

# 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<sup>۱</sup>، ایمان سوری نژاد<sup>۲\*</sup>، مرتضی علیزاده<sup>۳</sup>، ابراهیم رجب زاده قطرمی<sup>۴</sup>

<sup>\*</sup>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
- ۴- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: مرداد 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  $14/17 \pm 0.36$  گرم 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 ۱، 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 معنی داری بر میزان شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان کپور معمولی پرورشی در تیمارهای مختلف داشت ( $p < 0.05$ ). بالاترین میزان وزن نهایی و افزایش 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 معنی دار در میزان نرخ بازنده‌گی بین تیمارهای مختلف بیانگر مناسب بودن شرایط پرورش ماهیان کپور معمولی در این سیستم در مطالعه حاضر می‌باشد. شاخص‌های وضعیت کبدی و احشایی اختلاف معنی داری 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 ندادند ( $p > 0.05$ ). 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

**مقدمه**

نتیجه سبب کمک به توسعه فلوکهای زیستی در درون سیستم گردد (Asaduzzaman *et al.*, 2008; Anand *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 2014 و Bakar *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 2014) گزارش کردند که فلوکهای زیستی در سیستم بیوفلوك جهت پرورش گریمه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) از روز ششم دوره پرورش پس از افزودن ملاس نیشکر مشاهده شدند و نیز شکل‌گیری فلوکهای زیستی به دلیل بالا بودن میزان نسبت کربن به ازت از طریق افزودن ملاس در سیستم بیوفلوك نسبت به تیمار شاهد بود. مصرف میکرووارگانیزم‌های فعال در سیستم بیوفلوك 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 بیوفلوك 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.*, 2014; Zhao *et al.*, 2016). مطالعه حاضر در راستای بررسی اثرات استفاده از نسبت‌های مختلف کربن به ازت در سیستم بیوفلوك 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 بیوفلوك**  
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 آبیان شوش خریداری و پس از نگهداری در مزرعه و رسیدن به میانگین وزنی  $14/17 \pm 0/36$  گرم برای تحقیق حاضر استفاده شدند. ماهیان به مدت ۱۴ روز قبل از شروع آزمایش جهت سازگاری با جیره غذایی پیش پروری فرودونه تجاری شرکت تولید خوراک آبیان 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.

در حال حاضر، استفاده از سیستم بیوفلوك (Biofloc system) یا سیستم توده‌ساز زیستی برای پرورش آبیان 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 Avnimelech, 2006; Wang *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2016; Ahmad *et al.*, 2017 *al.*). این سیستم همچنین با صرفه‌جویی در مصرف منابع، بخصوص آب شربین 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 بیوفلوك از طریق اضافه کردن منبع کربنی یا کاهش محتوای پروتئین در خوراک می‌توان با ایجاد فلوکهای 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 باکتریابی قابل استفاده به عنوان مواد مغذی مکمل برای گونه پرورشی (Avnimelech, 2007)، افزایش کارایی غذایی با مصرف فلوکهای ایجاد شده به طور مدام در سیستم پرورشی بوسیله گونه پرورشی میزان بهره‌وری از منابع (Wei *et al.*, 2016) و افزایش میزان پریستی محیط پرورش آبزی (Pérez-Fuentes *et al.*, 2016) اشاره نمود.

از مهم‌ترین عوامل موثر بر کارایی سیستم بیوفلوك می‌توان به نوع منبع کربوهیدرات مورد استفاده به عنوان منبع کربن و میزان نسبت کربن به ازت مطلوب موجود در دسترس باکتری-های هتروتوف اشاره نمود (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۴). (De Schryver *et al.*, 2008; Bakhshi *et al.*, 2018) نسبت کربن به ازت در بسیاری از جیره‌های غذایی مورد استفاده در سیستم‌های آبزی پروری متراکم و نیمه متراکم در حدود ۱۰ می‌باشد و نسبت کربن به ازت نسبتاً بالا ۱۰-۲۰ برای استقرار فلوکهای 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)

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 هوازه‌ی گردید به طوری که میزان اکسیژن محلول بالای پنج میلی گرم در لیتر ثبیت شد. در طول دوره آزمایش در تیمارهای سیستم بیوفلوك جز برای جبران تبخیر آب و آب برداشت شده جهت انجام آزمایش‌های کیفی آب (حدود ۱-۲ 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 زیست‌سنگی هر دو هفته یکبار جهت بررسی وضعیت سلامت آنها ارزیابی می‌گردید.

