بررسی راندمان برکه‌های تثبیت در حذف تخم انگلها و کلیفرمهای مدفوعی

حسین موحدیان عطار*، بیژن بینا**، محسن اربابی***

خلاصه

در این تحقیق کارآیی برکه‌های تثبیت فاضلاب به عنوان یک روش ساده و ارزان قیمت تصفیه فاضلاب، در حذف تخم انگلها و کلیفرمهای مدفوعی و رسیدن به استاندارد سازمان بهداشت جهانی در مورد کیفیت میکروبیولوژیکی فاضلاب به منظور استفاده مجدد در آبیاری محدود و نامحدود بررسی شد. در این بررسی که بر روی برکه‌های تثبیت پولادشهر اصفهان انجام گرفت، تعداد تخم انگلهای نماتود، سستود و ترماتود (با استفاده از روش جدید بایلنجر[1] با لام شمارش مک مستر[2] برای فاضلاب خام و روش لیدز ۳[3] با لام شمارش سجویک[4] برای پساب خروجی) و نیز تعداد کلیفرمهای کل و مدفوعی شمارش گردید. همچنین در این مطالعه رابطه بین زمان ماند فاضلاب در برکه‌ها، میزان بارآلی سطحی، غلظت BOD_5 و pH با میزان حذف تخم انگلها و کلیفرمهای مدفوعی بررسی شد. نتایجی که از این مطالعه بدست آمد مشخص می‌کند که پساب برکه‌های تثبیت پولادشهر با استاندارد سازمان بهداشت جهانی در مورد حذف تخم انگلها و کلیفرمهای مدفوعی مطابقت داشته است.

واژه‌های کلیدی

برکه‌های تثبیت فاضلاب، کلیفرمهای مدفوعی، تخمهای انگل، استفاده مجدد پساب.

مقدمه

استفاده مجدد از پساب به منظور آبیاری محصولات کشاورزی یا پرورش ماهیان، می‌تواند هم به تولید غذا و هم به دفع صحیح فضولات کمک کند، ولی وقتی که از پساب برای آبیاری محصولات کشاورزی استفاده می‌شود نکات بهداشتی مقتضی باید جهت جلوگیری از بیماریهایی که ممکن است از طریق غذاهای آلوده به فاضلاب منتقل شوند در نظر گرفته شود. فاضلاب خام می‌تواند محتوی آلودگی زیاد انگلی یا باکتریایی باشد و این آلودگیها در صورت عدم رعایت مسایل بهداشتی در استفاده مجدد از پساب، به راحتی می‌توانند در سطح جامعه انتشار یابند. از طرفی می‌توان گفت که بهترین روش شناخت میزان آلودگی افراد جامعه به انگلها، شمارش تخم انگل در فاضلاب می‌باشد. اطلاع از تعداد تخم انگلها و بازده حذف آنها در واحدهای مختلف فرایند تصفیه فاضلاب، برای تصمیم‌گیری در مورد پیش‌بینی واحدهای مختلف مورد نیاز تصفیه‌خانه ضروری است.

بنابراین در استفاده مجدد از پساب برای آبیاری کشاورزی با توجه به شاخص انگلبرگ و دستورالعملهای میکروبیولوژیکی سازمان بهداشت جهانی در مورد تعداد تخم انگلها و کلیفرمهای مدفوعی، رعایت استانداردها در این زمینه الزامی است. جدول ۱ استاندارد سازمان بهداشت جهانی در مورد استفاده مجدد از پساب برای آبیاری کشاورزی را نشان می‌دهد.

اصولاً برای تصفیه فاضلاب که منشأ اصلی عفونتهای انگلی و باکتریایی است روشهای مختلفی وجود دارد که اکثر این روشها از نظر اقتصادی احتیاج به بودجه گزاف و از لحاظ فنی نیاز به تخصص فنی بالا دارند، لذا لازم است با توجه به کمبود افراد متخصص در این زمینه و کمبود امکانات فنی و با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی، مناسبترین راه را انتخاب کرد. مطالعه مقالات و کتابهای علمی در این زمینه نشان میدهد که از بین سیستمهای مختلف تصفیه فاضلاب، سیستم برکه‌های تثبیت به راحتی می‌توانند باکتریها را تا ۹۹/۹۹۹ درصد، ویروسها را تا ۹۹/۹۹ درصد، کیستهای پروتوزوآ را ۱۰۰ درصد و تخمهای انگل را تا ۱۰۰ درصد حذف نماید [۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰].

جدول شماره ۱ : استاندارد کیفیت میکروبیولوژیکی توصیه شده برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی (۱۹۹۲)

شرایط استفاده مجدد	گروه در تماس	نماتودهای روده‌ای ۱ (میانگین‌حسابی تعداد تخم در هر لیتر)	کلیفرمهای مدفوعی (میانگین هندسی در ۱۰۰ میلی‌متر)
آبیاری نامحدود (محصولاتی که معمولاً نپخته خورده می‌شوند. میادین ورزشی، پارکهای عمومی)	کارکنان، عموم مصرف کنندگان	≤ ۱	≤ ۱۰۰۰[2]
آبیاری محدود* (محصولات غله‌ای، محصولات صنعتی، محصولات علوفه‌ای، درختان میوه و چراگاهها)[3]	کارکنان	≤ ۱	هیچ استانداردی توصیه نشده است

۱ـ آسکاریس لامبریکوئیدس، تریکوریس تریکورا و کرم قلابدار

۲ـ شاخص شدیدتر (≤ ۲۰۰ کلیفرم مدفوعی در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر) برای چمنزارهای عمومی مناسب می‌باشد. مثل چمن هتلها، جایی که مردم در تماس مستقیم با آن قرار می‌گیرند.

