



ارزیابی اثر میان مدت آبیاری با پساب تصفیه شده بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

صادق پرتانی^{۱*}، سیدمحمد رضا مدنی^۱ و میرحسن سیدسراجی^۲

^۱ گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران
^۲ گروه منابع آب و محیط زیست، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۲

پرتانی، ص.، س.م.ر. مدنی و م.ح. سیدسراجی. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر میان مدت آبیاری با پساب تصفیه شده بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک. فصلنامه علوم محیطی. ۱۷(۲): ۸۰-۶۹.

سابقه و هدف: دلیل گسترش شهرها و افزایش مصرف سرانه آب، روزانه حجم زیادی پساب فاضلاب تولید می‌شود. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری فضای سبز، از آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌کند. این پژوهش با هدف بررسی اثرهای کاربرد فاضلاب تصفیه شده بر رشد گیاه خرزهره و تاثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: پس از بررسی روی پژوهش‌های انجام شده در داخل و خارج از کشور و بررسی منطقه جغرافیایی و ارزیابی امکانات و تجهیزات و نیز هماهنگی با سازمان‌های مرتبط ضمن برنامه‌ریزی بصورت ماهیانه اقدام به انجام این پژوهش شد؛ بدین منظور، آبیاری گیاه خرزهره تحت اثر دو تیمار ۱۰۰ درصد پساب و ۰ درصد پساب (آب چاه) و بصورت طرح بلوک‌های بطور کامل تصادفی در بدنه اتوبان باقری استان تهران اجرا شد. با توجه به مصرف پساب تصفیه شده جهت آبیاری گیاهان فضای سبز، در این تحقیق ویژگی‌های فاضلاب تصفیه خانه شهرک اکباتان برای اعمال تیمارهای متفاوت آبیاری و اثرات استفاده میان مدت از پساب در دوره یک ساله بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث: با بررسی میدانی نقش و عملکرد پساب بر میزان رشد و نگهداری فضای سبز شهری در قالب یک پژوهش با طراحی آزمایش و ساخت بلوک بعنوان یک پایلوت واقعی، زمینه ارزیابی امکان استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه شهرک اکباتان را فراهم کرده است. این تحقیق با هدف شناسایی منبع‌های آب پایدار در راستای بازچرخانی حداکثری و آسیب‌شناسی پتانسیل استفاده از پساب شهر تهران جهت پیاده سازی اهداف اکولوژی انسانی توسعه پایدار، تاثیر آبیاری با پساب تصفیه شده بر روی ویژگی‌های رویشی گونه گیاهی منتخب فضای سبز (خرزهره) بوسیله متر پارچه‌ای و کولیس هر سه روز یکبار با در نظر گرفتن قسمت‌های خمیده گیاه ثبت شد. با توجه به محدود بودن پارامترهای پساب مورد اندازه‌گیری و بمنظور راستی آزمایشی آن‌ها و دقیق کردن نتایج، ویژگی‌های کیفی آب فاضلاب در طی دوره آزمایش هر ماه در آزمایشگاه تصفیه خانه اکباتان اندازه‌گیری و ثبت گردید و با استاندارد سازمان محیط زیست ایران مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که پساب مورد استفاده در محدوده مجاز جهت آبیاری فضای سبز قرار دارد؛ از طرفی جهت بررسی تاثیر پساب تصفیه شده بر روی خاک قبل و بعد از دوره آزمایش، ۱۸ نمونه خاک بصورت تصادفی (۹ نمونه از عمق‌های ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری و ۹ نمونه از عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری) برداشت و پس از اختلاط به آزمایشگاه منتقل شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در هر دو عمق مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. که غلظت این عناصر در حد مجاز هر عنصر در خاک بوده که شاهدهی بر عدم آلودگی خاک توسط این عناصر می‌باشد. بعبارت دیگر

استفاده از پساب جهت آبیاری منجر به آلودگی خاک نمی‌گردد و آبیاری با پساب موجب مغذی شدن و افزایش باروری خاک شده است و میزان رشد اندام‌های گیاه، بعنوان تابعی از شرایط تیمار، در طول آزمایش دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اعتمادپذیری است.

