نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۲، ص. ۴۳۱-۴۲۲

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.2, May-Jun 2013, p. 422-431

بررسی میزان انتقال آلاینده‌های معدنی و بیولوژیک موجود در پساب به نیمرخ خاک در نتیجه اجرای عملیات تغذیه مصنوعی

حمیدرضا جوانی[1*]- عبدالمجید لیاقت[2]- علیرضا حسن‌اقلی[3]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۹/۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۲/۸

چکیده

محدودیت منابع آب، افزایش جمعیت، حجم بالای فاضلاب تولیدی و لزوم دفع مناسب آن، ضرورت استفاده مجدد از فاضلاب را افزایش داده است. تغذیه مصنوعی با استفاده از فاضلاب یکی از مهم‌ترین روش‌ها در استفاده مجدد از این منبع با ارزش می‌باشد. تحقیق حاضر در راستای لزوم بهره‌برداری بهینه از سیستم تغذیه مصنوعی به انجام رسید. به منظور شبیه‌سازی فیزیکی شرایط حوضچه‌های تغذیه مصنوعی، از ستون‌های استوانه‌ای شکل PVC به قطر ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵۰ سانتی‌متر استفاده گردید. ستون‌ها از خاک لوم شنی پر شد و از فاضلاب تصفیه شده شهری منطقه ماهدشت در استان البرز استفاده گردید. دو راهبرد استفاده از پوشش ژئوتکستایل و پوشش بقایای مصالح ساختمانی درشت دانه بر روی سطح خاک و یک خاک بدون پوشش، با رویکرد بهبود وضعیت نفوذ پساب به خاک در شرایط غرقاب دائم مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر BOD_5، COD، کلیفرم، کلیفرم مدفوعی، نیترات و فسفر پساب ورودی و خروجی از ستون‌ها اندازه‌گیری گردید. نتایج به‌دست آمده حاکی از کارایی بالای ستون خاک با پوشش ژئوتکستایل، در حذف مقادیر BOD_5، COD ، کلیفرم، کلیفرم مدفوعی و فسفر با میانگین ۸۴/۷، ۷۷، ۹۹/۵، ۹۹/۷ و ۷۹/۹ درصد و کارایی پایین همه ستون‌ها در حذف نیترات می‌باشد. استفاده از پوشش ژئوتکستایل و مصالح ساختمانی علاوه بر کاهش انتقال آلاینده‌ها، به پایداری سیستم خاک به عنوان فیلتر نیز کمک می‌کند. همچنین با توجه به ارزان بودن و سهولت در تهیه آن‌ها، امکان تعویض و یا اصلاح این مواد، جهت بهبود وضعیت نفوذ خاک وجود دارد.

واژه های کلیدی: انتقال آلاینده‌ها، تغذیه مصنوعی، ژئوتکستایل، فاضلاب تصفیه شده

مقدمه

با افزایش رشد جمعیت جهان و گسترش فعالیت‌ها در بخش‌های مختلف و همچنین خشکسالی‌های اخیر کشورهای واقع در کمربند مناطق خشک، فشار زیادی بر منابع آب به خصوص آب‌های زیرزمینی وارد شده و باعث افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی در این کشورها گردیده است. از طرف دیگر با افزایش شهرنشینی و گسترش صنایع، حجم زیادی از آب‌ها به سبب کاهش کیفیت از چرخه مصرف خارج می‌شوند که فاضلاب‌های شهری نیز جزو آن‌ها می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهند که تخلیه فاضلاب خام در محیط زیست خطرات بهداشتی و زیست محیطی زیادی را به دنبال دارد (۴). بنابراین با توجه به کمبود آب و حجم عظیم فاضلاب‌های تولیدی در مناطق مختلف، به روش‌های مناسب جهت تصفیه فاضلاب نیاز است که از لحاظ اقتصادی و کارایی قابل توجیه باشد (۴). تغذیه مصنوعی با استفاده از فاضلاب از روش‌های مؤثر در مدیریت منابع آب در جهان محسوب شده و به عملیاتی گفته می‌شود که در آن، با جمع‌آوری آب‌های نامتعارف و مازاد نظیر فاضلاب‌های شهری و یا زه‌آب‌های کشاورزی در حوضچه‌های خاکی، نفوذ آب از کف حوضچه‌ها به داخل خاک اتفاق افتاده و با عبور از لایه‌ی غیر اشباع و اشباع خاک، ضمن تصفیه و حذف بسیاری از مواد موجود در آب، موجبات افزایش ذخایر فصلی و بلند مدت آب‌های زیرزمینی را فراهم می‌کند (۳ و ۱۴). با توجه به دبی تقریباً ثابت فاضلاب‌های شهری و خانگی و عدم استفاده از این آب‌ها در خارج از فصل کشت و نیز به منظور جلوگیری از آلودگی زیست محیطی و هدر رفتن این آب‌ها، یکی از مناسب‌ترین روش‌ها به کارگیری فاضلاب‌ها برای تغذیه مصنوعی در مناطقی است که وضعیت خاک و آب زیرزمینی شرایط لازم جهت این امر را ممکن

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: Hr_javani@yahoo.com)
۳- استادیار آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

سازد (۲). با پمپاژ این‌گونه آب‌ها از چاه، کشاورزان با امنیت خاطر بیشتری از آن استفاده کرده و باعث به وجود آمدن اثرات روانی مثبت در استفاده از فاضلاب جهت آبیاری می‌گردد (۵، ۷ و ۱۳). خاک‌ها با دارا بودن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی بسیار پیچیده، توانایی خوبی در حذف و پالایش انواع آلاینده‌ها، از جمله آلاینده‌های موجود در فاضلاب از خود نشان می‌دهند (۱۵). این ویژگی‌ها سبب کاهش ترکیبات آلی و غیرآلی (شامل نیتروژن، فسفر، جامدات معلق، آلاینده‌های میکروبی و فلزات سنگین) فاضلاب شده و منجر به بهبود کیفیت آن می‌گردد (۸ و ۲۰). اگر چه عدم مدیریت صحیح تخلیه فاضلاب با هر هدفی در خاک، پیامدهای ناگواری مانند آلودگی منابع آب به ویژه آب‌های زیرزمینی، خاک و گیاه را به دنبال دارد (۱ و ۱۵). یکی از مشکلات حوضچه‌های تغذیه مصنوعی با استفاده از فاضلاب، مسدود شدن منافذ و کاهش نفوذپذیری لایه سطحی خاک با گذشت زمان می‌باشد که با ایجاد خراش بر روی سطح خاک، تا حدودی این مشکل مرتفع می‌گردد.

