Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]

Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

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*)

خلیل مینابی[1]، ایمان سوری نژاد*[2]، مرتضی علیزاده[3]، ابراهیم رجب زاده قطرمی[4]

*sourinejad@hormozgan.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲ گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۳- مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

٤- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

چکیده

اثرات استفاده از نسبت‌های مختلف کربن به ازت در سیستم بیوفلوک بر عملکرد رشد، تغذیه و کیفیت آب پرورش ماهیان کپور معمولی با میانگین وزنی ۰/۳۶±۱۴/۱۷گرم در مدت ۹۰ روز در تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد بدون منبع کربن اضافی و چهار تیمار با نسبت-های کربن به ازت مختلف شامل تیمار دوم با نسبت ۱۱، تیمار سوم با نسبت ۱۵، تیمار چهارم با نسبت ۱۹ و تیمار پنجم با نسبت ۲۳ و با سه تکرار بررسی شد. افزایش میزان نسبت کربن به ازت تأثیر معنی‌داری بر میزان شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان کپور معمولی پرورشی در تیمارهای مختلف داشت ($p<0/05$). بالاترین میزان وزن نهایی و افزیش وزن بدن، کمترین میزان نسبت تبدیل غذایی و بیشترین مقدار میانگین نرخ رشد ویژه در سیستم بیوفلوک با نسبت کربن به ازت ۱۹ مشاهده شد. عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در میزان نرخ بازماندگی بین تیمارهای مختلف بیانگر مناسب بودن شرایط پرورش ماهیان کپور معمولی در این سیستم در مطالعه حاضر می‌باشد. شاخص‌های وضعیت کبدی و احشایی اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف با تغییر نسبت کربن به ازت نشان ندادند ($p>0/05$). فاکتورهای کیفی آب مثل اکسیژن محلول، pH، میزان کل مواد محلول، هدایت الکتریکی، کل مواد جامد معلق، حجم توده‌های زیستی، میزان ازت آمونیاکی کل، نیتریت و نیترات اختلاف معنی داری در سیستم بیوفلوک با نسبت‌های مختلف کربن به ازت نشان دادند ($p<0/05$). میانگین مقدار حجم توده زیستی و محتوی کل مواد جامد معلق در سیستم بیوفلوک با افزایش نسبت کربن به ازت افزایش یافت. الگوی تغییرات میزان ازت آمونیاکی کل و نیتریت به طور مشابه و عکس روند مقدار کل مواد جامد معلق و حجم توده زیستی بود و با افزایش نسبت کربن به ازت روند کاهشی نشان داد که این وضعیت بیانگر حذف قابل ملاحظه مواد ازته توسط توده‌های زیستی می‌باشد. در مجموع، استفاده از منبع کربن ملاس با نسبت کربن به ازت ۱۹ در سیستم پرورش بیوفلوک جهت بهبود شاخص‌های کیفی آب و عملکرد رشد و تغذیه ماهیان کپور معمولی پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: سیستم بیوفلوک، نسبت کربن به ازت، کیفیت آب، کپور معمولی

*نویسنده مسئول

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]
Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

مقدمه

در حال حاضر، استفاده از سیستم بیوفلوک (Biofloc system) یا سیستم توده‌ساز زیستی برای پرورش آبزیان به جهت افزایش میزان تولید و کنترل کیفیت آب با کاهش میزان مواد آلی موجود در سیستم پرورشی و پساب خروجی توجه زیادی را بخود جلب کرده است (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۴ الف و ب؛ Avnimelech, 2006; Wang *et al*., 2015; Zhang *et al*., 2016; Ahmad *et al*., 2017). این سیستم همچنین با صرفه‌جویی در مصرف منابع، بخصوص آب شیرین و زمین جهت پرورش ماهی و میگو می‌تواند سبب تولید و توسعه پایدار در صنعت آبزی پروری و در عین حال حفاظت از اکوسیستم آبی گردد. با تنظیم نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوک از طریق اضافه کردن منبع کربنی یا کاهش محتوای پروتئین در خوراک می‌توان با ایجاد فلوکه‌های زیستی (Bioflocs) از آن‌ها جهت تبدیل مواد ازته دفعی و مضر به توده میکروبی به عنوان غذا برای تغذیه گونه پرورشی استفاده نمود (Avnimelech, 2012). از مزایای این سیستم پرورشی می‌توان به تعویض آب کم و یا عدم نیاز به تعویض آب، کاهش میزان پساب، تبدیل مواد ازته سمی و ضایعات دفعی و غذای خورده نشده در سیستم پرورشی و بازیافت آن به توده باکتریایی قابل استفاده به عنوان مواد مغذی مکمل برای گونه پرورشی (Avnimelech, 2007)، افزایش کارایی غذایی با مصرف فلوکه‌های ایجاد شده به طور مداوم در سیستم پرورشی بوسیله گونه پرورشی (Avnimelech, 2007)، ذخیره‌سازی با تراکم بالا و افزایش میزان بهره‌وری از منابع (Wei *et al*., 2016) و افزایش میزان امنیت زیستی محیط پرورش آبزی (Pérez-Fuentes *et al*., 2016) اشاره نمود.

از مهم‌ترین عوامل موثر بر کارایی سیستم بیوفلوک می‌توان به نوع منبع کربوهیدرات مورد استفاده به عنوان منبع کربن و میزان نسبت کربن به ازت مطلوب موجود در دسترس باکتری‌های هتروترف اشاره نمود (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۴ الف و ب؛ De Schryver *et al*., 2008; Bakhshi *et al*., 2018). نسبت کربن به ازت در بسیاری از جیره‌های غذایی مورد استفاده در سیستم‌های آبزی‌پروری متراکم و نیمه متراکم در حدود ۱۰ می‌باشد و نسبت کربن به ازت نسبتاً بالا ۲۰-۱۰ برای استقرار فلوکه‌های زیستی در چنین سیستم‌هایی توصیه شده است (Pérez-Fuentes *et al*., 2016; Zhao *et al*., 2014). برای افزایش نسبت کربن به نیتروژن معمولاً از منابع کربوهیدرات به عنوان منبع کربن استفاده می‌شود (Asaduzzaman *et al*., 2008; Zhao *et al*., 2014) که در نتیجه سبب کمک به توسعه فلوکه‌های زیستی در درون سیستم گردد (Asaduzzaman *et al*., 2008؛ Anand *et al*., 2013; Zhao *et al*., 2014). Bakar و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که فلوکه‌های زیستی در سیستم بیوفلوک جهت پرورش گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) از روز ششم دوره پرورش پس از افزودن ملاس نیشکر مشاهده شدند و نیز شکل‌گیری فلوکه های زیستی به دلیل بالا بودن میزان نسبت کربن به ازت از طریق افزودن ملاس در سیستم بیوفلوک نسبت به تیمار شاهد بود. مصرف میکروارگانیزم‌های فعال در سیستم بیوفلوک به عنوان منبع پروتئینی مکمل توسط آبزی می‌تواند منجر به بهبود نرخ رشد، نسبت تبدیل غذایی و افزایش وزن گردد (Azim and Little, 2008; Avnimelech, 2006).

ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به عنوان گونه پرورشی این تحقیق حائز ویژگی‌های مناسب برای استفاده در سیستم بیوفلاک نظیر مقاومت به تراکم بالا، عادت غذایی همه چیزخواری و یا قابلیت سازگاری دستگاه گوارش به جذب ذرات میکروبی و توانایی تحمل غلظت‌های بالای مواد معلق در آب می‌باشد (Najdegerami *et al*., 2016; Zhao *et al*., 2014). مطالعه حاضر در راستای بررسی اثرات استفاده از نسبت‌های مختلف کربن به ازت در سیستم بیوفلوک با استفاده از منبع کربن ملاس نیشکر بر عملکرد رشد، تغذیه و شاخص‌های کیفی آب پرورش ماهیان کپور معمولی طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

آماده سازی سالن پرورش و مدیریت سیستم بیوفلوک

تحقیق حاضر در مزرعه پرورش ماهیان گرمابی ۱۴ هکتاری پلاک U45 واقع در مجتمع پرورش ماهی آزادگان اهواز انجام شد. بچه ماهیان کپور معمولی با میانگین وزن یک گرم از شرکت تکثیر و پرورش آبزیان شوش خریداری و پس از نگهداری در مزرعه و رسیدن به میانگین وزنی ۱۴/۱۷±۰/۳۶گرم برای تحقیق حاضر استفاده شدند. ماهیان به مدت ۱۴ روز قبل از شروع آزمایش جهت سازگاری با جیره غذایی پیش پرواری فرورونده تجاری شرکت تولید خوراک آبزیان فرادانه با اندازه سه میلی‌متر شامل پروتئین خام ۳۷/۸ درصد، چربی خام ۵/۵ درصد، خاکستر ۷/۸ درصد، کربوهیدرات ۴۸/۹ درصد (فیبر خام ۴/۲ درصد، عصاره بدون ازت ۴۴/۷ درصد)، نیتروژن کل ۶/۰۴ درصد و فسفر کل ۱/۱۶ درصد تغذیه شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]
Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

برای انجام این آزمایش ۹۰ روزه، پنج تیمار با نسبت‌های مختلف کربن به ازت شامل تیمار اول شاهد (بدون منبع کربن اضافی)، تیمار دوم با منبع کربن ملاس نیشکر با نسبت کربن به ازت ۱۱، تیمار سوم با منبع کربن ملاس با نسبت کربن به ازت ۱۵، تیمار چهارم با منبع کربن ملاس با نسبت کربن به ازت ۱۹ و تیمار پنجم با منبع کربن ملاس با نسبت کربن به ازت ۲۳ طراحی گردید. از ۳ تانک بتونی که در تحقیقات قبلی (مینابی و همکاران، ۱۳۹۸)، با افزودن منبع کربنی محلی ملاس نیشکر با در نظر گرفتن وجود ۵۰ درصد کربن آلی در ملاس و تنظیم نسبت کربن به ازت ۱۵/۵، فلوکه‌های زیستی در آنها ایجاد شده بود به میزان نیم میلی لیتر در لیتر به هر یک از ۱۵ مخازن پرورشی افزوده شد تا به عنوان ذخیره اولیه فلوکه‌های زیستی عمل نماید (Avnimelech and Kochba, 2009; Avnimelech, 2012).

آزمایش با استفاده از ۱۵ تانک بتونی مکعب مستطیل (طول ۸۰ سانتی‌متر، عرض ۵۰ سانتی‌متر، ارتفاع آبگیری ۱۰۰ سانتی‌متر) با حجم آب ۴۰۰ لیتر انجام شد. تانک‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی برای تیمارهای مختلف توزیع شدند و با استفاده از سایه‌بان از تابش مستقیم نور آفتاب به آن‌ها جلوگیری شد. در هر تانک ۳۰ عدد ماهی ذخیره‌سازی گردید. در طول دوره آزمایش ماهیان دوبار در روز در ساعت ۹ صبح و ۱۷ عصر غذادهی شدند. میزان غذادهی در چهار هفته اول پنج درصد وزن بدن، در چهار هفته دوم به چهار درصد وزن بدن و چهار هفته سوم تا انتهای دوره پرورش به سه درصد وزن بدن کاهش یافت (Wang *et al.*, 2015). میزان کربن و ملاس مورد نیاز جهت هر تیمار، بر مبنای این‌که ۷۵ درصد ازت مصرفی در جیره غذایی از طریق دفع متابولیکی ماهی و به‌صورت غذای خورده نشده به آب دفع می‌گردد (Piedrahita, 2003) با وارد کردن غلظت‌های مختلفی از کربن به تانک‌های پرورشی تغییر کرد. مقدار منبع کربوهیدرات محاسبه شده بر اساس نسبت کربن به نیتروژن هر تیمار و ورودی خوراک، هر چهار روز یکبار محاسبه و پس از حل کردن کردن آن در ظروف جداگانه به طور یکنواخت دو ساعت پس از وعده غذایی صبح به سطح آب اضافه شد (Bakar *et al.*, 2015).

آب مورد نیاز جهت آزمایش از منبع آب ورودی کانال اصلی مزارع پرورشی ماهیان گرمابی منتقل شده از رودخانه کارون تأمین شده و پس از عبور از فیلتر شنی مزرعه مذکور استفاده گردید. درجه حرارت آب و دوره نوری تابع شرایط طبیعی بود. در طول دوره پرورش جهت هوادهی تانک‌های بتونی از هواده دمنده مرکزی (Airblower) از نوع STREAM ساخت کشور چین (مدل HG-1500B تک فاز با قدرت ۱/۵ کیلووات و دبی هوای ۱۸۰ مترمکعب در ساعت و حداکثر فشار ۲۱ کیلو پاسکال) استفاده شد و هر تانک با استفاده از سه سنگ هوا به میزان مناسب هوادهی گردید به‌طوری‌که میزان اکسیژن محلول بالای پنج میلی گرم در لیتر تثبیت شد. در طول دوره آزمایش در تیمارهای سیستم بیوفلوک جز برای جبران تبخیر آب و آب برداشت شده جهت انجام آزمایش‌های کیفی آب (حدود ۲-۱ درصد)، تعویض آب انجام نشد در حالیکه در تیمار شاهد، روزانه ۲۰ درصد تعویض آب جهت بهبود کیفیت آب و خارج نمودن مواد دفعی انجام گردید. میزان مرگ و میر روزانه جهت بدست آوردن مقدار بازماندگی ثبت می‌شد و علایم ظاهری بدن و آبشش ماهیان نیز در زمان زیست‌سنجی هر دو هفته یکبار جهت بررسی وضعیت سلامت آنها ارزیابی می‌گردید.

شاخص‌های کیفی آب

درجه حرارت آب (سانتی‌گراد)، میزان اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر) با دستگاه اکسیژن‌متر سیار AZ-8403، AZ Instrument Corp.، تایوان، pH روزانه صبح و عصر با دستگاه مولتی‌متر دیجیتال PC Testr 35، Eutech Instruments Co.، آمریکا، میزان کل مواد محلول (TDS) (گرم در لیتر) و هدایت الکتریکی (EC) µ mho/cm (میکرو موس بر سانتیمتر) هر روز یک مرتبه و میزان ازت آمونیاکی کل (TAN)، نیتریت، نیترات و کل مواد جامد معلق (TSS) و حجم فلوکه‌های زیستی (FV) هر هفته اندازه گیری شدند.

تعیین حجم فلوکه‌های زیستی و کل مواد جامد معلق

هر هفته یک لیتر از آب هر تانک در یک ظرف مخروطی برداشته شده و بعد از گذشت ۲۰ دقیقه و ته نشینی مواد، حجم بیوفلوک اندازه گیری و ثبت می‌شد (Avnimelech and Kochba, 2009). مقدار ۱۰۰ میلی لیتر نمونه آب از هر تیمار برداشته شده و نیمی از آن برای اندازه‌گیری ترکیبات ازته استفاده می‌شد و نیمی دیگر با عبور از کاغذ صافی (وزن شده از قبل) برای اندازه گیری مواد معلق فیلتر می‌گردید. سپس کاغذ صافی همراه با نمونه در داخل آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک تا سه ساعت قرار می‌گرفت تا خشک شود. سپس با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شده و با تعیین اختلاف وزن محاسبه شده و کل، مقدار TSS اندازه‌گیری می‌شد (Azim and Little, 2008).

