Archive of SID

فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان
سال هفتم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

اثرات افزودن منابع مختلف کربن در سیستم بیوفلوک بر عملکرد رشد، تغذیه و شاخص‌های کیفی آب در پرورش ماهی کپور (*Cyprinus carpio*)

خلیل مینابی[۱]، ایمان سوری‌نژاد[۲]*، مرتضی علیزاده[۳]، ابراهیم رجب‌زاده قطرمی[۴]

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۹۷ تاریخ پذیرش: مرداد ۹۷

چکیده

اثرات افزودن منابع مختلف کربن در سیستم بیوفلوک بر عملکرد رشد، تغذیه و کیفیت آب در پرورش ماهیان کپور معمولی (میانگین وزن ۰/۸۹±۱۱ گرم) در مدت ۵۶ روز در پنج تیمار تغذیه‌ای شامل تیمار شاهد (بدون منبع کربن)، تیمار دوم با منبع کربن ملاس، تیمار سوم با منبع کربن آرد گندم، تیمار چهارم با منبع کربن باگاس نیشکر و تیمار پنجم با منبع کربن بلغور ذرت، هر یک با سه تکرار، بررسی شد. طبق نتایج، شاخص‌های رشد و تغذیه بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵)، اما میزان افزیش وزن بدن، بازماندگی، نرخ رشد ویژه و نسبت بازده پروتئین در تیمار دوم بالاتر و ضریب تبدیل غذایی مطلوب‌تر بود. میزان TSS و FV در تیمار شاهد پایین‌ترین و در تیمار دوم بالاترین میزان را نشان دادند، در صورتی که TAN و نیتریت روند عکس را نشان دادند. روند تغییرات TAN و نیتریت با تغییرات TSS و FV کاملا منطبق بود که نشان دهنده عملکرد و فعالیت فلوکه‌های زیستی در سیستم بیوفلوک در کاهش میزان مواد ازته و تثبیت آن‌ها در دامنه غیرمضر برای ماهیان کپور معمولی است. در مجموع، استفاده از منابع کربنی به ویژه ملاس در سیستم بیوفلوک برای بهبود شاخص‌های کیفی آب و عملکرد رشد و تغذیه در پرورش ماهیان کپور معمولی قابل پیشنهاد است.

واژگان کلیدی: *سیستم بیوفلوک، منابع کربن، کیفیت آب، کپور معمولی.*

۱- دانشجوی دکتری رشته شیلات، گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۳- دانشیار مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، یزد، ایران.
۴- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
* نویسنده مسئول: sourinejad@hormozgan.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از سیستم پرورشی بیوفلوک (Biofloc System) یا سیستم توده‌ساز زیستی به عنوان یک سیستم پرورشی که بر مبنای توسعه پایدار و حفاظت از اکوسیستم آبی با کاهش میزان مواد آلی موجود در سیستم پرورشی و پساب خروجی عمل می‌کند و همچنین باعث صرفه‌جویی در مصرف منابع آب به ویژه آب شیرین و زمین برای پرورش ماهی و میگو و در نهایت ایجاد تولیدات پایدار در واحد سطح می‌شود به طور چشمگیری مورد توجه پرورش‌دهندگان قرار گرفته است. پایه و اساس عملکرد سیستم بیوفلوک بر مبنای بازیابی ضایعات ایجاد شده در سیستم پرورشی مانند مواد ازته دفعی توسط ماهی از طریق آبشش و یا از طریق مدفوع و غذای خورده نشده و تبدیل آن‌ها به فلوکه‌ها یا توده‌های زیستی به عنوان منبع پروتئینی مکمل و تنظیم کیفیت آب توسط این توده‌های زیستی از طریق نیتریفیکاسیون مواد ازته و مصرف شدن توده‌ها به وسیله گونه پرورشی است (Azim and Little, 2008; Zhang et al., 2016). از مزایای این سیستم پرورشی می‌توان به تعویض آب کم، کاهش میزان پساب، تبدیل مواد ازته سمی (TAN و نیتریت) 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 (Wasielesky et al., 2006; Avnimelech, 2007)، افزایش کارایی غذایی با مصرف توده‌های زیستی ایجاد شده به طور مداوم در سیستم پرورشی به وسیله گونه پرورشی (Avnimelech, 2007; Emerenciano et al., 2012)، ذخیره‌سازی با تراکم بالا و افزایش میزان بهره‌وری از منابع (Wei et al., 2016) و افزایش میزان امنیت زیستی محیط پرورش آبزی اشاره کرد (Perez-Fuentes et al., 2016).

یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر کارایی سیستم بیوفلوک، نوع منبع کربوهیدرات مورد استفاده به عنوان منبع کربن و میزان نسبت کربن به ازت مطلوب موجود در دسترس باکتری‌های هتروتروف است (De Schryver et al., 2008). نسبت کربن به ازت در بسیاری از جیره‌های غذایی مورد استفاده در سیستم‌های آبزی پروری متراکم و نیمه‌متراکم در حدود ۱۰ است، در حالی که برای استقرار توده‌های زیستی در چنین سیستم‌هایی نسبت کربن به ازت نسبتا بالا بین ۱۰ تا ۲۰ توصیه شده است. برای

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش نسبت کربن به ازت معمولا از منابع کربوهیدرات به عنوان منبع کربن استفاده می‌شود (Zhao et al., 2014). به طور معمول از منابع کربنی مختلفی همچون ضایعات و محصولات جانبی کارخانه‌های وابسته به کشاورزی مانند ملاس، گلیسرول، باگاس (Crab et al., 2012)، استات (Crab et al., 2010)، آرد گندم (Azim and Little, 2008)، سبوس گندم همراه با ملاس (Emerenciano et al., 2012)، گلوکز، ساکارز و نشاسته، آرد ذرت و نمک جوهر سرکه در سیستم بیوفلوک برای افزایش نسبت کربن به ازت برای تحریک رشد جوامع میکروبی و تشکیل توده‌های زیستی استفاده می‌شود (Verma et al., 2016). انتخاب منبع کربن مناسب برای استفاده در سیستم بیوفلوک بستگی به قابلیت هضم آن (Khanjani et al., 2017)، قابلیت تجزیه زیستی، کارایی جذب توسط باکتری، قابلیت حل شدن در آب و میزان رسوب کم برای افزایش در دسترس قرارگیری آن‌ها برای باکتری و مقرون به صرفه بودن (Emerenciano et al., 2012) و قیمت منبع کربنی (Salehizadeh and Van Loosdrecht, 2004) دارد.