نتیجه‌گیری: بطور کلی نتایج این بررسی نشان داد که میزان رشد پارامترهای فیزیولوژیکی گیاهان آبیاری شده با پساب بیشتر از آب چاه است. این میزان در ارتفاع تاج پوشش ۵۰ درصد، در قطر تاج پوشش ۱۰۰ درصد و در افزایش طول ساقه و ضخامت برگ بترتیب ۲۰ و ۷ درصد بیش از آبیاری با آب چاه دیده شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت استفاده از پساب جهت آبیاری فضای سبز میسر بوده و اثر منفی بر روی خاک ندارد.

واژه‌های کلیدی: خزرهره، پساب شهری، خاک، عملکرد محصول.

مقدمه

پساب نسبت به کرت‌های شاهد بطور معنی‌داری بزرگتر است. در اروپا استفاده از لجن برای احیای زمین‌های آسیب دیده یکی از بهترین روش‌های محیط زیستی محسوب می‌شود. از این رو با استفاده از این روش در محل اسکیزرسکاتلند^۱، درختان جنگلی و چمن کاشته شده‌اند که منجر به ایجاد جنگل‌های مصنوعی شده و از لجن برای غنی نمودن خاک این جنگل‌های مصنوعی استفاده می‌شود. در سال (Radnia et al., 2012). از پساب تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان علی ابن ابی طالب (ع) شهر زاهدان جهت آبیاری فضای سبز آن منطقه استفاده نمودند و بدین منظور هر ماه از ورودی و خروجی تصفیه خانه نمونه برداری صورت گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد کلیه پارامترهای زیست شناختی، فیزیکی و شیمیایی فاضلاب این تصفیه خانه مطابق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی WHO می‌باشد. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری پارامترهای نمونه خاک نشان داد که استفاده از فاضلاب منجر به تقویت خاک آن منطقه می‌شود. محققان بمنظور مقایسه ویژگی‌های شیمیایی پساب شهری و صنعتی ذوب آهن اصفهان با آب‌های زیرزمینی منطقه و همچنین امکان استفاده آن‌ها در آبیاری فضای سبز، از اسفند ۱۳۸۲ به مدت سه سال از پساب شهری و پساب صنعتی بطور متناوب نمونه برداری و پارامترهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و سنجه‌های آلودگی پساب اندازه‌گیری و مطابق آن میزان شوری پساب‌ها کمتر از میزان آن در آب زیرزمینی بود. همچنین میزان فلزات سنگین در نمونه‌های پساب در حد مجاز جهت آبیاری قرار داشتند که نشان می‌دهد استفاده از پساب شهری و پساب صنعتی ذوب آهن برای آبیاری فضای سبز از کیفیت مطلوب‌تری نسبت به آب‌های زیر زمینی برخوردار است (Tabatabai et al., 2014). در سال

رشد تصاعدی جمعیت و گرایش بسوی صنعت و تکنولوژی همگام با کاربرد روش‌های مدرن کشاورزی نیاز به منابع‌های آب را افزایش داده است و در چنین شرایطی استفاده مجدد از فاضلاب یکی از راه‌های نجات از مشکل کم آبی است. فاضلاب به دست آمده از مصرف آب در زندگی روزمره انسان از ۹۹/۹ درصد آب و ۰/۱ درصد مخلوطی از مواد معلق معدنی، آلی، گازها تشکیل شده است. (Musyoki, 2015) استفاده صحیح از پساب‌های شهری در کشاورزی در ایران سابقه بسیار طولانی دارد بطوری که حدود ۲۵۰۰ سال پیش در ایران باستان آب مورد استفاده فضای سبز شهر پارسه از طریق سیستم‌های زیرزمینی، جمع‌آوری و جهت آبیاری درختان مجموعه سلطنتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است که افزون بر گسترش فضای سبز، سبب کاهش مصرف کود نیز می‌شده است. از طرفی استفاده کوتاه مدت از فاضلاب شهری و صنعتی در چین برای آبیاری علوفه موجب افزایش عناصر سنگین در خاک‌ها به میزان ۲۵ تا ۸۰ درصد شد که این عامل تاثیر منفی بر رشد گیاهان از خود بجای نگذاشته است (Wang et al., 2003). محققان مراکشی از پساب ضد عفونی شده مزار^۱ آگادیر جهت آبیاری چمن گلف کارخانه‌ای در کشور مراکش استفاده نمودند که نتایج به دست آمده نشان داد علاوه بر کلر زنی جهت از بین رفتن باکتری‌ها باید از هیپوکلرید سدیم (سفید کننده‌ها) جهت آبیاری چمن زمین گلف استفاده نمود که سبب افزایش شوری خاک و تحت تاثیر قرار دادن رشد چمن شد (Mouhanni et al., 2011). جلبی در سال ۲۰۰۸ در پژوهشی که بر روی دو گیاه درمنه^۲ و اتریپلکس^۳ انجام داد به این نتیجه رسید که طول برگ این گیاهان در کرت‌های دارای لجن