تحقیقات متنوعی در زمینه کارایی خاک در جهت کاهش آلاینده‌های فاضلاب انجام شده است. بوور و همکاران (۱۰) در تحقیقات خود مشاهده نمودند که عبور پساب تصفیه شده از منطقه غیر اشباع خاک باعث حذف کامل BOD و COD، کاهش ۳۰ تا ۶۵ درصدی میزان نیتروژن و حذف ۴۰ تا ۸۰ درصدی فسفات از پساب گردیده است. آن‌ها همچنین نشان دادند که ویروس‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی نیز با عبور از منطقه غیر اشباع تقریباً به طور کامل توسط خاک حذف شده‌اند. رایس و بوور (۲۱) به بررسی حذف آلاینده‌های موجود در پساب تصفیه شده مقدماتی و تصفیه شده ثانویه توسط ستون خاک پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که راندمان حذف نیتروژن، فسفر، باکتری‌ها و ویروس‌ها در ستون‌های حاوی پساب ثانویه به میزان قابل توجهی بهتر از سایر ستون‌ها بوده است. کانارک و همکاران (۱۸) ضمن اجرای پروژه تغذیه مصنوعی با فاضلاب در فلسطین اشغالی دریافتند که BOD و مواد جامد معلق موجود در فاضلاب با عبور از آبخوان عمیق به طور کامل حذف شده‌اند، در حالی که فسفر و نیتروژن کاهش ۹۹ و ۵۰ درصدی از خود نشان داده‌اند. حسین‌پور و همکاران (۴) ضمن مطالعه برروی ستون‌های پلی‌اتیلنی به ارتفاع ۱۵۰سانتی‌متر و قطر ۱۱ سانتی‌متر در ۷ دوره ۱۵ روزه با استفاده از خاک لوم شنی، تأثیر خاک را در کاهش برخی از عناصر موجود در فاضلاب نشان دادند. در این تحقیق کاهش نیترات، فسفات و برخی از فلزات سنگین فاضلاب در زه‌آب خروجی از ستون‌های خاک گزارش شده است. حسن‌اقلی و لیاقت (۲) نیز به مطالعه‌ی تأثیر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان بر انتقال آلاینده‌های معدنی و بیولوژیک به آبخوان کم عمق طی سه گزینه مدیریتی متفاوت از نظر طول مدت دوره غرقابی و خشکی پرداختند. در مطالعه فوق کاهش میزان فسفر، نیتروژن، کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل در زه‌آب خروجی از ستون‌های خاک در هر سه گزینه مدیریتی گزارش شده است. باتوجه به موارد فوق و ضرورت اجرای تحقیقات بیشتر در راستای بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های تغذیه مصنوعی با پساب، تحقیق حاضر به انجام رسید. نظر به هزینه‌بر بودن و وجود تجربیات انگشت شمار در این خصوص در کشور، لازم دیده شد در قالب آزمایش‌های مقدماتی، پارامترهای اصلی و مؤثر بر این پدیده شناسایی شده و عوامل آلاینده‌ای که بیشترین احتمال را در انتقال به عمق دارند مشخص گردند.

هدف در این مرحله از تحقیق، بررسی و ارزیابی تأثیر اعمال مدیریت‌های مختلف در بهبود شرایط نفوذپذیری سطح خاک و همچنین کاهش میزان انتقال برخی از عوامل آلاینده موجود درفاضلاب تصفیه شده شهری، شامل BOD_5، COD، کلیفرم، کلیفرم مدفوعی، نیترات و فسفر به سطوح ایستابی کم عمق، در نتیجه اجرای عملیات تغذیه مصنوعی و تعیین گزینه مناسب و مشاهده میزان کارایی سیستم در جلوگیری از انتقال این قبیل آلاینده‌ها به عمق خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و تعیین میزان عوامل آلاینده‌ای که بیشترین کمیت انتقال را به عمق خاک دارا می باشند، از سه مدل فیزیکی ستون خاک برای شبیه‌سازی حوضچه‌های تغذیه مصنوعی بهره گرفته شد. مدل‌ها به شکل استوانه و از جنس PVC، به ارتفاع ۲۵۰ سانتی‌متر و قطر ۳۰ سانتی‌متر بودند. برای نمونه‌برداری از آب عبوری از خاک در ستون‌ها، در فواصل یک متری از کف اقدام به نصب زهکش‌هایی باریک از جنس PVC به قطر ۲/۵ سانتی‌متر گردید و جهت جلوگیری از انسداد این لوله‌های سوراخ‌دار در نتیجه ورود خاک به داخل آن‌ها، از یک لایه ژئوتکستایل به دور آن‌ها استفاده شد. همچنین برای اجتناب از وقوع جریان ترجیحی در دیواره‌های ستون خاک، بدنه ستون‌ها قبل از پرشدن با خاک، به وسیله ذرات شن چسبیده شده به دیواره ستون‌ها پوشیده شد.

برای پرکردن مدل‌ها، از خاک مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران که از عمق ۱۵۰-۵۰ سانتی‌متری تهیه شده بود، استفاده گردید. این خاک براساس طبقه‌بندی کشاورزی (USDA) دارای بافت لوم-شنی می‌باشد. همه مدل‌ها از کف تا ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متری با این خاک پر گردید. در پرکردن ستون‌ها، هیچ‌گونه عملیات تراکمی نیز صورت نگرفت و تنها با افزایش هر متر خاک به ستون‌ها، مقداری آب اضافه شد تا موجبات نشست خاک فراهم گردد. عدم انجام عملیات تراکمی و استفاده از خاک با بافت سبک در جهت اعمال شرایط بحرانی، انجام شده است. در جدول ۱ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این آزمایش نشان داده شده است. به مرور

