Archive of SID

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۸، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴
صفحات ۳۳۰-۳۲۱

وضعیت میکروبی آب‌های زیرزمینی حوضهٔ رودخانهٔ هراز استان مازندران

زهرا یعقوب‌زاده*، رضا صفری
مربی پژوهشی بخش بیوتکنولوژی آزمایشگاه میکروبیولوژی، پژوهشکدهٔ اکولوژی دریای خزر، ساری، مازندران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۲۳- تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۱/۶)

چکیده

رودخانهٔ هراز از دامنه‌های شمالی البرز مرکزی سرچشمه گرفته است و در یک درهٔ به‌نسبت پهن به طرف شمال جریان می‌یابد و در مسیر آن چندین روستا، محله، حداقل ۲۰ کارخانهٔ شن و ماسه و مزارع پرورش ماهی وجود دارد. علاوه بر آن با احداث رستوران‌ها و محل‌های استراحت برای مسافران به‌منزلهٔ تفرج‌گاه نیز استفاده می‌شود. این مطالعه به‌منظور بررسی آلودگی میکروبی کلیفرمی آب‌های زیرزمینی منطقهٔ رودخانهٔ هراز انجام گرفت. در این مطالعه ۶۰ نمونه آب‌های زیرزمینی رودخانهٔ هراز، از ۵ ایستگاه طی یک سال برداشته و در آن تعداد کل کلیفرم‌ها و کلیفرم مدفوعی ارزیابی شد. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین میانگین لگاریتم تعداد توتال کلیفرم‌های آب زیرزمینی به‌ترتیب متعلق به ایستگاه‌های آب‌اسک (۴/۰ CFU/100ml) و هلوم‌سر (۱/۹ CFU/100ml) بوده است. همچنین بیشترین و کمترین میانگین لگاریتم تعداد کلیفرم مدفوعی به‌ترتیب در ایستگاه آب‌اسک (۱/۲ CFU/100ml) و کلوده، هلوم‌سر و لاریجان (۱/۱CFU/100ml) تعیین شد. نتایج این بررسی نشان داد که آب‌های زیرزمینی رودخانهٔ هراز آلودگی میکروبی دارد و از نظر کیفیت در سطح پایین قرار دارد و برای شرب و مصارف انسانی مناسب نیست.

کلیدواژگان: آب‌های زیرزمینی، آلودگی میکروبی، رودخانهٔ هراز، کلیفرم.

* نویسندهٔ مسئول تلفن : ۰۱۱۳۳۴۶۲۴۹۹
Email: za_yaghoub@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

دسترسی به آب سالم، کافی و بهداشتی یک نیاز اساسی انسان است و برای تندرستی انسان ضروری است (United nations, 2006). در تمام دنیا و ازجمله کشور ما، آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین منابع تأمین آب مورد نیاز هستند. زندگی حدود یک سوم جمعیت جهان وابسته به آب‌های زیرزمینی است (Ministry of Energy Mazandaran regional water, 2011).

آنالیز آب برای بررسی عوامل پاتوژن زمان‌گیر و پرهزینه است، بنابراین یک گروه خاص از میکروب‌ها به‌منزلهٔ شاخص‌های میکروبی استفاده می‌شوند که نشان‌دهندهٔ حضور دیگر میکروب های بیماری‌زاست، این باکتری‌های روده‌ای به‌منزلهٔ بیوانديکاتورها[1] یا شاخص‌های زیستی شناخته شده‌اند. سردستهٔ این گروه از باکتری‌ها کلیفرم‌های روده‌ای و اشرشیاکلی‌ها هستند که بسیار مهم‌اند. این باکتری‌ها در رودهٔ حیوانات خونگرم در مقادیر زیاد وجود دارند و توسط همین حیوانات به محیط زیست منتقل می‌شوند علاوه بر این، کلیفرم‌های خارج از دستگاه گوارش نیز وجود دارد (Anderson, 2000; Environment Agency, 2002). توسعه و کاربرد بیوانديکاتورها از سال ۱۹۶۰ آغاز شد. طی سال‌ها، فهرست بیوانديکاتورها گسترش داده شدند تا در مطالعهٔ انواع محیط‌ها (ازقبیل آبی و خاکی) و برای استفادهٔ همهٔ گروه‌های رده‌بندی به کار گرفته شوند (Holt & Miller, 2011).

در دهه های اخیر عواملی همانند رشد جمعیت، فعالیت‌های صنعتی- اجتماعی، علاوه بر ایجاد مسائل زیست‌محیطی دیگر، در آلوده‌کردن آب‌های زیرزمینی نیز نقش مهمی داشته است. آلودگی آب‌های زیرزمینی ممکن است از آب‌هایی که به آن‌ها وارد می‌شود یا از منابع دوردست باشد. این آلودگی‌ها علاوه بر ایجاد مشکلاتی برای مردم، می‌تواند تأثیرات نامطلوبی بر زندگی گیاهان و جانوران ساکن در آب نیز داشته باشد. رودخانهٔ هراز یکی از رودخانه‌های پرآب حوضهٔ جنوبی دریای خزر محسوب می‌شود که از دامنهٔ شرقی کوه پالون‌گردن سرچشمه گرفته و تا پلور، رودخانهٔ لار و از آن پس هراز نامیده می‌شود (Karbasi & Kalantari, 2007).