بزرگراه باقری و آلودگی‌های احتمالی آن در یک پایلوت واقع در منطقه ۸ تهران با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی در مدت ۱۲ ماه انجام پذیرفت جهت آبیاری فضای سبز شهری با پساب در این پژوهش از معمولی ترین نوع فاضلاب که به دست آمده از اقدام‌های بهداشتی مانند استحمام، شستشوی لباس، پخت و پز و دیگر مصرف‌های آشپزخانه و ماده‌های زائد بدن انسان (مدفوع و ادرار) که منبع آن فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان است در مدل فیزیکی و در شرایط نقطه‌ای استفاده شد. بمنظور نزدیک شدن به شرایط واقعی تصمیم‌گیری در مورد انتخاب گونه‌های گیاهی بر حسب شرایط محیط فضای سبز شهری صورت گرفت بطوری که گونه گیاهی منتخب باید، کم و بیش به بسیاری از شرایط محیطی مقاومت نشان دهند و بر این اساس گونه گیاهی رایج موجود در فضای سبز منطقه توسط سازمان فضای سبز شهرداری تهران در حال کاشت در منطقه جهت آزمایش تعیین شد. پس از استقرار کامل گونه‌ها و تشکیل تراکم مناسب و بدون افزودن کود، تیمارهای آبیاری به تفکیک اعمال شدند. همچنین بمنظور جلوگیری از مخلوط شدن تیمارهای آزمایش، فاصله مناسب بین کرت‌ها در نظر گرفته شد و از نظر نحوه اجرای عملیات آبیاری گونه گیاهی، دو پایلوت در شرایط محیطی یکسان در ارتباط مستقیم با عامل‌های محیطی و در بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا و ساخته شد که یک پایلوت‌ها با آب فاضلاب (۱۰۰٪ پساب) و دیگری با آب چاه (۰٪ پساب) در فاصله‌های زمانی مشخص آبیاری گردید. فاضلاب مورد نیاز بوسیله گالن‌های ۲۰ لیتری در فاصله‌های زمانی هر سه روز یکبار از تصفیه خانه فاضلاب به محل اجرای آزمایش حمل و ذخیره گردید. میزان کاربرد آب بوسیله آب پاش مدرج تنظیم و مصرف شد. اولین آبیاری با هدف رساندن رطوبت خاک به ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آب چاه انجام گرفت و در ادامه هر هفته غلظت آب چاه کاهش داده شد بطوری که درصدهای مختلف فاضلاب ۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪، ۱۰۰٪ از طریق تعداد دفعات آبیاری آب چاه و فاضلاب کنترل گردید، تا سازگاری گونه‌های گیاهی با پساب صورت پذیرد. در مرحله بعد آزمایش تنها آبیاری با پساب صورت گرفت. لازم به اشاره است که پایلوت شاهد از ابتدای آزمایش تا پایان آزمایش با آب چاه آبیاری گردید.

