

"مقاله پژوهشی"

روابط بین کربن آلی محلول، بار باکتریایی و ویژگی‌های کیفی آب در آبندان‌های پرورش کپورماهیان

سیده مریم هاشمی مجاوری^{۱*}، محمد کاظم خالصی^{۱*}، سهراب کوهستان اسکندری^۱

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

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶۹/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۱۲

چکیده

در این مطالعه، کربن آلی محلول، بار باکتریایی و ویژگی‌های کیفی آب در سه آبندان پرورش ماهیان گرمابی هر کدام با وسعت ۱۲، ۷ و ۲۰ هکتار در دو روستای کیاکلای استان مازندران بررسی شد. نمونه‌های آب از قسمت‌های سطح و کف ورودی، سطح و کف میانی، و سطح و کف خروجی هر دو هفته یکبار برداشت شدند. روند تغییرات پارامترهای کیفی آب آبندان‌ها نظیر دما، اکسیژن، pH، DOC، نیترات، آمونیاک، فسفات، بارباکتریایی و کلروفیل آ مورد آزمایش قرار گرفت. همبستگی تمامی پارامترها در طول دوره‌ی پرورش با توجه به طبیعی بودن محیط پرورش و تاثیرگذاری عوامل محیطی بررسی شد. کمترین و بیشترین میانگین دما در این سه آبندان به ترتیب در فروردین و تیر اندازه‌گیری شدند. حالت قلیایی و مطلوب pH (۷-۹) در طول دوره‌ی پرورش ثبت شد. بیشترین مقادیر میانگین کربن آلی محلول (DOC) در سه آبندان به ترتیب ۱۵/۲۹±۰/۹، ۱۴/۶۴±۲/۶ و ۱۸/۷۰±۱/۶ mg/l در شهریور و مهر مشاهده شد. کمترین مقادیر میانگین به ترتیب ۳/۹۶±۰/۱، ۴/۲۳±۰ و ۴/۵۶±۰/۷۵ mg/l در فروردین و اردیبهشت بدست آمد. بیشترین مقادیر میانگین بار باکتریایی (۱۲±۳۷۴۳۰/۵)، ۹۶±۱۳۶۳۶۷/۱ و ۸۲۸۰۰±۷۳/۵ (cfu/g) در شهریور و مهر و کمترین مقادیر میانگین بار باکتریایی (۶۱/۲±۱۱۱)، ۲۱±۲۲۳/۲ و ۱۳۴±۱۶/۲ (cfu/g) در هر سه آبندان در فروردین برآورد گردید. DOC و آمونیاک در آبندان ۱ دارای روند نزولی و بدون ارتباط معنی‌دار ($p>0/05$)، در آبندان ۲ دارای رابطه‌ی صعودی و معنی‌دار ($p<0/05$)، و در آبندان ۳ بدون رابطه‌ی صعودی و معنی‌دار بودند ($p>0/05$). بین بار باکتریایی و DOC در هر سه آبندان روابط صعودی و معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$). بر اساس نتایج حاضر، با اندازه‌گیری DOC و مواد ازته آب می‌توان نسبت کربن به ازت (C/N) در آب را پایش و متعادل کرد (۱/۲۰-۱/۱۵) تا کیفیت آب مطلوبی در جهت عملکرد مطلوب ماهیان پرورشی در استخر برقرار شود.

کلمات کلیدی: کربن آلی محلول (DOC)، بار باکتریایی، آمونیاک، آبندان، ماهیان گرمابی

مقدمه

نگهداری یک محیط سالم آبی و تولید مقدار کافی غذای زنده برای مصرف ماهی توسط پرورش‌دهندگان در استخرهای پرورش دو شاخص مهم اولیه برای پرورش آبزیان است. نگهداشتن زیستگاه آبی در حد مناسب برای رشد آبزیان نیازمند نگهداری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی مانند دما، کدورت، رنگ، pH، گازهای محلول مانند اکسیژن و کربن دی‌اکسید است (Boyd, 1995). همچنین مواد غذایی با کیفیت و کمیت مناسب نظیر نیتروژن، فسفر و کربن مورد نیاز است که با عمل کوددهی با استفاده از انواع کودها، با نسبت‌های مختلف برحسب نیاز محیط و گونه پرورشی به استخرهای آبزیان بر اساس نسبت C:N:P اضافه می‌شوند (Jana et al., 2007). تغییرات این شاخص‌ها سایر متغیرها را نیز مانند یک زنجیره دچار نوسان می‌کند. بر این اساس، شرایط مواد مغذی آب و خاک نقش مهمی در تولید موجودات پلانکتونی یا تولید اولیه در استخرهای پرورش آبزیان دارد. دسته‌بندی استخرهای آبزیان بر اساس این شاخص‌ها به دلیل نوسانات پیچیده و همبستگی میدانی آنها و نیز این حقیقت که در شرایط پرورشی مطالعه هر کدام از شاخص‌ها به صورت منفرد و تحت شرایط بهینه امکان‌پذیر نیست، مشکل بزرگی است.

مدیریت زیست‌بوم‌های آبی برای پرورش کپورماهیان به شناخت نیازهای غذایی ماهیان پرورشی و ایجاد محیطی برای زیست و رشد جانوران موجود در استخرها یا زیست‌بوم‌های پرورش متکی است. با توجه به توسعه آبی‌پروری و ارائه دیدگاه جدید برخورد زیست‌بومی به محیط پرورشی، در ایران از این دیدگاه استفاده چندانی نشده است و هنوز از

روش‌های قدیمی و سنتی برای پرورش کپورماهیان استفاده می‌شود. در این ارتباط برای پرورش کپورماهیان از مواد مغذی معدنی جدید حاوی ریز و بزرگ مغذی‌ها یا از کودهای آلی مانند ورمی-کمپوست، که مرحله‌ای از فرآیند معدنی شدن را گذارنده است، استفاده نمی‌شود. همچنین، در مورد حضور و نقش میکروارگانیسم‌های خاص مانند باکتری‌های موثر در فرآیند معدنی‌سازی، یا افزودن پروبیوتیک‌ها به استخرها و نیز چگونگی و روند باروری برای رسیدن به حداکثر ماندگاری و رشد جانداران هدف، ارزیابی مدونی صورت نگرفته است. شرایط اقلیمی کشور نیاز روز افزون به تولید مواد پروتئینی را ایجاب می‌کند و یکی از راه‌های افزایش تولید، تمرکز بر تولید گوشت کپورماهیان به لحاظ وابستگی کمتر به واردات نهاده‌ها مانند پودر ماهی است. در روند پرورش کپورماهیان و برای افزایش باروری استخر پرورش، ثابت شده است که نسبت نیتروژن به فسفر (N:P) در ارتباط با کربن در استخر نقش مهمی را در تولید دارد. ارتباط بین ترکیب گونه‌های پلانکتونی و تولید ماهی نیز کمتر مورد ارزیابی قرار گرفته است. عدم شناخت و کاربرد کافی از کودهای مخلوط تحت شرایط آب و هوایی مختلف نیز در سازگان‌های متفاوت آبی‌پروری از مشکلات روز آبی‌پروران است. محدوده مناسب کوددهی شرایط مناسب‌تری را در روند تجزیه مواد آلی به وسیله باکتری‌های هتروتروف، قارچ‌ها و آکتینومیست‌ها فراهم می‌سازد تا مواد مغذی ضروری برای تولیدات زیستی سازگان‌ها فراهم شود و غذا در دسترس آبزیان مختلف قرار گیرد. بنابراین مقدار مناسب کوددهی یک نقش کلیدی را در فراهمی دائم

معمولا کم است ولی دارای مقادیر بالایی از کربن جهت پیشبرد تولیدات هتروتروفیک هستند. بنابراین، وجود مقادیر پایین نیتروژن سبب عدم عملکرد تجزیه‌ای کامل جوامع باکتریایی در کودهای آلی می‌شود که این موضوع به عنوان مهم‌ترین خصوصیت آنها به شمار می‌رود. همچنین، باکتری‌های تجزیه‌کننده مواد آلی دارای ۵۰ درصد کربن و ۱۰ درصد نیتروژن هستند و وجود نیتروژن برای رشد میکروبی کاملا ضروری است. مقادیر کربن و نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن (C:N) در کودهای آلی و نرخ‌های تجزیه باکتریایی آنها نقش تعیین‌کننده‌ای در زمان تاخیری بین کاربرد کود با افزایش تولید استخر دارد. کودهای آلی با نسبت C:N کمتر از ۵۰ (کودهای حیوانی، ادرار، علوفه هرز سبز و علوفه) به طور سریع‌تری به وسیله باکتری‌ها در مقایسه با کودهای با نسبت C:N بالاتر از ۱۰۰ (کاه، باگاس نیشکر، و خاک‌اره) تجزیه می‌شوند (طاهری‌نسب و همکاران، ۱۴۰۱).

در ایران مطالعاتی از جمله عبدالهی و همکاران (۱۳۸۹)، حسین‌زاده صحافی و همکاران (۱۳۹۲)، رضایی‌تبار و همکاران (۱۳۹۶)، و سیاری و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی کیفیت استخرهای پرورش ماهی از طریق اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی پرداختند. برای مثال، رضایی‌تبار و همکاران (۱۳۹۶) پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی را آب استخرهای پرورش ماهی در شمال ایران (شهر رشت) بررسی و اختلاف معنی‌دار دما، اکسیژن محلول، نیترات، کلروفیل آ، و وزن و طول کل ماهیان را در استخرهای مورد مطالعه مشاهده کردند. در بررسی کیفیت آب استخرهای پرورش مولدین ماهی کپور

مواد مغذی در استخرها یا محیط پرورش ماهیان دارد، اگرچه فعالیت‌های میکروبی به وسیله عوامل پیچیده محیطی در استخرهای پرورش تنظیم می‌شود (Bhakta, 2004).

