مقایسه کارایی سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب در حذف کیست تک یاخته و تخم انگل

جمشید درایت[1] علی الماسی[2] کیومرث شرفی[3] حبیبه مسکینی[4]

(دریافت ۹۰/۹/۱ پذیرش ۹۱/٤/۱)

چکیده

یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی که در ارتباط با استفاده مجدد پساب در کشاورزی مورد توجه قرار می‌گیرد، کیفیت میکربی آن است. هدف از این مطالعه تعیین کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب قصر شیرین (سیستم نیزار مصنوعی) ، گیلانغرب (سیستم برکه تثبیت) و اسلام‌آباد غرب (سیستم برکه تثبیت) در حذف کیست تک یاخته و تخم انگل بود. در این تحقیق در مدت ٦ ماه و به‌صورت هفتگی از ورودی و خروجی تصفیه‌خانه‌ها نمونه‌برداری شد. جمعاً ١٤٤ نمونه برای آنالیز انگلی با روش جدید بیلنجر و با استفاده از لام شمارش مک مستر با حجم حفره‌ای۰/۳ میلی‌لیتر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین راندمان زدایش تخم انگل و کیست انگل در سیستم نیزار مصنوعی به‌ترتیب ۰/۲۳ ± ۹۹/۷ و ۱۰۰ درصد است. با توجه به اینکه هیچ کیست تک یاخته و تخم انگلی در پساب خروجی هر دو سیستم برکه تثبیت مورد بررسی مشاهده نگردید، در نتیجه راندمان حذف این دو پارامتر در این سیستم‌ها، ۱۰۰ درصد برآورد شد. بیشترین تعداد تخم انگل در فاضلاب ورودی و پساب خروجی هر سه تصفیه‌خانه مربوط به تخم *آسکاریس لمبریکوئیدس* بود. با توجه به نتایج، کارایی هر سه تصفیه‌خانه از لحاظ حذف کیست و تخم انگل‌ها مطلوب بوده و بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (Pvalue>۰/۰۵). همچنین کیفیت پساب خروجی آنها از نظر میزان تخم نماتودها با شاخص انگلبرگ (تعداد تخم نماتود: ۱≥ عدد در لیتر) مطابقت داشت.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های طبیعی، برکه تثبیت، نیزار مصنوعی، کیست تک یاخته، تخم انگل

A Comparison of the Efficiency of Natural Wastewater Treatment Plants in Removal of Protozoan Cysts and Parasitic Eggs

Jamshid Derayat[1] *Ali Almasi*[2] *Kiomars Sharafi*[3] *Habibeh Meskini*[4]

(Received Nov. 21, 2011 Accepted June 21, 2012)

Abstract

One of the most important quality characteristics associated with wastewater reuse in agriculture, which takes into consideration, is the microbial quality. The aim of this study is determination of efficiency of wastewater treatment plants in removal of protozoan cysts and parasitic eggs of Ghasreshirin (constructed wetland), Islamabadgharb and Gilangharb (stabilization ponds). This study was accomplished during six months and sampling was done from inlet and outlet of wastewater Plants, as weekly. Totally, 144 samples were investigated for parasitic analysis with Bailenger method by Mac Master Slide (with a hole size 0.3 ml). The findings showed that mean of removal efficiency in constructed wetland for parasitic eggs and protozoan cysts are %99.7±0.23 and %100 respectively, but, any parasitic eggs and protozoan cysts in outlet effluent of both of wastewater stabilization ponds were not observed, so removal efficiency of these two parameters in these systems was %100 obtained. Ascaris lumbricoides eggs had most number of parasitic eggs in inlet wastewater and outlet effluent of all three wastewater treatment plants. According to the results, the efficiency of all three wastewater treatment plants in terms of removal of cysts and parasitic eggs are desirable and there was no significant difference between them (P_{value}>0.05). The outlet effluent quality of them in terms of nematode eggs rate is consistent with Engelberg index (number of nematode eggs: 1 ≥ number per liter).

Keywords: Natural Systems, Stabilization Ponds, Constructed Wetland, Protozoan Cyst, Parasitic Egg.

