نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۶، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۱۶۲-۱۵۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 6, Fall 2012, p. 152-162

امکان‌سنجی استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای در کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری مشهد

سید علی قاسمی[۱]، شهناز دانش[۲*]، امین علیزاده[۳]

چکیده

امروزه در مباحث مدیریت بهینه آب، به خصوص در بخش کشاورزی، به کارگیری منابع آب غیرمتعارف از جمله پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و نیز استفاده از سیستم‌های آبیاری پربازده از قبیل سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای هر چند که نقش به سزایی را در کاهش اتلاف و حفاظت از منابع آب در بخش کشاورزی دارد، ولی برخی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پساب می‌تواند کاربرد آبیاری قطره‌ای را در برنامه‌های آبیاری با پساب محدود سازد. در تحقیق حاضر کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد (اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲) از نقطه نظر پتانسیل ایجاد انسداد و خوردگی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، با ملاک قرار دادن مهم‌ترین شاخص‌های کیفی، مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور در طی یک دوره یک ساله، پساب تصفیه‌خانه‌های شهری مشهد از نقطه نظر پارامترهای pH، غلظت جامدات محلول، جامدات معلق، آهن، منگنز و نیز تراکم کلی فرم‌های کل مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت. مقایسه پارامترهای مذکور با استانداردهای ارائه شده در مراجع نشان داد که کاربرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای جهت آبیاری محصولات کشاورزی با پساب، از نقطه نظر تراکم عوامل میکروبی موجود (در محدوده ۷/۳-۴/۸ لگاریتم تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر) دارای محدودیت شدید است. همچنین کاربری این سیستم‌ها از نقطه نظر سایر پارامترهای کیفی پساب از جمله pH (۸/۰-۷/۳)، غلظت جامدات محلول (۱۲۰۰-۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، غلظت مواد جامد معلق (۱۳۸-۴۲ میلی‌گرم در لیتر)، آهن (۰/۶-۰/۲ میلی‌گرم در لیتر)، منگنز (۰/۴-۰/۱ میلی‌گرم در لیتر) و نیز شاخص اشباع لانگلیر یا LSI (۰/۶-۰/۷-) که به نحوی معرف پتانسیل رسوب گذاری و خورندگی پساب می باشند، با محدودیت کم تا متوسط مواجه است. به منظور کاهش مسائل و مشکلات عملکردی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در آبیاری با چنین پساب‌هایی، استفاده از روش‌های تصفیه پیشرفته مانند روش‌های غشایی، فیلتراسیون و افزودن اسید به صورت دوره‌ای توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پساب، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، کشاورزی، کیفیت آب، مشهد

مقدمه

ایران کشوری وسیع با مساحتی بیش از ۱/۶ میلیون کیلومتر مربع می‌باشد که اقلیم خشک و نیمه خشک، بخش گسترده ای از اراضی آن را تحت پوشش قرار می دهد. عرض جغرافیایی، دوری بسیاری از مناطق از دریا و نحوه پراکنش و توزیع پستی و بلندی‌ها عواملی هستند که موجبات تشدید خشکی را در این منطقه فراهم آورده اند (علیزاده، ۱۳۸۳). میانگین بارندگی در ایران معادل ۲۲۸ میلی متر در سال است که این میزان، کمتر از یک سوم متوسط بارندگی سالانه کره زمین است. علاوه بر عدم یکنواختی بارش، تلفات ناشی از تبخیر سالانه، بین ۷۰۰ میلی متر در سواحل دریای خزر تا بیش از ۴۰۰۰ میلی متر در فلات مرکزی و پهنه ساحلی جنوب در نوسان است (Moameni, 2000). بر این اساس و با توجه به آمار منتشر شده توسط سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد، تنها کمتر از ۱۷ میلیون هکتار از اراضی کشور دارای قابلیت بالقوه برای کشاورزی هستند (کشاورز و صادق زاده، ۱۳۷۹).

تغییرات شاخص سرانه منابع آب تجدید پذیر کشور نیز نشان می دهد که این شاخص طی دهه‌های اخیر به شدت کاهش یافته است، به طوری که مقدار آن از ۵۵۰۰ مترمکعب به ازای هر نفر در سال ۱۳۴۰ به ۲۱۰۰ مترمکعب به ازای هر نفر در سال ۱۳۷۶ رسیده و انتظار می رود که این شاخص تا سال ۱۴۰۰ به کمتر از ۱۳۰۰ مترمکعب به ازای هر نفر تقلیل یابد (علیزاده، ۱۳۸۳). این در حالی است که حداقل سرانه منابع آب تجدید پذیر برای تحقق استانداردهای مورد نیاز یک زندگی سالم ۲۰۰۰ متر مکعب در سال به ازای هر نفر

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: sdanesh@ferdowsi.um.ac.ir)
۳- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

Archive of SID
www.SID.ir

در نظر گرفته می‌شود (Bouwer, 1994). به عقیده محققین، به طور کلی کشورهایی با سرانه منابع آب تجدید پذیر کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب در سال به ازای هر نفر، با تنش آبی دوره ای مواجه هستند (شرکت مهندسی مشاور طوس آب، ۱۳۷۱). بنابراین با استناد به مطالب اخیر می توان چنین بیان نمود که ایران هم اکنون در مرحله تنش آبی قرار دارد و در صورت ادامه این روند، با بحران کمبود آب نیز مواجه خواهد شد. پیش بینی شده که نیاز آبی کشور در سال ۱۳۹۰ به ۱۲۶ میلیارد متر مکعب و در سال ۱۴۰۰ به ۱۵۰ میلیارد متر مکعب برسد که این رقم ۱۰ درصد بیشتر از پتانسیل بالقوه منابع آب تجدید شونده کشور است (علیزاده، ۱۳۸۳).

با توجه به محدودیت‌های کمی و کیفی منابع آب، رشد روز افزون جمعیت و توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، به کارگیری روش‌های مدیریت جامع منابع آب برای به حداقل رساندن اثرات نامطلوب ناشی از بحران آب در کشور امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. افزایش کارایی استفاده از منابع آب از طریق کاربرد سیستم‌های آبیاری مدرن و نیز استفاده از منابع آب غیرمتعارف (از جمله پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب)، از مؤثرترین راه کارهای مدیریتی در استفاده بهینه از منابع آب در بخش کشاورزی به حساب می آید، به گونه ای که در بسیاری از نقاط جهان کاربرد سیستم‌های آبیاری مکانیزه در مدیریت برنامه‌های کاربرد پساب در کشاورزی به طور قابل ملاحظه ای مورد توجه قرار گرفته است (Capra and Scicolone, 2004).

