مطالعه برخی از شاخص‌های آلودگی باکتریایی آب دریاچه مخزنی حسنلو جهت امکان سنجی پرورش ماهی در قفس

علی نکوئی فرد[1*]، محمد خضری[1]، مسعود صیدگر[1]

[1]مرکز تحقیقات آرتمیای کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

چکیده

آلودگی‌های باکتریایی وارد شده به محیط های آبی می‌توانند سلامت شناگران، قایقرانان، گردشگران، ماهیگیران، پرورش دهندگان ماهی در قفس و نیز تولید و کیفیت غذاهای آبزی را با خطر مواجه کنند. در تحقیق حاضر برخی از شاخص‌های آلودگی باکتریایی آب دریاچه مخزنی حسنلو جهت امکان سنجی پرورش ماهی در قفس به‌طور ماهیانه در ایستگاه‌های مختلف (ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ واقع در ساحل جنوبی سد یعنی روستاهای مجاور با حسنلو، ایستگاه ۴ واقع در خروجی سد، ایستگاه‌های ۵، ۶ و ۷ واقع در ساحل شمالی سد یا جاده مهاباد – ارومیه، ایستگاه ۸ واقع در وسط دریاچه که محل استقرار قفس‌های پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان بود و ایستگاه ۹ در ورودی رودخانه گدار) در طول سال ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده افزایش میزان آلودگی کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و *E. coli* در فصول گرم سال بود. مقدار بار میکروبی در ایستگاه بالا دست یعنی ایستگاه ۹ (ورودی رودخانه) و نیز ایستگاه ۱ (منطقه روستایی) بیشتر از ایستگاه های میانه و تاج سد مخزنی حسنلو بود. میانگین شاخص‌های میکروبی در سد حسنلو نشان داد که در صورتی که سایر عوامل زیستی و غیر زیستی در محدوده زیست اقتصادی ماهیان پرورشی باشد، این سد برای بهره‌برداری‌های شیلاتی نظیر صید و پرورش شاه میگوی آب شیرین مناسب است، اما در مورد پرورش صدف خوراکی و حیات آبزیان و پرورش در قفس بایستی احتیاط لازم را اتخاذ نمود. لذا پیشنهاد می‌شود برنامه‌های مدیریتی و نظارتی با همکاری تمام دستگاه‌های مربوطه جهت ممانعت و یا کاهش ورود انواع آلاینده‌ها به این آب‌ها اتخاذ گردد تا بتوان در آینده از پتانسیل بالقوه سد حسنلو در جهت توسعه تولید سایر آبزیان در این حوزه در جهت کاهش تلاش صیادی در بدنه‌های آبی کشور و تولید پایدار و اشتغالزایی در منطقه بهره برد.

کلمات کلیدی: آبزی پروری، پرورش در قفس، شرایط محیطی، کیفیت میکروبیولوژیکی، دریاچه مخزنی حسنلو

* نویسنده مسئول: a.nekoueifard@areeo.ac.ir

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت، ارتقای سطح زندگی، توسعه شهرنشینی، صنایع و کشاورزی از عواملی هستند که افزایش مصرف آب در مصارف آشامیدنی، بهداشتی، کشاورزی و صنعتی و در نتیجه تولید فاضلاب و آلودگی محیط زیست را باعث می‌شوند. محدودیت منابع آب و عدم تناسب مکانی و زمانی آن موجب ایجاد چالش‌هایی جدی در بسیاری از کشورهای دنیا می‌گردد بطوریکه در آغاز قرن ۲۱ تعداد ۲۶ کشور جهان از کمبود منابع آب رنج می‌برده‌اند و این کمبود در سال ۲۰۵۰ حدود یک سوم از مردم دنیا را تهدید خواهد کرد. این موضوع در کشور ایران نیز با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب و عدم تناسب مکانی و زمانی آن از چالش‌های بسیار جدی می‌باشد. لذا، مطالعه دقیق منابع آب و تعیین آلاینده های آن، پیشگیری، کنترل آلودگی آنها و استفاده بهینه از منابع آب موجود با توجه به افزایش نیاز آبی الزامی است. از جمله پیامدهای این گونه آلودگی‌ها می‌توان به آلودگی‌های میکروبی اشاره نمود که علاوه بر آلوده نمودن خود آبزیان و به مخاطره انداختن شرایط اکولوژیک زیستگاه‌های آنها و ایجاد خسارت‌های مالی، انتقال این آلودگی‌ها به جوامع مصرف کننده و به تبع آن شیوع بیماری‌های مختلف دارای اهمیت بالایی از لحاظ بهداشتی می‌باشد (Naderi *et al*., 2003).

پرورش ماهی در قفس باعث کاهش قیمت تمام شده محصولات تولیدی شود و به عنوان یکی از پروژه های مهم در ردیف پروژه های اقتصاد مقاومتی قرار دارد و در همین راستا در برنامه ششم توسعه، پرورش ۲۰۰ هزار تن آبزی تحت عنوان ماهی درقفس در سیاست های آبزی پروری کشور تعهد شده است. مناطق مورد نظر برای انجام این نوع پرورش، استان‌های مجاور دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان بوده اما با در نظر گرفتن میزان تقاضا و اهمیت توسعه تولید دریاچه سدهای غیر آب شرب استان‌های غیر ساحلی نیز مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی توسعه تولید و صادرات آبزیان می‌تواند اثرگذاری بالایی در اشتغالزایی داشته باشد به طوری که به ازای هر ۱۷ تن تولید ۳ نفر اشتغال مستقیم و ۳ نفر با احتساب زنجیره پیش و پس از تولید خواهد داشت. سد حسنلو در ۲۲ کیلومتری شهرستان نقده در آذربایجان‌غربی، سالانه ۹۴ میلیون متر مکعب آب را تنظیم می‌نماید و با اجرای شبکه آبیاری و زهکشی آن، علاوه بر تأمین آب کشاورزی اراضی منطقه، جاذبه‌های گردشگری منطقه را افزایش داده و پرورش ماهی نیز در آن توسعه یافته است. سیستم طرح حسنلو شامل سد مخزنی برای ذخیره‌سازی آب رودخانه گدار، بند انحرافی نقده و کانال انتقال آب برای انحراف و انتقال آب به مخزن سد و زهکش اصلی دشت و شبکه آبیاری و زهکشی حسنلو است. زهکش اصلی حسنلو برای تخلیه روان‌آب‌های حوزه‌های مشرف به دشت و زه‌آب اراضی کشاورزی منطقه و تخلیه اضطراری آب سد حسنلو به دریاچه ارومیه طراحی و اجرا شده است. این سد با دریاچه‌ای به مساحتی در حدود ۱۲۰۰ هکتار در ۱۱ کیلومتری شمال شرقی و ۶ کیلومتری جنوب غربی دریاچه ارومیه و در دشت شمالی دهستان حسنلو واقع شده و یکی از مهمترین سدهای خاکی کشور به شمار می‌آید که مقدار ۱۰۰ میلیون متر مکعب آب را در خود جای داده و به طور متوسط ۱۴ متر عمق دارد و با ایجاد یک تعاونی صیادی، قایقرانی، احداث فضاهای سبز، جنگل کاری و ایجاد باغات میوه در زمین‌های اطراف آن از این سد بهره‌برداری جانبی می‌گردد (www.ncc.org.ir).

مطالعاتی در داخل کشور پیرامون امکان سنجی پرورش ماهی در قفس در محیط‌های آبی مختلف انجام شده است. برای نمونه، فارابی و همکاران (۱۳۹۳) با مطالعه منطقه جنوبی دریای خزر گزارش کردند که منطقه مرکزی در جنوب دریای خزر واقع در استان مازندران به عنوان بهترین مکان تعیین شد. این محققان اظهار داشتند که در استفاده از قفس شناور تا عمق ۲۰ متر بایستی از ماهیانی استفاده نمود که دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد را در طول تابستان تحمل کنند در غیر اینصورت باید از قفس غوطه‌ور و استقرار آن در عمق بیش‌تر از ۲۰ متر استفاده کرد (فارابی و همکاران، ۱۳۹۳). کریمیان و همکاران (۱۳۹۶) اثر پرورش ماهی قزل آلای زنگین کمان در قفس

شناور بر ساختار جمعیت زئوپلانکتونی منطقه عباس آباد در جنوب دریای خزر را مورد بررسی قرار دادند. این محققان گزارش کردند که فعالیت پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان در قفس در منطقه عباس آباد، به دلیل حرکات و جریانات آبی بر بعضی عوامل کیفی آب و غلظت مواد مغذی تأثیر نسبتاً جزئی داشته اما اثر قابل ملاحظه‌ای روی جوامع زئوپلانکتونی محیط اطراف قفس نداشت. به طوریکه، تغییرات مشاهده شده در ساختار زئوپلانکتونی بیشتر با تغییرات فصلی مرتبط بود (کریمیان و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین دریاچه‌ها و سدهای متعددی در داخل کشور به منظور احداث پرورش ماهی در قفس چه به صورت آزمایشی و یا در قالب طرح های تحقیقاتی و پژوهشی و یا با اهداف تجاری و تولیدی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (دریاچه پشت سد شهید قنبری ماکو، پشت سد کارون چهار، سد سیمره و ...)، اما گزارشات منتشر شده‌ای در این خصوص یافت نگردید.