همچنین میانگین شاخص‌های آلودگی میکروبی در آب‌های رودخانهٔ هراز در مقایسه با استانداردهای جهانی به‌دلیل انواع فاضلاب خانگی، شهری، کشاورزی و ازدحام جمعیت، از حد استاندارد تعیین‌شده برای آبیاری محصولاتی که خام مصرف می‌شوند، بسیار فراتر است و آب این رودخانه فقط در برخی از ماه‌های سال برای آبیاری عمومی مناسب است. با توجه به نقشی که رودخانهٔ هراز در تغذیهٔ سفره‌های آب زیرزمینی دارد باید از ورود آلاینده‌ها به این رودخانه جلوگیری شود (Shahsavari Poor *et al*., 2007).

در بررسی‌های آلودگی کلیفرمی رودخانهٔ شفارود در غرب استان گیلان بیشترین میزان آلودگی در منطقه مصب و لایهٔ رسوب رودخانه بوده است. بیشترین میزان میانگین آلودگی کلیفرمی در فصل تابستان ۴۴/۲ CFU/100 ml و بیشترین میزان آلودگی کلیفرم مدفوعی (اشرشیاکلی) ۲۲/۱ CFU/100 ml بوده است. بالارفتن دمای محیط در فصل تابستان عامل مؤثر در افزایش رشد و تکثیر باکتری‌ها است و در مناطق مصبی به‌دلیل جریان آرام و عبور از مراکز شهری و کشاورزی و واردشدن پساب این مراکز به داخل آن‌ها تغییرات محسوسی در فاکتور آلودگی آب رودخانه نسبت به ایستگاه‌هایی که دبی آب رودخانه زیاد بود، به وجود آورده است (Khatiphaghighy *et al*., 2007). پژوهش‌های مغربی و همکاران نشان داد که دو عامل مهم آلودگی رودخانهٔ جاجرود به باکتری‌های کلیفرمی نشت فاضلاب از چاه‌های جذبی کنار رودخانه و دفع مستقیم فضولات توسط دام‌ها و ورود کودهای حیوانی از طریق نهرها به رودخانه است (Maghreby & Jamshidi, 2009).

آنالیز آب رودخانه توسط Radojevic و همکاران نشان داد که تعداد کل کلیفرم‌ها در

1. Bioindicator

www.SID.ir

Archive of SID

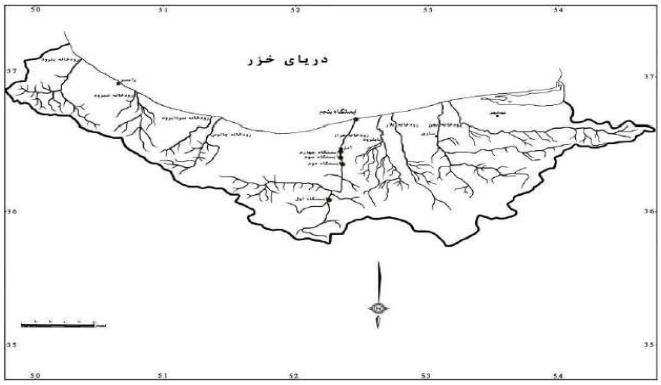
ارتباط با فعالیت‌ها و تماس انسان با طبیعت است. (Radojevic *et al*., 2012). در بررسی کیفیت آب رودخانهٔ هراز، سه شاخص کیفیت آب شامل شاخص کیفیت آب مؤسسهٔ ملی بهداشت، شاخص کیفیت آب ارگن و شاخص کیفیت آب مالزی ارزیابی شدند. نتایج پژوهش نشان داد که کیفیت آب رودخانهٔ هراز با استفاده از این شاخص‌ها به‌ترتیب در گروه‌های متوسط، خیلی بد و خیلی آلوده قرار می‌گیرد (Yusef Abady *et al*., 2012).

با توجه به اینکه رودخانهٔ هراز مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده آب مورد نیاز بخش صنعت و کشاورزی دشت هراز محسوب می‌شود و از طرفی، یکی از دلایل احداث سد مخزنی هراز (در حال ساخت)، تأمین آب شرب مردم منطقه است، بنابراین بررسی شاخص‌های میکروبی کل کلیفرم[1] و کلیفرم مدفوعی[2] آب‌های زیرزمینی در این رودخانه ضروری است و این مطالعه در ارتباط با مطالعات زیست‌محیطی طرح احداث سد منگل در استان مازندران به اجرا درآمد.

