"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 فراسنجه های 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 ازگونه های کپور معمولی، فیتوفاگ، 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 میلی‌گرم در لیتر برای هدایت التریکی رسید. ولی این افزایش در دوماه آخر دوره آزمایش در تیمار کربن به نیتروژن ۱۵ و ۲۰ از ۱۰ بالاتر است($p\leq$۰/۰۵). غلظت آمونیوم، نیتریت و فسفات در تیمارهای C/N ۱۵ و ۲۰کمتر از تیمار شاهد بود (۰/۱۵ و۰/۱۹ در مقابل ۰/۵۹ برای آمونیوم و ۰/۰۴ و۰/۰۵ در مقابل ۰/۱۰ میلی‌گرم در لیتربرای نیتریت) ($p\leq$۰/۰۵)، اما اختلافی بین غلظت نیترات تیمار شاهد با دیگر تیمارها مشاهده نشد($p>$۰/۰۵). 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.

* عهده‌دار مکاتبات: Amirkola@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]

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 (آمونیوم، نیتریت 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 ایجادشده، 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 هزینه-های مربوط به پمپاژ آب گردد.

در کنار محدودیت منابع آب، افزایش تراکم استخرهای پرورشی به‌منظور 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 این‌که 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 قرارگیرند (Avnimelech, 1999). تنظیم نسبت بین کربن به نیتروژن آب استخر به منظور دسترسی مواد اولیه برای حداکثر فعالیت میکروارگانیزم‌ها می‌تواند درکنترل 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 می تواند مواد مغذی (عمدتا نیتروژن و فسفر) را به‌طور 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 می باشد، می‌تواند به‌طور 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 ارایه‌شده در سالیان اخیر برای کنترل مدیریت فاکتورهای کیفی آب و همچنین کاهش مصرف آب در آبزی پروری می‌باشد(Hari *et al*., 2004 ; Avnimelech, 1999 و عظیمی و همکاران، ۱۳۹۵). آزمایشاتی در زمینه تعیین نسبت بهینه کربن به نیتروژن برای رسیدن به رشد بهینه برای

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]

گونه های متعدد آبزیان انجام شده ازجمله آنها تیلاپیا (Perez-Fuentes *et al*., 2016) و میگو (Xu et al., 2016). نسبت کربن به نیتروژن برای اغلب سیستم‌های پرورش آبزیان 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 به‌دست 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 پارا مترهای کیفی آب و میزان تولید مواد آلاینده استخرمی‌باشد که بتوان بر این اساس دستورالعملی برای کنترل کیفیت آب استخر بر اساس موادمغذی ورودی تهیه نمود.

مواد و روش‌ها

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

دراین تحقیق مجموعاً سه تیمار(سه سطح۱۰، ۱۵ و۲۰ نسبت کربن به نیتروژن) و هرتیمارشامل ۳ تکرار، درنظرگرفته شد. برای انجام این تحقیق نه استخر خاکی تقریبا هم شکل و هم‌اندازه انتخاب‌شده و تیمارهای آزمایشی در آنها بر اساس طرح کاملا تصادفی پخش گردید. این تحقیق در یک دوره شش ماهه از اردیبهشت تا مهر ۱۳۹۶ انجام شد. قبل از شروع آزمایش عملیات آماده‌سازی یکسانی شامل بردشت گیاه سال قبل خشک کردن ، عملیات بازسازی و آهک پاشی(۲۵۰کیلو 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 می‌کند به عنوان تیمار کنترل در این آزمایش استفاده شد و نسبت C/N ۱۵و یا ۲۰با 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 می‌رساند و به‌صورت دائمی تامین می‌شد. 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 فیتو فاگ و بیگ هد) با وزن اولیه حدود۶۰ گرم برای ماهی کپور و حدود۵۰ گرم برای ماهی‌های بیگ‌هد و فیتوفاگ به هر استخر معرفی شدند. روزانه به همراه غذا نشاسته با نسبت‌های تعیین شده به عنوان منبع کربوهیدرات بصورت پودر حل شده در آب، به استخر اضافه شد (Asaduzzaman *et al*., 2010; Hari *et al*., 2004).