۳ـ در مورد درختان میوه، آبیاری بایستی دو هفته قبل از برداشت میوه متوقف شود و هیچ میوه‌ای نبایستی از روی زمین برداشته شود. آبیاری افشان نبایستی مورد استفاده قرار گیرد.

* لازم به یادآوری است که آیرس و همکارانش در سال ۱۹۹۲ تعداد تخم انگلها را برای آبیاری محدود تا میزان ۱۰ عدد تخم در هر لیتر نیز ذکر کرده‌اند.

*ـ عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت اصفهان

**ـ عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت اصفهان

***ـ عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

1-Bailenger
2- McMaster
3- Leeds II
4- Sedgewick-Rafter

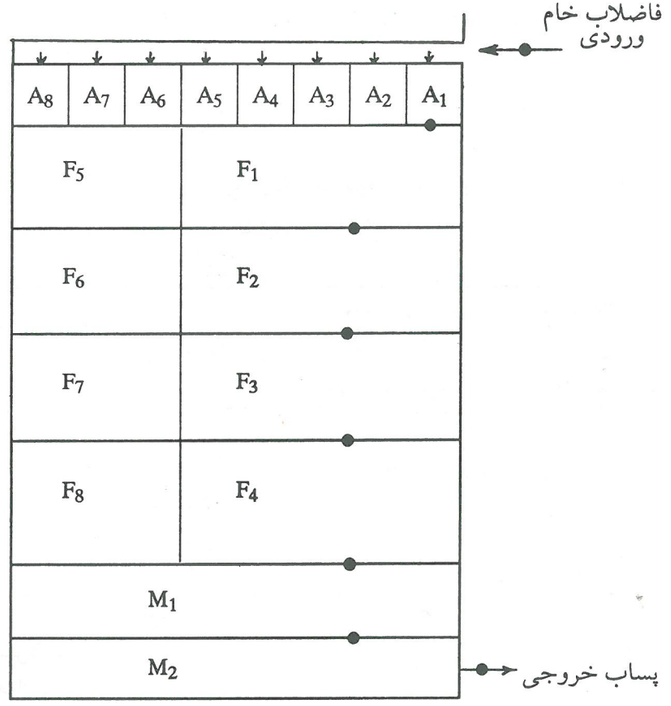
مواد و روش کار

جهت نمونه‌برداری از برکه‌های تثبیت پولادشهر یک ردیف استخرهای سری انتخاب شدند. یعنی یک برکه بیهوازی، چهار برکه اختیاری و دو برکه تکمیلی. تصفیه‌خانه بیولوژیکی پولادشهر مجموعاً دارای ۱۸ برکه می‌باشد که در دو ردیف موازی به صورت سری عمل می‌کنند (یک برکه بیهوازی، چهار برکه اختیاری و دو برکه تکمیلی پشت سرهم به صورت سری قرار گرفته‌اند) شکل ۱. نمونه به صورت لحظه‌ای و هفته‌ای یک روز از فاضلاب خام ورودی به استخرهای بیهوازی و از خروجی هر کدام از استخرهای انتخاب شده به مدت ۶ ماه برداشته شد.

درجه حرارت نمونه‌ها توسط دماسنج جیوه‌ای در محل نمونه‌گیری، اندازه‌گیری شده و بقیه پارامترها پس از حمل نمونه‌ها به آزمایشگاه مورد آزمایش قرار می‌گرفتند.

آزمایشاتی که بر روی فاضلاب خام ورودی به برکه‌ها و پساب خروجی از آنها انجام گرفت، شامل: شمارش تعداد تخم انگلها، شمارش تعداد کلیفرمهای کل و مدفوعی و آزمایش BOD_5 و pH بود.

آزمایش BOD_5 با استفاده از روش یدومتری وینکلر و آزمایش pH با استفاده از دستگاه pH متر الکتریکی انجام گرفت[۱۱].



A = استخر بیهوازی

F = استخر اختیاری

M = استخر تکمیلی

شکل شماره ۱ : ترتیب قرارگرفتن استخرها و محلهای نمونه‌برداری در تصفیه‌خانه بیولوژیکی پولادشهر

شمارش و شناسایی کلیفرمهای کل و مدفوعی با استفاده از روش تخمیر چند لوله‌ای انجام شد. روش آزمایش، آزمایش استاندارد کلیفرمها با روش MPN می‌باشد که شامل آزمایشات احتمالی، تأییدی و تکمیلی کلیفرمهاست. آزمایش مرحله احتمالی در حقیقت نشان دهنده اندیکس MPN و کل کلیفرمهاست که از محیط کشت لاکتوز برات ۰/۵٪ به صورت یک غلظتی استفاده می‌شود. بعد از ترقیق لازم، نمونه‌های مورد نظر به محیط کشتهای فوق تلقیح شده و حداکثر بعد از ۴۸ ساعت در انکوباتور با حرارت ۰/۵± ۳۷، جواب با استفاده از جدول MPN محاسبه می‌شود. برای تعیین تعداد کلیفرمهای مدفوعی از محیط کشت تریپتون واتر و محیط کشت بریلیانت گرین با لوله دورهام همزمان با هم استفاده شد، بدین ترتیب که از لوله‌های مثبت مرحله احتمالی به هر کدام از محیطهای فوق یک قطره تلقیح کرده و بعد از ۲۴ ساعت در انکوباسیون با درجه حرارت ۴۴/۵ درجه سانتیگراد نتیجه با استفاده از جدول MPN محاسبه می‌شود [۱۳،۱۲].

