بررسی بازدهی استفاده از سیستم تولید توده زیستی (Biofloc) در پرورش متراکم ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*)

- **فریده بخشی**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، صندق پستی: ٤٤٥١٤-٥٧١٥٩
- **رضا ملک زاده ویایه***: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، صندق پستی: ٤٤٥١٤-٥٧١٥٩
- **ابراهیم حسین نجد گرامی**: پژوهشکده آرتمیا و آبزیان، دانشگاه ارومیه، صندوق پستی: ٤٤٥١٤-٥٧١٥٩

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۲

چکیده

فناوری تولید توده زیستی (Biofloc Technology) روشی برای تجزیه پسماندهای آلی به‌وسیله میکروارگانیزم‌ها و تولید ذرات یا توده‌های زیستی مغذی است. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی امکان کاربرد این فناوری در پرورش متراکم بچه‌ماهیان کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) انجام شد. ماهیان مورد مطالعه در دو گروه وزنی (۳-۱ گرم و ۲۲-۱۶ گرم) به‌مدت سه هفته در حوضچه‌های پلاستیکی٤٥ لیتری پرورش داده و با تیمارهای غذایی حاوی ۱۰۰٪ غذای کنسانتره (تیمار شاهد) و ۲۵ و ۵۰ درصد توده‌زیستی تغذیه شدند. در طول دوره آزمایش، شاخص‌های کیفی آب شامل آمونیاک، نیتریت و نیترات مورد سنجش قرار گرفتند. براساس نتایج حاصل، تفاوت معنی‌داری در مقادیر درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد روزانه، ضریب رشد ویژه، فاکتور وضعیت و بازماندگی بین تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد وجود نداشت ($P>0/05$). هم‌چنین، تفاوت معنی‌داری در مقادیر آمونیاک، نیتریت و نیترات بین تیمار شاهد و تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. با استفاده از فناوری تولید توده زیستی، تجمع ترکیبات سمی نیتروژنی در آب تا ۹۸ درصد و به‌تبع آن، میزان تعویض روزانه آب به ۱ درصد کاهش یافت. به‌علاوه، با استفاده از این روش از میزان غذای مصرفی نیز تا ۵۰ درصد کاسته شد، بدون آن‌که روی شاخص‌های رشد و بقای ماهی تأثیر منفی داشته باشد.

کلمات کلیدی: فناوری توده‌زیستی، پرورش متراکم، کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*)

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: r.malekzadeh@urmia.ac.ir

مقدمه

از دهه ۷۰ میلادی به بعد، صنعت آبزی‌پروری با هدف تأمین نیاز به غذاهای پروتئینی در سراسر جهان، خصوصاً در کشورهای توسعه یافته، از رشد نسبتاً بالایی برخوردار بوده است (۱۶). یکی از موانع رشد صنعت آبزی‌پروری تهیه غذای با کیفیت مناسب و مقرون به‌صرفه است (۱۴). به‌علاوه، نیاز مبرم به آب در آبزی‌پروری و کاهش منابع آبی، بسیاری از متخصصان را برآن داشته است تا در پی یافتن راهکارهایی جهت به حداقل رسانیدن مصرف آب در فرآیند پرورش آبزیان باشند. استفاده از فناوری‌های جدید مثل پرورش متراکم آبزیان در سیستم‌های مدار بسته نقش به‌سزایی در بالابردن راندمان تولید آن‌ها داشته است (۱۶). با بکارگیری این سیستم‌ها میزان تعویض روزانه آب تا حدود یک درصد حجم آب استخرهای پرورشی کاهش یافته است (۲۱). با این‌حال، استفاده از چنین سیستم‌هایی با مشکلاتی نیز همراه است. برای راه اندازی این سیستم‌ها نیاز به سرمایه اولیه زیادی است و مدیریت آن‌ها نیازمند صرف انرژی و تلاش بسیار می‌باشد (۱۵). هم‌چنین، پساب‌های حاصل از مزارع پرورش متراکم آبزیان که سرشار از موادآلی مغذی هستند، با ورود به محیط زیست اثرات مخرب طولانی مدتی را بر آن وارد می‌کنند (۱۰).

یکی از روش‌های نوین به‌کارگرفته شده جهت پرورش آبزیان، فناوری ایجاد توده‌زیستی (Biofloc Technology) است. سیستم ایجاد توده‌زیستی شامل استفاده از میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌های هتروتروف، ریزجلبک‌ها، زئوپلانکتون‌های غذایی و آغازیان برای تجزیه مواد دفعی آبزی پرورشی، غذای خورده نشده و بقایای جانوری و گیاهی می‌باشد (۶). در چنین سیستمی، جلبک‌های ریز و باکتری‌های هتروتروف در پساب مزارع پرورش رشد و از مواد مغذی موجود در آن استفاده می‌کنند. این موجودات از یک سو باعث تصفیه پساب می‌شوند و از سوی دیگر، خود به‌عنوان منابع کامل غذایی مورد تغذیه آبزی قرار می‌گیرند. ترکیب مواد مغذی موجود در توده‌زیستی از نظر اقتصادی و تولید محصولات با کیفیت، از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۴). باکتری‌های فعال در این سیستم برای فعالیت بهینه نیاز به تغذیه با یک منبع کربنی دارند و لازم است تا همواره تعادلی بین نسبت مقادیر نیتروژن به کربن در سیستم برقرار باشد (۵). از مزیت‌های فناوری توده‌زیستی می‌توان به‌مواردی از قبیل تجزیه مواد نیتروژنی سمی به مواد بی‌خطر و بنابراین، نیاز به حداقل تعویض آب، تولید غذا برای آبزی‌پروری (۱۴) و جلوگیری از ورود موجودات مزاحم و مخرب طبیعی و تأمین امنیت زیستی سیستم پرورشی (۵ و ۱۹) اشاره نمود.