امروزه از کودهای آلی و شیمیایی و آهک‌پاشی برای غنی‌سازی بیشتر استخرها به منظور بازدهی بیشتر تولید ماهی استفاده می‌شود که در نتیجه پارامترهای فیزیکوشیمیایی و زیستی آب تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Vanacker *et al.*, 2015). مشکلات کیفیت آب با دو فاکتور فیزیکی و شیمیایی مشخص می‌گردد. از جمله افزایش یا کاهش میزان اکسیژن محلول، غلظت بالای ترکیبات نیتروژنی (آمونوم، آمونیاک، نیترات و نیتريت) و سطوح بالایی از هیدروژن سولفید. افزایش یا کاهش اکسیژن محلول سبب مرگ و میر انبوه در استخرهای پرورش ماهی می‌گردد (Neori *et al.*, 1989). شناسائی و تشخیص زودهنگام تغییرات در کیفیت آب از اثرات جبران‌ناپذیر آن جلوگیری خواهد کرد. بطور طبیعی، کیفیت آب پایدار نیست و با تغییر زمان، شرایط آب و هوا، دما، تراکم ماهیان موجود در آب، نرخ تغذیه و ... تغییر می‌کند (Davies and Ansa, 2010). بنابراین، کنترل کیفی استخرهای پرورش ماهی امری ضروری بنظر می‌رسد.

در آبرزی پروری کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی ارزان‌تر و فاقد پیامدهای زیست-محیطی برای طبیعت هستند. با این حال، ارزش کودهای آلی عمدتاً بستگی به مقادیر کربن، نیتروژن، فسفر، و پتاسیم و همچنین توانایی تجزیه‌پذیری باکتریایی آنها در درون توده‌های آبی دارد. مقادیر مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) موجود در کودهای آلی

سه آبندان واقع در دو روستای شهر کیاکلا استان مازندران صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با نمونه‌برداری از آب آبندان‌های پرورش ماهیان گرمابی شامل کپور معمولی، کپور علفخوار، کپور نقره‌ای، و کپور سرگنده (سه آبندان در شهر کیاکلا، دو آبندان در روستای دست اندرکلا به مساحت‌های ۷ و ۱۰ هکتار و آبندان دیگر در روستای فوتم سفلی به مساحت ۲۰ هکتار) واقع در شهر کیاکلا (مرکز شهرستان سیمرغ در مازندران واقع در طول جغرافیایی N36335.409 و عرض جغرافیایی E524859.404) هر ۱۵ روز یکبار از فروردین ۱۳۹۷ تا مهر ۱۳۹۷ انجام شد. دو نمونه در ۱۰ متر از ورودی آبندان‌ها، دو نمونه از وسط آبندان‌ها و دو نمونه در ۱۰ متر قبل از خروجی آبندان‌ها از سطح و عمق گرفته شدند. نمونه‌برداری بعد از آنگیری آبندان، کوددهی و ماهی‌دار شدن آبندان‌ها هر دو هفته یکبار از فروردین تا مهر تا پایان دوره پرورش به روش بالا انجام شد. نمونه‌های آب (شش نمونه از هر آبندان) جهت اندازه‌گیری کربن آلی محلول (DOC)، نیترات، آمونیاک، فسفات، کلروفیل آ، pH، اکسیژن محلول (DO) و کشت میکروبی در آزمایشگاه‌های تکثیر و پرورش آبزیان و فیزیولوژی آبزیان در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری برداشت شدند. در سه آبندان، نمونه‌های خاک خشک از قسمت‌های خشک در دی به دلیل نیمه‌خشک بودن و نمونه‌های لجن از قسمت‌های نزدیک به خروجی برداشت شدند. DOC به روش والکی بلک ASTM

روهو در استان خوزستان، پارامترهای دما، pH، نیترات، نیتريت، و اکسیژن محلول در محدوده مجاز و مطلوب گزارش شدند (حسین‌زاده صحافی و همکاران، ۱۳۹۲). عظیمی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش دادند که نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ به ۱ تأثیر مثبتی در پارامترهای کیفی آب، بهبود مصرف غذایی و عملکرد رشد کپور معمولی در سیستم بیوفلاک داشت و مقدار مصرف آب را در سیستم کاهش داد. سیاری و همکاران (۱۴۰۰) روابط معنی‌داری را میان میانگین ماهانه DOC با مواد مغذی نظیر نیترات، فسفات و آمونیاک در بخش‌های ورودی و خروجی استخرهای پرورشی در اطراف شهر ساری (استان مازندران) گزارش کردند. همچنین این نگارندگان به منابع بسیار اندک در خصوص کربن آلی محلول در محیط پرورش ماهی اشاره کردند. لذا توجه به اهمیت کربن آلی محلول و نقش تغییرات دمایی آب، تاثیر آن بر جوامع گیاهی و جانوری استخرها و حضور آنها در زیست‌بوم پرورش از مسائلی است که باید به آنها پرداخته شود و تغییرات آنها در روند پرورش ماهی تاثیرگذار است. بنابراین، برای دستیابی به مقادیر بهینه ذخایر و تراکم ماهی و زیست‌توده فیتو و زئوپلانکتونی در استخرهای گرمابی، چگونگی حفظ فراوانی و تنوع آنها و نیز حفظ تعادل تولید و مصرف، انجام پژوهش‌های کاربردی در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، تحقیق حاضر جهت بررسی تغییرات فصلی کربن آلی محلول، بار باکتریایی، ویژگی‌های کیفی آب، و روابط بین این عوامل جهت ارزیابی کیفی و میزان تولید در یک دوره‌ی پرورش ماهیان گرمابی در

پخش شده و پس از انجام کشت باکتریایی، پلیت‌های فوق به مدت ۲۴-۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد انکوباسیون شدند. در نهایت، پلیت‌ها با ۳۰-۳۰۰ واحد کلنی تشکیل شده (CFU/g) با کلنی-کانتر شمارش و به صورت واحدهای تشکیل دهنده کلنی (تعداد کلنی حاصله × عکس ضریب رقت) بیان شدند (Asaduzzaman *et al.*, 2008).

مقایسه DOC آب و خاک در سه آبندان

DOC آب و خاک در هر یک از آبندان‌ها با توجه به مساحت هر کدام مقایسه شدند. کربن آلی خاک مطابق با مقادیر اندازه‌گیری شده از قسمت‌های خشک و لجنی بستر آبندان‌ها قبل از دوره‌ی آبگیری بدست آمد. کربن آلی محلول آب از مجموع کربن آلی محلول مراحل نمونه‌برداری در هر آبندان برآورد گردید.

بررسی روابط بین DOC با سایر پارامترها

همبستگی بین DOC و سایر پارامترهای آب در آبندان‌ها با آزمون Correlate در نرم افزار SPSS سنجیده شد. آزمون رگرسیون خطی برای بدست آوردن فرمول پیشنهادی، و روش Stepwise برای فرمول‌های پیشنهادی در سه آبندان بکار برده شدند.

نتایج

درجه حرارت

بیشترین مقادیر میانگین دما (۳/۳۰/۴±، ۳۱/۰±۳/۱ و ۳۲/۲±۱/۳ درجه سانتی‌گراد) به ترتیب در آبندان‌های ۱، ۲ و ۳ در ۱۵ تیر ثبت شد که با سایر مراحل (به جز مرحله‌ی ۳۰ خرداد) اختلاف معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). کمترین دماها (۱۵-۱۶ درجه سانتی‌گراد) با مقادیر انحراف معیار ۵/۰±، ۳/۰± و

F1647-11 به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری کلروفیل آ، نمونه‌ها از محل نمونه‌برداری تا محل اندازه‌گیری در محیطی تاریک قرار داده شدند و در آزمایشگاه با فیلترهایی به قطر ۰/۴۵ میکرون تحت فشار پمپ خلاء فیلتر شدند. سپس فیلترها جهت استخراج کلروفیل آ درون استون ۹۰٪ به مدت یک شبانه روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از هم‌زدن، لوله‌های حاوی فیلترها در درجه حرارت آزمایشگاه به مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه با دور ۲۵۰۰ سانتریفیوژ گردید. میزان جذب محلول شفاف در طول موج‌های ۶۳۰، ۶۴۷ و ۶۶۴ نانومتر اندازه‌گیری و قرائت و سپس با فرمول زیر محاسبه شد (Parsons *et al.*, 1992):

$$\text{Chl. a} = 11.84(\text{E664}) - 1.54(\text{E647}) - 0.08(\text{E630})$$

$$\text{Mg chlorophyll a} = (\text{C} \times \text{V}) / (\text{V} \times \text{L})$$

اندازه‌گیری بار باکتریایی

بار باکتریایی کل آب در ابتدای دوره و در ادامه هر دو هفته یکبار در ساعات صبح تعیین شد. نمونه‌های آب از استخر بطور جداگانه جمع‌آوری، هر کدام به‌طور یکنواخت مخلوط، و با بطری‌های شیشه‌ای و ظروف استریل مجزا به آزمایشگاه دانشکده علوم دامی و شیلات منتقل شدند. یک میلی‌لیتر از نمونه آب با یک پیت استریل به لوله آزمایش حاوی ۹ میلی‌تر فسفات بافر نمک (phosphate buffered saline) منتقل و محتویات لوله‌ها به‌طور کامل مخلوط شدند. رقت سریالی تا 10^7 برای آب استخر با فسفات بافر نمک تهیه گردید (Asaduzzaman *et al.*, 2008). حجم‌های ۰/۱ میلی‌تر از هر رقت روی سطح پلیت‌های (PCA)

۰±۳ به ترتیب در آبندهای ۱، ۲ و ۳ در ۳۰ فروردین ثبت شد که با تمامی مراحل اختلاف معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵). در هر مرحله، دما به ترتیب از آبندهای ۱ تا آبندهای ۳ افزایش داشت که به دلیل ساعات مختلف نمونه‌برداری از هر آبندهای (ساعات ۸:۳۰، ۱۰ و ۱۱:۳۰ به ترتیب در آبندهای ۱، ۲ و ۳) بود.