Rahimi *et al.* (2015) تغییرهای فلزات سنگین به دست آمده از مصرف پساب صنعتی در خاک و گیاه تربچه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که غلظت کل فلزهای سنگین در خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده بیشتر از غلظت این عناصر در خاک آبیاری شده با آب معمولی است. بعلاوه، آبیاری با پساب بر افزایش غلظت عناصر سنگین در غده و اندام هوایی گیاه تربچه موثر نبود. پژوهشگران با هدف تاثیر پساب صنعتی بر کیفیت خاک، زمین‌های فضای سبز مجتمع فولاد مبارکه استان اصفهان را که با آب چاه و پساب صنعتی آبیاری شده بودند، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که pH خاک در زمین‌های آبیاری شده با پساب نسبت به تیمار شاهد آبیاری شده با آب چاه کمتر است و بطور کلی مدیریت آبیاری با پساب جهت فضای سبز مجتمع فولاد مبارکه موجب بهبود کیفیت خاک این زمین‌ها نسبت به گذشته شد (Moradi Nasab *et al.*, 2016). پژوهش‌ها بیانگر آن است که استفاده از فاضلاب‌ها بدلیل داشتن غلظت عنصرهای زیاد بر وضعیت حاصلخیزی و مواد آلی موثر است. در نشست متخصصان سازمان جهانی بهداشت ۱۹۷۳ اعلام گردید تولید پسابی با کیفیت ۱۰۰۰ کلیفرم تا ۱۰۰ میلی لیتر، از نظر فنی به راحتی امکان پذیر است و آبیاری بدون محدودیت محصول‌ها با چنین پسابی، احتمال دارد مخاطرات بهداشتی بسیار محدودی را موجب شود.

در این تحقیق، آثار استفاده مجدد از پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهرک اکباتان تهران بصورت موردی بر رشد و عملکرد خزرهره و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت شرایط اعمال تیمارهای متفاوت آبیاری بررسی شد. هدف از این پژوهش، امکان سنجی و ارزیابی شرایط کیفی پساب این تصفیه خانه جهت آبیاری فضای سبز شهری است. همچنین، این پژوهش با بهره‌گیری از تجربه‌های مطالعه‌های پیشین و در مقیاس واقعی، به مقایسه جامع تاثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه شده شهری بر رشد اندام‌های مختلف گیاه به تفکیک پارامترهای پساب می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش شبیه سازی فضای سبز واقعی، در مجاورت با

حداکثر مجاز پیشنهادی از سوی استاندارد (WHO, 1990) در جدول ۳ و ۵ آمده است. از آنجایی که گیاه خرزهره مصرف خوراکی ندارد شمارش و تعیین کلی فرمها انجام نگرفت. همچنین، از پساب مورد استفاده نمونه برداری و میزان غلظت عناصر و برخی خصوصیات مورد مطالعه بر اساس روش‌های موجود اندازه‌گیری و در جدول ۶ آورده شد. در طول اجرای آزمایش، پارامترهای فیزیکی گیاه شامل افزایش طول، قطر تاج پوشش، و ارتفاع تاج پوشش با یک متر پارچه‌ای و با احتساب قسمت خمیده ساقه‌ی گیاه خرزهره مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار Minitab 14 و برای رسم نمودارها از نرم افزار MS. Excel 2017 استفاده شد.

نتایج و بحث

در این پژوهش، بمنظور مقایسه شرایط مختلف تیمار میزان رشد

از هر دو پایلوت در ابتدا بمنظور تجزیه خاک اولیه، نمونه‌هایی عمق ۰-۳۰ سانتی متری سطح خاک و سپس عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری تهیه شد. از آنجایی که فرآیند آبیاری با پساب ویژگی‌های خاک را نیز مورد تاثیر قرار می‌دهد (Iranoust and Tabriz, 2017)، بنابراین بررسی کیفیت خاک قبل و بعد از تیمار از مهمترین بخش‌های تحقیق است. جدول‌های ۱ و ۲ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاک مورد استفاده در طرح پایلوت‌ها را طی دو مرحله آزمایش در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی متری قبل و بعد از تاسیس نشان می‌دهد. قبل از آبیاری با پساب، خاک دارای بافت لوم رسی و شنی، pH در حدود ۸.۵، هدایت الکتریکی ۳.۱ دسی‌زیمنس بر متر و وزن مخصوص ظاهری ۱.۴ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد. دیگر ویژگی‌های شیمیایی خاک پیش و بعد از ایجاد تیمارهای آبیاری به همراه میزان

