

"مقاله پژوهشی"

مدیریت پارامترهای کیفی آب استخرهای پرورشی با کمک نسبت بهینه کربن به نیتروژن

سید محمود طاهری نسب^۱، عبدالصمد کرامت امیرکلایی^{۱*}، حسین اورجی^۱

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۲

چکیده

در این آزمایش استفاده از نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن در کنترل فراسنجه‌های کیفی آب در استخرهای متراکم کپور ماهیان بررسی قرار گرفت. این تحقیق شامل سه تیمار بوده و بدین منظور نسبت کربن به نیتروژن در دو تیمار آزمایشی با افزودن نشاسته ذرت به ۱۵ و ۲۰ رسانده شد، اما تیمار شاهد بدون اضافه کردن کربوهیدرات نسبت کربن به نیتروژن ۱۰ را دارا بود. هر تیمار در غالب سه تکرار در استخرهای خاکی آزمایشی به مساحت حدود ۴۰۰ مترمربع انجام شد. در این تحقیق از گونه‌های کپور معمولی، فیتوفگ، و سرگنده در سیستم پرورش چندگونه‌ای در استخرها استفاده شد. در طول دوره شش ماهه پارامترهای کیفی آب استخرها اندازه‌گیری شد. مجموع ذرات محلول و هدایت بار الکتریکی آب یک روند افزایشی را در طول دوره داد و از حدود ۵۰۰ به ۷۰۰ برای مجموع ذرات محلول و ۱۰۰۰ به ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر برای هدایت الکتریکی رسید. ولی این افزایش در دوماه آخر دوره آزمایش در تیمار کربن به نیتروژن ۱۵ و ۲۰ از ۱۰ بالاتر است ($p \leq 0/05$). غلظت آمونیوم، نیتريت و فسفات در تیمارهای C/N ۱۵ و ۲۰ کمتر از تیمار شاهد بود (۰/۱۵ و ۰/۱۹ در مقابل ۰/۵۹ برای آمونیوم و ۰/۰۴ و ۰/۰۵ در مقابل ۰/۱۰ میلی گرم در لیتر برای نیتريت) ($p \leq 0/05$)، اما اختلافی بین غلظت نترات تیمار شاهد با دیگر تیمارها مشاهده نشد ($p > 0/05$). مطالعه حاضر نشان داد ارایه تکنولوژی نسبت بهینه کربن به نیتروژن می‌تواند یک راهکار مناسبی برای کنترل پارامترهای کیفی آب استخر پرورش کپور ماهیان و همچنین مدیریت مصرف آب باشد.

کلمات کلیدی: نسبت کربن به نیتروژن، ماهیان گرم آبی، رشد، مواد مغذی، آمونیوم.

مقدمه

به دلیل کمبود منابع طبیعی (آب و زمین) و همچنین افزایش تقاضا برای مصرف آبزیان، تعداد ماهی در واحد سطح افزایش یافته است. تراکم بالای پرورش و به دنبال آن افزایش باروری استخرها (با کودهای آلی و شیمیایی) و افزایش تغذیه می‌تواند موجب تجمع تدریجی مواد آلاینده محلول (آمونیم، نیتريت و مواد آلی) در استخرهای پرورش متراکم ماهی در طول دوره پرورش گردد. با افزایش بار مواد آلی در استخرهای پرورش ناشی از کود، غذا و مواد دفعی شرایط یوتریفیکاسیون ایجاد شده، که می‌تواند تهدیدی برای سلامتی آبزیان باشد (صالحی و فروغی‌فرد، ۱۳۸۹). تعویض آب یکی از روش‌های موثر جهت حفظ کیفیت آب بوده به طوری که نرخ تعویض آب از ۲۵۰ درصد در روز (سیستم‌های گسترده) تا ۱۰-۲ درصد در روز (سیستم‌های فوق متراکم و مدار بسته) متغیر می‌باشد (Ebeling et al., 2006). با این وجود، کنترل مواد دفعی نیتروژنه در اکثر سیستم‌های متراکم نیازمند به تعویض مکرر آب داشته که این مساله خود می‌تواند منجر به بروز مشکلات زیست محیطی و افزایش هزینه‌های مربوط به پمپاژ آب گردد.