#### شاخص‌های کیفی آب

درجه حرارت آب (سانتی‌گراد)، میزان اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر) با دستگاه اکسیژن‌متر سیار AZ-8403 (AZ Instrument Corp.، تایوان، pH روزانه صبح و عصر با دستگاه مولتی‌متر دیجیتال 35 PC Testr، Eutech Instruments Co.، آمریکا، میزان کل مواد محلول (TDS) (گرم در لیتر) و هدایت الکتریکی (EC) ( $\mu\text{mho/cm}$ ) (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 اندازه‌گیری 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 بیوفلوك اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری 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).

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 به هر یک از ۱۵ مخازن پرورشی افزوده شد تا به عنوان ذخیره اولیه فلوکه‌های زیستی 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 به صورت 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 غذاده 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 این که ۷۵ درصد ازت مصرفی در جیره غذایی از طریق دفع متابولیکی ماهی و به صورت غذای خورده نشده به آب دفع می‌گردد (Piedrahita, 2003) با وارد کردن غلظت‌های مختلفی از کربن به تانک‌های پرورشی تغییر کرد. مقدار منبع کربوهیدرات‌محاسبه 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 کanal اصلی مزارع پرورشی ماهیان گرمابی منتقل شده از رودخانه کارون تأمین شده و پس از عبور از فیلتر شنی مزروعه مذکور استفاده گردید. درجه حرارت آب و دوره نوری تابع شرایط طبیعی بود. در طول دوره پرورش جهت هوازه‌ی تانک‌های بتونی از هواهه دمنده مرکزی (Airblower) از نوع STREAM ساخت کشور

### شاخص‌های رشد، تغذیه و بازماندگی

در انتهای دوره آزمایش، غذاهی به مدت ۲۴ ساعت قطع شده و پس از زیست‌سنگی، شاخص‌های رشد و تغذیه به شرح ذیل

$$\begin{aligned} & \text{اندازه گیری شدن} (\text{Zhang et al., 2016}) \\ & 100 \times \{\text{تعداد ماهیان در انتهای آزمایش} - \text{تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش}\} = \text{نرخ بازماندگی} \\ & \text{وزن اولیه بدن (گرم)} - \text{وزن نهایی بدن (گرم)} = \text{افزایش وزن (گرم)} \\ & 100 \times (\text{کل روزهای پرورش} / \text{وزن اولیه} - \ln \text{وزن نهایی}) = \text{نرخ رشد ویژه} \\ & \text{پروتئین مصرف شده (گرم)} / \text{افزایش وزن کپور معمولی (گرم)} = \text{نسبت بازده پروتئینی} \\ & \text{افزایش وزن (گرم)} / \text{غذای مصرف شده (گرم)} = \text{نسبت تبدیل غذایی} \\ & 100 \times (\text{وزن کل بدن (گرم)} / \text{وزن کبد (گرم)}) = \text{شاخص هپاتوسوماتیک} \\ & 100 \times (\text{وزن کل بدن (گرم)} / \text{وزن احشاء (گرم)}) = \text{شاخص احشایی} \\ & 100 \times (\text{طول کل بدن}^3 / \text{وزن بدن (گرم)}) = \text{فاکتور وضعیت} \\ & \text{تعداد ماهی در هر تانک} / \text{کل وزن غذای خورده شده} = \text{غذای مصرف شده برای هر ماهی} \end{aligned}$$

بیوفلوك 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 بیوفلوك با نسبت‌های مختلف کربن به ازت اختلاف معنی‌داری نشان داد ( $p < 0.05$ ). شاخص‌های نسبت تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه و نسبت تبدیل پروتئین نیز اختلاف معنی‌داری نشان دادن ( $p < 0.05$ ). کمترین پروتئین نیز ( $2/36 \pm 0.05$ ) و بیشترین ( $2/23 \pm 0.07$ ) میزان نسبت تبدیل غذایی و بیشترین ( $1/59 \pm 0.03$ ) و کمترین ( $1/49 \pm 0.01$ ) 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 بیوفلوك 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 ( $p > 0.05$ ).