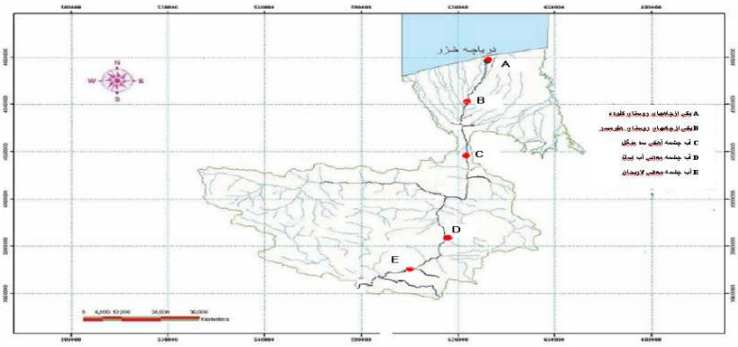
۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقهٔ مطالعه‌شده

سد مخزنی هراز در ۲۰ کیلومتری جنوب آمل و بر روی رودخانهٔ هراز واقع شده است. ازجمله ویژگی‌های این سد تأمین آب مورد نیاز بخش‌های صنعتی و خدماتی، افزایش ظرفیت گردشگری، تولید انرژی برق‌آبی، کنترل سیلاب، تنظیم و انتقال آب مازاد از طریق کانال سراسری به شرق مازندران و استان گلستان، تأمین آب اراضی ۹۱ هزار هکتار از اراضی پایین‌دست و همچنین ایجاد اشتغال و توسعه است (شکل‌های ۱ و ۲).



شکل۱. حوضهٔ آبریز استان مازندران و موقعیت جغرافیایی رودخانهٔ هراز



شکل۲. موقعیت ایستگاه‌های مطالعه‌شده در رودخانهٔ هراز

1. Total coliform
2. Fecal coliform

www.SID.ir

Archive of SID

تخلیهٔ آب‌های زیرزمینی در محدودهٔ مطالعاتی عمدتاً از طریق چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق و چشمه صورت می‌پذیرد، از این‌رو به‌منظور تعیین کیفیت آب در منابع زیرزمینی منطقه (به‌ویژه منابع واقع در مناطق میانی و پایین‌دست حوضه) و با هدف درک تأثیرات احتمالی پروژه در آینده، ۵ ایستگاه (چشمه و چاه) به شرح زیر در نظر گرفته شده است:

ایستگاه۱ (St.ugw 1)[1]: چاه روستای کلوده در محدودهٔ دشت هراز؛

ایستگاه۲ (St.ugw2): در یکی از چاه‌های روستای هلوم‌سر در محدودهٔ دشت هراز؛

ایستگاه۳ (St.ugw3): چشمهٔ آهکی بخش شرقی مخزن سد منگل؛

ایستگاه۴ (St.ugw4): آب چشمهٔ معدنی اسک؛

ایستگاه۵ (St.ugw5): آب چشمهٔ معدنی لاریجان. این چشمه که از چشمه‌های آبگرم حوضهٔ آبریز رودخانهٔ هراز محسوب می‌شود. تأثیر زیادی در تغذیهٔ رودخانهٔ هراز در بالادست قرار دارد.

۲.۲. نمونه‌برداری

جامعهٔ بررسی‌شده، رودخانهٔ هراز در حوضهٔ سد منگل استان مازندران بود و درمجموع ۵ نمونه از ۵ ایستگاه به‌طور ماهانه و در طول یک سال (درمجموع ۱۲ دوره نمونه‌برداری) از نظر وجود کلیفرم‌ها ارزیابی شد. نمونه‌برداری با استفاده از شیشه‌های در سمباده‌ای استریل از ایستگاه‌های انتخاب‌شده انجام شد. ابتدا ظروف نمونه‌برداری استریل به داخل آب چشمه و چاه به عمق فرو برده شد. درِ شیشه در داخل آب باز شد. نمونه به هیچ وجه قبل از ورود به بطری، نباید با دست نمونه‌بردار برخورد داشته باشد. سپس نمونه‌ها در کوتاه‌ترین زمان به آزمایشگاه انتقال یافتند.

۳.۲. آماده‌سازی نمونه‌ها

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه ابتدا با استفاده از سرم فیزیولوژی استریل از هر نمونه رقت۱۰[1]

1. Station underground water

تهیه و بر روی محیط کشت کروم آگار ECC مایع[2] در ۲ دمای ۳۷ و ۴۴ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ـ ۷۲ ساعت در انکوباتور قرار داده شد و برای شمارش کلیفرم و اشرشیاکلی به‌کار رفت. در محیط کشت‌های کروم‌آگار ECC مایع باکتری‌های گروه کلیفرم به رنگ قرمز و اشرشیاکلی به رنگ آبی نمایان می‌شود شمارش باکتری‌ها مطابق با منابع موجود در کتاب مک فادین انجام شد (Macfadin, 2000).

