محیط شناسی ،سال سی و سوم ،شمارهٔ ٤٤،زمستان ۸۶،صفحهٔ ۳۲-۲۷

بررسی آلودگی میکروبی ناشی از آبیاری چمن با فاضلاب تصفیه شده شهری

پیام نجفی

استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان (اصفهان)

تاریخ دریافت :۸٤/٤/۱۱ تاریخ پذیرش:۸۶/۳/۱

چکیده

چمن مهم‌ترین گیاه پوششی جهان محسوب می‌شود و بسیاری از پارک‌های مناطق شهری کشور با این گیاه پوشش یافته است. این در حالی است که‌بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک ایران با بحران کمبود منابع آب مواجه است و نیاز آب آبیاری این گیاه زیاد است. در این شرایط استفاده از منابع آب با کیفیت کم مورد توجه‌است. از سویی مناطق شهری کشور دارای حجم بالایی از فاضلاب شهری هستند که دفع نامناسب آن می‌تواند مشکلات محیطزیستی در اطراف مناطق مذکور بوجود آورد.در بسیاری از تحقیقات بهترین راه دفع آن‌استفاده در آبیاری است. در این شرایط به منظور رعایت مسائل بهداشتی لازم است حداقل تماس مستقیم انسان با پساب رخ دهد. به این منظور، ۵ تیمار آبیاری چمن اسپورت شامل آبیاری جوی و پشته با آب معمولی (شاهد)، آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۱۵ سانتی‌متر با پساب، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۳۰ سانتی‌متر با پساب، آبیاری جوی و پشته با پساب طراحی شد. بر اساس نتایج به دست آمده مقادیر ۵ شاخص بیولوژیک پساب بالاتر از سطح مجاز بوده است. در این حالت کاربرد فیلتراسیون آبیاری قطره‌ای باعث حذف ۵۴٪ BOD5، ۹۸/۹٪ تعداد کل باکتری‌ها، ۹۹٪ تعداد کل کلیفرم، ۹۹٪ کلیفرم مدفوعی و ۵۷٪ از نماتدها شده است. همچنین نشان داده شده که با وجود آنکه مقدار کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی پساب بالاتر از حد آستانه مجاز است، کاربرد تیمارهای قطره‌ای زیرسطحی باعث شده است مقادیر این دو پارامتر در خاک سطحی و اندام هوایی چمن به شدت کاهش یابد. در مقابل در روش‌های آبیاری جوی و پشته و قطره‌ای سطحی مقادیر این دو پارامتر به صورت معنی‌داری در خاک و اندام هوایی افزایش یافته است. در مجموع این تحقیق نشان می‌دهد در صورت استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی که پساب در زیر خاک تزریق می‌شود، استفاده از پساب در آبیاری چمن به لحاظ آلودگی محیطی امکان‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی : پساب فاضلاب شهری- آبیاری قطره‌ای- کل کلیفرم- کلیفرم‌های مدفوعی- چمن

سرآغاز

از آنجایی که پساب فاضلاب تصفیه شده شهری جزء منابع غیر متعارف آب محسوب می‌شود، کاربردآن در کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که ضمن بهره‌گیری مطلوب از آن، مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را در خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیرزمینی به همراه نداشته باشد (Tanji, 1997).در این زمینه Pescod (1992) مزایا و معایب کاربرد روش‌های مختلف آبیاری را در هنگام بهره‌برداری از پساب فاضلاب مورد مقایسه قرار داده و نتیجه گرفته است که روش آبیاری قطره‌ای تنها روشی است که مشکلات خاص ناشی از کاربرد پساب را مرتفع می‌نماید.همچنین از میان روش‌های آبیاری سطحی روش جوی و پشته نسبت به سایر روش های سطحی مخاطرات کمتری دارد.دربررسی دیگری Oron و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که روش قطره‌ای زیر سطحی در مقایسه با روش قطره‌ای سطحی آلودگی‌های بیولوژیک کمتری را وارد محیط خاک سطحی نموده و در نتیجه نگرانی‌های ناشی از تماس مستقیم کارگران با خاک سطحی راکاهش می‌دهد.