از ویژگی‌های لازم برای دستیابی به عملکرد بهتر گونه پرورشی در سیستم بیوفلوک می‌توان به مقاومت در تراکم بالا، عادت غذایی همه‌چیزخواری و یا قابلیت سازگاری دستگاه گوارش به جذب بهتر ذرات میکروبی و توانایی تحمل غلظت‌های بالای مواد معلق در آب اشاره کرد. در مطالعات اخیر توجه خاصی به استفاده از سیستم بیوفلوک در ماهیانی مانند ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Martins et al., 2017)، گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) (Schrader et al., 2011) و کپورماهیان (Zhao et al., 2014) و میگو (Liu et al., 2014) شده است. کپور معمولی یک گونه همه‌چیزخوار آب شیرین و کف‌زی، مقاوم در مقابل غلظت کم اکسیژن آب و استرس نسبتا بالا است و توانایی تحمل تراکم‌های خیلی بالا، دامنه وسیعی از شوری و دمای آب و نوسانات آن‌ها را دارد. علاوه بر این گزارش شده است که این گونه قابلیت استفاده از توده‌های باکتریایی تشکیل شده در سیستم بیوفلوک را به عنوان غذای ثانویه دارد که باعث تاثیر بر نرخ رشد و کاهش میزان ضریب تبدیل غذایی و همچنین منجر به تسهیل در جذب مواد مغذی جیره غذایی تجاری و تغییر در میزان ترکیبات بدن می‌شود (Zhao et al., 2014). در داخل کشور نیز گزارش‌های پراکنده در زمینه اجرای سیستم بیوفلوک بر روی میگو و

www.SID.ir

Archive of SID

ماهی ارائه شده است. خانجانی و همکاران (۱۳۹۴الف‌وب) تاثیر نسبت‌های مختلف غذادهی و منابع مختلف کربن را بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقای پست‌لاروهای میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei*) با استفاده از تکنولوژی بیوفلوک بررسی کردند. نتایج این مطالعات نشان داد که با سیستم پرورشی بیوفلوک و اضافه کردن مواد آلی کربن‌دار می‌توان میزان تعویض آب و میزان غذادهی را نسبت به وزن بدن در پرورش پست‌لارو این میگو کاهش داد و به بازیافت مواد زائد و بهبود کیفیت آب کمک کرد. همچنین حضور بیوفلوک سبب بهبود عملکرد رشد و تولید پست‌لارو میگو در این سیستم پرورشی شد (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۴الف‌وب). عظیمی و همکاران (۱۳۹۵) نیز اظهار داشتند که استفاده از نسبت کربن به ازت ۱۵ برای توسعه توده‌های زیستی، بهبود شاخص‌های کیفی آب و عملکرد رشد همراه با افزایش کارایی جیره غذایی و بهره‌وری مصرف آب برای پرورش بچه ماهی کپور معمولی مناسب است. استفاده از منابع مختلف کربن در سیستم بیوفلوک می‌تواند بر ساختار و ثبات توده‌های زیستی و ترکیبات بیوشیمیایی آن‌ها تاثیر به سزایی بگذارد و بنابراین انتخاب یک منبع کربنی مناسب نقش مهمی در اثرات توده‌های زیستی بر کیفیت آب و عملکرد رشد و تغذیه گونه پرورشی خواهد داشت (Verma et al., 2016; Wei et al., 2016). با توجه به این که هنوز اطلاعات کافی و جامع در مورد ابعاد مختلف استفاده از سیستم بیوفلوک با منابع مختلف کربن برای گونه کپور معمولی در دسترس نیست، بررسی اثرات افزودن منابع مختلف کربن محلی مانند ملاس، آرد گندم، باگاس نیشکر و بلغور ذرت در این سیستم بر عملکرد رشد، تغذیه و کیفیت آب پرورش ماهیان کپور معمولی در پژوهش حاضر مد نظر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی شرایط آزمایش

پژوهش حاضر در مزرعه پرورش ماهیان گرمابی ۱۴ هکتاری پلاک U۴۵ واقع در مجتمع پرورش ماهی آزادگان اهواز انجام شد. بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با میانگین وزن یک گرم از مرکز تکثیر ماهیان گرمابی شوش خریداری شدند و پس از نگهداری در مزرعه U۴۵ و رسیدن به میانگین وزنی ۱۱±۰/۸۹ گرم برای استفاده در پژوهش حاضر استفاده شدند. ماهیان به مدت ۱۴ روز قبل از شروع آزمایش برای سازگاری با جیره غذایی

www.SID.ir

Archive of SID

تجاری (فرادانه، تهران) دارای ۳۷/۸ درصد پروتئین خام، ۵/۵ درصد چربی خام، ۴/۲ درصد فیبر خام، ۷/۸ درصد مواد معدنی، ۴۴/۷ درصد عصاره بدون ازت، ۴۸/۸ درصد کربوهیدرات، ۶/۰۴ درصد ازت کل و ۱/۱۶ درصد تغذیه شدند.

دو هفته قبل از شروع دوره آزمایش برای آماده‌سازی ذخیره توده‌های زیستی، چهار وان بتونی با حجم ۴۰۰ لیتر از آب استخرهای پرورشی مزرعه U45 محل انجام آزمایش، آبگیری شدند. به هر وان ۴۰۰ گرم غذای تجاری ماهی کپور معمولی، ۱۰۰ گرم خاک از بستر استخر پرورش کپور ماهیان و دو گرم اوره (۴۶ درصد ازت) افزوده شد. بر حسب گزارش‌های موجود، مصرف یک گرم ازت نیاز به ۲۰ گرم کربن آلی دارد (Avnimelech, 1999). بنابراین از منابع کربن آلی استفاده شده در این پژوهش (ملاس نیشکر، آرد گندم، باگاس و بلغور ذرت) با فرض محتوی ۵۰ درصد کربن آلی در هر کدام، مقدار مورد نیاز محاسبه و به وان‌ها اضافه و وان‌ها به شدت با پمپ هواده مرکزی و سه سنگ هوا در هر وان هوادهی شدند. پس از ارزیابی کمی تشکیل توده‌های زیستی در وان‌های مختلف با منابع کربن متفاوت، نیم میلی‌لیتر در لیتر از توده‌ها به هر یک از مخازن پرورشی افزوده شد تا به عنوان ذخیره اولیه پیشران رشد توده‌های زیستی با منابع مختلف کربن در وان‌های پرورشی عمل کنند.

برای انجام آزمایش پنج تیمار شامل تیمار اول (تیمار شاهد) بدون منبع کربن اضافی، تیمار دوم با منبع کربن ملاس، تیمار سوم با منبع کربن آرد گندم، تیمار چهارم با منبع کربن باگاس نیشکر و تیمار پنجم با منبع کربن بلغور ذرت هر کدام با سه تکرار طراحی شد. میزان نسبت کربن به ازت در تیمارهای حاوی منبع کربنی ۱۵/۵ در نظر گرفته شد. مدت دوره انجام آزمایش ۵۶ روز بود.

مدیریت سیستم بیوفلوک

آزمایش با استفاده از ۱۵ وان بتونی مکعب مستطیل (طول ۸۰ سانتی‌متر، عرض ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع آبگیری ۱۰۰ سانتی‌متر) با حجم آب ۴۰۰ لیتر انجام شد. وان‌ها به صورت کاملا تصادفی برای تیمارهای مختلف استفاده شدند و با کمک سایه‌بان از تابش مستقیم نور آفتاب به آن‌ها جلوگیری شد. در هر وان ۳۰ عدد ماهی (جمعا ۴۵۰ قطعه) ذخیره‌سازی شد. در طول دوره آزمایش ماهیان دو بار در روز در ساعت‌های ۹ صبح و ۱۷ عصر غذادهی شدند. میزان غذادهی در دو هفته اول ۵ درصد وزن بدن بود و در دو هفته دوم به ۴ درصد وزن بدن

www.SID.ir

Archive of SID

و از دو هفته سوم تا انتهای دوره پرورش به ۳ درصد وزن بدن کاهش یافت. منابع مختلف کربن برای هر تیمار دو ساعت بعد از غذادهی صبح ماهیان پس از مخلوط و حل کردن آن‌ها در آب در ظرف جداگانه به وان‌های مورد نظر اضافه شدند.