(p<۰/۰۵). در آبندهای ۲ کمترین میانگین اکسیژن محلول (۴/۶±۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر) در ۳۰ خرداد ثبت شد که با نمونه‌های ۱۵ و ۳۰ تیر و ۱۵ مرداد اختلافات معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). بیشترین میانگین اکسیژن (۸/۳±۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر) در ۳۰ شهریور ثبت شد که با نمونه‌های ۱۵ مهر و ۳۰ فروردین اختلافات معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). در آبندهای ۳ کمترین میانگین اکسیژن محلول (۴/۳±۰/۹) در ۳۰ و ۱۵ تیر برآورد شد که با نمونه ۳۰ خرداد، ۱۵ و ۱۵ مرداد و ۱۵ شهریور اختلافات معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵)، و بیشترین اکسیژن محلول (۰/۲±۸/۴ میلی‌گرم بر لیتر) در ۳۰ فروردین به ثبت رسید که با نمونه‌های ۳۰ و ۱۵ اردیبهشت، ۱۵ خرداد، ۳۰ شهریور و ۱۵ مهر اختلافات معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵) (جدول ۲).

جدول ۱: دماهای ثبت شده در سه آبندهای مختلف

دما (°C)	آبندهای ۱	آبندهای ۲	آبندهای ۳
۳۰ فروردین	۱۵/۸ ^c	۱۶/۸ ^c	۱۷/۱ ^c
۱۵ اردیبهشت	۲۳/۸ ^b	۲۳/۳ ^b	۲۶/۴ ^b
۳۰ اردیبهشت	۲۳/۲ ^b	۲۳/۷ ^b	۲۳/۷ ^b
۱۵ خرداد	۲۲/۱ ^b	۲۲/۶ ^b	۲۲/۵ ^b
۳۰ خرداد	۲۸/۵ ^a	۲۹ ^a	۳۱/۵ ^a
۱۵ تیر	۳۰/۵ ^a	۳۱/۳ ^a	۳۲/۲ ^a
۳۰ تیر	۲۸/۸ ^b	۲۹/۶ ^b	۲۹/۲ ^b
۱۵ مرداد	۲۹/۴ ^b	۲۹/۴ ^b	۳۰/۴ ^b
۳۰ مرداد	۲۷/۲ ^b	۲۸/۲ ^b	۲۸/۳ ^b
۱۵ شهریور	۲۷/۸ ^b	۲۷/۲ ^b	۲۸/۴ ^b
۳۰ شهریور	۲۴/۴ ^b	۲۴/۹ ^b	۲۴/۹ ^b
۱۵ مهر	۲۱/۵ ^b	۲۲ ^b	۲۲/۲ ^b

جدول ۲: مقادیر اکسیژن ب در سه آبندهای مختلف

اکسیژن (mg/l)	آبندهای ۱	آبندهای ۲	آبندهای ۳
۳۰ فروردین	۵/۹ ^c	۷/۷۵ ^b	۸/۴ ^b
۱۵ اردیبهشت	۶ ^c	۷ ^c	۷ ^b
۳۰ اردیبهشت	۶ ^c	۶/۳ ^c	۶/۵ ^b
۱۵ خرداد	۴/۸ ^a	۶/۵ ^c	۷ ^a
۳۰ خرداد	۴/۷ ^a	۴/۶ ^a	۴/۷ ^a
۱۵ تیر	۴/۹ ^a	۵/۱ ^a	۴/۳ ^a
۳۰ تیر	۴/۹ ^a	۵/۱ ^a	۴/۳ ^a
۱۵ مرداد	۵/۱ ^a	۵/۲ ^a	۵/۸ ^a
۳۰ مرداد	۵/۳ ^a	۵/۴ ^c	۵/۵ ^a
۱۵ شهریور	۶/۴ ^c	۵/۷ ^c	۵/۳ ^a
۳۰ شهریور	۸/۶ ^b	۸/۳ ^b	۸/۲ ^b
۱۵ مهر	۸/۷ ^b	۷/۷ ^b	۶/۱ ^b

اکسیژن محلول

در نمونه‌برداری از آبندهای مورد مطالعه، کمترین میانگین اکسیژن محلول (۴/۷±۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر) در آبندهای ۱ در ۳۰ خرداد اندازه‌گیری شد، که با نمونه‌های ۱۵ خرداد، ۱۵ و ۳۰ تیر، و ۱۵ و ۳۰ مرداد اختلافات معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). بیشترین میانگین اکسیژن محلول (۸/۷±۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر) در ۱۵ مهر بدست آمد که با سایر نمونه‌ها (به جز مرحله‌ی ۳۰ شهریور) اختلافات معنی‌داری داشت

کمترین میانگین آمونیاک (0.03 ± 0.01) میلی گرم بر لیتر) در ۳۰ مرداد اختلافات معنی داری با سایر مراحل (به جز مراحل ۱۵ مرداد، ۱۵ و ۳۰ خرداد، و ۳۰ فروردین) داشت ($p < 0.05$). بیشترین میانگین آمونیاک (0.81 ± 0.03) میلی گرم بر لیتر) در ۱۵ تیر به ثبت رسید که با تمامی مراحل اختلافات معنی داری داشت ($p < 0.05$). در آبندان ۳ کمترین (0.05 ± 0.005) میلی گرم بر لیتر) و بیشترین (0.15 ± 0.02) میلی گرم بر لیتر) مقادیر میانگین آمونیاک به ترتیب در ۳۰ اردیبهشت و ۳۰ فروردین برآورد گردید که با هیچ یک از مراحل اختلاف‌های معنی داری نداشت ($p > 0.05$) (شکل ۱).

جدول ۳: مقادیر pH در سه آبندان در ماه‌های مختلف

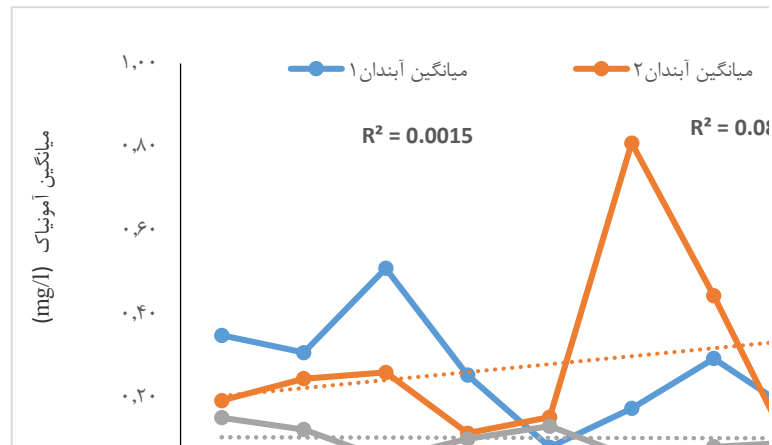
pH	آبندان ۱	آبندان ۲	آبندان ۳
۳۰ فروردین	^c ۷/۹	^c ۸/۶	^b ۷/۹
۱۵ اردیبهشت	^c ۸/۱	^b ۸/۳	^{ab} ۸/۱
۳۰ اردیبهشت	^a ۸/۴	^c ۸/۸	^c ۸/۴
۱۵ خرداد	^b ۷/۳	^c ۸/۷	^{ab} ۷/۳
۳۰ خرداد	^c ۸	^c ۸/۸	^{ab} ۸
۱۵ تیر	۷/۸	^c ۹	^b ۷/۸
۳۰ تیر	^a ۸/۳	^a ۹/۱	^c ۸/۳
۱۵ مرداد	^a ۸/۵	^c ۹/۳	^c ۸/۵
۳۰ مرداد	^a ۸/۲	^c ۹	^{ab} ۸/۲
۱۵ شهریور	^a ۸/۵	^a ۹/۱	^c ۸/۵
۳۰ شهریور	^c ۸/۱	^c ۸/۷	^{ab} ۸/۱
۱۵ مهر	^a ۸/۴	^c ۸/۷	^{ab} ۸/۴

pH

در اکثر نمونه برداری‌ها، pH حالت قلیایی داشت ولی بیشترین pH ($8.9-7.5$) در ۱۵ مرداد در هر سه آبندان متغیر بود. در آبندان ۱، میانگین pH (0.06 ± 0.04) با مراحل ۳۰ اردیبهشت، ۳۰ تیر، ۱۵ و ۳۰ مرداد، ۱۵ شهریور و ۱۵ مهر اختلافات معنی داری نداشت ($p > 0.05$). در آبندان ۲ میانگین pH (9.2 ± 0.02) با مراحل ۳۰ تیر و ۱۵ شهریور اختلاف معنی داری نداشت ($p > 0.05$). در آبندان ۳ میانگین pH (0.1 ± 0.01) اختلاف‌های معنی داری با مراحل ۱۵ اردیبهشت، ۱۵ خرداد، ۳۰ مرداد، ۳۰ شهریور و ۱۵ مهر نداشت ($p > 0.05$). کمترین میانگین pH (7.3 ± 0.03) در آبندان ۱ در ۱۵ خرداد مشاهده شد که با تمامی مراحل اختلاف معنی داری داشت. در آبندان ۲، میانگین pH (8.3 ± 0.02) در ۱۵ اردیبهشت با تمامی مراحل اختلافات معنی داری داشت ($p < 0.05$). در آبندان ۳، میانگین pH (7.9 ± 0.01) در ۳۰ فروردین تنها با مراحل ۱۵ خرداد و ۱۵ تیر اختلافات معنی داری نداشت ($p > 0.05$) (جدول ۳).