از آنجایی که در پارک‌ها عموم مردم با خاک و گیاه تماس مستقیم دارند، استانداردهای مختلفی در این ارتباط ارائه شده است.

سازمان بهداشت جهانی(WHO)در سال ۱۹۸۹ برای استفادهٔ مجدد از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری توصیه می‌کند میانگین تخم‌انگل‌های موجود در نمونه‌های پساب‌کمتر از یک و میانگین کلیفرم های مدفوعی موجود در پساب از ۱۰۰۰ MPN/100ml کمتر باشد.به غیراز این استاندارد، توصیه‌های سازمان محیط زیست آمریکا (US-EPA) نیز مورد توجه بسیار بوده است که در آن شرایط بسیاربرای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری فضای سبز پیشنهاد شده و انجام عملیات تصفیه ثانویه کامل به همراه فیلتراسیون و گندزدایی توصیه شده است.همچنین در این شرایط حد آستانه BOD_5 ۱۰ میلی‌گرم در لیتر است و توصیه شده است که در نمونه‌های پساب تصفیه شده،

نویسندهٔ مسئول:تلفن: ۰۹۱۳۳۲۶۳۴۶۷

E-mail: payam.najafi@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

کلیفرم مدفوعی مشاهده نشود.همچنین Nakayama(1985) حد آستانه ۱۰۰۰۰ دد در یک میلی‌لیتر باکتری را در شرایط آبیاری قطره‌ای توصیه می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه اصفهان دارای اقلیم خشک با دوره خشکی نسبتاً طولانی است و غالباً در تابستان فاقد بارندگی‌است (ستار،۱۳۷۷). متوسط بارندگی منطقه ۱۲۰/۹ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت حداکثر و حداقل به ترتیب ۲۳/۱ و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد است.

شهر اصفهان دارای سه تصفیه‌خانه فاضلاب در حال فعالیت است که تصفیه‌خانه جنوب اصفهان فاضلاب جمعیتی بالغ بر ۸۰۰/۰۰۰ نفر را تصفیه می‌کند. فاضلاب تصفیه‌خانه جنوب اصفهان با توجه به موقعیت آن عمدتاً انسانی و خانگی است. این تصفیه‌خانه مجهز به روش لجن فعال است و بخشی از پساب آن پس از تصفیه به رودخانه زاینده رود تزریق و بخش کمتری از آن جهت آبیاری باغات و فضای سبز اطراف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به منظور اجرای این تحقیق، قطعه زمین آزمایشی در محل تصفیه خانه جنوب اصفهان به نحوی انتخاب شد که پساب تصفیه شدهٔخروجی برای آبیاری چمن مورد آزمایش به‌راحتی قابل دسترسی باشد. پساب مورد استفاده در این تحقیق پس از عملیات تصفیه به روش لجن فعال و در محل استخرهای آرامش جهت پایلوت تحقیقاتی پمپاژ می‌گردد. لازم به ذکر است که هیچگونه عملیات گندزدایی در مورد پساب مورد استفاده انجام نشده است.

بافت خاک، به غیر از لایه اول، که بافت آن لومی است، بقیه لایه‌ها لوم شنی‌است. زمین مزرعه به نحوی انتخاب شد که پیش از این توسط پساب فاضلاب آبیاری نشده باشد و همچنین به پساب خروجی تصفیه خانه دسترسی داشته باشد. در تیمارهای آبیاری قطره‌ای، قطر لـولـه‌های فرعی ۱۶ میلی‌متر و فاصله قطره چکان‌ها ۳۰ سانتی‌متر طراحی گردید و نوع دریپرها از نوع داخل خط IEM انتخاب شد. دبی قطره چکان در ۲/۵ لیتر در ساعت تنظیم و آبدهی همه تیمارهای آبیاری قطره‌ای یکنواخت طراحی شد. همچنین اختلاف آبدهی در ابتدا و انتهای خط ناچیز بوده است. پس از انتخاب زمین، ایستگاه پمپاژ آبیاری قطره‌ای طراحی و فیلتر های شنی وتوری به صورت سری نصب گردید. فیلتر شنی از جنس سیلیس در دو لایه ریز و متوسط (لایه فوقانی با قطر موثر ۰/۵ میلی متر و به ضخامت ۶۰ سانتی‌متر ولایه تحتانی با قطر مؤثر ۱ میلی‌متر و ضخامت ۳۰ سانتی‌متر) طراحی شد. جهت جریان در این فیلتر از بالا به پائین است. فیلتر توری نیز با توری فلزی ۱۰۰ میکرون، بعد از فیلتر شنی نصب شد. حداکثر بار هیدرولیکی ۲/۵ $m^3/h/m^2$ طراحی گردید. علاوه براین، به منظور شستشوی سیستم صافی، یک خط شستشوی برگشتی[1] منظور شد.