آب مورد نیاز برای آزمایش از منبع آب ورودی کانال اصلی مزارع پرورشی ماهیان گرمابی منتقل شده از رودخانه کارون تامین و پس از عبور از فیلتر شنی مزرعه مذکور استفاده شد. در طول دوره پرورش برای هوادهی وان‌های بتونی از هواده مرکزی (Airblower، تک فاز با قدرت ۱/۵ کیلووات و دبی هوای ۱۸۰ مترمکعب در ساعت و حداکثر فشار ۲۱ کیلوپاسکال؛ HG-STREAM ،1500B، چین) استفاده شد. در طول دوره آزمایش در تیمارهای سیستم بیوفلوک جز برای جبران تبخیر آب و آب برداشت شده برای انجام آزمایش‌های کیفی آب (حدودا ۱ تا ۲ درصد)، تعویض آب انجام نشد. در صورتی که در تیمار شاهد روزانه ۲۰ درصد تعویض آب برای بهبود کیفیت آب و خارج کردن مواد دفعی انجام شد. میزان مرگ و میر روزانه برای به دست آوردن مقدار بازماندگی ثبت می‌شد و علایم ظاهری بدن و آبشش ماهیان نیز همزمان با زیست‌سنجی هر دو هفته یک بار برای بررسی وضعیت سلامت آن‌ها ارزیابی می‌شد.

شاخص‌های کیفی آب

مقدار دمای آب، میزان اکسیژن محلول و pH روزانه صبح و عصر، میزان کل مواد محلول (TDS) و هدایت الکتریکی (EC) هر روز یک مرتبه و میزان ازت آمونیاکی (TAN)، نیتریت، نیترات و کل مواد جامد معلق (TSS) و حجم توده‌های زیستی (FV) هر هفته اندازه‌گیری شدند. دما (سانتی‌گراد)، میزان کل مواد محلول (گرم در لیتر) و هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر) و pH آب با استفاده از دستگاه مولتی‌متر دیجیتال (PC Tester 35، Eutech Instruments، آمریکا) اندازه‌گیری شد. اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر) با استفاده از دستگاه اکسیژن‌متر سیار (AZ-8403، AZ Instrument Corporation، تایوان) در محل اندازه‌گیری شد. سطوح ازت آمونیاکی کل (میلی‌گرم در لیتر)، نیتریت (میلی‌گرم در لیتر) و نیترات (میلی‌گرم در لیتر) به طور هفتگی با استفاده از روش‌های استاندارد و دستگاه اسپکتروفتومتر (Ce 9200، Cecil، انگلستان) اندازه‌گیری شد (Schveitzer et al., 2013).

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین میزان توده‌های زیستی و کل مواد جامد معلق

هر هفته یک لیتر از آب هر وان در یک ظرف مخروطی برداشته شد و بعد از گذشت ۲۰ دقیقه و ته نشینی مواد، حجم توده‌های زیستی (FV) اندازه‌گیری و ثبت شد (Avnimelech and Kochba, 2009). همچنین مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه آب از هر تیمار برداشته شد و نیمی از آن برای اندازه‌گیری ترکیبات ازته استفاده شد و نیمی دیگر با عبور از کاغذ صافی (وزن شده از قبل) برای اندازه‌گیری مواد معلق فیلتر شد. سپس کاغذ صافی همراه با نمونه در داخل آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ تا ۳ ساعت قرار گرفت تا خشک شود و سپس با ترازو با دقت ۰/۰۱ میلی‌گرم وزن شد و از اختلاف وزن به دست آمده و وزن اولیه، مقدار مواد جامد معلق (TSS) اندازه‌گیری شد (Azim and Little, 2008).

شاخص‌های رشد، تغذیه و بازماندگی

در انتهای دوره آزمایش غذادهی به مدت ۲۴ ساعت قطع شد و پس از زیست‌سنجی، شاخص‌های رشد و تغذیه شامل نرخ بازماندگی (SR)[1]، افزایش وزن (WG)[2]، نرخ رشد ویژه (SGR)[3]، ضریب تبدیل غذایی (FCR)[4] و نسبت بازده پروتئینی (PER)[5] طبق رابطه‌های ۱ تا ۵ محاسبه شد (Zhang et al., 2016).

رابطه ۱:

$$SR\ (\%) = [(N_i - (N_i - N_f)) / N_i] \times 100$$

N_i: تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش؛ N_f: تعداد ماهیان در انتهای آزمایش.

رابطه ۲:

$$WG\ (g) = [(W_f - W_i)$$

W_i: وزن اولیه بدن (گرم)؛ W_f: وزن نهایی بدن (گرم).

رابطه ۳:

$$SGR\ (\%) = [(LnW_f - LnW_i) / t] \times 100$$

W_i: وزن اولیه (گرم)؛ W_f: وزن نهایی (گرم)؛ t: کل روزهای پرورش (روز).

رابطه ۴:

$$FCR = F / (WG)$$

F: غذای مصرف شده (گرم)؛ WG: افزایش وزن (گرم).

رابطه ۵:

$$PER = WG / P$$

WG: افزایش وزن (گرم)؛ P: پروتئین مصرف شده (گرم).

1- Survival Rate
2- Weight Gain
3- Specific Growth Rate
4- Food Conversion Ratio
5- Protein Efficiency Ratio

www.SID.ir

Archive of SID

آنالیز آماری داده‌ها

پژوهش حاضر در قالب یک طرح کاملا تصادفی برنامه‌ریزی و اجرا شد. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرینف و همگنی واریانس‌ها به وسیله آزمون Leven بررسی شد. از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای بررسی اختلاف بین تیمارهای با منابع مختلف کربن در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P<۰/۰۵) و برای مقایسه میانگین‌ها در صورت همگنی واریانس‌ها از پس‌آزمون توکی (Tukey) برای تعیین اختلاف بین تیمارها ستفاده شد. برای انجام آزمون‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد و تغذیه

میانگین شاخص‌های مختلف رشد و تغذیه ماهیان کپور معمولی پرورشی در سیستم بیوفلوک با استفاده از منابع مختلف کربن شامل ملاس، آرد گندم، باگاس نیشکر و بلغور ذرت در جدول ۱ گزارش شده است. به طور کلی همه شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای مورد بررسی در طی ۵۶ روز پرورش این ماهیان در سیستم بیوفلوک اختلاف معنی‌داری را در تیمار با منابع مختلف کربن نشان ندادند (P>۰/۰۵). بالاترین و پایین‌ترین میزان افزیش وزن بدن ماهی کپور معمولی به ترتیب در تیمار بیوفلوک با منبع کربن ملاس (۲۷/۱۳ گرم) و تیمار شاهد (بدون افزودن منبع کربنی؛ ۲۵/۰۳ گرم) مشاهده شد. میزان افزایش وزن در همه تیمارهای پرورشی در سیستم بیوفلوک با استفاده از منابع کربنی مختلف بالاتر از تیمار شاهد ثبت شد. مطلوب‌ترین ضریب تبدیل غذایی (۱/۴۹)، نرخ رشد ویژه (۲/۲۱ درصد) و نسبت بازده پروتئین (۰/۰۵۹) در تیمار بیوفلوک با منبع کربنی ملاس مشاهده شد. میزان بازماندگی در بین تیمارهای پرورشی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد و تیمار بیوفلوک با منبع کربنی ملاس با ۹۸/۹ درصد، بالاترین مقدار بازماندگی را نشان داد (P>۰/۰۵). کمترین میزان بازماندگی (۹۶/۶۷ درصد) به طور مشترک در تیمارهای شاهد، آرد گندم و بلغور ذرت ثبت شد.