آمونیاک

در آبندان ۱ کمترین میانگین آمونیاک (0.03 ± 0.01) میلی گرم بر لیتر) ثبت شده در ۳۰ خرداد با مراحل ۳۰ تیر، ۱۵ و ۳۰ اردیبهشت، ۳۰ فروردین، و ۱۵ مهر اختلافات معنی داری داشت ($p < 0.05$). بیشترین میانگین آمونیاک (0.85 ± 0.03) میلی گرم بر لیتر) در ۱۵ مهر مشاهده شد، که با تمامی مراحل اختلافات معنی داری داشت ($p < 0.05$). در آبندان ۲،

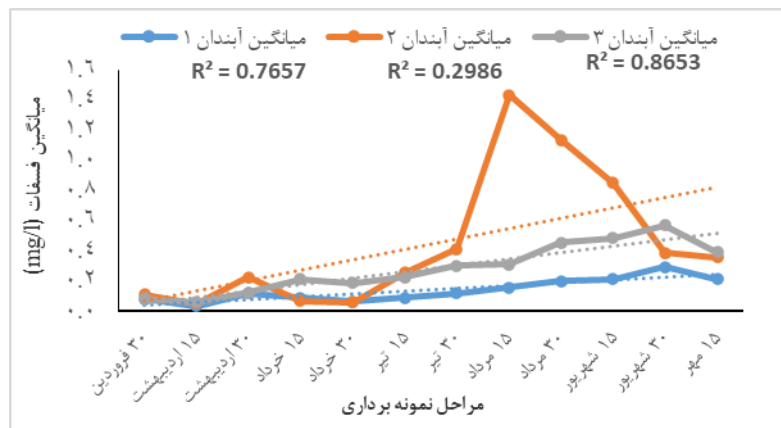


شکل ۱: میانگین آمونیاک در سه آبندان در ماه‌های مختلف

فسفات

میانگین فسفات ($1/43 \pm 0/09$ میلی گرم بر لیتر) در ۱۵ مرداد با سایر مراحل اختلافات معنی‌داری داشت ($p < 0/05$). در آبندان ۳ کمترین میانگین فسفات ($0/05 \pm 0/01$ میلی گرم بر لیتر) در ۱۵ اردیبهشت تنها با مرحله‌ی ۳۰ فروردین اختلاف معنی‌داری نداشت ($p > 0/05$). بیشترین میانگین فسفات ($0/57 \pm 0/04$ میلی گرم بر لیتر) در ۳۰ شهریور به ثبت رسید که با تمامی مراحل اختلافات معنی‌داری داشت ($p < 0/05$). روند صعودی برای غلظت فسفات در هر سه آبندان مشاهده شد (شکل ۲).

کمترین میانگین فسفات آبندان ۱ ($0/04 \pm 0/01$ میلی گرم بر لیتر) در ۱۵ اردیبهشت بود که به جز مراحل ۱۵ و ۳۰ خرداد، و ۳۰ فروردین با سایر مراحل اختلافات معنی‌داری داشت ($p < 0/05$). بیشترین میانگین فسفات در ۳۰ شهریور با مقدار ($0/29 \pm 0/01$ میلی گرم بر لیتر) مشاهده شد که با تمامی مراحل اختلافات معنی‌داری داشت ($p < 0/05$). کمترین میانگین فسفات ($0/05 \pm 0/007$ میلی گرم بر لیتر) در آبندان ۲ در ۱۵ اردیبهشت اختلاف معنی‌داری با سایر مراحل به جز مراحل ۱۵ و ۳۰ خرداد، ۳۰ فروردین و ۳۰ اردیبهشت داشت ($p < 0/05$). بیشترین

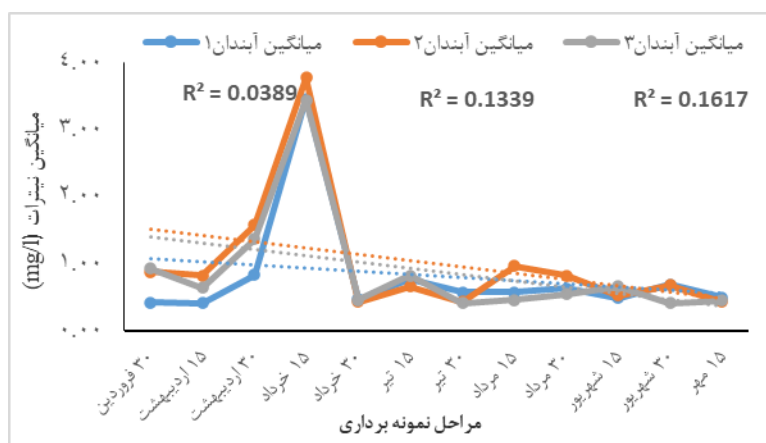


شکل ۲: میانگین فسفات در سه آبندان در ماه‌های مختلف

نیترات

خرداد و ۱۵ مهر ($0/427 \pm 0/06$ میلی گرم بر لیتر) دارای اختلاف های معنی داری با سایر مراحل به جز مراحل ۳۰ اردیبهشت و ۱۵ خرداد بود ($p < 0/05$). کمترین میانگین نیترات آبندان ۳ ($0/411 \pm 0/02$ میلی گرم بر لیتر) در ۳۰ تیر برآورد شد که اختلافات معنی داری با سایر مراحل به جز مراحل ۳۰ فروردین، ۳۰ اردیبهشت و ۱۵ خرداد داشت ($p < 0/05$). مقادیر میانگین نیترات در هر ۳ آبندان تا نیمه خرداد روند صعودی و سپس روند نزولی نشان دادند (شکل ۳).

بیشترین مقادیر میانگین نیترات به ترتیب در آبندان ۱ ($3/455 \pm 0/07$ میلی گرم بر لیتر)، آبندان ۲ ($0/16$ میلی گرم بر لیتر)، و آبندان ۳ ($3/772 \pm 0/24$ میلی گرم بر لیتر) در ۱۵ خرداد به ثبت رسید که با تمامی مراحل اختلافات معنی داری داشت ($p < 0/05$). کمترین میانگین نیترات ($0/411 \pm 0/05$ میلی گرم بر لیتر) در آبندان ۱ در ۱۵ اردیبهشت اختلافات معنی داری با سایر مراحل به جز مراحل ۳۰ اردیبهشت، ۱۵ خرداد و ۳۰ شهریور نداشت ($p > 0/05$). کمترین میانگین نیترات آبندان ۲ در ۳۰

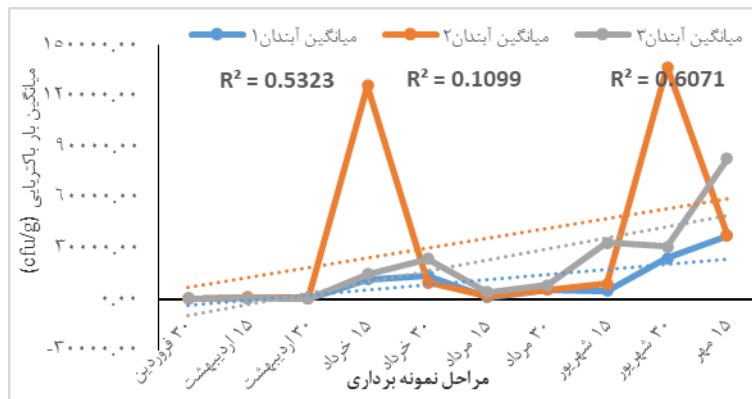


شکل ۳: میانگین نیترات در سه آبندان در ماه های مختلف

معنی داری داشت ($p < 0/05$). بیشترین آن ($367/136 \pm 96/1$ cfu/g) در ۳۰ شهریور ثبت شد که تنها با مرحله ۱۵ خرداد اختلاف معنی داری نشان نداد ($p > 0/05$). در آبندان ۳، کمترین بار باکتریایی ($13 \pm 16/2$ cfu/g) در ۳۰ فروردین مشاهده شد که تنها با مرحله ۱۵مهر اختلاف معنی داری داشت ($p < 0/05$). بیشترین مقدار ($82800 \pm 73/5$ cfu/g) در ۱۵ مهر ثبت گردید که با تمامی مراحل اختلافات معنی داری داشت ($p < 0/05$). روند صعودی برای بار باکتریایی در هر سه آبندان مشاهده شد (شکل ۴).