استفاده از سیستم توده‌زیستی در پرورش گونه‌های بومی معمولاً با موفقیت بیش‌تری همراه بوده است، چون این گونه‌ها سازگاری بیش‌تری با شرایط محیطی هر منطقه نشان می‌دهند (۲۲). ماهی کپورمعمولی(*Cyprinus carpio*)یکی از گونه‌های اصلی آبزیان پرورشی می‌باشد که پرورش متراکم آن در آینده با توجه به وقوع خشکسالی‌ها و کمبود منابع آبی در کشورمان، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. با استناد به منابع موجود (۱) و تجربیات به‌دست آمده در آزمایش‌های مقدماتی، رشد بهینه باکتری‌های هتروتروف در سیستم توده‌زیستی در دمای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد. براین اساس، می‌توان گفت که دمایی که توده‌زیستی در آن فعال است در محدوده دمایی رشد کپورمعمولی می‌باشد. با توجه به نیاز به معرفی روش‌های جدید و موثر در کاهش مصرف آب در پرورش آبزیان و استفاده از آن‌ها در کشور، این پژوهش با هدف بررسی امکان کاربرد فناوری توده‌زیستی در پرورش متراکم بچه‌ماهیان کپورمعمولی طراحی و انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در زمستان سال ۱۳۹۱ در بخش تکثیر و پرورش آبزیان پژوهشکده آرتمیا و آبزیان دانشگاه ارومیه انجام شد. تعداد ۲۵۴ قطعه بچه‌ماهی کپورمعمولی در دو گروه وزنی ۳-۱ و ۲۲-۱۶ گرم از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرمابی پلدشت استان آذربایجان‌غربی تهیه شدند. ماهیان هر گروه پس از رقم‌بندی، به‌طور تصادفی در حوضچه‌های پلاستیکی 25 لیتری با حجم آب‌گیری ۸ لیتر (۳۰عدد ماهی ۳-۱ گرمی) و ۱۵ لیتر (۲۹ عدد ماهی ۲۲-۱۶ گرمی)، ذخیره شدند (۱۷). قبل از شروع آزمایش، ماهیان به‌منظور سازگاری با محیط و غذا به‌مدت یک هفته با جیره غذایی تجاری مخصوص ماهی کپورمعمولی (شرکت اصفهان مکمل) تغذیه شدند. آزمایش در یک سالن سرپوشده با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت.

جهت ایجاد سیستم تولید توده‌زیستی، دو ظرف استوانه‌ای ۱۰۰ لیتری (با حجم آب‌گیری ۷۰ لیتر) مورد استفاده قرار گرفتند. یکی از این ظروف در ابتدا با آب خروجی حوضچه‌های پرورش ماهیان مورد آزمایش پر شد. سپس، مقدار ۲۷۰ گرم ملاس چغندر به‌عنوان منبع کربنی به آن افزوده و محیط

حاصل به‌شدت هوادهی شد. براساس آنالیزهای انجام شده، میزان کربن موجود در چغندر در حد ۲۴ درصد بود که با توجه به آن و نیز، سنجش میزان نیتروژن موجود در آب و توده‌زیستی، نسبت نیتروژن به کربن (N:C) در محیط در حد ۲۰ نگه داشته شد (Samocha و همکاران، ۲۰۱۲). مقادیر آمونیاک، نیتریت و نیترات موجود در محیط توده‌زیستی با استفاده از کیت‌ها و دستگاه‌های مربوطه و نیز، روش استاندارد ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران (شاعری و رحمتی، ۱۳۹۱) اندازه‌گیری شدند. براساس این سنجش‌ها، آمونیاک موجود در محیط در روز سوم به‌حد صفر و تراکم توده‌زیستی یا مواد معلق جامد به حدود ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر رسیدند (۷). در این‌زمان، نیمی از توده‌زیستی تشکیل شده جهت ته‌نشینی به ظرف استوانه‌ای دیگر منتقل شد و پس از گذشت ۱۲ ساعت، به‌عنوان ذخیره اولیه به محیط کشت ماهیان افزوده شد. به‌ازای هر لیتر آب حوضچه‌های پرورشی، ۲۰۰ میلی‌لیتر از این محیط کشت مورد استفاده قرار گرفت. براساس روش Craig و Helfrich (۲۰۰۲)، روزانه به‌ازای هر کیلوگرم وزن ماهی، میزان ۲۰-۱۵ گرم منبع کربنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب حل و به حوضچه‌های پرورش ماهی اضافه گردید.