### نتایج

#### شاخص‌های رشد و تغذیه

میانگین شاخص‌های مختلف رشد، تغذیه و وضعیت ماهیان کپور معمولی پرورشی در سیستم بیوفلوك 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 ( $p > 0.05$ ). میانگین میزان وزن نهایی و افزایش وزن بدن ماهیان کپور معمولی پرورشی در سیستم بیوفلوك با نسبت‌های مختلف کربن به ازت دارای اختلاف معنی‌داری بود ( $p < 0.05$ ). بالاترین ( $0.24 \pm 0.05$  گرم) و پایین‌ترین ( $0.08 \pm 0.04$  گرم) میزان وزن نهایی و بالاترین ( $40/28 \pm 0.05$  گرم) و پایین‌ترین ( $45/21 \pm 0.04$  گرم) افزایش وزن بدن ماهی کپور معمولی پرورشی در سیستم

**شاخص‌های کیفی آب**  
میانگین پارامترهای مختلف کیفی آب پرورشی ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلوك 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)، TAN، EC، TDS، FV، TSS، نیتریت و نیترات اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف پرورشی در سیستم بیوفلوك با نسبت‌های مختلف کربن به ازت مشاهده گردید ( $p < 0.05$ ).

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

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

Anova	۲۳:۱	نسبت	۱۹:۱	نسبت	۱۵:۱	نسبت	۱۱:۱	نسبت	شاهد	شاخص‌ها
NS	۱۴/۱۲ $\pm$ ۰/۴۹	۱۴/۱۵ $\pm$ ۰/۴۳	۱۴/۱۶ $\pm$ ۰/۳۴	۱۴/۱۹ $\pm$ ۰/۴۶	۱۴/۲۰ $\pm$ ۰/۳۹	وزن اولیه بدن (g)				
NS	۱۱/۰۷ $\pm$ ۰/۴۳	۱۱/۱۰ $\pm$ ۰/۳۶	۱۱/۱۰ $\pm$ ۰/۴۴	۱۱/۱۲ $\pm$ ۰/۳۶	۱۱/۱۳ $\pm$ ۰/۳۴	طول اولیه بدن (cm)				
S	۵۶/۶۲ $\pm$ ۰/۱۴ <sup>b</sup>	۵۹/۳۶ $\pm$ ۰/۲۴ <sup>c</sup>	۵۶/۱۰ $\pm$ ۰/۳۵ <sup>b</sup>	۵۴/۷۳ $\pm$ ۰/۲۴ <sup>a</sup>	۵۴/۴۹ $\pm$ ۰/۹۸ <sup>a</sup>	وزن نهایی بدن (g)				
NS	۱۶/۰۱ $\pm$ ۰/۲۹	۱۶/۶۸ $\pm$ ۰/۳۶	۱۶/۵۳ $\pm$ ۰/۵۱	۱۶/۴۶ $\pm$ ۰/۳۴	۱۶/۵۳ $\pm$ ۰/۳۱	طول نهایی بدن (cm)				
S	۴۲/۴۹ $\pm$ ۰/۰۸ <sup>d</sup>	۴۵/۲۱ $\pm$ ۰/۴۷ <sup>d</sup>	۴۱/۹۳ $\pm$ ۰/۶۴ <sup>bc</sup>	۴۰/۰۳ $\pm$ ۰/۴۸ <sup>ab</sup>	۴۰/۰۲۸ $\pm$ ۰/۰۹ <sup>a</sup>	افزايش وزن (g)				
NS	۹۹/۰۳ $\pm$ ۱/۹۱	۱۰۰/۸۶ $\pm$ ۲/۵۸	۹۷/۰۰ $\pm$ ۲/۰۹	۹۴/۰۵ $\pm$ ۱/۳۲	۹۵/۰۴ $\pm$ ۳/۵۷	غذای مصرفی هر ماهی (g)				
S	۲/۳۴ $\pm$ ۰/۰۲ <sup>ab</sup>	۲/۲۳ $\pm$ ۰/۰۷ <sup>b</sup>	۲/۳۱ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>ab</sup>	۲/۳۳ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>ab</sup>	۲/۳۶ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>a</sup>	نسبت تبدیل غذایی				
S	۰/۰۴۴ $\pm$ ۰/۰۰۱ <sup>ab</sup>	۰/۰۴۵ $\pm$ ۰/۰۰۱ <sup>b</sup>	۰/۰۴۴ $\pm$ ۰/۰۰۱ <sup>ab</sup>	۰/۰۴۲ $\pm$ ۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۴۲ $\pm$ ۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	نسبت بازده پروتئین				
S	۱/۰۴ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۵۹ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>b</sup>	۱/۰۵۳ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۵۰ $\pm$ ۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱/۰۴۹ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>a</sup>	نرخ رشد ویژه				
NS	۱/۰۵۶ $\pm$ ۰/۰۴	۱/۰۵۹ $\pm$ ۰/۰۷	۱/۰۵۵ $\pm$ ۰/۰۶	۱/۰۴۴ $\pm$ ۰/۰۶	۱/۰۴۹ $\pm$ ۰/۰۹	شاخص کبدی (%)				
NS	۹/۱۹ $\pm$ ۰/۴۵	۸/۲۸ $\pm$ ۰/۳۹	۹/۲۵ $\pm$ ۰/۷۴	۹/۱۱ $\pm$ ۰/۶۷	۹/۲۱ $\pm$ ۰/۲۶	شاخص اشتایپی (%)				
NS	۱/۲۶ $\pm$ ۰/۰۷	۱/۲۸ $\pm$ ۰/۰۸	۱/۲۵ $\pm$ ۰/۱۱	۱/۲۲ $\pm$ ۰/۰۸	۱/۲۱ $\pm$ ۰/۰۶	شاخص وضعیت (%)				
NS	۹۴/۴۴ $\pm$ ۱/۹۲	۹۵/۵۶ $\pm$ ۱/۹۲	۹۵/۵۶ $\pm$ ۱/۹۲	۹۷/۷۸ $\pm$ ۱/۹۲	۹۶/۶۷ $\pm$ ۳/۳۳	نرخ بازماندگی (%)				

