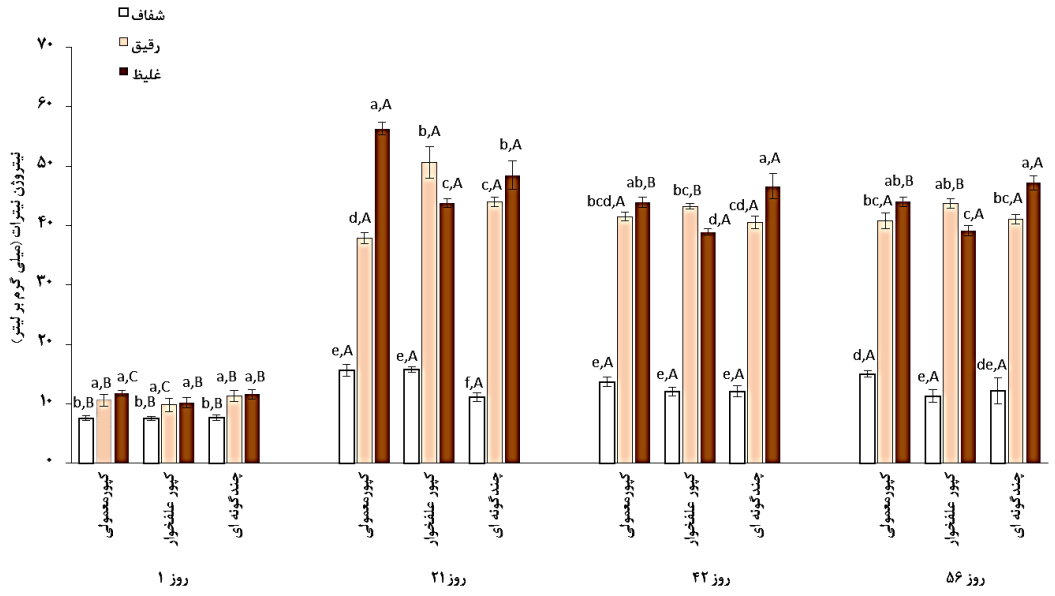
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]



شکل 2: تغییرات مقادیر نیتروژن نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر) در تیمارهای دارای آب شفاف، بیوفلاک رقیق (TSS=150) و بیوفلاک غلیظ (TSS=300) در بچه‌ماهیان (کپور معمولی، کپور علف‌خوار و چندگونه ای) در روزهای 1، 21، 42 و 56 آزمایش (خطای استاندارد ± میانگین، n =3-4). حروف انگلیسی کوچک، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در هر یک از روزهای نمونه برداری و حروف انگلیسی بزرگ، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نمونه برداری در هر تیمار می‌باشد ($p < 0/05$).

همانگونه که در شکل 3 مشاهده می‌شود، مقادیر نیترات آب، در هر چهار مرحله نمونه برداری، افزایش معنی‌داری را در تیمارهای بیوفلاک رقیق و غلیظ نسبت به تیمارهای آب شفاف از خود نشان داد ($p < 0/05$). اما فقط در اولین روز نمونه برداری، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای بیوفلاک رقیق و غلیظ وجود نداشت. طی آزمایش، بیشترین میزان نیترات سنجش شده در تیمار کپور معمولی بیوفلاک غلیظ در دومین مرحله از نمونه برداری مشاهده گردید (1/1 ± 56/3 میلی‌گرم بر لیتر). آنالیز واریانس دوطرفه، عامل سامانه پرورش و سامانه پرورش+گونه را بر مقادیر نیترات آب در هر چهار مرحله نمونه برداری موثر نشان داد. همچنین، با گذشت زمان و در دومین مرحله نمونه برداری (روز 21ام)، افزایش معنی‌داری در مقادیر نیترات آب در کلیه تیمارهای مورد آزمون نسبت به روز اول مشاهده گردید. همچنین، در سومین مرحله نمونه برداری، تنها در تیمار کپور علف‌خوار بیوفلاک رقیق و کپور معمولی بیوفلاک غلیظ، کاهش معنی-دار مقادیر نیترات نسبت به دومین مرحله نمونه برداری مشاهده گردید. اما تغییرات مقادیر نیترات تیمارها در آخرین مرحله نمونه برداری نسبت به مرحله ماقبل، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]



شکل 3: تغییرات مقادیر نیتروژن نیترات (میلی‌گرم بر لیتر) در تیمارهای دارای آب شفاف، بیوفلاک رقیق (TSS=150) و بیوفلاک غلیظ (TSS=300) در بچه ماهیان (کپور معمولی، کپور علف‌خوار و چندگونه ای) در روزهای 1، 21، 42 و 56 آزمایش (خطای استاندارد ± میانگین، n =3-4). حروف انگلیسی کوچک، نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در هر یک از روزهای نمونه برداری و حروف انگلیسی بزرگ، نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین روزهای مختلف نمونه برداری در هر تیمار می‌باشد ($p < 0/05$).