نتیجه مطالعات متعدد نشان داده است که به کارگیری سیستم آبیاری قطره‌ای، اثرات نامطلوب بهداشتی و زیست محیطی ناشی از کاربرد پساب در کشاورزی را به حداقل می رساند. از این رو کارایی مطلوب روش‌های آبیاری قطره‌ای متداول و قطره‌ای زیرسطحی، خصوصاً در ارتباط با محصولاتی که قسمت خوراکی آن‌ها بالاتر از سطح زمین می روید، توسط پژوهشگران مختلفی مورد تأکید قرار گرفته است (Asano, 2007)، (Palese et al., 2009)، (Capra and Scicolone, 2004). مطالعات میدانی Oron et al. (1999) دلالت بر آن داشته است که آبیاری قطره‌ای زیر سطحی می تواند یک تکنولوژی امیدبخش برای مرتفع نمودن مشکلات ناشی از کمبود آب و کاربرد فاضلاب تصفیه شده در آبیاری محصولات کشاورزی باشد. همچنین در بررسی‌های Gushiken (1995) این نتیجه به دست آمد که سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، روشی منحصر به فرد و کاملاً سازگار با رویکردهای دفع پساب، استفاده مجدد از فاضلاب و حفاظت از منابع آب است. Capra and Scicolone (2007)، تماس حداقلی کارگران و محصولات با پساب، عدم تشکیل ریزمایع[1]، تخلیه محدود پساب به رواناب‌های سطحی، نفوذ اندک، کاهش رشد علف‌های هرز و در نتیجه کاهش استفاده از علف کش‌ها را از جمله مزایای مهم روش‌های آبیاری قطره‌ای دانسته اند. نامبردگان بیان داشتند که اگر چه در تدوین معیارهای استفاده ایمن از پساب در کشاورزی ویژگی‌های روش آبیاری نادیده گرفته می‌شود اما با توجه به عملکرد خاک به عنوان یک فیلتر تکمیلی، استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای در کاربرد پساب، مخاطرات کمتری را به دنبال دارد.

هر چند استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در کشاورزی با مزایای متعددی همراه است، اما بالا بودن ریسک انسداد فیلترها و قطره چکان‌ها و در نتیجه، کاهش یکنواختی پخش آب و کاهش کارایی سیستم آبیاری از مسائلی است که دامنه کاربرد این روش را محدود ساخته است (Capra and Scicolone, 1998). انسداد قطره چکان‌ها ارتباط نزدیکی با کیفیت آب آبیاری و ساختار مسیر قطره چکان‌ها دارد و به همین دلیل عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی می توانند گرفتگی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را تشدید نمایند (Oron et al., 1996). به همین جهت ارزیابی و کنترل مستمر کیفیت آب آبیاری برای کاهش ریسک انسداد بخش‌های مختلف سیستم آبیاری از اهمیت به سزایی برخوردار است. در جدول ۱ مهم‌ترین معیارهای طبقه‌بندی کیفی آب آبیاری از نظر تأثیر بر پتانسیل انسداد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای ارائه گردیده است.

هدف از تحقیق حاضر، بررسی و ارزیابی کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد (اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲) از نقطه نظر پتانسیل ایجاد انسداد و خوردگی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است.

مواد و روش‌ها

توصیف محل انجام تحقیق

مشهد شهری در شمال شرقی ایران و مرکز استان خراسان رضوی است. این شهر دارای اقلیمی خشک و متغیر است و غالباً در تابستان فاقد بارندگی است. در حال حاضر، این شهر با جمعیتی بالغ بر ۲/۴ میلیون نفر، دومین شهر پر جمعیت کشور به حساب می آید (پایگاه اینترنتی مرکز آمار ایران، ۱۳۸۹). میزان فاضلاب تولیدی در شهر مشهد معادل ۵۰۰۰۰۰ مترمکعب در شبانه روز برآورد شده است که از این میزان، تنها در حدود ۱۷ درصد آن تصفیه شده و بیش از ۸۰ درصد حجم فاضلاب تولیدی از طریق تخلیه به چاه‌های جاذب و یا دفع به منابع آب سطحی به صورت سنتی دفع می‌گردد. شهر مشهد دارای ۳ تصفیه‌خانه بزرگ فاضلاب با نام‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ است. تصفیه‌خانه اولنگ با مساحتی حدود ۶۰۰ هکتار در شرق مشهد واقع گردیده است. در حال حاضر دبی متوسط جریان فاضلاب ورودی به این تصفیه‌خانه حدود ۲۲۰۰۰ مترمکعب در شبانه روز گزارش شده است.

1- Aerosol

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تأثیر کیفیت آب بر پتانسیل انسداد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای(Ayers and Westcot, 1985)

مشکلات بالقوه	واحد	میزان محدودیت در استفاده		
		بدون محدودیت	محدودیت کم تا متوسط	محدودیت شدید
فیزیکی				
جامدات معلق	میلی‌گرم در لیتر	<۵۰	۵۰-۱۰۰	>۱۰۰
شیمیایی				
pH	-	<۷	۷-۸	>۸
جامدات محلول	میلی‌گرم در لیتر	<۵۰۰	۵۰۰-۲۰۰۰	>۲۰۰۰
منگنز	میلی‌گرم در لیتر	<۰/۱	۰/۱-۱/۵	>۱/۵
آهن	میلی‌گرم در لیتر	<۰/۱	۰/۱-۱/۵	>۱/۵
سولفید هیدروژن	میلی‌گرم در لیتر	<۰/۵	۰/۵-۲/۰	>۲/۰
بیولوژیکی				
جمعیت باکتریایی *	بیشینه تعداد در میلی لیتر	<۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	>۵۰۰۰۰

* تراکم بیشینه کل کلی فرم‌ها

در این تصفیه‌خانه از فرآیند تصفیه برکه‌های تثبیت فاضلاب استفاده شده است (شرکت مهندسی مشاور طوس آب، ۱۳۸۸). تصفیه‌خانه فاضلاب پرکند آباد ۱ در حاشیه جنوبی رودخانه فصلی کشف رود و در ۱۰ کیلومتری شمال غرب مشهد قرار گرفته است. ظرفیت اسمی این تصفیه‌خانه ۱۵۲۰۰ مترمکعب در شبانه روز و جمعیت تحت پوشش آن معادل ۱۰۰ هزار نفر می‌باشد. فرآیند تصفیه مورد استفاده در این تصفیه‌خانه از نوع لاگون هوادهی با اختلاط کامل می‌باشد (شرکت مهندسی مشاور طوس آب، ۱۳۷۱، ۱۳۸۸). تصفیه‌خانه فاضلاب پرکند آباد ۲ با ظرفیت اسمی ۶۰۰۰۰ مترمکعب در شبانه روز در شمال شرقی شهر مشهد احداث شده است. فاضلاب ورودی به این تصفیه‌خانه شامل فاضلاب انسانی و بخشی از فاضلاب شهرک صنعتی طوس (واقع در کیلومتر ۱۵ جاده مشهد قوچان) می‌باشد. فرآیند مورد استفاده در تصفیه‌خانه فاضلاب پرکندآباد ۲ از نوع برکه‌های تثبیت فاضلاب است (شرکت مهندسی مشاور طوس آب، ۱۳۸۸).