اندازه‌گیری معیارهای کیفی آب

اندازه‌گیری‌های پارامترهای کیفی آب در طول یک دوره پرورش شش ماهه انجام شد و در طول دوره این

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]

پارامترها در نه استخر آزمایشی سنجش شد. همه این نمونه‌گیری ها 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 نیتریت و آمونیوم، نیترات و فسفات به‌صورت ماهیانه از طریق تیتراسیون انجام شد. نمونه‌ها صبح‌ها (۱۰-۹) از استخرها جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه گروه شیلات منتقل شدند.

اندازه‌گیری آمونیاک پس از سانتریفیوژ کردن نمونه‌ها و افزودن معرف‌هایی که از قبل با روش استاندارد روش (APHA, 2005) تهیه شده بود، با قرائت میزان جذب در نمونه ها، معرف بلانک و محلول‌های استاندارد با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۳۰ نانومتر با روش (Boyd, 1979) انجام شد. اندازه گیری نیتریت هم پس ازاضافه کردن معرف‌های مختلف و آنگاه قرائت میزان جذب نمونه‌ها، معرف بلانک و محلول استاندارد با اسپکترو فتو متر در طول موج ۵۴۳ نانومتر با روش (Boyd, 1979) صورت گرفت.

جهت تعیین تعداد کل بار باکتریایی هتروتروف آب Total Heterotrophic Bacteria (THB) استخرها نمونه‌های جمع‌آوری‌شده با بطری‌های شیشه‌ای استریل به آزمایشگاه منتقل شد. یک میلی‌لیتر نمونه آب با یک پیپت استریل به لوله‌آزمایش حاوی ۹ میلی‌متر فسفات بافر نمک (phosphate buffered saline) منتقل‌شده و لوله‌ها به‌طور کامل مخلوط شد. رقت سریالی تا 10^5 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 درنهایت پلیت‌ها با ۳۰۰-۳۰ 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 ارایه‌شده در کتاب روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب تهیه شد. سپس با حل کردن مقدار ۰/۸۵۱ گرم (Hydrogen phthalate potassium) KHP خشک‌شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد، در آب مقطر، سری نمونه‌ها با غلظت‌های مشخص COD ساخته شد. نمونه‌ها جهت هضم در دستگاه REACTORE HACH COD به مدت ۲.۵ ساعت قرار گرفتند، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (MILTON RAY COMPANY) در طول‌موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شدند، و نمودار کالیبراسیون آن با رگرسیون ۰/۹۹۹ رسم و فرمول نمودار خطی آن به‌دست‌آمده و COD اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

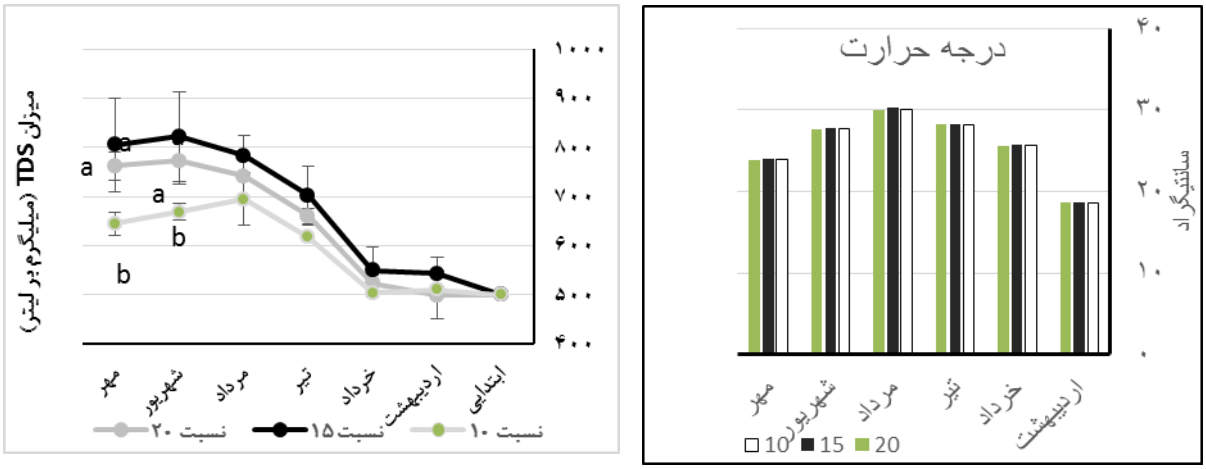
داده‌های اولیه پس از جمع‌آوری توسط نرم‌افزار Excel مرتب شد. نرمال بودن داده ها با کمک آزمون Kolmogorov–Smirnov مشخص شد. اثرات نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب و تولیدات استخر در قالب طرح کاملا تصادفی و با استفاده مدل آنالیز واریانس یک‌طرفه انجام شد و