برای اجرای طرح و بررسی چگونگی اثرات تیمارها، تیمارهای آزمایشی زیر طراحی و اجرا گردید:

۱- آبیاری سطحی با آب شبکه آب شهری (شاهد)؛

۲- آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب تصفیه شده؛

۳- آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۱۵ سانتی متری با پساب فاضلاب تصفیه شده؛

۴- آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۳۰ سانتی متری با پساب فاضلاب تصفیه شده؛

۵- آبیاری جوی و پشته با پساب فاضلاب تصفیه شده با عرض پشته ۰/۵ متر.

در تیمارهای فوق چمن رقم اسپرت در پلات‌های ۳×۱ متر در طرح بلوک کامل تصادفی کشت شد. در کلیه تیمارهای فوق در هر پلات ۱۵ کیلوگرم کود کمپوست (معادل ۵۰ تن در هکتار) کلاس A کارخانه کمپوست سازمان بازیافت شهرداری اصفهان با خاک سطحی آغشته شد. چمن اسپرت در تاریخ ۱۵ اسفند ۱۳۸۱ مطابق تیمارها کشت گردید و اعمال تیمارهای آبیاری پس از استقرار کامل گیاه (اردیبهشت ۱۳۸۲) آغاز شد و تا اردیبهشت ۱۳۸۴ ادامه یافت. در طول طرح تعداد کل کلیفرم، تعداد کلیفرم های مدفوعی و تخم انگل در قبل و بعد از فیلتراسیون مطابق "روش استاندارد متد" اندازه گیری شد (APHA, 1985). همچنین میزان کل کلیفرم و میزان کلیفرم مدفوعی در خاک سطحی و اندام هوایی تیمارهای مختلف در چندین نوبت بلافاصله بعد از آبیاری اندازه گیری شد (Topping, 1983; Malik & Ahmad, 2002)و نتایج آن بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

آلودگی‌بیولوژیک‌یکی ازمهمترین‌نگرانی‌های کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری است. به طور کلی در اکثر استانداردهای ارائه شده بعد از فرآیند ثانویه، گندزدایی فرآیندی تکمیلی است که در صورت کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری محصولات غذایی و پارک‌ها توصیه شده است. در تصفیه‌خانه مورد مطالعه، متأسفانه پساب خروجی در طول مدت اجرای تحقیق کلرزنی نمی‌شد و به این دلیل غلظت بسیاری از شاخص‌های بیولوژیک تفاوت قابل توجهی با استانداردهای موجود دارد.در این تحقیق پنج فاکتور شاخص آلودگی در طول مدت اجرای

Archive of SID
www.SID.ir

طرح، مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته است که عبارتند از BOD_5 بر حسب mg/l، تعداد کل کلیفرم بر حسب MPN/100ml، تعداد کلیفرم‌های مدفوعی بر حسبMPN/100ml، تعداد کل باکتری‌ها بر حسب CFU/ml و تعداد تخم انگل‌ها بر حسب N/l. جدول شمارهٔ(۱) میانگین مشخصه های بیولوژیک موجود در پساب خروجی را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول مقادیر مشخصه‌های بیولوژیک همگی بالاتر از حد توصیه شده است که نشان دهنده آلوده بودن پساب مذکور به لحاظ های مشخصه بیولوژیکی است.همچنین جدول شمارهٔ(۱) اثر فیلتراسیون را در کاهش پنج پارامتر فوق نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که در مدت استفاده از پساب فاضلاب در مزرعه آزمایشی بخشی از آلودگی میکروبی پساب از طریق فیلتراسیون کاهش یافته است، به طوری که بازده حذف تعداد کل باکتری‌ها، کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی حدود ۹۹ درصد، بازده حذف تخم انگل حدود ۵۷ درصد و BOD_5 ۵۴ درصد بوده است.