جدول ۲: فاکتورهای کیفی آب پرورشی ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلوك با نسبت کربن به ازت متفاوت (میانگین $\pm$  انحراف معیار)

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

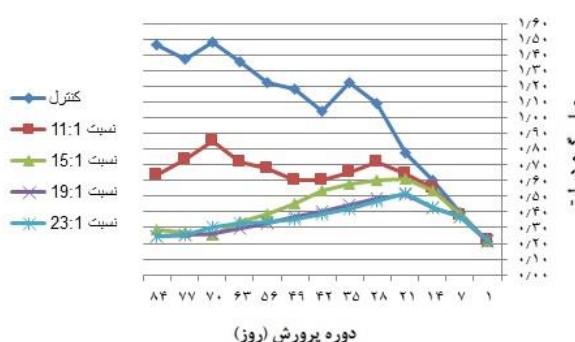
Anova	۲۳:۱	نسبت	۱۹:۱	نسبت	۱۵:۱	نسبت	۱۱:۱	نسبت	شاهد	شاخص
NS	۲۷/۶۵ $\pm$ ۱/۲۳	۲۷/۶۷ $\pm$ ۱/۱۷	۲۷/۷۰ $\pm$ ۱/۱۷	۲۷/۷۱ $\pm$ ۱/۱۷	۲۷/۶۲ $\pm$ ۱/۱۷	درجه حرارت	صبح			
NS	۲۷/۶۹ $\pm$ ۱/۰۹	۲۷/۷۵ $\pm$ ۱/۱۵	۲۷/۶۹ $\pm$ ۱/۱۶	۲۷/۷۷ $\pm$ ۱/۱۶	۲۷/۷۴ $\pm$ ۱/۰۷	عصر				
S	۸/۰۰ $\pm$ ۰/۱۵ <sup>b</sup>	۸/۰۰ $\pm$ ۰/۱۳ <sup>b</sup>	۸/۰۰ $\pm$ ۰/۱۴ <sup>b</sup>	۸/۰۴ $\pm$ ۰/۱۵ <sup>b</sup>	۸/۲۹ $\pm$ ۰/۲۱ <sup>a</sup>	صبح	pH			
S	۷/۹۷ $\pm$ ۰/۱۴ <sup>b</sup>	۷/۹۹ $\pm$ ۰/۱۲ <sup>b</sup>	۷/۹۹ $\pm$ ۰/۱۲ <sup>b</sup>	۸/۰۴ $\pm$ ۰/۱۳ <sup>b</sup>	۸/۱۸ $\pm$ ۰/۱۵ <sup>a</sup>	عصر				
NS	۶/۴۰ $\pm$ ۰/۴۸	۶/۴۱ $\pm$ ۰/۴۶	۶/۴۲ $\pm$ ۰/۴۵	۶/۴۴ $\pm$ ۰/۴۴	۶/۴۲ $\pm$ ۰/۳۹	اکسیژن محلول	صبح			
NS	۶/۴۳ $\pm$ ۰/۴۳	۶/۴۳ $\pm$ ۰/۴۷	۶/۴۲ $\pm$ ۰/۴۰	۶/۴۳ $\pm$ ۰/۴۴	۶/۴۲ $\pm$ ۰/۴۵	عصر				
S	۲/۸۹ $\pm$ ۰/۴۴ <sup>d</sup>	۲/۸۶ $\pm$ ۰/۴۲ <sup>cd</sup>	۲/۸۰ $\pm$ ۰/۳۷ <sup>bc</sup>	۲/۷۵ $\pm$ ۰/۲۹ <sup>b</sup>	۲/۲۴ $\pm$ ۰/۱۹ <sup>a</sup>	TDS				
S	۴۱۱۱ $\pm$ ۳۵/۰۵ <sup>d</sup>	۴۰۶۷ $\pm$ ۵۱/۸۳ <sup>cd</sup>	۳۹۸۱ $\pm$ ۱۶/۴۹ <sup>bc</sup>	۳۹۰۲ $\pm$ ۳۰/۰۲ <sup>b</sup>	۳۱۸۷ $\pm$ ۵۹/۱۸ <sup>a</sup>	EC				
S	۶۱۹/۰۱ $\pm$ ۰۵/۰۶ <sup>e</sup>	۵۰۴/۷۰ $\pm$ ۴/۳۴ <sup>d</sup>	۳۸۳/۷۶ $\pm$ ۳/۹۵ <sup>c</sup>	۲۵۵/۵۹ $\pm$ ۳/۰۷ <sup>b</sup>	۵۰/۲۸ $\pm$ ۲/۱۵ <sup>a</sup>	TSS				
S	۳۵/۰۳ $\pm$ ۱/۰۵ <sup>e</sup>	۳۰/۳۳ $\pm$ ۱/۲۵ <sup>d</sup>	۲۷/۶۷ $\pm$ ۱/۲۹ <sup>c</sup>	۲۲/۰۳ $\pm$ ۰/۸۹ <sup>b</sup>	۱/۸۳ $\pm$ ۰/۲۵ <sup>a</sup>	FV				
S	۰/۳۶ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>d</sup>	۰/۳۶ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>d</sup>	۰/۴۲ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup>	۰/۶۲ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>b</sup>	۱/۰۴ $\pm$ ۰/۰۳ <sup>a</sup>	TAN				
S	۰/۰۸ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup>	۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup>	۰/۱۱ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۱۲ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۱۷ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>a</sup>	NO <sub>2</sub>				
S	۳۹/۹۲ $\pm$ ۱/۲۹ <sup>d</sup>	۴۲/۹۱ $\pm$ ۱/۳۲ <sup>cd</sup>	۴۵/۸۳ $\pm$ ۱/۳۵ <sup>bc</sup>	۴۸/۷۶ $\pm$ ۱/۴۷ <sup>b</sup>	۶۴/۳۰ $\pm$ ۲/۸۰ <sup>a</sup>	NO <sub>3</sub>				