در کنار محدودیت منابع آب، افزایش تراکم استخرهای پرورشی به منظور افزایش تولید در واحد سطح، مدیریت فاکتورهای کیفی آب داخل استخر را تبدیل به چالشی جدی برای این صنعت نموده است. در استخرهای متراکم با کودهی و دفع آمونیاک توسط ماهی میزان ذخیره نیتروژنی افزایش می‌یابد، بدون این که منابع کربنی آب برای افزایش جمعیت باکتریایی کافی باشد. در چنین حالتی ورود منبع کربنی بصورت کربوهیدرات می‌تواند با افزایش جمعیت میکروبی،

میزان زیادی از نیتروژن آب را در بیومس باکتریایی ذخیره کند که این باکتری‌ها می‌توانند مورد مصرف ماهی و یا میگو قرار گیرند (Avnimelech, 1999). تنظیم نسبت بین کربن به نیتروژن آب استخر به منظور دسترسی مواد اولیه برای حداکثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌تواند در کنترل کیفیت آب استخر نقش داشته باشد. از سوی دیگر افزودن منابع کربوهیدراتی برای ایجاد نسبت بهینه کربن به نیتروژن استخر ممکن است با افزایش بار باکتریایی موجب کاهش بار آلی آب شود (Hari et al., 2004). وجود بار باکتریایی بالا و به دنبال آن تجزیه مواد آلی می‌تواند مواد مغذی (عمدتا نیتروژن و فسفر) را به طور مداوم وارد چرخه تولید نموده و موجب ایجاد سامانه (بیوفلاک) شود. این سامانه که مبتنی بر تجمع توده‌های زیستی با استفاده از مواد زائد موجود در استخر به همراه نسبت بهینه کربن به نیتروژن می‌باشد، می‌تواند به طور مداوم مواد دفعی ماهی را به مواد غذایی قابل استفاده تبدیل کند. ایجاد سامانه بیوفلاک می‌تواند با مصرف نیتروژن اضافی توسط توده زیستی میکروبی و معدنی شدن آن از راه فرایندهای نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون (Avnimelech, 1994) باعث کاهش هزینه تولید و بهبود کارایی مواد مغذی در استخرهای پرورش ماهی گردد.

ایجاد یک نسبت بهینه بین کربن به نیتروژن آب یکی از راهکارهای ارایه شده در سالیان اخیر برای کنترل مدیریت فاکتورهای کیفی آب و همچنین کاهش مصرف آب در آبی‌پروری می‌باشد (Hari et al., 1999; Avnimelech, 2004 و عظیمی و همکاران، ۱۳۹۵). آزمایشاتی در زمینه تعیین نسبت بهینه کربن به نیتروژن برای رسیدن به رشد بهینه برای

گونه های متعدد آبزبان انجام شده از جمله آنها تیلایا (Perez-Fuentes *et al.*, 2016) و میگو (Xu *et al.*, 2016). نسبت کربن به نیتروژن برای اغلب سیستم های پرورش آبزبان برای رسیدن به تولید بهینه بین ۱۰ تا ۲۰ در نظر گرفته شده است (Asaduzzaman *et al.*, 2010). با وجود این اغلب این تحقیقات در یک دوره محدود (دو ماهه) در محیط اکواریوم یا تانک های پرورش به دست آمده و اطلاعات زیادی در رابطه با نسبت بهینه کربن به نیتروژن در استخرهای خاکی کپور ماهیان در طول یک دوره پرورش وجود ندارد.

بنابراین هدف اصلی این تحقیق بررسی اثرات نسبتهای مختلف کربن به نیتروژن در استخر خاکی کپور ماهیان بر پارامترهای کیفی آب و میزان تولید مواد آلاینده استخرمی باشد که بتوان بر این اساس دستورالعملی برای کنترل کیفیت آب استخر بر اساس مواد مغذی ورودی تهیه نمود.

مواد و روش ها

این تحقیق در استخر های تحقیقاتی گروه شیلات دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری به مساحت هر استخر حدود ۴۰۰ مترمربع و در فضا باز انجام شد و از اوایل اردیبهشت تا اواخر مهر ماه ادامه داشته است.

در این تحقیق مجموعاً سه تیمار (سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نسبت کربن به نیتروژن) و هر تیمار شامل ۳ تکرار، در نظر گرفته شد. برای انجام این تحقیق نه استخر خاکی تقریباً هم شکل و هم اندازه انتخاب شده و تیمارهای آزمایشی در آنها بر اساس طرح کاملاً تصادفی پخش گردید. این تحقیق در یک دوره شش ماهه از اردیبهشت تا مهر ۱۳۹۶ انجام شد. قبل از شروع آزمایش عملیات آماده سازی یکسانی شامل بردشت

گیاه سال قبل خشک کردن، عملیات بازسازی و آهک پاشی (۲۵۰ کیلو سنگ آهک به هکتار) برای هر نه واحد آزمایش انجام شد. تجهیزات هوادهی یکسانی برای کلیه واحدهای آزمایشی تهیه و نصب گردید. تنظیم نسبت کربن به نیتروژن در این تحقیق بر اساس روش متداول در این نوع تحقیقات انجام شد (Asaduzzaman *et al.*, 2010; Hari *et al.*, 2004). غذای حاوی ۳۲٪ پروتئین که نسبت C/N حدود ۱۰ را در محیط پرورشی ایجاد می کند به عنوان تیمار کنترل در این آزمایش استفاده شد و نسبت C/N ۱۵ و یا ۲۰ با اضافه نمودن نشاسته ذرت به محیط پرورش به میزان ۰/۴۵ و ۰/۹ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم غذا ایجاد شد (Asaduzzaman *et al.*, 2010; Hari *et al.*, 2004). آب مورد استفاده برای استخرها از آب چاه مزرعه کشاورزی تامین شد. هوادهی نیز از طریق کمپرسور مرکزی که از طریق لوله هوا را به استخر ها می رساند و به صورت دائمی تامین می شد. هوادهی از شروع دوره تا انتهای آن در تمامی ساعات شبانه روز ادامه داشت.