برای شمارش تعداد تخم انگلها در فاضلاب خام از روش بایلنجر و در پساب از روش لیدز ۲ استفاده شد.

روش بایلنجر احتیاج به چهار نمونه یک لیتری در هر آزمایش دارد و در این روش جهت شمارش از لام مک مستر استفاده می‌شود. این لام که اصلاح شده مک مستر می‌باشد دارای حفره‌ای در وسط لام بوده که ۱/۵mm عمق دارد. لام فوق دارای یک شیشه جداگانه بوده که به شش قسمت مساوی کادر بندی شده است، این کادر دارای مساحت ۱×۱ سانتیمتر بوده و حجم منطقه شمارش ۰/۱۵ میلی‌لیتر میباشد. این لام ساخت شرکت بین‌المللی علمی وبر انگلستان[1] است.

روش لیدز ۲ نیز احتیاج به چهار نمونه یک لیتری در هر آزمایش داشته و از لام شمارش سجویک استفاده می‌شود. این لام دارای عمق ۱mm و مساحت ۲۰×۵۰ میلیمتر و حجم ۱۰۰ میلیمتر مکعب می‌باشد، سطح داخلی لام به مساحتهای کوچک ۱×۱ میلیمتر تقسیم‌بندی شده تا عمل شمارش راحت‌تر و دقیق‌تر صورت گیرد. این لام ساخت شرکت گراتیکولس انگلستان[2] است.

نتایج و بحث

جدول ۲ عمق، مساحت و زمان ماند تئوریکی در برکه‌های تثبیت پولادشهر را نشان می‌دهد. میانگین شش ماهه BOD_5 فاضلاب خام ورودی به برکه‌ها و پساب خروجی از حوضچه تکمیلی M2 به ترتیب ۲۰۶ و ۱۵/۶ میلی‌گرم در لیتر و راندمان‌حذف آن ۹۲/۴۲ درصد می‌باشد جدول ۳.

1-Weber Scientific International Ltd.
2-Graticules Limited

جدول شماره ۲ : عمق، مساحت و زمان ماند تئوریکی در استخرهای تثبیت پولادشهر

حوضچه	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	M_1	M_2
عمق بر حسب متر	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹
مساحت‌برحسب هکتار	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱	۱	۱	۱	۱/۹	۱/۹
زمان‌ماندتئوریکی برحسب روز	۲/۱۲	۲/۱۲	۲/۱۲	۲/۱۲	۲/۱۲	۲/۱۲	۲/۱۲	۲/۱۲	۳/۷۳	۳/۷۳	۳/۷۳	۳/۷۳	۴/۱۴	۴/۱۴	۴/۱۴	۴/۱۴	۲/۸۹	۲/۸۹

جدول شماره ۳ : خلاصه نتایج آزمایشات BOD_5 (mg/L) ,pH و مقادیر بار آلی سطحی (λ s.kg BOD_5/ha.day)
در برکه‌های تثبیت پولادشهر از تاریخ ۱۳۷۲/۱۲/۱ لغایت ۱۳۷۳/۵/۳۱

محل نمونه‌برداری	میانگین حسابی			راندمان حذف
	BOD_5	pH	λs	BOD_5
فاضلاب خام ورودی	۲۰۶	۷/۳۷	–	
خروجی از حوضچه A_1	۷۶/۲۴	۷/۳۲	–	٪۶۲/۹۹
خروجی از حوضچه F_1	۶۴/۴۹	۷/۲۷	۳۶۱/۱۵	٪۱۵/۴۱
خروجی از حوضچه F_2	۵۲/۱۵	۷/۵۹	۲۹۲/۱۰	٪۱۹/۱۳
خروجی از حوضچه F_3	۴۲/۴	۷/۷۲	۲۳۷/۴۸	٪۱۸/۷۰
خروجی از حوضچه F_4	۲۹/۶۳	۷/۹	۱۶۵/۹۵	٪۳۰/۱۱
خروجی از حوضچه m_1	۲۰/۰۳	۸/۱۳	۱۲۶/۲۱	٪۳۲/۴۰
خروجی از حوضچه m_2	۱۵/۶	۸/۲۷	۹۸/۲۱	٪۲۲/۱۱
راندمان کلی	–	–	–	٪۹۲/۴۲

میانگین pH در فاضلاب خام و پساب خروجی از برکه تکمیلی M2 به ترتیب ۷/۳۷ و ۸/۲۸ می‌باشد. میانگین هندسی شش ماهه کلیفرمهای کل و مدفوعی در فاضلاب خام ورودی به برکه‌ها به ترتیب $۲/۸\times۱۰^{۸}$ و $۶/۶\times۱۰^{۷}$ و در پساب خروجی از برکه تکمیلی M2 به ترتیب $۲/۱\times۱۰^{۳}$ و ۷×۱۰^{۲} کلیفرم درصد میلی‌لیتر است. راندمان حذف برای کلیفرمهای کل در برکه‌های پولادشهر ۹۹/۹۹۹۲ درصد و برای کلیفرمهای مدفوعی ۹۹/۹۹۸۹ درصد می‌باشد جدول ۴ و ۵.