با توجه به اهمیت آبزی پروری در بهبود وضعیت اقتصادی، اشتغال، امنیت غذایی جامعه و ...، در این مطالعه شاخص‌های آلودگی باکتریایی (تعیین میزان کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و میزان آلودگی به *E. coli*) آب دریاچه مخزنی حسنلو جهت امکان سنجی پرورش ماهی آن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، پس از جمع‌آوری اطلاعات پایه از دستگاه‌های ذی صلاح و تهیه مجوز برای نمونه‌برداری از سد حسنلو از سازمان آب استان آذربایجان غربی، آزمایشات مربوطه به شرح زیر انجام گردید:

فاز ۱ (پهنه‌بندی سد حسنلو): پهنه‌بندی سد حسنلو از لحاظ کیفیت آبی متغیر که بدین منظور سد حسنلو به ۵ منطقه نمونه‌برداری تقسیم شد: الف) ساحل جنوبی (روستاهای مجاور با حسنلو) ۳ ایستگاه (ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳)، ب) خروجی سد ایستگاه ۴، ج) ساحل شمالی (جاده مهاباد - ارومیه) ۳ ایستگاه (ایستگاه‌های ۵، ۶ و ۷)، د) وسط دریاچه (استقرار قفس‌های پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان) ایستگاه ۸، ه) ورودی رودخانه گدار (ایستگاه ۹).

فاز ۲ (آماده‌سازی و آزمایشات تشخیص میکروبی): پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه ابتدا با استفاده از سرم فیزیولوژی استریل از هر نمونه رقت‌های 10^{-1} ،10^{-2} و 10^{-3} تهیه و ترجیحاً از رقت 10^{-2} میزان ۱۰۰ میکرولیتر به هر پلیت محیط کشت منتقل و پس از پخش نمونه (روش pour plate)، پلیت‌های کشت در دمای ۳۷ °C- ۳۵ به مدت ۲۴-۱۸ ساعت انکوبه و سپس نسبت به شمارش پرگنه‌های باکتریایی اقدام شد. برای شمارش کلیفرم از محیط‌های کشت آگار (MacConkey agar) استفاده شد که ۴۸-۲۴ ساعت قبل از اخذ نمونه‌ها آماده شد (Gronewold and Wolpert, 2008؛ استاندارد ۷۲۲۵).

فاز ۳ (آزمایش بیشترین تعداد احتمالی (MPN)[1]): روش محاسبه بیشترین تعداد احتمالی باکتری در یک نمونه است، یعنی از طریق این آزمایش می‌توان تعداد باکتری‌ها را در سطحی کم محاسبه کرد. این آزمایش بیشتر برای نمونه‌های مایع بکار می‌رود. این آزمایش در ۳ مرحله انجام گرفت (Macfaddin, 2000؛ استاندارد ۳۷۲۵).

الف) مرحله احتمالی: در مرحله احتمالی چندین سری پنج تایی از لوله‌هایی که هر یک محتوی ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت لاکتوز براث هستند تهیه شد. سپس رقت‌های دهدهی یا سریال (Decimal series of dilutions) از نمونه با استفاده از محلول‌های رقیق کننده تهیه شد. از هر یک از این رقت‌های تهیه شده از نمونه مقدار ۱ میلی‌لیتر به هر یک از پنج لوله (یک سری لوله) از لوله‌های محیط کشت آماده شده تلقیح شده و پس از ۲۴ ساعت انکوبه‌گذاری لوله‌ها در دمای ۳۵±۲ °C، مشاهده کدورت و گاز نشان دهنده مثبت بودن هر یک از لوله‌ها بود و در صورتی که کدورت بدون گاز دیده شود این مرحله تا ۴۸ ساعت ادامه یافت (Macfaddin, 2000).

ب) مرحله تأییدی: در این آزمون یکی از آن لوله‌هایی که در آن‌ها واکنش مثبت بود را برداشته و یک آنس حلقوی استریل را در نمونه موجود در لوله فرو برده و تکان داده و

[1] Most Probable Number

در محیط کشت EMB (ائوزین متیلن بلو) به شکل زیگزاگ یا خطی کشت داده و سپس به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۳۵-۳۷ °C گرمخانه گذاری شد. پس از گذشت این زمان نتایج حاصله از آزمایش طبق معیار ذیل گزارش گردید (Macfaddin, 2000). ج) مرحله تکمیلی: برای انجام این آزمایش از تمام لوله‌های مثبت در آزمایش مرحله تاییدی، نمونه‌ها بر روی یک یا چند پلیت حاوی محیط کشت ENDO یا EMB (ائوزین متیلن بلوآگار) کشت داده، سپس محیط کشت داده شده را به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور در حرارت ۳۵ °C قرارداده و پس از این مدت کلنی‌های بدست آمده مورد مطالعه قرار گرفت (Macfaddin, 2000).

کلنی‌هایی که روی محیط کشت ENDO یا EMB رشد کرده‌اند، به سه دسته مشخص، نامشخص و منفی تقسیم شدند. کلنی‌های مشخص دارای مرکز سیاه با جلای فلزی بوده و کلنی‌های نامشخص بدون مرکز سیاه، موکوزی شکل، غیر شفاف و صورتی رنگ بوده و کلنی‌های منفی به سایر کلنی‌های با مشخصات دیگر اتلاق خواهد گردید. سپس از هر پلیت کشت داده شده، یک یا چند کلنی مشخص انتخاب نموده و در یک لوله محتوی آبگوشت لاکتوز دار و یک لوله محیط آگار شیب دار کشت داده سپس به مدت ۲۴ یا ۴۸ ساعت در دمای ۳۵ °C گرمخانه گذاری گردید. پیدایش گاز در لوله آبگوشت لاکتوز دار، به منزله مثبت بودن نتیجه آزمایش از نظر کلیفرم ها بود. برای تائید نهایی، از کلنی‌های رشد کرده بر روی لوله حاوی آگار شیبدار، اسلاید تهیه نموده و به روش گرم رنگ آمیزی شد. دیدن باسیل‌های گرم منفی بدون اسپور دلیل بر وجود کلیفرم‌ها و مثبت بودن نتیجه آزمایش بود (Macfaddin, 2000).

آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (The Environmental Protection Agency) EPA حد مجاز شاخص‌های باکتریولوژی برای کاربردهای مختلف را مورد بررسی قرار داده‌است که در جدول ۱ به آن اشاره شده است.

جدول ۱: حد مجاز شاخص‌های باکتریولوژی مورد بررسی برای اغلب کاربردها (EPA) (شهسواری پور و ساری، ۱۳۹۰)

Coliform (MPN/100ml)	*E. coli* (MPN/100ml)	کاربری
Coliform = 0	*E. coli* = 0	آب آشامیدنی، شرب احشام محصور شده و آب مورد استفاده در صنایع غذایی (بدون نیاز به تصفیه)
Coliform < 10	*E. coli* < 10	آب آشامیدنی، شرب احشام محصور شده و آب مورد استفاده در صنایع غذایی (فقط نیازمند ضد عفونی کردن)
Coliform ≤ 100	*E. coli* < 100	آب آشامیدنی، شرب احشام محصور شده و آب مورد استفاده در صنایع غذایی (نیازمند تصفیه مقدماتی)
Coliform ≤ 43	*E. coli* ≤ 43	پرورش صدف خوراکی و حیات آبزیان
Coliform ≤ 200	*E. coli* ≤ 77	آبیاری محصولاتی که خام مصرف می‌شوند و استفاده‌های تفریحی (تماس با آب) شنا، ورزش‌های آبی، SCUBA و شیرجه، ...
Coliform ≤ 1000	*E. coli* < 200	استفاده چهارپایانی که عموما در مزارع استفاده می‌شوند.
-	*E. coli* ≤ 385	آبیاری اماکن عمومی، چراگاه‌ها، استفاده‌های تفریحی (با تماس غیر مستقیم با آب)، صید و پرورش خرچنگ
-	*E. coli* ≤ 1000	آبیاری عمومی (general irrigation)
None applicable	None applicable	حیات وحش و آب آشامیدنی (با تصفیه کامل)