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از غذادهی به‌هریک از دو گروه وزنی ماهیان به‌میزان ۱۰۰٪ غذای تجاری و بدون استفاده از محتویات سیستم توده‌زیستی (تیمار شاهد) و استفاده توأم از تولیدات سیستم توده‌زیستی و غذادهی به‌میزان ۷۵٪ یا ۵۰٪ با جیره تجاری. غذای تجاری مورد استفاده حاوی ۳۲ درصد پروتئین بود و به‌میزان ۳ درصد وزن بدن و در ۳ وعده در ساعات ۸ ، ۱۳و ۱۸ به ماهیان داده شد. طول دوره آزمایش ۲۱ روز بود. میزان تعویض آب روزانه در تیمار شاهد ۱۴۴ بار (۶ بار در ساعت) و در دو تیمار دیگر در حدود ۱ ٪ بود. شیوه تعویض آب در تیمارهای توده‌زیستی بدین صورت بود که روزانه قبل از غذادهی (ساعت ۸ صبح)، یک درصد از آب محیط پرورش از کف حوضچه‌ها سیفون و به‌جای آن آب تازه اضافه می‌شد. میزان تعویض آب در تیمار شاهد نیز به‌روش متداول پرورش متراکم کپورماهیان صورت گرفت (۹). به تمامی حوضچه‌های آزمایشی به‌یک میزان هوادهی می‌شد. دما، pH و میزان اکسیژن آب هر روز بین ساعت‌های ۱۰-۸ صبح اندازه‌گیری شد. هم‌چنین، اندازه‌گیری میزان آمونیاک کل (TAN)، نیتریت (NO_2 -N) و نیترات (NO_3 -N) ۳ بار در هفته صورت گرفت.

برای مقایسه بین تیمارها، زیست‌سنجی ماهیان شامل اندازه‌گیری طول و وزن کل در ابتدا و انتهای آزمایش انجام شد و بر اساس آن، شاخص‌های رشد شامل درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، ضریب رشد روزانه و ضریب چاقی با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (۲۳). تعداد تلفات ماهیان تیمارها نیز به‌صورت روزانه ثبت می‌شد تا براساس آن، میزان بازماندگی در انتهای آزمایش به‌دست آید.

ضریب رشد ویژه:

۱۰۰× (روزهای‌پرورش/(لگاریتم‌طبیعی‌وزن‌نهایی- لگاریتم‌طبیعی‌وزن‌نهایی)

شاخص وضعیت:

۱۰۰× [^{۳} طول (سانتی‌متر)/ وزن (گرم)]

افزایش وزن (٪):

۱۰۰× (وزن اولیه/ (وزن اولیه- وزن ثانویه)

ضریب رشد روزانه (٪):

۱۰۰× طول‌دوره‌پرورش/[($^{۰/۳۳۳}$وزن‌توده‌اولیه‌ماهی(گرم)- ($^{۰/۳۳۳}$وزن‌توده‌ثانویه‌ماهی(گرم)]

تجزیه و تحلیل آماری: این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (one–way ANOVA) انجام پذیرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح اعتماد ۵ درصد استفاده شد. برای انجام آنالیزهای فوق نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶به‌کار گرفته شد.

نتایج

بازماندگی: مقادیر(میانگین ± انحراف از معیار) شاخص‌های اندازه‌گیری شده در ماهیان تیمارهای مختلف در جدول ۱ آمده‌است. آن‌چنان‌که دیده می‌شود، در ماهیان گروه ۱(وزن۳-۱ گرم) بیش‌ترین میزان بازماندگی (۱/۱۴±۷۵/۸۰ درصد) مربوط به ماهیان پرورش یافته در محیط با توده‌زیستی و ۷۵ درصد جیره تجاری (تیمار ۲) بود، درحالی‌که کم‌ترین بازماندگی (۹/۳۹±۷۰/۲۲ درصد) در تیمار ۳ (پرورش یافته با ۵۰ درصد جیره تجاری+ توده‌زیستی) به‌ثبت رسید. در ماهیان گروه وزنی۲۲-۱۶گرم، بیش‌ترین (۲/۴۳±۹۱/۳۷ درصد) و کم‌ترین (۲/۴۳±۸۷/۹۲ درصد) مقادیر بازماندگی به‌ترتیب مربوط به ماهیان تیمار شاهد و تیمار ۳ بودند. در هر دو گروه ماهیان، در مجموع، تفاوت معنی‌داری در میزان بازماندگی تیمارهای مختلف وجود نداشت (P>۰/۰۵).

شاخص‌های رشد: بیش‌ترین (۳/۶۸±۸۳/۵۳ درصد) و کم‌ترین (۴/۰۲±۳۸/۱۸ درصد) مقادیر درصد افزایش وزن بدن