به این ترتیب مقادیر مشخصه های بیولوژیک خصوصاً مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی و تعداد تخم انگل تا حدود زیادی به استانداردها نزدیک شده است. ولی با این وجود حد آستانه مورد نیاز در هیچیک از مشخصه ها محقق نشده است.

جدول شمارهٔ(۱): مقادیر مشخصه های بیولوژیک و اثر فیلتراسیون آبیاری قطره‌ای

مشخصه	مشخصه	قبل از صافی	بعد از صافی	بازده (٪)
BOD_5 mg/l	میانگین	۳۴	۱۷	۵۴
	دامنه تغییرات	۲۶-۴۱	۱۵/۴-۲۲/۱	
	انحراف معیار	۴/۸	۲/۲	
تعداد کل باکتری ها CFU/ml	میانگین	$۸/۶\times۱۰^{۶}$	$۹/۳\times۱۰^{۴}$	۹۸/۹
	دامنه تغییرات	$۱/۵\times۱۰^{۶}-۵/۵\times۱۰^{۷}$	$۱/۶\times۱۰^{۴}-۶\times۱۰^{۵}$	
	انحراف معیار	$۱/۵\times۱۰^{۷}$	$۱/۶\times۱۰^{۵}$	
تعداد کل کلیفرم MPN/100ml	میانگین	$۹/۳\times۱۰^{۷}$	$۴/۳\times۱۰^{۳}$	۹۹
	دامنه تغییرات	$۴/۶\times۱۰^{۶}-۶/۹\times۱۰^{۹}$	$۲/۲\times۱۰^{۲}-۳/۷\times۱۰^{۴}$	
	انحراف معیار	$۱/۹\times۱۰^{۸}$	$۱۰^{۴}$	
کلیفرم مدفوعی MPN/100ml	میانگین	$۴/۳\times۱۰^{۷}$	$۲/۳\times۱۰^{۳}$	۹۹
	دامنه تغییرات	$۴/۳\times۱۰^{۵}-۲/۱\times۱۰^{۹}$	$۲/۳\times۱۰-۱/۱\times۱۰^{۴}$	
	انحراف معیار	۶×۱۰^{۷}	$۳/۲\times۱۰^{۳}$	
تعداد تخم انگل N/l	میانگین	۳/۵	۱/۵	۵۷/۱
	دامنه تغییرات	۱-۹	۰-۳	
	انحراف معیار	۲/۱	۱/۲	

بلافاصله بعد از آبیاری در چندین نوبت از خاک سطحی نمونه برداری شده و مقادیرکل‌کلیفرم وکلیفرم‌های‌مدفوعی‌سطح خاک در تیمارهای مختلف گیاهان مورد مطالعه اندازه‌گیری شد و براساس آزمون دانکن، نتایج حاصل مقایسه‌شد.

جداول شمارهٔ(۲ و ۳) مقادیر کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی خاک سطحی گیاه چمن را نشان می‌دهد.براساس این دو جدول بیشترین مقدارکلیفرم وکلیفرم مدفوعی در تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی مشاهده می‌شود.تیمار آبیاری جوی و پشته با توجه به عریض بودن پشته‌ها و نمونه‌برداری از وسط پشته به لحاظ تجمع مقادیر این دو مشخصه در ردیف بعدی قرار دارد. تیمار شاهد به همراه دو تیمار آبیاری قطره‌ای زیر سطحی کمتر میزان کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی در خاک سطحی داشته‌اند به طوری‌که به لحاظ آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان نداده‌اند. نتایج این دو جدول نشان می‌دهد که در صورت استفاده از پساب فاضلاب در آبیاری فضای سبز شهری و با توجه به اینکه در این حالت احتمال تماس مستقیم عموم با خاک سطحی وجود دارد، استفاده از روش‌های آبیاری سطحی

Archive of SID

www.SID.ir

و قطره‌ای سطحی می‌تواند احتمال افزایش شیوع آلودگی‌های ناشی از پساب را افزایش دهد و در مقابل استفاده از روش آبیاری زیرسطحی نگرانی‌های بهداشتی را می‌تواند به شدت کاهش دهد.