کپور ماهیان چینی به نسبت (۶۰٪ کپور و بقیه ترکیبی از فیتوفاگ و بیگ هد) با وزن اولیه حدود ۶۰ گرم برای ماهی کپور و حدود ۵۰ گرم برای ماهی های بیگ هد و فیتوفاگ به هر استخر معرفی شدند. روزانه به همراه غذا نشاسته با نسبت های تعیین شده به عنوان منبع کربوهیدرات بصورت پودر حل شده در آب، به استخر اضافه شد (Asaduzzaman *et al.*, 2010; Hari *et al.*, 2004).

اندازه گیری معیارهای کیفی آب

اندازه گیری های پارامترهای کیفی آب در طول یک دوره پرورش شش ماهه انجام شد و در طول دوره این

پارامترها در نه استخر آزمایشی سنجش شد. همه این نمونه‌گیری‌ها در یک مکان و در نزدیکی‌های خروجی استخرها انجام شد. میزان pH، EC، TDS با دستگاه سنجش و دمابا استفاده از دما سنج الکلی در استخرها به‌صورت هفتگی سنجش شدند. فاکتورهای شیمیایی مانند نیتريت و آمونیوم، نیترات و فسفات به‌صورت ماهیانه از طریق تیتراسیون انجام شد. نمونه‌ها صبح‌ها (۹-۱۰) از استخرها جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه گروه شیلات منتقل شدند.

اندازه‌گیری آمونیاک پس از سانتی‌فیوژ کردن نمونه‌ها و افزودن معرف‌هایی که از قبل با روش استاندارد روش (APHA, 2005) تهیه شده بود، با قرائت میزان جذب در نمونه‌ها، معرف بلانک و محلول‌های استاندارد با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر با روش (Boyd, 1979) انجام شد. اندازه‌گیری نیتريت هم پس از اضافه کردن معرف‌های مختلف و آنگاه قرائت میزان جذب نمونه‌ها، معرف بلانک و محلول استاندارد با اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۳ نانومتر با روش (Boyd, 1979) صورت گرفت.

جهت تعیین تعداد کل بار باکتریایی هتروتروف (Total Heterotrophic Bacteria (THB) آب استخرها نمونه‌های جمع‌آوری‌شده با بطری‌های شیشه‌ای استریل به آزمایشگاه منتقل شد. یک میلی‌لیتر نمونه آب با یک پیت استریل به لوله آزمایش حاوی ۹ میلی‌متر فسفات بافر نمک (phosphate buffered saline) منتقل شده و لوله‌ها به‌طور کامل مخلوط شد. رقت سریالی تا ۱۰^۵ برای آب با فسفات بافر نمک تهیه شد (Asaduzzaman et al., 2008). حجم‌های ۰/۱ میلی‌متر از هر رقت روی سطح پلیت‌های تریپتون سویا

آگار (TSA; Difco, Detroit, MI, USA) پخش شد و پس از انجام کشت باکتریایی، پلیت‌های فوق به مدت ۲۴-۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شده و در نهایت پلیت‌ها با ۳۰-۳۰۰ واحدهای کلنی تشکیل‌شده در گرم (CFU/g) با کلنی کانتر شمارش و به‌صورت واحدهای تشکیل‌دهنده کلنی (تعداد کلنی حاصله × عکس ضریب رقت) بیان شدند (Hoseinifar et al., 2011).

برای اندازه‌گیری بار آلی اب از روش اکسیژن شیمیایی COD، محلول‌های هضم و معرف اسید طبق دستورالعمل ارائه‌شده در کتاب روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب تهیه شد. سپس با حل کردن مقدار ۰/۸۵۱ گرم (Hydrogen phthalate KHP (potassium خشک‌شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، در آب مقطر، سری نمونه‌ها با غلظت‌های مشخص COD ساخته شد. نمونه‌ها جهت هضم در دستگاه COD REACTORE HACH به مدت ۲/۵ ساعت قرار گرفتند، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (MILTON RAY COMPANY) در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شدند، و نمودار کالیبراسیون آن با رگرسیون ۰/۹۹۹ رسم و فرمول نمودار خطی آن به‌دست آمده و COD اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