TDS (میزان کل مواد محلول)، EC (هدایت الکتریکی)، TSS (کل مواد جامد معلق)، FV (حجم فلوکه های زیستی)، TAN (ازت آمونیاکی کل)، NO<sub>2</sub> (نیتریت) و NO<sub>3</sub> (نیترات)

عصر بین تیمارهای بیوفلوك با نسبت‌های متفاوت کربن به ازت بدون اختلاف معنی دار بود ولی نسبت به تیمار کنترل پایین تر ثبت شد ( $p<0.05$ ). میانگین میزان EC، TDS، EC، FV و TSS در

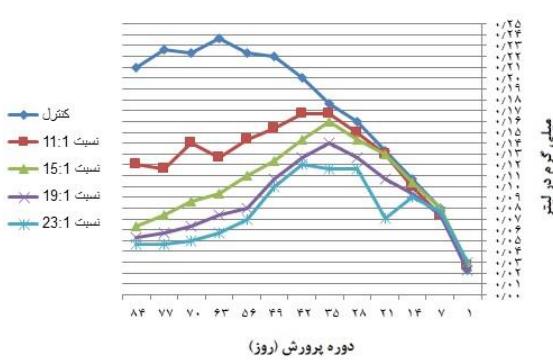
تغییرات میزان درجه حرارت آب در طول دوره پرورش ماهی کپور معمولی با یک روند افزایشی از ابتدای دوره تا انتهای آن در محدوده ۲۴/۳-۳۰/۵ درجه سانتیگراد بود. میزان pH صبح و

بالاترین و پایین‌ترین مقدار میزان TAN به ترتیب 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 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