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]

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

نتایج

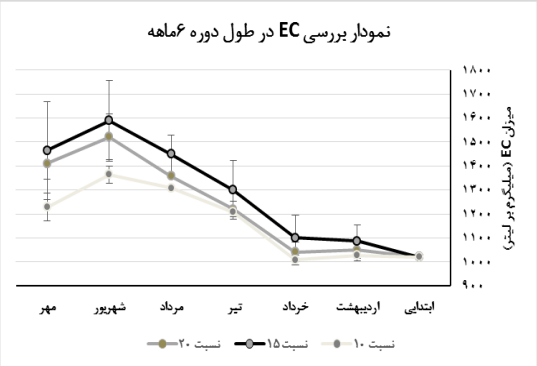
بر اساس نتایج نشان داده شده در شکل ۱ میزان درجه حرارت آب استخرها در طول دوره پرورش با افزایش درجه حرارت محیط افزایش پیدا می‌کند و در مرداد ماه به حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد می رسد و بعد از آن به تدریج شروع به کاهش می کند.



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

روند تغییرات مجموعه ذرات محلول (TDS) شامل یک سیر صعودی برای سه تیمار آزمایشی در این دوره شش ماهه می‌باشد. 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 ماه‌های آخر آزمایش معنی دار بود ($p<۰/۰۵$).

روند تغییرات هدایت اکتریکی (EC) نشان‌دهنده یک سیر صعودی در طول دروه آزمایش است. به‌طوری که بیش‌ترین سیر صعودی مربوط به نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ بود. اما در ماه آخر آزمایش میزا ن هدایت اکتریکی به‌طور کل برای همه تیمارهای آزمایشی کاهش یافت. با وجود اختلافات هدایت اکتریکی در تیمارهای مختلف، این اختلافات از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

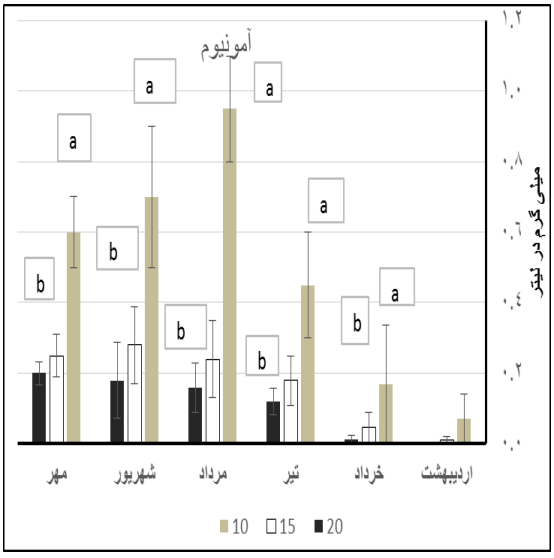


شکل ۲: روند تغییرات هدایت الکتریکی(EC) در تیمارهای آزمایشی

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

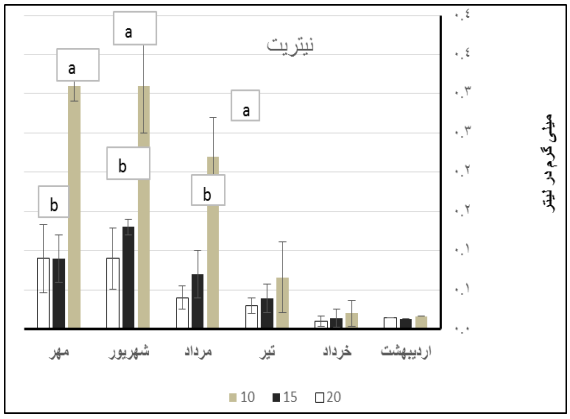
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]

میزان آمونیوم همواره در تیمار ۱۰ اغلب به‌طور معنی داری از دو تیمار دیگر بالاتر بود ($p<۰/۰۵$).