۱- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
۲- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
۳- مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه (نویسنده مسؤل)
(۰۸۳۱) ۴۳۱۱۰۰۷ Kio.sharafi@gmail.com
۴- کارشناس آزمایشگاه میکروبیولوژی آزمایشگاه، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

1. Assis. Prof. of Environmental Health Eng., Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah
2.Assoc. Prof. of Environmental Health Eng., Kermanshah University of Medical Sciences, Keramanshah
3.Instructor of Environmental Health Eng., Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah (Corresponding Author) (+98 831) 4311007 Kio.sharafi@gmail.com
4- Expert of Microbiology Laboratory, Faculty of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah

۱- مقدمه

استفاده مجدد از فاضلاب خانگی تصفیه شده به‌عنوان یک منبع ارزشمند آب برای مصارف مختلف از جمله کشاورزی و آبیاری فضای سبز یکی از مهم‌ترین اهداف تصفیه فاضلاب و حفاظت از منابع به‌ویژه در مناطق کم‌آب است [۱و۲]. استفاده مجدد از فاضلاب به‌ویژه در بخش کشاورزی دارای منافع متعددی از جمله سود حاصل از فروش پساب، کاهش میزان گرد و غبار از طریق آب‌پاشی، استفاده از مواد مغذی مانند فسفر و نیتروژن موجود در فاضلاب و در نتیجه کاهش مصرف کودهای شیمیایی، کاهش هزینه‌ها و کاهش مصرف آب شیرین، به‌عنوان منابع اولیه، اثرات متعاقب پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب به‌عنوان منابع ثانویه و حفظ محیط زیست و بهبود کیفیت و زیبایی آن به‌عنوان منابع عمومی است [۳-۵]. آنچه که در این ارتباط اهمیت فراوانی دارد، مناسب بودن کیفیت پساب استفاده شده به‌ویژه از نظر میکربی و انطباق آن با استانداردهای معتبر ملی و جهانی است [۶و۷].

در استفاده مجدد از پساب، اگر به کیفیت میکربی پساب و جنبه‌های بهداشتی آن توجهی نشود، خطر جدی برای بهداشت و سلامتی انسان و محیط زیست به‌همراه خواهد داشت. این موضوع زمانی با اهمیت‌تر خواهد بود که از پساب برای آبیاری فضای‌سبز عمومی و محصولات خوراکی از جمله صیفی‌جات و سبزیجات استفاده شود [۸-۱۰]. به‌منظور زدایش عوامل آلاینده موجود در فاضلاب از جمله مواد آلی و عوامل بیماری‌زا، باید فاضلاب را تصفیه نمود. فرایندهای تصفیه متفاوتی از جمله لجن فعال، برکه‌های تثبیت، نیزارهای مصنوعی، لاگون هوادهی و صافی‌های چکنده وجود دارد [۱]. مکانیسم زدایش تخم انگلها در حین فرایندهای تصفیه فاضلاب متفاوت است. مهم‌ترین آنها رسوب و ته‌نشینی به‌واسطه بالا بودن چگالی و در اثر نیروی وزن، فیلتراسیون، جذب توسط ریشه گیاهان، به‌دام افتادن در لخته‌های بیولوژیک لجن فعال و غیر فعال شدن در اثر نامساعد بودن شرایط محیطی است [۲ ، ۱۱ و ۱۲].

مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که درصد زدایش تخم انگلها در صافی‌های چکنده تا ۹۹ درصد، در لاگون‌های هوادهی تا ۹۹/۹ درصد، در لجن فعال تا ۹۹ درصد و در برکه‌های تثبیت به‌علت زمان ماند بالا و نیزارهای مصنوعی با جریان زیر سطحی تا ۱۰۰ درصد می‌رسد که در هر یک از این فرایندها راندمان زدایش تابعی از مشخصات فاضلاب و ضوابط طراحی تصفیه‌خانه‌ها بوده و می‌تواند دارای نوسانات زیادی باشد [۱۲-۱۴].در ایران تحقیقات اندکی در ارتباط با بررسی کارایی سیستم‌های تصفیه فاضلاب در حذف کیست تک یاخته و تخم انگل صورت گرفته و همچنین در ارتباط با بررسی کارایی چندین سیستم طبیعی تصفیه فاضلاب در عرصه واقعی و در یک شرایط آب و هوایی تقریباً یکسان، تاکنون هیچ‌گونه تحقیقی در این زمینه صورت نگرفته است. علاوه بر آن جدیدالاحداث بودن سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب استان کرمانشاه مزید بر علت شد تا در این مطالعه، کارایی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب قصر شیرین (سیستم نیزار مصنوعی) و گیلانغرب و اسلام‌آباد غرب (سیستم برکه تثبیت) در حذف کیست تک یاخته و تخم انگل مورد بحث و بررسی قرار گیرد و همچنین در خصوص تناسب پساب تولیدی آنها برای استفاده در آبیاری کشاورزی اظهار نظر علمی گردد.