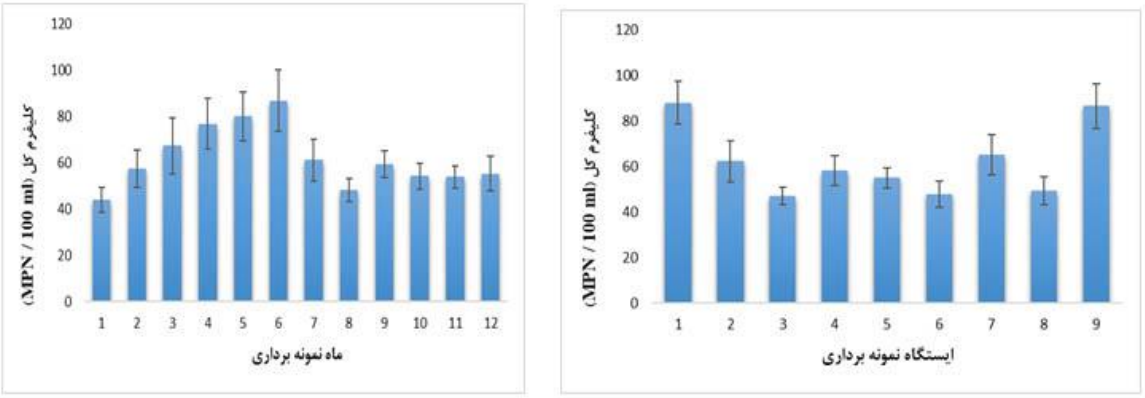
*در حداقل ۹۰ درصد نمونه‌های برداشت شده در یک دوره ۳۰ روز

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آنالیز آماری داده ها بوسیله نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ انجام گردید. جهت بررسی نرمال بودن داده ها از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون levene استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل، از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد. جهت بررسی تفاوت‌های بین میانگین‌ها در فصول مختلف و یا بین ایستگاه های مختلف از آزمون LSD استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد (Schoonjans, 2008).

نتایج

میانگین کلیفرم کل آب دریاچه سد حسنلو در هر ماه (میانگین تمامی ایستگاه‌ها) و نیز در هر ایستگاه (میانگین طی سال) به ترتیب در شکل ۱-الف و ۱-ب نشان داده شده است. کمترین میزان (خطای استاندارد± میانگین) کلیفرم کل **(MPN/100 ml)** در آب سد حسنلو در فرودین (۵/۳۶ ± ۴۳/۹۲) مشاهده شد و سپس تا شهریور روند افزایشی را نشان داد و بیشترین میزان این باکتری‌ها در شهریور (۱۳/۲۶ ± ۸۶/۸۵) مشاهده شد و در ادامه تعداد این باکتری‌ها کاهش یافت به طوریکه از مهر تا اسفند تقریبا مقدار مشابهی (در محدوده ۵/۰۷ ± ۴۸/۲۹ تا ۹/۰۴ ± ۶۱/۲۵) را داشتند. همچنین، بیشترین میزان کلیفرم کل در آب سد حسنلو در ایستگاه‌های نمونه برداری ۱ (۹/۵۸ ± ۸۸/۱۳) و ۹ (۹/۹۰ ± ۸۶/۶۲) مشاهده شد و کمترین میزان این باکتری‌ها در ایستگاه‌های ۳، ۶ و ۸ (حدود ۴۹-۴۷) رویت گردید. همچنین مقادیر مربوط به میزان این باکتریها به تفکیک هر ایستگاه طی ماه‌های مختلف سال نیز در جدول ۲ نشان داده شده است.

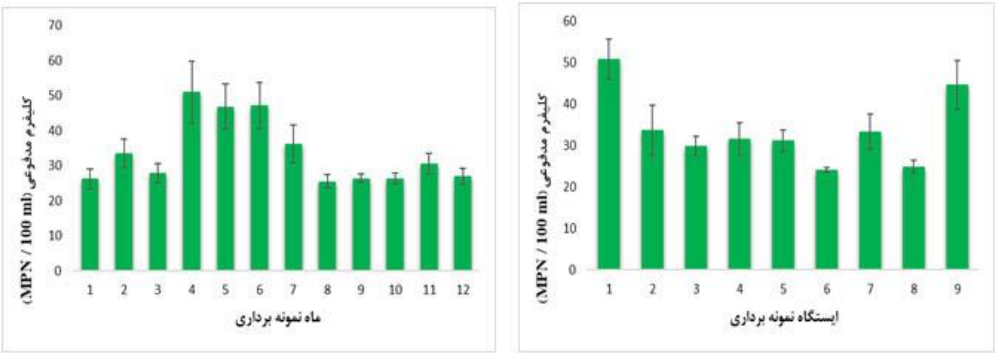


شکل ۱: تغییرات (خطای استاندارد± میانگین) کلیفرم کل سد حسنلو در ماه‌های مختلف (میانگین تمامی ایستگاهها) (الف) و در ایستگاه‌های مختلف (میانگین کل سال) (ب) نمونه برداری

جدول ۲: تغییرات (خطای استاندارد± میانگین) کلیفرم کل در آب دریاچه پشت سد حسنلو به تفکیک ایستگاه نمونه برداری و ماه

ماه‌ها	ایستگاههای مختلف								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
فروردین	۱۱۳/۶۶ ± ۳/۶۶	۳۲/۳۳ ± ۴/۷۰	۲۹/۶۶ ± ۴/۸۴	۳۹/۰۰ ± ۱۰/۲۱	۳۲/۲۳ ± ۴/۷۰	۳۶/۶۶ ± ۰/۶۶	۵۲/۶۶ ± ۳/۹۲	۴۲/۶۶ ± ۵/۶۰	۱۶/۳۳ ± ۱/۸۵
اردیبهشت	۸۲/۶۶ ± ۳۶/۸۶	۳۲/۳۳ ± ۴/۷۰	۳۸/۰۰ ± ۴/۵۶	۴۳/۶۶ ± ۳/۹۲	۶۹/۰۰ ± ۱۶/۴۴	۴۰/۶۶ ± ۱/۴۵	۳۳/۳۳ ± ۴/۷۰	۴۱/۰۰ ± ۱۲/۰۹	۱۴۰/۰۰ ± ۳۰/۰۰
خرداد	۶۵/۰۰ ± ۱۵/۸۸	۱۰۹/۰۰ ± ۶۶/۵۶	۶۲/۳۳ ± ۱۰/۶۸	۴۰/۰۰ ± ۹/۰۷	۳۲/۳۳ ± ۴/۷۰	۳۶/۶۶ ± ۰/۶۶	۱۰/۳۳ ± ۶۹/۹۶	۲۵/۰۰ ± ۲/۰۰	۱۳۶/۰۰ ± ۳۷/۱۶
تیر	۴۱/۶۶ ± ۱۱/۹۷	۱۲۲/۳۳ ± ۴۴/۶۲	۷۷/۰۰ ± ۲۴/۲۶	۲۸/۰۰ ± ۵/۰۰	۹۶/۶۶ ± ۲/۷۲	۳۴/۶۶ ± ۶/۰۰	۴۵/۳۳ ± ۱۵/۴۵	۱۱۲/۶۶ ± ۶۵/۴۱	۱۳۴/۳۳ ± ۲۰/۸۶
مرداد	۱۱۰/۳۳ ± ۰/۸۸	۵۷/۶۶ ± ۹/۳۳	۳۴/۶۶ ± ۶/۰۰	۱۵۱/۰۰ ± ۳۳/۷۷	۷۱/۰۰ ± ۱۸/۱۴	۴۱/۰۰ ± ۱۲/۰۹	۳۲/۳۳ ± ۴/۷۰	۵۳/۰۰ ± ۲۰/۸۱	۱۷۰/۳۳ ± ۱۹/۸۳
شهریور	۱۹۷/۶۶ ± ۵۷/۲۰	۳۴/۶۶ ± ۶/۰۰	۷۰/۳۳ ± ۱۴/۶۲	۷۲/۰۰ ± ۳/۰۰	۵۴/۶۶ ± ۲۲/۷۴	۱۰۰/۳۳ ± ۶۹/۹۶	۶۸/۰۰ ± ۱۶/۸۲	۵۱/۳۳ ± ۱۲/۰۰	۱۳۲/۶۶ ± ۳۱/۵۵
مهر	۸۴/۳۳ ± ۰/۳۳	۳۱/۶۶ ± ۵/۵۰	۳۱/۰۰ ± ۰/۵۷	۳۱/۳۳ ± ۲/۸۴	۴۷/۶۶ ± ۰/۶۶	۵۰/۰۰ ± ۲/۵۱	۱۷۷/۶۶ ± ۲۸/۱۰	۴۵/۰۰ ± ۴/۱۶	۵۲/۶۶ ± ۵/۳۶
آبان	۶۳/۳۳ ± ۲۸/۱۷	۳۳/۶۶ ± ۲/۸۴	۳۱/۶۶ ± ۳/۲۸	۲۶/۰۰ ± ۲/۰۰	۴۸/۳۳ ± ۵/۲۰	۵۸/۰۰ ± ۷/۲۳	۸۱/۳۳ ± ۲۴/۷۶	۳۴/۳۳ ± ۲/۴۰	۵۸/۰۰ ± ۱۲/۴۲
آذر	۴۹/۶۶ ± ۱۲/۱۲	۹۲/۶۶ ± ۴۵/۶۸	۴۹/۳۳ ± ۲/۹۶	۷۶/۶۶ ± ۱۲/۱۷	۴۱/۳۳ ± ۳/۸۴	۴۴/۳۳ ± ۳/۷۱	۵۶/۰۰ ± ۱۳/۵۷	۶۲/۶۶ ± ۱۶/۳۳	۶۱/۳۳ ± ۱/۲۰
دی	۳۸/۳۳ ± ۵/۸۱	۹۳/۶۶ ± ۳۴/۲۶	۵۹/۰۰ ± ۱۸/۵۰	۴۱/۳۳ ± ۸/۲۵	۸۲/۳۳ ± ۱۶/۵۸	۳۹/۳۳ ± ۴/۴۸	۴۹/۰۰ ± ۳/۴۶	۴۳/۶۶ ± ۵/۶۶	۴۲/۰۰ ± ۱۱/۰۰
بهمن	۸۱/۶۶ ± ۲/۱۸	۶۸/۳۳ ± ۲۴/۳۴	۳۰/۰۰ ± ۱/۵۲	۸۰/۰۰ ± ۱۲/۶۶	۵۳/۰۰ ± ۱۹/۵۰	۴۷/۶۶ ± ۰/۶۶	۴۷/۰۰ ± ۲/۰۰	۴۴/۰۰ ± ۳/۶۰	۳۳/۰۰ ± ۲/۳۰
اسفند	۱۲۹/۳۳ ± ۴۶/۸۴	۳۹/۶۶ ± ۴/۰۵	۵۳/۶۶ ± ۱۱/۰۹	۶۹/۶۶ ± ۱۲/۶۶	۳۱/۳۳ ± ۷/۱۲	۴۵/۳۳ ± ۵/۸۹	۴۰/۳۳ ± ۳/۹۲	۳۶/۳۳ ± ۱/۷۶	۵۱/۰۰ ± ۱۴/۰۰