زمان در نتیجه تجمع مواد برروی سطح خاک، میزان نفوذ و کارایی سیستم کاهش می‌یابد. به همین منظور از سه رویکرد مختلف در بهبود کارایی سیستم استفاده شده است، به صورتی که در ستون اول هیچ گونه پوششی بر روی سطح خاک قرار نگرفت. در ستون دوم از پوشش ژئوتکستایل (به ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر، اندازه منافذ ۴۵ تا ۹۰ میکرون و نفوذپذیری ۰/۰۴ سانتی‌متر بر ثانیه) برروی سطح خاک استفاده شد، و در ستون سوم نیز از پوشش ۲۰ سانتی‌متری بقایای مصالح ساختمانی درشت دانه، شامل خرده‌های آجر (سفالی) با ابعاد متوسط ۲ سانتی‌متر استفاده گردید. این مواد قبل از انجام آزمایش به صورت کامل شسته شدند تا مواد زاید چسبیده به آن‌ها حذف گردد. استفاده از پوشش ژئوتکستایل و بقایای مصالح ساختمانی در جهت بهبود شرایط نفوذپذیری خاک و همچنین افزایش زمان استفاده از خاک به عنوان فیلتر صورت گرفت. از طرفی با توجه به ارزان بودن و سهولت در تهیه این مواد، با کاهش سرعت نفوذ فاضلاب به خاک، امکان جمع‌آوری، تعویض و اصلاح این مواد جهت بازیابی شرایط اولیه خاک وجود دارد.

در اجرای این پژوهش از فاضلاب تصفیه شده خروجی از تصفیه‌خانه ماهدشت، واقع در استان البرز استفاده گردید. سیستم تصفیه در این تصفیه‌خانه از نوع برکه تثبیت می‌باشد. مقادیر پارامترهای پساب مورد استفاده در هر مرحله در جدول ۲ آورده شده است. به‌منظور نزدیک شدن به شرایط واقعی از نظر نحوه اجرای عملیات تغذیه مصنوعی، کاربرد پساب در ستون خاک به صورت غرقاب دائم بوده است، به‌صورتی که از ابتدای آزمایشات ۴۰ سانتی‌متر پساب بر روی سطح خاک همه ستون‌ها قرار داده شد. نمونه‌برداری از زهکش‌ها طی ۵ مرحله انجام گرفت. به صورتی که نمونه‌برداری اول پس از خروج زه‌آب اولیه از زهکش‌ها و بقیه نمونه‌برداری‌ها هر ۱۰ روز و در ۴ مرحله (به مدت ۴۰ روز) صورت گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده بلافاصله برای تجزیه شیمیایی و بیولوژیک به آزمایشگاه منتقل گردید. پارامترهایی مانند BOD_5، COD، کلیفرم، کلیفرم مدفوعی، نیترات و فسفر در پساب و همچنین نمونه زه‌آب‌های جمع‌آوری شده از ستون‌ها اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری برروی داده‌های آزمایشگاهی به روش آزمون مقایسه میانگین‌ها (t-test) به وسیله نرم افزار Minitab انجام شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق

پارامتر	واحد	مقدار
شن	%	۵۸/۵
سیلت	%	۲۳/۲
رس	%	۱۸/۳
تخلخل	%	۰/۴۱
جرم مخصوص ظاهری	(g/cm^3)	۱/۵۴
جرم مخصوص واقعی	(g/cm^3)	۲/۶۱
pH	-	۷/۹۵
شوری	(dS/m)	۰/۹۷
پتاسیم	(meq/l)	۰/۲۱
سدیم	(meq/l)	۳/۵
کلسیم	(meq/l)	۷/۳
منیزیم	(meq/l)	۳/۰
جمع کاتیون‌ها	(meq/l)	۱۴/۰۱
سولفات	(meq/l)	۳/۸
کلر	(meq/l)	۶/۵
کربنات	(meq/l)	-
بی کربنات	(meq/l)	۵/۰
جمع آنیون‌ها	(meq/l)	۱۵/۳
نسبت جذب سدیم	$(meq/l)^{0.5}$	۱/۱۹
نیترات	(mg/l)	۲/۱۱
کربن آلی خاک	(mg/l)	۲۴/۳

نتایج و بحث

تغییرات مقادیر BOD_5 و COD انتقال یافته درعملیات تغذیه مصنوعی

امروزه تعیین پارامترهای BOD_5 و COD از کاربردی‌ترین روش‌ها در تعیین مقادیر آلاینده‌های موجود در فاضلاب می‌باشد. در جدول۳ و ۴ محدوده تغییرات و میانگین BOD_5 و COD پساب ورودی به ستون‌های تغذیه مصنوعی و زه‌آب خروجی از زهکش‌های اول و دوم در کل دوره انجام آزمایشات نشان داده شده است.

جدول ۲- مشخصات پساب ورودی به ستون‌ها در هر مرحله از این تحقیق

زمان نمونه برداری (روز)	BOD_5 (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	کلیفرم (MPN/100ml)	کلیفرم مدفوعی (MPN/100ml)	فسفر(po_4^-) (mg/l)	نیترات (mg/l)
۱	۲۸	۴۹	۱۵/۳	۰/۹۹ ×۱۰^{۵}	۸/۷ ×۱۰^{۴}	۳/۳۲	۱۸/۱۳
۱۰	۳۱	۵۷	۱۹/۶	۱/۰۳ ×۱۰^{۵}	۸/۹ ×۱۰^{۴}	۲/۱۹	۱۵/۶۱
۲۰	۲۵	۴۷	۱۵/۸	۱/۱۱ ×۱۰^{۵}	۹/۲ ×۱۰^{۴}	۲/۴۱	۱۶/۳۶
۳۰	۲۲	۴۰	۱۶/۳	۱/۱۸ ×۱۰^{۵}	۹/۱ ×۱۰^{۴}	۱/۶۹	۱۱/۱۰
۴۰	۲۴	۴۵	۲۲/۵	۱/۵۸ ×۱۰^{۵}	۱۲/۰ ×۱۰^{۴}	۱/۴۳	۱۰/۲۳

جدول۳- مقادیر BOD_5 پساب ورودی به ستون‌های تغذیه مصنوعی و خروجی از زه‌کش‌ها

نوع پوشش سطح خاک	BOD_5 پساب (mg/l)		BOD_5 زه‌آب* A (mg/l)		BOD_5 زه‌آب** B (mg/l)		درصد حذف کل BOD_5 (%)
	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	
بدون پوشش	۲۶	۳۱/۷-۲۲/۳	۱۳/۰	۱۷/۸- ۷	۷/۳	۱۲/۲-۴	۷۰/۴
پوشش ژئوتکستایل	۲۶	۳۱/۷-۲۲/۳	۹/۶	۱۱/۸-۶	۳/۸	۷/۱-۲	۸۴/۷
پوشش مصالح	۲۶	۳۱/۷-۲۲/۳	۱۲/۸	۱۶/۱-۹	۵/۶	۸/۳-۴	۷۷/۵