3-2- عملکرد رشد

همانگونه که در جدول 1 مشاهده می‌شود، طی دوره 8 هفته ای آزمایش، تغییر معنی‌داری در نرخ بقاء بچه‌ماهیان در تیمارهای مختلف آزمایشی مشاهده نگردید. توزین بچه-ماهیان در روز پایانی آزمایش، اختلاف معنی‌داری را در میانگین وزن نهایی بچه‌ماهیان بین تیمارهای مختلف آزمایشی نشان داد و بیشترین میانگینهای وزنی مربوط به تیمارهای کپور معمولی در هر سه سامانه مورد آزمون بود. در همین راستا، آنالیز واریانس دوطرفه تنها اثر معنی‌دار عامل گونه را بر میانگین وزن نهایی بچه‌ماهیان نشان داد. بعلاوه، نتایج حاصل از این مطالعه، اختلاف معنی‌داری را در درصد افزایش وزن، افزایش وزن روزانه، میزان رشد ویژه و ضریب تغییرات وزنی بین تیمارهای مختلف نشان داد، به نحویکه بیشترین درصد افزایش وزن (وزن گیری) و نرخ رشد ویژه در تیمار چندگونه ای بیوفلاک غلیظ و نیز، بیشترین ضریب تغییرات وزنی در تیمار کپور معمولی بیوفلاک غلیظ در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده گردید. آنالیز واریانس دوطرفه فقط اثر معنی‌دار عامل گونه را در بین دو عامل طراحی شده، بر درصد افزایش وزن، افزایش وزن روزانه، نرخ رشد ویژه و ضریب تغییرات وزنی نشان داد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در شاخص‌های رشدی بچه‌ماهیان کپور معمولی، کپور علف‌خوار و چندگونه ای با توجه به میزان بیوفلاک موجود در آب بود ($p > 0/05$). در مقابل، از منظر ترکیب گونه‌ای، در سامانه آب شفاف، میانگین وزن نهایی، درصد افزایش وزن و افزایش وزن روزانه در تیمار کپور علف‌خوار نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. در تیمارهای سامانه بیوفلاک رقیق و غلیظ، میانگین وزن نهایی و افزایش وزن روزانه کاهش معنی‌داری را در تیمار کپور علف‌خوار در مقایسه با سایر تیمارها نشان داد. در پایان، تنها در سامانه بیوفلاک غلیظ، پرورش چندگونه ای موجب افزایش معنی‌دار درصد افزایش وزن و میزان رشد ویژه در مقایسه با تیمارهای تک گونه ای گردید.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

جدول1- نرخ بقاء (درصد)، میانگین وزن نهایی (گرم)، افزایش وزن (درصد)، افزایش وزن روزانه (گرم)، میزان رشد ویژه (روز درصد) و ضریب تغییرات وزنی (درصد) بچه‌ماهیان (کپور معمولی، کپور علف‌خوار و چندگونه ای) پرورش یافته در سطوح مختلف بیوفلاک (شفاف، رقیق و غلیظ) در طی 56 روز آزمایش