نمونه‌برداری، آزمایشات و تحلیل آماری نتایج

در این تحقیق برای ارزیابی کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد از نقطه نظر کاربرد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، به مدت یک سال(۱۳۸۸)، نمونه‌هایی با فواصل زمانی ۱۵ روزه از پساب خروجی از واحدهای گندزدایی تصفیه‌خانه‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ برداشت گردید و پارامترهای مختلفی از قبیل pH، غلظت جامدات محلول، جامدات معلق، آهن، منگنز و نیز تراکم کل کلی فرم‌ها در نمونه‌های مذکور اندازه‌گیری شد.

با توجه به توصیه مراجع و نیز نوع پارامترهای مورد آزمایش، نمونه‌برداری به صورت مرکب با زمان انجام پذیرفت، بدین صورت که در ابتدا نمونه‌هایی با حجم برابر در فواصل زمانی ۲ ساعته برداشت شد و در نهایت نمونه اصلی از اختلاط نمونه‌های مذکور تهیه گردید. لازم به ذکر است که در اندازه‌گیری کلیه پارامترها از روش‌های استاندارد و تجهیزات مناسب استفاده گردید (APHA and AWWA, 2005). پارامترهای فیزیکی و شیمیایی (شامل غلظت مواد جامد محلول و معلق، pH، آهن و منگنز) در آزمایشگاه مرجع شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی و تراکم عوامل میکروبی در آزمایشگاه دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد اندازه‌گیری شد. همچنین، به منظور افزایش دقت و استناد پذیری نتایج، کلیه پارامترها در ۳ تکرار مورد آزمایش قرار گرفت. در این طرح، تجزیه و تحلیل آماری نتایج به منظور تعیین همبستگی پارامترهای کیفی و معنی‌داری اختلاف به کمک تحلیل واریانس یک طرفه[1] (با دقت ۹۵ درصد)، با استفاده از نرم افزار MINITAB انجام شد و برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

غلظت جامدات معلق

آبیاری با پساب‌های حاوی مقادیر بالایی از مواد معلق آلی، از طریق انسداد منافذ هدایت آب در خاک، باعث کاهش یکنواختی توزیع آب و کاهش کارایی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌گردد

1- One-way Analysis of Variance (ANOVA)

Archive of SID

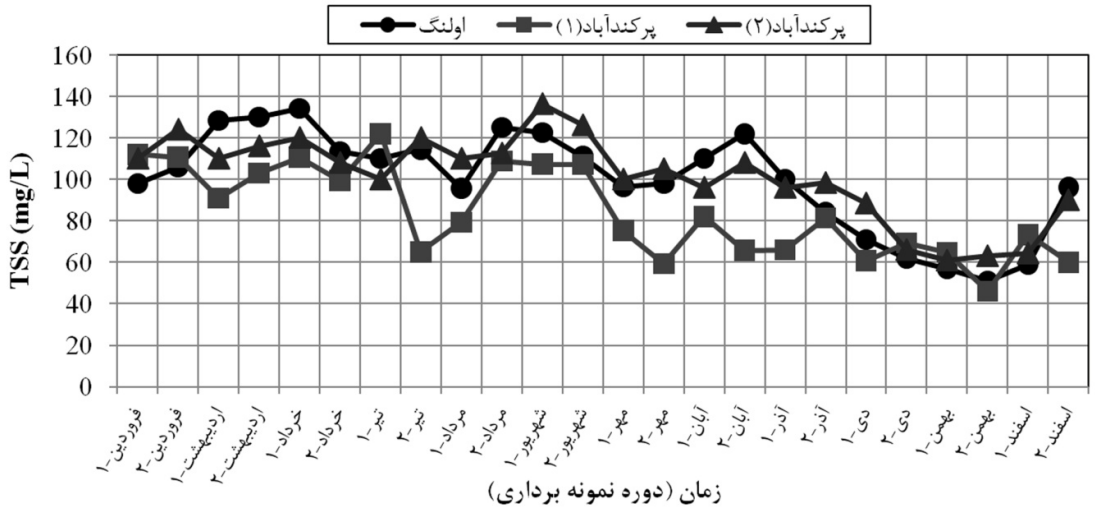
www.SID.ir

(Ayers and Westcot, 1985). روند تغییرات غلظت جامدات معلق که در شکل ۱ آمده است، نشان می دهد که کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد در ۶ ماه ابتدایی دوره انجام تحقیق (فصل‌های بهار و تابستان) در مقایسه با فصل‌های پاییز و زمستان از کیفیت پایین تری برخوردار بوده است. علاوه بر این غلظت مواد جامد معلق در پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ و پرکندآباد ۲ که دارای فرآیندهای تصفیه نسبتاً مشابهی هستند، در مقایسه با تصفیه‌خانه پرکندآباد ۱ که در آن از فرآیند لاگون‌های هوادهی برای تصفیه فاضلاب استفاده می‌شود، بیشتر است. با توجه به همبستگی مثبت و معنی دار بین غلظت جامدات معلق و درجه حرارت پساب در تصفیه‌خانه‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ ($r \leq$ ۰/۷۴۲ و ۰/۵۸۵ $p =$)، می توان افزایش تراکم جلبکی را به خصوص در فصل‌های بهار و تابستان، یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت پساب از نقطه نظر میزان مواد جامد معلق به شمار آورد. افزایش تراکم جلبکی در پساب تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه، در طی دوره مذکور را می‌توان ناشی از زمان ماند طولانی پساب در حوضچه‌های جلادهی و افزایش شدت و زمان تابش نور خورشید دانست. شایان ذکر است که میانگین غلظت جامدات معلق در پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ در طی دوره انجام مطالعه، به ترتیب معادل ۱۰۰، ۸۴ و ۱۰۱ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد.