در گروه اول به‌ترتیب مربوط به تیمارهای۳ و ۲ بودند. در گروه دوم نیز، بیش‌ترین (۱/۹۹±۲۷/۷۴درصد) و کم‌ترین (۴/۸±۱۲/۶ درصد) افزایش وزن به‌ترتیب در تیمارهای۲ و ۱ به‌دست آمدند. در ماهیان گروه اول، بیش‌ترین (۰/۹۵±۱/۸۹) و کم‌ترین (۰/۴۰±۱/۴۳) مقادیر ضریب رشد ویژه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۳ و ۲ بودند. در گروه دوم، بیش‌ترین (۰/۷۴±۱/۱۳) و کم‌ترین (۰/۲۰±۰/۵۶)، ضرایب رشد به‌ترتیب در تیمارهای۲ و ۱محاسبه‌شدند. بیش‌ترین(۰۴/±۱/۲۷)و کم‌ترین(۰/۱۳±۰/۶۴) مقادیر ضریب رشد روزانه در گروه اول به‌ترتیب متعلق به تیمارهای۳و۲بودند. در گروه دوم نیز، بیش‌ترین(۰/۵۹ ± ۰/۹۶) و کم‌ترین (۰/۱۳±۰/۴۷) ضرایب رشد به‌ترتیب در تیمارهای ۲ و ۱ به‌دست آمدند. در گروه اول، ماهیان تیمارهای۳و۲به‌ترتیب واجد بیش‌ترین (۰/۱۹±۱/۷۲) و کم‌ترین (۰/۰۲±۱/۴۶) مقادیر ضریب چاقی بودند. در گروه دوم ماهیان نیز، بیش‌ترین (۰/۰۴±۱/۲۸) و کم‌ترین (۰/۱۰±۱/۱۳) ضرایب چاقی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۳ و ۲ بودند. در هر دو گروه ماهیان، تفاوت‌ها در مقادیر شاخص‌های رشد بین تیمارهای آزمایشی از نظر آماری معنی‌داری نبودند (P>۰/۰۵).

شاخص‌های فیزیکوشیمایی آب: مقادیر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب محیط پرورش در جدول ۲ آورده شده است. براساس سنجش‌های انجام شده، در مجموع، کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر نیترات در محیط پرورش ماهیان تیمارهای مختلف در هر دو گروه وزنی، تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر نداشتند. این تفاوت‌ها در مورد مقادیر نیتریت و آمونیاک بیش‌تر بود و در گروه اول، بیش‌ترین (۰/۰۷ ±۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر) و کم‌ترین (۰/۰۷ ± ۰/۲۲ میلی‌گرم در لیتر) مقادیر نیتریت به‌ترتیب در تیمارهای۲و ۳ اندازه‌گیری شدند. حداکثر(۰/۱۴± ۰/۲۲ میلی‌گرم در لیتر) و حداقل (۰/۰۱ ± ۰/۱۷ میلی‌گرم در لیتر) مقادیر نیتریت در گروه دوم نیز به‌ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد و ۳ بودند. در گروه اول، بیش‌ترین (۰/۰۷ ± ۰/۲۵میلی‌گرم در لیتر) و کم‌ترین (۰/۲±۰ میلی‌گرم در لیتر) مقادیر آمونیاک به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و ۲ به ثبت رسیدند. در مجموع، تیمارهای مختلف از نظر مقادیر ترکیبات نیتروژنی در آب تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (P>۰/۰۵). هم‌چنین، براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، مقادیر دما و pH آب در تیمارهای مختلف تقریباً مشابه و ثابت بودند و از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری در این مقادیر بین تیمارها مشاهده نشد.

بحث

پیش از این، هیچ مطالعه‌ای در خصوص امکان پرورش متراکم کپور ماهیان با استفاده از سیستم تولید توده‌زیستی صورت نگرفته بود. عدم وجود تفاوت معنی‌دار در مقادیر شاخص‌های رشد و بازماندگی بین ماهیان پرورش یافته با فناوری تولید توده‌زیستی و گروه شاهد، بیانگر کارایی این فناوری در پرورش کپورماهیان است. Azim و little (۲۰۰۸) در تغذیه ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) با جیره‌های غذایی حاوی درصدهای مختلف پروتئین و توده‌زیستی به این نتیجه رسیدند که تیمار پرورش یافته با توده‌زیستی دارای رشد مشابه و نرخ بقای بیش‌تری نسبت به تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های تجاری بود.

Mahanand و همکاران (۲۰۱۲) ماهی کپور روهو (*Labeo rohita*) را در یک محیط سربسته و با استفاده از جیره‌های غذایی مختلفی شامل ترکیبی از توده‌زیستی مرطوب (۹۰٪ رطوبت)، توده‌زیستی خشک (۴٪ رطوبت) و جیره کنسانتره (۶٪ رطوبت) پرورش دادند و دریافتند که تیمار تغذیه شده با ترکیب جیره تجاری و توده‌زیستی مرطوب به نسبت مساوی دارای بیش‌ترین ضریب رشد بود. به‌علاوه، نتایج حاصل از آنالیز ترکیبات توده‌زیستی در آزمایش فوق نشان دادند که ارزش تغذیه‌ای توده‌زیستی مشابه جیره کنسانتره و حتی در برخی موارد بالاتر بود. برای مثال، میزان پروتئین خام در جیره کنسانتره کم‌تر از مقدار آن در توده‌زیستی بود. پرورش میگوی برزیلی (*Farfantepenaeus brasiliensis*) طی یک دوره ۳۰ روزه در یک سیستم توده‌زیستی با استفاده از ملاس چغندر به‌عنوان منبع کربنی، منجر به افزایش معنی‌داری در میزان بازماندگی، میانگین وزن نهایی و سرعت رشد ویژه این میگو شد (۲۰). در پرورش‌میگوی‌سفیدغربی(*Litopenaeus vannamei*) با استفاده از سیستم تولید توده‌زیستی طی ۷ هفته، مشخص شد که استفاده از این سیستم ضمن کاهش مصرف غذا تا حد ۷۰ درصد، سبب افزایش چشم‌گیری در شاخص‌های رشد گردید (۲۳). نتایج تحقیق حاضر و مطالعات یاد شده، در مجموع، نشان دهنده تأثیر مثبت استفاده از فناوری تولید توده‌زیستی در بهبود شاخص‌های رشد و بازماندگی در آبزیان پرورش داده شده در چنین سیستمی است. با این حال، در مجموع، با توجه به جدید بودن این سیستم، هنوز مطالعات کمی و با استفاده از آبزیان محدودی در این مورد انجام شده‌است. بالابودن مقدار پروتئین، چربی و اسیدهای چرب غیراشباع در توده‌زیستی از