تیمار	نرخ بقا (درصد)	میانگین وزن نهایی (گرم)	افزایش وزن (درصد)	افزایش وزن روزانه (گرم)	میزان رشد ویژه (روز درصد)	ضریب تغییرات وزنی (درصد)
کپور معمولی آب شفاف	^{a}8/2±3/98	^{c}3/4±2/35	^{ab}4/1±2/302	0/46±0/09^{b}	^{ab}5/4±0/2	^{ab}5/1±2/12
کپور علف‌خوار آب شفاف	^{a}9/0±4/99	^{a}4/2±4/28	^{a}8/1±5/288	0/36±0/06^{a}	^{a}5/3±0/2	^{a}4/4±0/8
چندگونه آب شفاف	^{a}8/4±2/97	^{bc}3/5±8/33	^{bc}1±5/352	0/46±0/01^{b}	^{bc}5/6±0/2	^{a}7/9±0/8
کپور معمولی بیوفلاک رقیق	^{a}8/3±7/97	^{c}4/4±9/34	^{ab}2/1±7/297	0/45±0/09^{b}	^{ab}5/4±0/2	^{ab}6/60±/12
کپور علف‌خوار بیوفلاک رقیق	^{a}8/2±3/98	^{a}1±3/28	^{a}2/1±1/283	0/36±0/06^{a}	^{a}5/3±0/2	^{ab}4/1±0/11
چندگونه بیوفلاک رقیق	^{a}8/3±7/97	^{b}32/2±4	^{bc}4/1±8/335	0/42±0/09^{b}	^{b}6/5±0/2	^{a}05/1±0/9
کپور معمولی بیوفلاک غلیظ	^{a}9/1±8/98	^{c}7/5±8/35	^{ab}2/2±2/317	0/46±0/1^{b}	^{ab}7/4±0/2	^{b}9/6±0/15
کپور علف‌خوار بیوفلاک غلیظ	^{a}9/0±4/99	^{a}6/2±2/27	^{a}1/1±2/271	0/34±0/06^{a}	^{a}5/3±0/2	^{a}2/7±1/9
چندگونه بیوفلاک غلیظ	^{a}8/4±2/97	^{b}5/4±5/32	^{c}8/1±2/387	0/45±0/07^{b}	^{c}5/8±0/2	^{a}4/6±0/8

*داده‌های ارائه شده خطای استاندارد ± میانگین می‌باشد. ستون‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی دار با یکدیگر می باشند ($p < 0/05$).

4- بحث و نتیجه گیری

4-1- شاخص‌های کیفیت آب

نتایج این مطالعه نشان داد که مقادیر درجه حرارت، pH و اکسیژن محلول آب در مخازن پلی‌تنی طی ۵۶ روز آزمایش در ۹ تیمار مختلف، تفاوت معنی‌داری نداشتند. کنترل دمای آب با کنترل دمای محیط آزمایشگاه با نصب بخاری انجام شد. هوادهی کافی مخازن محتوی بیوفلاک (استقرار سنگهای هوادهی در مرکز و کناره‌های مخازن) و ایجاد جریان، منجر به ایجاد شرایطی شد که اکسیژن محلول در سامانه‌های بیوفلاک رقیق و غلیظ در محدوده بهینه برای پرورش کپورماهیان قرار داشته باشد (Mahmoudi *et al.*, 2025).

مقادیر آمونیاک کل آب در تیمارهای دارای سامانه بیوفلاک رقیق و غلیظ، در تمامی مراحل نمونه‌برداری (به جزء روز اول) بیشتر از تیمار دارای آب شفاف بود. همچنین با گذشت زمان، به‌رغم افزایش مقادیر آمونیاک کل در دومین مرحله نمونه برداری (روز 21 ام) نسبت به روز اول، در سومین (روز 42 ام) مرحله نمونه برداری، در کلیه تیمارها (به جزء تیمار چندگونه ای بیوفلاک رقیق)، کاهش و یا عدم وجود تغییرات معنی‌دار نسبت به روز دوم نمونه برداری (روز 21 ام) مشاهده گردید که در آخرین روز نمونه برداری (روز 56 ام) نیز، همین روند حفظ شد. با توجه به عدم وجود تعویض آب در سامانه‌های بیوفلاک رقیق و غلیظ طراحی شده و خوراک دهی منظم ماهیان، این موضوع نشان‌دهنده عملکرد مثبت سامانه بیوفلاک در تثبیت و کنترل آمونیاک است که صرفنظر از حجم بیوفلاک (رقیق یا غلیظ)، میزان آمونیاک در سطوح قابل قبولی حفظ گردیده است. در سامانه‌های بیوفلاکی جمعیت بزرگی از میکروارگانیسم‌ها به خصوص باکتری‌های *Nitrosomonas*، *Nitrocucus* و *Nitrobacter* وجود دارد که حضور آنها می‌تواند آمونیاک را طی فرآیند نیتریفیکاسیون (نیترات سازی) به نیترات تبدیل نماید و باعث کاهش مستقیم غلظت آمونیاک آب شود. کنترل ترکیبات نیتروژنی در سامانه‌های بیوفلاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و نیترات‌سازی به عنوان یکی از مسیرهای اصلی حذف نیتروژن شناخته می‌شود (Khanjani *et al.*, 2024). عوامل مؤثر بر فرآیند نیتریفیکاسیون، از جمله نسبت کربن به نیتروژن (C/N) با افزودن کربوهیدرات‌های خارجی، نقش کلیدی در بهینه‌سازی عملکرد سامانه دارند (Khanjani *et al.*, 2025).