شاخص‌های کیفی آب

میانگین شاخص‌های مختلف کیفی آب پرورشی ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلوک با استفاده از منابع مختلف کربن در جدول ۲ گزارش شده است. به طور کلی میزان

www.SID.ir

Archive of SID

دمای آب و اکسیژن محلول در بین تیمارهای مختلف پرورشی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). میانگین دمای آب در طول دوره پرورش ماهی در تیمارهای مختلف بین ۲۳/۷ تا ۲۴/۳ درجه سانتی‌گراد و میزان اکسیژن محلول در آب پرورشی در تیمارهای مختلف بین ۶/۶ تا ۶/۷ میلی‌گرم در لیتر بود.

میزان pH، TDS، EC، TSS، FV، TAN، نیتریت و نیترات اختلاف معنی‌داری را در بین تیمارهای مختلف نشان داد (P<۰/۰۵). میزان pH در تیمار با منابع مختلف کربن به طور معنی‌داری از تیمار شاهد پایین‌تر بود (P<۰/۰۵)، در حالی که بین تیمارهای با منابع متفاوت کربن اختلاف معنی‌داری در میزان pH مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

میانگین میزان EC و TDS در تیمارهای مختلف منابع کربن بالاتر از میزان آن‌ها در تیمار شاهد بود و بالاترین و پایین‌ترین میزان آن‌ها به ترتیب در تیمار با منبع کربنی ملاس (۳۷۰۷/۴ میکروموس بر سانتی‌متر و ۲/۶۲ گرم در لیتر) و تیمار شاهد (۳۰۰۷ میکرو موس بر سانتی‌متر و ۲/۱۲ گرم در لیتر) به دست آمد.

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

تیمار / شاخص	شاهد	ملاس	آرد گندم	باگاس نیشکر	بلغور ذرت
وزن اولیه (g)	۱۱/۰۳±۰/۴۵	۱۱/۰۶±۰/۴۳	۱۰/۹۸±۰/۴۵	۱۱/۱۱±۰/۳۸	۱۰/۹۹±۰/۵۳
وزن نهایی (g)	۳۶/۰۶±۱/۴۹	۳۸/۱۸±۰/۹۹	۳۷/۱۹±۱/۴۶	۳۶/۴۰±۱/۷۱	۳۶/۴۲±۱/۰۳
طول اولیه (cm)	۹/۶۵±۰/۴۸	۹/۶۶±۰/۴۲	۹/۶۳±۰/۴۲	۹/۶۸±۰/۳۶	۹/۶۷±۰/۴۰
طول نهایی (cm)	۱۶/۷۰±۰/۶۹	۱۷/۶۸±۰/۴۶	۱۷/۲۲±۰/۵۳	۱۶/۸۶±۰/۷۹	۱۶/۸۷±۰/۴۸
WG (g)	۲۵/۰۳±۱/۴۳	۲۷/۱۳±۰/۵۹	۲۶/۲۱±۰/۷۲	۲۵/۲۹±۲/۰۹	۲۵/۴۴±۰/۵۲
FCR	۱/۵۶±۰/۰۷	۱/۴۹±۰/۰۱	۱/۵۱±۰/۰۱	۱/۵۶±۰/۱۱	۱/۵۴±۰/۰۱
SGR	۲/۱۲±۰/۱۷	۲/۲۱±۰/۰۵	۲/۱۸±۰/۰۵	۲/۱۲±۰/۲۷	۲/۱۴±۰/۰۷
PER	۰/۰۵۷±۰/۰۰۳	۰/۰۵۹±۰/۰۰۱	۰/۰۵۸±۰/۰۰۱	۰/۰۵۷±۰/۰۰۴	۰/۰۵۷±۰/۰۰۱
SR (٪)	۹۶/۶۷±۳/۳۵	۹۸/۹۰±۱/۹۱	۹۶/۶۷±۳/۳۵	۹۷/۸۰±۱/۹۱	۹۶/۶۷±۳/۳۵

اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

WG: افزایش وزن؛ FCR: ضریب تبدیل غذایی؛ SGR: نرخ رشد ویژه؛ PER: نسبت بازده پروتئین؛ SR: نرخ بازماندگی.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: شاخص‌های کیفی آب پرورشی ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلوک در تیمار با منابع متفاوت کربن در طول دوره آزمایش (میانگین ± انحراف معیار)

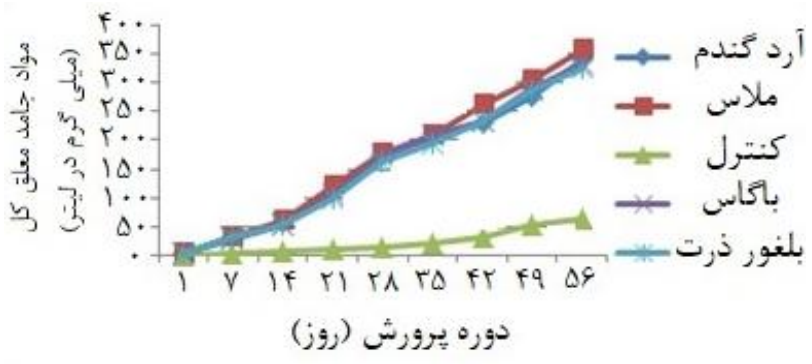
شاخص / تیمار		شاهد	ملاس	آرد گندم	باگاس	بلغور ذرت
دما (°C)	صبح	۲۳/۷۵±۱/۲۲	۲۳/۹۶±۱/۳۴	۲۳/۹۳±۱/۲۴	۲۳/۹۶±۱/۳۵	۲۳/۹۹±۱/۳۴
	عصر	۲۴/۱۳±۱/۱۶	۲۴/۲۲±۱/۲۳	۲۴/۳۸±۱/۱۷	۲۴/۳۱±۱/۳۰	۲۴/۳۵±۱/۲۷
pH	صبح	۸/۲۳±۰/۲۰^{a}	۷/۹۲±۰/۱۵^{b}	۷/۹۹±۰/۱۰^{b}	۷/۹۹±۰/۱۵^{b}	۷/۹۹±۰/۱۱^{b}
	عصر	۸/۱۳±۰/۳۲^{a}	۷/۹۴±۰/۱۸^{b}	۸/۰۰±۰/۱۲^{b}	۸/۰۰±۰/۱۶^{b}	۷/۹۸±۰/۱۲^{b}
اکسیژن محلول	صبح	۶/۷۰±۰/۲۷	۶/۶۶±۰/۳۲	۶/۷۳±۰/۳۰	۶/۶۲±۰/۳۰	۶/۶۸±۰/۲۸
(mg/L)	عصر	۸/۷۱±۰/۳۲	۶/۶۵±۰/۳۲	۶/۷۲±۰/۲۸	۶/۶۲±۰/۲۹	۶/۶۳±۰/۲۸
TDS (g/L)		۲/۱۲±۰/۱۳^{a}	۲/۶۲±۰/۲۷^{c}	۲/۵۸±۰/۳۲^{c}	۲/۵۸±۰/۳۴^{c}	۲/۴۹±۰/۲۴^{b}
EC (µmho/cm)		۳۰۰۷/۰±۱۸۴/۸^{a}	۳۷۰۷/۴±۳۷۶/۵^{c}	۳۶۴۹/۶±۴۴۲/۵^{c}	۳۶۴۷/۵±۴۷۰/۰^{c}	۳۵۲۵/۰±۳۴۰/۸^{b}
TSS (mg/L)		۲۱/۹±۲/۷^{a}	۱۶۹±۲/۰^{b}	۱۵۹±۳/۵^{c}	۱۵۹±۲/۴^{c}	۱۵۵±۱/۱^{c}
FV (mL/L)		۰/۹۷±۰/۱۳^{a}	۱۸/۱۶±۰/۲۶^{b}	۱۵/۹۷±۰/۴۱^{c}	۱۶/۲۲±۰/۷۱^{c}	۱۵/۳۱±۰/۱۹^{c}
TAN (mg/L)		۰/۸۸±۰/۰۲^{a}	۰/۴۲±۰/۰۲^{b}	۰/۴۵±۰/۰۱^{c}	۰/۵۲±۰/۰۲^{c}	۰/۵۵±۰/۰۱^{c}
NO_2 (mg/L)		۰/۱۸±۰/۰۲^{a}	۰/۱۱±۰/۰۱^{b}	۰/۱۲±۰/۰۱^{bc}	۰/۱۲±۰/۰۱^{b}	۰/۱۴±۰/۰۱^{c}
NO_3 (mg/L)		۲۱/۳۷±۰/۶۹^{a}	۲۶/۱۷±۱/۴۱^{b}	۲۶/۸۷±۰/۷۱^{b}	۲۵/۱۸±۰/۲۳^{b}	۲۶/۸۳±۱/۰۸^{b}

