ارزیابی کیفیت آب دریاچه نئور (پارامترهای میکروبی و فیزیکوشیمیایی) به‌منظور آبزی‌پروری

- **منیره فئید***: پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **حجت خداپرست**: پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **محمدرضا مهرابی**: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
- **سیدفخرالدین میرهاشمی‌نسب**: پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۷

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی پارامترهای میکروبی و فیزیکوشیمیایی آب دریاچه نئور انجام گرفت. ۵ ایستگاه با توجه به موقعیت جغرافیایی، ارتفاع آب، جریان‌های ورودی به دریاچه انتخاب گردید. نمونه‌برداری دوبار در هر فصل (از فصول بهار و تابستان و پاییز) ۱۳۹۵صورت گرفت. آزمون‌های میکروبی شامل شمارش تعداد کل باکتری، تعداد کلی‌فرم و تعداد کلی‌فرم مدفوعی، استرپتوکوکی و باکتری‌های احیاکننده سولفیت انجام گرفت. بیش‌ترین میزان تراکم باکتری‌های هتروتروف در تابستان و در ایستگاه ۱ بود (۵۰۰۰۰ cfu/ml) و بیش‌تر از استاندارد بود. بیش‌ترین میزان باکتری‌های کلی‌فرم مدفوعی در پاییز در ایستگاه‌های ۱و۳ مشاهده شد (۱۱۰ cfu/ml). بیش‌ترین میزان فراوانی استرپتوکوکی نیز در فصل تابستان در ایستگاه ۳ (۱۱۰ cfu/ml) بود. بیش‌ترین میزان فراوانی باکتری‌های احیاکننده سولفیت در بهار در ایستگاه ۱ بود. نیترات، آمونیوم و فسفات در تمامی فصول در حد مجاز (استاندارد EPA) بود. COD، BOD و pH در برخی از فصول بیش‌تر از حد مجاز (استاندارد EPA) بود میزان باکتری‌های هتروتروف، کلی‌فرم وکلی‌فرم مدفوعی و استرپتوکوکی در برخی از فصول بالاتر از حد استاندارد بود و دلیل آن، بالارفتن دمای محیط و آب، عبور دام و احشام در منطقه و برخی فعالیت‌های توریستی و کشاورزی در فصول گرم سال و تلاطم باد و آب و افزایش رسوبات در پاییز بود. این دریاچه، به‌دلیل بالابودن برخی پارامترها، برای زیست ماهیان خصوصاً ماهیان سردآبی مطلوب نمی‌باشد.

کلمات کلیدی: نئور، باکتری، هتروتروف، کلی‌فرم، کلی‌فرم مدفوعی، استرپتوکوک

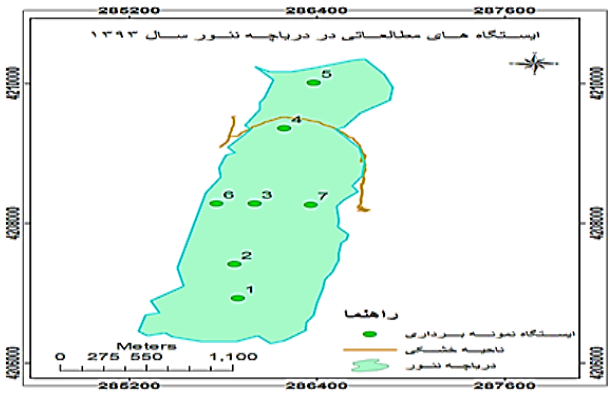
* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m_faeed@yahoo.com