۲- مواد و روشها

روش مطالعه، توصیفی- مقطعی است. در این تحقیق که به‌مدت ۶ ماه به طول انجامید، نمونه‌برداری به‌صورت هفتگی از ورودی تصفیه‌خانه (در واحد آشغالگیر) به حجم یک لیتر و خروجی (بعد از واحد کلرزنی) به حجم ۱۰ لیتر، انجام گرفت. تعداد نمونه‌های برداشت شده از ورودی و خروجی هر تصفیه‌خانه، یکسان و معادل ۲۴ نمونه بود و بنابراین جمعاً در این مطالعه ۱۴۴ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. روزهای نمونه‌برداری در طول هفته و به‌صورت تصادفی انتخاب گردید. نمونه‌های مذکور برای انجام آنالیز از نظر انگلی به آزمایشگاه میکروبیولوژی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه منتقل شد. آنالیز انگلی بر اساس روش بیلنجر[1] با لام شمارش مک‌مستر[2] با حجم حفره‌ای ۰/۳ میلی‌لیتر انجام گرفت [۱۵]. به این صورت که در ابتدا بیش از ۲ ساعت فرصت ته‌نشینی برای نمونه‌ها فراهم شد و سپس ۹۰ درصد مایع رویی با استفاده از سیفون خارج گردید و رسوب باقی‌مانده با توجه به حجم آن به چند لوله سانتریفیوژ انتقال داده شد و در g ۱۰۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و سپس کل رسوب لوله‌های سانتریفیوژ به یک لوله سانتریفیوژ انتقال داده شد و مجدداً در g ۱۰۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید.

در ادامه یک برابر حجم رسوب تشکیل شده در مرحله دوم سانتریفیوژ، بافر استواستیک (pH=۴/۵) و دو برابر حجم آن، استات اتیل به لوله سانتریفیوژ اضافه گردید و بعد از به هم زدن کامل آن توسط همزن، در g ۱۰۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. با انجام این مراحل سه لایه در تمام لوله‌های سانتریفوژ شده، تشکیل شد که لایه سیاه‌رنگ بالایی و لایه کدر وسطی تخلیه شد و بعد از آن رسوب نهایی (لایه پایینی) در پنج حجم سولفات روی ۳۳ درصد (وزن مخصوص۱/۱۸) معلق گردید و سپس توسط همزن کاملاً مخلوط شد. حجم این محلول (رسوب + سولفات

[1] Bailenger Method
[2] Mcmaster

روی) به‌عنوان حجم محصول نهایی در نظر گرفته شد و ثبت گردید. بعد از آن مقداری از محصول نهایی به‌وسیله پیپت پاستور به سه لام مک مستر با حجم ۰/۳ میلی‌لیتر منتقل شد و قبل از انتقال لام به روی میکروسکوپ، ۵ دقیقه به حال سکون گذاشته شد. سپس شناسایی و شمارش کیست و تخم انگلها توسط میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی ۱۰۰ و ۴۰ انجام شد و بعد از آن با استفاده رابطه زیر تعداد کیست و تخم انگلها در یک لیتر نمونه به‌دست آمد

$$N = AX / PV \qquad (۱)$$

که در این رابطه

N تعداد تخم و یا کیست‌ها در یک لیتر نمونه، A میانگین تعداد تخم و یا کیست‌های شمارش شده در سه لام، X حجم محصول نهایی بر حسب میلی‌لیتر، P حجم لام مک مستر (۰/۳ میلی لیتر) و V حجم نمونه اولیه بر حسب لیتر است.

در نهایت با توجه به نرمال نبودن کل نتایج به‌دست آمده ($P_{value}<۰/۰۵$) داده‌های مربوط به مقایسه راندمان تصفیه‌خانه‌ها در حذف کیست تک یاخته و تخم انگل و داده‌های مربوط به میزان تخم انگل و کیست تک یاخته فاضلاب خام سه شهر، با انجام آزمون آماری کروسکال والیس اچ[1] با استناد به سطح معنی‌داری $\alpha=۰/۰۵$ مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های مربوط به میزان کل تخم انگل و کیست تک یاخته فاضلاب خام تولیدی در فصلهای تابستان و بهار با انجام آزمون آماری یو من ویتنی[2] مستقل با استناد به سطح معنی‌داری $\alpha=۰/۰۵$ و توسط نرم افزار SPSS و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج حاصله مربوط به کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های مذکور با استانداردهای موجود در این زمینه مطابقت داده شد.