وجود حروف متفاوت در هر ردیف اختلاف معنی‌داری را در بین تیمارها نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).
TDS: میزان کل مواد محلول؛ EC: هدایت الکتریکی؛ TSS: کل مواد جامد معلق؛ FV: حجم توده‌های زیستی؛ TAN: میزان ازت آمونیاکی؛ NO_2: نیتریت؛ NO_3: نیترات.

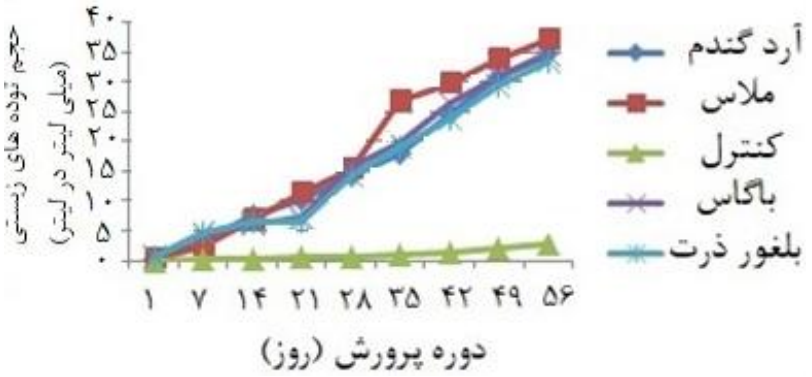
میانگین میزان TSS و FV به ترتیب در تیمار پرورشی بیوفلوک با استفاده از منبع کربنی ملاس بالاترین (۱۶۹ میلی‌گرم در لیتر و ۱۸/۱۶ میلی‌لیتر در لیتر) و در تیمار شاهد پایین‌ترین (۲۱/۹ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۹۷ میلی‌لیتر در لیتر) میزان را نشان داد. همچنین اختلاف معنی‌داری از نظر میزان TSS و FV بین تیمار ملاس و سایر تیمارها مشاهده شد (P<۰/۰۵). تغییرات میزان TSS و FV در طول دوره آزمایش به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: تغییرات میزان مواد جامد معلق کل در طول دوره آزمایش در تیمارهای پرورشی با سیستم بیوفلوک با استفاده از منابع مختلف کربن

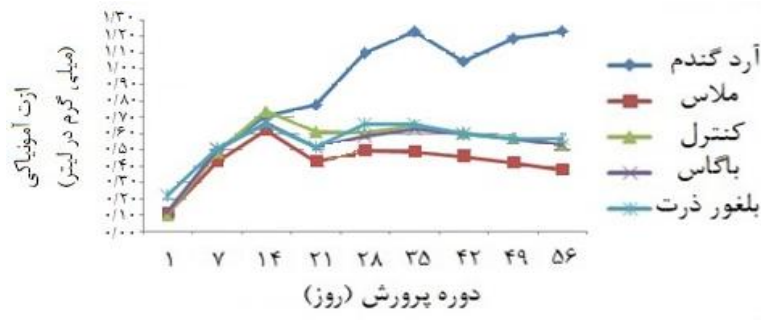


شکل ۲: تغییرات حجم توده‌های زیستی در طول دوره آزمایش در تیمارهای پرورشی با سیستم بیوفلوک با استفاده از منابع مختلف کربن

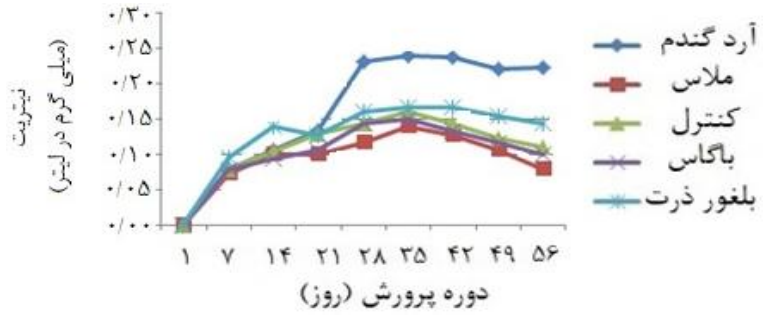
میانگین TAN و نیتریت به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار بیوفلوک با استفاده از منبع کربنی ملاس بالاترین (۰/۸۸ و ۰/۱۸ میلی‌گرم در لیتر) و پایین‌ترین مقدار (۰/۴۲ و ۰/۱۱ میلی‌گرم در لیتر) را نشان داد. بالاترین و پایین‌ترین میانگین میزان نیترات در تیمار بیوفلوک با استفاده از منبع کربنی آرد گندم (۲۶/۸۷ میلی‌گرم در لیتر) و تیمار شاهد (۲۱/۳۷ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. میزان تغییرات TAN، نیتریت و نیترات در طول دوره آزمایش به ترتیب در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ ارائه شده است.

www.SID.ir

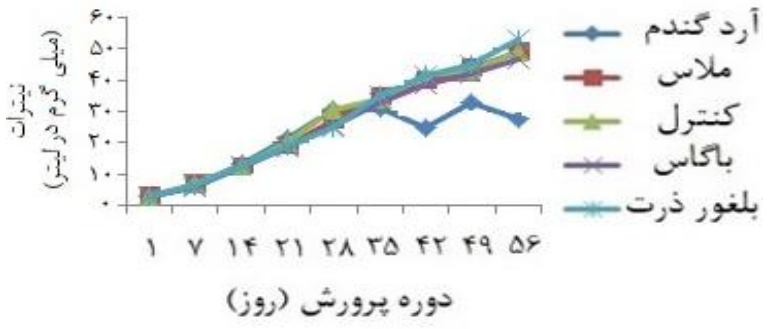
Archive of SID



شکل ۳: تغییرات میزان ازت آمونیاکی در طول دوره آزمایش در تیمارهای پرورشی با سیستم بیوفلوک با استفاده از منابع مختلف کربن