جدول ۱: مقادیر (میانگین ± انحراف از معیار) شاخص‌های رشد و بازماندگی در تیمارهای مختلف آزمایشی

	شماره تیمار	افزایش وزن بدن (گرم)	ضریب رشد ویژه	ضریب رشد روزانه	ضریب چاقی	بازماندگی (درصد)
گروه۱	۱	۰/۷۸±۰/۲۸	۱/۷۴±۰/۵۲	۰/۷۴±۰/۲۳	۱/۶۳±۰	۷۰/۲۹±۰/۴۱
	۲	۰/۸۳±۰/۳۴	۱/۴۳±۰/۴۰	۰/۶۴±۰/۱۳	۱/۴۶±۰/۰۲	۷۵/۸۰±۱/۱۴
	۳	۱/۴۲±۰/۰۶	۱/۸۹±۰/۹۵	۱/۲۷±/۰۴	۱/۷۲±۰/۱۹	۷۰/۲۲±۹/۳۹
گروه۲	۱	۱/۹۴±۰/۳۰	۰/۵۶±۰/۲۰	۰/۴۷±۰/۱۳	۱/۲۶±۰/۰۳	۹۱/۳۷±۲/۴۳
	۲	۴±۰/۲۰	۱/۱۳±۰/۷۴	۰/۹۶±۰/۵۹	۱/۱۳±۰/۱۰	۸۷/۹۳±۱/۷
	۳	۳/۱۳±۰/۶۷	۰/۹۱±۰/۵۵	۰/۷۶±۰/۴۵	۱/۲۸±۰/۰۴	۸۷/۹۲±۲/۴۳

- گروه ۱: ماهیان با وزن ۳-۱ گرم، گروه ۲: ماهیان با وزن ۲۲-۱۶ گرم
- تیمار۱: تیمار شاهد (۱۰۰ درصد جیره تجاری)، تیمار۲: ۷۵ درصد جیره تجاری+ توده‌زیستی، تیمار ۳: ۵۰ درصد جیره تجاری+ توده‌زیستی

جدول۲- مقادیر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب محیط پرورش

	شماره تیمار	دما (C^o)	pH	نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	نیتریت (میلی‌گرم برلیتر)	آمونیاک (میلی‌گرم برلیتر)
گروه۱	۱	۲۴/۵	۶/۵-۷	۲/۵ ± ۰/۷	۰/۲۲ ± ۰/۱	۰/۲۵± ۰/۰۷
	۲	۲۴/۵	۶/۵-۷	۲/۲۵ ±۰/۰۶	۰/۲۵± ۰/۰۷	۰/۲±۰
	۳	۲۴/۷۵	۶/۵-۷	۲/۵ ± ۰/۷	۰/۲۲ ± ۰/۰۷	۰/۲۲ ±۰/۰۳
گروه۲	۱	۲۴/۵	۶/۵-۷	۲± ۰/۴۱	۰/۲۲ ± ۰/۱۴	۰/۳۵ ±۰/۰۷
	۲	۲۵	۶/۵-۷	۱/۸۷± ۰/۵۹	۰/۱۷ ± ۰/۰۷	۰/۲۷ ±۰/۱
	۳	۲۵	۶/۵-۷	۲ ± ۰/۰۳	۰/۱۷ ±۰/۰۱	۰/۱ ±۰/۰۴

- مقادیر نیترات، نیتریت و آمونیاک به‌صورت میانگین ± انحراف از معیار و مقادیر pH به‌صورت حداقل و حداکثر می‌باشند.
- گروه ۱: ماهیان با وزن ۳-۱ گرم، گروه ۲: ماهیان با وزن ۲۲-۱۶ گرم
- تیمار۱: تیمار شاهد (۱۰۰ درصد جیره تجاری)، تیمار۲: ۷۵ درصد جیره تجاری+ توده‌زیستی، تیمار ۳: ۵۰ درصد جیره تجاری+ توده‌زیستی

جدول ۳: میزان مصرف آب و غذا در طی دوره پرورش

	تیمار	مصرف آب (لیتر)	مصرف غذا (گرم)
گروه۱	۱	۴۵۳۶۰	۳۵/۷
	۲	۶۶/۱۵	۲۴/۹۹
	۳	۶۶/۱۵	۱۶/۸
گروه۲	۱	۶۸۰۴۰	۲۹۷/۱۵
	۲	۲۰۲/۸۶	۲۱۵/۲۵
	۳	۲۰۲/۸۶	۱۵۴/۵۶