شکل ۳: روند تغییرات آمونیوم در تیمارهای آزمایشی

روند تغییرات نیتریت در طول دوره ۶ ماهه در شکل ۴ نشان داده شده است. در دوماهه اول آزمایش نیتریت از مقدار تقریبا ثابتی برخوردار بود اما از ماه مرداد شاهد روند صعوی بودیم که تا انتهای آزمایش ادامه داشت به‌طوری که بیشترین روند صعودی در تیمار نسبت کربن به نیتروزن ۱۰ و کمترین آن در در نسبت ۲۰ مشاهده شد. میزان نیتریت هم به مانند آمونیوم اغلب در تیمار ۱۰ از دو تیمار دیگر بیشتر بود ($p<۰/۰۵$).



شکل ۴: روند تغییرات نیتریت در تیمارهای آزمایشی

روند تغییرات میزان بیوماس باکتریایی در طول دوره آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. به‌طور کل میزان بار باکتریایی با فزایش میزان کربن سیستم و اضافه نمودن نشاسته به داخل سیستم پرورش افزایش یافته و این تفاوت در ماه‌های آخر آزمایش کاملا واضح می باشد ($p<۰/۰۵$). از سوی دیگر هر چه به انتهای آزمایش نزدیک می‌شویم بار باکتریایی همه تیمار ها افزایش می‌یابد. در ماه چهارم و ششم اندازه گیری میزان بار باکتریایی در تیمار ۱۵و ۲۰بظور مهنی داری از تیمار ۱۰بالاتر بود ($p<۰/۰۵$).

جدول۱. مقایسه تغییرات میزان بیوماس باکتریایی آب (CFU/g) در سه نسبت متفاوت کربن به نیتروژن در طول دوره آزمایش

نسبت کربن به نیتروژن	ماه‌های اندازه‌گیری 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 ±SD (n=3) می‌باشد. حروف غیر همسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

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 به طور معنی‌داری بیشتر می‌باشد ($p<۰/۰۵$). به مانند بیومس باکتریایی میزان بار آلی در ماه چهارم وششم اندازه‌گیری در تیمار ۲۰بالاتر از تیمار ۱۰در این تحقیق بوده است ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]

جدول۲: مقایسه تغییرات میزان COD آب بر مبنای میلی گرم در لیتر در سه نسبت متفاوت کربن به نیتروژن در طول دوره آزمایش

C/N	ماه‌های اندازه گیری			
	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±۵/۴۳^{ab}	۴۹/۵±۵/۲^{b}	۸۱/۷±۴/۳^{b}

هر عدد نشان دهنده میانگین داده‌ها ±SD (n=3) می‌باشد. حروف غیر همسان در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد (p<۰/۰۵).

نتایج کلی نسبت‌های مختلف کربن به نیتروزن بر پارامترهای کیفی آب نشان داد اثر نسبت کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب از قبیل میزان pH، آمونیوم، نیتریت، نیترات، فسفر معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). اما بر پارامترهای EC و TDS اثر معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). با افزایش نسبت کربن به نیتروژن پارامترهای pH، TAN، نیتریت و فسفر به طور معنی‌داری کاهش پیدا کردند. میزان نیتریت هم به مانند سایر تیمارها تحت تاثیر نسبت کربن به نیتروژن بوده و نیتریت به طور معنی داری در نسبت ۲۰ کمتر از نسبت ۱۰ بود.

جدول ۳: مقایسه اثرات نسبت‌های 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}
آمونیوم	۰/۰±۵۹/۰۴^{c}	۰/۰±۱۹/۰۲^{b}	۰/۰±۱۵/۰۳^{a}
نیتریت	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}

بحث

نتایج آزمایش اخیر نشان داد که استفاده از تکنولوژی نسبت بهینه کربن به نیتروژن با افزودن یک منبع کربنی می تواند با کنترل آلاینده‌های موجود در استخر خاکی موجب بهبود پارامترهای کیفی آب شود و در این میان نسبت کربن به نیتروژن ۲۰شرایط ایده‌آلی 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 بهنه کربن به نیتروژن به‌دست آمده است.