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری مقادیر نیتریت طی آزمایش نشان داد که به‌رغم مشاهده افزایش در روز 21ام نسبت به روز اول، اختلاف معنی‌داری در سایر روزهای نمونه برداری نسبت به روز 21ام مشاهده نشد. این وضعیت احتمالاً بیانگر وقوع یک مرحله گذار در چرخه نیتروژن و سپس رسیدن سامانه به پایداری نسبی است. در روزهای نخست،

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

همزمان با افزایش بار آلی و تولید ترکیبات ازته ناشی از تغذیه و متابولیسم بچه‌ماهیان، فعالیت باکتریهای اکسیدکننده آمونیاک افزایش یافته و منجر به تجمع موقت نیتریت شده است. با گذشت زمان و تکامل جامعه میکروبی، به‌ویژه باکتریهای اکسیدکننده نیتریت، این ترکیب به‌طور مؤثرتری به نیترات تبدیل شده و در نتیجه غلظت نیتریت در مراحل بعدی در سطح نسبتاً ثابتی قرار گرفته است. بعبارت دیگر، سامانه‌های بیوفلاکی طراحی شده در این مطالعه، تأثیر قابل توجهی بر حفظ سطح نیتریت آب داشته اند. این روند حفظ مقادیر نیتریت در سامانه‌های بیوفلاک می‌تواند ناشی از فعالیت بیشتر باکتری‌های نیترات ساز در این شرایط باشد که در این سامانه‌ها، به دلیل وجود بیوفلاک فعال و فراهم شدن شرایط زیستی مطلوب، عملکرد بهتری در تبدیل نیتریت به نیترات دارند (Khanjani *et al*., 2025).

همچنین، با تنظیم نسبت کربن به نیتروژن در سامانه‌های بیوفلاکی و افزودن ملاس طی مطالعه، رشد باکتری‌های هتروتروف افزایش یافت و احتمالا این باکتری‌ها با مصرف نیتروژن‌های آزاد (با جذب و تثبیت نیتروژن به صورت ترکیبات آلی) به کاهش نیتریت کمک کرده اند. بنابراین، سامانه بیوفلاک با ایجاد یک بوم‌سازگان میکروبی فعال و متعادل، فرآیندهای بیوشیمیایی مرتبط با تبدیل و تثبیت نیتروژن را تسریع می‌کند که نتیجه آن، کاهش غلظت نیتریت و بهبود کیفیت آب برای ماهیان است. این نتایج با مطالعه Adineh و همکاران (2022) همسو است که ایشان نشان دادند در گروه‌های بیوفلاک با تراکم متوسط ذخیره‌سازی، سطح نیتریت در روز ۵۰ به 1/09 میلی‌گرم در لیتر کاهش یافته است اما در گروه‌های با تراکم بالا، سطح نیتریت در روز ۶۰ به طور قابل توجهی بالاتر بود و سامانه بیوفلاک با تراکم ذخیره‌سازی مناسب توانست به کاهش نیتریت آب کمک کند. با توجه به سمیت بالای نیتریت برای آبزیان، کنترل آن در سامانه‌های بیوفلاک می‌تواند به عنوان یکی از مزایای کلیدی این سامانه‌ها در بهبود شرایط پرورشی مطرح شود.

نتایج بررسی مقادیر نیترات آب در چهار مورد نمونه‌برداری، نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار در دومین مرحله نمونه برداری و سپس، ثبات نسبی در میزان نیترات می‌باشد. میانگین مقادیر نیترات در سامانه‌های دارای بیوفلاک (رقیق و غلیظ) به طور قابل توجهی بالاتر از سامانه آب شفاف (دارای تعویض آب) بود. این افزایش نیترات در سامانه‌های بیوفلاک به‌دلیل فعالیت‌های میکروبی و فرآیند نیتریفیکاسیون است که در این سامانه‌ها فعال‌تر بوده و آمونیاک موجود در آب را به نیترات تبدیل می‌کند. با این حال، افزایش بیش از حد نیترات می‌تواند مشکلاتی برای سلامت ماهیان ایجاد کند (Abakari *et al*., 2021). مطالعه Mahmoudi و همکاران (2025) پیرامون پرورش متراکم کپور معمولی در سامانه بیوفلاک با حداقل تعویض آب و گروه کنترل با ۳۰ درصد تعویض آب نشان داد که غلظت نیترات در سامانه بیوفلاک به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه کنترل بود که این موضوع ناشی از تجمع مواد نیتروژنی در محیط با تعویض آب محدود دانسته شده بود. با این وجود، آنها نشان دادند که افزایش نیترات تأثیر منفی بر رشد و عملکرد ماهیان نداشته و نسبت تبدیل غذایی در سامانه بیوفلاک بهتر بوده است. در مطالعه اخیر، مقادیر نیترات در مخازن طی 56 روز از حد معمول فراتر نرفت که این ثبات ممکن است ناشی از جذب نیترات تولیدی توسط باکتریهای هتروترف و تثبیت در زیست‌توده میکروبی و نیز، احتمال وقوع دنیتریفیکاسیون موضعی باشد. در نتیجه، احتمالا تعادل بین تولید و مصرف نیترات طی مطالعه، مانع از تجمع آن در آب شده است.