میانگین حسابی شش ماهه تعداد تخمهای انگل در فاضلاب خام و پساب خروجی از برکه تکمیلی M2 به ترتیب ۲۵/۸۹ و صفر عدد در یک لیتر می‌باشد. راندمان حذف تخم انگلها در این برکه‌ها ۱۰۰ درصد بوده است. جدول ۶.

در این مطالعه همچنین رابطه بین زمان ماند فاضلاب در برکه‌ها، میزان بار آلی سطحی، غلظت BOD_5 و مقدار pH با میزان مرگ و میر کلیفرمهای مدفوعی و درصد حذف تخم انگلها از نقطه نظر آماری بررسی شد. این آنالیزها نشان می‌دهد که میزان مرگ و میر کلیفرمهای مدفوعی و تعداد تخمهای انگل با pH و زمان ماند در برکه‌ها رابطه مستقیم دارد، یعنی هر چه pH فاضلاب به علت فعالیت فتوسنتزی آلگها و تولید اکسیژن توسط آنها و مصرف CO_2 آزاد فاضلاب بیشتر شود میزان نابودی کلیفرمهای مدفوعی و تخمهای انگل نیز زیادتر می‌شود و همچنین با افزایش زمان ماند در برکه‌ها میزان مرگ و میر کلیفرمها و تخم انگلها افزایش می‌یابد. لازم به توضیح است که مقدار pH فاضلاب فقط در روز اندازه‌گیری شده است.

جدول شماره ۴ : میانگین هندسی ماهانه کلیفرمهای مدفوعی در برکه‌های تثبیت پولادشهر

ماه	اسفند ۱۳۷۲	فروردین ۱۳۷۳	اردیبهشت ۱۳۷۳	خرداد ۱۳۷۳	تیر ۱۳۷۳	مرداد ۱۳۷۳	میانگین هندسی
درجه حرارت متوسط ماهانه نمونه (c°)	۱۳/۶	۱۶/۲۴	۱۸/۹۳	۲۱/۶۴	۲۳/۳۹	۲۴/۷۵	۶ ماهه
	میانگین هندسی ماهانه کلیفرمهای مدفوعی (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)						
فاضلاب خام ورودی	$۲/۵\times۱۰^{۷}$	$۳/۲\times۱۰^{۷}$	$۹/۵\times۱۰^{۷}$	$۸/۲\times۱۰^{۷}$	$۹/۵\times۱۰^{۷}$	$۱/۴\times۱۰^{۸}$	$۶/۶\times۱۰^{۷}$
خروجی از حوضچه A_1	$۱/۱\times۱۰^{۷}$	$۱/۲\times۱۰^{۷}$	$۲/۸\times۱۰^{۷}$	$۲/۳\times۱۰^{۷}$	$۲/۱\times۱۰^{۷}$	$۲/۸\times۱۰^{۷}$	$۱/۹\times۱۰^{۷}$
خروجی از حوضچه F_1	$۶/۴\times۱۰^{۶}$	$۴/۱\times۱۰^{۶}$	$۸/۸\times۱۰^{۶}$	$۷/۷\times۱۰^{۶}$	$۵/۷\times۱۰^{۶}$	$۶/۸\times۱۰^{۶}$	$۶/۴\times۱۰^{۶}$
خروجی از حوضچه F_2	$۲/۶\times۱۰^{۶}$	$۸/۹\times۱۰^{۵}$	$۱/۷\times۱۰^{۶}$	$۱/۷\times۱۰^{۶}$	$۱/۲\times۱۰^{۶}$	$۱/۳\times۱۰^{۶}$	$۱/۵\times۱۰^{۶}$
خروجی از حوضچه F_3	$۵/۱\times۱۰^{۵}$	$۱/۵\times۱۰^{۵}$	$۲/۹\times۱۰^{۵}$	$۳/۳\times۱۰^{۵}$	۲×۱۰^{۵}	$۲/۲\times۱۰^{۵}$	$۲/۶\times۱۰^{۵}$
خروجی از حوضچه F_4	$۸/۸\times۱۰^{۴}$	$۲/۶\times۱۰^{۴}$	$۴/۶\times۱۰^{۴}$	$۴/۶\times۱۰^{۴}$	$۲/۹\times۱۰^{۴}$	۳×۱۰^{۴}	۴×۱۰^{۴}
خروجی از حوضچه m_1	$۱/۴\times۱۰^{۴}$	$۴/۵\times۱۰^{۳}$	$۶/۸\times۱۰^{۳}$	$۵/۸\times۱۰^{۳}$	۴×۱۰^{۳}	$۳/۹\times۱۰^{۳}$	$۵/۸\times۱۰^{۳}$
خروجی از حوضچه m_2	۲×۱۰^{۳}	$۷/۴\times۱۰^{۲}$	$۵/۸\times۱۰^{۲}$	$۵/۶\times۱۰^{۲}$	۵×۱۰^{۲}	$۴/۷\times۱۰^{۲}$	۷×۱۰^{۲}
راندمان کلی	٪۹۹/۹۹۲۰	٪۹۹/۹۹۸۰	٪۹۹/۹۹۹۰	٪۹۹/۹۹۹۱	٪۹۹/۹۹۹۴	٪۹۹/۹۹۹۶	٪۹۹/۹۹۸۹