شکل ۴: تغییرات میزان نیتریت در طول دوره آزمایش در تیمارهای پرورشی با سیستم بیوفلوک با استفاده از منابع مختلف کربن



شکل ۵: تغییرات میزان نیترات در طول دوره آزمایش در تیمارهای پرورشی با سیستم بیوفلوک با استفاده از منابع مختلف کربن

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

در پژوهش حاضر شاخص‌های کیفی آب در دامنه مطلوب برای پرورش ماهی کپور معمولی و در شرایط مناسب برای رشد توده‌های زیستی در سیستم پرورشی بودند. استفاده از منابع مختلف کربن در سیستم بیوفلوک تاثیر معنی‌داری بر میانگین دمای آب و اکسیژن محلول نشان نداد (P>۰/۰۵)، اما شاخص‌هایی مانند TAN، TSS، FV، TDS، EC و نیتریت با تغییر نوع منبع کربن اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (P<۰/۰۵). از سوی دیگر میزان pH و نیترات بین تیمارهای سیستم بیوفلوک و تیمار شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بودند و در تیمارهای با منابع مختلف کربن میزان pH پایین‌تری (کمتر از ۸) نسبت به تیمار شاهد (بالاتر از ۸) داشتند. گزارش شده است که استفاده از منابع مختلف کربن (گلیسرول، نشاسته و گلوکز) در سیستم بیوفلوک میانگین میزان اکسیژن محلول را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Wei et al., 2016). تغییرات میزان اکسیژن محلول و pH در سیستم بیوفلوک احتمالا به دلیل نرخ تنفسی متفاوت ناشی از وجود باکتری‌های هتروتروف در تیمارهای مختلف بود که منجر به تغییر میزان دی‌اکسید کربن شد (Wasielesky et al., 2006). مطالعات قبلی نشان داد با افزایش منبع کربوهیدرات به سیستم پرورشی بیوفلوک میزان pH آب به دلیل تبدیل قند منبع کربوهیدرات به اسید لاکتیک توسط باکتری‌های لاکتوباسیل کاهش یافت (Ma et al., 2009).

مقادیر TDS و EC به شدت تحت تاثیر استفاده از منابع مختلف کربن در سیستم پرورشی قرار گرفتند، به طوری که میزان این دو شاخص در تیمارهای حاوی منبع کربن بالاتر از تیمار شاهد بود. در بین تیمارهای دارای منبع کربنی، تیمار حاوی بلغور ذرت اختلاف معنی‌داری در میزان TDS و EC با سه تیمار دیگر (ملاس، آرد گندم و باگاس) نشان داد. میزان TDS غیرقابل تحمل در ماهیان آب شیرین در حدود ۵۰۰۰ تا ۲۰،۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (Noga, 2000)، با این وجود مقادیر بسیار متفاوتی از میزان قابل تحمل TDS به صورت عام برای همه گونه‌های کپور ماهیان گزارش شده است. حداکثر مقدار TDS ثبت شده در این پژوهش در حدود ۲۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود و به نظر مقادیر ثبت شده در این پژوهش مشکل خاصی برای این گونه بسیار مقاوم به تغییرات TDS ایجاد نکرد.

یکی از تکنیک‌های مورد استفاده برای تعیین کمیت توده‌ها اندازه‌گیری کل جامدات

www.SID.ir

Archive of SID

معلق (TSS) در آب است (De Schryver et al., 2008). در سیستم‌های بیوفلوک به دلیل کاهش تبادل آبی، ورودی بالای مواد آلی و نرخ رشد بالای باکتری های هتروتروف، میزان TSS افزایش می‌یابد. عواقب ناشی از غلظت بالای مواد جامد معلق شامل کیفیت آب پایین، تغییرات در ترکیب موجودات زنده تشکیل دهنده توده‌ها و اثرات منفی بر سلامت و عملکرد موجودات پرورشی از طرق مختلف از جمله مسدود کردن آبشش و افزایش حساسیت جاندار به هیپوکسی یا کمبود اکسیژن است (Crab et al., 2007). مقادیر توده‌های زیستی و مواد معلق جامد به دست آمده در پژوهش حاضر با توجه به عدم مشاهده ظاهری علایم خفگی، استرس، شرایط هیپوکسی و گرفتگی آبشش‌ها طی بررسی در طول دوره و انتهای آن و مهم‌تر از آن عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در میزان بازماندگی در تیمار شاهد با تیمارهای بیوفلوک به نظر می‌رسد در محدوده قابل تحمل گونه مورد پرورش بوده است.

استفاده از منابع مختلف کربن در سیستم بیوفلوک تاثیر معنی‌داری بر روی شاخص‌های TSS و FV داشت. میزان TSS و FV در تیمار حاوی ملاس بالاترین میزان بود و اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارهای حاوی منبع کربن نشان داد. در اندازه‌گیری نهایی، تیمار شاهد دارای کمترین میزان TSS و FV بود. روند تغییرات افزایشی میزان TSS و FV در بین تیمارهای مختلف بر هم منطبق بود که نشان دهنده این است که با افزایش میزان عملکرد سیستم پرورشی و افزایش توده‌های زیستی، میزان TSS نیز افزایش یافت. به طور کلی تغییرات میزان TSS و FV در تیمارهای مختلف از ابتدا تا انتهای دوره پرورشی روند صعودی نشان داد. Wei و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که میزان رشد توده‌های زیستی در سیستم بیوفلوک با استفاده از منبع کربنی گلوکز (منبع کربن با ساختار ساده) دارای اختلاف معنی‌داری با تیمارهای بیوفلوک حاوی منبع کربنی گلیسرول و نشاسته (منابع کربن با ساختار پیچیده) بود. علاوه بر این اظهار داشتند که میزان رشد و توسعه توده‌های زیستی با منابع کربن نشاسته، گلیسرول و گلوکز در روزهای ابتدایی به کندی پیش رفت، اما بعد از ۱۰ روز رشد توده‌های زیستی سرعت گرفت و در نهایت بعد از ۲۰ روز توده باکتریایی نسبتا ثابت و بدون تغییر ماند (Wei et al., 2016). Schrader و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که دامنه تغییرات FV در سیستم بیوفلوک برای پرورش گربه‌ماهی کانالی با تراکم‌های مختلف بین ۲۷/۹ تا ۶۵/۵

www.SID.ir

Archive of SID

میلی‌گرم در لیتر بود. میانگین میزان سطوح TSS در تیمارهای شاهد، سیستم بیوفلوک با جیره غذایی با پروتئین ۳۵ و ۲۴ درصد (نسبت کربن به ازت ۸/۴ و ۱۱/۲) برای پرورش ماهی تیلاپیای نیل به ترتیب ۱۶، ۵۹۷ و ۵۶۰ میلی‌گرم در لیتر بود، با این حال میزان TSS به ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ویژه در نیمه انتهایی آزمایش گزارش اندازه‌گیری (Azim and Little, 2008). به هر حال میزان مواد معلق موجود در سیستم پرورش آبزیان میزان کدورت آب پرورشی را تعیین می‌کند و به طورکلی مقدار این مواد را بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای پرورش ماهیان قابل تحمل دانسته‌اند (Avnimelech, 2007).