۳- روش بررسی

در جدول ۱ حداقل و حداکثر تعداد تخم انگل و کیست تک یاخته فاضلاب خام و پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های مورد بررسی، در جدول ۲ میانگین میزان آلودگی انگلی فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی تصفیه‌خانه‌ها و کارایی آنها در حذف پارامترهای مذکور و در جدول ۳ نتایج آزمون آماری کروسکال والیس H و یو من ویتنی بر روی نتایج به‌دست آمده در طول مطالعه، ارائه شده است. میانگین تعداد تخم انگل فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه مورد بررسی در فصلهای بهار و تابستان در شکل ۱ و میانگین تعداد کیست تک یاخته فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه مورد بررسی در فصلهای بهار و تابستان در شکل ۲ نشان داده شده است.

[1] Kruskal-Wallis H

[2] Mann-Whitney U

جدول ۱- حداقل و حداکثر تعداد تخم انگل و کیست تک یاخته فاضلاب خام و پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های مورد بررسی

نام تصفیه خانه	محل نمونه برداری	تعداد	تخم *آسکاریس لمبریکوئیدس*	تخم *هیمینولپیس نانا*	تخم *تریکوریس تریکورا*	کیست *ژیاردیا*	کیست *آمیب*	میزان کل تخم انگل	میزان تخم انگل نماتود	کل کیست تک یاخته
گیلانغرب	ورودی	حداقل	۷/۳	۰	۰	۰	۰	۷/۳	۷/۳	۰
		حداکثر	۸۸	۴۴/۴	۲۵/۷	۱۰۶/۷	۲۰/۷	۱۵۸	۱۱۳/۷	۱۰۶/۷
	خروجی	حداقل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		حداکثر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اسلام آباد غرب	ورودی	حداقل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		حداکثر	۸۰	۴۱/۷	۰	۵۰	۷۵	۱۰۶/۷	۸۰	۷۳/۷
	خروجی	حداقل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		حداکثر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
قصر شیرین	ورودی	حداقل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		حداکثر	۱۰۰	۶۷/۷	۰	۳۰/۷	۵۰	۱۶۷/۸	۱۰۰	۷۵
	خروجی	حداقل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		حداکثر	۰/۸	۰/۶۷	۰	۰	۰	۰/۸	۰/۸	۰

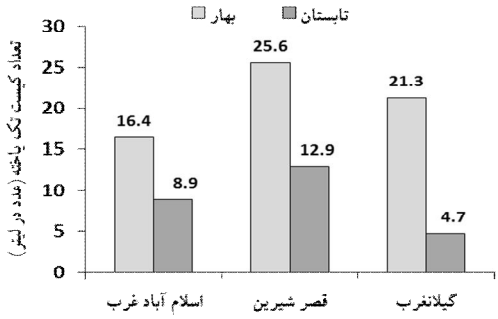
جدول۲- میانگین میزان آلودگی انگلی فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های مورد بررسی (تعداد در لیتر) و کارایی آنها در حذف پارامترهای مذکور

نام تصفیه خانه	محل نمونه برداری	تخم *آسکاریس لمبریکوئیدس*	تخم *هیمنولپیس نانا*	تخم *تریکوریس تریکورا*	کیست *ژیاردیا*	کیست *آمیب*	میزان کل تخم انگل	میزان تخم انگل نماتود	میزان کیست تک یاخته	درصد راندمان حذف(با فرض نرمال بودن داده ها)	
										تخم انگل	کیست تک یاخته
اسلام آباد غرب	ورودی	۲۹/۹۸	۹/۹۶	۰	۷/۶	۱۰/۵	۳۹/۹۴	۲۹/۹۸	۱۸/۱	۱۰۰	۱۰۰
	خروجی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		
قصر شیرین	ورودی	۳۰/۴۳	۵/۴۲	۰	۶/۸۵	۱۳/۱	۳۵/۸۵	۳۰/۴۳	۱۹/۹۵	۹۹/۷±۰/۲۳	۱۰۰
	خروجی	۰/۰۸	۰	۰	۰	۰	۰/۰۸	۰/۰۸	۰		
گیلانغرب	ورودی	۳۷/۹۹	۶/۸۱	۲/۵۳	۹/۱۱	۶/۵	۴۴/۸	۳۹/۹۹	۱۵/۶۱	۱۰۰	۱۰۰
	خروجی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		

جدول ۳- نتایج آزمون آماری کروسکال والیس H و یو من ویتنی بر روی نتایج به‌دست آمده در طول مطالعه