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]
Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

شاخص‌های رشد، تغذیه و بازماندگی

در انتهای دوره آزمایش، غذادهی به مدت ۲۴ ساعت قطع شده و پس از زیست‌سنجی، شاخص های رشد و تغذیه به شرح ذیل اندازه گیری شدند (Zhang *et al*., 2016).

نرخ بازماندگی = {(تعداد ماهیان در انتهای آزمایش - تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش) - تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش} × ۱۰۰

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

نرخ رشد ویژه = ((وزن نهایی ln − وزن اولیه ln) / کل روزهای پرورش) × ۱۰۰

نسبت بازده پروتئینی = وزن کپور معمولی (گرم) / پروتئین مصرف شده (گرم)

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

شاخص هپاتوسوماتیک = ((وزن کبد (گرم) / وزن کل بدن (گرم)) × ۱۰۰

شاخص احشایی = ((وزن احشاء (گرم)/ وزن کل بدن (گرم)) × ۱۰۰

فاکتور وضعیت = ((وزن بدن (گرم) / (طول کل بدن^{3})) × ۱۰۰

غذای مصرف شده برای هر ماهی = کل وزن غذای خورده شده / تعداد ماهی در هر تانک

آنالیز آماری داده‌ها

تحقیق حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی برنامه ریزی و اجرا شد. داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند. ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنف و همگنی واریانس‌ها به‌وسیله آزمون Leven بررسی شد. از آنالیز واریانس یک طرفه جهت اندازه‌گیری اختلاف بین تیمارهای با نسبت‌های مختلف کربن به ازت ($p<۰/۰۵$) با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ در سطح خطای ۰/۰۵ استفاده گردید. برای مقایسه میانگین‌ها در صورت همگنی واریانس‌ها از پس‌آزمون Tukey جهت تعیین اختلاف بین تیمارها استفاده شد. همچنین از نرم‌افزار Excel ویرایش ۲۰۱۲ جهت رسم نمودارها استفاده گردید.

نتایج

شاخص های رشد و تغذیه

میانگین شاخص‌های مختلف رشد، تغذیه و وضعیت ماهیان کپور معمولی پرورشی در سیستم بیوفلوک با استفاده از نسبت‌های مختلف کربن به ازت در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین میزان وزن و طول اولیه و نهایی ماهیان اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$). میانگین میزان وزن نهایی و افزایش وزن بدن ماهیان کپور معمولی پرورشی در سیستم بیوفلوک با نسبت‌های مختلف کربن به ازت دارای اختلاف معنی‌داری بود ($p<۰/۰۵$). بالاترین (۰/۲۴ ± ۵۹/۳۶ گرم) و پایین‌ترین (۰/۹۸ ± ۵۴/۴۹ گرم) میزان وزن نهایی و بالاترین (۰/۴۷ ± ۴۵/۲۱ گرم) و پایین‌ترین (۰/۵۹ ± ۴۰/۲۸ گرم) افزیش وزن بدن ماهی کپور معمولی پرورشی در سیستم بیوفلوک بترتیب در تیمارهای آزمایشی با نسبت کربن به ازت ۱۹ و تیمار شاهد ثبت شد. میزان کل جیره غذایی مصرفی ماهیان کپور معمولی پرورشی در سیستم بیوفلوک با نسبت‌های مختلف کربن به ازت اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). شاخص‌های نسبت تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه و نسبت تبدیل پروتئین نیز اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p<۰/۰۵$). کمترین (۰/۰۷±۲/۲۳) و بیشترین (۰/۰۵±۲/۳۶) میزان نسبت تبدیل غذایی و بیشترین (۰/۰۳±۱/۵۹) و کمترین (۰/۰۱±۱/۴۹) مقدار میانگین نرخ رشد ویژه بترتیب در تیمارهای با نسبت کربن به ازت ۱۹ و شاهد مشاهده شد. بالاترین میزان نسبت تبدیل پروتئین در تیمارهای آزمایشی با سیستم بیوفلوک و نسبت کربن به ازت بالا مشاهده گردید. شاخص کبدی، احشایی، فاکتور وضعیت و میزان بازماندگی با تغییر نسبت کربن به ازت اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

شاخص های کیفی آب

میانگین پارامترهای مختلف کیفی آب پرورشی ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلوک در جدول ۲ ارائه شده است. به طور کلی، بجز در میزان درجه حرارت آب (صبح و عصر) در همه فاکتورهای کیفی آب مثل اکسیژن محلول (صبح و عصر)، pH (صبح و عصر)، TDS، EC، TSS، FV، TAN، نیتریت و نیترات اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف پرورشی در سیستم بیوفلوک با نسبت‌های مختلف کربن به ازت مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$).

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]

Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

جدول ۱: عملکرد رشد و تغذیه ماهیان کپور معمولی پرورشی در سیستم بیوفلوک با نسبت کربن به ازت متفاوت (میانگین±انحراف معیار)

Table 1: Growth and feeding performance of common carp fish reared in biofloc system with different C:N ratios (Mean±SD).

شاخص‌ها	شاهد	نسبت ۱۱:۱	نسبت ۱۵:۱	نسبت ۱۹:۱	نسبت ۲۳:۱	Anova
وزن اولیه بدن (g)	۱۴/۲۰±۰/۳۹	۱۴/۱۹±۰/۴۶	۱۴/۱۶±۰/۳۴	۱۴/۱۵±۰/۴۳	۱۴/۱۳±۰/۴۹	NS
طول اولیه بدن (cm)	۱۱/۱۳±۰/۳۴	۱۱/۱۲±۰/۳۶	۱۱/۱۰±۰/۴۴	۱۱/۱۰±۰/۳۶	۱۱/۰۷±۰/۴۳	NS
وزن نهایی بدن (g)	۵۴/۴۹±۰/۹۸^{a}	۵۴/۷۳±۰/۲۴ ^{a}	۵۶/۱۰±۰/۳۵^{b}	۵۹/۳۶±۰/۲۴ ^{c}	۵۶/۶۲±۰/۱۴ ^{b}	S
طول نهایی بدن (cm)	۱۶/۵۳±۰/۳۱	۱۶/۴۶±۰/۳۴	۱۶/۵۳±۰/۵۱	۱۶/۶۸±۰/۳۶	۱۶/۵۱±۰/۲۹	NS
افزایش وزن (g)	۴۰/۲۸±۰/۵۹ ^{a}	۴۰/۵۳±۰/۴۸ ^{ab}	۴۱/۹۳±۰/۶۴ ^{bc}	۴۵/۲۱±۰/۴۷ ^{d}	۴۲/۴۹±۰/۵۸^{d}	S
غذای مصرفی هر ماهی (g)	۹۵/۴۱±۳/۵۷	۹۴/۵۵±۱/۳۲	۹۷/۰۰±۲/۰۹	۱۰۰/۸۶±۲/۵۸	۹۹/۵۳±۱/۹۱	NS
نسبت تبدیل غذایی	۲/۳۶±۰/۰۵^{a}	۲/۳۳±۰/۰۱ ^{ab}	۲/۳۱±۰/۰۵ ^{ab}	۲/۲۳±۰/۰۷ ^{b}	۲/۳۴±۰/۰۲^{ab}	S
نسبت بازده پروتئین	۰/۰۴۲±۰/۰۰۱^{a}	۰/۰۴۲±۰/۰۰۱ ^{a}	۰/۰۴۴±۰/۰۰۱^{ab}	۰/۰۴۵±۰/۰۰۱^{b}	۰/۰۴۴±۰/۰۰۱^{ab}	S
نرخ رشد ویژه	۱/۴۹±۰/۰۱^{a}	۱/۵۰±۰/۰۴ ^{a}	۱/۵۳±۰/۰۳^{ab}	۱/۵۹±۰/۰۳ ^{b}	۱/۵۴±۰/۰۳^{ab}	S
شاخص کبدی (٪)	۱/۵۶±۰/۰۹	۱/۵۴±۰/۰۶	۱/۵۵±۰/۰۶	۱/۵۹±۰/۰۷	۱/۵۶±۰/۰۴	NS
شاخص احشایی (٪)	۹/۲۱±۰/۲۶	۹/۱۱±۰/۶۷	۹/۲۵±۰/۷۴	۸/۲۸±۰/۳۹	۹/۱۹±۰/۴۵	NS
شاخص وضعیت (٪)	۱/۲۱±۰/۰۶	۱/۲۲±۰/۰۸	۱/۲۵±۰/۱۱	۱/۲۸±۰/۰۸	۱/۲۶±۰/۰۷	NS
نرخ بازماندگی (٪)	۹۶/۶۷±۳/۳۳	۹۷/۷۸±۱/۹۲	۹۵/۵۶±۱/۹۲	۹۵/۵۶±۱/۹۲	۹۴/۴۴±۱/۹۲	NS