مقدمه

دریاچه نئور بزرگ‌ترین دریاچه آب شیرین استان اردبیل و یکی از مهم‌ترین جاذبه‌های گردشگری این استان محسوب می‌گردد که از بزرگ‌ترین دریاچه‌های طبیعی و آب شیرین این استان می‌باشد و دارای ارزش‌های زیستگاهی، اکوتوریستی، زنبورداری، کشاورزی و دامداری می‌باشد. دریاچه نئور در گذشته دارای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان *Oncorhynchus mykiss* بود و هر ساله تعدادی از این بچه‌ماهیان برای کنترل جمعیت گاماروس‌های موجود در دریاچه به آن رهاسازی می‌شدند متاسفانه از سال ۱۳۸۹ به این سو جمعیت ماهی قزل‌آلا در دریاچه با کاهش ناگهانی و شدیدی روبرو شده با توجه به این‌که ماهی قزل‌آلا نسبت‌به عوامل محیطی حساس می‌باشد آسیب‌وارده‌به جمعیت ماهی فوق نشانه‌ای از شرایط نامناسب محیطی دریاچه محسوب می‌گردد. البته یکی از علل این مساله، معرفی احتمالاً ناآگاهانه تعدادی ماهی کاراس *Carassius gibelio* به این دریاچه بود که با تکثیر و افزایش جمعیت آن‌ها، درحال حاضر گونه غالب و شاید تنها گونه ماهی موجوددراین دریاچه باشد. کیفیت آب در یک اکوسیستم آبی منعکس کننده اثر عوامل مختلف فاکتورهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد(Sargaonkar و Deshpande، ۲۰۰۳). پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید داده‌های پیچیده‌ای می‌شود که حاوی اطلاعات غنی درباره موقعیت منابع آبی هستند و نیاز به‌روش‌های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند. تعیین وضعیت کیفی، منابع آب برای اتخاذ راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از کاهش کیفیت و یا بهبود آن ضروری است(Ramirez و Solano، ۲۰۰۴).آلودگی آب، پدیده‌ای است که در آن کیفیت‌شیمیایی، فیزیکی و زیستی آب‌های طبیعی به‌واسطه تخلیه مواد زاید مثل فاضلاب‌های بهداشتی، رواناب‌های شهری، پساب‌های صنعتی، کشاورزی و دامداری و دیگر مواد زاید فعالیت‌های صنعتی-شهری و کشاورزی تغییر می‌کند(عرفان‌منش‌وفیونی، ۱۳۸۲؛ Karimian و همکاران، ۲۰۰۷؛ Simeonov و همکاران، ۲۰۰۳). به‌طور کلی، آلودگی میکروبی با توجه به شاخص‌های موجود(کل باکتری‌های هتروتروف، کلی‌فرم‌ها و اشرشیاکلی) و خواص فیزیکی آب، عبارتند از دما، کدورت، رنگ، بو، pH، تعیین BOD و COD سختی آب، تعیین اکسیژن محلول در آب مورد آنالیز و بررسی قرار می‌گیرد. کلی‌فرم‌ها، کلی‌فرم‌های‌مدفوعی،استرپتوکوک‌مدفوعی و کلستریدیوم پرفرنجنس، نشان‌دهنده باکتری‌های بیماری‌زا در آب است اما در ارزیابی کیفیت بهداشتی‌آب، تعدادکل باکتری‌های کلی‌فرمی و تعداد کل کلی‌فرم‌های مدفوعی شاخص اصلی درنظر گرفته می‌شود (Raczynska، ۲۰۰۰؛ Rashed، ۲۰۰۰). استانداردی که در ارتباط با شاخص‌های میکروبی در آب‌های سطحی وجود دارد شامل کلی‌فرم حداکثر ۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر، کلی‌فرم مدفوعی حداکثر ۴۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر و باکتری‌های هتروتروف، حداکثر ۵۰۰۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد تراکم باکتری‌های بیش‌تر از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ ارگانیسم در میلی‌لیتر ممکن است نشانه‌ای از بازدارندگی و سرکوب کلی‌فرم‌ها باشد. این تحقیق به‌منظور، بررسی کیفیت میکروبی آب دریاچه و مقایسه آن با استانداردهای جهانی و بررسی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب ازجمله pH، دما، اکسیژن، نیتریت، نیترات و فسفات، آمونیوم، COD و BOD ضرورت دارد (نصراله‌زاده‌ساروی و همکاران، ۱۳۹۵). کاهش کیفیت آب و وجود آلودگی در حوزه آبی می‌تواند برای حیات آبزیان نیز مضر باشد و سبب بیماری و مرگ و میر آبزیان گردد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از ایستگاه‌های پنجگانه، در طی فصول بهار، تابستان و پاییز ۱۳۹۵ از دریاچه نئور انجام پذیرفت در این تحقیق، با توجه به اقلیم منطقه و به‌دلیل سرمای شدید و یخ بستن سطح دریاچه نئور امکان نمونه‌برداری در فصل زمستان در دریاچه نئور وجود نداشت (شکل ۱).



شکل ۱: ایستگاه‌های مطالعاتی دریاچه نئور

نمونه‌برداری با استفاده از استاندارد ۴۲۰۸ (نمونه‌برداری برای آزمون‌های میکروبیولوژی)با استفاده از شیشه‌های کدردب سمباده‌ای استریل از عمق ۲۰ سانتی‌متر زیر آب انجام گرفت هر نمونه در کنار زنجیره سرد به آزمایشگاه باکتریولوژی پژوهشکده آبزی‌پروری انتقال داده‌شد و درکم‌تر از ۲۴ ساعت مورد آزمایش قرار گرفت. سپس از هر نمونه، رقت‌های ۱۰-۱ تا ۱۰-۶ تهیه نموده شمارش کلی باکتری‌ها با روش pour plate بر روی محیط پلیت‌کانت‌آگار، برای شمارش کلی‌فرم و اشرشیاکلی ازمحیط ECCآگار و برای‌بررسی استرپتوکوک مدفوعی Chromocult Enterococci و KF Agar و برای باکتری‌های احیاکننده سولفیت، محیط spss آگار استفاده گردید. نمونه‌ها در دمای ۳۵ درجه

سانتی‌گراد بین ۱۸-۲۴ ساعت انکوبه شدند و اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی آب دریاچه، نظیر pH، دما، اکسیژن، نیتریت، نیترات و فسفات، آمونیوم، COD و BOD انجام شد (استاندارد آب شماره‌های ۳۷۵۹ و ۷۲۲۵؛ صفری و همکاران،۱۳۹۰؛ APHA، ۲۰۰۵). مقادیر استاندارد فاکتورهای فاکتورهای فیزیکی- شیمیایی آب در پرورش آبزیان در جدول ۱ آورده شده است (FAO/WHO، ۲۰۰۶). در انتها با استفاده از نرم‌افزار SPSS در تجزیه و تحلیل آماری با روش واریانس یک‌طرفه و آزمون توکی و از نرم‌افزار EXCEL برای رسم نمودارها استفاده شد.