2-4- بقاء و عملکرد رشد

عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میزان بقاء بچه‌ماهیان بین تیمارهای مختلف این مطالعه حاکی از آن است که سطوح مختلف بیوفلاک (رقیق و غلیظ) اثر منفی بر بقاء آنها نداشته است. در این مطالعه، با توجه به حساسیت بالای کپور علف‌خوار به مقدار زیاد کل مواد جامد معلق، برای اولین بار نشان داده شد که در صورت سازگاری صحیح، این گونه می‌تواند در غلظتهای بالایی از بیوفلاک (TSS=300) زنده بماند. Adineh و همکاران (2019) نشان دادند که میزان بقا در گروه‌های پرورش یافته در سامانه بیوفلاک، چه در تراکم متوسط و چه در تراکم بالا، برابر یا بالاتر از گروه کنترل در آب شفاف بود. اما Mahmoudi و همکاران (2025) تفاوت معنی‌داری در میزان بقاء را در بین ماهیان تیمارهای شفاف و بیوفلاک مشاهده نکردند. سامانه‌های بیوفلاک رقیق و غلیظ مورد آزمون در این مطالعه، احتمالاً شرایط زیستی مناسبی را برای بقای بچه‌ماهیان فراهم آورده اند و این موضوع، نشان‌دهنده کارآمدی سامانه بیوفلاک در بهبود شرایط زیستی کپورماهیان است.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بین ترکیبات مختلف گونه ای در سامانه‌های پرورشی شفاف، بیوفلاک رقیق و بیوفلاک

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

غلیظ، تنها عامل گونه بر میانگین وزن نهایی بچه‌ماهیان اثر معنی‌داری دارد و بعبارت دیگر، رشد بچه‌ماهیان در تیمارهای مختلف بیوفلاک و آب شفاف تفاوت معنی‌داری ندارد. درمقابل، تحقیقات مختلفی اثرات مثبت بیوفلاک را بر رشد گونه‌های مختلف ماهی گزارش کرده‌اند (Behera *et al*., 2025; Khanjani and Alizadeh, 2024; Mahmoudi *et al*., 2025). اما Tabarrok و همکاران (2020) با پرورش کپور معمولی در دو سامانه بیوفلاک و آب شفاف نشان دادند که عملکرد رشد ماهیان (وزن نهایی و ضریب رشد ویژه) در هر دو سامانه تفاوت معنی‌داری ندارد. عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در رشد بچه‌ماهیان با توجه به میزان بیوفلاک موجود در آب (شفاف، رقیق و غلیظ)، احتمالا مرتبط با واکنش‌های فیزیولوژیکی بچه‌ماهیان به شرایط شیمیایی محیط است. بعنوان مثال، در سامانه‌های بیوفلاک رقیق و غلیظ، همچون بیشتر سامانه‌های پرورشی مبتنی بر بیوفلاک، تجمع نیترات مشاهده گردید. مواجهه مزمن با نیترات می‌تواند موجب وارد شدن فشار به مکانیسم‌های تنظیمی داخلی (هومئوستاز) و افزایش مصرف انرژی شود و انرژی کمتری برای فرآیندهای آنابولیک مانند ساخت پروتئین و رشد باقی بماند (Steinberg *et al*., 2018). در نتیجه، مزیت استفاده از بیوفلاک برای افزایش رشد را کم اثر سازد. بنابراین، می توان اذعان نمود که بخشی از منابع انرژی که در شرایط بهینه (آب شفاف) صرف رشد گردیده بود، در این شرایط جدید، صرف مقابله با تنش‌های شیمیایی (مانند غلظت بالای نیترات) گردیده است.