شکل ۲- الف میانگین کلیفرم مدفوعی آب دریاچه سد حسنلو در هر ماه (میانگین تمامی ایستگاهها) و شکل ۲- ب میانگین مربوط به هر ایستگاه (میانگین طی سال) را نشان می دهد. بیشترین میزان باکتری‌های کلیفرم مدفوعی (MPN/100 ml) در آب سد حسنلو در تیر ماه (۸/۹۳ ± ۵۱/۰۳) مشاهده شد و سپس تا آبان (۱/۸۱ ± ۲۵/۵۵) روند کاهشی را نشان داد و در بقیه ماه‌ها روند تقریبا مشابه با آبان را نشان داد. همچنین، بیشترین میزان کلیفرم مدفوعی در آب سد حسنلو در ایستگاه‌های نمونه برداری ۱ (۴/۸۱ ± ۵۰/۹۷) و ۹ (۵/۸۲ ± ۴۴/۶۸) دیده شد و کمترین میزان این باکتری‌ها در ایستگاه‌های ۶ (۰/۶۵ ± ۲۴/۱۱) و ۸ (۱/۵۰ ± ۲۴/۹۴) رویت گردید. مقادیر مربوط به میزان این باکتریها به تفکیک هر ایستگاه طی ماه های مختلف سال نیز در جدول ۳ نشان داده شده است.

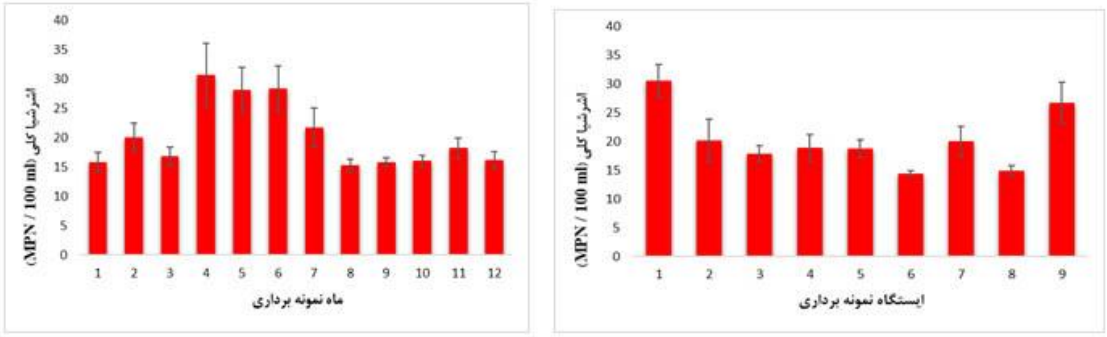


شکل ۲: تغییرات (خطای استاندارد± میانگین)کلیفرم مدفوعی سد حسنلو در ماه‌های مختلف (میانگین تمامی ایستگاهها) (الف) و در ایستگاه‌های مختلف (میانگین کل سال) (ب) نمونه برداری

جدول ۳: تغییرات (خطای استاندارد± میانگین) کلیفرم مدفوعی در آب دریاچه پشت سد حسنلو به تفکیک ایستگاه نمونه برداری و ماه

ماهها	ایستگاههای مختلف								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
فروردین	۶۰/۰۰ ± ۳/۲۱	۱۳/۰۰ ± ۱/۰۰	۱۹/۳۳ ± ۳/۱۷	۲۷/۰۰ ± ۵/۵۶	۳۲/۳۳ ± ۴/۷۰	۲۱/۶۶ ± ۰/۸۸	۲۶/۰۰ ± ۲/۶۴	۲۵/۰۰ ± ۰/۵۷	۱۲/۰۰ ± ۲/۵۱
اردیبهشت	۵۹/۰۰ ± ۱۰/۹۶	۹/۰۰ ± ۲/۵۱	۲۴/۶۶ ± ۲/۳۳	۲۸/۰۰ ± ۵/۰۰	۲۷/۳۳ ± ۲/۰۲	۲۶/۰۰ ± ۱/۵۲	۲۴/۰۰ ± ۳/۵۱	۳۰/۶۶ ± ۴/۸۴	۷۲/۶۶ ± ۲۲/۳۰
خرداد	۳۴/۶۶ ± ۶/۰۰	۱۹/۰۰ ± ۲/۳۳	۲۷/۰۰ ± ۴/۵۸	۲۱/۶۶ ± ۰/۸۸	۳۰/۰۰ ± ۴/۳۵	۲۳/۳۳ ± ۰/۸۸	۴۳/۰۰ ± ۲۰/۹۵	۱۸/۳۳ ± ۱/۶۶	۳۴/۰۰ ± ۷/۰۰
تیر	۳۲/۳۳ ± ۴/۷۰	۱۱۳/۶۶ ± ۵۰/۷۱	۵۳/۶۶ ± ۱۰/۶۶	۲۷/۰۰ ± ۵/۵۶	۳۲/۳۳ ± ۴/۷۰	۱۹/۳۳ ± ۰/۸۸	۱۸/۳۳ ± ۲/۱۸	۴۱/۶۶ ± ۱۳/۲۸	۱۲۱/۰۰ ± ۱۶/۴۶
مرداد	۷۱/۰۰ ± ۱۲/۱۲	۵۱/۰۰ ± ۱۲/۲۲	۳۴/۶۶ ± ۶/۰۰	۷۹/۰۰ ± ۳۷/۴۲	۷۰/۳۳ ± ۱۴/۶۲	۱۹/۶۶ ± ۰/۳۳	۱۳/۶۶ ± ۰/۸۸	۱۹/۰۰ ± ۴/۳۵	۶۳/۳۳ ± ۱۵/۳۰
شهریور	۱۱۸/۳۳ ± ۲۰/۹۹	۲۸/۰۰ ± ۵/۰۰	۵۱/۳۳ ± ۱۲/۰۰	۴۱/۰۰ ± ۱۲/۰۹	۲۶/۰۰ ± ۸/۶۲	۲۵/۰۰ ± ۰/۵۷	۳۲/۰۰ ± ۵/۶۸	۲۷/۰۰ ± ۴/۰۴	۷۶/۰۰ ± ۱۷/۵۰
مهر	۶۱/۰۰ ± ۳/۶۰	۱۶/۰۰ ± ۲/۶۴	۲۱/۰۰ ± ۰/۵۷	۱۷/۳۳ ± ۳/۳۸	۲۷/۶۶ ± ۰/۸۸	۲۷/۰۰ ± ۳/۰۵	۱۰۵/۰۰ ± ۱۰/۴۰	۲۷/۶۶ ± ۰/۶۶	۲۳/۶۶ ± ۰/۸۸
آبان	۳۳/۶۶ ± ۸/۶۶	۲۰/۰۰ ± ۳/۲۱	۲۱/۰۰ ± ۰/۵۷	۱۴/۳۳ ± ۱/۴۵	۲۶/۰۰ ± ۰/۵۷	۲۹/۳۳ ± ۲/۱۸	۳۷/۳۳ ± ۹/۲۰	۲۳/۶۶ ± ۱/۸۵	۲۴/۶۶ ± ۱/۴۵
آذر	۲۲/۰۰ ± ۲/۸۸	۲۴/۳۳ ± ۵/۳۶	۲۶/۶۶ ± ۱/۲۰	۳۲/۳۳ ± ۷/۳۵	۲۵/۶۶ ± ۲/۰۲	۲۲/۶۶ ± ۱/۲۰	۲۹/۳۳ ± ۴/۳۳	۲۲/۶۶ ± ۱/۷۶	۳۲/۰۰ ± ۲/۰۸
دی	۲۲/۶۶ ± ۲/۷۲	۳۶/۳۳ ± ۸/۸۷	۳۲/۳۳ ± ۰/۶۶	۲۰/۳۳ ± ۳/۵۲	۳۴/۶۶ ± ۳/۳۸	۲۶/۶۶ ± ۴/۱۷	۲۴/۳۳ ± ۳/۳۳	۲۱/۰۰ ± ۰/۵۷	۲۱/۶۶ ± ۱/۲۰
بهمن	۴۳/۳۳ ± ۱/۷۶	۴۸/۶۶ ± ۲۱/۷۸	۲۱/۰۰ ± ۴/۰۰	۴۰/۳۳ ± ۴/۳۷	۲۶/۳۳ ± ۴/۰۵	۲۵/۰۰ ± ۱/۵۲	۲۵/۰۰ ± ۱/۱۵	۲۲/۶۶ ± ۱/۳۲	۲۳/۰۰ ± ۲/۰۸
اسفند	۵۳/۶۶ ± ۸/۶۶	۲۵/۳۳ ± ۲/۷۲	۲۵/۶۶ ± ۳/۲۱	۳۰/۳۳ ± ۴/۴۸	۱۵/۳۳ ± ۲/۶۰	۲۳/۶۶ ± ۱/۲۰	۲۳/۰۰ ± ۲/۵۱	۲۰/۰۰ ± ۰/۰۰	۲۶/۰۰ ± ۱/۰۰