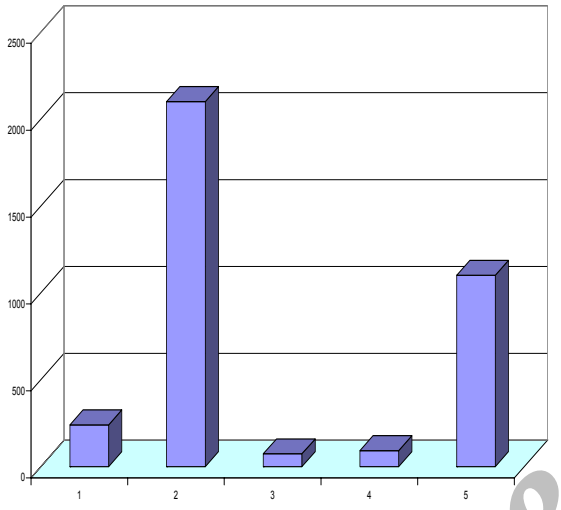
جدول شمارهٔ(۲): مقادیر میانگین کل کلیفرم‌ها در نمونه‌های خاک سطحی چمن بر حسب MPN/100DS **و مقایسه آماری آن**

	میانگین نمونه برداری اول	میانگین نمونه برداری دوم	میانگین
۱	$۱۰^{۷}$	۲×۱۰^{۵}	۶×۱۰^{۶}(a)
۲	$۱۰^{۱۱}$	۲×۱۰^{۶}	۶×۱۰^{۱۰}(c)
۳	۵×۱۰^{۶}	۲×۱۰^{۶}	۳×۱۰^{۶}(a)
۴	۷×۱۰^{۵}	۳×۱۰^{۵}	۵×۱۰^{۵}(a)
۵	۷×۱۰^{۷}	۴×۱۰^{۵}	۴×۱۰^{۷}(b)

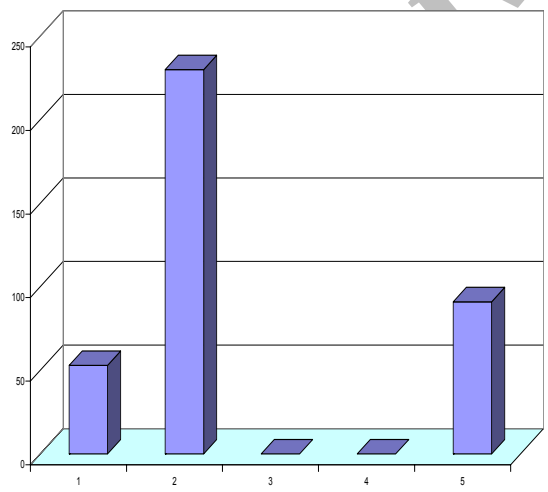
جدول شمارهٔ(۳): مقادیر میانگین کلیفرم‌های مدفوعی در نمونه‌های خاک سطحی چمن بر حسب MPN/100DS **و مقایسه آماری آن**

	میانگین نمونه برداری اول	میانگین نمونه برداری دوم	میانگین
۱	۳×۱۰^{۴}	۱×۱۰^{۳}	۱×۱۰^{۴}(a)
۲	۲×۱۰^{۱۰}	۲×۱۰^{۵}	$۱۰^{۱۰}$(c)
۳	۳×۱۰^{۴}	$\times۷*۱۰^{۴}$	۵×۱۰^{۴}(a)
۴	۴×۱۰^{۴}	۲×۱۰^{۳}	۲×۱۰^{۴}(a)
۵	۴×۱۰^{۷}	۱×۱۰^{۴}	۲×۱۰^{۷}(b)