آزمون آماری ناپارامتریک استفاده شده	کاربرد (هدف)	P_{value}	تفسیر
کروسکال والیس H	مقایسه راندمان تصفیه خانه‌ها در حذف تخم انگل	۰/۸۶۹	بین میزان کارایی تصفیه‌خانه‌ها در حذف تخم انگل اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.
	مقایسه راندمان تصفیه خانه‌ها مورد بررسی در کیست تک یاخته	۰/۴۱	بین میزان کارایی تصفیه‌خانه‌ها در حذف کیست تک یاخته اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.
	مقایسه کل تخم انگل‌های فاضلاب خام شهرهای مورد بررسی	۰/۳۵۱	بین میزان کل تخم انگل فاضلاب خام تولیدی شهرهای مختلف استان کرمانشاه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.
	مقایسه کل کیست تک‌یاخته فاضلاب خام شهرهای مورد بررسی	۰/۲۰۹	بین میزان کل کیست تک‌یاخته فاضلاب خام تولیدی شهرهای مختلف استان کرمانشاه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.
یو من ویتنی	مقایسه میزان تخم انگل فاضلاب خام در فصل بهار و تابستان	<۰/۰۰۰۱	بین میزان کل تخم انگل فاضلاب خام تولیدی در فصل تابستان با میزان مذکور در فصل بهار اختلاف معنی‌داری وجود دارد.
	مقایسه میزان کیست تک‌یاخته فاضلاب خام در فصل بهار و تابستان	۰/۰۰۴	بین میزان کل کیست تک‌یاخته فاضلاب خام تولیدی در فصل تابستان با میزان مذکور در فصل بهار اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

شکل ۱- میانگین تعداد تخم انگل فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه مورد بررسی در فصلهای بهار و تابستان



شکل ۲- میانگین تعداد کیست تک یاخته فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه مورد بررسی در فصلهای بهار و تابستان

۴- نتایج و بحث

با توجه به نتایج ارائه شده و با انجام آزمون آماری کروسکال والیس H که میانگین کل کیست و تخم انگل فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه شهرهای مختلف با هم اختلاف معنی‌داری ندارد ($P_{value}>0/05$)[۱۱، ۱۶ و ۱۷]. میانگین تعداد تخم انگل فاضلاب خام شهرهای مورد بررسی از فاضلاب خام شهرهای تهران، اصفهان و شهرکرد بیشتر است و این می‌تواند به‌دلیل تولید فاضلاب صنعتی (بدون آلودگی انگلی) بیشتر در این شهرها باشد و بنابراین میانگین تعداد تخم انگل فاضلاب خام این کلان‌شهرها نسبت به شهرهای مورد بررسی در این تحقیق، کمتر است.

با مقایسه وضعیت آلودگی انگلی فاضلاب خام شهرهای مورد بررسی با فاضلاب خام کشورهای مختلف، مشخص گردید که میانگین تعداد تخم انگل فاضلاب خام شهرهای مذکور از میزان اعلام شده برای کشورهای در حال توسعه (۷۰ تا ۳۰۰ عدد در لیتر)، برزیل (۱۶۶ تا ۲۰۲ عدد در لیتر)، مراکش (۲۱۴ تا ۸۴۰ عدد در لیتر)، اردن (۳۰۰ عدد در لیتر)، پاکستان (۱۴۴عدد در لیتر)، روسیه (≥۲۰۰۰ عدد در لیتر) و اکراین (۶۰ عدد در لیتر) کمتر است اما از میزان اعلام شده برای کشورهای توسعه یافته مانند آمریکا (۱ تا ۸ عدد در لیتر)، فرانسه (۹ تا ۱۰عدد در لیتر) و آلمان(≥۴۰ عدد در لیتر) بیشتر است [۱۸]. تحقیق زامو و همکاران[1] در ارتباط آلودگی انگلی فاضلاب خام شهر کنیترا[2] (یکی از شهرهای مراکش) نشان داد که میانگین کل تخم انگلهای موجود در فاضلاب شهر مذکور برابر با ۳۱ عدد در لیتر است [۱۹].

بیشترین تعداد تخم انگل در فاضلاب خام کلیه شهرها مربوط به تخم *آسکاریس لمبریکوئیدس* و همانند *هیمنولپیس نانا* در فاضلاب خام تمام شهرهای مورد بررسی مشاهده شد و این امر به‌دلیل مقاومت بالای تخم *آسکاریس لومبریکوئیدس* نسبت به دیگر تخم انگلها از جمله کرمهای قلابدار و *تریکوریس تریکورا* در برابر شرایط نامساعد محیطی است [۷ و۱۶]. این نتایج نشان می‌دهد که در حال حاضر نیز آلودگی به کرم *آسکاریس* در سطح جامعه ایران بالاتر از بقیه انگلها است و این موضوع با نتایج مطالعات مشابه از جمله تحقیق میران زاده و محمودی در تهران، مطالعه محوی بیکم کیا در اصفهان و تهران و تحقیق اربابی و زاهدی در شهرکرد مطابقت دارد [۱۱، ۱۶ و ۱۷].