۴.۲. محیط کشت کروم‌آگار ECC

از این محیط کشت در مواردی استفاده می‌شود که جداسازی و تشخیص و شمارش کلنی‌های ایکلای و کلیفرم‌ها در نمونهٔ آب و مواد غذایی به‌طور هم‌زمان اهمیت داشته باشد. تمایز و تشخیص کلنی‌ها با بهره‌گیری از فناوری واکنش سوبسترای کروموژنیک و آنزیم اختصاصی ممکن شده است.

۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه دو گروه از متغیرها یعنی متغیرهای مستقل (ایستگاه‌ها و فصل‌ها) و متغیرهای وابسته (پارامترهای زیستی و غیرزیستی) در نظر گرفته شدند (Bluman, 1998). برای تجزیه و تحلیل آماری از تست‌های پارامتریک بر روی داده‌های نرمال‌شده استفاده شد. ثبت اطلاعات و کلاسه‌بندی داده‌ها در نرم‌افزار Excel, 2010, 2003 و تجزیه و تحلیل داده‌ها در برنامهٔ آماری SPSS (Version 11.5) استفاده شد. در ضمن تمام میانگین‌ها به همراه خطای استاندارد (Mean ± SE) آورده شده است. تعیین ارزش P با ضریب اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد و در سطح معنادار ۰/۰۱ و ۰/۰۵ ارزیابی شد.

۳. نتایج

نتایج نشان داد که میانگین لگاریتم سالانهٔ توتال کلیفرمی در ایستگاه‌های مطالعه شده از CFU/100[3] ۱/۹ ml در ایستگاه هلوم‌سر تا CFU/100 ml ۴/۰

2. CHROMagar Liquid ECC
3. Colony Forming Unit (CFU)

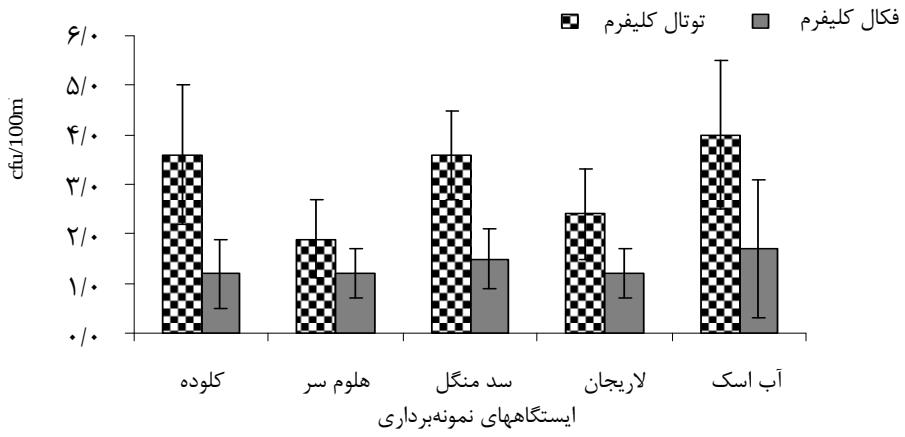
www.SID.ir

Archive of SID

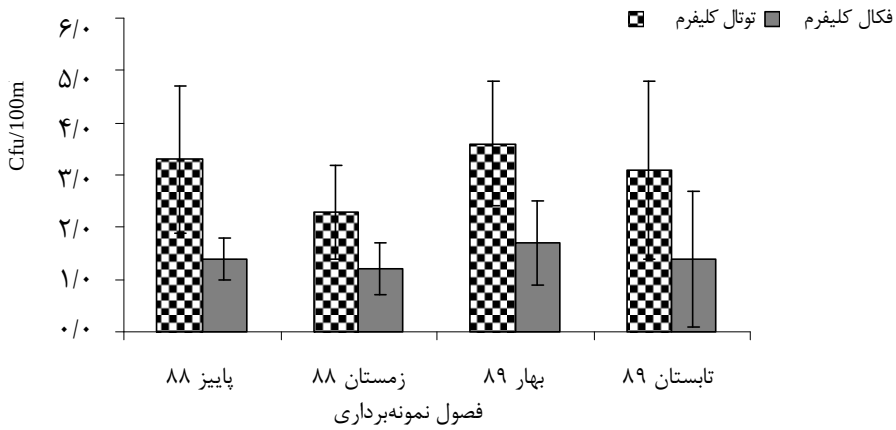
در ایستگاه آب‌اسک و میانگین لگاریتم سالانهٔ فکال کلیفرمی در ایستگاه‌های مطالعه‌شده از CFU/100 ml ۱/۲ در ایستگاه کلوده، هلوم‌سر و لاریجان تا CFU/100 ml ۱/۷ در ایستگاه آب‌اسک نوسان داشت (شکل۳).

دامنهٔ تغییرات میانگین لگاریتم توتال کلیفرمی در فصول مطالعه‌شده از CFU/100 ml ۲/۳ در فصل زمستان تا CFU/100 ml ۳/۶ در فصل بهار و دامنهٔ تغییرات میانگین لگاریتم فکال کلیفرمی در فصول مطالعه‌شده از CFU/100 ml ۱/۲ در فصل زمستان تا CFU/100 ml ۱/۷ در فصل بهار متغیر بود (شکل۴).