- گروه ۱: ماهیان با وزن ۳-۱ گرم، گروه ۲: ماهیان با وزن ۲۲-۱۶ گرم.
- تیمار۱: تیمار شاهد (۱۰۰ درصد جیره تجاری)، تیمار۲: ۷۵ درصد جیره تجاری+ توده زیستی، تیمار ۳: ۵۰ درصد جیره تجاری+ توده‌زیستی

مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده‌ای است که سبب شده تا از آن به‌عنوان منبع غذایی در آبزی‌پروری استفاده شود (۱۳). مطالعات نشان داده‌اند که موجودات فعال در توده‌زیستی دارای پروتئین بالایی تا بیش از ۵۰ درصد می‌باشند (۷)که بخش اعظم این پروتئین را اسیدآمینه‌های ضروری مانند آرژنین، متیونین و لایزین تشکیل می‌دهند (۱۴).

یکی دیگر از اثرات استفاده از سیستم تولید توده‌زیستی که در این مطالعه نیز مشخص گردید، نقش میکروارگانیزم‌ها در تصفیه آب و کاهش اثرات سمی ترکیبات نیتروژنی است. مصرف ترکیبات نیتروژن‌دار توسط زی‌توده باکتریایی مانع از تجمع نیتریت و نیترات در محیط می‌شود در همین راستا، Zhao و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که استفاده از سیستم توده‌زیستی باعث کاهش میزان آمونیاک و نیترات در محیط پرورش میگوی ژاپنی (*Marsupenaeus japonicus*) گردید. جهت حذف ترکیبات نیتروژن‌دار از محیط در سیستم توده‌زیستی، ایجاد تعادل در نسبت کربن به نیتروژن امری ضروری است. به‌طور مثال De Schryver و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند درصورتی‌که نسبت کربن به نیتروژن برابر با ۱۵ باشد، ممکن است روزانه تا حدود ۹۸ درصد از نیتروژن تولیدی در استخرهای پرورشی به‌وسیله زی‌توده باکتریایی حذف شود. Avnimelech (۱۹۹۹) برآورد نمود که در چنین سیستمی، چنان‌چه غلظت آمونیاک ۱۰ میلی‌گرم در لیتر باشد، حدود ۵ ساعت بعد از افزودن منبع کربنی و بهینه شدن نسبت کربن به نیتروژن، آمونیاک محیط به‌طور کامل حذف می‌شود. Schneider و همکاران (۲۰۰۵) نیز عنوان کردند که در صورت متعادل بودن نسبت کربن به نیتروژن در محیط توده‌زیستی، تا حدود ۷ درصد از نیتروژن موجود در غذا و ۶ درصد از فسفر آن به‌وسیله زی‌توده میکروبی جذب می‌شوند. به‌صورت خلاصه می‌توان گفت، باکتری‌های هتروتروف جهت رشد و دیگر فعالیت‌های متابولیکی خود به کربن و نیتروژن نیاز دارند. کربن مورد نیاز با افزودن منبع کربنی به‌طور مستقیم و نیتروژن نیز از طریق فعالیت‌های متابولیسمی ماهی در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد. در سیستم‌های متداول پرورش آبزیان تعویض آب جهت کاهش ترکیبات نیتروژن دار موجود در آب صورت می‌گیرد. بنابراین، با مصرف ترکیبات نیتروژن دار (آمونیاک، نیتریت و نیترات) به‌وسیله باکتری‌های هتروتروف نیاز به تعویض آب در سیستم توده زیستی به حداقل (روزانه ۱درصد) می‌رسد. تعویض یک درصدی آب نیز جهت جبران آب تبخیر شده از محیط و حذف لجن از کف صورت می‌گیرد.

در تحقیق حاضر، سیستم توده‌زیستی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ایجاد گردید. De Schryver و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که اثرگذاری دما در سیستم توده‌زیستی یک فرآیند بسیار پیچیده می‌باشد. براساس یافته‌های آن‌ها، دما عاملی بسیار مهم برای متابولیسم میکروبی و جلوگیری از تخریب پلیمرها می‌باشد. Wilen و همکاران (۲۰۰۰) نیز دریافتند که تجزیه توده‌زیستی در دماهای کم‌تر از ۴ درجه سانتی‌گراد و بیش از ۲۷-۱۸درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. فعالیت میکروب‌های موجود در توده‌زیستی در بازه‌های دمایی فوق کاهش می‌یابد و به‌تبع آن تولید پلی‌ساکاریدهای چسباننده ذرات توده‌زیستی نیز کاهش می‌یابد. Van Loosrecht و Krishna (۱۹۹۹) مشاهده کردند که در دماهای بالاتر از ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد، به‌علت تولید بیش از حد پلی‌ساکاریدهای برون سلولی، لجن غلیظی در محیط توده‌زیستی روی هم انباشته می‌شود و این امر مشکلات کمبود اکسیژن را به‌دنبال خواهد داشت. بنابراین می‌توان انتظار داشت که آب با دمای متوسط ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد جهت دستیابی به توده‌زیستی بسیار مناسب می‌باشد. pH محیط نیز از دیگر عواملی است که برای فعالیت بهینه باکتری‌ها در سیستم توده‌زیستی باید در حد مطلوب نگه داشته شود. pH مورد استفاده برای تشکیل توده‌زیستی در این مطالعه در حد ۷-۶/۵ بود. باکتری‌ها اغلب pH بهینه‌ای دارند که در آن به بهترین نحو ممکن رشد می‌کنند و این pH برای بیش‌تر آن‌ها در حد خنثی(pH =۷) است. بیش‌تر باکتری‌ها حتی در محدوده یک درجه بالاتر یا پایین‌تر از pH بهینه خود رشد نمی‌کنند و قادر به تحمل pHهای کم‌تر از ۴ و بیش‌تر از ۹/۵ نیستند (۱). از آن‌جاکه دما و pH بهینه جهت پرورش متراکم کپورمعمولی به‌ترتیب ۲۷-۲۱ درجه سانتی‌گراد و ۸-۶/۵ می‌باشد (۹)، می‌توان گفت که در این بررسی شرایط بهینه‌ای جهت پرورش متراکم کپورمعمولی فراهم بود.