همچنین، عدم مشاهده اثرگذاری بیوفلاک بر رشد بچه-ماهیان، ممکن است مرتبط با تغذیه کافی بچه‌ماهیان با خوراک دستی طی مطالعه باشد. در نتیجه، در این تحقیق، بیوفلاک به جای عمل کردن در نقش محرک مستقیم رشد، بیشتر به‌عنوان یک ابزار حفظ کیفیت آب و پایداری محیط پرورش عمل کرده است. نتایج حاصله می‌تواند نشاندهنده این موضوع باشد که عوامل فیزیولوژیکی و محیطی (از جمله کیفیت آب)، نقش مهمی در محدود کردن رشد در سامانه‌های مبتنی بر بیوفلاک دارند که نیازمند بهینه‌سازی مدیریت و شرایط پرورشی است. البته مدت زمان مطالعه نیز عامل بسیار مهمی در چنین مطالعاتی است و بازه های زمانی طولانی تر، به قطع می‌تواند درک بهتری از اثر بیوفلاک بر رشد به دست دهد.

در این پژوهش، رشد کمتر کپور علف‌خوار در سامانه‌های طراحی شده نسبت به دو ترکیب گونه ای دیگر مشهود بود. رشد کمتر کپور علف‌خوار در مقایسه با سایر تیمارها احتمالاً با پتانسیل رشد متفاوت این گونه، راهبرد تغذیه‌ای گیاه‌خواری و سازگاری دستگاه گوارش آن با منابع غذایی فیبری مرتبط باشد، زمانیکه ذرات بیوفلاک عمدتاً ماهیت میکروبی و پروتئینی دارند و کپور علف‌خوار نمی‌تواند بیوفلاکها را همچون گونه‌های همه‌چیزخوار مورد مصرف قرار دهد.

همچنین، پرورش چندگونه ای در دو سامانه آب شفاف و بیوفلاک رقیق، اختلاف آماری معنی‌داری را در هیچکدام از شاخصهای رشدی مورد آزمون در مقایسه با پرورش تک گونه ای کپور معمولی ایجاد نکرد و تنها در سامانه بیوفلاک غلیظ، موجب بهبود معنی دار درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه در مقایسه با تیمارهای تک گونه ای شد. این یافته بیانگر آن است که تعاملات هم‌افزایی (سینرژیستی) میان گونه‌ها در سامانه‌های هتروتروف، امری ذاتی نیست، بلکه شاید به میزان در دسترس بودن منابع آلی معلق در محیط پرورش مرتبط باشد. بطور کلی در پرورش چندگونه ای در سیستمهای فتواتوتروفی، تنوع منابع غذایی بیشتر و اثر هم افزایی هم قویتر است ولی در سیستمهای هتروتروفی، منابع شباهت بیشتری بهم داشته و رقابت بیشتر و اثرات هم‌افزایی ضعیفتر است. در مجموع، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که در سامانه‌های هتروتروف بیوفلاک، مزیت بالقوه پرورش چندگونه‌ای، بیشتر در شرایطی ظاهر می‌شود که زی‌توده میکروبی و منابع ذره‌ای سامانه در سطح بیشتری قرار داشته باشد (فراوانی و پیچیدگی بیشتر بیوفلاکها و ایجاد الگوهای مکمل در بهره‌برداری از غذا).

نتیجه گیری کلی

پرورش متراکم کپورماهیان در سامانه‌های نوین پرورشی باید بعنوان یک راهبرد اساسی در امنیت غذایی کشور دیده شود. جاییکه سامانه‌هایی همچون بیوفلاک با کاهش مصرف آب و پساب بسیار ناچیز، می‌توانند کمک بزرگی به این مهم نماید. مطالعه اخیر نشان داد که سامانه‌های مختلف طراحی شده (آب شفاف، بیوفلاک رقیق و غلیظ)، به‌رغم حفظ کیفیت آب، اثری بر عملکرد رشد بچه‌ماهیان کپور معمولی، کپور علف‌خوار و چندگونه ای نداشتند. در پرورش چندگونه ای نیز، بهبود رشد بچه‌ماهیان نسبت به پرورش تک گونه ای آنها تنها در سامانه بیوفلاک غلیظ مشاهده گردید. مزایای

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

پرورش چندگونه‌ای در سامانه‌های هتروتروفی ممکن است بیش از آنکه صرفاً به ترکیب گونه‌ای وابسته باشد، تابع در دسترس بودن منابع غذایی و تمایز نیچ‌های بومشناختی باشد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش با حمایت مالی معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد با شماره طرح 61655 انجام شد. نویسندگان این مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از جناب آقایان دکتر علیرضا فروغی و دکتر علیرضا حسابی (شرکت گوهر مکمل شرق) و بویژه جناب آقای مهندس آرش رازبان به جهت مساعدتهایی که در جهت انجام این تحقیق نمودند، ابراز می‌دارند. همچنین از خانم سوسن آقاخانزاده درجزی و آقای حسین شایان فرد برای کمکهای بی‌دریغشان صمیمانه تشکر می‌گردد.