جمینیز[3] هم در مطالعه مروری خود با بررسی اطلاعات مربوط به آلودگی انگلی فاضلاب خام کشورهای مختلف از جمله آمریکا، آلمان، پاکستان، مصر، برزیل و غیره به نکته مذکور اشاره کرده است [۱۸]. درحالی که در تحقیق زامو، غالب‌ترین تعداد تخم انگل مربوط به انگل *توکسوکارا* است. لذا بعضی شرایط دیگر از جمله شرایط آب و هوایی، شرایط جغرافیایی، فرهنگ و عادات بهداشتی مردم و غیره می‌تواند در تعیین آلودگی به انگل غالب در سطح جامعه مؤثر باشد [۱۹].

با توجه به نتایج حاصله و انجام آزمون آماری یو من ویتنی با استناد به سطح معنی‌داری $\alpha=0/05$، مشخص شد که میزان آلودگی انگلی فاضلاب خام تمامی شهرهای مورد مطالعه در فصل بهار بیشتر از فصل تابستان است. با توجه به اینکه تمام نمونه‌های فاضلاب خام در این مطالعه در روزهای غیر بارانی برداشت شده و همچنین نظر به اینکه میزان مصرف آب در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار است، در نتیجه با توجه به این شرایط (میزان حجم فاضلاب تولیدی کمتر در فصل بهار) میزان آلودگی انگلی در فاضلاب خام تولیدی در فصل بهار بیشتر از فصل تابستان، خود را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج مذکور باید وضعیت آلودگی انگلی فاضلاب شهرهای استان کرمانشاه مورد توجه ویژه‌ای قرار گیرد و منشأ این آلودگی بررسی گردد. در راستای تأمین این هدف کلی، فعال بودن

[1] Zamo et al.
[2] Kenitra
[3] Jimenez

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرهای مورد بررسی و بهره‌برداری بهینه آنها باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. همچنین برای کاهش ابتلا به بیماری‌های انگلی باید از آبیاری محصولات کشاورزی با فاضلاب خام خودداری گردد. ارتقاء سطح آگاهی بهداشتی مردم و ایجاد تغییرات عمده در نگرش و عملکرد خانواده‌ها، ترویج اصول صحیح سالم‌سازی سبزیجات و دیگر محصولات کشاورزی خوراکی می‌تواند از راهکارهای کاهش آلودگی انگلی در جامعه باشد.