Nakayama (1982) در ارتباط با کیفیت آب مورد استفاده در روش‌های آبیاری قطره‌ای بیان داشته است که کاربرد آب‌هایی با محتوای مواد جامد معلق بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشکلات عدیده ای را برای سیستم آبیاری تحت فشار ایجاد می‌نماید. علاوه بر این طبق توصیه مراجع، آبی که غلظت جامدات معلق در آن کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد برای استفاده در اکثر سیستم‌های آبیاری تحت فشار مناسب است (Asano, 2007). لذا کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه از منظر میزان مواد جامد معلق، جهت استفاده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و خصوصاً در ۶ ماه نخست سال، با محدودیت شدید مواجه است. با توجه به غلظت بالای مواد جامد معلق، استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، مدت زمان بهره‌برداری فیلترها را (پس از هر بار شستشو) به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد داد. در این حالت اختلاط پساب و آب با کیفیت می‌تواند پتانسیل گرفتگی سیستم فیلتراسیون را کاهش دهد (Capra and Scicolone, 2004). نتایج به دست آمده همچنین نشان می دهند که کیفیت پساب تصفیه‌خانه پرکندآباد ۱ در مقایسه با دو تصفیه‌خانه دیگر، از نظر میزان مواد جامد معلق برای کاربرد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مطلوب‌تر است.

اسیدیته (pH)

pH یکی از عوامل تأثیر گذار بر پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری منابع آب است که می تواند عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را تحت تاثیر قرار دهد (Ayers and Westcot, 1985). همانطور که در شکل ۲ مشخص است، میزان تغییرات pH پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مورد مطالعه در طول دوره انجام تحقیق، اندک بوده است، به گونه ای که تفاضل pH بیشینه و pH کمینه در پساب این تصفیه‌خانه‌ها، در کلیه دوره‌های نمونه‌برداری از مقدار ۰/۶ تجاوز ننمود.



شکل ۱- روند تغییرات غلظت جامدات معلق در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد طی سال ۱۳۸۸

www.SID.ir

با توجه به نتایج این طرح تحقیقاتی، میانگین pH پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ به ترتیب معادل ۷/۷، ۷/۶ و ۷/۸ بوده است.

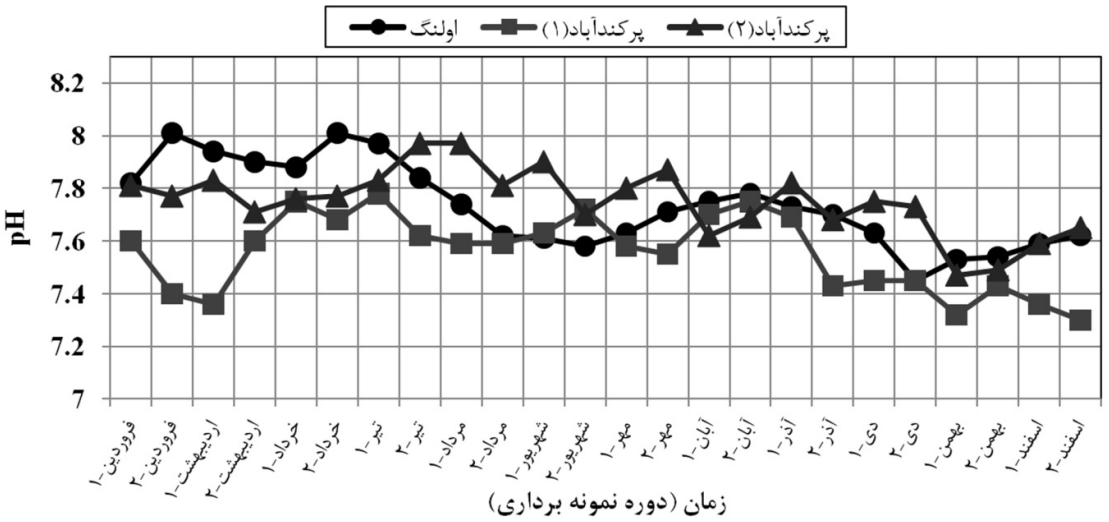
مهم‌ترین رهنمود کیفی آب آبیاری از نقطه نظر بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای (Ayers and Westcot, 1985)، pH کمتر از ۷ را برای به حداقل رسیدن مشکل انسداد تجهیزات مورد استفاده در آبیاری توصیه نموده است. با استناد به اندازه‌گیری‌های انجام شده، pH پساب تصفیه‌خانه‌های مذکور از نظر به کارگیری در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، با محدودیت کم تا متوسط ارزیابی می‌شود. لازم به ذکر است که متوسط pH پساب تصفیه‌خانه پرکندآباد ۱ نسبت به دو تصفیه‌خانه دیگر کمتر بوده و به همین دلیل، از دیدگاه کیفیت مورد نیاز برای کاهش پتانسیل انسداد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، مناسب‌تر ارزیابی می‌شود.

غلظت جامدات محلول

غلظت مواد جامد محلول یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفیت منابع آب کشاورزی مورد استفاده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است. نتایج ارائه شده در شکل ۳ دلالت بر آن دارد که پساب تصفیه‌خانه‌های پرکندآباد ۱ و اولنگ در طی دوره انجام تحقیق به ترتیب، دارای کمترین و بیشترین مقادیر جامدات محلول بوده است، به گونه‌ای که متوسط غلظت جامدات محلول در پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ به ترتیب معادل ۱۱۲۱، ۹۴۶ و ۹۹۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمده است. علاوه براین تغییرات غلظت جامدات محلول در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد از روند مشابهی تبعیت می کنند، به گونه ای که تحلیل سری زمانی و محاسبه ضرایب همبستگی بین هدایت الکتریکی پساب تصفیه‌خانه‌های مذکور نیز این مطلب را تأیید می کند ($0/857 \leq r \leq 0/836$ و $p = 0$). با استناد به معیار طبقه‌بندی کیفی آب (Ayers and Westcot, 1985)، استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، از نقطه نظر میزان املاح و خصوصاً در فصول تابستان و پاییز، با محدودیت کم تا متوسط همراه است. با مد نظر قرار دادن نتایج به دست آمده می توان نشان داد که کیفیت پساب تصفیه‌خانه پرکندآباد ۱ در مقایسه با تصفیه‌خانه‌های اولنگ و پرکندآباد ۲، از نقطه نظر شاخص غلظت جامدات محلول، برای کاربرد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مطلوب‌تر است.