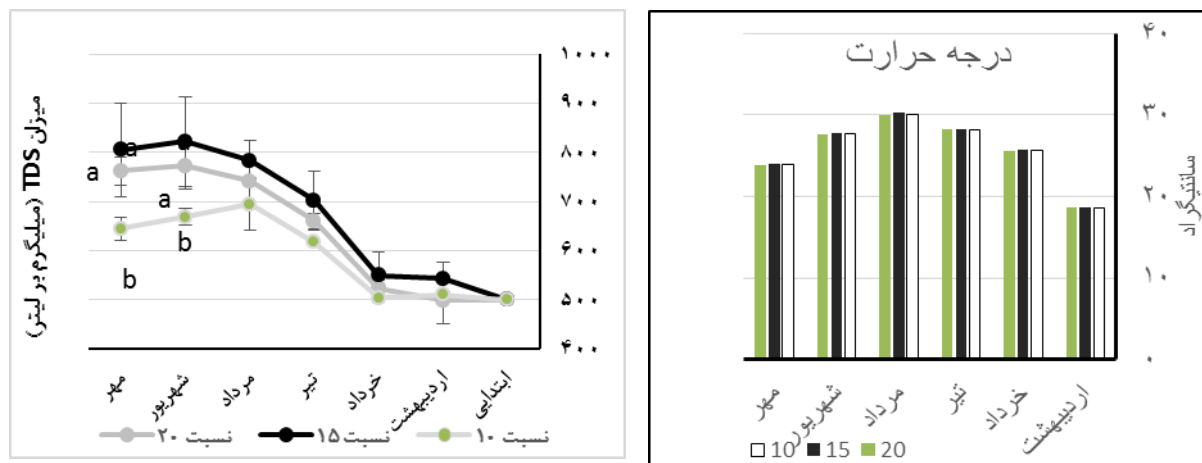
داده‌های اولیه پس از جمع‌آوری توسط نرم‌افزار Excel مرتب شد. نرمال بودن داده‌ها با کمک آزمون Kolmogorov-Smirnov مشخص شد. اثرات نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب و تولیدات استخر در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده مدل آنالیز واریانس یک‌طرفه انجام شد و

افزایش درجه حرارت محیط افزایش پیدا می کند و در مرداد ماه به حدود ۳۰ درجه سانتی گراد می رسد و بعد از آن به تدریج شروع به کاهش می کند.

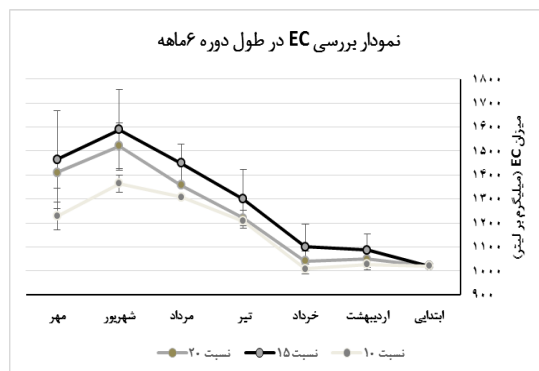
اختلاف میانگین ها با کمک آزمون Duncan با سطح اطمینان ۹۵ درصد به دست آمد.

نتایج

بر اساس نتایج نشان داده شده در شکل ۱ میزان درجه حرارت آب استخرها در طول دوره پرورش با



شکل ۱: روند تغییرات دما و ذرات جامد در طول دوره شش ماهه پرورش



شکل ۲: روند تغییرات هدایت الکتریکی (EC) در تیمارهای آزمایشی

روند تغییرات آمونیم در طول دوره ۱۸۰ روز آزمایش در شکل ۳ نشان داده شده است. بیش ترین سیر صعودی آمونیم مربوط به نسبت کربن به نیتروژن ۱۰ بود که در ابتدا با یک روند صعودی آغاز شد و به نقطه‌ای اوج در مرداد ماه رسید و پس از آن وارد یک روند نزولی تا انتهای دوره آزمایش شد. میزان تغییرات آمونیم در دو تیمار دیگر کمتر می باشد. علاوه بر این

روند تغییرات مجموعه ذرات محلول (TDS) شامل یک سیر صعودی برای سه تیمار آزمایشی در این دوره شش ماهه می باشد. ولی همواره میزان ذرات جامد در تیمارهای ۱۵ و ۲۰ گرم کربن به نیتروژن از تیمار ۱۰ گرم کربن به نیتروژن بالاتر بوده است. این اختلافات در ماه های آخر آزمایش معنی دار بود ($p < 0.05$).

روند تغییرات هدایت الکتریکی (EC) نشان دهنده یک سیر صعودی در طول دوره آزمایش است. به طوری که بیش ترین سیر صعودی مربوط به نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ بود. اما در ماه آخر آزمایش میزان هدایت الکتریکی به طور کل برای همه تیمارهای آزمایشی کاهش یافت. با وجود اختلافات هدایت الکتریکی در تیمارهای مختلف، این اختلافات از لحاظ آماری معنی دار نبود.