با توجه به نتایج ارائه شده و با انجام آزمون آماری کروسکال والیس H مشخص گردید که بین میانگین کارایی سیستم های مورد بررسی(نیزار مصنوعی و برکه تثبیت) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P_{value}>0/05$). و راندمان هر دو سیستم مذکور در حذف پارامترهای مورد بررسی تقریباً برابر و معادل ۱۰۰ درصد است. با توجه به اینکه زمان ماند طولانی و در نتیجه ته‌نشینی، مکانیسم غالب و اصلی حذف تخم انگل و کیست تک یاخته‌ها است لذا در صورت طراحی و راهبری مناسب، برکه‌های تثبیت می‌توانند بالاترین کارایی را از خود نشان دهند و علاوه بر زمان ماند بالا، اشعه خورشیدی، pH بالا ناشی از بیومس جلبکی و وجود میکروارگانیسم‌های شکارچی می‌توانند از فاکتورهای مؤثر دیگر در حذف تخم انگل و کیست تک‌یاخته در این سیستم باشند. در سیستم نیزار مصنوعی، فیلتراسیون و جذب توسط ریشه گیاهان باعث ایجاد شرایطی مناسب برای حذف تخم انگل و کیست تک یاخته‌ها شده است [۷ و ۱۲]. در تصفیه‌خانه فاضلاب قصرشیرین، علاوه بر وجود بیش از ۱۲ نیزار، دو برکه بی‌هوازی به‌صورت موازی در ابتدای سیستم قرار گرفته‌اند که باعث دخالت دادن فاکتور زمان ماند بالا در حذف تخم انگلها می‌شوند. زیرا حتی در سیستم برکه تثبیت، بالاترین میزان حذف تخم انگلها در برکه‌های بی‌هوازی اتفاق می‌افتد [۱۷]. نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات مشابه، همخوانی دارد. در مطالعه آماهمید و همکاران[1] و همچنین در بررسی اربابی و زاهدی، راندمان حذف تخم نماتودها در برکه‌های تثبیت، ۱۰۰ درصد گزارش شده است [۱۷ و ۲۰]. گریماسون و همکاران[2] در مطالعه در کنیا و فرانسه، راندمان حذف کیست‌های *ژیاردیا* توسط برکه‌های تثبیت را کمتر از ۱۰۰ درصد گزارش کرده‌اند، دلیل این امر طراحی نامناسب و زمان ماند ناکافی اعلام شده است [۲۱]. در تحقیق الیس و همکاران[3] در انگلستان مشخص شد که راندمان حذف تخم انگلها توسط برکه‌های تثبیت به ۱۰۰درصد نمی‌رسد [۲۲]. بن اید و همکاران[4] با انجام مطالعه خود در تونس نشان دادند که از پنج تصفیه‌خانه فاضلاب با سیستم برکه تثبیت، ۳ تصفیه‌خانه آن دارای راندمان ۱۰۰درصد در حذف تخم انگل بودند درحالی که ۲ تصفیه‌خانه دیگر، چنین وضعیتی نداشتند و علت را ناکافی بودن زمان ماند بیان نموده‌اند. علاوه بر آن هیچ کدام از این پنج تصفیه‌خانه قابلیت زدایش کامل (راندمان ۱۰۰ درصد) کیست تک یاخته‌ها را نداشتند [۲۳]. در مطالعه رینوسو و همکاران[5]، کارایی سیستم نیزار مصنوعی در حذف کیست *ژیاردیا* بیشتر از برکه تثبیت بوده و ۹۷ درصد اعلام شده است [۲۴]. در مطالعه پاتریکا و همکاران[6] کارایی حذف تخم انگلها، ۱۰۰درصد گزارش شده است [۱۲]. با توجه به نتایج مشخص شد که میانگین تعداد تخم انگل نماتود در پساب خروجی سیستم نیزار مصنوعی کمتر از یک عدد در لیتر است در حالی که هیچ نوع تخم انگل نماتودی در پساب خروجی از برکه‌های تثبیت گیلانغرب و اسلام آباد غرب مشاهده نگردید.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مذکور باید وضعیت آلودگی انگلی فاضلاب شهرهای استان کرمانشاه مورد توجه ویژه قرار گیرد و منشأ این آلودگی بررسی شود. در راستای تأمین این هدف کلی، فعال بودن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرهای مورد بررسی و بهره‌برداری بهینه آنها باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین برای کاهش ابتلا به بیماری‌های انگلی باید از آبیاری محصولات کشاورزی با فاضلاب خام خودداری شود. ارتقای سطح آگاهی بهداشتی مردم و ایجاد تغییرات عمده در نگرش و عملکرد خانواده‌ها، ترویج اصول صحیح سالم‌سازی سبزیجات و دیگر محصولات کشاورزی خوراکی می‌تواند از راهکارهای کاهش آلودگی انگلی در جامعه باشد. در ارتباط با کارایی سیستم‌های طبیعی در حذف آلودگی انگلی می‌توان اظهار کرد که کارایی سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب مانند برکه تثبیت و نیزار مصنوعی در صورت بهره‌برداری مناسب، در حذف تخم انگلهای نماتود بسیار بالا بوده و در نتیجه به‌راحتی می‌توانند از این نظر، استانداردهای لازم را شاخص انگلبرگ: تعداد تخم نماتود: ۱≥ در لیتر) برآورده نمایند.

۶- قدردانی

به این وسیله نویسندگان این مقاله از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمانشاه به‌خاطر تأمین هزینه‌های مالی این طرح تحقیقاتی (با شماره ثبت ۸۸۰۹۱)، کارکنان محترم شرکت آب و فاضلاب استان کرمانشاه و مسئولان تصفیه‌خانه‌ها، به‌خاطر همکاری در انجام این تحقیق، تشکر وقدردانی می‌نمایند.

[1] Amahmid et al.
[2] Grimason et al.
[3] Ellis et al.
[4] Ben Ayed et al.
[5] Reinoso et al.
[6] Patricia et al.

۷- مراجع

1- Tchobanoglus, G., and Burton, F.L. (2003). *Wastewater engineering*, 4th Ed., McGraw Hill, Metcalf and Eddy, New York.