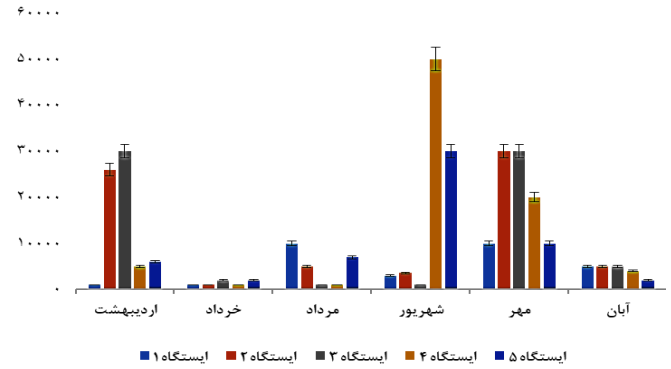
جدول۱: مقادیر استاندارد فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی آب در پرورش آبزیان (آبزی‌پروری)

	واحد	مقادیر /محدوده
درجه حرارت آب ماهیان گرم‌آبی	سانتی‌گراد	۱۸-۳۰
درجه حرارت آب ماهیان سردآبی	سانتی‌گراد	۴-۲۰
pH ماهیان گرم‌آبی	واحد	۶/۵-۹
pH ماهیان سردآبی	واحد	۶/۵-۸/۵
اکسیژن محلول ماهیان گرم‌آبی	میلی‌گرم/لیتر	بیش از ۴
اکسیژن محلول ماهیان سردآبی	میلی‌گرم/لیتر	بیش از ۵
شفافیت ماهیان گرم‌آبی	سانتی‌متر	۳۰-۵۰
شفافیت ماهیان سردآبی	سانتی‌متر	۳۰-۱۵۰
هدایت الکتریکی	میکروثانیه/سانتی‌متر	۲۰۰۰
کل جامد محلول ماهیان گرم‌آبی	میلی‌گرم/لیتر	۲۰۰۰
کل جامد محلول ماهیان سردآبی	میلی‌گرم/لیتر	۲۴۰۰
کل مواد معلق	میلی‌گرم/لیتر	کم‌تر از ۸۰
سختی کل	میلی‌گرم/لیتر	۱۰-۴۰۰
دی اکسیدکربن ماهیان گرم‌آبی	میلی‌گرم/لیتر	۰-۱۰
دی اکسیدکربن ماهیان سردآبی	میلی‌گرم/لیتر	کم‌تر از ۰/۰۵
آمونیاک غیریونیزه ماهیان گرم‌آبی	میلی‌گرم/لیتر	کم‌تر از ۰/۰۳
آمونیاک غیریونیزه ماهیان سردآبی	میلی‌گرم/لیتر	کم‌تر از ۰/۰۱
ازت نیتریتی	میلی‌گرم/لیتر	آب سخت: ۰/۱۶۷ آب سبک: ۰/۰۳۱
ازت نیتراتی	میلی‌گرم/لیتر	۴/۵۲
فسفر معدنی	میلی‌گرم/لیتر	کم‌تر از ۰/۰۶۵
فسفر کل	میلی‌گرم/لیتر	۰/۰۱-۲
اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی BOD2	میلی‌گرم/لیتر	۰-۵
اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی COD	میلی‌گرم/لیتر	کم‌تر از ۲۰

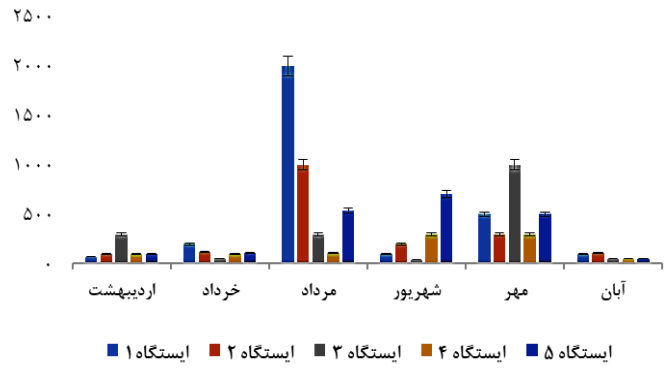
نتایج

بین ماه‌های مختلف در فصول بهار، تابستان و پاییز از نظر میانگین باکتری‌های هتروتروف اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده گردید ($P<0/005$). بیش‌ترین میزان باکتری‌های هتروتروف در ایستگاه ۴ و در ماه شهریور بود. آزمون توکی نیز نشان داد که در ماه شهریور در ایستگاه‌های ۴و۵، در مهر و اردیبهشت در ایستگاه‌های ۲و ۳ با سایر ماه‌ها و ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار بوده است (شکل۲). بیش‌ترین میزان باکتری‌های کلی‌فرمی، در ایستگاه ۱ و در ماه مرداد بوده است. بین ماه‌شهریور با سایر ماه‌ها از نظر میانگین باکتری کلی‌فرمی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده می‌گردد(شکل۳). باکتری‌های کلبسیلا، اشرشیا کلی، انتروباکتر و پروتئوس از جمله باکتری‌های کلی‌فرم مدفوعی جداسازی شده بودند. بیش‌ترین میزان باکتری‌های کلی‌فرم مدفوعی در مهر ماه بود که در تمامی ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه ۵،اختلاف معنی‌داری با سایر ایستگاه‌ها درسایر ماه‌های سال داشت در این ماه در تمامی ایستگاه‌ها، کلی‌فرم مدفوعی مشاهده گردید ($P<0/005$). آزمون توکی نیز نشان داد که بین ماه‌های مختلف از نظر میانگین باکتری‌های کلی‌فرم مدفوعی اختلاف وجود داشت (شکل۴). نتایج نشان داد که در شهریور و در