روند تغییرات میزان بیوماس باکتریایی در طول دوره آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. به‌طور کل میزان بار باکتریایی با افزایش میزان کربن سیستم و اضافه نمودن نشاسته به داخل سیستم پرورش افزایش یافته و این تفاوت در ماه‌های آخر آزمایش کاملاً واضح می‌باشد ($p < 0.05$). از سوی دیگر هر چه به انتهای آزمایش نزدیک می‌شویم بار باکتریایی همه تیمارها افزایش می‌یابد. در ماه چهارم و ششم اندازه‌گیری میزان بار باکتریایی در تیمار ۱۵ و ۲۰ به‌طور مهنی داری از تیمار ۱۰ بالاتر بود ($p < 0.05$).

جدول ۱. مقایسه تغییرات میزان بیوماس باکتریایی آب (CFU/g) در سه نسبت متفاوت کربن به نیتروژن در طول دوره آزمایش

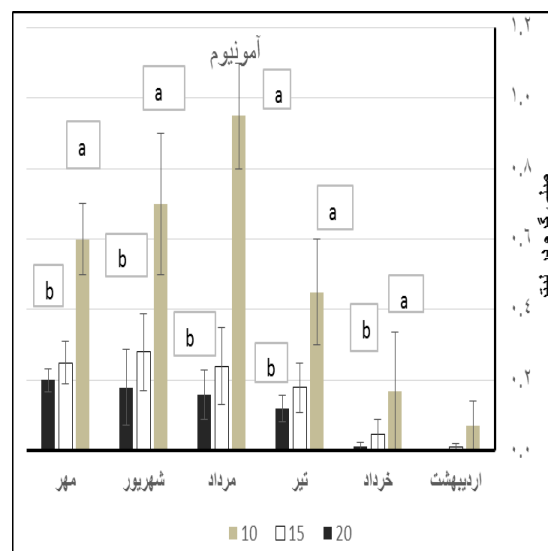
ماه‌های اندازه‌گیری

| نسبت کربن به نیتروژن | ۰ | ۲ | ۴ | ۶ |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ۱۰ | ۱۶/۴±۳/۸ ^a | ۴۲/۶±۰/۳ ^a | ۵۳/۶±۵/۹ ^a | ۵۴/۶±۶/۱ ^a |
| ۱۵ | ۱۵/۳±۵/۶ ^a | ۴۸/۵±۶/۸ ^a | ۶۵/۵±۴/۷ ^b | ۶۹/۵±۳/۹ ^b |
| ۲۰ | ۱۶/۵±۹/۴ ^a | ۵۶/۴±۳/۳ ^b | ۸۳/۴±۷/۱ ^c | ۸۶/۷±۱/۸ ^c |

هر عدد نشان دهنده میانگین داده‌ها \pm SD (n=3) می‌باشد. حروف غیر همسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($p < 0.05$).

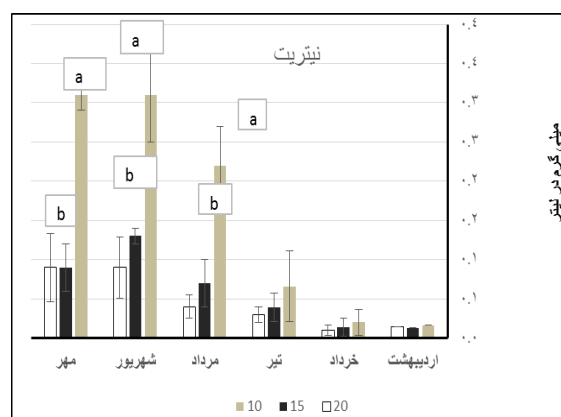
روند میزان بار مواد آلی استخرها در طول دوره پرورش در جدول ۲ نشان داده شده است. به نظر می‌رسد که بار مواد آلی سیستم‌ها با افزایش زمان پرورش به تدریج زیاد می‌شود ولی این افزایش برای سیستم‌های که میزان بالاتری از منبع کربن آلی را دریافت نمودند به‌طور معنی‌داری بیشتر می‌باشد ($p < 0.05$). به مانند بیومس باکتریایی میزان بار آلی در ماه چهارم و ششم اندازه‌گیری در تیمار ۲۰ بالاتر از تیمار ۱۰ در این تحقیق بوده است ($p < 0.05$).

میزان آمونیوم همواره در تیمار ۱۰ اغلب به‌طور معنی‌داری از دو تیمار دیگر بالاتر بود ($p < 0.05$).