جدول شماره ۵ : میانگین هندسی ماهانه کلیفرمهای کل در برکه‌های تثبیت پولادشهر

ماه	اسفند ۱۳۷۲	فروردین ۱۳۷۳	اردیبهشت ۱۳۷۳	خرداد ۱۳۷۳	تیر ۱۳۷۳	مرداد ۱۳۷۳	میانگین هندسی
درجه حرارت متوسط ماهانه نمونه (c°)	۱۳/۶	۱۶/۲۴	۱۸/۹۳	۲۱/۶۴	۲۳/۳۹	۲۴/۷۵	۶ ماهه
	میانگین هندسی ماهانه کلیفرمهای کل (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)						
فاضلاب خام ورودی	$۶/۱\times۱۰^{۷}$	$۹/۲\times۱۰^{۷}$	$۱/۷\times۱۰^{۸}$	$۳/۸\times۱۰^{۸}$	$۹/۷\times۱۰^{۸}$	$۱/۳\times۱۰^{۹}$	$۲/۸\times۱۰^{۸}$
خروجی از حوضچه A_1	$۲/۱\times۱۰^{۷}$	$۱/۵\times۱۰^{۷}$	$۳/۴\times۱۰^{۷}$	$۷/۵\times۱۰^{۷}$	$۱/۷\times۱۰^{۸}$	$۲/۲\times۱۰^{۸}$	$۵/۶\times۱۰^{۷}$
خروجی از حوضچه F_1	$۱/۲\times۱۰^{۷}$	$۴/۵\times۱۰^{۶}$	۱×۱۰^{۷}	$۱/۵\times۱۰^{۷}$	$۳/۶\times۱۰^{۷}$	$۴/۴\times۱۰^{۷}$	$۱/۵\times۱۰^{۷}$
خروجی از حوضچه F_2	$۲/۸\times۱۰^{۶}$	$۱/۲\times۱۰^{۶}$	$۲/۲\times۱۰^{۶}$	$۲/۶\times۱۰^{۶}$	$۶/۸\times۱۰^{۶}$	$۷/۹\times۱۰^{۶}$	$۳/۲\times۱۰^{۶}$
خروجی از حوضچه F_3	$۵/۵\times۱۰^{۵}$	$۲/۶\times۱۰^{۵}$	$۴/۳\times۱۰^{۵}$	$۴/۴\times۱۰^{۵}$	$۱/۱\times۱۰^{۶}$	$۱/۳\times۱۰^{۶}$	$۵/۸\times۱۰^{۵}$
خروجی از حوضچه F_4	۱×۱۰^{۵}	$۶/۱\times۱۰^{۴}$	$۷/۲\times۱۰^{۴}$	$۶/۵\times۱۰^{۴}$	$۱/۴\times۱۰^{۵}$	$۱/۷\times۱۰^{۵}$	$۹/۴\times۱۰^{۴}$
خروجی از حوضچه m_1	$۱/۸\times۱۰^{۴}$	$۱/۳\times۱۰^{۴}$	$۱/۲\times۱۰^{۴}$	$۸/۷\times۱۰^{۴}$	$۱/۶\times۱۰^{۴}$	$۲/۲\times۱۰^{۴}$	$۲/۱\times۱۰^{۴}$
خروجی از حوضچه m_2	$۳/۱\times۱۰^{۳}$	$۲/۷\times۱۰^{۳}$	۲×۱۰^{۳}	$۱/۱\times۱۰^{۳}$	$۱/۷\times۱۰^{۳}$	$۲/۵\times۱۰^{۳}$	$۲/۱\times۱۰^{۳}$
راندمان کلی	٪۹۹/۹۹۵۰	٪۹۹/۹۹۷۰	٪۹۹/۹۹۹۰	٪۹۹/۹۹۹۰	٪۹۹/۹۹۹۸	٪۹۹/۹۹۹۸۱	٪۹۹/۹۹۹۲