References

Abakari G., Luo G., Kombat E.O. 2021. Dynamics of nitrogenous compounds and their control in biofloc technology (BFT) systems: a review. Aquaculture and Fisherise, 6: 441–447.

Adineh H., Naderi M., Hamidi M.K., 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.

Adineh H., Naderi M., Jafaryan H., Khademi Hamidi M., Yousefi M., Ahmadifar E. 2022. Effect of stocking density and dietary protein level in biofloc system on the growth, digestive and antioxidant enzyme activities, health, and resistance to acute crowding stress in juvenile Common Carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture Nutrition, 9344478, 12 pages.

Ansari F.A., Guldhe A., Gupta S.K., Rawat I., Bux, F. 2021. Improving the feasibility of aquaculture feed by using microalgae. Environmental Science and Pollution Research, 28(32): 43234-43257.

Avnimelech Y. 2015. Biofloc Technology: A Practical Guide Book. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 182pp.

Behera S., Das P.C., Felix N., Ferosekhan S., Swain H.S., Kumari R., Athithan S., Padmavathy P. 2025. Effect of different carbon supplements on growth performance and digestive enzyme activities of butter catfish (*Ompok bimaculatus* Bloch, 1794) in biofloc system. Aquaculture, 603: 742384.

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

Dauda A.B., Romano N., Ebrahimi M., Teh J.C., Ajadi A., Chong C.M., Karim M., Natrah I., Kamarudin M.S. 2018. Influence of carbon/nitrogen ratios on biofloc production and biochemical composition and subsequent effects on the growth, physiological status and disease resistance of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured in glycerol-based biofloc systems. Aquaculture, 483: 120-130.

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

Deb S., Noori M.T., Rao, P.S. 2020. Application of biofloc technology for Indian major carp culture (polyculture) along with water quality management. Aquacultural Engineering, 91: 102106.

Emerenciano M., Cuzon G., Arévalo M., Miquelajauregui M.M., Gaxiola G. 2013. Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. Aquaculture international, 21(5): 987-1007.

Emerenciano M.G.C., Khanjani M.H., Sharifinia M., Miranda-Baeza A. 2025. Could biofloc technology (bft) pave the way toward a more sustainable aquaculture in line with the circular economy? Aquaculture Research, 1020045.

Emerenciano M.G.C., Martínez-Córdova L.R., Martínez-Porchas M., Miranda-Baeza A. 2017. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. Water quality, 5: 92-109.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

Khanjani M.H., Alizadeh M. 2024. Effects of different salinity levels on performance of Nile tilapia fingerlings in a biofloc culture system. Annals of Animal Science, 24(1): 235–245.

Khanjani M.H., Alizadeh M., Mohammadi M. Sarsangi Aliabad H. 2021. 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(2): 490-513.

Khanjani M.H., Mohammadi A., Emerenciano M.G.C. 2024. Water quality in biofloc technology (BFT): an applied review for an evolving aquaculture. Aquaculture International, 23: 9321-9374.

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

Khanjani M.H., Sharifinia M. 2022. Biofloc as a food source for banana shrimp *Fenneropenaeus merguiensis* postlarvae. North American Journal of Aquaculture, 84(4): 469-479.

Khanjani M.H., Sharifinia M., Hajirezaee S. 2022. Recent progress towards the application of biofloc technology for tilapia farming. Aquaculture, 552: 738021.

Khanjani M.H., Zahedi S., Sharifinia M., Hajirezaee S., Singh S.K. 2025. Biological removal of nitrogenous waste compounds in the biofloc aquaculture system–a review. Annals of Animal Science, 25(1): 3-21.

Liu H., Li H., Wei H., Zhu X., Han D., Jin J., Yang Y., Xie, S. 2019. Biofloc formation improves water quality and fish yield in a freshwater pond aquaculture system. Aquaculture, 506: 256-269.

Mahmoudi N., Saeedi N., fakharzadeh S.M.E., Khanjani M.H. 2025. Biofloc application in carp polyculture: impacts on water quality, growth, and immune-antioxidant responses. Aquaculture International, 33(6): 576.