دامنهٔ تغییرات میانگین لگاریتم توتال کلیفرمی در ماه‌های مطالعه‌شده از CFU/100 ml ۱/۶ در ماه شهریور تا CFU/100 ml ۴/۴ در ماه تیر و دامنهٔ تغییرات میانگین لگاریتم فکال کلیفرمی در ماه‌های مطالعه‌شده از CFU/100 ml ۰/۸ ماه‌های اسفند و تیر تا CFU/100 ml ۲/۴ در اردیبهشت متغیر بود (شکل۵).



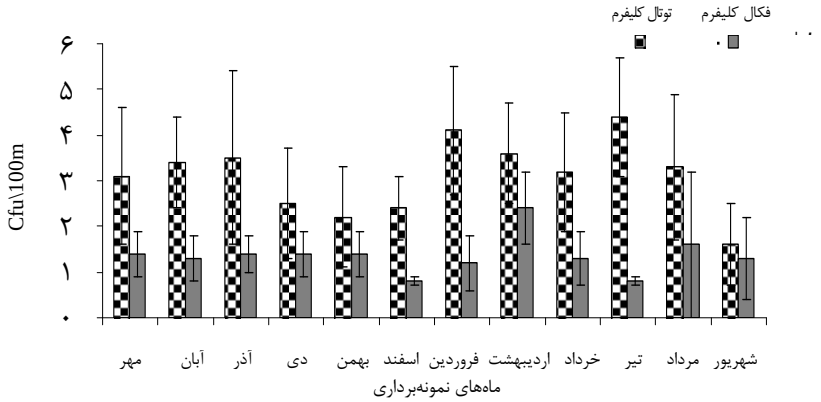
شکل۳. میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم، آب‌های زیرزمینی رودخانهٔ هراز برحسب ایستگاه



شکل۴. میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم آب‌های زیرزمینی رودخانهٔ هراز برحسب فصول

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵. میانگین لگاریتم توتال کلیفرم و فکال کلیفرم آب‌های زیرزمینی رودخانهٔ هراز برحسب ماه‌های نمونه‌برداری

براساس آزمون آماری (ANOVA) میانگین لگاریتم تعداد توتال کلیفرم‌ها در بین ایستگاه‌ها و فصل‌ها تفاوت معناداری وجود دارد ($P < ۰/۰۵$)، ولی بین ماه‌های متفاوت اختلاف معناداری یافت نشد ($P > ۰/۰۵$) (جدول‌های ۱ تا ۳).

براساس نتایج تعداد فکال کلیفرم‌ها در بین ۵ ایستگاه نمونه‌برداری و بین فصل‌ها و ماه‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$) (جدول‌های ۱ تا ۳).

جدول۱. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفهٔ میزان باکتری‌ها در ایستگاه‌های بررسی‌شده رودخانهٔ هراز

باکتری‌های بررسی‌شده	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری
کلیفرم	بین گروه‌ها	۱۴/۹۱۱	۴	۳/۷۲۸	۷/۱۸۲	۰/۰۰۰ **
	داخل گروه‌ها	۲۸/۵۴۸	۵۵	۰/۵۱۹		
	کل	۴۳/۴۵۹	۵۹			
اشرشیاکلی	بین گروه‌ها	۱/۳۹۸	۴	۰/۳۴۹	۱/۱۹۴	۰/۳۲۴ ns
	داخل گروه‌ها	۱۶/۰۹۷	۵۵	۰/۲۹۳		
	کل	۱۷/۴۹۵	۵۹			

**تفاوت معنادار در سطح ۹۹درصد ، ns نبود تفاوت معنادار

جدول۲. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه میزان باکتری‌های مطالعه‌شده در فصول مختلف سال

باکتری‌های بررسی‌شده	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری
کلیفرم	بین گروه‌ها	۵/۹۶۵	۳	۱/۹۸۸	۲/۹۷۰	۰/۰۳۹ **
	داخل گروه‌ها	۳۷/۴۹۴	۵۶	۰/۶۷۰		
	کل	۴۳/۴۵۹	۵۹			
اشرشیاکلی	بین گروه‌ها	۱/۷۱۱	۳	۰/۵۷۰	۲/۰۲۴	۰/۱۲۱ ns
	داخل گروه‌ها	۱۵/۷۸۳	۵۶	۰/۲۸۲		
	کل	۱۷/۴۹۵	۵۹			

**تفاوت معنادار در سطح ۹۹درصد ، ns نبود تفاوت معنادار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه میزان باکتری‌های مطالعه‌شده در ماه‌های مختلف سال