جدول ۲: فاکتورهای کیفی آب پرورشی ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلوک با نسبت کربن به ازت متفاوت (میانگین±انحراف معیار)

Table 2: Quality parameters of rearing water for common carp fish in biofloc system with different C:N ratios (Mean±SD).

شاخص		شاهد	نسبت ۱۱:۱	نسبت ۱۵:۱	نسبت ۱۹:۱	نسبت ۲۳:۱	Anova
درجه حرارت	صبح	۲۷/۶۲±۱/۱۷	۲۷/۷۱±۱/۱۷	۲۷/۷۰±۱/۱۷	۲۷/۶۷±۱/۱۷	۲۷/۶۵±۱/۲۳	NS
	عصر	۲۷/۷۴±۱/۰۷	۲۷/۷۷±۱/۱۶	۲۷/۶۴±۱/۱۶	۲۷/۷۵±۱/۱۵	۲۷/۶۹±۱/۰۹	NS
pH	صبح	۸/۲۹±۰/۲۱ ^{a}	۸/۰۴±۰/۱۵ ^{b}	۸/۰۰±۰/۱۴ ^{b}	۸/۰۰±۰/۱۳ ^{b}	۸/۰۰±۰/۱۵ ^{b}	S
	عصر	۸/۱۸±۰/۱۵ ^{a}	۸/۰۴±.۰/۱۳ ^{b}	۷/۹۹±۰/۱۲ ^{b}	۷/۹۹±۰/۱۲ ^{b}	۷/۹۷±۰/۱۴ ^{b}	S
اکسیژن محلول	صبح	۶/۴۲±۰/۳۹	۶/۴۴±۰/۴۴	۶/۴۲±۰/۴۵	۶/۴۱±۰/۴۶	۶/۴۰±۰/۴۸	NS
	عصر	۶/۴۲±۰/۴۵	۶/۴۳±۰/۴۴	۶/۴۲±۰/۴۰	۶/۴۳±۰/۴۷	۶/۴۳±۰/۴۳	NS
TDS		۲/۲۴±۰/۱۹ ^{a}	۲/۷۵±۰/۲۹ ^{b}	۲/۸۰±۰/۳۷ ^{bc}	۲/۸۶±۰/۴۲ ^{cd}	۲/۸۹±۰/۴۴ ^{d}	S
EC		۳۱۸۷±۵۹/۱۸ ^{a}	۳۹۰۲±۳۰/۰۲ ^{b}	۳۹۸۱±۱۶/۴۹ ^{bc}	۴۰۶۷±۵۱/۸۳ ^{cd}	۴۱۱۱±۳۵/۵۰^{d}	S
TSS		۵۰/۲۸±۲/۱۵ ^{a}	۲۵۵/۵۹±۳/۰۷ ^{b}	۳۸۳/۷۶±۳/۹۵ ^{c}	۵۰۴/۷۰±۴/۳۴ ^{d}	۶۱۹/۰۱±۵/۰۶^{e}	S
FV		۱/۸۳±۰/۲۵ ^{a}	۲۳/۰۳±۰/۸۹ ^{b}	۲۷/۶۷±۱/۲۹ ^{c}	۳۰/۳۳±۱/۲۵ ^{d}	۳۵/۵۳±۱/۵۶^{e}	S
TAN		۱/۰۴±۰/۰۳ ^{a}	۰/۶۲±۰/۰۳ ^{b}	۰/۴۲±۰/۰۱ ^{c}	۰/۳۶±۰/۰۱ ^{d}	۰/۳۶±۰/۰۱^{d}	S
NO_2		۰/۱۷±۰/۰۱ ^{a}	۰/۱۲±۰/۰۱ ^{b}	۰/۱۱±۰/۰۱ ^{b}	۰/۰۹±۰/۰۱ ^{c}	۰/۰۸±۰/۰۱^{c}	S
NO_3		۶۴/۳۰±۲/۸۰ ^{a}	۴۸/۷۶±۱/۴۷ ^{b}	۴۵/۸۳±۱/۳۵ ^{bc}	۴۲/۹۱±۱/۳۲ ^{cd}	۳۹/۹۲±۱/۲۹^{d}	S

TDS (میزان کل مواد محلول)، EC (هدایت الکتریکی)، TSS (کل مواد جامد معلق)، FV (حجم فلوکه های زیستی)، TAN (ازت آمونیاکی کل)، NO_2 (نیتریت) و NO_3 (نیترات)

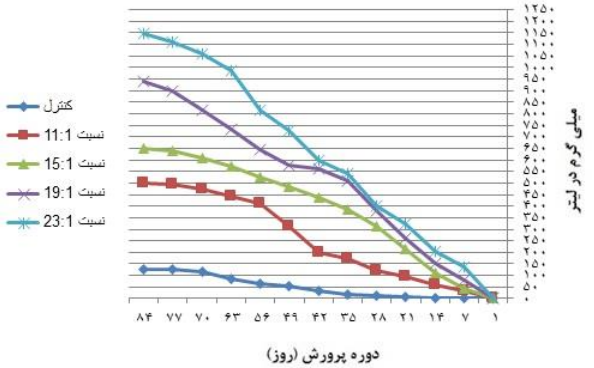
تغییرات میزان درجه حرارت آب در طول دوره پرورش ماهی کپور معمولی با یک روند افزایشی از ابتدای دوره تا انتهای آن در محدوده ۳۰/۵-۲۴/۳ درجه سانتی‌گراد بود. میزان pH صبح و عصر بین تیمارهای بیوفلوک با نسبت‌های متفاوت کربن به ازت بدون اختلاف معنی‌دار بود ولی نسبت به تیمار کنترل پایین‌تر ثبت شد ($p<۰/۰۵$). میانگین میزان EC، TDS، TSS و FV در

www.SID.ir

Archive of SID

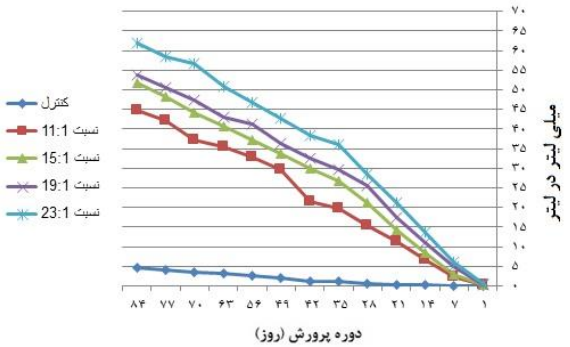
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]
Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