بار باکتریایی

در شمارش بار باکتریایی آبندان ۱، کمترین بار باکتریایی ($61/2 \pm 111$ cfu/g) در ۳۰ فروردین مشاهده شد که تنها با مراحل ۳۰ شهریور و ۱۵ مهر اختلافات معنی داری داشت ($p < 0/05$). بیشترین شمارش بار باکتریایی ($37.430 \pm 12/5$ cfu/g) در ۱۵ مهر بدست آمد که تنها با مرحله ۳۰ شهریور اختلاف معنی داری نداشت ($p > 0/05$). در آبندان ۲ کمترین بار باکتریایی ($223 \pm 21/2$ cfu/g) در ۳۰ فروردین ثبت شد که با مرحله ۳۰ شهریور اختلاف

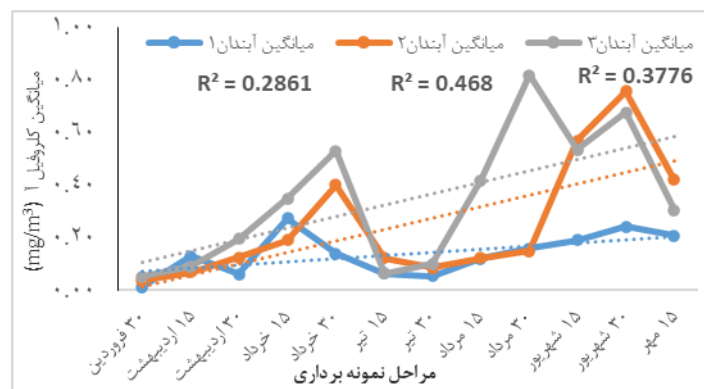


شکل ۴: میانگین بار باکتریایی در سه آبندان در ماه‌های مختلف

آبندان ۱ ($0.26 \pm 0.06 \text{ mg/m}^3$) در ۱۵ مرداد اندازه‌گیری شد که با مراحل ۱۵ شهریور، ۳۰ خرداد و ۱۵ مهر اختلافات معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$). میانگین کلروفیل آ در آبندان ۲ در ۳۰ شهریور ($0.03 \pm 0.03 \text{ mg/m}^3$) با تمامی مراحل اختلافات معنی‌داری داشت (0.75). آبندان ۳ حاوی $0.81 \pm 0.05 \text{ mg/m}^3$ کلروفیل آ در ۳۰ مرداد بود که با تمامی مراحل اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p < 0.05$) (شکل ۵).

کلروفیل آ

در آبندان ۱، کمترین میانگین کلروفیل آ (mg/m^3) در ۳۰ فروردین اندازه‌گیری شد که با مراحل ۱۵ و ۳۰ تیر اختلاف معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$). در آبندان ۲، میانگین کلروفیل آ ($0.03 \pm 0.01 \text{ mg/m}^3$) با مراحل ۳۰ خرداد، ۱۵ شهریور، و ۱۵ مهر اختلافات معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). در آبندان ۳، میانگین کلروفیل آ ($0.05 \pm 0.01 \text{ mg/m}^3$) با مراحل ۱۵ اردیبهشت، و ۳۰ و ۱۵ تیر اختلافات معنی‌داری را نشان نداد ($p > 0.05$). بیشترین میانگین کلروفیل

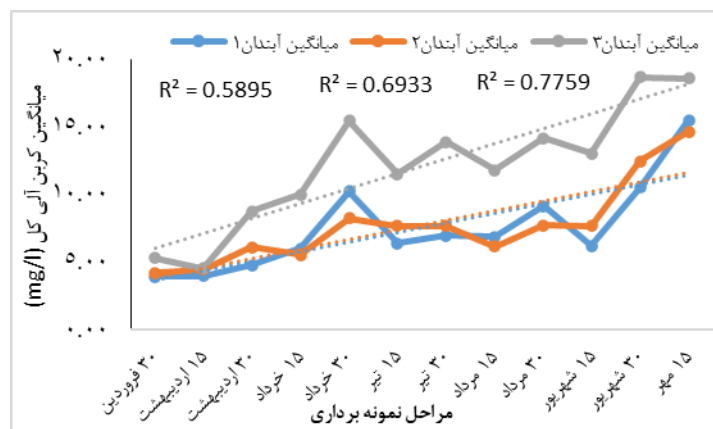


شکل ۵: میانگین کلروفیل آ در سه آبندان در ماه‌های مختلف

DOC (کربن آلی محلول)

در آبندان ۱، بیشترین میانگین DOC مربوط به ۱۵ مهر (۱۵/۲۹ ± ۰/۹ mg/l) بود که با تمامی مراحل اختلاف معنی داری داشت ($p < ۰/۰۵$) و کمترین میانگین (۳/۹۶ ± ۰/۰۱ mg/l) در ۳۰ فروردین مشاهده شد که به جز مراحل ۱۵ و ۳۰ اردیبهشت با سایر مراحل اختلاف معنی داری داشت ($p < ۰/۰۵$). در آبندان ۲، بیشترین میانگین DOC (۱۴/۶۴ ± ۲/۶ mg/l) مربوط به ۱۵ مهر بود که با تمامی مراحل اختلاف معنی داری داشت ($p < ۰/۰۵$) و کمترین میانگین (۴/۲۳ ± ۰ mg/l) در ۳۰ فروردین یافت

شد که به جز مراحل ۱۵ اردیبهشت و ۳۰ خرداد با سایر مراحل اختلاف معنی داری داشت ($p < ۰/۰۵$). در آبندان ۳، بیشترین میانگین DOC (۱۸/۷۰ ± ۱/۶۱ mg/l) در ۳۰ شهریور ثبت شد که با سایر مراحل (به جز مرحله ۳۰ مهر) اختلاف معنی داری داشت ($p < ۰/۰۵$) و کمترین میانگین (۴/۵۶ ± ۰/۷۵ mg/l) در ۱۵ اردیبهشت ثبت گردید. میانگین DOC در هر سه آبندان از فرودین تا مهر روند صعودی داشت (شکل ۶).



شکل ۶: میانگین کربن آلی محلول در سه آبندان در ماه های مختلف

روند صعودی و مشابهی برای این دو پارامتر در میانگین پارامترها وجود داشت (جدول ۲).

رابطه معنی دار DOC با بار باکتریایی در آبندان ۱: در بررسی روابط پارامترها در آبندان ۱، رابطه مثبت و معنی دار DOC با بار باکتریایی مشاهده شد و

جدول ۲: رابطه معنی دار DOC با بار باکتریایی در آبندان ۱

Constant	β	Sig	پارامتر معنی دار
۵/۶۲۸	۰/۰۰۰۲۰۳	۰	بار باکتریایی

آبندان ۱: فرمول پیشنهادی براساس رابطه $Y = bx + a$:

$$DOC = (بار باکتریایی) + 5/628 (۰/۰۰۰۲۰۳)$$

رابطه معنی‌دار DOC با کلروفیل آ در آبندان ۲:

در بررسی روابط پارامترها در آبندان ۲، روابط مثبت و معنی‌دار DOC با کلروفیل آ همراه با روند

صعودی و نوسانات مشابه در این دو پارامتر در نمودارهای میانگین پارامترها مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳: رابطه معنی‌دار DOC با کلروفیل آ در آبندان ۲

Constant	β	Sig	پارامترهای معنی‌دار
۴/۹۰	۱۰/۰۷	۰	کلروفیل آ

آبندان ۲: فرمول پیشنهادی بر اساس رابطه $Y = bx + a$:

$$DOC = (10/07) \times (X \text{ کلروفیل آ}) + 4/90$$

رابطه معنی‌دار DOC با فسفات در آبندان ۳:

در بررسی روابط پارامترها در آبندان ۳، رابطه مثبت و معنی‌دار DOC با فسفات مشاهده شد و روند صعودی و نوسانات مشابهی در این دو پارامتر در نمودارهای میانگین پارامترها وجود داشت (جدول ۴).

جدول ۴: رابطه معنی‌دار DOC با فسفات در آبندان ۳

Constant	β	Sig	پارامترهای معنی‌دار
۵/۳۷	۲۲/۳۹	۰	فسفات

آبندان ۳: فرمول پیشنهادی بر اساس رابطه $Y = bx + a$:

$$DOC = (22/39) \times (X \text{ فسفات}) + 5/73$$

مقایسه DOC محاسباتی و DOC اندازه‌گیری شده در سه آبندان

سه مرحله به صورت تصادفی در هر سه آبندان برای بررسی مقادیر DOC محاسباتی و اندازه‌گیری

شده انتخاب شد (جدول ۵). منظور از DOC اندازه‌گیری شده، کربن آلی محلول است که در آزمایشگاه با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد، و منظور از DOC محاسباتی، کربن آلی محلول است که از طریق فرمول پیشنهادی بدست آمده است. در مراحل مختلف در هر سه آبندان، اعداد نزدیک به هم از هر دو روش بدست آمدند.