میانگین تعداد باکتریهای *E. coli* آب دریاچه سد حسنلو در هر ماه (میانگین تمامی ایستگاه‌ها) در شکل ۳-الف نشان داده شده است و شکل ۳-ب میانگین مربوط به تعداد این باکتریها در هر ایستگاه (میانگین طی سال) را نشان می دهد. نتایج بررسی میانگین تعداد باکتری‌های *E. coli* در آب دریاچه سد حسنلو نشان داد که بیشترین این باکتری‌ها در تیر ماه (۵/۳۵ ± ۳۰/۷۴) مشاهده شد و سپس تا آبان ماه (۱/۰۹ ± ۱۵/۲۹) روند کاهشی را نشان داد. در بقیه ماه‌های سال میزان باکتری‌ها تقریبا ثابت و مشابه با آبان بود. همچنین، بیشترین میزان باکتری‌های *E. coli* در ایستگاه ۱ (۲/۸۸ ± ۳۰/۶۱) دیده شد که در ادامه تا ایستگاه ۳ (۱/۳۷ ± ۱۷/۹۷) روند کاهشی در تعداد این باکتری نشان داده شد و بقیه ایستگاه‌های ۴ تا ۸ تعداد باکتری تقریبا مشابهی با ایستگاه ۳ را داشتند با این وجود کمترین تعداد این باکتری‌ها مربوط به ایستگاه ۶ (۰/۴۰ ± ۱۴/۴۷) بود. ایستگاه ۹ (۳/۵۰ ± ۲۶/۸۰) تعداد باکتری‌های بیشتری در مقایسه با ایستگاه‌های ۲-۸ را نشان داد و تقریبا عدد مربوطه نزدیک به ایستگاه ۱ بود. همچنین مقادیر مربوط به میزان این باکتریها به تفکیک هر ایستگاه طی ماه های مختلف سال نیز در جدول ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳: تغییرات (خطای استاندارد± میانگین) باکتری *E. coli* آب سد حسنلو در ماه‌های مختلف (میانگین تمامی ایستگاهها) (الف) و در ایستگاه‌های مختلف (میانگین تمامی ایستگاهها) (ب) نمونه برداری

جدول ۴: تغییرات (خطای استاندارد± میانگین) باکتری *E. coli* در آب دریاچه پشت سد حسنلو به تفکیک ایستگاه نمونه برداری و ماه

	ایستگاههای مختلف								
ماه ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
فروردین	۳۶/۰۰ ± ۲/۰۸	۷/۶۶ ± ۰/۶۶	۱۱/۶۶ ± ۱/۸۵	۱۶/۳۳ ± ۳/۳۸	۱۹/۶۶ ± ۲/۸۴	۱۳/۰۰ ± ۰/۵۷	۱۵/۶۶ ± ۱/۴۵	۱۵/۰۰ ± ۰/۵۷	۷/۰۰ ± ۱/۵۲
اردیبهشت	۳۵/۳۳ ± ۶/۴۸	۵/۳۳ ± ۱/۳۳	۱۴/۶۶ ± ۱/۲۰	۱۷/۰۰ ± ۳/۰۰	۱۶/۳۳ ± ۱/۴۵	۱۵/۳۳ ± ۰/۸۸	۱۴/۶۶ ± ۲/۱۸	۱۸/۶۶ ± ۲/۸۴	۴۳/۶۶ ± ۷/۷۵
خرداد	۲۱/۰۰ ± ۳/۶۰	۱۱/۶۶ ± ۱/۴۵	۱۶/۳۳ ± ۲/۸۴	۱۲/۰۰ ± ۰/۵۷	۱۸/۰۰ ± ۲/۶۴	۱۴/۰۰ ± ۰/۵۷	۲۵/۶۶ ± ۱۲/۴۴	۱۱/۰۰ ± ۱/۰۰	۲۰/۶۶ ± ۴/۰۹
تیر	۱۹/۶۶ ± ۲/۸۴	۶۸/۳۳ ± ۳۰/۳۶	۳۲/۳۳ ± ۶/۳۳	۱۶/۳۳ ± ۳/۳۸	۱۹/۶۶ ± ۲/۸۴	۱۱/۶۶ ± ۰/۶۶	۱۱/۰۰ ± ۱/۵۲	۲۵/۰۰ ± ۸/۰۸	۷۲/۶۶ ± ۹/۸۲
مرداد	۴۲/۶۶ ± ۷/۲۱	۳۰/۶۶ ± ۷/۳۱	۲۱/۰۰ ± ۳/۶۰	۴۷/۳۳ ± ۲۲/۴۳	۴۲/۳۳ ± ۸/۷۶	۱۱/۶۶ ± ۰/۳۳	۸/۰۰ ± ۰/۵۷	۱۱/۶۶ ± ۲/۶۰	۳۸/۰۰ ± ۹/۲۹
شهریور	۷۱/۰۰ ± ۱۲/۵۸	۱۷/۰۰ ± ۳/۰۰	۳۱/۰۰ ± ۷/۰۹	۲۴/۶۶ ± ۷/۰۵	۱۵/۶۶ ± ۵/۲۳	۱۵/۰۰ ± ۰/۵۷	۱۹/۳۳ ± ۳/۲۸	۱۶/۰۰ ± ۲/۵۱	۴۵/۶۶ ± ۱۰/۳۳
مهر	۳۶/۶۶ ± ۲/۴۰	۹/۶۶ ± ۱/۷۶	۱۲/۶۶ ± ۰/۳۳	۱۰/۳۳ ± ۱/۸۵	۱۶/۶۶ ± ۰/۳۳	۱۶/۳۳ ± ۱/۸۵	۶۳/۰۰ ± ۶/۲۴	۱۶/۳۳ ± ۰/۳۳	۱۴/۰۰ ± ۰/۵۷
آبان	۲۰/۰۰ ± ۵/۱۹	۱۲/۰۰ ± ۲/۰۸	۱۲/۶۶ ± ۰/۳۳	۸/۳۳ ± ۰/۸۸	۱۵/۶۶ ± ۰/۳۳	۱۷/۶۶ ± ۱/۳۳	۲۲/۳۳ ± ۵/۶۰	۱۴/۳۳ ± ۱/۲۰	۱۴/۶۶ ± ۰/۸۸
آذر	۱۳/۰۰ ± ۱/۷۳	۱۴/۶۶ ± ۳/۱۷	۱۶/۰۰ ± ۰/۵۷	۱۹/۳۳ ± ۴/۳۷	۱۵/۳۳ ± ۱/۲۰	۱۳/۶۶ ± ۰/۶۶	۱۷/۳۳ ± ۲/۶۰	۱۳/۳۳ ± ۱/۲۰	۱۹/۳۳ ± ۱/۴۵
دی	۱۳/۶۶ ± ۱/۷۶	۲۱/۶۶ ± ۵/۱۷	۱۹/۶۶ ± ۰/۳۳	۱۲/۰۰ ± ۲/۰۸	۲۰/۶۶ ± ۱/۸۵	۱۶/۰۰ ± ۲/۵۱	۱۵/۰۰ ± ۲/۰۰	۱۲/۶۶ ± ۰/۳۳	۱۳/۰۰ ± ۰/۵۷
بهمن	۲۶/۰۰ ± ۱/۱۵	۲۹/۳۳ ± ۱۲/۹۱	۱۲/۳۳ ± ۲/۳۳	۲۴/۰۰ ± ۲/۵۱	۱۵/۶۶ ± ۲/۶۰	۱۵/۰۰ ± ۱/۰۰	۱۵/۰۰ ± ۰/۵۷	۱۳/۳۳ ± ۰/۶۶	۱۳/۶۶ ± ۱/۲۰
اسفند	۳۲/۳۳ ± ۵/۳۳	۱۵/۰۰ ± ۱/۵۲	۱۵/۳۳ ± ۱/۲۰	۱۸/۰۰ ± ۴/۵۸	۱۵/۶۶ ± ۲/۶۰	۱۴/۳۳ ± ۰/۸۸	۱۴/۰۰ ± ۱/۵۲	۱۲/۰۰ ± ۰/۰۰	۱۵/۵۰ ± ۰/۷۰