منگنز

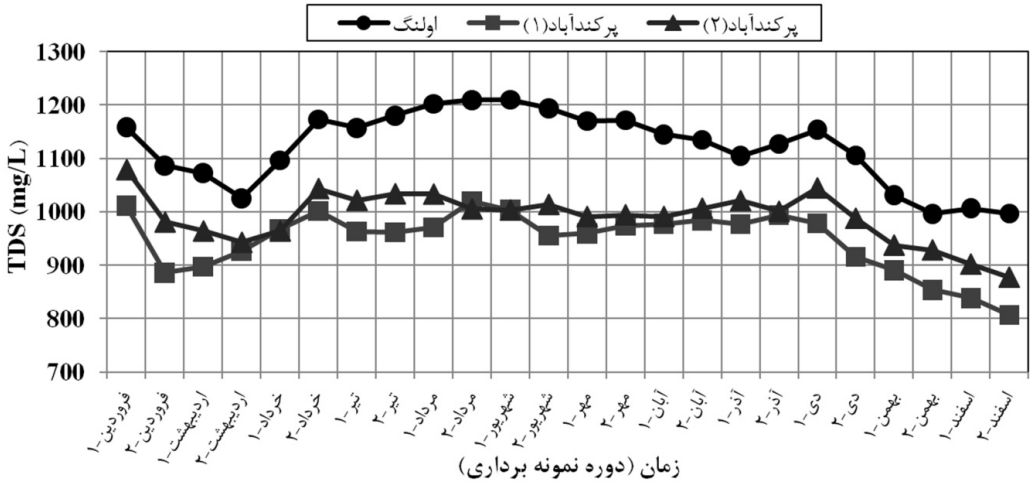
ترسیب منگنز محلول در آب توسط باکتری‌ها، به عنوان یکی از عوامل انسداد بخش‌های مختلف سیستم‌های آبیاری قطره‌ای شناخته شده است (Ayers and Westcot, 1985). همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می شود، غلظت منگنز در پساب تصفیه‌خانه پرکندآباد ۲ در تمامی دوره‌های نمونه‌برداری، نسبت به دو تصفیه‌خانه دیگر بیشتر بوده است که این موضوع، با استناد به ورود بخشی از فاضلاب شهرک صنعتی طوس به این تصفیه‌خانه دور از انتظار نیست. همچنین، پساب تصفیه‌خانه اولنگ در اکثر دوره‌های سال در مقایسه با تصفیه‌خانه‌های پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ حاوی مقادیر منگنز کمتری بوده است.



شکل ۲- روند تغییرات pH در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد طی سال ۱۳۸۸

Archive of SID

www.SID.ir

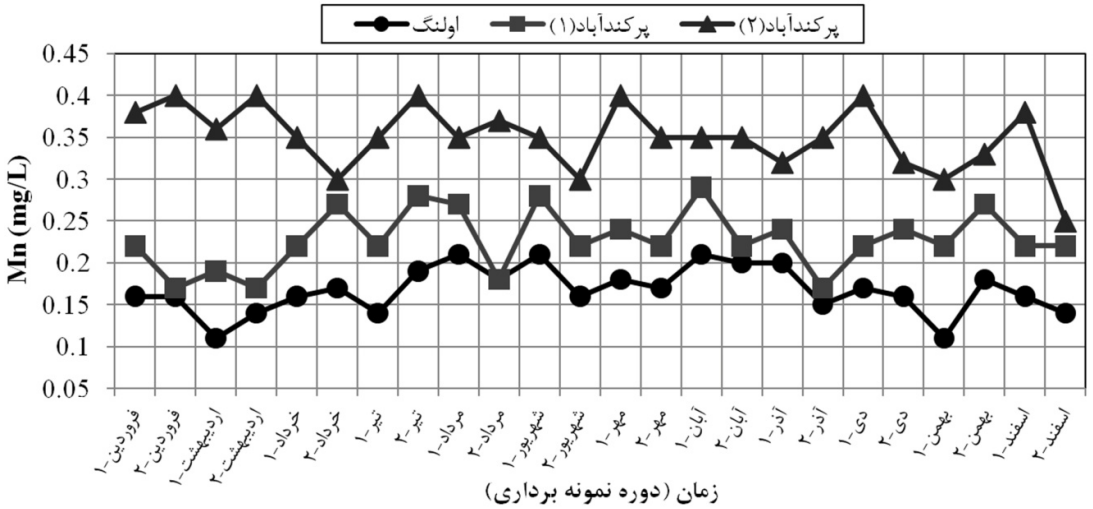


شکل ۳ - روند تغییرات غلظت جامدات محلول در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد طی سال ۱۳۸۸

بر اساس تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی، میانگین غلظت منگنز در پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲، در طی دوره انجام تحقیق به ترتیب معادل ۰/۱۷، ۰/۲۳ و ۰/۳۵ میلی‌گرم در لیتر بود. با مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده و محدوده کاربرد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، می‌توان چنین نتیجه گرفت که پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد از نقطه نظر غلظت منگنز، در طبقه آب‌هایی با محدودیت کاربرد کم تا متوسط قرار دارد. با جمع‌بندی کلیه نتایج ارائه شده، کیفیت پساب تصفیه‌خانه اولنگ در مقایسه با تصفیه‌خانه‌های پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲، از نظر محتوای منگنز، برای استفاده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مناسب‌تر ارزیابی می‌گردد.

آهن

آهن محلول یکی از مهم‌ترین عوامل شیمیایی اثرگذار بر پتانسیل انسداد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای به شمار می‌آید. روند تغییرات ارائه شده در شکل ۵ حاکی از آن است که پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ و پرکندآباد ۲ در طی دوره انجام تحقیق به ترتیب، دارای کمترین و بیشترین محتوای آهن محلول بوده است. علاوه بر این، تحلیل سری زمانی و محاسبه ضرایب همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده حاکی از تشابه روند تغییرات غلظت آهن در پساب تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه می باشد ($۰/۷۵۵ \leq r \leq ۰/۵۷۱$ و $۰/۰۰۴ \leq p \leq ۰$).



شکل ۴- روند تغییرات غلظت منگنز در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد طی سال ۱۳۸۸

www.SID.ir

با توجه به نتایج به دست آمده، میانگین غلظت آهن در پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ در طول دوره نمونه‌برداری، به ترتیب معادل ۰/۲۸، ۰/۳۴ و ۰/۵۱ میلی‌گرم در لیتر بوده است. با توجه به رهنمود کیفی آب آبیاری (Ayers and Westcot, 1985)، کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و از نقطه نظر غلظت آهن، با محدودیت کم تا متوسط مواجه است. با مد نظر قرار دادن تغییرات غلظت آهن می توان نتیجه گرفت که کیفیت پساب تصفیه‌خانه اولنگ در مقایسه با تصفیه‌خانه‌های پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲، برای کاربرد در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مناسب‌تر است.