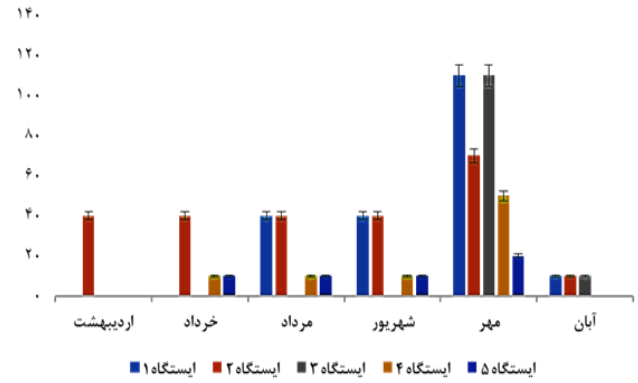
ایستگاه ۳ بیش‌ترین میزان باکتری‌های استرپتوکوکی مشاهده گردید. بین ماه‌های مختلف از نظر میانگین باکتری استرپتوکوکی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده گردید (P<۰/۰۰۵). در برخی ماه‌ها نظیر اردیبهشت و آبان هیچ‌گونه باکتری استرپتوکوکی دیده نشد (شکل۵). در ماه خرداد بیش‌ترین میزان باکتری کلستریدیوم در ایستگاه‌های ۱و ۵ دیده شد. در ماه مهر نیز ایستگاه ۵، میزان باکتری کلستریدیوم بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها بود از نظر میانگین باکتری‌های احیاکننده سولفیت اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده گردید (P<۰/۰۰۵). آزمون توکی نشان داد که بین برخی ماه‌ها (اردیبهشت در ایستگاه ۱) از نظر میانگین‌باکتری‌های‌احیاکننده سولفیت اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت (شکل۶). ارتفاع آب دریاچه نئور از ماه اردیبهشت تا ماه شهریور بیش از ۱/۵ متر کاهش داشت.ایستگاه اول که در ابتدا دارای ۱/۵ متر عمق‌بوده است. در اردیبهشت حداکثر عمق آب ۳/۸ متر و کاهش آن به ۲/۵ متر بود میانگین دمای آب در اردیبهشت ۱۰درجه سانتی‌گراد و در مرداد ۲۱/۶ درجه سانتی‌گراد بوده است و در شهریور دمای آب به ۱۶ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. محدوده تغییرات عوامل فیزیکو شیمیایی تعیین‌کننده درآب دریاچه نئور در جدول۲ آورده شده است.



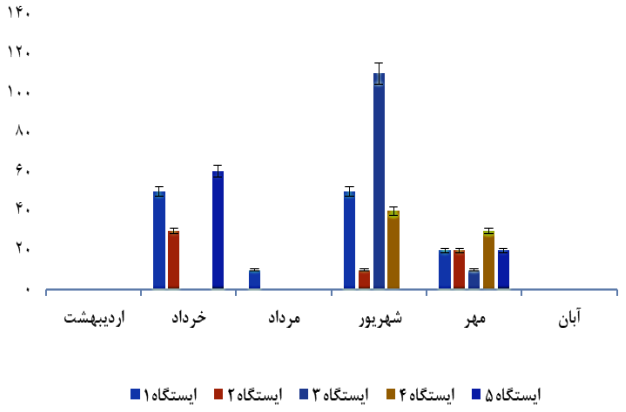
شکل ۲: میزان فراوانی باکتری‌های هتروتروف در ایستگاه‌های دریاچه نئور در سال ۱۳۹۵



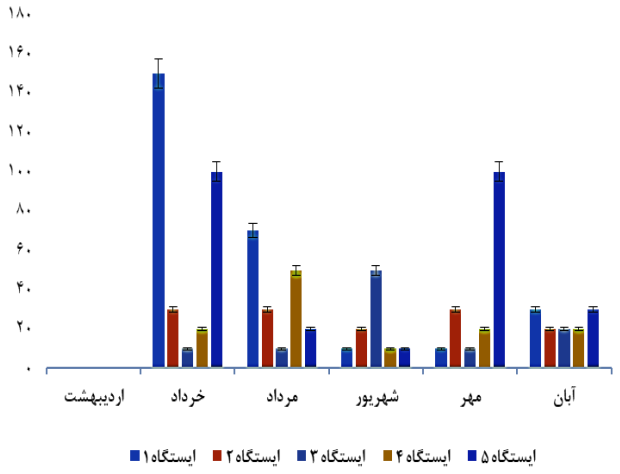
شکل ۳: میزان فراوانی باکتری‌های کلی‌فرمی در ایستگاه‌های دریاچه نئور سال ۱۳۹۵



شکل ۴: میزان فراوانی باکتری‌های کلی‌فرم مدفوعی در ایستگاه‌های دریاچه نئور سال ۱۳۹۵



شکل۵: میزان فراوانی باکتری‌های استرپتوکوکی در ایستگاه‌های دریاچه نئور سال ۱۳۹۵



شکل ۶: میزان فراوانی باکتری‌های احیاکننده سولفیت در ایستگاه‌های دریاچه نئور سال ۱۳۹۵

جدول ۲: محدوده تغییرات عوامل فیزیکوشیمیایی تعیین کننده در دریاچه نئور ۹۶-۱۳۹۵ برحسب استاندارد EPA

پارامترهای کیفی آب	حدود استاندارد	محدوده تغییرات
NO2 میلی‌گرم/لیتر	حداکثر ۰/۰۱	۰/۰۰۱-۰/۰۰۹
NO3 میلی‌گرم/لیتر	حداکثر ۱	۰/۰۲۳-۰/۰۸۴
NH4 میلی‌گرم/لیتر	حداکثر ۱	۰/۰۹-۰/۸
PO4 میلی‌گرم/لیتر	حداکثر ۰/۱	۰/۰۰۲-۰/۰۴
	۲-۰ تمییز	
BOD2 میلی‌گرم/لیتر	۵-۳ نسبتاً آلوده	۱/۹۷-۷/۸۶
	۵< به‌شدت آلوده	
COD میلی‌گرم/لیتر	۶۰ >	۴۲/۴۸-۱۱۰/۱۹
DO میلی‌گرم/لیتر	۶<	۴/۸۸-۸/۷۸
pH	۶/۵ تا ۹	۷/۸۸-۹/۸۳