جدول ۵: مقایسه DOC محاسباتی و DOC اندازه‌گیری شده

آبندان ۱	اندازه‌گیری شده DOC	محاسباتی DOC
۳۰ اردیبهشت	۴/۱۴	۵/۷۰
۱۵ تیر	۴/۳۶	۵/۸۰
۱۵ شهریور	۵/۰۴	۶/۶۳
آبندان ۲	اندازه‌گیری شده DOC	محاسباتی DOC
۳۰ فروردین	۴/۲۳	۵/۲۵
۱۵ تیر	۵/۳۷	۶/۱۲
۳۰ مرداد	۶/۱۴	۶/۳۸
آبندان ۳	اندازه‌گیری شده DOC	محاسباتی DOC
۳۰ فروردین	۵/۳۳	۷/۶۶
۱۵ تیر	۷/۶۴	۱۰/۸۰
۱۵ مهر	۱۰	۱۴/۴۸

مقایسه مقادیر DOC آب و خاک بسته به وسعت هر آبندان در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶: مقایسه DOC آب و خاک در سه آبندان

کربن آلی (DOC) آب و خاک	آبندان ۱	آبندان ۲	آبندان ۳
وسعت (هکتار)	۱۲	۷	۲۰
DOC خاک (گرم بر کیلوگرم)	۷۸/۵۸	۹/۲۰	۳۶/۵۴
DOC آب (میلیگرم بر لیتر)	۷/۵۶	۷/۷۳	۱۲/۱۵

بحث

(0.9 ± 4.3 میلی‌گرم بر لیتر) در آبندان ۳ بیانگر سطح مطلوب اکسیژن محلول در این دوره پرورش بودند. این نتیجه می‌تواند ناشی از افزایش دمای هوا در تیرماه نسبت به مهر باشد که کاهش میزان اکسیژن محلول در آب را به دنبال دارد. در پژوهشی مشابه، اختلاف معنی‌داری بین میزان اکسیژن محلول کمتر در مرداد نسبت به مهر مشاهده شد (رضایی‌تبار و همکاران ۱۳۹۶). در آب‌بندان مرزن‌آباد بابل (رحمتی و

حد مطلوب میزان اکسیژن محلول در استخرهای پرورش ماهی بالاتر از ۵ میلی‌گرم در لیتر (Boyd, 1990) و بین ۲-۹ میلی‌گرم در لیتر برای ماهیان گرمایی بیان شده است (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵). در تحقیق حاضر، بیشترین و کمترین غلظت اکسیژن محلول به ترتیب در نیمه مهر (0.2 ± 8.7 میلی‌گرم بر لیتر) در آبندان ۱ و تیرماه

باشد، و در نتیجه مصرف نیترات توسط فتوسنتزکننده‌ها میزان آن پس از روند صعودی تا این مرحله، در همه استخرها همراه با روند نزولی کاهش آشکاری یافت. نوسانات نیترات در نمونه برداری‌های این مطالعه می‌تواند با بالا رفتن فعالیت و رشد ماهی در استخرهای پرورشی، شرایط متفاوت اکسیژن محلول در آب، عمل نیتریفیکاسیون و سایر عوامل از جمله تراکم و نوع تجزیه کننده‌های میکروبی در مواقع مختلف سال مرتبط باشد. بر خلاف نتیجه حاضر، رضایی تبار و همکاران (۱۳۹۶) بیشترین میزان نیترات را در مهر مشاهده کردند و آن را به بارندگی-های پائیزه و ورود نیترات به استخرها از طریق رواناب نسبت دادند. در آب‌بندان طبیعی مرزن‌آباد بابل، رحمتی و همکاران (۱۳۹۱) حداکثر نیترات را در شهریور (۱۷۹۴ میکروگرم در لیتر)، حداقل آن را در آذرماه (۶۲۰ میکروگرم در لیتر) و افزایشی را در ماه‌های تابستان و پاییز نسبت به بهار و زمستان اعلام کردند، که مغایر با مشاهدات این تحقیق است. عواملی مانند عمق، روش و تکرار نمونه‌برداری، ترکیب آبیان، اختلافات محلی (وجود رودخانه‌ها و کشتزارهای اطراف)، دشتکاری مدیریتی و سایر عوامل را می‌توان در این تفاوت‌ها دخیل دانست.

در مطالعه‌ی حاضر، فسفات در فصل بهار در آبندان ۳ به طور معنی‌داری بیشترین مقدار را نسبت به آبندان های ۱ و ۲ داشت. نوسانات فسفات در فصل بهار همانند کلروفیل آ تابع میزان نور خورشید نیست. همچنین نوسانات فسفات در فصل تابستان مورد بررسی قرار گرفت که مقادیر آن در سه آبندان با هم اختلاف معنی‌داری داشت و بیشترین میزان در آبندان ۲ نسبت به سایر آبندان‌ها ثبت شد. کمترین و بیشترین

همکاران، (۱۳۹۱) نیز غلظت اکسیژن محلول با میانگین $4/8 \pm 5$ بین حداقل ۸/۱ میلی گرم در لیتر در ماه‌های گرم سال و حداکثر ۱۴ میلی گرم در لیتر در اردیبهشت نوسان داشت. همچنین در پژوهشی بر روی استخرهای پرورش ماهیان گرمابی در خوزستان، مقادیر اکسیژن محلول در دامنه ۸-۶ میلی گرم بر لیتر گزارش شد (عبداللهی و همکاران ۱۳۸۹) که با نتایج حاضر همخوانی دارد. از طرف دیگر، آنها افزایش قابل ملاحظه اکسیژن را در تیر و حداقل آن را در فروردین ثبت کردند که بر خلاف یافته‌های این تحقیق است.

نیترژن و فسفر از جمله مواد مغذی مهم اضافه شده به استخرها هستند. در تحقیق حاضر، کمترین $0/05 \pm 0/411$ (mg/l) و بالاترین $0/16 \pm 3/772$ (mg/l) میانگین غلظت نیترات به ترتیب در آبندان ۲ در نیمه خرداد و آبندان ۱ در نیمه اردیبهشت کمتر از حد مجاز (۴-۱ میلی گرم بر لیتر) عنوان شده توسط Scanthosh و Singh (۲۰۰۷) بودند. حداکثر میانگین غلظت نیترات در تحقیق حاضر در دامنه غلظت نیترات در آبندان‌های پرورش ماهی (۳/۳۵ تا ۴/۷۱ میلی گرم بر لیتر) گزارش شده توسط Jamali و همکاران (۲۰۱۲) قرار دارد. تفاوت معنی‌دار بین افزایش بالای نیترات بین خرداد و سایر ماه‌ها در هر سه آبندان می‌تواند ناشی از روند افزایشی نیترات بر اثر کوددهی استخرها در چند ماه قبل باشد که در ادامه همراه با افزایش طول روز، دسترسی بهتر و بیشتر به نور، و فعالیت فتوسنتزی فیتوپلانکتون‌ها مقادیر نیترات پس از خرداد روند کاهشی داشتند. همچنین میزان بالاتر نیترات در استخرها در نمونه‌های ۱۵ خرداد می‌تواند بر اثر روند افزایش دما تا این زمان

برداری، شرایط اقلیمی و میزان تابش نور خورشید نیز بستگی دارد. میزان کلروفیل آ اندازه‌گیری شده در فصل تابستان در آبندان ۳ از سایر آبندان‌ها بیشتر بود و اختلاف معنی‌داری را با آبندان‌های ۱ و ۲ داشت. احتمالاً می‌توان یکی از دلایل پایین بودن کلروفیل آ در آبندان ۲ را در تابستان با توجه به افزایش فسفات نسبت به سایر آبندان‌ها، ساعت نمونه‌برداری از آبندان ۲ (ساعت ۱۰ صبح) دانست. همچنین می‌توان دلیل بالا بودن کلروفیل آ در آبندان ۳ در تابستان را ساعت نمونه‌برداری از آبندان ۳ (ساعت ۱۳-۱۲) دانست. در مطالعه‌ای مشابه نیز بیشترین مقدار کلروفیل آ در تابستان (مرداد) به طور معنی‌داری بیشتر از خرداد و مهر گزارش شد (رضایی‌تبار و همکاران، ۱۳۹۶) که نگارندگان این مشاهده را به رشد و تکثیر فیتوپلانکتون‌ها در نتیجه‌ی افزایش دما در مرداد نسبت دادند. همان‌طور که در پژوهش جاری مشاهده شد. بالارفتن غلظت کلروفیل آ همراه با افزایش دما به ارتباط بین شکوفایی سیانوباکترها و دمای بالا نسبت داده شده است (Havens, 2008). البته نوع و میزان کوددهی نیز بر میزان کلروفیل و جمعیت فیتوپلانکتون‌ها در استخرهای پرورش ماهی گرمابی تأثیرگذار است (Makhlogh *et al.*, 2013).

کربن آلی محلول موجود در محیط‌های آبی، مواد آلی محلول وارد شده به این زیستگاه‌ها را به صورت کمی نشان می‌دهد که نشانگر تولیدات همان منطقه است. در این تحقیق، میانگین DOC در هر ۳ آبندان از فروردین تا مهر روند صعودی داشت و کمترین میانگین آن با مقدار $3/96 \text{ mg/l}$ ($\pm 0/01$) در ۳۰ فروردین در آبندان ۱، و بیشترین میانگین آن در آبندان ۳ با مقدار $18/70 \text{ mg/l}$ ($\pm 1/61$) در ۳۰

میانگین‌های غلظت فسفات بدست آمده ($0/28$) تا $1/43$ میلی‌گرم بر لیتر) در هر سه آبندان در تابستان کمتر از حد مجاز ($2 - 0/03$ میلی‌گرم بر لیتر) عنوان شده توسط Devi و Bhatnagar (۲۰۱۳) بود. غلظت فسفر بالای ۱ میلی‌گرم در لیتر برای مدت طولانی برای آبریان زیانبار نیست (EEC, 1978) هر چند که بیشینه فسفات در استخرهای مورد مطالعه بسیار کمتر از این میزان برآورد شد. همچنین بیشینه فسفات استخر ۲ در این مطالعه کمتر از میانگین غلظت فسفات کل ($394/4$ میکروگرم در لیتر) در آبنندان مرزن‌آباد بابل (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۱) بود که از نظر کلی بیانگر عدم روند سرشاری (یوتروفیکاسیون) فسفر در استخرهای مورد مطالعه است. در پژوهشی مشابه، رضایی‌تبار و همکاران (۱۳۹۶) غلظت‌های فسفات را در آبندان‌های مورد مطالعه بین $0/02$ تا $0/78$ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کردند. مشابه با نتایج حاضر، برآورد تغییرات غلظت‌های نترات و فسفات در شش مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در رودخانه هراز به مدت ۱۲ ماه نشان داد که مقادیر این مواد مغذی طی ماه‌ها و فصول مختلف سال اختلاف معنی‌داری وجود داشت (Nafari Yazdi *et al.*, 2011). همچنین سبحان اردکانی و همکاران (۱۳۹۳) با مقایسه غلظت‌های پارامترهای مورد مطالعه از جمله نترات و فسفات در کارگاه‌ها اختلافات معنی‌داری را بین میانگین این مواد مغذی مشاهده کردند.