دما مهمترین فاکتور محیطی موثر بر متابولیسم میکروبی است. مطالعاتی بسیاری نشان داده‌اند که دمای بهینه برای تشکیل جوامع میکرو ارکانیزم آب بین ۱۸ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد است. به نظر می رسد که یکی از دلایل رشد بهینه ماهی‌ها 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 میکروارگانیسم‌های هتروتروف و پلانکتونی در دماهای بالا فعالیت بیشترباز خود نشان می‌دهند. (De Schryver *et al*., 2009) بیان کردند که اثرگذاری دما در سیستم بیوفلاک یک فرآیند بسیار پیچیده می‌باشد. به نظر می رسد که محدوده درجه حرات این آزمایش (۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد) مناسب رشد و توسعه جامع میکرو ارگانیزمها بوده و بنابراین باعث اثرات مثبت بر رشد و بهبود فاکتورهای آب شده است.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]

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 ۸/۵-۶/۵ 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 ایده‌آل 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 معنی‌داری در میزان pH و قلیایت مشاهده نشد احتمالا عدم کاهش فاکتورهای عنوان شده به‌دلیل خصوصیات بافری خاک در استخر خاکی مورد استفاده در آن آزمایش بوده باشد.

یکی از موانع جدی در پرورش متراکم ماهی‌بدون تعویض آب تجمع آمونیاک و نیتریت می‌باشد (Avnimelech, 2007). مطالعات نشان داده است در نسبت کربن به نیتروژن متعادل، ضایعات نیتروژنی تولید شده توسط موجودات آبزی بخصوص آمونیاک به وسیله زی توده باکتریایی به مصرف می‌رسد و افزایش نسبت کربن به نیتروژن محرک تولید باکتری‌های هتروتروف است. در مطالعه حاضر در تیمارهای بهینه کربن به نیتروژن (۲۰و ۱۵) غلظت آمونیوم و نیتریت کاهش پیدا کرد. اما میزان نیترات تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نداشت. کاهش مشاهده شده در مطالعه حاضر احتمالا به دلیل ذخیره شدن نیتروژن محلول آب در بیومس باکتریایی به مانند مطالعات پیشین می باشد (McIntosh,1999; Avnimelech, 1999). نیتریت یک ترکیب حدواسط در فرآیند نیتریفیکاسیون است. افزایش نیتریت در ماههای اول آزمایش یک امر طبیعی است که به دلیل نرخ پایین رشد باکتری‌های نیتروباکترها رخ می‌دهد (Timmons *et al*., 2002). سطح نیتریت آب برای ایجاد شرایط پرورشی مناسب ۱ میلی‌گرم 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 ماهی‌های 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 نیتریت در محیط پرورش میگوی ژاپنی (*Marsupenaeus japonicas*) گردید. همچنین استفاده ازساختاربیوفلوک در مطالعه (Liu *et al*., 2014) برای پرورش توام میگو وانامی (*Litopenaeus vannamei*) باعث کاهش معنادار آمونیاک و نیتریت شد.

از آنجا که در پرورش متراکم ماهی‌ها از خوراک‌هایی با پروتئین بالا استفاده می‌شود نسبت کربن به نیتروژن کاهش پیدا می‌کند و این موضوع باعث تجمع نیتروژن معدنی (آمونیاک، نیتریت و نیترات) در سیستم پرورشی می‌شود (Mcintish, 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 نمودد استفاده از منابع کربنی برای افزایش نسبت کربن

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]

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 نیتریت) 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 بیوفلوک‌هاباشد.

نتایج این تحقیق به‌طور کل نشان داد که استفاده از تکنولوژی نسبت بهینه کربن به نیتروژن می تواند 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 بریا استخر کپورماهیان توصیه می شود. علاوه براین ارایه این تکنولوژی به استخرهای پرورش می تواند با بهبود کارایی مواد مغذی و همچنین کنترل مواد آلاینده استخر، راهکاری مطمئن برای مقابله با چالشهای روبروی صنعت آبزی پروری ایران باشد که با مشکل محدویت منابع آب و همچنین آزادسازی پساب مزارع در گیر است.

سپاسگزاری

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

منابع

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.3.5.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.3.45]