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در طرح پایلوت قبل از احداث (تاریخ انجام آزمایش: ۱۷/۸/۹۵)

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil used in the pilot design before construction (date of testing: November 8th, 2016)

مشخصات Specifications	EC ds/m	pH	T.N.V %	Total N %	P _{ave} ppm	K _{ave} ppm	O.C %	Fe Ppm	Zn ppm	Mn ppm	Cu ppm	SP %
حدود مطلوب Desirable range According to WHO	<2	6-8	<10	>0.15	15	350	1.5	8-10	2	6-8	1-2	-
عمق ۰-۳۰ Depth 0-30 cm	5.03	8	10.2	0.01	14.8	308	0.23	6.84	0.32	4.9	1.22	30.09
عمق ۳۰-۶۰ Depth 30-60 cm	3.01	8.05	11.8	0.02	14	216	0.09	4.5	0.42	4	0.94	28.34

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی خاک مورد استفاده در طرح پایلوت طی دو مرحله آزمایش در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی متری قبل از احداث

Table 2. Physical properties of the soil used in the pilot project during two stages of testing in depths of 30 and 60 cm before construction

مشخصات Specifications	رس Clay	ماسه Sand	سیلت Silt	بافت Texture
حدود مطلوب مطابق Desirable range according to WHO	20-30	40-50	30-40	لوم رسی Clay loam
عمق ۰-۳۰ Depth 0-30 cm	26	50	24	لوم رسی شنی Clay looney
عمق ۰-۳۰ Depth 0-30 cm	26	64	10	لوم رسی شنی Clay looney

گیاه منتهی شد. این موضوع در تایید نتایج مطالعه‌های پیشین احتمال دارد ناشی از میزان‌های تقریبی بالاتر ترکیب‌های نیتروژن و فسفر موجود در پساب خروجی تصفیه خانه باشد (Rezvan Moghadam and Mirzaei Najmabadi, 2010). زیرا میزان رشد اندام‌های مختلف بعنوان تابعی از غلظت مواد

و عملکرد پارامترهای فیزیکی خرزهره مورد بررسی قرار گرفت. مطابق شکل ۱ میزان متوسط رشد نهایی همه‌ی اندام‌های گیاه در طول آزمایش در شرایط آبیاری کامل با پساب خروجی تصفیه خانه، بیشتر از آب چاه بود؛ بعبارت دیگر، نه تنها آبیاری با پساب مانع از رشد گیاه نشد بلکه به افزایش آن و باروری بیشتر

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی (آنیونی و کاتیونی) خاک مورد استفاده در طرح پایلوت قبل از احداث

Table 3. Chemical characteristics (anionic and cationic) of the soil used in the pilot design before construction

مشخصات Specifications	کاتیون‌ها و آنیون‌ها در نمونه خاک Cation and anions in the soil sample (meq/lit)										SAR	ESP
	CO ₃	HCO ₃	CL	SO ₄	مجموع آنیون‌ها Total anions	Ca	Mg	Na	مجموع کاتیون‌ها Total cations			
حدود مطلوب مطابق Desirable range according to WHO	0	<2	<9	<10	-	<8	<6	<8	-	<10	<15	
عمق Depth (cm) 30-0	2.1	2.7	32.25	17.25	106	10	24	72	106	17.46	19.39	

جدول ۴- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در طرح پایلوت‌ها بعد از احداث (تاریخ انجام آزمایش: ۹۵/۱۲/۲۱)
Table 4. Physical and chemical properties of the soil used in pilot designs after construction (date of execution: March 12th, 2017)