شکل ۳: روند تغییرات آمونیوم در تیمارهای آزمایشی

روند تغییرات نیتريت در طول دوره ۶ ماهه در شکل ۴ نشان داده شده است. در دوماهه اول آزمایش نیتريت از مقدار تقریباً ثابتی برخوردار بود اما از ماه مرداد شاهد روند صعودی بودیم که تا انتهای آزمایش ادامه داشت به‌طوری که بیشترین روند صعودی در تیمار نسبت کربن به نیتروژن ۱۰ و کمترین آن در تیمار نسبت ۲۰ مشاهده شد. میزان نیتريت هم به مانند آمونیوم اغلب در تیمار ۱۰ از دو تیمار دیگر بیشتر بود ($p < 0.05$).



شکل ۴: روند تغییرات نیتريت در تیمارهای آزمایشی

بحث

نتایج آزمایش اخیر نشان داد که استفاده از تکنولوژی نسبت بهینه کربن به نیتروژن با افزودن یک منبع کربنی می تواند با کنترل آلاینده های موجود در استخر خاکی موجب بهبود پارامترهای کیفی آب شود و در این میان نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ شرایط ایده آلی را برای پرورش در استخر خاکی ایجاد می کند. نتایج مشابه ای در تحقیقات (Avnimelech (1999), Chamberline *et al.* (2001), Assaduzzaman *et al.* (2008), and Zhao *et al.* (2014) در رابطه با کنترل پارامترهای کیف آب با استفاده تکنیک نسبت بهینه کربن به نیتروژن به دست آمده است.

دما مهمترین فاکتور محیطی موثر بر متابولیسم میکروبی است. مطالعاتی بسیاری نشان داده اند که دمای بهینه برای تشکیل جوامع میکروارگانیسم آب بین ۱۸ تا ۲۶ درجه سانتی گراد است. به نظر می رسد که یکی از دلایل رشد بهینه ماهی ها و کنترل فاکتور کیفی آب دمای نسبتا مطلوب در اغلب دوره آزمایش بود. مطالعات انجام شده یک رابطه همبستگی مستقیم بین دمای آب و حجم توده بیوفلاک را نشان داده است (Zhao *et al.*, 2014)، بدین صورت که میکروارگانیسم های هتروتروف و پلانکتونی در دماهای بالا فعالیت بیشتری از خود نشان می دهند. (De Schryver *et al.*, 2009) بیان کردند که اثرگذاری دما در سیستم بیوفلاک یک فرآیند بسیار پیچیده می باشد. به نظر می رسد که محدوده درجه حرارت این آزمایش (۲۰-۳۰ درجه سانتی گراد) مناسب رشد و توسعه جامع میکروارگانیسمها بوده و بنابراین باعث اثرات مثبت بر رشد و بهبود فاکتورهای آب شده است.

جدول ۲: مقایسه تغییرات میزان COD آب بر مبنای میلی گرم در لیتر در سه نسبت متفاوت کربن به نیتروژن در طول دوره آزمایش

| ماه های اندازه گیری | | | | |
|---------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| C/N | ۰ | ۲ | ۴ | ۶ |
| ۱۰ | ۱۷/۵±۴/۸ ^a | ۲۲/۴±۲/۳ ^a | ۳۱/۵±۵/۲ ^a | ۴۴/۶±۶/۴ ^a |
| ۱۵ | ۱۶/۵±۵/۳ ^a | ۲۵/۵±۶/۱ ^a | ۳۲/۳±۶/۱ ^a | ۴۶/۵±۴/۵ ^a |
| ۲۰ | ۱۶/۶±۸/۴ ^a | ۲۹/۳±۵/۴ ^{ab} | ۴۹/۵±۵/۲ ^b | ۸۱/۷±۴/۳ ^b |

هر عدد نشان دهنده میانگین داده ها $SD \pm (n=3)$ می باشد. حروف غیر همسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می باشد ($p < 0.05$).

نتایج کلی نسبت های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب نشان داد اثر نسبت کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب از قبیل میزان pH، آمونیوم، نیتريت، نیترات، فسفر معنی دار بود ($p < 0.05$). اما بر پارامترهای EC و TDS اثر معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). با افزایش نسبت کربن به نیتروژن پارامترهای pH، TAN، نیتريت و فسفر به طور معنی داری کاهش پیدا کردند. میزان نیتريت هم به مانند سایر تیمارها تحت تاثیر نسبت کربن به نیتروژن بوده و نیتريت به طور معنی داری در نسبت ۲۰ کمتر از نسبت ۱۰ بود.