نتایج مربوط به امکان یا عدم امکان پذیر بودن بهره برداری از آب دریاچه سد حسنلو بر اساس حد مجاز شاخص های باکتریولوژی مورد بررسی، برای ۳ گروه کاربری معین، در جدول شماره ۵ مشخص شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، آب سد دریاچه حسنلو از نظر شاخص باکتری‌های مورد مطالعه برای کاربری‌های گروه ۱ (پرورش صدف خوراکی و حیات آبزیان)، گروه ۲ (آبیاری محصولاتی که خام مصرف می شوند و استفاده های تفریحی همراه با تماس مستقیم با آب (شنا، شیرجه و...)) و گروه ۳ (آبیاری اماکن عمومی، چراگاه ها، استفاده تفریحی بدون تماس مستقیم با آب (قایق سواری و...)، صید و پرورش شاه میگوی آب شیرین) مناسب تشخیص داده شد.

جدول ۵: حد مجاز شاخص میکروبی آب سد برای کاربری‌های مختلف

نام سد	کاربری گروه ۱	کاربری گروه ۲	کاربری گروه ۳
حسنلو	b	a	a

* راهنمای شرح جدول:
گروه ۱: پرورش صدف خوراکی و حیات آبزیان
گروه ۲: آبیاری محصولاتی که خام مصرف می شوند و استفاده های تفریحی همراه با تماس مستقیم با آب (شنا، شیرجه و...)
گروه ۳: آبیاری اماکن عمومی، چراگاه ها، استفاده تفریحی بدون تماس مستقیم با آب (قایق سواری و...)، صید و پرورش شاه میگوی آب شیرین
a: مناسب برای کاربری / b: نا مناسب برای کاربری

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مقدار بار میکروبی (کلیفرم کل، مدفوعی و نیز تعداد باکتری *E. coli*) در ایستگاه‌های بالا دست یعنی ایستگاه شماره ۹ (ورودی رودخانه) و ایستگاه شماره ۱ (مناطق روستایی) بیشتر از ایستگاه‌های میانه و تاج سد مخزنی حسنلو بود. در طی مدت بررسی شاخص‌های باکتریایی مورد مطالعه در فصل تابستان به طور معنی داری بیشتر از سایر فصول بود. همراستا با نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه Agarwal و Govind (۲۰۱۰) در بررسی فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژی دریاچه سد Tehri در کشور هند، حداکثر تعداد کلیفرم کل، کلیفرم گرماپای و تعداد کل باکتری‌ها در فصل تابستان و حداقل آن در زمستان مشاهده شد، که این نتایج با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. تحقیقات Buckalew و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داد که مقدار *E. coli* در ماه‌های سرد کاهش می‌یابد، که همانطور که اشاره شد نتایج تحقیق حاضر نیز گویای همین مورد بود. ملازاده (۱۳۸۴) نیز تعیین کلاسه کیفی آب رودخانه هراز با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف را انجام داد و گزارش کرد که با افزایش درجه حرارت، محیط مناسبی جهت رشد کلیفرم‌ها ایجاد می‌گردد، در نتیجه فعالیت‌های متابولیسمی افزایش می‌یابد و با افزایش دمای آب، حلالیت اکسیژن نیز کم می‌گردد. این نتایج با بالا بودن میزان آلودگی کلیفرمی در فصول گرم در مطالعه حاضر نیز مطابقت دارد. صفائیان (۱۳۸۴) گزارش کرده است که میزان بیوماس و تعداد کلی باکتری‌ها در رودخانه‌ها به درجه حرارت بستگی دارد. به طوری که در رودخانه نسبتاً آلوده البی در کشور آلمان در فصل تابستان بیشترین میزان آلودگی کلیفرمی گزارش شده است. نتایج بدست آمده مطالعات مذکور در تمامی سدها با نتایج بدست آمده تحقیق حاضر مطابقت دارد. به گزارش کرباسی و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی تعداد کلیفرم طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲ نیز مشخص شد که آب رودخانه هراز در طبقه آب‌های با آلودگی میکروبی قرار گرفته است که در نهایت متذکر شد که مدیریت بهینه و کنترل آلودگی رودخانه هراز نیازمند جلوگیری از ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی و کشاورزی به رودخانه می باشد. مغربی و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی آلودگی میکروبی رودخانه جاجرود و نقش عوامل تولیدکننده آن پرداختند. با بررسی نسبت باکتری کلیفرم مدفوعی مشخص گردیدکه تاثیر فاضلاب انسانی بر روی آلودگی میکروبی رودخانه جاجرود به مراتب بیشتر از فضولات حیوانی می‌باشد. با تحلیل‌های بیشتر روی فرآیندهای موثر در تولید آلودگی میکروبی رودخانه، این طور به نظر می رسد که دو عامل نشت فاضلاب از چاه‌های جذبی کنار رودخانه و دفع مستقیم فضولات توسط دام حین عبور از رودخانه و سرشاخه های آن و همچنین ورود کودهای حیوانی به رودخانه بیشترین نقش را در این بین داشته باشند. نتایج مطالعه حاضر مبنی بر آلودگی بالاتر باکتریایی در محل ورودی آب رودخانه به دریاچه، همسو با نتایج مطالعات فوق می باشد. همچنین سد حسنلو نیز در محدوده عبور و مرور گله های دامی پر جمعیت و ییلاق و قشلاق کوچ دامداران منطقه بوده و حضور دائمی احشام در حاشیه این سدها همیشه مشهود می باشد که با نتایج تحقیق ذکر شده در فصول کوچ و استقرار اواخر بهار و کل تابستان مطابقت را نشان می دهد.

تحقیقات Kim و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان داد که میزان *E. coli* در ماه‌های مرطوب ۷ برابر بیشتر از ماه‌های کم باران می باشد (Kim *et al.*, 2005). کاهش مقدار *E. coli* در فصول کم بارش به دلیل کم شدن میزان بارندگی، کاهش رواناب و کاهش ذرات معلق در آب رودخانه می باشد. در مطالعات متعدد دیگری نیز ارتباط مثبت و معنی‌داری بین میزان بارندگی و رواناب ناشی از آن با افزایش میزان بار آلودگی باکتریایی آب‌های سطحی گزارش شده است (یعقوب زاده و همکاران، ۱۳۹۷). در مطالعه حاضر با توجه به اینکه در اواخر فصل زمستان و اوایل بهار بارندگی در منابع استقرار یافته تحقیق شده بیشترین نزولات را دارد لذا بار آلودگی کلیفرمی از اوایل بهار تا تابستان افزایشی بوده و با نتایج تحقیقات ذکر شده