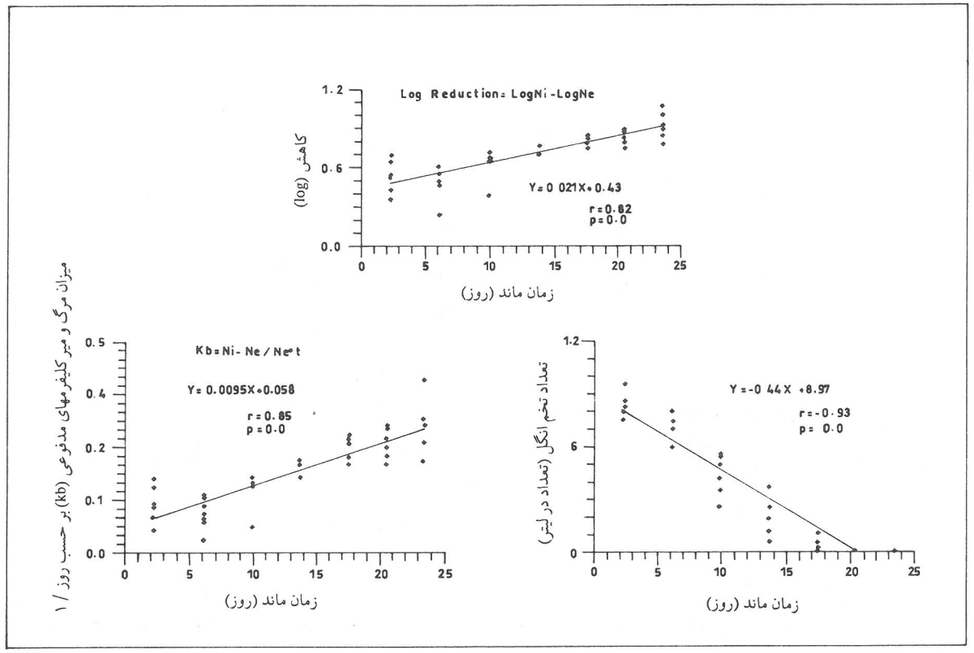
جدول شماره ۶ : خلاصه نتایج شمارش تخم انگل در برکه‌های تثبیت پولادشهر
از تاریخ ۱۳۷۲/۱۲/۱ لغایت ۱۳۷۳/۵/۳۱

محل نمونه‌برداری	تعداد متوسط تخم انگل در یک لیترفاضلاب			راندمان حذف برای تخمهای نماتود
	نماتود	سستود	ترماتود	
فاضلاب خام ورودی	۲۵/۸۹	۱/۲	۰	–
خروجی از حوضچه A_1	۸/۲۹	۰	۰	٪۶۸
خروجی از حوضچه F_1	۷/۰۵	۰	۰	٪۷۲/۸
خروجی از حوضچه F_2	۴/۳۶	۰	۰	٪۸۳/۲
خروجی از حوضچه F_3	۲/۰۲	۰	۰	٪۹۲/۲
خروجی از حوضچه F_4	۰/۳۱	۰	۰	٪۹۸/۸
خروجی از حوضچه m_1	۰/۰۱	۰	۰	٪۹۹/۹۶
خروجی از حوضچه m_2	۰	۰	۰	٪۱۰۰

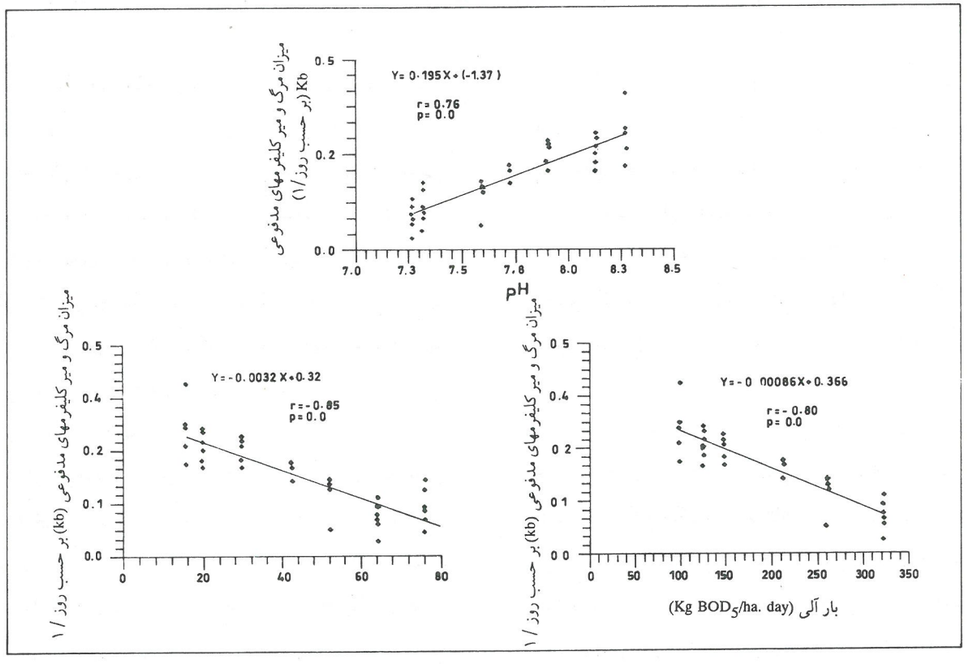
میزان مرگ و میر کلیفرمهای مدفوعی و تعداد تخمهای انگل با غلظت BOD_5 و بار آلی سطحی در برکه‌ها رابطه معکوس دارد. از آنجایی که باکتریها برای زنده ماندن احتیاج به منابع کربن و نیتروژن دارند، با کم شدن این منابع، منبع غذایی باکتریها نیز از بین رفته و با کمبود مواد غذایی مواجه می‌شوند و در این میان باکتریهای مدفوعی نمی‌توانند در تأمین مواد غذایی خود با سایر باکتریهای پاتوژن به رقابت برخیزند و زودتر از بین می‌روند. بنابراین با کاهش بار آلی فاضلاب (BOD_5) میزان مرگ و میر کلیفرمها و تخمهای انگل افزایش پیدا می‌کند. نمودارهای (۱) و (۲) و (۳) این تأثیرات را نشان می‌دهد.