*A زه‌کش واقع در یک‌متر اول ستون خاک **B زه‌کش واقع در انتهای ستون خاک

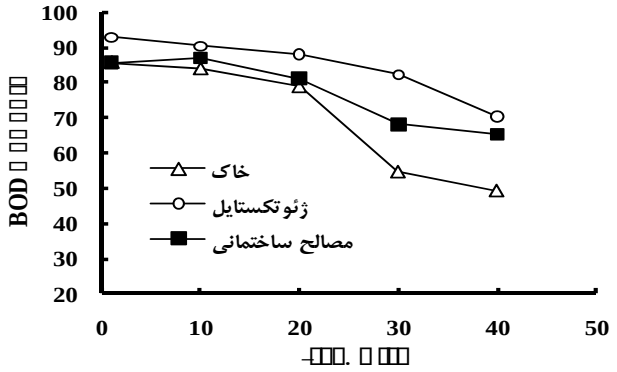
جدول٤- مقادیر COD پساب ورودی به ستون‌های تغذیه مصنوعی و خروجی از زه‌کش‌ها

نوع پوشش سطح خاک	COD پساب (mg/l)		COD زه‌آب* A (mg/l)		COD زه‌آب** B (mg/l)		درصد حذف کل COD (%)
	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	
بدون پوشش	۴۷/۶	۵۷-۴۰	۲۱/۸	۲۵/۳ -۱۷/۶	۱۴/۹	۲۱/۸-۹/۰	۶۷/۳
پوشش ژئوتکستایل	۴۷/۶	۵۷-۴۰	۱۸/۵	۲۱/۰ -۱۵/۵	۱۰/۷	۱۶/۳-۶/۰	۷۷/۰
پوشش مصالح	۴۷/۶	۵۷-۴۰	۱۹/۷	۲۳/۴-۱۷/۱	۱۲/۸	۱۹/۰-۹/۱	۷۲/۱

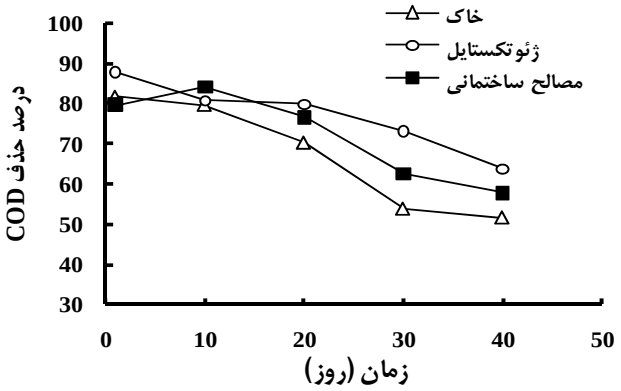
*A زه‌کش واقع در یک‌متر اول ستون خاک **B زه‌کش واقع در انتهای ستون خاک

همان‌طور که از جداول ۳ و ۴ برمی‌آید، از نظر مقادیر BOD_5 و COD پساب ورودی به تمامی ستون‌ها شرایط یکسان در نظر گرفته شده است و ستون خاک با پوشش ژئوتکستایل به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) عملکرد بهتری را در حذف COD و BOD_5 پساب داشته است. میانگین (محدوده تغییرات) BOD_5 خروجی از زهکش اول (واقع در یک‌متری از سطح خاک) و زهکش دوم (واقع در دو متری از سطح خاک) در این ستون به ترتیب ۱۳ (۱۷/۸- ۷) و ۳/۸ (۷/۱-۲) میلی‌گرم بر لیتر بود. همچنین در این ستون میانگین (محدوده تغییرات) COD خروجی از زهکش اول ۱۸/۵ (۲۱- ۱۵/۵) و از زهکش دوم ۱۰/۷ (۱۶/۳-۶) میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. ستون خاک با پوشش ژئوتکستایل با میانگین حذف ۸۴/۷ درصد BOD_5 و ۷۷ درصد از COD ورودی، وضعیت بهتری نسبت به ستون‌های دیگر از نظر حذف این دو پارامتر نشان داد. پس از آن ستون حاوی پوشش مصالح ساختمانی با میانگین درصد حذف BOD_5 و COD به ترتیب برابر با ۷۷/۵ و۷۲/۱ و ستون بدون پوشش سطحی با ۷۰/۴ و ۶۷/۳ قرار داشت. اما تفاوت معنی‌داری بین ستون خاک با پوشش مصالح ساختمانی و ستون بدون پوشش مشاهده نشد. نکته قابل توجه این است که با توجه به مقادیر BOD_5 و COD خروجی از زهکش اول در همه ستون‌ها، بیشترین مقدار حذف BOD_5 و COD در لایه سطحی خاک اتفاق افتاده است. در واقع لایه سطحی خاک به عنوان فیلتری کارآمد در حذف آلاینده‌ها عمل می‌کند. اساندا و همکاران (۱۲) در تحقیقات خود در بررسی حذف آلاینده‌ها از پساب با استفاده از ستون خاک گزارش کردند، با توجه به این که کاهش BOD_5 وCOD در خاک ناشی از وجود اکسیژن محلول و شرایط تجزیه هوازی در خاک بوده و در ۱۰ سانتی‌متر اول بیشترین مقدار اکسیژن محلول در خاک وجود دارد، در نتیجه بیشترین حذف BOD_5 و COD نیز در این ناحیه اتفاق می‌افتد. ژائو و همکاران (۲۷) در تحقیقات خود بر روی کاهش آلاینده‌های پساب در مقیاس آزمایشگاهی با استفاده از ستون خاک، بیشترین میزان حذف مواد آلی را در عمق ۰/۵متری از سطح خاک گزارش نمودند. در شکل‌های ۱ و ۲ میزان تغییرات درصد حذف کل BOD_5و COD نسبت به زمان نشان داده شده است. همان‌گونه که از شکل‌های ۱ و ۲ مشخص است در بیشتر مراحل انجام آزمایش، ستون خاک با پوشش ژئوتکستایل کارایی بهتری در حذف BOD_5 و COD پساب داشته است. همچنین ستون خاک با پوشش سطحی مصالح ساختمانی، کارایی قابل قبولی را نسبت به ستون بدون پوشش سطحی در حذف این پارامترها از خود نشان می‌دهد. این امر ممکن است به دلیل افزایش فعالیت بیولوژیکی و میزان تجزیه و یا جذب توده زنده به صورت بیوفیلم بر روی ژئوتکستایل و دانه‌های مصالح موجود در سطح خاک باشد. کارلسون و سیلور استین (۱۱) نیز چنین پدیده‌ای را در تحقیقات خود در اطراف دانه‌های ماسه مشاهده نمودند.