مقادیر کلروفیل در آبندان‌ها در فصل بهار اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. نمونه‌برداری در آبندان‌ها برای اندازه‌گیری کلروفیل به صورت لحظه-ای صورت گرفت لذا تغییرات آن به زمان نمونه-

باکتری‌های اکسیدکننده آمونیاک (AOB) و آرکئاها (A OA) نقش مهمی در حذف نیتروژن در استخرهای آبی‌پروری بازی می‌کنند، اما توزیع آنها و عوامل محیطی که توزیع آنها را مدیریت می‌کنند، عمدتاً ناشناخته‌اند. دما، اکسیژن محلول و مواد مغذی تأثیر قابل توجهی روی جوامع باکتریایی داشته است. تفاوت در ترکیب جامعه باکتریایی بین انواع استخرها را می‌توان تا اندازه‌ای با شرایط مختلف آب توضیح داد (Qin *et al.*, 2016). در پژوهش جاری، روند صعودی برای بار باکتریایی در هر ۳ آبندان مشاهده شد و از کمترین تعداد (cfu/g) ۱۱۱ (۶۱/۲ ±) در آبندان ۱ در ۳۰ فروردین به بیشترین تعداد (۱۹۶/۱ ±) ۱۳۶.۳۶۷ (cfu/g) در ۳۰ شهریور رسید. این روند افزایشی با الگوی صعودی DOC در اینجا همخوانی دارد و مطابق با این یافته است که با بالا رفتن کربن آلی، تجمع انواع میکروارگانیسم‌ها و جلبک‌ها در سیستم آبی‌پروری بالا خواهد رفت (Crab *et al.*, 2012). Qin و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند که اکسیژن محلول، دما و کل کربن آلی مهمترین عوامل محیطی هستند که بر جامعه میکروبی آب تأثیر می‌گذارند، و از میان آنها درجه حرارت نقش مهمی را در پویایی فصلی جمعیت باکتریایی ایفا می‌کند. البته در مطالعه حاضر، نقطه اوج بار باکتریایی در ۳۰ شهریور با دمای ۲۴/۴ درجه بود که کمتر از بیشینه دمای (۳۰/۵) ثبت شده در ۳۰ تیر است. لذا بیشترین بار باکتریایی برآورد شده (۳۰ شهریور) در پژوهش جاری را می‌توان به بالاترین میانگین DOC در همان زمان نسبت داد. به علاوه، انواع مختلف خوراک می‌تواند بر میزان فراوانی باکتری‌ها تأثیر بگذارد (Qin *et al.*, 2016) و تفاوت‌های موجود در نوع و ترکیب غذا علاوه بر

شهریور ثبت شد. در مطالعه‌ی Biao و همکاران (۲۰۰۹)، DOC بین ۲/۸-۸/۸ mg/l در استخرهای پرورش میگو از آوریل تا اوت در نوسان بود و در طول دوره پرورش روند افزایشی داشت که با این مطالعه مطابقت دارد. همچنین، Tian و همکاران (۲۰۰۹) در دریاچه (چین) مشاهده کردند که (همانگ با کلروفیل آ) در سپتامبر (شهریور) به اوج رسید. در اینجا نیز DOC به موازات اوج غلظت کلروفیل آ از مرداد تا شهریور، افزایش پیدا کرد. گزارش شده است که ماده آلی به بازماندگی بیشتر باکتری‌های آبی (Gerba and McLeod, 1976) و افزایش آنها در آب کمک می‌کند. به علاوه، سطوح DOC در استخرهای پرورش ماهی با تراکم ذخیره-سازی نیز ارتباط تنگاتنگی دارد. در استخرهای پرورش توأم کپورماهیان هندی، مقادیر DOC در آب (۱/۴-۸ میلی‌گرم بر لیتر) با تراکم‌های ذخیره‌سازی (۷۵۰۰، ۱۰۰۰۰، و ۱۲۵۰۰ در هکتار) رابطه مستقیمی داشت و بیشترین غلظت DOC در بالاترین تراکم ذخیره‌سازی گزارش گردید (Adhikari *et al.*, 2014). همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که بازیافت مواد مغذی از جمله کربن آلی از لحاظ تولید ماهی به موازات افزایش تراکم ذخیره‌سازی کاهش معنی‌داری یافت، به این صورت که جذب کربن آلی از ۲۵۵/۱۵ کیلوگرم در تراکم ۷۵۰۰ در هکتار به ۱۴۸/۸۳ کیلوگرم در تراکم ۱۲۵۰۰ در هکتار نزول پیدا کرد. بر این اساس، تفاوت تراکم‌های ذخیره‌سازی در سه آبندان این پژوهش در کنار مساحت و موقعیت استخر و سایر عملیات مدیریتی بر نتایج بدست آمده و تولید کل ماهی در این آبندان‌ها مؤثر هستند که نیاز به تجزیه و تحلیل جداگانه برای هر استخر دارد.

آمونیاک و مدیریت بهتر جهت پیشگیری از دنیتریفیکاسیون، بار آلودگی را با آمونیاک را کاهش داد.

یک تغییر کوچک در pH به عنوان پارامتر زیست‌محیطی مهم که ممکن است ناشی از کاهش pCO_2 در آب از طریق فعالیت‌های فتوسنتزی در طول شکوفایی سیانوباکتری‌ها باشد، می‌تواند منجر به فراوانی گروه‌های باکتریایی شود. اغلب گزارش شده است که pH بالا و DO پایین با رویدادهای شکوفایی سیانوباکتری‌ها مرتبط است (Tian & Havens, 2008)؛ Tian *et al.*, 2009). مشابه با این یافته، در هر ۳ آبندان مطالعه جاری روند مقادیر pH از نیمه خرداد به بعد به صورت افزایشی و بیشترین pH متعلق به ۱۵ مرداد بین ۷/۵-۸/۹ متغیر بود که در محدوده بهترین pH برای پرورش ماهی قرار دارد (Boyd, 1990). این یافته با غلظت حداکثر کلروفیل آ، و در نتیجه اوج توده فیتوپلانکتونی، و نیز حداقل اکسیژن محلول از نیمه مرداد تا انتهای شهریور مطابقت دارد. بالاترین مقادیر pH ثبت شده در پژوهش حاضر در یک ماهه ۳۰ تیر تا ۳۰ مرداد مطابق با مشاهدات Tian و همکاران (۲۰۰۹) است که اوج ناگهانی pH را در دریاچه Taihu (چین) را در ماه‌های اوت (مرداد) و سپتامبر (شهریور) مشاهده کردند. رضایی‌تبار و همکاران (۱۳۹۶) به این نتیجه رسیدند که کاهش میزان pH در کنار سایر عوامل مرتبط (مانند کلروفیل آ و EC) می‌تواند مقادیر طول و وزن ماهی و بطور کلی فاکتور وضعیت ماهی افزایش را افزایش دهد، لذا وضعیت استخر پرورش ماهی و میزان رشد ماهی را مشخص می‌کند.

سایر شرایط محیطی و مدیریتی (مانند نوع کود و مقدار کوددهی) بین سه استخر مورد مطالعه می‌تواند اختلافات بار باکتریایی آنها را توجیه نماید. به طور مشابه، در استخرهای پرورش کپور علفخوار در چین، فراوانی باکتری‌ها در ماه‌های سپتامبر (شهریور) و اکتبر (مهر) بالاتر بود (Qin *et al.*, 2016) که به وضعیت تغذیه‌ای (تروفی) استخرها نسبت داده شد. Zhang و همکاران (۲۰۱۵) نیز تأثیر وضعیت تروفی استخرها را بر تعداد کل باکتری‌ها گزارش کردند.