تیمارهای پرورشی در سیستم بیوفلوک با نسبت‌های مختلف کربن به ازت به میزان قابل ملاحظه‌ای بالاتر از میزان آنها در تیمار شاهد ثبت گردید. روند افزایشی در میزان این شاخص‌ها با افزایش نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوک مشهود بود بطوریکه بالاترین و پایین‌ترین مقدار آنها در تیمار با نسبت کربن به ازت ۲۳ و شاهد مشاهده شد. روند تغییرات میزان TSS و FV ثبت شده در طول دوره در این تحقیق بترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. بالاترین میزان TSS و FV به ترتیب ۱۱۵۹/۶ میلی گرم در لیتر و ۶۳/۹۵ میلی لیتر بر لیتر و در تیمار با نسبت کربن به ازت ۲۳ به ثبت رسید.



شکل ۱: تغییرات میزان TSS در طول دوره آزمایش با سیستم بیوفلوک و نسبت کربن به ازت متفاوت

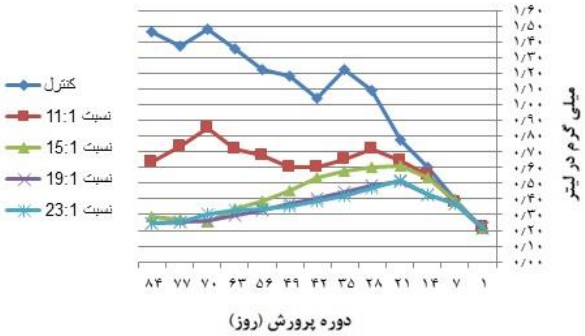
Figure 1: TSS changes during the experiment in biofloc system with different C:N ratios.



شکل ۲: تغییرات میزان FV در طول دوره آزمایش با سیستم بیوفلوک و نسبت کربن به ازت متفاوت

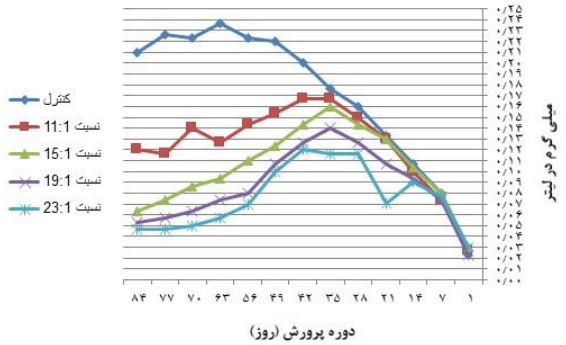
Figure 2: FV changes during the experiment in biofloc system with different C:N ratios.

الگوی تغییرات میانگین میزان TAN و نیتریت به‌طور مشابه بود و با افزایش نسبت کربن به ازت روند کاهشی نشان داد. بالاترین و پایین‌ترین مقدار میزان TAN به‌ترتیب در تیمار شاهد و تیمارهای با نسبت کربن به ازت ۱۹ و ۲۳ و بالاترین و پایین‌ترین میزان میانگین نیتریت بترتیب در تیمار شاهد و تیمارهای با نسبت کربن به ازت ۱۹ مشاهده گردید. بالاترین و پایین‌ترین میانگین میزان نیترات بترتیب در تیمار شاهد و تیمار با نسبت کربن به ازت ۲۳ ثبت شد. با افزایش نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوک یک روند کاهشی در میزان نیترات مشاهده گردید. بهر حال میزان تغییرات TAN، نیتریت و نیترات در طول دوره آزمایش بترتیب در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است.



شکل ۳: تغییرات میزان TAN در طول دوره آزمایش در سیستم بیوفلوک و نسبت کربن به ازت متفاوت

Figure 3: TAN changes during the experiment in biofloc system with different C:N ratios.



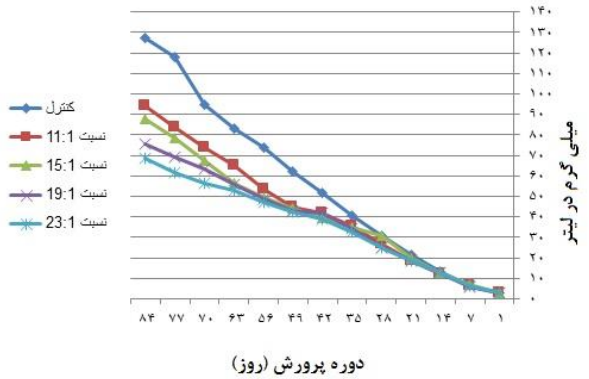
شکل ۴: تغییرات میزان نیتریت در طول دوره آزمایش با سیستم بیوفلوک و نسبت کربن به ازت متفاوت

Figure 4: Nitrite changes during the experiment in biofloc system with different C:N ratios.

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]
Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019



شکل ۵: تغییرات میزان نیترات در طول دوره آزمایش با سیستم بیوفلوک و نسبت کربن به ازت متفاوت

Figure 5: Nitrate changes during the experiment in biofloc system with different C:N ratios.