2- Donald, R., and Rowem, I. (1995). *Handbook of wastewater reclamation and reuse*, 1th Ed., CRC Press, Boca Raton.

3- Weizhen, L.u., and Andrew, A.Y. (2003). "A Preliminary study on potential of developing shower/aundry wastewater reclamation and reuse system." *Chemosphere*, 52, 1451-1459.

4- Papaiacovou, I. (2001). "Case study-wastewater reuse in Limassol as an alternative water source." *Desalination*, 138, 55-59.

5- Kalavrouziotis, I.K., and Apostolopoulos, C.A. (2007). "An integrated environmental plan for the reuse of treated wastewater effluents from WWTP in urban areas." *Building and Environmental*, 42, 1862-1868.

6- Carr, R. (2005). *Guideline for safe wastewater use –more than just numbers*, *irrigation and drainage*, WHO., California, America.

7- Bitton, G. (2005). *Wastewater microbiology*, 3th Ed., John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

8- Palese, A.M. (2009). "Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: Effect on microbiological quality of soil and fruits." *Agriculture,Ecosystems and Environment*, 129, 43-51.

9- Lubello, C. (2004). "Municipal-treated wastewater ruse for plant nurseries irrigation." *Water Research*, 38, 2939-2947.

10- Gupta, N., Khan, D.K., and Santra, S.C. (2009). "Prevalence of intestinal helminth eggs on vegetables grown in wastewater-irrigated areas of Titagarh, west Bengal, India." *Food Control*, 20, 942-945.

11- Miranzadeh, M.B., and Mahmoudi, S. (2002). "Investigation into the removal of nematodes eggs in influent and effluent of shoosh wastewater treatment plant." *J. of Water and Wastewater,* 42, 32-36. (In Persian)

12- Patricia, M., Ivan, B., Gemma, A., and Estanislao, D. L. (2008). "Removal of wastewater pathogen indicators in a constructed wetland in Leon, Spain." *Ecological Engineering*, 33, 252-257.

13- Matteus, F.A. (2000). *Water management and conservation in arid climates*, Technomic Publishing, USA.

14- Molleda, P., Blanco, I., Ansola, G., and Luis, D.E. (2003). "Removal of wastewater pathogen indicators in a constructed wetland in Leon, Spain." *Ecological Engineering*, 33, 252-257.

15- Rachei, M., and Mara, D. (1996). *Analysis of wastewater for use in agriculture-A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques*, WHO, USA.

16- Mahvi, A.H., and Kia, E.B. (2006). "Helminthes eggs in raw and treated wastewater in the Islamic Republic of Iran." *Eastern Mediterranean Health*, 12, 137-143.

17- Arbabi, M., and Zahedi, M. R. (1998). "Performance evaluation of stabilization ponds in urban wastewater treatment (in cooling climate)." *Second Congress of Environmental Health*, University of Medical Sciences, Kerman, Iran. (In Persian)

18- Jimenez, B. (2007). "Helminthes (worms) eggs control in wastewater and sludge." *International Symposium on New Directions in Urban Water Management*, UNESCO, Paris.

19- Zamo, A.C., Belghyti, D., Lyagoubi, M., and Elkharrim, K. (2003). "Parasitological analysis of the untreated wastewater of the Ville Haute' urban emissary (Maamora district, Kenitra, Morocco)." U.S. *National Library of Medicine National Institutes of Health*, 13(4), 269-272.

20- Amahmid, O., Asmama, S., and Bouhoum, K. (2001). "Urban wastewater treatment in stabilization ponds: Occurrence and removal of pathogens." *Urban Water*, 4(3), 252-262.

21- Grimason, A.M., Wiandt, S., Baleux, B., Thitai, W.N., Bontoux, J., and Smith, H.V. (1996). "Occurrence and removal of *Giardia sp. cysts* by Kenyan and French waste stabilization pond systems." *Water Sci. Technol*., 33 (7), 83-89.

22- Ellis, K. V., Rodrigues, P. C. C., and Gomez, C. L. (1993). "*Parasite ova* and *cysts* in waste stabilization ponds." *Water Research*, 27 (9), 1455-1460.
23- Ben Ayed, L., Schijven, J. A., Jemli, Z., and Sabbahi, S. M. (2009). "Presence of parasitic protozoa and helminth in sewage and efficiency of treatment in Tunisia." *Parasitol Res.*, 105, 393-406.
24- Reinoso, R., Alexandra Torres, L., and Bécares, E. (2008). "Efficiency of natural systems for removal of bacteria and pathogenic parasites from wastewater." *Science of Total Environmental*, 34, 80-86.