بحث

کیفیت آب‌های سطحی از لحاظ مقدار موادمحلول و معلق به‌دلیل سیلاب و طوفانی شدن و تغییر دما در طی فصول مختلف سال متغیر است ورود ماده خارجی به آب منجر به اختلال در بهره‌برداری خاص از آب و یا تغییر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن، ممکن است اثرات زیانباری بر زندگی انسان و آبزیان بگذارد. در تحقیقی که شهریاری و همکاران (۱۳۸۷) بر روی آلودگی آب دریا در خلیج گرگان انجام دادند، بیش‌ترین تعداد کل باکتری هتروتروف در فصل پاییز بود و دلیل آن تأثیر حرارت و اشعه مستقیم خورشیدی در تابستان نسبت به پاییز بود زیرا حرارت و اشعه ماورای بنفش خورشیدی در زوال باکتری‌های در آب دریا نقش کلیدی ایفا می‌کنند. در مطالعه دیگر که روی میزان آلودگی باکتری‌های هتروتروف در سواحل گیلان انجام شد میزان آلودگی باکتری‌های هتروتروف در پاییز بیش‌تر از فصل بهار بود (بینش‌برهمند و همکاران، ۱۳۹۱). استانداردی که در ارتباط با باکتری‌های هتروتروف در آب‌های سطحی وجود دارد حداکثر ۵۰۰۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد در این تحقیق، با توجه به اقلیم منطقه و به‌دلیل سرمای‌شدید و یخ بستن سطح دریاچه نئور امکان نمونه‌برداری در فصل زمستان در دریاچه نئور وجود نداشت. نتایج نشان داد که در ماه‌های اردیبهشت، شهریور و مهر باکتری‌های هتروتروف بیش‌تر از سایر ماه‌ها بود بین ماه‌های مختلف در از نظر میانگین باکتری‌های هتروتروف اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده گردید($P<0/005$).

در این تحقیق بیش‌ترین میزان pH در ماه مرداد بود که میزان آن از حد استاندارد EPA بیش‌تر بوده است. مطالعات محققین نشان داد که رابطه عکس بین بالا رفتن pH با کاهش باکتری‌های هتروتروف وجود دارد (Baghel و همکاران، ۲۰۰۵).

طهماسبی و همکاران(۱۳۹۰) نشان دادند که رودخانه در فصل بهاراز نظر میکروبی نسبت به پاییز و زمستان از وضعیت بهتری برخوردار است، زیرا در فصل بهار از میزان بارندگی‌ها و به تبع آن کدورت رودخانه کاسته می‌شود. آب دریاچه نئور از نظر میزان باکتری‌های هتروتروف به‌جز در ایستگاه ۴ در شهریور، درسایر ماه‌ها در دریاچه نئور پایین‌تر از استاندارد آب‌های سطحی بوده است. با شروع فصل تابستان و افزایش فعالیت‌های تفریحی مردم در حاشیه رودخانه‌ها و گرم شدن هوا و عبور و مرور دام‌ها و احشام، تکثیر باکتری‌های کلی‌فرمی در آب افزایش یافت اما حداکثر میزان باکتری‌های کلی‌فرمی، ۸۰۰ cfu/m در ایستگاه ۲ و در شهریور ماه بود یکی دیگر از موارد کاهش این باکتری در آب، این بود که کلی‌فرم‌ها در pH، بین ۶ تا ۸ قادر به رشد هستند و در برخی از ماه‌ها pH افزایش داشت و بنابراین کلی‌فرم‌ها قادر به تکثیر نبودند.

یعقوب‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) کیفیت میکروبی آب‌های سطحی رودخانه هراز و شاخص‌های میکروبی کل کلی‌فرم (Total Coliform) و کلی‌فرم مدفوعی (Fecal coliform) را جهت ارزیابی اثرات زیست محیطی بررسی کردند . نتایج آزمایشات آن‌ها نشان داد که جمعیت کلی‌فرم‌ها بسته به تغییرات فصلی، زمان و مکان نمونه‌برداری متفاوت بوده است وجود میکروب‌های اندیکاتور در آب نشان‌دهنده کیفیت پراکنش باکتری‌های اندیکاتور از گروه کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های مدفوعی در محل‌های نی‌زار و رسوبات تعداد باکتری‌ها بیش‌تر بود و تغییرات کلی‌فرم مدفوعی در فصل بهار، تابستان و زمستان حداقل و در فصل پاییز حداکثر میزان را داشت. تحقیقات نادری و همکاران (۱۳۸۱) نشان داد که بین میزان کدورت آب و میزان کلی‌فرم موجود در آب همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. تحقیقات Kim و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان داد که میزان اشرشیاکلی در ماه‌های مرطوب ۷ برابر بیش‌تر از ماه‌های کم باران می‌باشد. کاهش مقدار اشرشیاکلی در فصل تابستان به‌دلیل کم‌شدن میزان بارندگی، کاهش رواناب و کاهش ذرات معلق در آب رودخانه می‌باشد (An و همکاران، ۲۰۰۲) که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در این تحقیق، تعداد کلی‌فرم مدفوعی در بستردریاچه، در فصل پاییز بیش‌تر از سایر فصول بوده است. میزان کلی‌فرم‌مدفوعی در ایستگاه‌های ۱و۳ در ماه‌مهر بیش‌تر از حد استاندارد آب‌های سطحی بود.