جدول ۳: مقایسه اثرات نسبت های کربن/نیتروژن بر متوسط پارامترهای کیفی آب در طول دوره ۶ ماهه

| پارامتر | نسبت ۱۰ | نسبت ۱۵ | نسبت ۲۰ |
|---------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| pH | ۸/۰±۸۹/۰۸ ^c | ۸/۰±۵۶/۰۳ ^b | ۸/۰±۱۹/۱۹ ^a |
| آمونیم | ۰/۰±۵۹/۰۴ ^c | ۰/۰±۱۹/۰۲ ^b | ۰/۰±۱۵/۰۳ ^a |
| نیتريت | ۰/۰±۱۰/۰۱ ^b | ۰/۰±۰۵/۰۲ ^a | ۰/۰±۰۴/۰۱ ^a |
| نیترات | ۲۴/۴±۵۵/۵۳ ^{ab} | ۱۲/۲±۱۵/۶۸ ^a | ۱۶/۳±۴۷/۱۸ ^b |
| فسفر | ۰/۰±۳۵/۰۳ ^c | ۰/۰±۱۹/۰۲ ^b | ۰/۰±۱۳/۰۳ ^a |
| EC | ۱۲±۱۰۹۶ ^a | ۱۰۲±۱۲۵۶ ^a | ۳۰±۱۲۹۰ ^a |
| TDS | ۱۰±۵۳۰ ^a | ۵۱±۵۶۸ ^a | ۶±۵۹۹ ^a |

میانگین pH تیمارهای آزمایشی در مطالعه حاضر ۸/۵ بود و با افزایش نسبت کربن به ۲۰ میزان pH به ۸.۱۹ رسید. از آنجا که pH بهینه برای پرورش کپورماهیان در دامنه ۶/۵-۸/۵ است (Timmons and Ebling, 2010)، به نظر می رسد ایجاد نسبت بالاتر کربن به نیتروژن (۲۰) منجر به کنترل pH در دوره پرورش و قرار گرفتن آن در محدوده بهینه در طول پرورش شده که می تواند شرایط ایده آل پرورش را برای ماهی و میکرو ارگانیسمها ایجاد کند. در مطالعه (Zhao et al., 2014) با افزایش نسبت کربن به نیتروژن از ۱۱ به ۲۳ تفاوت معنی داری در میزان pH و قلیائیت مشاهده نشد احتمالاً عدم کاهش فاکتورهای عنوان شده به دلیل خصوصیات بافری خاک در استخر خاکی مورد استفاده در آن آزمایش بوده باشد.

یکی از موانع جدی در پرورش متراکم ماهی بدون تعویض آب تجمع آمونیاک و نیتريت می باشد (Avnimelech, 2007). مطالعات نشان داده است در نسبت کربن به نیتروژن متعادل، ضایعات نیتروژنی تولید شده توسط موجودات آبی به خصوص آمونیاک به وسیله زی توده باکتریایی به مصرف می رسد و افزایش نسبت کربن به نیتروژن محرک تولید باکتری های هتروتروف است. در مطالعه حاضر در تیمارهای بهینه کربن به نیتروژن (۲۰ و ۱۵) غلظت آمونیوم و نیتريت کاهش پیدا کرد. اما میزان نیتريت تفاوت معنی داری بین تیمارها نداشت. کاهش مشاهده شده در مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل ذخیره شدن نیتروژن محلول آب در بیومس باکتریایی به مانند مطالعات پیشین می باشد (McIntosh, 1999; Avnimelech, 1999). نیتريت یک ترکیب حدواسط در فرآیند نیتریفیکاسیون است. افزایش نیتريت در ماههای اول آزمایش یک امر طبیعی

است که به دلیل نرخ پایین رشد باکتری های نیتروباکترها رخ می دهد (Timmons et al., 2002). سطح نیتريت آب برای ایجاد شرایط پرورشی مناسب ۱ میلی گرم بر لیتر است (Timmons et al., 2002) که در مطالعه حاضر در تمامی تیمارها در حد استاندارد بود. آمونیاک به دو شکل یونیزه و غیر یونیزه در محیط آبی حضور دارد و شکل حضور آن در آب ارتباط مستقیمی با میزان pH دارد به طوری که در pH بالا شکل غیز یونیزه غالب است. بر اساس (Timmons et al., 2002) میزان آمونیوم کمتر از ۳ میلی گرم بر لیتر برای ماهی های گرم آبی ایمن است، که در مطالعه حاضر در تمامی تیمارهای میزان TAN در حد استاندارد خود بود و در نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ همواره کمتر از ۰/۴ میلیگرم بر لیتر بود. Zhao و همکاران در سال ۲۰۱۴ گزارش کردند که استفاده از سیستم بهینه کربن به نیتروژن باعث کاهش میزان آمونیاک و نیتريت در محیط پرورش میگوی ژاپنی (*Marsupenaeus japonicas*) گردید. همچنین استفاده از ساختار بیوفلوک وانامی (*Litopenaeus vannamei*) باعث کاهش معنادار آمونیاک و نیتريت شد.