با توجه به شکل‌های فوق ملاحظه می‌شود که با گذشت ۲۰ روز از شروع عملیات تغذیه مصنوعی، مقدار BOD_5و COD خروجی از زهکش‌ها اندکی افزایش یافت، که این افزایش در ستون خاک بدون پوشش سطحی بیشتر از سایر ستون‌ها بوده است. کاهش حذف مواد آلی با گذشت زمان، ممکن است به دلیل افزایش شرایط غیر هوازی در ستون خاک باشد. ستون با پوشش ژئوتکستایل با گذشت زمان قابلیت بیشتری در حذف مواد آلی از خود نشان داده است.



شکل۱- تغییرات درصد حذف کل BOD_5 نسبت به زمان در ستون‌ها



شکل۲- تغییرات درصد حذف کل COD نسبت به زمان در ستون‌ها

جدول۵- مقادیر کلیفرم و کلیفرم مدفوعی پساب ورودی به ستون‌ها و خروجی از زهکش‌های دوم

نوع پوشش سطح خاک	شمارش کلیفرم ها (MPN/100ml)			شمارش کلیفرم های مدفوعی (MPN/100ml)		
	پساب	زه آب	درصد حذف (٪)	پساب	زه آب	درصد حذف (٪)
بدون پوشش	$۱/۲ \times ۱۰^{۵}$	۲۴۴۵	۹۷/۹	$۹/۹ \times ۱۰^{۴}$	۱۳۲۰	۹۸/۳
پوشش ژئوتکستایل	$۱/۲ \times ۱۰^{۵}$	۵۹۶	۹۹/۵	$۹/۹ \times ۱۰^{۴}$	۳۹۰	۹۹/۷
پوشش مصالح	$۱/۲ \times ۱۰^{۵}$	۱۶۷۰	۹۸/۵	$۹/۹ \times ۱۰^{۴}$	۱۲۳۵	۹۸/۸

تغییرات انتقال مقادیر آلاینده‌های میکروبی به عمق خاک

با توجه به اهمیت و پیامدهای بهداشتی انتقال عوامل میکروبیولوژیکی به لایه‌های آبدار زیرزمینی در اثر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی با پساب، بررسی‌های لازم در این زمینه انجام گرفت. به همین منظور تعداد کلیفرم و کلیفرم مدفوعی پساب ورودی و زه‌آب خروجی از زهکش‌های دوم در هر سه ستون اندازه‌گیری گردید. آزمایشات مربوط به این بخش مطابق دستورالعمل APHA[1] انجام شده است (۶). نتایج به دست آمده در این بخش در جدول ۵ به‌طور خلاصه آورده شده است.

با توجه به جدول ۵، مقادیر کلیفرم و کلیفرم مدفوعی پساب ورودی به همه ستون‌ها در مدت آزمایشات یکسان بوده است. ستون خاک با پوشش ژئوتکستایل با حذف بیش از ۹۹/۵ درصد از مقادیر کلیفرم و ۹۹/۷ درصد از کلیفرم مدفوعی به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)، عملکرد بهتری را در حذف این آلاینده‌ها داشته است. البته ستون‌های خاک بدون پوشش و خاک با پوشش مصالح ساختمانی نیز بازده بالایی در حذف این آلاینده‌ها از پساب ورودی

1- American Public Health Association

داشتند اما تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها در حذف این آلاینده‌ها مشاهده نشد. کاهش میکروب‌های بیماریزا را می‌توان به دو عامل فرآیند حذف فیزیکی ضمن نفوذ و فعالیت ذاتی میکروارگانیسم‌ها نسبت داد (۲۴ و ۱۶). زمان ماند میکروب‌های بیماریزا در خاک نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در صورتی که این آلاینده‌ها زمان بیشتری در خاک باقی بمانند ممکن است به غیر فعال شدن میکروب‌ها منجر گردد (۲۳). از روی بازده حذف بالای کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی انتقال یافته به عمق ستون‌ها طی اجرای عملیات تغذیه مصنوعی، می‌توان نتیجه گرفت که در صورت انجام گندزدایی پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌ها و کاهش اولیه مقادیر آلاینده‌های بیولوژیک و سپس کاربرد آن در سیستم تغذیه مصنوعی، احتمال رسیدن عوامل آلاینده‌های بیولوژیکی به سطح آب زیرزمینی حتی در شرایط این تحقیق و در سفره‌های کم عمق بسیار پایین خواهد بود.

تغییرات مقادیر انتقال یافته فسفر به عمق خاک درعملیات تغذیه مصنوعی

انتقال فسفر به عمق خاک و در مدت اجرای عملیات تغذیه مصنوعی با پساب بیشتر به صورت فسفات اتفاق می‌افتد (۲). فسفر یکی از عوامل مؤثر در پدیده یوتریفیکاسیون[1] بوده و در صورت انتقال آن به آب‌های زیرزمینی و سطحی از کیفیت این آب‌ها کاسته می‌شود. در جدول ۶ محدوده تغییرات و میانگین فسفر در پساب ورودی و زه‌آب خروجی از زهکش‌ها در کل دوره انجام آزمایشات آورده شده است.