میزان باکتری‌های استرپتوکوکی در دریاچه در محدوده استاندارد آب‌های سطحی قرار دارد و در برخی ماه‌ها به‌دلیل افزایش دمای هوا و دمای آب برخی باکتری‌های استرپتوکوکی، رشد و تکثیر بهتری داشتند تغییرات میانگین استرپتوک‌ها در ماه باکتری استرپتوکوک مشاهده نشد.بین ماه‌های مختلف از نظر میانگین باکتری استرپتوکوکی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده گردید ($P<0/005$). تعیین نسبت

کلی‌فرم مدفوعی به استرپتوکوک مدفوعی از دیرباز به‌عنوان یکی از روش‌های استاندارد جهت تعیین منشا انسانی یا حیوانی آلودگی استفاده قرار گرفته است با توجه به حضور نابرابر کلی‌فرم‌های مدفوعی و استرپتوکوک‌های مدفوعی در سیستم گوارش انسان در مقایسه با حیوانات و براساس تحقیقات صورت گرفته اگر نسبت‌های fc/fs بیش‌تر از ۴ باشد آلودگی، مدفوعی انسانی و نسبت‌های Fc /Fs کم‌تر از ۰/۷ باشد آلودگی، مدفوعی حیوانات خونگرم اهلی و وحشی است (هاتفی و ملک‌زاده، ۱۳۷۲).

در این تحقیق، ۴۰ درصد موارد، این نسبت بیش‌تر از ۴ (آلودگی مدفوعی- انسانی) بود ضمن این‌که در ۶۰ درصد بقیه موارد نیز (تقریباً ۳۰ درصد) این نسبت از ۰/۷ بیش‌تر بود. از سوی دیگر، تعیین نسبت کلی‌فرم مدفوعی به توتال کلی‌فرم (Fc/Tc) نیز می‌تواند درصد باکتری کلی‌فرم که‌از روده‌انسان و حیوانات خونگرم نشات گرفته‌باشدرا مشخص می‌نماید اگر این نسبت بیش‌تر از ۰/۱ باشد نشان‌دهنده این است که کلی‌فرم‌مدفوعی مقاوم به‌حرارت، بیش‌تر از ۱۰ درصد از کل کلی‌فرم‌ها را شامل می‌شود و منشا آن انسانی است (هاتفی و ملک‌زاده، ۱۳۷۲). در این تحقیق، ۴۰ درصد موارد منشا آن انسانی و ۶۰ درصد منشا کلی‌فرم غیرانسانی بود. در ماه مهر، بیش‌ترین میزان آلودگی کلی‌فرم با منشا انسانی در ایستگاه‌ها دریاچه نئور دیده شد.

باکتری کلیدی در بین باکتری‌های احیاکننده سولفیت، کلستریدیوم پرفرینجنس می‌باشد این باکتری به‌لحاظ داشتن اسپور، قادر به زنده ماندن در آب و یا محیط‌های آلوده نسبت به سایر باکتری‌ها اندیکاتور می‌باشدبا این وجوداهمیت این باکتری‌ها درمقایسه باسایرباکتری‌های اندیکاتور نظیر کلی‌فرم‌ها کم‌تر می‌باشد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که باکتری کلستریدیوم در ماه مرداد و خرداد دیده شده است و در سایر ماه‌ها این باکتری دیده نشده است. یکی ازدلایل رشد این باکتری شرایط بی‌هوازی و PH مناسب می‌باشد همان‌طورکه در مطالب بالا توضیح داده شد در ماه‌هایی از سال، میزان اکسیژن محلول و PH بالا است فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی کاهش می‌یابد.

میزان نیتریت در بهار و پاییز در محدوده استاندارد است اما در تابستان در محدوده استاندارد قرار ندارد. نیتریت یک ترکیب ناپایدار حد واسط در چرخه نیتروژنی و یک گاز سمی در آب بوده که روی آبشش‌های ماهی اثر سمی داشته و درنهایت منجر به آسیب‌های بافتی می‌گردد اما میزان نیترات، آمونیوم و فسفات در بهار، تابستان و پاییز در محدوده استاندارد قرار داشت (WHO، ۲۰۰۴).

pH آب نقش تعیین‌کننده‌ای در ارزیابی کیفیت آب دارد. pH آب دریاچه نئور، در تمامی ایستگاه‌ها و مراحل نمونه‌برداری در محدوده (۹/۵-۶/۵) قرار داشت (Ahip و Puttaiah، ۲۰۰۶). میزان pH آب در نقاط مختلف بستگی به خصوصیات زمین‌شناسی و هیدرولوژی حوزه‌های آبخیز، ورود مواد اسیدی و میزان حاصلخیزی دریاچه‌ها دارد. از سوی دیگر pH، یک پارامتر بسیار مهم در ارزیابی کیفیت آب برای کاربری‌های مختلف است (باقری و همکاران، ۱۳۹۶؛ Blocksom و همکاران، ۲۰۰۲). میزان pH در تابستان در دریاچه نئور، بیش‌تر از استاندارد ملی آب‌های سطحی است ولی در فصل بهار و پاییز میزان آن در حد استاندارد بود. وجود pH بالا، سبب کاهش رشد باکتری‌های مختلف در آب دریاچه شده است. هم‌چنین در این تحقیق میزان pH در بسیاری از ماه‌ها از نظر استاندارد مناسب برای پرورش ماهیان گرمابی و سردآبی مناسب نیست.