شاید بتوان مهم‌ترین دستاورد استفاده از سیستم توده‌زیستی را صرفه‌جویی در مصرف آب و غذا در آبزی‌پروری دانست. با توجه به محدودیت‌های منابع آب و غذا، بالا بردن بازده تولید آبزیان از طریق کاهش مصرف آب و غذا امری بسیار ضروری می‌باشد. مقادیر مصرف روزانه آب و غذا در این تحقیق در جدول ۳ آمده است. آن‌چنان‌که دیده می‌شود، استفاده از سیستم تولید توده‌های زیستی، در مجموع، تا حد۵۰ درصد از مصرف غذا و در حدود ۹۹ درصد مصرف آب را کاهش داده است، به‌طوری‌که میزان تعویض روزانه آب به حداقل ممکن (حدود ۱ ٪) رسید.

در یافته‌ای مشابه، Crab و همکاران (۲۰۱۲) برآورد کردند که استفاده از فناوری توده‌زیستی می‌تواند تا ۵۰-۴۰ درصد هزینه تهیه غذا را کاهش دهد. هم‌چنین، مقایسه پرورش هم‌زمان میگوی ژاپنی در دو سیستم توده‌زیستی و مداربسته توسط Jang (۲۰۰۱)، نشان داد که سیستم توده‌زیستی نسبت به‌روش مداربسته برتری محسوسی داشت. برای مثال، هزینه ساخت و ساز و امکانات در سیستم مداربسته بالا ولی در توده‌زیستی متوسط، ضریب تبدیل غذا در سیستم مداربسته متوسط (۱/۵) ولی در توده‌زیستی پایین (کم‌تر از ۱/۲)، نرخ رشد در توده‌زیستی بالا و در سیستم مداربسته متوسط و میزان تولید (کیلوگرم در مترمربع) برای سیستم مداربسته ۴-۲ و برای توده‌زیستی ۸-۴ بودند.

در مجموع، با توجه به اثرات مثبت استفاده از فناوری تشکیل توده‌زیستی، هم‌چون کاهش مصرف آب و غذا، کاهش اثرات زیان‌بار تخلیه پسماندهای آبزی‌پروری در محیط و کاهش شیوع بیماری‌ها و افزایش امنیت زیستی، می‌توان استفاده از این سیستم را برای پرورش انواع مختلفی از آبزیان توصیه نمود. با این‌حال، عواملی هم‌چون فقدان اطلاعات کافی در مورد میکروارگانیسم‌های موجود در توده‌های زیستی، نقش هر کدام از آن‌ها در ایجاد و عملکرد سیستم، متغیر بودن ارزش غذایی توده‌های زیستی تولید شده از پساب‌های مختلف و رشد میکروارگانیسم‌های هرز مانند جلبک‌های سبز- آبی و ایجاد اختلال در سیستم توسط آن‌ها، از جمله مشکلاتی هستند که با مرتفع نمودن آن‌ها می‌توان راه توسعه این فناوری را هموار نمود.

منابع

۱. **نبی‌بیدهندی، غ.؛ وثوق، ع.؛ قلی‌زاده، م. و ابطحی، م.، ۱۳۹۰.** باکتری‌های فاضلاب (ترجمه). چاپ اول. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.۳۰۲ صفحه.

۲. **شاعری، ع.م. و رحمتی، ع.، ۱۳۹۱.** قوانین، مقررات، ضوابط واستانداردهای محیط زیست انسانی. انتشارات ح. تهران. ۳۳۶ صفحه.

۳. **وثوقی، غ.؛ قمی‌مرزدشتی، م. و پورباقر، ق.، ۱۳۸۱.** پرورش تجاری ماهی (ترجمه). جلد اول. مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۱۵۳ صفحه.

4. **Avnimelech, Y., 1999.** Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture. Vol. 176, pp: 227-235.

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

6. **Avnimelech, Y., 2009.** Biofloc Technology - A Practical Guide Book. In: The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 182 p.

7. **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. Vol. 283, pp: 29-35.