مطالعات مختلفی در سیستم بیوفلوک برای ارزیابی تاثیر منابع مختلف کربن بر ترکیبات ازته انجام گرفته است. Avnimelech (۱۹۹۹) گزارش داد که منبع کربنی شکر در سیستم بیوفلوک باعث کاهش قابل توجه میزان ازت آمونیاکی کل (TAN)، نیتریت و نیترات در مزارع پرورش تیلاپیا می‌شود. در پژوهش حاضر میزان TAN و نیتریت در تیمار با منبع کربن ملاس در پایین‌ترین مقدار قرار داشت. بر اساس شکل ۳، روند تغییرات میزان TAN در تیمار شاهد تا روز ۳۵ دوره پرورش صعودی بود. سپس این مقدار تا انتهای دوره در نوسان بود در صورتی که در چهار تیمار حاوی منبع کربن تا روز ۱۴ دوره پرورشی، سیر صعودی و سپس روند کاهشی و در نهایت تا انتهای دوره ثابت بود. در تیمار ملاس میزان افزایش TAN در ۱۴ روز اول کمتر از سایر تیمارها بود و سرعت و مقدار کاهش TAN بعد از ۱۴ روز در این تیمار بیشتر و سریع‌تر از سایر تیمارها بود. Martins و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشتند علت بالا رفتن میزان TAN و نیتریت در ابتدای دوره به دلیل پایین بودن تراکم میکرواورگانیسم‌های دخیل در چرخه ازت است.

منابع مختلف کربن با حلالیت پایین و پیچیدگی بالا به زمان بیشتری برای تجزیه به مواد قندی ساده‌تر نیاز دارند (Verma et al., 2016). استفاده از منابع کربنی کربوهیدراتی با قندهای ساده مانند گلوکز و یا ملاس باعث افزایش سرعت حذف مواد ازته توسط میکروارگانیسم‌های موجود در سیستم پرورشی بیوفلوک می‌شود. منابع کربوهیدراتی با ساختار پیچیده مانند سلولز و غلات نشاسته‌ای نیاز به زمان بیشتری برای تجزیه به قندهای ساده‌تر و سپس کاهش میزان آمونیاک دارند (Avnimelech, 2012; Serra et al., 2015). احتمالا یکی از دلایل پایین‌تر بودن میزان

www.SID.ir

Archive of SID

TAN و نیتریت در تیمار بیوفلوک با منبع کربنی ملاس نسبت به سایر تیمارهای بیوفلوک با منبع کربنی آرد گندم، باگاس و بلغور ذرت در پژوهش حاضر همین عامل باشد. بنابراین استفاده از منبع کربنی ملاس نسبت به آرد گندم، باگاس و بلغور ذرت کمترین زمان را برای کاهش میزان TAN و نیتریت نیاز دارد که بیانگر تاثیر سریع و مطلوب این منبع کربنی بر توده‌های زیستی است.

در پژوهش حاضر میزان نیترات همانند سایر مواد ازته در تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای دارای منابع کربن نشان داد و با تغییر نوع منبع کربنی، تاثیر معنی‌داری بر میزان نیترات مشاهده نشد. میزان نیترات به ترتیب در تیمار شاهد، باگاس، ملاس، بلغور ذرت و آرد گندم دارای روند افزایشی بود. به طور کلی میزان نیترات در طول دوره پرورشی در همه تیمارهای حاوی منبع کربن در همه زمان‌های اندازه‌گیری (شکل ۵) سیر صعودی نشان داد، در صورتی که تیمار شاهد تا روز ۳۵ دوره پرورش سیر صعودی و سپس روند نزولی را نشان داد. این وضعیت احتمالا به دلیل مصرف زیاد نیترات به وسیله پلانکتون‌های گیاهی موجود در تیمار شاهد است که با توجه به کدورت پایین و شرایط مناسب، فیتوپلانکتون‌ها رشد بهتری در این تیمار داشتند. میزان سمیت و کشندگی نیترات در ماهیان آب شیرین در حدود ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است و آستانه قابل پذیرش و ترجیحی آن کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر است (Noga, 2000) که از میانگین مقدار نیترات در همه تیمارهای پژوهش حاضر پایین‌تر است.

در پژوهش حاضر استفاده از منابع مختلف کربن در سیستم بیوفلوک تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان کپور معمولی نداشت. مشابه نتایج این پژوهش، میزان ضریب تبدیل غذایی و وزن نهایی بدن ماهیان تیلاپیای نیل پرورشی در سیستم بیوفلوک با منبع کربن PHB (Poly[3-hydroxybutyrate]) و گلوکز دارای اختلاف معنی‌دار نبود (Zhang et al., 2016). بر خلاف نتایج پژوهش حاضر، Verma و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که استفاده از منابع مختلف کربن (نشاسته، آرد گندم، آرد ذرت، شکر و باگاس) در سیستم بیوفلوک باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در میزان افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی و نرخ رشد ویژه ماهیان روهو (*Labeo rohita*) شد. در گزارشی دیگر میزان نرخ رشد ویژه و میزان افزایش وزن روزانه تحت تاثیر نوع منبع کربن PHB و گلوکز در سیستم بیوفلوک برای پرورش

www.SID.ir

Archive of SID

ماهیان تیلاپیای نیل قرار گرفت (Zhang et al., 2016). بهبود میزان افزایش وزن و شاخص‌های رشد ماهیان در سیستم‌های بیوفلوک نسبت به سیستم بدون بیوفلوک نشان دهنده تغذیه از توده‌های زیستی تشکیل شده در سیستم بیوفلوک است (Verma et al., 2016). مطالعات متعددی مصرف توده‌های زیستی در سیستم بیوفلوک توسط آبزی را تایید کرده است و عنوان شده است که میزان مصرف توده‌های زیستی توسط آبزی بستگی به گونه و اندازه آبزی، اندازه توده‌های زیستی و تراکم توده‌ها دارد (Schveitzer et al., 2013; Zhang et al., 2016). با وجود مزایای سیستم بیوفلوک و توده‌های زیستی در تامین قسمت قابل توجهی از نیازهای غذایی گونه و تاثیر آن‌ها بر کیفیت آب پرورشی، عملکرد آن‌ها بستگی به نوع منبع کربنی به کار رفته برای تولید توده‌های زیستی در سیستم بیوفلوک دارد (Crab et al., 2010). تفاوت در نوع منبع کربن به کار رفته باعث تحریک رشد گروه‌های خاصی از باکتری‌ها، تک سلولی‌ها و جلبک‌ها می‌شود و همچنین بر روی ترکیبات بیوشیمیایی توده‌های زیستی و ساماندهی آن‌ها و نهایتا خواص غذایی آن‌ها تاثیر می‌گذارد. علاوه بر این نوع منبع کربنی مورد استفاده در سیستم بیوفلوک بر روی در دسترس بودن جیره غذایی، دلچسب کردن خوراک و قابلیت هضم آن‌ها (خوراک و توده‌ها) برای آبزی پرورشی نیز تاثیر می‌گذارد (Crab et al., 2010; Crab et al., 2012).