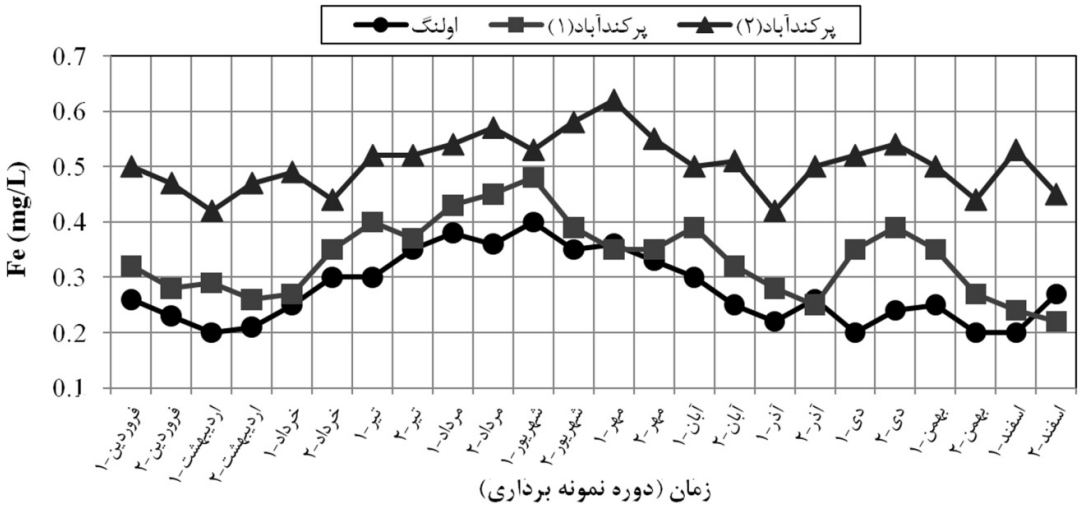
تراکم باکتری‌ها

تراکم بالای عوامل میکروبی در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب علاوه بر تهدید سلامت عمومی، هزینه‌های راهبری و تعمیرات سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را نیز به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهد. روند تغییرات لگاریتم تراکم کل باکتری‌های کلی فرم در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری، در شکل ۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین لگاریتم تراکم کل کلی فرم‌ها در پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ در طی دوره انجام تحقیق، به ترتیب معادل ۶/۱۸، ۶/۰۱ و ۵/۷۳ در ۱۰۰ میلی لیتر بوده است. با توجه به این که تراکم کل کلی فرم‌ها در پساب تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه بیش از مقادیر ارائه شده در رهنمود جدول ۱ است، لذا بدیهی است که تراکم کل باکتری‌های پساب نیز فراتر از حداکثر تراکم باکتریایی مجاز خواهد بود. Nakayama (1982) در ارتباط با کیفیت آب مورد استفاده در روش‌های آبیاری قطره‌ای بیان داشته است که کاربرد آب‌هایی با تراکم باکتریایی بین ۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ در ۱۰۰ میلی لیتر، (معادل ۴ تا ۴/۷ لگاریتم تعداد کل کلی فرم‌ها در ۱۰۰ میلی لیتر) مشکلات قابل توجهی را برای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای ایجاد می کند. از این رو با توجه به میانگین تراکم کل کلی فرم‌ها در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد، به کارگیری سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در برنامه‌های کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های مذکور در کشاورزی و در اکثریت قریب به اتفاق دوره‌های نمونه‌برداری، با محدودیت شدید همراه است. با توجه به تراکم بالای عوامل میکروبی در پساب تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه، احداث واحدهای فیلتراسیون شنی قبل از ورود پساب به فرآیند گندزدایی، به منظور کاهش غلظت مواد معلق و در نتیجه افزایش تأثیرگذاری ماده گندزدا توصیه می‌گردد. شایان ذکر است که در مقام مقایسه، پساب تصفیه‌خانه پرکندآباد ۲ از نقطه نظر کاربرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، مطلوب‌تر ارزیابی می‌شود.

شاخص اشباع لانگلیر

شاخص اشباع لانگلیر (LSI) مدلی است که برای پیش بینی وضعیت تعادل کربنات کلسیم در آب مورد استفاده قرار می گیرد و از تفاضل pH حقیقی و pH اشباع آب حاصل می‌شود (Ayers and Westcot, 1985). شایان ذکر است که با محاسبه مقادیر LSI می‌توان پتانسیل رسوب گذاری یا خورندگی آب را ارزیابی نمود.

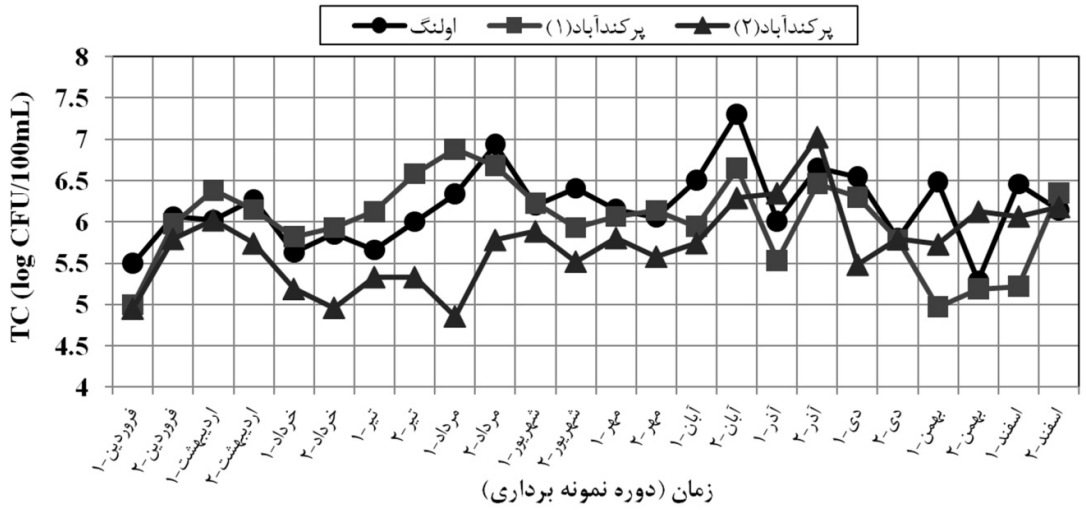
شکل ۷ روند تغییرات LSI پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد را در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری نشان می‌دهد.