مطالعات نشان می‌دهد که برکه‌های تثبیت در مقایسه با سیستمهای لجن فعال از راندمان بهتری در زمینه حذف تخمهای انگل و کلیفرمهای مدفوعی برخوردار بوده و می‌توانند به سطح استاندارد سازمان بهداشت جهانی در مورد کیفیت میکروبیولوژیکی پساب جهت آبیاری کشاورزی برسند و استفاده از سیستم برکه‌های تثبیت در جاهایی که زمین فراوان و قابل دسترس وجود دارد منطقی به نظر می‌رسد، به ویژه اگر پساب حاصل از آن به منظور آبیاری زمینهای کشاورزی مصرف شود. از آنجایی که برکه‌های تثبیت در صورت طراحی و بهره‌برداری کارگزاری مناسب به راحتی می‌توانند استاندارد میکروبیولوژیکی پساب را جهت آبیاری کشاورزی برآورده نمایند، استفاده از پساب چنین سیستمهایی در امر آبیاری زمینهای کشاورزی هیچ مشکل بهداشتی در بر نخواهد داشت.

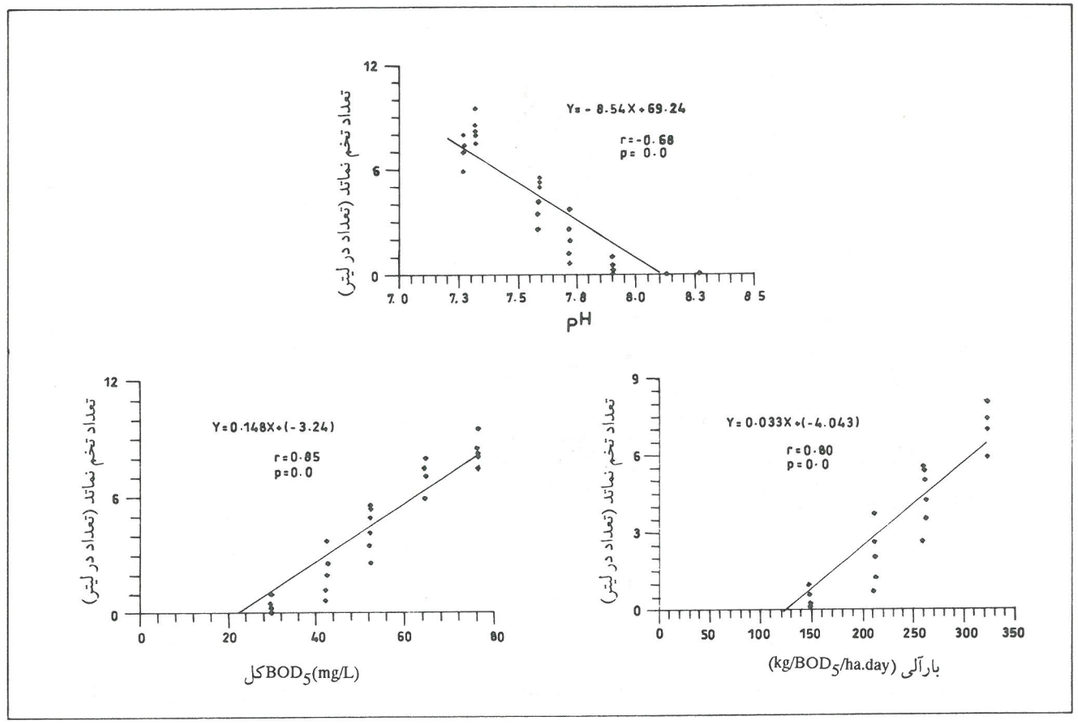
اطلاعات حاصل از مطالعات نشان می‌دهند که میزان مرگ و میر کلیفرمهای مدفوعی متأثر از زمان ماند فاضلاب در برکه‌ها، pH، بار آلی سطحی و غلظت BOD در برکه‌هاست و این پارامترها تأثیر زیادی را در نابودی کلیفرمهای مدفوعی در برکه‌ها دارند. زمان ماند تأثیر زیادی در نابودی تخم انگلها و کلیفرمهای مدفوعی در



نمودار ۱ : ارتباط زمان ماند با کاهش لگاریتمی، میزان مرگ و میر کلیفرمهای مدفوعی و حذف تخمهای انگل در برکه‌های تثبیت پولادشهر



نمودار ۲ : ارتباط pH، غلظت BOD_5 و بار آلی سطحی با میزان مرگ و میر کلیفرمهای مدفوعی در برکه‌های تثبیت پولادشهر



نمودار ۳ : ارتباط pH ، غلظت BOD_5 و بار آلی سطحی با میزان حذف تخم انگلها در برکه‌های تثبیت پولادشهر

برکه‌ها دارد لذا هر چقدر زمان ماند بیشتر شود، کاهش پارازیتها حداکثر خواهد بود، زیرا در چنین حالتی میزان تأثیر اشعه ماورای بنفش خورشید افزایش یافته و ته‌نشینی به خوبی انجام می‌گیرد. نمودار (۱) ارتباط زمان ماند را با حذف کلیفرمهای مدفوعی و تخم انگلها نشان می‌دهد. همانگونه که در نمودار مشاهده می‌شود با افزایش زمان ماند در یک سری از برکه‌ها، کاهش کلیفرمها و تخم انگلها زیاد می‌شود و رابطه معنی‌داری بین زمان ماند و کاهش کلیفرمها و تخم انگلها در برکه‌ها وجود دارد.