همان‌طور که از جدول ۶ بر می‌آید، در شرایط یکسان از نظر مقدار فسفر پساب ورودی به تمامی ستون‌ها، ستون خاک با پوشش ژئوتکستایل به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)، عملکرد بهتری را در حذف فسفر پساب داشته است. میانگین (محدوده تغییرات) فسفر خروجی از زهکش اول (واقع در یک‌متری از سطح خاک) در این ستون ۰/۸۶ (۳/۳۱-۱/۴۳) میلی‌گرم بر لیتر و میانگین (محدوده تغییرات) فسفر خروجی از زهکش دوم (واقع در دو متری از سطح خاک) به ترتیب ۰/۳۸ (۰/۵۲-۰/۳) میلی‌گرم بر لیتر بوده است. ستون‌های خاک بدون پوشش و خاک با پوشش مصالح ساختمانی نیز بازده بالایی در حذف فسفر از پساب ورودی داشتند اما تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها در حذف فسفر مشاهده نشد. سوزوکی و همکاران (۲۲) در تحقیقات خود دریافتند که خاک‌ها توان زیادی در تصفیه و نگه‌داری فسفر پساب‌ها دارند، به‌طوری که ستون خاکی به عمق ۲۵ سانتی‌متر می‌تواند فسفر پساب را تا ۹۰ درصد کاهش دهد. جذب سطحی و رسوب فسفر بر روی ذرات خاک از عوامل اصلی نگهداری فسفر در خاک‌ها می‌باشد (۲۵ و ۲۶). همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود بخش عمده‌ی حذف فسفر در همه ستون‌ها به خصوص ستون با پوشش ژئوتکستایل، در لایه فوقانی خاک و در یک‌متر اول اتفاق افتاده است. در شکل ۴ تغییرات حذف فسفر در مدت زمان انجام آزمایشات نشان داده شده است. با توجه به این شکل، مقدار درصد حذف فسفر با گذشت زمان روند کاهشی داشته است، به‌طوری که با گذشت ۳۰ روز از شروع تغذیه، این کاهش در همه ستون‌ها و به خصوص ستون خاک بدون پوشش سطحی قابل ملاحظه بوده است.

بیکل و همکاران (۹) گزارش کردند که با ورود طولانی مدت پساب به خاک، از ظرفیت خاک در جذب فسفر کاسته می‌شود. بنابراین در صورت ورود پساب به خاک باید ظرفیت خاک در جذب و عدم تحرک فسفر مورد بررسی قرار گیرد. در کل می‌توان این‌چنین نتیجه گرفت که چون درصد حذف فسفر در همه ستون‌ها نزدیک به یکدیگر بوده است، کاربرد هریک از راهبردها تأثیر یکسانی را بر میزان انتقال فسفر به عمق خاک در طول عملیات تغذیه مصنوعی بر جای خواهد گذاشت.

تغییرات میزان انتقال نیترات درنیمرخ خاک

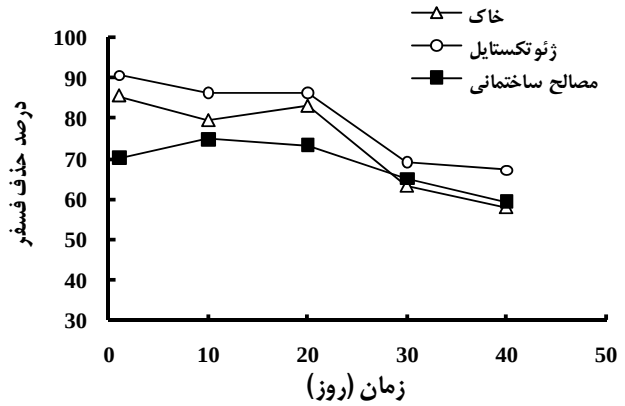
با تخلیه پساب، نیتروژن زیادی به خاک وارد می‌شود که میزان آن به مقدار نیتروژن موجود در پساب و حجم آب مورد استفاده بستگی دارد. نیترات به دلیل داشتن بار منفی، از تحرک بسیار بالایی در خاک برخوردار بوده و در صورتی که به وسیله گیاهان و میکروارگانیسم‌ها جذب نشود، وارد آب‌های زیرزمینی شده و خطرات زیادی به‌دنبال دارد. مقادیر محدوده تغییرات و میانگین نیترات پساب مورد استفاده در آزمایشات و زه‌آب خروجی از زهکش‌ها در کل دوره انجام آزمایشات در جدول ۷ آورده شده است. همان‌طور که از جدول ۷ ملاحظه می‌گردد، همه ستون‌ها از لحاظ مقادیر نیترات پساب ورودی، در شرایط یکسانی قرار داشتند. مقدار حذف نیترات در ستون‌ها نیز اندک بود و تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) در حذف نیترات در بین ستون‌ها مشاهده نشد. در بهترین حالت درصد حذف نیترات ۱۵/۵۷، در ستون خاک با پوشش ژئوتکستایل اندازه‌گیری گردید. در حالی که در سایر ستون‌ها نیز مقادیر حذف بسیار نزدیک به این مقدار می‌باشد. مقدار آبشویی نیترات از خاک به مقدار آن در فاضلاب و مقدار جذب گیاه بستگی دارد (۱۷). با توجه به این‌که در سیستم تغذیه مصنوعی گیاهی وجود ندارد پس پایین بودن راندمان حذف نیترات دور از انتظار نمی‌باشد. از طرف دیگر عدم کاهش مقدار نیترات با عبور از ستون خاک ممکن است به دلیل وجود پدیده نیتراتی شدن در خاک باشد. پاترسون و همکاران (۱۹) گزارش کردند که برای بهبود میزان حذف نیترات از پساب، می‌توان در اکسیژن محلول و میزان کربن تغییراتی ایجاد نمود تا حذف نیترات در آبخوان بهبود یابد. تغییرات مقدار حذف نیترات نسبت به زمان در شکل ۵ نشان داده شده است.

1-Eutrophication

جدول٦- مقادیر فسفر (po_4^-) پساب ورودی به ستون‌های تغذیه مصنوعی و خروجی از زه‌کش‌ها

نوع پوشش سطح خاک	فسفر (po_4^-) پساب (mg/l)		فسفر(po_4^-) زه‌آب A^* (mg/l)		فسفر (po_4^-) زه‌آب B^{**} (mg/l)		درصد حذف (%)
	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	
بدون پوشش	۲/۲۰	۱/۴۳-۳/۳۱	۱/۰۲	۰/۹۴-۱/۱۱	۰/۵۱	۰/۴۸-۰/۶۲	۷۳/۸
پوشش ژئوتکستایل	۲/۲۰	۱/۴۳-۳/۳۱	۰/۸۶	۰/۷۵-۰/۹۶	۰/۳۸	۰/۳۰-۰/۵۲	۷۹/۹
پوشش مصالح	۲/۲۰	۱/۴۳-۳/۳۱	۱/۰۵	۰/۹۴-۱/۲۱	۰/۶۷	۰/۵۵-۰/۹۹	۶۸/۶