شکل‌های شمارهٔ(۱و۲)مقادیر کل کلیفرم و کلیفرم‌های مدفوعی در نمونه‌های گیاه چمن را نشان می‌دهد. بر اساس این دو شکل، بالاترین مقدار این دو مشخصه همانند خاک سطحی در تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی یا تیمار دوم مشاهده می‌شود. در تیمار آبیاری جوی و پشته با توجه به اینکه از نمونه‌های گیاهی روی پشته نمونه‌برداری شده است تجمع دو مشخصه مذکور کمتر از تیمار آبیاری قطره‌ای است ولی با وجود این شرایط مقادیر کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی بسیار بالاتر از سه تیمار دیگر است.در مقابل کاربرد روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث کاهش قابل توجه این دو مشخصه در خاک سطحی شده است، به طوری که مقدار کلیفرم مدفوعی در اندام هوایی چمن در دو تیمار مذکور صفر شده است.



شکل شمارهٔ(۱): میانگین مقادیر کل کلیفرم بر حسب MPN/100ml **در یک گرم گیاه چمن**



شکل‌شمارهٔ(۲) : میانگین مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی بر حسب MPN/100ml **در یک گرم گیاه چمن**

این مطلب با توجه به اینکه از پساب مذکور استاندارد لازم جهت کاربرد در پارک‌ها نداشته است بسیار حائز اهمیت است و نشان می‌دهد که کاربرد همزمان کمپوست و پساب فاضلاب مذکور در محوطه چمن‌کاری شده به شرط کاربرد روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مشکلات بهداشتی برای عموم به‌وجود نمی‌آورد.

Archive of SID
www.SID.ir

جمع‌بندی و پیشنهادات

چمن به عنوان مهم‌ترین گیاهان پوششی در پارک‌ها نیازمند حجم بالای آب آبیاری است و از آنجایی که در بسیاری از شهرهای ایران منابع آب دچار محدودیت است، استفاده از منابع غیر متعارف آب نظیر پساب فاضلاب ضروری است.

درشرایطی‌که از پساب فاضلاب شهری در آبیاری چمن استفاده می‌شود، آلودگی بیولوژیک سطح خاک و گیاه به واسطه تماس مستقیم عموم بسیار اهمیت دارد. نتایج این تحقیق نشان داد اولاً فیلتراسیون آبیاری قطره‌ای در کاهش شاخص‌های بیولوژیک به میزان قابل توجهی مؤثر است.

ثانیاً تزریق تدریجی پساب در زیر سطح خاک از طریق آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند در کاهش آلودگی بیولوژیک خاک و اندام هوایی گیاه مؤثرباشد، به طوری که مقادیر دو مشخصه‌کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی با شاهد اختلاف معنی‌دار نداشته است.

یادداشت

1-Backwash

منابع مورد استفاده

ستار، م. ۱۳۷۷. گزارش نهایی طرح تعیین میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع در اصفهان. مؤسسهٔ تحقیقات خاک آب به شماره ۷۷/۳۶۰. ۱۴ صفحه.

APHA. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th edn,Washington,D.C.

EPA. 1992. Guideline for water reuse (manual). U. S. EPA, Washington D. C., 247 p.

Oron, G.,et al. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural Water Management, No. 38, pp. 223 – 234.

Malik, A. ,Ahmad M. 2002. Seasonal Variation in Bacterial Flora of the wastewater and soil in the vicinity of industrial. AREA Environmental Monitoring and Assessment 73: 263–273.

Nakayama F. S. 1983. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Irrigation Association Conference, 21-24 Feb. 1982. Portland, Oregon.

Pescod,M.B.1992.Wastewatertreatment and use in agriculture, FAO, Irrigation and Drainage Paper, No. 47, 113 P.

Tanji, K. K. 1997. Irrigation with marginal quality waters. ASCE, J. of Irrig. and Drain. Eng., 123 (3): 165 – 169.

Archive of SID

www.SID.ir

Topping, E. 1938. The predominant microorganisms in soil: The relative abundance of differenttypes of organisms obtained by plating and relation of the plate to total count. ZetralblBakteriol. Abt. 298: 193–201.

WHO. 1989. Health guideline for the use of wastewater in agriculture. Technical Report, No. 778. WHO, Geneva, 74 p.

Archive of SID

www.SID.ir