Minabi K., Sourinejad I., Alizadeh M., Ghatrami E.R., Khanjani M.H. 2020. Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water quality, growth, and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. Aquaculture International, 28: 1883-1898.

Naylor R.L., Kishore A., Sumaila U.R., Issifu I., Hunter B.P., Belton B., Bush S.R., Cao L., Gelcich S., Gephart J.A., Golden C.D., Jonell M., Koehn J.Z., Little D.C., Thilsted S.H., Tigchelaar M., Crona B. 2021. Blue food demand across geographic and temporal scales. Nature Communications, 12(1): 5413.

Schumann M., Brinker A. 2020. Understanding and managing suspended solids in intensive salmonid aquaculture: a review. Reviews in Aquaculture, 12(4): 2109-2139.

Steinberg K., Zimmermann J., Stiller K.T., Nwanna L., Meyer S., Schulz C. 2018. Elevated nitrate levels affect the energy metabolism of pikeperch (*Sander lucioperca*) in RAS. Aquaculture, 497: 405-413.

Tabarrok M., Seyfabadi J., Salehi Jouzani G., Younesi H. 2020. Comparison between recirculating aquaculture and biofloc systems for rearing juvenile common carp (*Cyprinus carpio*): Growth performance, haemato-immunological indices, water quality and microbial communities. Aquaculture Research, 51(12): 4881-4892.

Torres-Beristain B., Verdegem M., Kerepeczki E., Verreth J. 2006. Decomposition of high protein aquaculture feed under variable oxic conditions. Water research, 40(7): 1341-1350.

Yogev U., Sowers K.R., Mozes N., Gross A. 2017. Nitrogen and carbon balance in a novel near-zero water exchange saline recirculating aquaculture system. Aquaculture, 467: 118-126.

Zhao Z., Luo L., Wang C.A., Li J., Wang L., Du X., Xu Q. 2018. Effects of organic

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

carbon addition on water quality and growth performance of bottom and filter feeding carp in a minimum-water-exchange pond polyculture system. Fisheries science, 84: 681-689.

نحوه استناد به‌مقاله:

صفائیان س.، زاهدی س.، صفری ا.، خانجانی م. ح. ارزیابی کیفیت آب و عملکرد رشد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کپور علف‌خوار (*Ctenopharyngodon idella*): به صورت تک گونه‌ای و چند گونه‌ای در دو سامانه تعویض آب و بیوفلاک. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی‌دانشگاه گنبدکاووس. 1405. 14(1): 73-60.

Safaeiyan S., Zahedi S., Safari O., Khanjani M. H. Evaluation of water quality and growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*): single-species and multi-species in two water exchange and biofloc systems. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2026, 14(1): 60-73.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]

Journal of Applied Ichthyological Research
Vol. 14, No 1, 60-73
ISSN: 2423-6349
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
Ministry of Science Reseach and Technology
Gonbad-Kavoos University

Evaluation of water quality and growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*): single-species and multi-species in two water exchange and biofloc systems

Soudabeh Safaeiyan[1], Saeed Zahedi*[2], Omid Safari[2], Mohammad Hossein Khanjani[3]

1- Master of Science in Fisheries Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3- Department of Fisheries Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

Type:
Original Research Paper

Paper History:
Received: 24-03-2026
Accepted: 02-05-2026

Corresponding author:
Zahedi S. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Email:
saeedzahedi@um.ac.ir

Abstract:
In the present study, the water quality and growth performance of common carp (Cyprinus carpio) and grass carp (Ctenopharyngodon idella) juveniles were investigated under single and multi-species conditions in two rearing sustem: water-exchange and biofloc. For this purpose, three species combinations (common carp, grass carp, and multi-species) were studied in clear-water, dilute biofloc, and concentrated biofloc systems for 56 days. Finally, water quality parameters and growth performance of juveniles were compared. The results showed that on days 21, 42, and 56 of the experiment, total ammonia concentrations were higher in the treatments with dilute and concentrated biofloc compared to the clear-water treatment. Similarly, nitrite and nitrate concentrations were significantly higher in both biofloc treatments compared with the clear-water treatment during all four sampling periods. On the final day of the experiment, the highest mean body weigh was observed in common carp juvenils compared with grass carp and multi-species groups across all three systems. In this regard, significant differences among different treatments were evident in weight gain (%), daily weight gain, specific growth rate, and the coefficient of weight variation. In general, the presence and increasing of biofloc concentration in the water did not significantly increase growth performance across the three species combinations compared with the clear-water system.

Keywords: Common carp, Grass carp, Water quality, Growth performance, Biofloc

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-26]