مطابقت نشان می دهد و می تواند یکی از عوامل افزایش بار آلودگی در این منابع در فصول بارندگی محسوب گردد. خطیب حقیقی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی میزان آلودگی به باکتری‌های گرم منفی برخی از مناطق تالاب بندر انزلی بر اساس مجاورت مناطق مسکونی و کشاورزی، رودخانه‌های ورودی و رودگاهای خروجی گزارش کردند که بیشترین میزان میانگین آلودگی کلیفرمی و بیشترین میانگین آلودگی کلیفرم مدفوعی در تابستان تعلق داشت. نتایج تحقیق حاضر نیز افزایش آلودگی میکروبی در حسنلو را در فصل تابستان نشان داد که با مطالعه ذکر شده مطابقت دارد. بالا رفتن دما و کاهش حجم آب در تابستان و در پاییز بارندگی شدید همراه با شستشوی خاک و طغیانی شدن رودخانه‌ها و تخلیه فاضلاب‌های سطحی از عوامل مهم در افزایش آلودگی این فصل نسبت به زمستان بوده است. خطیب حقیقی و همکاران در سال ۱۳۸۷ میزان آلودگی کلیفرمی رودخانه شفارود در غرب استان گیلان را به روش استاندارد MPN مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که بیشترین میزان آلودگی در منطقه مصب و لایه رسوب رودخانه بوده است که با نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر که بیشترین میزان باکتری‌ها در ایستگاه های نمونه برداری واقع در مصب سد حسنلو بود، مطابقت دارد. خطیب حقیقی در سال ۱۳۸۶، با مطالعه آلودگی کلیفرمی حوضه جنوب غربی دریای خزر استان گیلان (از آستارا تا چابکسر) به روش MPN مشاهده کرد که بیشترین میزان آلودگی در مناطق کم عمق بود و مناطق با عمق زیاد از آلودگی کمتری برخوردار بودند. در مطالعه حاضر نیز سد مورد مطالعه (سد حسنلو) عمق کمی داشت، با این وجود در این سد کمترین میزان کلیفرم کل در ایستگاههای ۳، ۶ و ۸ (جنوب دریاچه و عمیق) و بیشترین میزان در ایستگاه های ۹ و ۱ (محل ورودی رودخانه و ساحل کاربری انسانی و محل عبور احشام) بود که عمق کمتری نیز داشتند.

براساس جدول ۱ شاخص کلیفرم کل (MPN/100ml) برای پرورش صدف و حیات آبزیان کمتر از ۴۳ و برای صید و پرورش شاه میگوی آب شیرین کمتر از ۳۸۵ می‌باشد (شهسواری پور و ساری، ۱۳۹۰). در مطالعه حاضر، کمترین میانگین (± خطای استاندارد) کلیفرم کل (MPN/100ml) (میانگین تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری) در سد حسنلو نقده در طول سال تحقیق در فرودین ۵/۳۶ ± ۴۳/۹۲ و بیشترین در شهریور ۱۳/۲۶ ± ۸۶/۸۵؛ کلیفرم مدفوعی (MPN/100ml) کمترین در آبان ۱/۸۱ ± ۲۵/۵۵ و بیشترین در تیر ماه ۸/۹۳ ± ۵۱/۰۳ مشاهده شد. به عبارت دیگر، در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری حداقل طی چند ماه سال میزان این باکتری‌ها بالاتر از حد آستانه پیشنهاد شده توسط EPA برای احداث پرورش ماهی در قفس بود. لذا می‌توان گفت که آب سد دریاچه حسنلو از نظر شاخص باکتری‌های مورد مطالعه برای کاربری‌های گروه ۲ (آبیاری محصولاتی که خام مصرف می شوند و استفاده‌های تفریحی همراه با تماس مستقیم با آب (شنا، شیرجه و...)) و گروه ۳ (آبیاری اماکن عمومی، چراگاه‌ها، استفاده تفریحی بدون تماس مستقیم با آب (قایق سواری و...)، صید و پرورش شاه میگوی آب شیرین مناسب تشخیص داده شد، اما برای کاربری گروه ۱ (پرورش صدف خوراکی و حیات آبزیان) نامناسب تشخیص داده شد. سد حسنلو با توجه به عمق کم که در حداکثر به ۱۲متر و در حداقل به ۲ متر می رسد در فصل تابستان با افزایش دما فراتر از $^{\circ}C$ ۴۰ مواجه است و در این فصل نقطه بحرانی برای پرورش ماهی در قفس محسوب می‌شود. Karnatak و Kumar (۲۰۱۴) پتانسیل پرورش ماهی در قفس را در سدهای هندوستان مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که پرورش ماهی در قفس را باید به عنوان فرصتی برای استفاده از سدهای موجود با پتانسیل تولید بالا جهت افزایش تولید از آبهای داخلی و پاسخی برای افزایش تقاضا برای پروتئین جانوری مد نظر قرار داد. لیکن تاثیر کیفی شخص‌های فیزیکی و شیمیایی و میکروبی قبل از هر گونه توسعه در این بخش باید مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. Natarajan و همکاران (۱۹۸۳) یکی از عوامل مهم توسعه و تولید ماهی به روش قفس و پن در منابع آبی را رعایت موازین زیست محیطی و کنترل آلاینده‌ها و

تاثیرگذاری مستقیم آلودگی‌های میکروبی در آن ذکر کرده‌اند. Praveen و همکاران (۲۰۰۸) کیفیت آب سد حلالی را در استان بوپان هند در ارتباط با پرورش ماهی در قفس را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از مواد و روش‌های بومی می‌تواند میزان بازده تولید را افزایش دهد و تکنولوژی آن دوست‌دار محیط زیست است. تحقیق Ghayour Kazemi و Piadeh (2010) در بررسی کلیفرم کل، کلیفرم گرماپای در مخزن آب سد شیروان گزارش کردند که آب جمع‌آوری شده در پشت سد می‌تواند بدون هیچ گونه تصفیه‌ای جهت تأمین آب کشاورزی و آبیاری نیز مورد استفاده قرار گیرد.

بر اساس یافته‌های باکتریولوژی بدست آمده از سد حسنلو به استناد کاربری بر اساس شاخص‌های مندرج در جدول ۱، این سد برای آبیاری محصولاتی که خام مصرف می‌شوند، استفاده تفریحی همراه با تماس با آب (شنا، شیرجه و ...) آبیاری اماکن عمومی، چراگاه‌ها، استفاده تفریحی بدون تماس مستقیم با آب (قایق سواری و...) و پرورش آبزیانی مانند شاه میگوی آب شیرین می‌توانند مناسب باشند اما برای پرورش ماهی در قفس در محدوده آستانه عدم احراز شرایط کیفی مربوطه قرار داشت که با ادغام و جمع‌بندی سایر شاخص‌های شیلاتی قابلیت تصمیم‌گیری لازم را خواهد داشت. لذا پیشنهاد می‌شود برنامه‌های مدیریتی و نظارتی با همکاری تمام دستگاه‌ها مربوطه جهت ممانعت و یا کاهش ورود انواع آلاینده‌ها به این آب‌ها اتخاذ گردد تا بتوان در آینده از پتانسیل بالقوه سد حسنلو در جهت توسعه تولید سایر آبزیان در این حوزه در جهت کاهش تلاش صیادی در بدنه‌های آبی کشور و تولید پایدار و اشتغالزایی در منطقه بهره برد.

توصیه ترویجی

مطالعه حاضر نشان داد که در سد حسنلو در صورتی که سایر عوامل زیستی و غیر زیستی در محدوده زیست اقتصادی ماهیان پرورشی باشد، بدون هیچ‌گونه تصفیه، آب این سد جهت تامین آب کشاورزی و نیز برای بهره‌برداری‌های شیلاتی نظیر صید و پرورش شاه میگوی آب شیرین مناسب است، اما در مورد پرورش صدف خوراکی و حیات آبزیان و پرورش ماهی در قفس بایستی احتیاط لازم را اتخاذ نمود. نتایج این مطالعه حاکی از این واقعیت دارد که آب موجود در سد حسنلو دارای آلودگی از لحاظ باکترهای کلیفرم در نقاط به خصوص بوده و شدت این آلودگی بستگی به عواملی مثل فصل، دمای آب، فعالیت‌های انسانی و نیز کاربری آب در آن ناحیه دارد. به طوری که در نواحی ورودی رودخانه‌ها و البته در نواحی که جهت شنا و قایق رانی از آن‌ها استفاده می‌شود در ماه‌های تابستانی آلودگی بالای کلیفرمی مشاهده می شود که باید مورد توجه دستگاه های مرتبط با اکوتوریسم باشد. پیشنهاد می‌شود که پایش مستمرآلودگی های میکروبی و شاخص های فیزیکی و شیمیایی آب سدهای مطالعه شده برای هدایت صید و صیادی پایدار، انتخاب عرصه‌های ایمن در دریاچه و اعلام به کاربران و بهره‌برداران به تناسب کاربری، رعایت اصول پدافند غیرعامل، آموزش بهره‌برداران در حاشیه سدها و ترویج روشهای کنترل و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و آشناسازی آنها با مخاطرات فعلی و عواقب آتی مورد نظر قرار گیرد. بدیهی است در صورت کاهش بار باکتریایی و نیز فراهم بودن سایر شرایط زیستی و غیر زیستی، می توان موارد زیر را مورد نظر قرار داد:

۱- پرورش ماهیان گرمابی (کپور ماهیان) به روش قفس با حداکثر ارتفاع سازه ۲ متر با رهاسازی ماهی با حداقل وزن ۲۵۰ گرم از فروردین ماه و برداشت با حداقل وزن ۱۰۰۰ – ۹۰۰ گرم در اواخر مهر ماه.