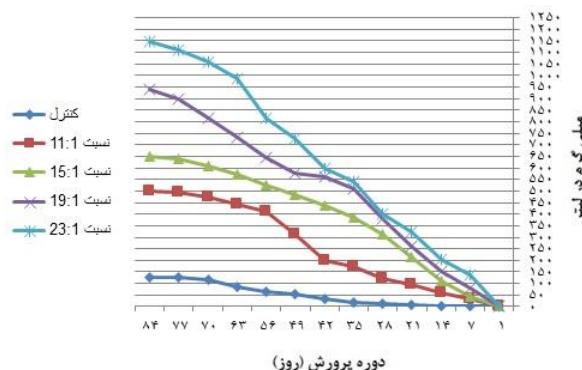
Figure 3: TAN changes during the experiment in biofloc system with different C:N ratios.



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

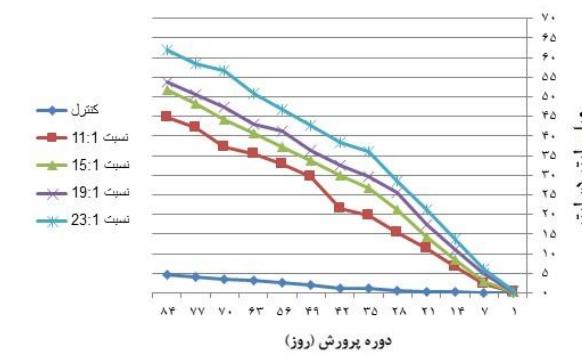
Figure 4: Nitrite changes during the experiment in biofloc system with different C:N ratios.

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 FV و TSS به ازت ۲۳ نشان داده شده در طول دوره در این تحقیق بترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده 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.

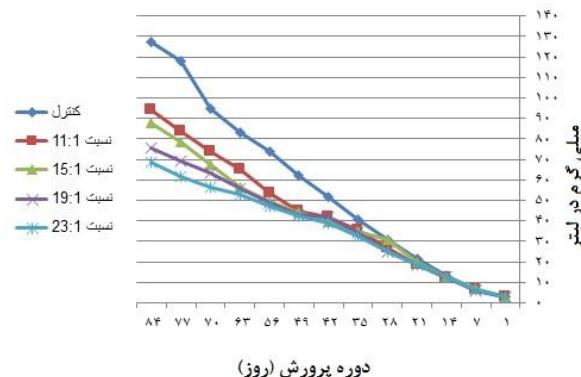


شکل ۲: تغییرات میزان FV در طول دوره آزمایش با سیستم بیوفلوک و نسبت کربن به ازت متفاوت

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

الگوی تغییرات میانگین میزان TAN و نیتریت به طور مشابه بود و با افزایش نسبت کربن به ازت روند کاهشی نشان داد.

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 مسئله منجر به تعییر 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 بالاتر از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر رسید. افزایش میزان 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. Little و Azim (۲۰۰۸) عنوان نمودند با وجود استفاده از جداساز فلوکهای زیستی جهت حفظ میزان فلوکهای 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 انتها از دوره پرورشی (۶۰ روزه) به بالاتر از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر رسید (Martins *et al.*, 2017). این موضوع می‌تواند ناشی از انباسته شدن فلوکهای 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 فلوکهای زیستی تسريع می‌گردد و مقدار آنها در سیستم افزایش می‌یابد که منجر به بالا رفتن میزان مواد جامد معلق می‌گردد (Crab *et al.*, 2006; Ebeling *et al.*, 2007). میزان مواد معلق موجود در سیستم پرورش آبزیان میزان کدورت آب پرورشی را تعیین می‌نماید و غلظت TSS بالا در سیستم بیوفلوک می‌تواند بر عملکرد تنفس آبزی پرورشی تأثیر منفی گذاشته یا باعث تعییرات در ترکیب موجودات زنده تشکیل دهنده فلوکهای شود (Crab *et al.*, 2007). به طور کلی، برای کپور ماهیان مقدار ۶۰۰ میلی گرم در لیتر مواد معلق نیز قابل تحمل می‌باشد (Avnimelech, 2007). در تحقیق حاضر، علایم منفی ظاهری در ماهیان پرورشی مشاهده نگردید که نشان‌دهنده آن