از آنجا که در پرورش متراکم ماهی ها از خوراک هایی با پروتئین بالا استفاده می شود نسبت کربن به نیتروژن کاهش پیدا می کند و این موضوع باعث تجمع نیتروژن معدنی (آمونیاک، نیتريت و نیتريت) در سیستم پرورشی می شود (McIntosh, 1999). یکی از اهداف این مطالعه پیدا کردن بهترین سطح کربن به نیتروژن جهت بهبود کیفیت پارامترهای کیفی آب بود. Avnimelech در سال ۱۹۹۹ مشخص نمود استفاده از منابع کربنی برای افزایش نسبت کربن

استخرهای پرورش میگوی منطقه تیاب استان هرمزگان. مجله علمی شیلات ۳، ۳۵-۵۶.

۲. عظیمی، ع.، جعفریان، ح.، هرسیج م.، قلی‌پور، ح.، پاتیمار، رحمان، ۱۳۹۵. تأثیر نسبتهای مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب و عملکرد رشد بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک. توسعه آبرزی پروری، ۴، ۷۵-۸۹.

3. APHA, AWWA, AND WEF., 2005. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 21st ed. American public Health Association, Washington, d.c.
4. Assaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Azim, M.E., Haque, S., Salam, M.A., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280, 117-123.
5. Asaduzzaman, M., S.M.S. Rahman, M.E. Azim, M.A. Islam, M.A. Wahab, M.C.J. Verdegem & J.A.J. Verreth., 2010. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. *Aquaculture*, 306, 127-136.
6. Avnimelech, Y., Kochva, M., Diab, S., 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. *Bamidgeh*, 46, 119-131.
7. Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176, 227-235.
8. Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264(1), 140-147.
9. Boyd, C.E., 1979, Water quality in warm water fish pond, Craft master printers, Inc, Opelika, Alabama, 359 pp.
10. Chamberlain, G., Avnimelech, Y., McIntosh, R. and Velasco, M., 2001. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C/N. *The Global Aquaculture Advocate*, 4, pp.53-56.

به نیتروژن در سیستم‌های پرورشی یک راهکار عملی و ارزان قیمت برای کاهش تجمع نیتروژن معدنی است. در مطالعه حاضر استفاده از نشاسته ذرت برای افزایش نسبت کربن به نیتروژن از ۱۰ به ۲۰ راهکار مناسبی برای کاهش سطح ترکیبات نیتروژنی (آمونیاک و نیتريت) و فسفات بود. این امر می‌تواند به دلیل فراهمی نیتروژن، فسفر و کربن آلی برای افزایش بیومس باکتری‌های هتروتروفیک، جلبک‌ها، آغازیان و زئوپلانکتون‌ها و مواد آلی چسبیده به بیوفلوک‌ها باشد.

نتایج این تحقیق به‌طور کل نشان داد که استفاده از تکنولوژی نسبت بهینه کربن به نیتروژن می‌تواند در استخرهای خاکی کپورماهیان به مانند محیطهای اکواریوم و تانک مفید بوده و منجر به کنترل بهینه فاکتورهای کیفی آب شود و در این میان ایجاد نسبت کربن به نیتروژن ۲۰ برآ استخر کپورماهیان توصیه می‌شود. علاوه براین ارایه این تکنولوژی به استخرهای پرورش می‌تواند با بهبود کارایی مواد مغذی و همچنین کنترل مواد آلاینده استخر، راهکاری مطمئن برای مقابله با چالشهای روبروی صنعت آبرزی پروری ایران باشد که با مشکل محدودیت منابع آب و همچنین آزادسازی پساب مزارع درگیر است.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نمایم.

منابع

۱. صالحی، ع.ا.، فروغی فرد، ح.، ۱۳۸۰. بررسی تغییرات اکسیژن محلول و شفافیت آب در

exchanged pond polyculture system. Aquaculture, 434, pp.442-448.

11. 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(3), pp.125-137.
12. 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(1), pp.346-358.
13. Hari, B., Madhusoodana, K., Varghese, J.T., Schrama, J.W., Verdegem, M.C.J. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. Aquaculture, 241, 179-194.
14. Hoseinifar, S., Mirvaghefi, A., Mojazi Amiri, B., Rostami, H. K., Merrifield, D. 2011. The effects of oligofructose on growth performance, survival and autochthonous intestinal microbiota of beluga (*Huso huso*) juveniles. Aquaculture Nutrition, 17(5): 504-498.
15. McIntosh, R.P., 1999. Changing paradigms in shrimp farming. General description. Global Aquaculture Advocate, 2(4/5), pp.40-47.
16. Perez-Fuentes, J.A., Hernández-Vergara, M.P., Perez-Rostro, C.I., Fogel, I., 2016. C:N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc systems under high density cultivation. Aquaculture, 452, 247-251.
17. Timmons, M. B., J. M. Ebeling, F. W. Wheaton, S. T. Summerfelt, and B.J. Vinci., 2002. Recirculating aquaculture systems. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, New York.
18. Xu, W.J., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2016. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. Aquaculture, 453, 169-175.
19. 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