۲- پرورش ماهیان سردابی (قزل آلای رنگین کمان) به روش قفس با حداکثر ارتفاع سازه ۲ متری – رهاسازی ماهی با اوزان حداقل ۲۰۰ گرم از فروردین ماه و برداشت با حداقل وزنی ۵۰۰ گرم در پایان تیرماه.

۳- رهاسازی شاه میگوی آب شیرین با اوزان زیر ۲۰ گرم در دریاچه مخزنی حسنلو و پرورش به روش گسترده (super extensive) و بهره‌برداری مسئولانه بعد از ۳ سال از زمان رهاسازی بر حسب نتایج ارزیابی ذخایر با اوزان فقط بالای ۵۰ گرم.

تشکروقدردانی

از زحمات آقایان مهندس قریشی مدیریت شیلات و آبزیان استان آذربایجان غربی، دکتر نظری مدیر کل محترم حفاظت محیط زیست استان آذربایجان غربی، دکتر رضایی، دکتر لطفی، دکتر شفیع پور، مهندس سلیمی، مهندس شکارچی، مهندس نهالی، خانم مهندس صمدی و کلیه پرسنل مرکز تحقیقات آرتمیای کشور و پرسنل سازمان آب مستقر در سد حسنلو که در انجام این تحقیق ما را یاری کردند تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

منابع

خطیب حقیقی، س.، خداپرست، ح.. ۱۳۹۰. بررسی میزان آلودگی به باکتری های گرم منفی برخی از مناطق تالاب بندر انزلی. مجله علوم و فنون دریایی خرمشهر. دوره ۱۰، شماره ۳، صفحه ۵۷-۶۸.

خطیب حقیقی، س.، قانع، ا.، نهرور، م. ر.. ۱۳۸۷. بررسی آلودگی کلیفرمی رودخانه شفارود غرب استان گیلان. مجله شیلات ایران، دوره ۲، شماره ۱: صفحه ۶۱ – ۷۱.

خطیب حقیقی، س.. ۱۳۸۶. بررسی میزان آلودگی کلیفرمی حوضه جنوب غربی دریای خزر استان گیلان (آستارا تا چابکسر). فصلنامه علمی شیلات ایران. سال شانزدهم، شماره ۱، صفحه۱۷۸.

سایت رسمی سازمان نقشه برداری کشور www.ncc.org.ir.

شهسواری پور، ن.، اسماعیلی ساری، ع.. ۱۳۹۰. بررسی آلودگی میکروبی رودخانه هراز و تعیین کاربری های مجاز آب رودخانه با توجه به استانداردهای جهانی. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۳ (۴): ۸۱-۹۴.

صفائیان، ش.. ۱۳۸۴. میکروبیولوژی محیط‌های آبی. انتشارات احسن. ۲۳۹ صفحه.

فارابی، سید محمد وحید.، پورغلام، رضا.، آذری، عبدالحمید.. ۱۳۹۳. بررسی امکان پرورش ماهی در قفس در کرانه جنوبی دریای خزر با تاکید بر پارامترهای دما، شوری و اکسیژن محلول آب. مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر. ۸(۴): ۱۳-۲۲.

کرباسی، ع.، کلانتری، ف.. ۱۳۸۶. بررسی منابع آلاینده رودخانه هراز و ارایه راهکارهای مدیریتی جهت کنترل آن. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. سال نهم، شماره ۳ ،پیاپی ۳۴، ص ۶۱.

کریمیان، عرفان.، ذاکری، محمد.، فارابی، سید محمد وحید.، حقی، مهسا.، کوچنین، پریتا.. ۱۳۹۶. اثر پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس شناور بر ساختار جمعیت زئوپلانکتونی منطقه عباس آباد، در جنوب دریای خزر. نشریه توسعه آبزی پروری. سال یازدهم، شماره سوم، ۷۵-۹۴.

مغربی، م.، تجریشی، م.، جمشیدی، م.، ابریشمچی، ا.. ۱۳۸۷. بررسی آلودگی میکروبی رودخانه جاجرود و نقش عوامل تولید کننده. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.دانشگاه تبریز. تبریز ایران.

ملازاده، ن.. ۱۳۸۴. تعیین کلاسه کیفی آب رودخانه هراز با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف و پارامترهای فیزیکوشیمیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ۷۴ ص.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۲. جستجو و شناسایی کلی فرم ها در آب به روش وجود یا عدم وجود. استاندارد شماره ۷۲۲۵.

یعقوب زاده، ز.، صفری، ر.. ۱۳۹۷. بررسی آلودگی باکتریایی دریاچه سد آزاد سنندج استان کردستان در سال ۹۵-۱۳۹۴. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. دورهٔ چهارم، شمارهٔ اول، بهار ۱۳۹۷.

Agarwal, A. K., Rajwar, G. S.. 2010. Physico-chemical and microbiological study of Tehri dam reservoir, Garhwal Himalaya, India. Journal of American Science, 6(6): 65-71.

Buckalew, D. W., Hartman, L. J., Grimsley, G. A., Martin, A. E. and Register, K. M.. 2006. A long- term study comparing membrane

filtration with Colilert defined substrates in detection fecal coli forms and *Escherichia coli* in natural waters. Journal of Environmental Management, 80:191-197.

Ghayour Kazemi, M., Paideh, F.. 2010. Diagnosis and introduction of pathogens in reservoirs of dams. Research Institute for Food Science and Technology Khorasan Razavi.

Gronewold, A. D., and Wolpert, R. L.. 2008. Modeling the relationship between most probable number (MPN) and colony-forming unit (CFU) estimates of fecal coliform concentration. Water Research, 42(13), 3327-3334.

Karnatak, G., and Kumar, V.. 2014. Potential of cage aquaculture in Indian reservoirs. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 1(6), 108-112.

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

Macfaddin, J. F.. 2000. Biochemical tests for Identification of Medical Bacterial. 3ed., Lippincott Willams &Wilkins. 374 p.

Naderi, S. h., Shariat, M., Nadafi, K., Preacher, F.. 2003. Relationship between biological indices and water quality parameters in the distribution of drinking water in rural areas of Qazvin province.

Natarajan, P., Sundararaj, V., and Kuthalingam, M. D. K.. 1983. Review on cage and pen culture. http://eprints.cmfri.org.in/id/eprint/8486

Schoonjans, F.. 2008. MedCalc for windows. Software Manual. Mariakerke, Belgium: MEDCALC Software.

Praveen P, Mishra R. Water quality monitoring of Halali Reservoir WITH Reference to Cage Aquaculture as a Modern Tool for obtaining enhanced fish production. In: Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake conference. 2008, 318-324.

Studying of Some Bacterial Contamination Characteristics of Hassanlu Reservoir Lake for Fish Cage Culture

Nekuiefard A.[1*]; Khezri M. [1]; Seidgar M. [1]

[1]National Artemia Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Uromieh, Iran.

Abstract

Microbial contaminants entering the aquatic environments can endanger the health of swimmers, sailors, tourists, fishermen, fish cage culture personnel, as well as the production and quality of aquatic food. In the present study, some bacterial contamination characteristics of Hassanlu Reservoir Lake were investigated for fish cage culture monthly at different sites (stations 1, 2 and 3: the south shore of the lake / the villages adjacent to Hasanlu; station 4: the dam's exit; stations 5, 6 and 7: the north shore of the lake / the Mahabad-Urmia road; station 8: the middle of the lake where cage culture of rainbow trout were installed; and station 9: the mouth of the Godar River) during April 2017 to March 2018. The results showed an increase in total and fecal coliforms as well as *E. coli* contamination in seasons with higher temperature. The amount of microbial load in the upstream station – station 9- (river inlets) and also the station 1 (rural area) were greater than the middle and crown stations of the Hasanlu reservoir lake. The microbial indices of Hassanlou lake indicated that if other biological and non-biological factors are in the range of bio-economic life of cultured fish, it would be suitable for fisheries exploitation such as catching and culturing of narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*), however, caution should be exercised about culturing of edible oysters and aquatic life and cage culture. Therefore, it is suggested that management and monitoring programs be adopted with the cooperation of all relevant agencies to prevent or reduce the entry of various pollutants into these water bodies so that in the future the potential of Hasanlu Lake to develop other aquaculture production, and to reduce fishing pressure in water bodies as well as to help sustainable production and job creation in the region.

Keywords: Aquaculture, Cage culture, Environmental condition, Microbial quality, Hassanlu Reservoir Lake

*Corresponding author: a.nekoueifard@areeo.ac.ir