اگر مقدار نیتروژن آمونیاکی در سیستم آبی‌پروری از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر بالاتر رود برای آبیان پرورشی مضر است (Qiao *et al.*, 2006). طبق نتایج این پژوهش، مقادیر میانگین آمونیاک از ۰/۰۳ mg/l ($\pm 0/1$) در ۳۰ مرداد در آبندان ۲ تا ۰/۸۵ mg/l ($\pm 0/5$) در ۱۵ مهر در آبندان ۱ متغیر بود که حد بالای آن فراتر از آستانه مجاز است. آلودگی با نیتروژن آمونیاکی یک عامل استرسی مهم است که روی شرایط زیست‌محیطی سیستم آبی‌پروری نیز تأثیر می‌گذارد (Tovar *et al.*, 2000). با وجود بیشترین تعداد بارباکتریایی در انتهای شهریور، غلظت بالای آمونیاک در نیمه مهر شاید بر اثر پدیده دنیتریفیکاسیون باکتری‌های هتروتروف باشد که کارآیی حذف ازت آمونیاکی را کاهش می‌دهد (De Schryver and Verstraete, 2009). همچنین، نسبت کربن به نیتروژن تأثیر معنی‌داری روی کیفیت آب دارد، به طوری که نسبت کربن به نیتروژن بیش‌تر از ۱۵ سطح نیتروژن آمونیاکی را در سیستم پرورش کاراس به طور موثری کاهش داد (Wang *et al.*, 2015). لذا با برآورد دقیق این نسبت در آبندان دارای میزان بالای

نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر می توان نتیجه گرفت که با اندازه گیری DOC و مواد ازته آب می توان نسبت کربن به ازت (C/N) در آب را پایش و متعادل کرد (۱/۲۰-۱/۱۵) تا کیفیت آب مطلوبی در استخر برقرار شود. در این راستا، لازم است پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی در استخرهای پرورش ماهی جهت پایش نوسانات احتمالی و به منظور تولید حداکثر و محصول سالم تر به طور پیوسته نظارت شوند. به علاوه، مدیریت مناسب کوددهی (مانند عدم کوددهی چند مرحله ای) و سایر شرایط محیطی (مثل نوسانات دما و سطح آب) می تواند بازدهی تولید ماهی را افزایش دهد. ارزیابی همبستگی بین جمعیت باکتریایی و متغیرهای زیستی و کیفی آب مانند DOC، بار باکتریایی، pH، و کلروفیل آ می تواند جهت عملکرد مطلوب ماهیان پرورشی مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر نماییم.

منابع

۱. حسین زاده صحافی، ه.، دهقان مدیسه س.، حمیدی نژاد، م.، مرتضوی زاده، ع.، ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب استخرهای پرورش مولدین کپور ماهی روهو (*Labeo rohita*) در استان خوزستان. آبریان و شیلات ۱۶ (۴)، ۲۵-۳۲
۲. رضایی تبار، س.، اسماعیلی ساری ع.، بهرامی فرن.،

- رمضانپور ز.، ۱۳۹۶. ارزیابی کیفی آب استخرهای پرورش ماهی در شمال ایران (مطالعه موردی: شهر رشت). علوم تکثیر و آبرزی پروری ۴ (۱۳)، ۲۳-۴۴
۳. سبحان اردکانی، س.، محرابی، ز. و احتشامی، م.، ۱۳۹۳. ارزیابی تاثیر پساب کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی بر کیفیت فیزیکوشیمیایی آب رودخانه کبکیان در سال ۱۳۹۳. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۴ (۱۱۳)، ۱۴۹-۱۴۰
۴. رحمتی، ر.، پورغلام، ر. و دوستدار، م.، ۱۳۹۱. وضعیت تروفی بر اساس شاخص کارلسون در آب بندان طبیعی مرزن آباد بابل. مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، ۳ (۶)، ۲۴-۱۴
۵. سیاری، م.، خالصی، م. ک.، حق پرست، س.، کوهستان اسکندری، س.، ۱۴۰۰. ارزیابی کربن آلی محلول (DOC) در استخرهای خاکی بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و علفخوار (*Ctenopharyngoden idella*) و ارتباط آن با کلروفیل آ، بار باکتریایی، مواد مغذی و رشد ماهی. فصلنامه علمی محیط زیست جانوری، ۱۳ (۲)، ۳۲۴-۳۰۹
۶. عبدالمهی، س.، خدادادی، م.، پیغان، ر.، رجب زاده، ا.، ۱۳۸۹. بررسی ارتباط تلفات ماهی فیتوفاگ با برخی از فاکتورهای محیطی استخرهای پرورش ماهی مجتمع پرورش ماهی آزادگان. پژوهش های علوم و فنون دریایی ۵ (۱)، ۴۷-۶۰
۷. عظیمی، ع.، جعفریان، ح.، هرسیج، م.، قلی پور، ح.، پاتیمار، ر.، ۱۳۹۵. تاثیر نسبت های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب و عملکرد رشد بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک. نشریه

- Science And Nature, 1(1) 34-37.
18. De Schryver, P., Verstraete, W., Davies
Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. *Bioresource Technology* 100 (3), 1162–1167.
 19. Gerba, C.P., McLeod, J.S., 1976. Effect of sediment on the survival of *Escherichia coli* in marine waters. *Applied Environmental Microbiology*, 32, 114–120.
 20. Havens, K.E., 2008. Cyanobacteria blooms: effects on aquatic ecosystems. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 619, 733–747.
 21. Jamali, H., Imam Jome, MM., 2003. Evaluation and Determination of nitrate ions in drinking water resources in Qazvin during 2000-2001. Proceedings of the 6th National Conference on Environmental Health, Mazandaran, Iran (in Persian).
 22. Jana, B.B., 2007. Distribution pattern and role of phosphate solubilizing bacteria in the enhancement of fertilizer value of rock phosphate in aquaculture ponds: state-of-the-art. In First international meeting on microbial phosphate solubilization (pp. 229-238). Springer Netherlands.
 23. Makhloogh, A., Nasrollahzadeh Saravi, H., Afraei, M.A., Roohi, A., Tahami, F., Keyhansani, A.L., Khodaparast, N., Rezaei, M., Ebrahimzadeh, M., Vahedi, F., Nasrollahzadeh, A., Olomi, Y., Alavi, E.S. and Mokhayer, Z., 2013. The survey of phytoplankton abundance and its dynamic with emphasis on bloom event in the southern part of the Caspian Sea, Iranian Fisheries Research Organization (IFRO) (In Persian).
 24. Nafari Yazdi, M., Hosseinzadeh Sahafi, H., Negarestan, H., 2011. Survey of Quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms effluent in Haraz Region. Proceedings of the 5th National Conference & Exhibition on Environmental Engineering (in Persian).
 25. Neori, A., Krom, M.D., Cohen, Y., Gordin, H., 1989. Water quality conditions and particulate chlorophyll a of new intensive seawater fishpond in Eilat, Israel: daily and
توسعه آبی‌پروری، ۱۰(۴)، ۷۵–۸۹.
 ۸. طاهری نسب، س.م.، کرامت امیرکلایی، ع.، اورجی، ح.، ۱۴۰۱. مدیریت پارامترهای کیفی آب استخرهای پرورشی با کمک نسبت بهینه کربن به نیتروژن. نشریه توسعه آبی‌پروری، ۱۶(۳)، ۴۵–۵۴.
 9. Adhikari, K., A.E. Hartemink, B. Minasny, R. Bou Kheir, M.B. Greve, M.H., 2014. Digital mapping of soil organic carbon contents and sDOCs in Denmark. *PLoS One*, 9 (8), 1-13.
 10. Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A., Azim, M.E., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280, 117–123.
 11. Bhakta, J.N., Sarkar, D., Jana, S., Jana, BB., 2004. Optimizing fertilizer dose for rearing stage production of carp under polyculture. *Aquaculture*, 23(9), 125–39.
 12. Bhatnagar, A., Devi, P., 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(6), 1980-2009.
 13. Biao, X., Tingyou, W., Xipei, Y.I.Q. 2009. Variation in the water quality of organic and conventional shrimp ponds in a coastal environment from Eastern China. *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences*, 15(1), 47-59.
 14. Boyd, C.E., 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama.
 15. Boyd, C.E., 1995. Relationships to Aquatic Animal Production. In: Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture. Springer, Boston, MA. 253–266.
 16. Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2012. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 351–356.
 17. Davies, O.A., Ansa, E., 2010. Comparative assessment of water quality parameters of freshwater tidal earthen ponds and stagnant concrete tanks for fish production in Port Harcourt, Nigeria. *International Journal Of*

- dial variations. *Aquaculture*, 80, 63 – 78.
26. Parsons, T.R., Maita, Y., Lalli, C.M., 1992. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon, New York, NY, USA, 173 pp.
27. Qiao, S.F., Liu, H.Y., Qi, X.Y., 2006. The accumulation and toxicity of ammonia nitrogen in aquaculture water. *Hebei Fisheries*, 1, 20–22.
28. Qin, Y., Hou, J., Deng, M., Liu, Q., Wu, C., Ji, Y., He, X., 2016. Bacterial abundance and diversity in pond water supplied with different feeds. *Scientific Reports* 6, 1–13.
29. Tovar, A., Moreno, C., Manuel-Vez, M.P., García-Vargas, M., 2000. Environmental implications of intensive marine aquaculture in earthen ponds. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 981-988.
30. Tian, C., J. Tan, X. Wu, W. Ye, X. Liu, D. Li, and H. Yang. 2009. Spatiotemporal transition of bacterioplankton diversity in a large shallow hypertrophic freshwater lake, as determined by denaturing gradient gel electrophoresis. *Journal of Plankton Research*, 31, 885– 897.
31. Vanacker, M., Wezel, A., Payet, V., Robin, J., 2015. Determining tipping points in aquatic ecosystems: The case of biodiversity and chlorophyll α relations in fish pond systems. *Ecological Indicators* 52, 184-193.
32. Wang, G., Yu, E., Xie, J., Yu, D., Li, Z., Luo, W., Qiu, L., 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.
33. Zhang, E., Wang, B., Wang, Q., Zhang, S., Zhao, B., 2008. Ammonia-nitrogen and orthophosphate removal by immobilized *Scenedesmus* sp. isolated from municipal wastewater for potential use in tertiary treatment. *Bioresource Technology*, 99(9), 3787-3793.