بحث

دامنه مناسب درجه حرارت جهت رشد مطلوب و بهینه کپور ماهیان ۳۲-۲۴ درجه سانتی گراد، pH در حدود ۸/۵-۶/۵ و میزان اکسیژن محلول بالاتر از ۵ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است. همچنین رشد بهینه باکتری‌های هتروترف موثر در سیستم بیوفلوک در درجه حرارت بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد (Bakhshi *et al*., 2018; Najdegerami *et al*., 2016). علاوه بر این، درجه حرارت آب تأثیر مستقیمی بر میزان تشکیل فلوکه‌های زیستی در سیستم پرورشی دارد و افزایش یا کاهش بیش از حد آن میزان تراکم و رشد آنها را تحت تأثیر قرار خواهد داد و درصورت افزایش بیش از حد فلوکه‌های زیستی اثرات غیر مستقیم درجه حرارت بر میزان کدورت و کاهش اکسیژن محلول مشاهده می‌شود. میزان فاکتورهای محیطی به‌دست آمده در این تحقیق در محدوده مطلوب و فاقد اثر محدودکنندگی خاصی بر عملکرد ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلوک می‌باشد. با این وجود، تغییر میزان نسبت کربن به ازت بر میزان pH تاثیر معنی‌داری داشت بطوریکه با افزایش میزان این نسبت مقدار pH کاهش یافت. اما این تغییرات در محدوده قابل تحمل ماهیان کپور معمولی می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق افزایش میزان نسبت کربن به ازت تاثیر معنی‌داری بر میزان EC و TDS ایجاد نمود. میزان TDS غیر قابل تحمل در ماهیان آب شیرین در حدود ۲۰۰۰۰-۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر گزارش شده و آستانه قابل تحمل آن کمتر از ۴۰۰ میلی گرم در لیتر ذکر شده است (Noga, 2000). میزان EC و TDS بستگی به مقدار مواد محلول در آب دارد و یک نسبت مستقیم بین مواد محلول و این پارامترها گزارش شده است. با توجه به اینکه در این مطالعه از منبع کربن آلی جهت تنظیم نسبت کربن به ازت استفاده گردید، این مسأله منجر به تغییر و افزایش معنی‌دار میزان مواد محلول شد. میزان میانگین TSS در تیمارهای مختلف از ۶۲۰ میلی گرم در لیتر بالاتر نرفت. اما مقدار آن در انتهای دوره در تیمار با نسبت کربن به ازت ۲۳ بالاتر از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر رسید. افزایش میزان مقدار TSS و FV در سیستم بیوفلوک با افزایش میزان نسبت کربن به ازت در برخی تحقیقات ذکر شده است. Schrader و همکاران (۲۰۱۱) اشاره نمودند که بیشترین میزان TSS ثبت شده با افزایش نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوک جهت پرورش گربه ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*)، ۶۰۴/۲۸ میلی گرم در لیتر بود. Azim و Little (۲۰۰۸) عنوان نمودند با وجود استفاده از جداساز فلوکه‌های زیستی جهت حفظ میزان فلوکه‌های زیستی در سطح ۵۰۰ میلی گرم در لیتر جهت پرورش ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) با نسبت کربن به ازت ۸/۴ و ۱۱/۲، اما اغلب میزان TSS به ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر به خصوص در نیمه دوم آزمایش رسید. در یک سیستم دیگر بیوفلوک ماهی لارو تیلاپیای نیل، میزان TSS در روزهایی انتهایی دوره پرورشی (۶۰ روزه) به بالاتر از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر رسید (Martins *et al*., 2017). این موضوع می‌تواند ناشی از انباشته شدن فلوکه‌های زیستی در سیستم پرورشی به علت جداسازی ناکافی باشد که منجر به بالا رفتن تدریجی مواد جامد معلق خواهد شد. در سیستم‌های بیوفلوک به دلیل کاهش تبادل آبی، ورودی بالای مواد آلی و نرخ رشد بالای باکتری‌های هتروتروف میزان TSS افزایش می‌یابد. همچنین به طور طبیعی در این سیستم پرورشی با افزایش نسبت کربن به ازت، رشد و ایجاد فلوکه‌های زیستی تسریع می‌گردد و مقدار آنها در سیستم افزایش می‌یابد که منجر به بالا رفتن میزان مواد جامد معلق می‌گردد (Crab *et al*., 2007; Ebeling *et al*., 2006). میزان مواد معلق موجود در سیستم پرورش آبزیان میزان کدورت آب پرورشی را تعیین می نماید و غلظت TSS بالا در سیستم بیوفلوک می تواند بر عملکرد تنفس آبزی پرورشی تأثیر منفی گذاشته یا باعث تغییرات در ترکیب موجودات زنده تشکیل دهنده فلوکه‌ها شود (Crab *et al*., 2007). به طورکلی، برای کپور ماهیان مقدار ۶۰۰ میلی گرم در لیتر مواد معلق نیز قابل تحمل می باشد (Avnimelech, 2007). در تحقیق حاضر، علایم منفی ظاهری در ماهیان پرورشی مشاهده نگردید که نشان‌دهنده آن

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]
Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

است که احتمالاً میزان هوادهی در حد مطلوب و مورد نیاز ماهیان و فلوکه های زیستی انجام گرفته است.

میزان تولید توده فلوکه‌های زیستی در آب پرورشی بیشتر از نوع منبع کربنی به میزان سطح کربن آلی در سیستم بیوفلوک بستگی دارد (Schneider *et al*., 2006). افزایش میزان حجم فلوکه‌های زیستی با افزودن منبع کربنی به آب پرورش در سیستم بیوفلوک نشان‌دهنده توده‌سازی زیستی (Biofloculation) می‌باشد که به دنبال آن منجر به افزایش توده باکتری‌های هتروتروف در سیستم می‌گردد (Burford *et al*., 2003). در این تحقیق میانگین میزان فلوکه‌های زیستی در طول دوره در تیمارهای مختلف ۳۶-۲۳ میلی‌لیتر بر لیتر متغیر بود و با افزایش میزان نسبت کربن به ازت مقدار آنها افزایش یافت. Schrader و همکاران (۲۰۱۱) دامنه تغییرات میزان مواد جامد قابل ته نشست (FV) در سیستم بیوفلوک جهت پرورش گربه ماهی کانالی با تراکم‌های مختلف را ۶۵/۵-۲۷/۹ میلی گرم در لیتر گزارش نمودند. از دیگر عوامل موثر بر میزان فلوکه‌های زیستی در سیستم پرورشی مقدار مصرف آنها بوسیله گونه پرورشی می‌باشد (De Schryver *et al*., 2008) بطوریکه برحسب میزان استفاده گونه پرورشی از این مواد در سیستم مقدار آنها متغیر می‌شود.

میزان مواد ازته TAN و نیتریت در تیمارهای با نسبت مختلف کربن به ازت در ابتدای دوره پرورش یک روند افزایشی نشان دادند و بعد از ۲۱-۱۴ روز روند کاهشی در مقدار آنها به ثبت رسید و تا پایان دوره با نوساناتی در مقادیر نسبتاً پایین ثبت شد در حالیکه در تیمار شاهد این روند افزایشی تا نزدیک به روز ۳۵ دروه پرورشی ادامه یافت و سپس مقدار آن در سطوح بالاتری از مقدار آنها در تیمارهای با نسبت کربن به ازت مختلف در نوسان بود. به طور مشابه Luo و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که حداکثر میزان TAN و نیتریت در ۲۰ روز اول دوره پرورشی با سیستم بیوفلوک رخ داد. در سیستم بیوفلوک جهت پرورش ماهی روهو (*Labeo rohita*) نیز Mahanand و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که میزان دامنه تغییرات TAN در ابتدای دوره آزمایش از ۰/۰۲ میلی گرم در لیتر شروع گردید و پس از روند افزایشی در ابتدای دوره بعد از یک ماه به دامنه ۰/۵۵ تا یک میلی‌گرم در لیتر رسید و تیمارهای مختلف تقریباً در این محدوه تا پایان دوره آزمایش (تقریباً سه ماهه) نوسان داشتند. Zhang و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که میزان TAN و نیتریت در طول دوره پرورش ماهی تیلاپیای نیل در سیستم بیوفلوک بترتیب کمتر از دو و نیم میلی‌گرم در لیتر تثبیت گردید. Luo و همکاران (۲۰۱۴) ذکر نمودند که در مخازن با سیستم بیوفلوک در ابتدای دوره میزان TAN عمدتاً به دلیل تجزیه مواد آلی مانند ضایعات دفعی ماهیان و میکروب‌های مرده افزایش یافت. اما مقدار آن بسرعت توسط باکتری‌های هتروترفِ ایجاد شده با استفاده از افزودن کربن آلی جذب و ذخیره شد و مقدار آن روند کاهشی نشان داد. با این وجود، تجمع نیتروژن در سلول‌های میکروبی موقت است زیرا سلول‌ها بسرعت از بین می‌روند و در زمان تجزیه آنها آمونیاک آزاد می‌شود. بنابراین، TAN به طور مکرر طی یک چرخه بین آمونیاک محلول و فلوکه‌های زیستی جامد در گردش است. بنظر می‌رسد که استفاده از نسبت‌های مختلف کربن به ازت با ملاس در سیستم بیوفلوک با تأثیر معنی‌دار بر میزان ترکیبات ازته سمی توانسته است شرایط مطلوبی برای پرورش ماهیان کپور معمولی ایجاد نمایند. Ray و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند رابطه‌ای معکوس بین میزان مواد معلق و مقدار ترکیبات ازته سمی نظیر TAN و نیتریت وجود دارد بطوریکه با افزایش مواد معلق مقدار این مواد کاهش می‌یابد. افزایش میزان نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوک سبب افزایش میزان تراکم باکتری‌های هتروترف در سیستم پرورشی می‌گردد (Ebeling *et al*., 2006). مشابه همین وضعیت در تحقیق حاضر مشاهده گردید بطوریکه افزایش میزان فلوکه‌های زیستی به دلیل افزایش میزان نسبت کربن به ازت منجر به کاهش میزان TAN و نیتریت گردید و مقدار آنها را در بازه‌ای مطلوب برای ماهیان کپور معمولی پرورشی نگهداشت.