البته پارامترهایی همچون BOD ، pH و بار آلی سطحی در برکه‌های تثبیت در ارتباط نزدیک با نابودی تخم انگلها و کلیفرمها هستند. یعنی در یک سری از برکه‌های تثبیت با کاهش BOD به دلیل تجزیه مواد آلی توسط باکتریها و تبدیل آنها به مواد پایدار و معدنی، میزان کلیفرمها و تخم انگلها نیز کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات هم این واقعیت را ثابت می‌کنند. افزایش pH نیز در برکه‌های تثبیت به علت فعالیت آلگها و افزایش جمعیت آنها مخصوصاً در برکه‌های اختیاری و تکمیلی، که توام با کاهش BOD و تثبیت مواد آلی فاضلاب است باعث کاهش تعداد کلیفرمهای مدفوعی می‌شود. بار آلی سطحی هم همان تأثیر BOD را در کاهش کلیفرمها و تخم انگلها دارد. نمودارهای (۲) و (۳) به وضوح این مسئله را مشخص می‌سازند.

بنابراین استفاده از سیستم برکه‌های تثبیت در ایران در جاهایی که زمین قابل دسترس زیاد است به ویژه در شهرهای کوچک و روستاها که از پساب حاصل نیز می‌توانند در امر آبیاری محصولات کشاورزی استفاده کنند مناسب می‌باشد، چون اولاً هزینه احداث چنین سیستمهایی در مقایسه با روشهای دیگر تصفیه پایین بوده و ثانیاً از نظر نگهداری و بهره‌برداری احتیاج به پرسنل

ماهر ندارد. لذا گسترش استفاده از برکه‌های تثبیت بخصوص در سطح روستاها، هم به منظور دفع بهداشتی فاضلاب و هم به منظور استفاده از پساب آن در آبیاری محصولات کشاورزی کاملاً اصولی و مناسب بوده و می‌تواند راهگشای ترفیع و بهبود سطح بهداشت عمومی در کشور باشد و توجه به شاخص انگلبرگ در استفاده مجدد از فاضلاب به منظور آبیاری کشاورزی از ضروریات بوده و مسئولین تصفیه‌خانه‌ها باید در جهت شناخت این استانداردها و معیارها و اجرای دقیق آنها نهایت سعی خود را مبذول دارند.

البته لازم به یادآوری است که همزمان با این تحقیق، مطالعه‌ای هم بر روی میزان حذف تخمهای انگل و کلیفرمهای مدفوعی در تصفیه‌خانه‌های لجن فعال جنوب و شمال اصفهان انجام گرفت و نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از سیستم برکه‌های تثبیت پولادشهر مقایسه شد. که امید می‌رود این قسمت از مطالعات در صورت صلاحدید مجله آب و فاضلاب در شماره‌های آتی آورده شود.

REFERENCES

1- Mara,D.D. Alabaster, G.P. Pearson, H.W. and Mills, S.W. (1992) "Waste Stabilization Ponds", A Design Manual for Eastern Africa.

2- Joe, E. Middlbrooks, (1987) "Design Equation for BOD Removal In Facultative Ponds" pp. 187-193 Jour. Wat. Sci. Tech. vol. 19 No. 12.

3- Pearson, H.W. Mara, D.D. Mills, S.W. (1987) "Physicochemical Parameters Influencing Feacal Bacteria Survival In Waste Stabilization Ponds" pp. 145-152 Jour. Wat. Sci. Tech. Vol.19. No.12.

4- Mara, D.D. and Silva, S.A. (1986)"Removal of Intestinal Nematode Eggs in Tropical Waste Stabilization Ponds" pp. 71-74 Jour. Tropical Medicine and Hygiene.

5- Lakshimina Layana J.S. & Abdulapa M.K., (1972) "The Effect of Sewage Stabilization ponds on Helminths" pp. 290 Central public Health Engineering Institute Nagpour

6- Schwartzbrod, J. Bouhoum, K. and Baleux, B. (1987) "Effects of Lagoon Treatment on Helminth Eggs" pp. 369-371 Jour. Wat. Sci. Tech. Vol.9 No.12

7- Jenny Donasicimento, M. (1987) "Microorganism Removal in Waste Stabilization Ponds in Portugal" pp. 141-144 Jour. Wat. Sci. Tech. Vol.19 No.12

8- Statchwell, M.G. (1986) "An Adaptation of Concentration Techniques for Enumeration of Parasitic Helminth Eggs form Sewage Sludge" pp. 813- 816 Jour.Wat. Res. Vol.20 No.7

9- Dr. Bina, B. Dr. Evison,L.M Thomson, A.J.(1992) An investigation into Time-Temperature Effects on Bacterial Die-off, Report OD/TN 62, HR Wallingford.

10- Dr. Imandel,K. (1992) "Engelberg Guideline Value Survey of Small Communities Sewage Treatment Works Effeluents in Different Areas of Tehran" pp. 41-47 Central-Council Research of Water & Waste Water Ministery of Energy.

11- Standard Methods for Examination of Water & Waste Water, (1992). APHA, AWWA, WPCF.

12- Environmental Enginering Laboratory Methods"(1988) University of Newcastel Upon Tyne Department of Civil Eng.

13- Ayres, R.M, (1984) "Eumeration of Parasitic Helminths in Raw and Treated WasteWater" (A Brief Practical Guide).