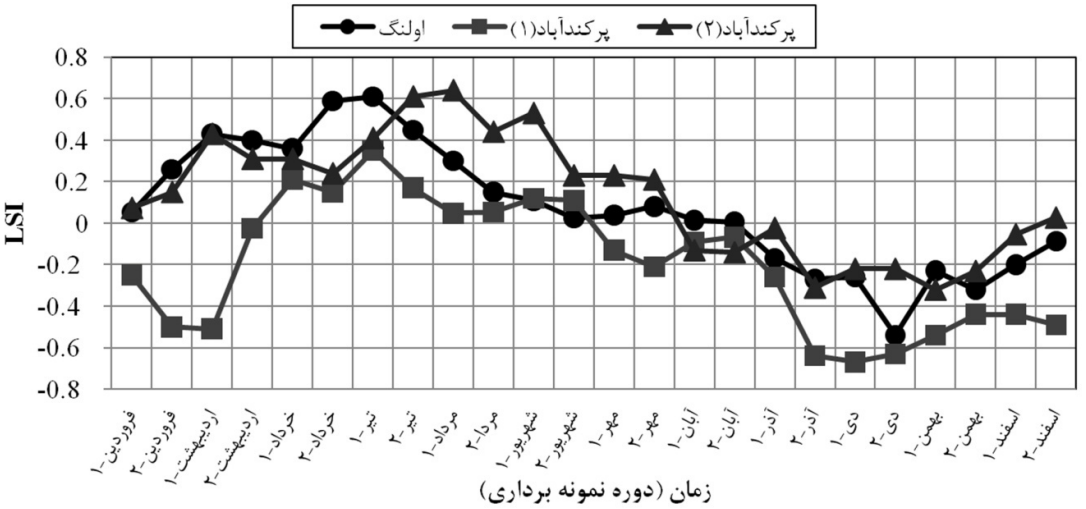
شکل ۵- روند تغییرات غلظت آهن در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد طی سال ۱۳۸۸

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶- روند تغییرات تراکم کل کلی فرم‌ها در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد طی سال ۱۳۸۸



شکل ۷- روند تغییرات شاخص LSI در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد طی سال ۱۳۸۸

همان طور که در شکل فوق مشاهده می‌گردد، تغییرات شاخص LSI در پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ، پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲، در طی دوره تحقیق، از روند نسبتاً مشابهی تبعیت می کند، به گونه ای که تحلیل سری زمانی و محاسبه ضرایب همبستگی بین مقادیر LSI پساب تصفیه‌خانه‌های مذکور نیز این امر را تأیید می‌کند ($r \leq$ ۰/۸۰۱ $\leq$ ۰/۷۱۸ و ۰ = p). با توجه به مقادیر محاسبه شده می‌توان چنین بیان کرد که حداکثر میزان LSI پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد در ابتدای فصل تابستان و حداقل آن نیز در ابتدای فصل زمستان، مشاهده شده است. بیشتر بودن شاخص LSI در فصل تابستان می‌تواند ناشی از افزایش دمای فاضلاب و نیز فعالیت بیشتر جلبک‌ها در فصل تابستان و افزایش pH پساب باشد.

به طور کلی مقادیر LSI کمتر و بیشتر از یک به ترتیب، نشان دهنده قابلیت خورندگی و رسوب گذاری آب هستند. نتیجه مطالعات Frankel (2009) حاکی از این است که آب‌هایی با LSI بین ۰/۵ و ۲ تمایل شدیدی به رسوب گذاری دارند، این در حالی است که آب‌هایی با مقادیر LSI بین ۰/۵- و ۲-، در طبقه آب‌های به شدت خورنده قرار می گیرند. با توجه به نتایج محاسبات انجام شده و معیارهای مذکور چنین نتیجه گیری می شود که پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد در ۶ ماه ابتدای دوره تحقیق (فصل‌های بهار و تابستان) عمدتاً رسوب گذار بوده، اما در فصل‌های پاییز و زمستان خاصیت خوردنگی آن بیشتر بوده است. بررسی مقادیر شاخص LSI دلالت بر این دارد که پساب تصفیه‌خانه‌های اولنگ،

www.SID.ir

پرکندآباد ۱ و پرکندآباد ۲ به ترتیب، در ۶۷، ۳۳ و ۵۸ درصد دوره‌های نمونه‌برداری، خاصیت رسوب گذاری داشته است. همچنین پساب تصفیه‌خانه اولنگ در فواصل زمانی نیمه دوم خرداد تا نیمه اول تیر ماه و پساب تصفیه‌خانه پرکندآباد ۲ در فاصله زمانی نیمه دوم تیر تا نیمه اول شهریور ماه، شدیداً رسوب گذار ارزیابی می شود. پساب تصفیه‌خانه پرکندآباد ۱ نیز در فاصله زمانی نیمه دوم فروردین تا نیمه اول اردیبهشت ماه و نیمه دوم آذر تا نیمه اول بهمن ماه از خاصیت خورندگی نسبتاً بالایی برخوردار بوده است. لذا در دوره‌های مختلف سال بایستی تدابیر لازم به منظور جلوگیری از خوردگی و ایجاد رسوب در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در نظر گرفته شود. با توجه به تجزیه و تحلیل‌های انجام شده می‌توان چنین نتیجه گیری کرد که به طور کلی کیفیت پساب تصفیه‌خانه اولنگ در مقایسه با دو تصفیه‌خانه دیگر، از نقطه نظر میانگین سالانه شاخص LSI، مطلوب تر است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق، به کارگیری سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در آبیاری محصولات کشاورزی با پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد از نقطه نظر تراکم عوامل میکروبی دارای محدودیت شدید است، که این امر لزوم گندزدایی پساب تصفیه‌خانه‌های مذکور را بیش از پیش آشکار می‌سازد. همچنین در ارتباط با پارامترهای pH، غلظت جامدات محلول و جامدات معلق و نیز شاخص LSI، استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای با محدودیت کم تا متوسط مواجه است. برای کاهش اثرات نامطلوب کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های شهر مشهد بر عملکرد و کارایی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، استفاده از روش‌های تصفیه پیشرفته، فیلتراسیون، گندزدایی با کلر و افزودن اسید به صورت دوره‌ای توصیه می‌گردد. تحلیل واریانس نتایج نیز نشان داد که تفاوت کیفی پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد در طی دوره انجام تحقیق کاملاً معنی دار است ($p < ۰/۰۵$). مقایسه مقادیر به دست آمده همچنین دلالت بر این دارد که پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد از منظر استفاده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، در فصل زمستان از کیفیت مطلوب تری برخوردار بوده است. همچنین پساب تصفیه‌خانه پرکندآباد ۱ در مقایسه با دو تصفیه‌خانه دیگر، از نظر پارامترهای کیفی مؤثر بر عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مناسب تر ارزیابی می‌گردد. به طور کلی با مد نظر قرار دادن جمیع موارد مذکور می توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد در کشاورزی، به برنامه ریزی جامع و اعمال مدیریت پیشگیرانه نیاز دارد، در غیر این صورت استفاده از پساب این تصفیه‌خانه‌ها می تواند هزینه بهره‌برداری و تعمیرات سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را به طور قابل ملاحظه ای افزایش دهد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی به انجام رسیده است. نویسندگان مقاله به این وسیله از مدیر عامل محترم و کارشناسان بخش تحقیقات این شرکت، به خاطر همکاری و مساعدت ارزشمندشان تشکر و قدردانی می‌نمایند.