باکتری‌های بررسی‌شده	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری
کلیفرم	بین گروه‌ها	۱۳/۰۴۷	۱۱	۱/۱۸۶	۱/۸۷۲	۰/۰۶۷ ns
	داخل گروه‌ها	۳۰/۴۱۲	۴۸	۰/۶۳۴		
	کل	۴۳/۴۵۹	۵۹			
اشرشیاکلی	بین گروه‌ها	۳/۵۹۳	۱۱	۰/۳۲۷	۱/۱۲۸	۰/۳۶۱ ns
	داخل گروه‌ها	۱۳/۹۰۱	۴۸	۰/۲۹۰		
	کل	۱۷/۴۹۵	۵۹			

**تفاوت معنادار در سطح ۹۹درصد ، ns نبود تفاوت معنادار

۴. بحث و نتیجه‌گیری

یکی از عوامل تعیین‌کنندهٔ کیفیت میکروبی در آب چشمه‌ها و چاه‌ها، باکتری‌های گروه کلیفرم است. وجود این گروه از باکتری‌ها نشان‌دهندهٔ آلودگی مدفوعی آب است؛ به همین دلیل از کلیفرم‌ها به‌منزلهٔ یکی از باکتری‌های اندیکاتور شاخص در آب یاد می‌شود.

در ارتباط با آب‌های زیرزمینی توتال کلیفرم‌ها در فصل زمستان حداقل و در بهار حداکثر است. بیشترین مقدار این شاخص در ایستگاه آب‌اسک و کمترین مقدار آن در ایستگاه هلوم‌سر دیده شد. میانگین لگاریتم سالانهٔ توتال کلیفرمی در ایستگاه‌های مطالعه‌شده از ۱/۹ CFU/100 ml در ایستگاه هلوم‌سر تا ۴ CFU/100 ml در ایستگاه آب‌اسک نوسان داشت.

فصل بهار اوج آب‌دهی رودخانه و افزایش نسبی دمای هواست. در این فصل ذوب برف در ارتفاعات و نزول بارش‌های بهاری عمل فرسایش را شدت می‌بخشد و میزان مواد آلایندهٔ طبیعی در آب رودخانه به حداکثر خود در طول سال می‌رسد و سبب گل‌آلودگی آب رودخانه می‌شود. رابطه‌ای قوی بین میزان بارندگی و رواناب ناشی از آن با افزایش میزان بار آلودگی میکروبی آب‌های سطحی وجود دارد. جریان‌های سطحی مناطق مسکونی نیز با افزایش بارندگی شدت می‌یابد. افزایش جریان‌های سطحی سبب افزایش میزان کلیفرم در آب‌های سطحی می‌شود (Shahsavaripoor & Esmailisari, 2007).

به‌علاوه اغلب آب‌های زیرزمینی نوسانات فصلی (بارش و پمپاژ آب برای مصارف کشاورزی) را نشان می‌دهند. بالاترین سطح آب زیرزمینی معمولاً در فصل بهار و پایین‌ترین سطح آب زیرزمینی در زمستان اتفاق می‌افتد در منطقه‌ای مثل هراز که رودخانه در برخورد مستقیم با سفرهٔ آزاد است، ممکن است آب زیرزمینی از آب رودخانه تغذیه کند و به‌طبع آلودگی آب رودخانه در زمان سیلاب و بارش‌های فصلی (بهار)(سطح آب زیرزمینی به‌طور موقت از طریق جریان آب رودخانه افزایش می‌یابد) آلوده می‌شود.

آب‌های سطحی که در تغذیهٔ سفره‌های آب زیرزمینی نقش دارند، مطابق با دستورالعمل سازمان جهانی بهداشت[1] به‌خصوص در فصل مرطوب که آلودگی باکتریایی بالایی را نشان می‌دهند و بسیاری از بیماری‌های منتقل‌شونده از راه آب و مشکلات زیست‌محیطی را سبب می‌شوند قابل شرب نیستند (Butt & Ghaffar, 2012).

پژوهش ها نشان داد که افزایش پساب کشاورزی با افزایش میزان کلیفرم در آب همبستگی بالایی دارد (Kim *et al.*, 2005) و با آلودگی آب‌های سطحی آب‌های زیرزمینی هم آلوده می‌شوند (Reneau & Pettry. 1975).

در کلیفرم توتال ، آلودگی آب خام در حد مقادیر دیده‌شده هیچ مشکل بهداشتی خاصی را

1. world health organization (WHO)

www.SID.ir

Archive of SID

برای مصرف‌کنندگان ایجاد نمی‌کند، زیرا این میزان کلیفرم با کلرزنی قبل از ورود به شبکه از بین می‌رود. همچنین علت آلودگی به کلیفرم کل بیشتر مربوط به بهره‌برداری نامناسب و همچنین رعایت‌نکردن بهداشت در اطراف آب‌های زیرزمینی است.