شکل ۵: تعییرات 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 ۲۴-۳۲ درجه سانتی گراد، pH در حدود ۶/۵-۸/۵ میزان اکسیژن محلول بالاتر از ۵ میلی گرم در لیتر گزارش شده است. همچنین رشد بهینه باکتری‌های هتروتروف موثر در سیستم بیوفلوک در درجه حرارت بالاتر از ۲۰ درجه سانتی گراد Bakhshi *et al.*, 2018; Najdegerami *et al.*, 2016. علاوه بر این، درجه حرارت آب تأثیر مستقیمی بر میزان تشکیل فلوکهای 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 در صورت افزایش بیش از حد فلوکهای زیستی اثرات غیر مستقیم درجه حرارت بر میزان کدورت و کاهش اکسیژن محلول مشاهده می‌شود. میزان فاکتورهای محیطی به دست آمده در این تحقیق در محدوده مطلوب و فاقد اثر محدودکننده‌گی خاصی بر عملکرد ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلوک می‌باشد. با این وجود، تعییر میزان نسبت کربن به ازت بر میزان pH تأثیر معنی‌داری داشت بطوريکه با افزایش میزان این نسبت مقدار pH کاهش یافت. اما این تعییرات در محدوده قابل تحمل ماهیان کپور معمولی می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق افزایش میزان نسبت کربن به ازت تأثیر معنی‌داری بر میزان EC و TDS ایجاد نمود. میزان TDS غیر قابل تحمل در ماهیان آب شیرین در حدود ۵۰۰۰-۲۰۰۰۰ 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

ثبتیت گردید. Luo و همکاران (۲۰۱۴) ذکر نمودند که در مخازن با سیستم بیوفلوك در ابتدای دوره میزان TAN عمدها به دلیل تجزیه مواد آلی مانند ضایعات دفعی ماهیان و میکروب‌های مرده افزایش یافت. اما مقدار آن بسرعت توسط باکتری‌های هترووترف 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 وقت است زیرا سلول‌ها بسرعت از بین می‌رونند 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 ملams در سیستم بیوفلوك 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 بیوفلوك سبب افزایش میزان تراکم باکتری‌های هترووترف 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 آن در TAN و نیتریت گردید و مقدار آنها را در بازه‌ای مطلوب برای ماهیان کپور معمولی پرورشی نگهداشت.

افزایش نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوك تأثیر معنی‌داری بر میزان نیترات‌گذاشت و منجر به کاهش آن در تیمارهای بیوفلوك گردید که مطابق با نتایج سایر مطالعات از جمله Azim و Little (۲۰۰۸) می‌باشد. در سیستم بیوفلوك با نسبت کربن به ازت بالا نیتروژن آلی تبدیل می‌شود. از فلوکه‌های 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 بیوفلوك است. بر خلاف نتایج حاضر، Luo و همکاران (۲۰۱۴) عنوان کردند که در طول کل دوره آزمایش، تجمع نیترات در سیستم بیوفلوك 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

است که احتمالاً میزان هواهدی در حد مطلوب و مورد نیاز ماهیان و فلوکه‌های زیستی انجام گرفته است. میزان تولید توده فلوکه‌های زیستی در آب پرورشی بیشتر از نوع منبع کربنی به میزان سطح کربن آلی در سیستم بیوفلوك بستگی دارد (Schneider et al., 2006). افزایش میزان حجم فلوکه‌های زیستی با افزودن منبع کربنی به آب پرورش در سیستم بیوفلوك نشان‌دهنده توده‌سازی (Bioflocculation) (Burford et al., 2003) در این تحقیق میانگین میزان فلوکه‌های زیستی در طول دوره در تیمارهای مختلف ۲۳–۳۶ میلی لیتر 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 بیوفلوك 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 بر حسب 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 کاهشی نشان دادند و بعد از ۱۴–۲۱ روز روند کاهشی در مقدار آنها به ثبت رسید و تا پایان دوره با نوساناتی در مقدادر نسبتاً پایین ثبت شد در حالیکه در تیمار شاهد این روند افزایشی تا نزدیک به روز ۳۵ در رو 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 بیوفلوك رخ داد. در سیستم بیوفلوك 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 میلی گرم در لیتر رسید و تیمارهای مختلف تقریباً در این محدوده 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 بیوفلوك بترتیب کمتر از دو و نیم میلی گرم در لیتر