افزایش نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوک تأثیر معنی‌داری بر میزان نیترات گذاشت و منجر به کاهش آن در تیمارهای بیوفلوک گردید که مطابق با نتایج سایر مطالعات از جمله Azim و Little (۲۰۰۸) می‌باشد. در سیستم بیوفلوک با نسبت کربن به ازت بالا نیتروژن معدنی به دلیل جذب توسط فلوکه های متراکم پرورشی به نیتروژن آلی تبدیل می‌شود. از سوی دیگر، همه تیمارهای پرورشی از ابتدا تا انتهای دوره پرورش یک روند افزایشی در میزان نیترات نشان دادند که احتمالاً به دلیل نرخ بالای نیتریفیکاسیون در سیستم بیوفلوک است. بر خلاف نتایج حاضر، Luo و همکاران (۲۰۱۴) عنوان کردند که در طول کل دوره آزمایش، تجمع نیترات در سیستم بیوفلوک با استفاده از منبع کربن استات سدیم جهت پرورش ماهی تیلاپیای نیل مشاهده نگردید. باکتری‌ها توانایی مصرف نیترات موجود را در آب سیستم پرورشی دارند و سبب پیشگیری از تجمع این ماده می‌گردند. بعلاوه، احتمالاً نیترات

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]

Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

قابلیت استفاده توسط فیتوپلانکتون‌ها به عنوان منبع نیتروژن را هنگامی که غلظت آمونیاک بسیار کم یا موجود نباشد، دارد (Green, 2015).

فاکتور وضعیت و شاخص‌های کبدی و احشایی اطلاعات کلی در خصوص سلامت و وضعیت محیط زیست آبزی در یک مقطع زمانی را ارائه می‌دهند. با توجه به نتایج غیر معنی‌دار در مقدار شاخص کبدی و احشایی در تیمارهای مختلف به نظر می‌رسد که افزایش نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوک اثرات منفی و قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد فیزیولوژیک و سلامت ماهیان پرورشی نگذاشته است و عدم وجود اختلاف معنی‌دار در میزان مرگ و میر ماهیان پرورشی در تیمارهای مختلف نیز مؤید همین مطلب است. در تیمار با نسبت کربن به ازت ۲۳ با وجود وفور فلوکه‌های زیستی احتمالاً کاهش کیفیت آب به علت افزایش مواد معلق آن منجر به ایجاد شرایط غیر مطلوب تغذیه‌ای، افزایش استرس و کاهش سهولت دسترسی به غذا و در نتیجه، کاهش مصرف از فلوکه‌های زیستی گردیده است که با کاهش میزان شاخص کبدی قابل ردیابی است.

افزایش نسبت کربن به ازت منجر به تغییر معنی‌داری در میزان فاکتور وضعیت نگردید و تغییرات این شاخص از روند ثابت تبعیت ننمود. به طور کلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده از شاخص وضعیت در این تحقیق و سایر مطالعات صورت گرفته بنظر می‌رسد در سیستم بیوفلوک استفاده از نسبت کربن به ازت تا ۱۹ برای گونه پرورشی اثرات مضر و منفی بر شرایط فیزیولوژیک و کارایی رشد و تغذیه ندارد. اما در صورت افزایش آن احتمالاً شرایط محیطی، نامطلوب گردیده و بر شرایط فیزیولوژیک گونه پرورشی تاثیر منفی بگذارد که همراه با کاهش تغذیه و نهایتاً پایین آمدن سرعت افزایش وزن بدن ماهیان خواهد بود.

در مورد نرخ بازماندگی نیز در مطالعات دیگر در گونه‌های مختلف نتایج مشابه تحقیق حاضر گزارش گردیده است. Wang و همکاران (۲۰۱۵) ابراز داشتند که در میزان بازماندگی ماهی کاراس (*Carassius auratus*) پرورشی بین تیمارهای با نسبت کربن به ازت متفاوت در سیستم بیوفلوک و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. علاوه بر این، نبود اختلاف معنی‌دار در میزان نرخ بازماندگی لارو تیلاپیای نیل در هر دو سیستم بیوفلوک و بدون بیوفلوک گزارش گردید (Ekasari *et al*., 2015). Mahanand و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که استفاده از فلوکه‌های زیستی به صورت خشک و مرطوب در سیستم پرورشی تأثیر معنی‌داری بر میزان بازماندگی ماهیان روهو پرورشی در سیستم بیوفلوک طی ۹۰ روز نگذاشت و همه تیمارهای آزمایشی میزان ۱۰۰ درصد بازماندگی را ثبت نمودند. بهرحال با توجه به نتایج این تحقیق، عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در میزان نرخ بازماندگی بین تیمارهای مختلف بیوفلوک با نسبت‌های متفاوت کربن به ازت نشان‌دهنده مناسب بودن شرایط جهت پرورش ماهیان کپور معمولی در این سیستم پرورشی می‌باشد. در جمع‌بندی با توجه به ترکیب نتایج بدست آمده از اثرات افزایش میزان نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوک جهت پرورش ماهیان کپور معمولی بر فاکتورهای کیفی آب، عملکرد رشد و تغذیه ماهیان بنظر می‌رسد نسبت کربن به ازت ۱۹ منجر به بهبود کیفیت آب پرورشی از نظر کاهش مقدار مواد ازته سمی (TAN و نیتریت)، افزایش میزان کمی فلوکه‌های زیستی و به تبع آن تغذیه مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آنها و بهبود عملکرد رشد و تغذیه و تأثیر مثبت بر سلامت ماهیان کپور معمولی پرورشی همراه با بازماندگی قابل قبول می‌گردد. در همین راستا می‌توان این نسبت را با استفاده از ملاس نیشکر به عنوان منبع کربن به عنوان نسبت کربن به ازت قابل قبول جهت نیل به اهداف فوق در پرورش گونه کپور معمولی در سیستم جدید بیوفلوک پیشنهاد نمود هرچند با توجه به جدید بودن مباحث این سیستم در پرورش آبزیان کشور، تحقیقات بیشتری برای پیشنهادهای قطعی مورد نیاز است.

منابع

خانجانی م.ح.، سجادی م.م.، علی زاده م. و سوری نژاد ا. ۱۳۹۴ (الف). تاثیر نسبت های مختلف غذادهی بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقاء پست لاروهای میگوی سفید غربی با استفاده از تکنولوژی بیوفلوک. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴ (۲): ۱۳-۲۸.

خانجانی م.ح.، علی زاده م.، سجادی م.م. و سوری نژاد ا. ۱۳۹۴ (ب). تاثیر منابع مختلف کربن بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقای میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) در سیستم پرورشی بدون تعویض آب (بیوفلوک). مجله علمی شیلات ایران، ۲۴ (۳): ۷۷-۹۱.

مینابی خ.، سوری نژاد ا.، علیزاده م. و رجب‌زاده قطرمی، ا. ۱۳۹۸. اثرات افزودن منابع مختلف کربن در سیستم بیوفلوک بر عملکرد رشد، تغذیه و شاخص‌های کیفی آب در پرورش ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، ۷ (۱): ۵۵-۷۶.