8. **Azim, M.E.; Little, D.C. and Bron, J.E., 2008.** Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C: N ratio in feed and the implications for fish culture. Bioresource Technology. Vol. 99, pp: 3590-3599.

9. **Bocioc, E.; Cristea, V. and Patriche, N., 2011.** Water quality monitoring in to a recirculating aquaculture system for intensive rearing of Crap (Cyprinus carpio) juveniles fed with probiotics supplement. Lucrari stiintifice, Seria Zootehnie. Vol. 55, No. 16, pp: 289-294.

10. **Burford, M.; Thompsona, P.J.; McIntoshb, R.P.; Baumanb, R.H. and Pearson, D.C., 2004.** The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. Aquaculture. Vol. 232, pp: 525-537.

11. **Crab, R.; Chielens, B.; Wille, M.; Bossierb, P. and Verstraete, W., 2010.** The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed forMacrobrachium rosenbergii postlarvae. Aquaculture Research. Vol. 41, pp: 559-567.

12. **Crab, R.; Defoirdta, T.; Bossierb, P. and Verstraete, W., 2012.** Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. Aquaculture. Vol. 356-357, pp: 351-356.

13. **Craig, S. and Helfrich, L.A., 2002.** Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding (Publication 420–256). Virginia Cooperative Extension, Yorktown (Virginia). 420 p.

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

15. **Gutierrez-Wing, M.T. and Malone, R.F., 2006.** Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. Aquac. Eng. Vol. 34, pp: 163–171.
16. **Mahanand, S.S.; Moulick, S. and Srinivasa Rao, P., 2012.** Optimum formulation of feed for Rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), with biofloc as a component. Aquaculture International. Vol. 21, No. 2, pp: 347-360.
17. **Papoutsoglou, S.E.; Mylonakis, G.; Miliou, H.; Karakatsouli, N.P. and Chadio, S., 2000.** Effects of background color on growth performances and physiological responses of scaled carp (*Cyprinus carpio L.*) reared in a closed circulated system. Aquacultural Engineering. Vol. 22, pp: 309-318.
18. **Jang, I.K., 2010.** Intensive shrimp culture in indoor tanks using heterotrophic methods. pp: 234-240.
19. **Ray, A.J.; Lewis, B.L.; Browdy, C.L. and Leffler, J.W., 2010.** Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. Aquaculture. Vol. 299, pp: 89-98.
20. **Souza, D.M.; Suita, S.M.; Romano, L.A.; Jr, W.W. and Ballester, E.L.C., 2012.** Use of molasses as a carbon source during the nursery rearing of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a Biofloc technology system. Aquaculture. Vol. 10, pp: 1365-2109.
21. **Twarowska, J.G.; Westerman, P.W. and Losordo, T.M., 1997.** Water treatment and waste characterization evaluation of an intensive recirculating fish production system. Aquac. Eng. Vol. 16, pp: 133-147.
22. **Wasielesky, W.; Peixoto, S.; Jensen, L.; Poersch, L.H. and Bianchini, A., 2004.** Estudo preliminar do cultivo do camarao-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cercados no estua´rio da Lagoa dos Patos B Inst Pesca. Vol. 30, pp: 63-70.
23. **Xu, W.J.; Pan, L.Q.; Zhao, D.H. and Huang, J., 2012.** Preliminary investigation into the contribution of biofl ocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. Aquaculture. Vol. 350-353, pp: 147-153.
24. **Zhao, P.; Huang, J.; Wang, X.H.; Song, X.L.; Yang, C.H.; Zhang, X.G. and Wang, G,C., 2012.** The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. Aquaculture. Vol. 354-355, pp: 97-106.

The application of biofloc technology in intensive culture of Common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings

- **Farideh Bakhshi:** Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University. P.O.Box: 57159-44514, Urmia, Iran
- **Reza Malekzadeh Viayeh*:** Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University. P.O.Box: 57159-44514, Urmia, Iran
- **Ebrahim Hossein Najdegerami:** Urmia lake Research Institute, Urmia University, P.O.Box: 57159-44514, Urmia, Iran

Received: September 2013 Accepted: October 2013

Keywords: Biofloc Technology, Common carp, Intensive culture

Abstract

Biofloc technology is a technique of enhancing water quality in aquaculture through balancing carbon and nitrogen in the system. The aim of this study was to determine the effects of biofloc technology in intensive culture of common carp fingerlings. Two groups of fingerlings (1-3 and 16-22g) were cultured in 45L tanks for 21 days. For each group, three following feeding treatments were assigned: 50% commercial diet (CD) + biofloc products, 75% CD + biofloc products and 100% CD as a control. Growth performances and physico-chemical parameters of water were measured and the results indicated that the fish fed with 50% CD + biofloc products show high percent weight gain than other treatments in first group ($P > 0.05$). But no significant difference was observed in case of growth performances in second group despite of decreasing in feed intake in bioflocs treatments. Also the results showed that application of biofloc system in intensive carp culture decrease concentration of ammonia, nitrite and nitrate despite of no water exchange (1% daily) in these treatments whiles water was exchanged at a rate approximately every 10 min in control. The results suggest biofloc technology seems to be efficient for intensive farming of common carp.

* Corresponding Author's email: r.malekzadeh@urmia.ac.ir