یکی دیگر از عوامل تعیین‌کننده کیفیت آب رودخانه‌ها BOD است. میزان اکسیژنی که توسط میکروارگانیسم‌ها در اکسیداسیون هوازی مورد نیاز می‌باشد. هرچقدر میزان مواد آلی رودخانه بیش‌تر باشد اکسیژن بیش‌تری برای تجزیه هوازی نیاز است مقدار این متغیر طبق استاندارد اروپایی حداکثر ۳ و در نهایت ۶ میلی‌گرم در لیتر به منظور سلامت زیست آبی و ماهی‌ها در رودخانه تعیین شده است. میزان BOD در دریاچه نئور با مقادیر استاندارد مغایرت داشته است (براساس استاندارد EPA، مقادیر BOD در آب‌های سطحی در محدوده‌های ۰-۲ (تمییز)، ۳-۵ (نسبتاً آلوده)، ۵< به‌شدت آلوده ارزیابی می‌گردد) مقادیر زیاد لجن و رسوبات در دریاچه باعث افزایش اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی(BOD) شده کاهش اکسیژن در لایه‌های پایین آب سبب مرگ و میر ماهی‌ها می‌گردد برخی از دلایل دیگر افزایش BOD، ورود یا وجود مواد آلی نظیر گیاهان و جانوران آبزی و ورود فاضلاب‌های انسانی به رودخانه می‌باشد (فئید و همکاران، ۱۳۹۴).

از آن‌جایی‌که کم‌ترین میزان میانگین BOD، در خرداد با ۳/۷۵ و در شهریور با میزان ۶/۵۵ میلی‌گرم در لیتر بود. آب دریاچه در محدوده نسبتاً آلوده تا به‌شدت آلوده ارزیابی می‌شود. به‌نظر می‌رسد BOD در فصل بهار برای پرورش ماهیان گرمابی مناسب‌ولی در تابستان برای ماهیان گرمابی و سردآبی مناسب نیست.

باتوجه به استاندارد زیست‌محیطی ایران در زمینه پرورش آبزیان، میزان حداکثر COD موجود در آب‌های سطحی ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (نصراله‌زاده‌ساروی، ۱۳۹۵؛ FAO/WHO، ۲۰۰۶). بنابراین میزان COD در ماه‌های مرداد و شهریور بیش‌تر از حد استاندارد کیفی برای آب‌های سطحی بوده است. به‌نظر می‌رسد میزان COD هم در بیش‌تر ایستگاه‌ها در محدوده استاندارد برای پرورش و زیست ماهیان گرمابی و سردآبی نیست و یکی از دلایل وجود ماهی کاراس به‌عنوان تنها ماهی موجود در آب دریاچه نئور به‌همین علت است زیرا ماهی کاراس حتی در شرایط بسیار بد محیطی سازگاری بالایی دارد.

در تحلیل نهایی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که میزان باکتری‌های اندیکاتور در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی،

نشان‌دهنده آن است که اکثر ایستگاه‌های مورد بررسی در دریاچه نئور گرچه از نظر میکروبی آلودگی کم‌تر از استاندارد EPA محسوب می‌شود اما منشا تقریباً ۴۰ درصد آلودگی‌های باکتریایی دریاچه با دخالت انسانی و در بقیه موارد نیز ورود فضولات دام و احشام مرتبط است هم‌چنین به‌نظر می‌رسد بالاتر بودن محدوده استاندارد، برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب، شرایط را برای زیست ماهیان خصوصاً ماهیان سردآبی نامطلوب نموده است. از آن‌جایی‌که پهنه آبی دریاچه تحت تاثیر بار مواد مغذی زیادی قرار دارد در مورد منشاء قطعی آن باید بررسی بیش‌تری صورت پذیرد. درهرحال برای نجات دریاچه باید به راهکارهای، حذف یا کاهش این مواد مغذی تاکید خاص مبذول گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مساعدت همکاری جناب آقای دکتر علی‌اصغر خانی‌پور رئیس‌محترم‌و همکاران بخش‌بهداشت‌وبیماری‌ها پژوهشکده آبزی‌پروری که در مراحل اجرایی این پروژه ما را یاری نمودند، کمال تشکر را دارد.

منابع

۱. **استاندارد ملی ایران ۴۲۰۸. ۱۳۷۶.** کیفیت آب. نمونه‌برداری از آب برای آزمون‌های میکروبیولوژی. آیین کار، موسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. صفحات ۲ تا ۴۳.

۲. **استاندارد ملی ایران ۳۷۵۹. ۱۳۸۶.** جستجو و شمارش کلی‌فرم‌ها در آب به‌روش چند لوله‌ای. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. چاپ اول.

۳. **استاندارد ۷۲۲۵. ۱۳۸۲.** جستجو و شناسایی کلی‌فرم‌ها در آب به روش وجود یا عدم وجود.موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. چاپ اول.

۴. **باقری، م.؛ فرزان، م.؛ طالبی، م.؛ کرمی، م. و منصوری، پ.، ۱۳۹۶.** مقایسه پارامترهای کیفی آب رودخانه‌های صمصامی و دینارن با استانداردهای کیفی آب برای پرورش ماهی. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۶، شماره ۴، صفحات ۲۵ تا ۳۶.

۵. **بینش‌برهمند، م.؛ نبی‌زاده، ر.؛ ندافی، ک. و مصداقی نیا، ع.، ۱۳۹۱.** آنالیز کیفی آب‌های ساحلی نوار جنوبی دریای خزر در استان گیلان و تعیین شاخص‌های بهداشت محیط در طرح‌های ساحلی آن منطقه در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۸. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. دوره ۲۲، شماره ۸۸، صفحات ۴۱ تا ۵۲.

۶. **دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های سطحی (جاری). ۱۳۸۸.** نشریه شماره ۵۲۲، معاونت نظارت راهبردی، دفترنظام فنی اجرایی، صفحات ۲۱ تا ۲۲.