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]

Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

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): 29-35. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.06.036.

Bakar, N.S.A., Nasir, N.M., Lananan, F., Hamid, S.H.A., Lam, S.S. and Jusoh, A., 2015. Optimization of C/N ratios for nutrient removal in aquaculture system culturing African catfish (*Clarias gariepinus*) utilizing Bioflocs Technology. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 102: 100-106. DOI: 10.1016/j.ibiod.2015.04.001.

Bakhshi, F., Najdegerami, E.H., Manaffar, R., Tukmechi, A., Rahmani Farah, K., 2018. Use of different carbon sources for the biofloc system during the grow-out culture of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquaculture*, 484: 259-267. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.11.036.

Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H. and Pearson, D.C., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219: 393-411. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00575-6.

Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P. and Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270: 1-14. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2007.05.006.

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*, 277: 125-137. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.019.

Ahmad, I., Rani, A.M.B., Verma, A.K. and Maqsood, M. 2017. Biofloc technology: an emerging avenue in aquatic animal healthcare and nutrition. *Aquaculture International*, 25: 1215-1226. DOI: 10.1007/s10499-016-0108-8.

Anand, P.S.S., Kumar, S., Panigrahi, A., Ghoshal, T.K., Dayal, J.S., Biswas, G., Sundaray, J.K., De, D., Raja, R.A., Deo, A.D., Pillai, S.M. and Ravichandran, P., 2013. Effects of C:N ratio and substrate integration on periphyton biomass, microbial dynamics and growth of *Penaeus monodon* juveniles. *Aquaculture International*, 21(2): 511-524. DOI: 10.1007/s10499-012-9585-6.

Asaduzzaman, M., Wahab, M., Verdegem, M., Huque, S., Salam, M. and Azim, M., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280(1-4): 117-123. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.04.019.

Avnimelech, Y., 2006. Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, 34(3): 172–178. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2005.04.001.

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

Avnimelech, Y., 2012. Biofloc technologyda practical guide book. 2nd ed. Baton Rouge, United States: The World Aquaculture Society. 258 p.

Avnimelech, Y. and Kochba, M., 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using 15 N tracing. *Aquaculture*, 287(1-2): 163-168. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.10.009.

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]
Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

Ebeling, J.M., Timmons, M.B. and Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257: 346-358. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.03.019.

Ekasari, J., Rivandi, D. R., Firdausi, A. P., Surawidjaja, E. H., Zairin, M., Bossier, P. and De Schryver, P., 2015. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*, 441: 72-77. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.02.019.

Green, B.W., 2015. Performance of a temperate-zone channel catfish biofloc technology production system during winter. *Aquacultural Engineering*, 64: 60-67. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2014.11.001.

Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L. and Tan, H., 2014. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, 422-423: 1-7. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.11.023.

Mahanand, S.S., Moulick, S. and Rao, P.S., 2013. Optimum formulation of feed for rohu, Labeo rohita (Hamilton), with biofloc as a component. *Aquaculture international*, 21(2): 347-360. DOI: 10.1007/s10499-012-9557-x.

Martins, G.B., Tarouco, F., Rosa, C.E. and Robaldo, R.B., 2017. The utilization of sodium bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality, growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 468: 10-17. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.046.

Najdegerami, E.H., Bakhshi, F. and Bagherzadeh Lakani, F., 2016. Effects of biofloc on growth performance, digestive enzyme activities and liver histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings in zero-water exchange system. *Fish Physiology and Biochemistry*, 42(2): 457-465. DOI: 10.1007/s10695-015-0151-9.

Noga, E.J., 2000. Fish Disease, Diagnosis and Treatment. Lowastate University Press. Iowa USA, 367 p.

Pérez-Fuentes, J.A., Hernández-Vergara, M.P., Pérez-Rostro, C.I. and Fogel, I., 2016. C: N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. *Aquaculture*, 452: 247-251. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.11.010.

Piedrahita, R.H., 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, 226(1-4): 35-44. DOI: 10.1016/S0044-8486(03)00465-4.

Ray, A.J., Dillon, K.S. and Lotz., J.M., 2011. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. *Aquacultural Engineering*, 45(3): 127-136. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2011.09.001.

Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H. and Verreth, J.A., 2006. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. *Aquaculture*, 261(4): 1239-1248. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.08.053.

Schrader, K.K., Green, B.W. and Perschbacher, P.W., 2011. Development of phytoplankton

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]

Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

communities and common off-flavors in a biofloc technology system used for the culture of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquacultural Engineering*, 45(3): 118-126. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2011.08.004.

Wang, G., Yu, E., Xie, J., Yu, D., Li, Z., Luo, W., Qiu, L. and Zheng, Z., 2015. Effect of C/N ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation in feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. *Aquaculture*, 443: 98-104. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.03.015.

Wei, Y., Liao, S.A. and Wang, A.L., 2016. The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. *Aquaculture*, 465: 88-93. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.08.040.

Zhang, N., Luo, G., Tan, H., Liu, W. and Hou, Z., 2016. Growth, digestive enzyme activity and welfare of tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a biofloc-based system with poly-β-hydroxybutyric as a carbon source. *Aquaculture*, 464: 710-717. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.08.013.

Zhao, Z., Xu, Q., Luo, L., Wang, C.a., Li, J. and Wang, L., 2014. Effect of feed C/N ratio promoted bioflocs on water quality and production performance of bottom and filter feeder carp in minimum-water exchanged pond polyculture system. *Aquaculture*, 434: 442-448. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.09.006.

www.SID.ir

Archive of SID

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119089]

Downloaded from isfj.ir at 10:27 +0330 on Wednesday December 11th 2019

Effects of using different C/N ratios in biofloc system on growth performance, feeding and water quality indices of common carp (*Cyprinus carpio*) culture

Minabi Kh.[1]; Sourinejad I.[2*]; Alizadeh M.[3]; Rajabzadeh Ghatrmi E.[4]

[*]sourinejad@hormozgan.ac.ir

1- Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2- Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3- National Research Center off Saline waters Aquatics, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization(AREEO) - Bafgh azd - Iran
4-Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khoramshahr University of Marine Science and Technology, Iran.

Abstract

Effects of using various ratios of C:N in biofloc system on growth performance, feeding indices and culture water quality of common carp with mean weight of 14.17±0.36 g were investigated during 90 days in experimental treatments including control (no extra carbon source) and four treatments with different C:N ratios of 11, 15, 19 and 23 each with 3 replicates. The increase in C:N ratio had a significant effect on growth and feeding indices of cultured common carp in treatments ($p<0.05$). The highest final weight and weight gain, the lowest FCR and the highest SGR were observed in C:N ratio of 19. No significant difference was observed in survival rate among different treatments indicating that the culture condition was suitable for common carp in this biofloc system. Hepatosomatic and visceral indices did not show significant differences between treatments with different C:N ratios ($p> 0.05$). Water quality indices including DO, pH, TDS, EC, TSS, FV, TAN, nirtite and nitrate showed significant differences in biofloc system with different C:N ratios ($p<0.05$). The mean values of FV and TSS in biofloc system increased with increasing C:N ratio. The variation pattern of the mean TAN and nitrite were the same as each other and reverse to the trend of TSS and FV showed a decreasing trend with increasing C:N ratio. These trends indicate the significant removal of nitrogenous compounds by bioflocs. In conclusion, using C:N ratio of 19 with molasses as carbon source in biofloc system could be recommended to improve water quality, growth and feeding performance of cultured common carp.

Keywords: *Biofoc system, C/N ratio, Water quality, Common carp*

[*]Corresponding author

www.SID.ir