مراجع

پایگاه اینترنتی مرکز ملی آمار ایران، درگاه ملی آمار (۱۳۸۹). آدرس: http://www.amar.org.ir، [تاریخ بازدید: ۱۳۸۹/۰۲/۲۷].

شرکت مهندسی مشاور طوس آب (۱۳۷۱). طرح جامع آبرسانی مشهد (اشاره ای کوتاه به سیمای آینده طرح). آرشیو فنی شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، ۲۱۵ صفحه.

شرکت مهندسی مشاور طوس آب (۱۳۸۸). بررسی راه کارهای بهبود و اصلاح کیفی مدیریت بهم پیوسته منابع آب (IWRM) حوضه آبریز کشف رود (جلد دوازدهم). شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، ۳۳۵ صفحه.

علیزاده، ا. (۱۳۸۳). بررسی استفاده از آب‌های غیرمتعارف در درشت مشهد (از دیدگاه منابع آب). گزارش پژوهشی، شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، کمیته تحقیقات کاربردی، ۵۸۶ صفحه.

کشاورز، ع.، و صادق زاده، ک. (۱۳۷۹). مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، برآورد تقاضا برای آینده، بحران‌های خشکسالی، وضعیت موجود، چشم اندازهای آینده و راه کارهایی جهت بهینه سازی مصرف آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران، ۲۹ صفحه.

APHA and AWWA (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 1325 pages.

Asano, T. (2007). Water reuse: issues, technologies, and applications. McGraw-Hill Professional.

Ayers, R.S., and Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 29. Reprinted 1994, FAO, Rome.

Bouwer, H. (1994). Irrigation and global water outlook. Agricultural Water Management, 25: 221-231.

Capra, A., and Scicolone, B. (1998). Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. Journal of Agricultural

Archive of SID

www.SID.ir

Ministry of Agriculture, Tehran, 186 pages.
Nakayama, F. S. (1982). Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Proceeding of Irrigation Association Conference, Portland, Oregon, 21-24.
Oron, G., Campos, C., Gillerman, L., and Salgot, M. (1999). Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural Water Management, 38: 223-234.
Oron, G., DeMalach, J., Hoffman, Z., and Manor, Y. (1996). Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. Water Science and Technology, (7–8): 1593-1601.
Palese, A. M., Pasquale, V., Celano, G., Figliuolo, G., Masi, S., and Xiloyannis, C. (2009). Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: effects on microbiological quality of soil and fruits. Agriculture, Ecosystems and Environment, 129: 43-51.
Engineering Research, 70: 355-65.
Capra, A., and Scicolone, B. (2004). Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. Agricultural Water Management, 68: 135-149.
Capra, A., and Scicolone, B. (2007). Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. Journal of Cleaner Production, 15: 1529-1534.
Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009). Water report (Islamic Republic of Iran). No. 34. Rome.
Frankel, M. L. (2009). Facility piping systems handbook: for industrial, commercial, and healthcare facilities. 3rd Edition. McGraw Hill Professional.
Gushiken, E. C. (1995). Water reuse through subsurface drip irrigation systems. Journal of AWWA, Annual Conference Proceedings, 42-44.
Moameni, A. (2000). Soil use potential map of Iran. Soil and Water Research Institute,

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۳۱

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 6, Fall 2012, p. 152-162

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۶، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۱۶۲-۱۵۲

Feasibility Study of Using Drip System in Irrigation with Effluent from Wastewater Treatment Plants in Mashhad

S. A. Ghassemi[1], Sh. Danesh[2*], A. Alizadeh[3]

The use of unconventional water sources (e.g. wastewater treatment plants effluent) as well as the use of high efficient irrigation systems (e.g. drip irrigation systems) has found special merit in today's water resource management in agriculture. Drip irrigation systems, however, can lead to operational problems such as clogging, precipitation and corrosion of pipes and emitters, especially when effluent from wastewater treatment plants is used as the main source of irrigation. Such problems can shorten the irrigation system life cycle and increase the maintenance costs, significantly. In this research, the quality of effluents from the city of Mashhad Wastewater Treatment Plants (Olang, Parkand Abad 1, and Parkand Abad 2) were evaluated in order to assess the feasibility of using drip irrigation systems. For this purpose, the main parameters of importance in clogging and corrosion of drip irrigation systems such as pH, total dissolved solids, total suspended solids, Iron, Manganese and total coliform bacteria contents of the effluents were measured regularly over a period of one year. The results of the study indicated that the use of drip irrigation system is strongly limited due to the high concentration of bacteria in the effluents (4.8-7.3 log CFU/100 mL), which can initiate clogging of pipes and emitters. In regard to other effluent quality parameters including pH (7.3-8), TDS (800-1200 mg/L), TSS (42-138 mg/L), Iron (0.2-0.6 mg/L), Manganese (0.1-0.4 mg/L) and langelier saturation index (LSI) (–0.7-0.6), application of drip irrigation systems also encountered limitations in the range of low to moderate levels. In summary, in order to reduce the operational problems associated with drip irrigation systems, the use of advanced methods for further treatment of the effluents such as filtration, membrane treatment, and the use of appropriate chemicals are recommended.

Keywords: Effluent, Irrigation, Drip irrigation systems, Water quality, Agriculture, Mashhad

Archive of SID

1- M.Sc. of Civil (Environmental) Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad
(*-Corresponding Author Email: sdanesh@ferdowsi.um.ac.ir).
3- Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

www.SID.ir