* A زه‌کش واقع در یک متر اول ستون خاک ** B زه‌کش واقع در انتهای ستون خاک

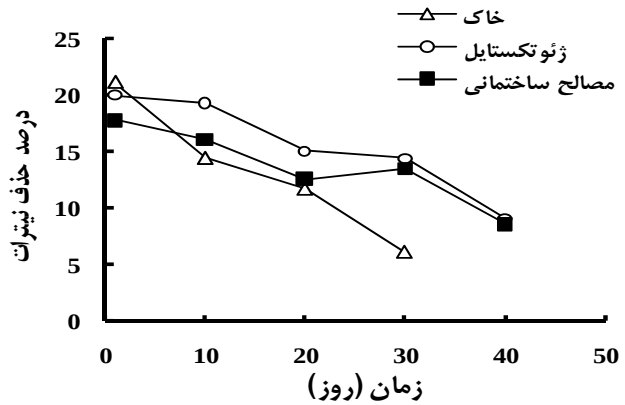


شکل٤- تغییرات درصد حذف کل فسفر نسبت به زمان در ستون‌ها

جدول۷- مقادیر نیترات پساب ورودی به ستون‌های تغذیه مصنوعی و خروجی از زه‌کش‌ها

نوع پوشش سطح خاک	نیترات پساب (mg/l)		نیترات زه‌آب A^* (mg/l)		نیترات زه‌آب B^{**} (mg/l)		درصد حذف کل نیترات (٪)
	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	
بدون پوشش	۱۴/۲۸	۱۰/۲۳-۱۸/۱۳	۱۳/۶۱	۹/۹-۱۷/۴	۱۲/۰۰	۹/۶۰-۱۴/۳	۱۴/۹۳
پوشش ژئوتکستایل	۱۴/۲۸	۱۰/۲۳-۱۸/۱۳	۱۲/۷۶	۸/۹-۱۶/۰	۱۱/۹۶	۹/۳۰-۱۴/۵	۱۵/۵۷
پوشش مصالح	۱۴/۲۸	۱۰/۲۳-۱۸/۱۳	۱۲/۹۶	۸/۱-۱۷/۰	۱۲/۲۵	۹/۳۵-۱۴/۹	۱۳/۰۷

* A زه‌کش واقع در یک متر اول ستون خاک ** B زه‌کش واقع در انتهای ستون خاک



شکل۵- تغییرات درصد حذف کل نیترات نسبت به زمان در ستون‌ها

با توجه به شکل ۵ با افزایش زمان کاربرد پساب از میزان حذف نیترات در همه ستون‌ها کاسته می‌شود. به عبارت دیگر افزایش در میزان نیترات خروجی در طول زمان ممکن است به دلیل تجزیه مواد آلی خاک و تبدیل آن به نیترات باشد (۴).

نتیجه گیری

تحقیق حاضر به منظور بررسی حذف آلاینده‌های موجود در پساب تصفیه شده فاضلاب شهری به وسیله خاک و ارزیابی راه-کارهای مؤثر جهت ارتقاء عملکرد سیستم تغذیه آبخوان به انجام رسید. نتایج دلالت از آن داشت که خاک توانایی خوبی در کاهش مقادیر BOD_5، COD، کل کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های مدفوعی و فسفر داشته است. درصد زیادی از نیترات پساب، به زه‌آب‌های خروجی انتقال یافت که در صورت ورود به آب‌های زیرزمینی و رسیدن حدود آن به مقادیر غیر مجاز، مشکلاتی را از نظر مباحث سلامتی و بهداشتی به همراه خواهد داشت. استفاده از لایه‌ای از ژئوتکستایل بر روی سطح خاک، در حذف آلاینده‌ها به خصوص BOD_5 و COD مؤثر بوده است. استفاده از این مواد ضمن کاهش آلاینده‌های ورودی به ستون خاک، زمان استفاده از خاک به عنوان فیلتر را افزایش می‌دهد زیرا، این مواد به نوعی از انتقال بخشی از آلاینده‌های پساب به داخل خاک جلوگیری می‌نمایند. همچنین با توجه به ارزان بودن و سهولت در تهیه آن‌ها، با کاهش سرعت نفوذ پساب به خاک، امکان تعویض و یا اصلاح این مواد، جهت بهبود وضعیت نفوذ خاک وجود دارد. البته باید این نکته را نیز یادآوری نمود که در این تحقیق شرایط بحرانی از نظر نوع خاک و فاصله عبور پساب در خاک لحاظ گردید و در شرایط استفاده از این سیستم در محیط طبیعی نتایج بهتر خواهد بود. با توجه به اهمیت موضوع تحقیقات بیشتر در این زمینه (خصوصاً در زمینه راهکارهای کاهش نیترات)، موجبات مطالعات دقیق‌تر وضعیت پساب در خاک را فراهم نموده و ضمن بهره‌گیری از این منبع، امکان بروز خطرات زیست محیطی را کاهش نیز خواهد داد.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۷۱۰۲۰۲۳/۱/۰۳ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است.

منابع

۱- توکلی م. و طباطبایی م. ۱۳۷۸. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده. مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری. وزارت نیرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.۱۱آذرماه ۱۳۷۸، تهران. صفحات: ۵۲-۳۵.

۲- حسن‌اقلی ع. و لیاقت ع. ۱۳۸۸. تأثیر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان بر انتقال آلاینده‌های معدنی و بیولوژیک به آبخوان‌کم عمق. مجله علوم آب و خاک. شماره۱. صفحات: ۱۵۱-۱۴۳.

۳- حسن‌اقلی ع. ۱۳۸۱. استفاده از فاضلاب های خانگی و پساب تصفیه خانه ها در آبیاری محصولات کشاورزی و تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی. رساله دکتری، دانشگاه تهران.

۴- حسین‌پور ا. حق نیا غ. علیزاده ا. و فتوت ا. ۱۳۸۷. بررسی انتقال برخی عناصر به عمق خاک پس از آبیاری با فاضلاب خام و پساب شهری در دو شرایط غرقاب پیوسته. نشریه آب و خاک شماره ۱۳۲، صفحات: ۲۲-۱۱۷.

۵- ناصری س. ۱۳۷۸. اثرات بهداشتی استفاده از پساب ها در کشاورزی . مجموعه مقالات همایش جنبه های زیست محیطی استفاده از پساب ها در. آبیاری. وزارت نیرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۱ آذرماه ۱۳۷۸ ، تهران. صفحات: ۳۴-۲۷.