روه پرورشی در سیستم بیوفلوك طی ۹۰ روز نگذاشت و همه تیمارهای آزمایشی میزان ۱۰۰ درصد بازماندگی را ثبت نمودند. بهر حال با توجه به نتایج این تحقیق، عدم مشاهده اختلاف معنی دار در میزان نرخ بازماندگی بین تیمارهای مختلف بیوفلوك با نسبت های متفاوت کربن به ازت نشان دهنده مناسب بودن شرایط جهت پرورش ماهیان کپور معمولی در این سیستم پرورشی می باشد. در جمع بندی با توجه به ترکیب نتایج بدست آمده از اثرات افزایش میزان نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوك جهت پرورش ماهیان کپور معمولی بر فاکتورهای کیفی آب، عملکرد رشد و تغذیه ماهیان بنظر می رسد نسبت کربن به ازت ۱۹ منجر به بهبود کیفیت آب پرورشی از نظر کاهش مقدار مواد ازته سمی (TAN و نیتریت)، افزایش میزان کمی فلوكهای زیستی و به تبع آن تغذیه مقادیر قابل ملاحظه ای از آنها و بهبود عملکرد رشد و تغذیه و تأثیر مثبت بر سلامت ماهیان کپور معمولی پرورشی همراه با بازماندگی قابل قبول می گردد. در همین راستا می توان 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 بیوفلوك پیشنهاد نمود هرچند با توجه به جدید بودن مباحثت این سیستم در پرورش آبزیان کشور، تحقیقات بیشتری برای پیشنهادهای قطعی مورد نیاز است.

## منابع

- خانجانی م.ح، سجادی م.م، علیزاده م. و سوری نژاد. ۱۳۹۴ (الف). تأثیر نسبت های مختلف غذاده هی بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقاء پست لاروهای میگوی سفید غربی با استفاده از تکنولوژی بیوفلوك. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۲): ۲۸-۱۳.
- خانجانی م.ح، علیزاده م، سجادی م.م، و سوری نژاد. ۱۳۹۴ (ب). تأثیر منابع مختلف مختلف کربن بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقاء میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) در سیستم پرورشی بدون تعویض آب (بیوفلوك). مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۳): ۷۷-۹۱.
- مینایی خ، سوری نژاد ا، علیزاده م. و رجبزاده قطرمی، ۱۳۹۸. اثرات افزودن منابع مختلف کربن در سیستم بیوفلوك بر عملکرد رشد، تغذیه و شاخص های کیفی آب در پرورش ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، ۷(۱): ۵۵-۷۶.

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

فاکتور وضعیت و شاخص های کبدی و احشایی اطلاعات کلی در خصوص سلامت و وضعیت محیط زیست آبری در یک مقطع زمانی را ارائه می دهند. با توجه به نتایج غیر معنی دار در مقدار شاخص کبدی و احشایی در تیمارهای مختلف به نظر می رسد که افزایش نسبت کربن به ازت در سیستم بیوفلوك اثرات منفی و قابل ملاحظه ای بر عملکرد فیزیولوژیک و سلامت ماهیان پرورشی نگذاشته است و عدم وجود اختلاف معنی دار 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 فلوكهای زیستی احتمالاً کاهش کیفیت آب به علت افزایش مواد معلق آن منجر به ایجاد شرایط غیر مطلوب تغذیه ای، افزایش استرس و کاهش سهوالت دسترسی به غذا و در نتیجه، کاهش مصرف از فلوكهای زیستی گردیده است که با کاهش میزان شاخص کبدی قابل ردیابی است.

افزایش نسبت کربن به ازت منجر به تغییر معنی داری در میزان فاکتور وضعیت نگردید و تغییرات این شاخص از روند ثابت تبعیت ننمود. به طور کلی، با توجه به نتایج به دست آمده از شاخص وضعیت در این تحقیق و سایر مطالعات صورت گرفته بنظر می رسد در سیستم بیوفلوك 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 تأثیر 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 گونه های 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 بیوفلوك و تیمار شاهد اختلاف معنی داری مشاهده نشد. علاوه بر این، نبود اختلاف معنی دار در میزان نرخ بازماندگی لارو تیلابیای نیل در هر دو سیستم بیوفلوك و بدون بیوفلوك گزارش گردید (Ekasari et al., 2015) و Mahanand و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که استفاده از فلوكهای زیستی به صورت خشک و مرطوب در سیستم پرورشی تأثیر معنی داری بر میزان بازماندگی ماهیان

- 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 bioflocs 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  $^{15}\text{N}$  tracing. *Aquaculture*, 287(1-2): 163-168. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.10.009.

- 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

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- $\beta$ -hydroxybutyric acid 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.

## 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.<sup>1</sup>; Sourinejad I.<sup>2\*</sup>; Alizadeh M.<sup>3</sup>; Rajabzadeh Ghatrmi E.<sup>4</sup>

\* 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  $14.17 \pm 0.36$  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, nitrite 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