بر اساس نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر با وجود عدم مشاهده تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان، بالاتر بودن شاخص‌ها در تیمارهای با سیستم بیوفلوک و منابع مختلف کربن نسبت به تیمار شاهد و مقادیر بالای توده‌های زیستی ایجاد شده در سیستم پرورشی احتمالا تغذیه ماهیان از توده‌های زیستی را تایید می‌کند. همچنین عدم وجود اختلاف معنی‌دار در نرخ بازماندگی آبزیان پرورشی در سیستم بیوفلوک و غیربیوفلوک نشان دهنده وجود شرایط مطلوب و بهینه در شاخص‌های کیفی آب سیستم پرورشی بیوفلوک و عدم ایجاد اثرات محدود کننده رشد است (Gao et al., 2012). به عنوان نتیجه‌گیری نهایی، به نظر می‌رسد تیمار بیوفلوک با استفاده از منبع کربنی ملاس در اکثر شاخص‌های رشد و تغذیه ماهی کپور معمولی وضعیت بهتری نسبت به سایر تیمارها داشته باشد. بیشترین میزان حجم توده‌های زیستی در تیمار بیوفلوک با استفاده از منبع کربنی ملاس ثبت شد که این افزایش میزان توده‌ها بر روی برداشت مواد ازته

www.SID.ir

Archive of SID

نیز تاثیر گذاشت و میزان TAN و نیتریت در تیمار بیوفلوک با استفاده از ملاس کمترین میزان را نشان داد. تغذیه از توده‌های زیستی همچنین باعث بهبود نسبی بازماندگی و رشد کپور معمولی در تیمار بیوفلوک با منبع ملاس شد. بر اساس نتایج به دست آمده از آزمایش حاضر به نظر می‌رسد می‌توان از منبع کربنی ملاس در سیستم بیوفلوک برای تثبیت و حفظ کیفیت آب، تاثیر مثبت بر عملکرد رشد و تغذیه ماهیان کپور معمولی استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

خانجانی م.ح.، سجادی م.م.، علی‌زاده م. و سوری‌نژاد ا. ۱۳۹۴الف. تاثیر نسبت‌های مختلف غذادهی بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقاء پست‌لاروهای میگوی سفید غربی با استفاده از تکنولوژی بیوفلوک. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۲): ۲۸-۱۳.

خانجانی م.ح.، علی‌زاده م.، سجادی م.م. و سوری‌نژاد ا. ۱۳۹۴ب. 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): ۹۱-۷۷.

عظیمی ع.، جعفریان ح.ا.، هرسیج م.، قلی‌پور ح. و پاتیمار ر. ۱۳۹۵. تاثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب و عملکرد رشد بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک. نشریه توسعه آبزی پروری، ۱۰(۴): ۸۹-۷۵.

Avnimelech Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture, 176: 227–235.

Avnimelech Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Aquaculture, 264: 140–147.

Avnimelech Y. 2012. Biofloc Technology: A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society, USA. 272P.

Avnimelech Y. and Kochba M. 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using 15 N tracing. Aquaculture, 287: 163–168.

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.

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.

Crab R., Chielens B., Wille M., Bossier P. and Verstraete W. 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* post-larvae. Aquaculture Research, 41: 559–567.

Crab R., Defoirdt T., Bossier P. and Verstraete W. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. Aquaculture, 356-357: 351–356.

De Schryver P., Crab R., Defoirdt T., Boon N. and Verstraete W.

www.SID.ir

Archive of SID

2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. Aquaculture, 277: 125–137.

Emerenciano M., Ballester E.L.C., Cavalli R.O. and Wasielesky W. 2012. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). Aquaculture Research, 43(3): 447–457.

Gao L., Shan H.W., Zhang T.W., Bao W.Z. and Ma S.J. 2012. Effects of carbohydrate addition on *Litopenaeus vannamei* intensive culture in a zero-water exchange system. Aquaculture, 342-343: 89–96.

Khanjani M.H., Sajjadi M.M., Alizadeh M. and Sourinejad I. 2017. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: The effect of adding different carbon sources. Aquaculture Research, 48(4): 1491–1501.

Liu L., Hu Z., Dai X. and Avnimelech Y. 2014. Effects of addition of maize starch on the yield, water quality and formation of bioflocs in an integrated shrimp culture system. Aquaculture, 418-419: 79–86.

Ma C.W., Cho Y.S. and Oh K.H. 2009. Removal of pathogenic bacteria and nitrogens by *Lactobacillus* spp. JK-8 and JK-11. Aquaculture, 287: 266–270.

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.

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

Perez-Fuentes J.A., Hernandez-Vergara M.P., Perez-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.

Salehizadeh H. and Van Loosdrecht M. 2004. Production of poly-hydroxyalkanoates by mixed culture: Recent trends and biotechnological importance. Biotechnology Advances, 22: 261–279.

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*

www.SID.ir

Archive of SID

punctatus). Aquacultural Engineering, 45(3): 118–126.

Schveitzer R., Arantes R., Baloi M.F., Costodio P.F.S., Arana L.V., Seiffert W.Q. and Andreatta E.R. 2013. Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates. Aquacultural Engineering, 54: 93–103.

Serra F.P., Gaona C.A.P., Furtado P.S., Poersch L.H. and Wasielesky W. 2015. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture International, 23: 1325–1339.

Verma A., Chadha N., Prakash C., Peter R., Ahmad I. and Nuwansi K. 2016. Optimization of hydraulic loading rate in aquaponic system with Common carp (*Cyprinus carpio*) and Mint (*Mentha arvensis*). Aquacultural Engineering, 72: 53–57.

Wasielesky W., Atwood H., Stokes A. and Browdy C.L. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, 258: 396–403.

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.

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.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

Aquatic Physiology and Biotechnology
Vol. 7, No. 1, Spring 2019

Research Paper

The effects of adding different carbon sources in biofloc system on growth performance, feeding and water quality indices in common carp (*Cyprinus carpio*) culture

Khalil Minabi[1], Iman Sourinejad[2]*, Morteza Alizadeh[3], Ebrahim Rajabzadeh Ghatrmi[4]

Received: May 2018 Accepted: August 2018

Abstract

Effects of adding various carbon sources in biofloc system on growth, feeding performance and water quality in common carp (mean weight of 11±0.89g) culture during 56 days in five feeding treatments including control (no extra carbon source), second treatment with molasses, third treatment with wheat flour, fourth treatment with bagasse and fifth treatment with corn flour, each with 3 replicates, was investigated. According to the results, growth and feeding indices were not significantly different among the treatments (P>0.05) but the body weight gain, survival, specific growth rate and protein efficiency ratio was higher and the food conversion ratio was better in the second treatment. TSS and FV amounts were lowest in control and highest in the second treatment, while TAN and nitrite showed an opposite trend. The changes trend in TAN and nitrite was correspondent with that of TSS and FV indicating the positive performance of flocs in biofloc system in reducing harmful nitrogenous compounds and converting it to an unharmful range for cultured common carp. In conclusion, the use of carbon sources especially molasses in the biofloc system could be recommended to improve water quality, growth and feeding performance in common carp culture.

Key words: *Biofloc System, Carbon Sources, Water Quality, Common Carp*.

1- Ph.D. Student in Fisheries, Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2- Associate Professor in Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3- Associate Professor in Inland Salt Water Fishes Research Center, Scientific Board of Iranian Fisheries Research Organization, Yazd, Iran.
4- Assistant Professor in Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khoramshahr University of Marine Science and Technology, Iran.

*Corresponding Author: sourinejad@hormozgan.ac.ir

www.SID.ir