۷. **شهریاری، ع.؛ کبیر، م. و گل‌فیروزی، ک.، ۱۳۸۷.** وضعیت آلودگی میکروبی آب دریای خزر در خلیج گرگان. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحات ۶۹ تا ۷۳.

۸. **طهماسبی، س.؛ افخمی، م. و تکدستان، ا.، ۱۳۹۰.** تحلیل وضعیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب رودخانه گرگر با استفاده ازشاخص کیفیت آب. فصلنامه علمی پژوهشی علوم بهداشتی. سال ۳، شماره ۴، صفحات ۲۳ تا ۲۸.

۹. **صفری، ر. و یعقوب‌زاده، ز.، ۱۳۹۱.** ارزیابی بیواندیکاتورهای میکروبی رودخانه شیرود در استان مازندران. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. دوره ۲۲، شماره ۹۸، صفحات ۲۸۹ تا ۲۹۹.

۱۰. **عرفان‌منش، م. و فیونی، م.، ۱۳۸۲.** آلاینده‌های محیطی: آب، خاک و هوا. انتشارات ارکان اصفهان. صفحات ۱ تا ۲۴.

۱۱. **فئید، م.؛ بابایی، ه. و عابدینی، ع.، ۱۳۹۴.** بررسی فاکتورهای میکروبیولوژی و فیزیکوشیمیایی در تالاب انزلی. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. دوره ۷، شماره ۲۵، صفحات ۴۵ تا ۵۴.

۱۲. **نادری، ش.؛ شریعت، م.؛ ندافی، ک.؛ واعظی، ف. و زراعتی، ح.، ۱۳۸۱.** بررسی ارتباط بین میزان شاخص‌های بیولوژیک و پارامترهای کیفی آب در سیستم توزیع آب آشامیدنی مناطق روستایی استان قزوین. مجموعه مقالات ششمین همایش کشوری بهداشت محیط مازندران. دانشکده علوم پزشکی و بهداشت. صفحات ۲۳ تا ۲۵.

۱۳. **نصراله‌زاده‌ساروی، ح.؛ پرافکنده، ف.؛ فضلی، ح.؛ میرزایی، ر.؛ حسین‌پورحافرایی، م.؛ نصراله‌تبار، ع.؛ مخلوق، آ. و واحدی، ن.، ۱۳۸۹.** مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در دریاچه پشت سد آزاد سنندج به‌منظور فعالیت‌های شیلاتی. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۵، شماره ۵، صفحات ۱۴۳ تا ۱۵۶.

۱۴. **یعقوب‌زاده، ز. و صفری، ر.، ۱۳۹۴.** بررسی میزان آلودگی میکروبی آب‌های سطحی رودخانه هراز. مجله پژوهش‌های سلولی و مولکولی) مجله زیست‌شناسی ایران. دوره ۲۸، شماره ۱، صفحات ۱۳۶ تا ۱۴۴.

۱۵. **هاتفی، م.، ۱۳۷۲.**آلودگی میکروبی تالاب انزلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

۱۶. **Ahip, M.V. and Puttaiah, E.T., 2006**. Ecological characteristics of Vrishabhavathy River in Bangalore (India). Environmental geology. Vol. 49, pp: 1217-1222.

۱۷. **American Public Health Association (APHA). 2005.** American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF). Standard methods for the examination of water and wastewater. pp: 11- 22.

۱۸. **An, Y.J.; Kampbell, D.H. and Breidenbach, P.G., 2002.** Escherichia coli and total coliforms in water and sediments at

lake marinas. Environmental Pollution. Vol. 120, pp:771-778..

۱۹. **Baghel, V.S.; Gopal, K.; Dwivedi, S. and Tripathi, R.D., 2005**. Bacterial indicators of fecal contamination of the Gangetic river system right at its source. Ecological Indicators. Vol. 5, pp: 49-56.

۲۰. **Blocksom, K.A.; Kurtenbach, J.P. and Klemm, D.J., 2002.** Development and evaluation of the lake macroinvertebrate integrity index (LMII) for New Jersey lakes and reservoirs. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 77, pp: 311-333.

۲۱. **FAO/WHO. 2006.** Committee on Food Additives. Technical Report Series no.776. Geneva. pp: 1-64.

۲۲. **Karimian, A.; Jafarzadeh, N.; Nabizaheh, R. and Afkhami, M., 2007.** Zoning of water quality bases on WQI index, Zohreh river case study]. Int J Water Eng. Vol. 18, pp: 53-62.

۲۳. **Kim, G.T.; Choi, E. and Lee, D., 2005.** Diffuse and point pollution impacts on the pathogen indicator organism level in the Geum River, Korea Science of the Total Environment. Vol. 350, pp: 94-105.

۲۴. **Sargaonkar, A. and Deshpande, V. 2003**. Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 89, pp: 43-67.

۲۵. **Ramirez, N.F. and Solano, F., 2004.** Physicochemical water quality indices-A Comparative Review. Revista Bifua J. Vol. 27, pp: 437-441.

۲۶. **Simeonov, V.; Stratis, J.A.; Samara, C.; Zachariadis, G.; Voutsa, D. and Anthemidis, A., 2003.** Assessment of the surface water quality in Northern Greece Water Res. Vol. 37, pp: 4119-4124.

۲۷. **Raczynska, M., 2000.** The problem of quality assessment of surface lotic waters as exemplified. 22 p.

۲۸. **Rashed, M.N., 2000**. Biomarkers as indicator for water pollution with heavy metals in rivers seas and oceans. Faculty of science 81528 Aswan, south valley university, Egypt. pp:19-22.

۲۹. **WHO. 2004**. World Health Organization, Guidelines for drinking- water quality, 3rd Edition, World Health Organization (WHO) Geneva. pp: 1-9.