بیشترین آلودگی مربوط به فکال کلیفرم مربوط به فصل بهار و کمترین آلودگی در فصل زمستان مشاهده شده است. بیشترین مقدار این شاخص در ایستگاه آب‌اسک و کمترین مقدار آن در ایستگاه لاریجان، هلوم‌سر وکلوده دیده شد. میانگین لگاریتم سالانهٔ توتال کلیفرمی در ایستگاه‌های مطالعه‌شده از ۱/۲ CFU/100 ml در ایستگاه لاریجان، هلوم‌سر و کلوده تا ۱/۷ CFU/100 ml در ایستگاه آب‌اسک نوسان داشت. تعداد باکتری‌های موجود در فضولات حیوانی از زمان دفع تا انتقال به آب‌های سطحی و زیرزمینی، تحت اثر دما و نور خورشید قرار گرفته و از تراکم آن‌ها کاسته می‌شود. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که فضولات حیوانی ناشی از چرای حیوانات و کوددهی باغ‌ها تأثیر چندانی در آلودگی میکروبی رودخانهٔ هراز نداشته باشد. بیشتر ویلاها و رستوران‌ها در امتداد رودخانه سیستم چاه جذبی برای دفع فاضلاب خود دارند که به‌علت کوهستانی‌بودن منطقه و ناچیزبودن آب‌های زیرزمینی امکان انتقال باکتری کلیفرم از فاضلاب‌های چاه‌های جذبی در فواصل کم و ورود به رودخانه وجود نخواهد داشت. در زمینهٔ کاهش باکتری کلیفرم ناشی از حرکت افقی فاضلاب توسط لایه‌های زمین، پژوهش‌های متعددی در سطح دنیا انجام گرفته است. به‌طورکلی، خاک‌های ریزدانه‌تر به‌علت سطح تماس بیشتر، قابلیت جذب و نگهداری باکتری بیشتری را دارند. با توجه به اینکه خاک منطقه در اطراف رودخانه عمدتاً سیلی ماسه‌ای بوده می‌توان انتظار داشت که فاصلهٔ حدود ۱۰ متری منجر به کاهش ۳ لگاریتم تعداد باکتری کلیفرم مدفوعی در فاضلاب خارج‌شده از چاه‌های جذبی شود (Kolsky & Blumenthal, 1995). البته در بسیاری از موارد ورود پساب‌ها و فاضلاب‌ها بدون هیچ‌گونه واسطه‌ای وارد نهرها و مسیرهای منتهی به رودخانه می‌شوند.

میانگین لگاریتم آلودگی فکال کلیفرمی از ۰/۸ CFU/100 ml در ماه اسفند تا CFU/100 ml ۲/۴ در ماه اردیبهشت نوسان داشت. آلودگی آب‌های زیرزمینی به کلیفرم مدفوعی، به‌علت موقعیت جغرافیایی خاص، ممکن است در اثر شیرابهٔ زباله‌های سطحی و دفعی یا چاه‌هایی که به‌منزلهٔ محل دفن زباله و سرویس‌های بهداشتی بین راهی در مهمان‌سراها استفاده می شود باشد. ازدحام مسافران در کنار رودخانه در فصل بهار و افزایش فعالیت رستوران‌های اطراف، سبب شده است که آلودگی در این فصل در مقایسه با سایر فصول به‌مراتب بیشتر باشد. از دیگر عواملی که سبب افزایش بار آلودگی میکروبی در این رودخانه می‌شود، افزایش مسافرت در دو هفتهٔ اول سال و استفادهٔ مردم از طبیعت است.

مطابق با آخرین استانداردهای موجود هیچ آب زیرزمینی (چشمه، قنات و چاه) برای شرب نباید محتوی بیش از ۱۰ عدد باکتری کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر از آن باشد. ضمن اینکه هیچ باکتری کلیفرمی از نوع اشرشیا، کلیفرم یا دیگر کلیفرم‌های مدفوعی نباید مشاهده شود. شایان ذکر است که در کلیفرم‌های مدفوعی، اگر میزان کلیفرم‌های مدفوعی در یک نمونه زیر ۱۰ باشد با کلرزنی قبل از ورود به شبکهٔ توزیع، این آلودگی قابل حذف است و از نظر بهداشتی مشکلی را برای ساکنان منطقه ایجاد نمی‌کند (Shahsavaripoor & Esmailisari, 2007).

تخلیهٔ فاضلاب‌های صنعتی در زمین در آب‌های زیرزمینی آلودگی‌های شدید شیمیایی و احیاناً میکروبی تولید می‌کند و شاید دیگر از این آب‌های زیرزمینی نتوان در مصارف عمومی استفاده کرد و باید برای مصرف مجدد، متحمل هزینه‌های گزافی شد (Lee & Kim, 2002).

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تعداد کلیفرم‌ها در آب‌های زیرزمینی حوضهٔ رودخانهٔ هراز در حد بحرانی است، ولی با این وجود تراکم

www.SID.ir

Archive of SID

آن در سد منگل در حد قابل قبول است زیرا آب سد پس از گذراندن زمان ماند معین از سد خارج می‌شود و از طرف دیگر گرمای ناشی از نور خورشید سبب کاهش تراکم کلیفرم در آب پشت سد می‌شود. با توجه به استفاده از سیستم‌های تصفیه و کلرزنی به هنگام انتقال آب رودخانه به شبکهٔ آب‌رسانی سراسری، نگرانی برای بهداشت و سلامت وجود ندارد.