6- Anon. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Edition. American Public Health Association (APHA), U.S.A.

7- Asano T., and Levine A.D. 1996. Wastewater reclamation, recyling and reuse: Past, preseent, and future. Water. Science. Technology. 33 (10-11): 1-14.

8- Bdour A.N., Hamdi M.R., and Tarawneh Z. 2009. Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. Desalination 237 (1-3): 162-174.

9- Bekele E., Toze S., Patterson B., and Higginson S. 2011. Managed aquifer recharge of treated wastewater: Water quality changes resulting from infiltration through the vadose zone. Water Research 45 (11): 5764-5772.

10- Bouwer H., Rice R.C., Lance J.C., and Gilbert R.G.1980. Rapid-infiltration research at flushing meadows project, Arizona. J. Water Pollutant. Control Fed. 52: 2457–2470.

11- Carlson G., and Silverstein J. 1998. Effect of molecular size and charge on biofilm sorption of organic matter. Water Research 32 (5): 1580-1592.

12- Essandoh H.M.K., Tizaoui C., Mohamed M.H.A., Amy G., and Brdjanovic D. 2011. Soil aquifer treatment of artificial wastewater under saturated conditions. Water Research 45 (11): 4211-422 6.

13- FAO. 1999. Wastewater treatment and use in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, FAO 47.
14- Fox P., Houston S., Westerhoff P., Nellor M., Yanko W., Baird R., Rincon M., Gully J., Carr S., Arnold R., Lancey K., Quanrud D., Ela W., Amy G., Reinhard M., and Drewes J.E. 2006. Advances in soil aquifer treatment research for sustainable eater reuse. AWWA Research Foundation and American Water Works Association, Denver, Company.
15- Gohil M.B. 2000. Land treatment of wastewater. New Age International Ltd., Publishers, New Dehli. An experimental study of heavy metal attenuation and mobility in sandy loam soils. Applied Geochemistry, 12: 243-254.
16- Gordon C., Wall K., Toze S., and O'Hara G. 2002. Influence of conditions on the survival of enteric viruses and indicator organisms in groundwater. In: Paper Presented at Proceedings of the 4th International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater Isar-4-Management of Aquifer Recharge for Sustainability. Balkema Publishers, Adelaide SA.
17- Haruvy N. 1998. Wastewater reuse-regional and economic considerations. Resource, Conservation and Recycling. 23: 57-66.
18- Kanarek A., Arohi A., and Michail M. 1993 . Municipal wastewater reuse via soil aquifer treatment for nonpotable purposes. Water Science. Technology. 27: 53–61.
19- Patterson B.M., Shackleton M., Furness A.J., Bekele E., Pearce J., Linge K.L., Busetti F., and Spadek T. 2011. Behaviour andfate of nine recycled water trace organics during managedaquifer recharge in an aerobic aquifer. Journal of Contaminant Hydrology 122 (1-4): 53-62.
20- Pescod M.B. 1992. Wastewater Treatment and use in agriculture FAO Irrigation and Drainage Paper, 47 ed., vol. 47. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
21- Rice R.C., and Bouwer H. 1984. Soil-aquifer treatment using primary effluent. Water Pollutant. Control Fed. 56: 84–88.
22- Suzuki T., Katsuno K., and Yamaura G. 1992. Land application of wastewater using three types of trenches set in lysimeters and its mass balance of nitrogen. Water Research. 26: 1433-1444.
23- Toze S., Bekele E., Page D., Sidhu J., and Shackleton M. 2010. Use of static quantitative microbial risk assessment to determine pathogen risks in an unconfined carbonate aquifer used for Managed Aquifer Recharge. Water Research 44 (4): 1038-1049.
24- Toze S., and Hanna J. 2002. The Survival Potential of Enteric Pathogens in a Reclaimed Water ASR Project. In: Paper Presented at Proceedings of the 4th International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater ISAR-4-Management of Aquifer Recharge for Sustainability. Balkema Publishers, Adelaide, SA, pp. 139-142.
25- Von Wandruszka R. 2006. Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. Geochemical Transactions 7 (6): 4866-4867.
26- Whelan B.R.1988. Disposal of septic tank effluent in calcareous sand. Journal of Environmental Quality 17 (2): 272-277.
27- Zhao Q.L., Wang L.N., Xue S., Liu Z.G., You S.J., and Wang S.H. 2007. Migration and removal of organic Matters in reclaimed wastewater during groundwater recharge. Applied Ecology.18 (7): 1661-1664.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.2, May-Jun 2013, p. 422-431

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۲، ص. ۴۳۱-۴۲۲

Assessing the Rate of Transfer of Inorganic and Biological Contaminants Present in the Wastewater to the Soil Profile as a Result of Artificial Recharge Operations

H.R. Javani[1]*- A. Liaghat[2]- A. Hassanoghli [3]

Received:27-11-2012
Accepted:28-04-2013

Abstract

Based on limited water resources, increasing population, the need for high volume production and waste disposal, it is necessary to increase the reuse of wastewater. Artificial recharge using one of the most important methods of wastewater re-use of this resource is valuable. Necessary in order to utilization of artificial recharge system was conducted. In order to simulate the physical conditions of artificial recharge ponds PVC cylindrical column of diameter 30 cm and height of 250 cm was used. Columns filled by Sandy loam soil and Mahdasht Alborz Province treated wastewater was used for artificial recharge system in the College of Agriculture, Tehran University. Two strategies using geotextile lining and coating materials are coarse debris on the soil surface and a bare soil, water infiltration into the soil to improve the approach was evaluated in terms of permanently flooded. Values of BOD_5, COD coliform, fecal coliform, nitrates and phosphorus inputs and outputs of the column effluent were measured. The results indicate the high efficiency of columns of soil, covered with geotextile, the amounts of percentage removal of BOD_5, COD, coliform, fecal coliform and phosphorus, average 84/7, 77, 99/5, 99/7 and 79/9 and efficiency of all columns in the nitrate removal was low. Using geotextile cover and building materials in addition to reducing transport emissions, the use of the soil as well as the filter increases. Also due to its low cost and ease of preparation, may change or modify these materials to improve soil penetration.

Keywords: Artificial recharge, Geotextile, Treated wastewater, Movement Contaminants

1,2- MSc Student and Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Tehran University
(*- Corresponding author Email: Hr_javani@yahoo.com)
3- Assistant Professor of Research Institute of Agricultural Engineering, Karaj, Iran