نتایج بررسی تعداد باکتری‌های توتال و فکال کلیفرمی در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی نشان‌دهندهٔ آن است که بیشتر ایستگاه‌های بررسی‌شده در رودخانهٔ هراز از نظر کیفیت در سطح پایینی قرار دارند و برای شرب مناسب نیستند.

مهم‌ترین راه کاهش آلودگی آب آشامیدنی کنترل‌کردن منابع آلوده‌کننده است. اقدامات پیشگیری‌کننده‌ای مانند تغییردادن شیوهٔ آبیاری و زهکشی در کشاورزی، استفاده از حوضچه‌های دیواره‌دار برای نگهداری فاضلاب‌هایی که قرار است فرآوری شوند، استفاده از محفظه‌های ذخیرهٔ فاضلاب زیرزمینی (سپتیک تانک)[1] دوجداره می‌تواند آلودگی منابع آب آشامیدنی را کاهش دهد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از دکتر رضا پورغلام، رئیس پژوهشکدهٔ اکولوژی دریای خزر، که هماهنگی‌های لازم را برای انجام این پروژه انجام داده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود. این پروژه توسط مهندسان مشاور توازن محیط حمایت شده است.

REFERENCES

1. Anderson, K.A., Davidson, P.M., 1997. Drinking water and Recreational water quality: Microbiological Criteria. University of Idaho, College of Agriculture, Cooperative Extension System, Agricultural Experiment Station.
2. Bluman, A.G., 1998. Elementary Statistics: A Step by Step Approach.USA. Tom casson publisher. 3rd edition.
3. Butt, I., Ghaffar, A., 2012. Ground water quality assessment near mehmood boti landfill, Lahore, Pakistan. Aslan journal of social sciences and humanities Vol. 1. No. 2.
4. Environment Agency., 2002. The Microbiology of Drinking water part 1 – Water Quality and Public Health p 9-28.
5. Holt, E. A., Miller, S.W., 2011. Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. Nature Education Knowledge. 3(10):8
6. Karbasi, A., Kalantari. F., 2007. An investigation pollutant sources on Haraz River. Journal of Environmental Science and technology. Vol 9. 61-70. (in Persian)
7. Khatiphaghighy, S., Ghane, Ahmad., Nahrur,M.R.,2009. Investigation coliform contamination in the Shafarood River in West gilan province. Journal of Fisheries second year, first issue.
8. 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.
9. Kolsky, P.J., Blumenthal, V.J., 1995. Environmental health indicators and sanitation related disease in developing countries: limitation to the use of routine data sources. World Health Statistics Quarterly. 48: 132-9.
10. Lee, D.J., Kim, C.S., 2002. Nonpoint source groundwater pollution and endogenous regulatory policies, Water Resour. Res., 38(12), 1275
11. Macfaddin, J.F., (3ed.), 2000. Biochemical tests for Identification of Medical Bacterial. Lippincott Willams and Wilkins. Pp. 374. 21.
12. Maghreby,M., Jamshidi, M., 2009. Investigation microbial contamination of Jajrud river and role its manufacturer. Iranian Water Resources Management Conference. Tabriz University College of Engineering
13. Ministry of Energy, Mazandaran regional water. 2011. Status report on the province's water resources.

1. Septic tank

www.SID.ir

Archive of SID

14. Radojevic, I.D., Stefanovic, D.M., Comic, L.R., Ostojic, A.M., Topuzovic, M.D., Stefanovic. N.D., 2012.Total coliforms and data mining as a tool in water quality monitoring. African Journal of Microbiology Research Vol. 6(10), pp. 2346-2356,

15. Reneau,R.B.,Pettry,D. E., 1975. Movement of *Coliform Bacteria* from Septic Tank Effluent through Selected Coastal Plain Soils of Virginia. Journal of Environmental quality, vol, 4, no-1

16. Shahsavaripoor, N., Esmaili sari, A., 2007. Microbial contamination of Haraz River and determination the water allowed to applications according to international standards. Environmental Science and Technology, Volume 13, Number 4. (In Persian)

17. Shahsavaripoor, N., Esmaili sari. A., Salehi,A., Mousavi Kshka, M., 2007. Investigation Haraz river water quality for irrigation and choosing pollution sources the river water, Ninth National Conference on Irrigation and Evapotranspiration, Kerman, martyr Bahonar University Association irrigation and water Engineering. (In Persian)

18. UN (United Nations)., 2006. The Millennium Development Goals Report 2006. United Nations, New York.

19. Yusef Abady, F., Avshk saraee, L., Shariati Faizabady, F., Merdukhpoor,A.,1391.Investigation Haraz river Water quality (Amol) with three indicators, NSF, Argon, and Malaysia, the Sixth National Conference on Environmental Engineering, Tehran, Tehran University, Department of environment. (In Persian)

www.SID.ir