مشخصات Specifications	عمق Depth	EC ds/m	PH	T.N.V %	Total N %	Pava ppm	Kava ppm	O.C %	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm	CU ppm	SP %
حدود مطلوب مطابق Desirable range according to WHO	-	<2	6-8	<10	>0.15	15	350	1.5	8-10	2	6-8	1-2	-
پایلوت ۱ pilot 1	30-0	3	8/31	12.5	0.01	5	90	0.11	7.4	0.42	6.3	1.12	30
پایلوت ۲ pilot 2	30-60	2.04	8/18	12.5	0.01	6.8	51	0.04	5.7	0.34	4.2	0.68	25.8

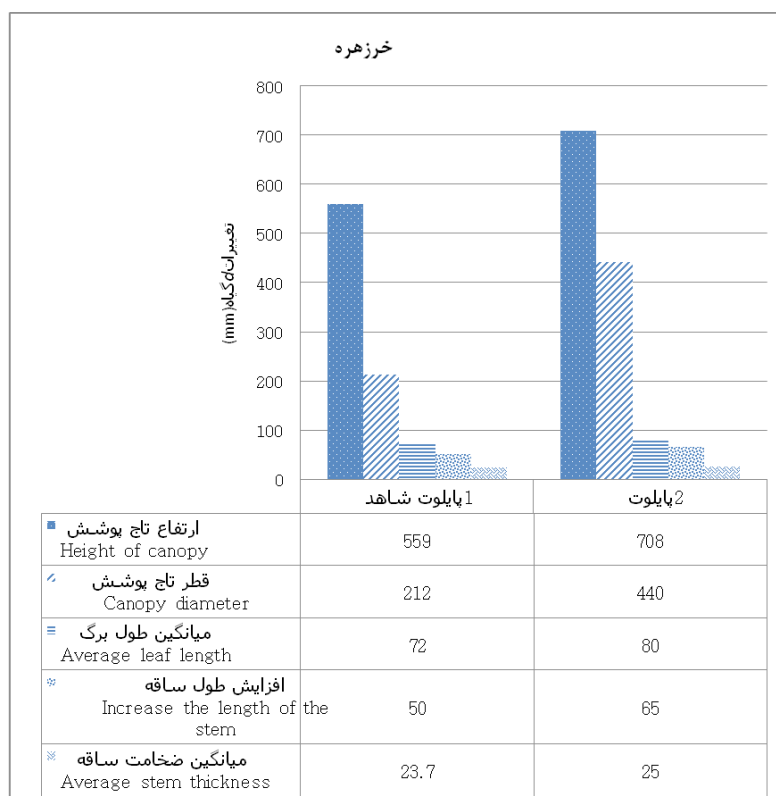
جدول ۵- ویژگی‌های شیمیایی (آنیونی و کاتیونی) خاک مورد استفاده در طرح پایلوت بعد از احداث

Table 5. Chemical characteristics (anionic and cation) of the soil used in the pilot design after construction

مشخصات Specifications	کاتیون‌ها و آنیون‌ها در نمونه خاک Cations and anions in soil sample (meq/lit)										SAR	ESP	
	Ec Ds/m	PH	Co ₃	HCO ₃	CL	So ₄	مجموع آنیون‌ها Total anions	Ca	Mg	Na			مجموع کاتیون‌ها Total cations
حدود مطلوب مطابق Desirable range according to WHO	<2	7-7.5	0	<2	<9	<10	-	<8	<6	<8	-	<10	<15
پایلوت pilot	3	8.31	2.1	4.2	19.1	1	34.5	12	۱۴	124	34.5	44.7	37.7

جدول ۶ - میانگین ویژگی‌های کیفی آب چاه و پساب تصفیه شده و مقایسه آن با حداکثر مجاز یا بازه پیشنهادی استاندارد
 Table 6. Mean of qualitative characteristics of well water and refined wastewater and its comparison with the maximum permitted or standard range

پارامتر Parameter	واحد Unit	آب چاه Well water	پساب Wastewater	سازمان حفاظت محیط زیست ایران IRNDOE
pH	—	7.9	7.13	6-8.5
فسفات (PO ₄)	Mg/L	0.2	2.71	50
نیترات	Mg/L	4.77	19.76	—
نسبت جذب سدیم (^۰ SAR)	—	1.08	2.75	10
EC	ds/m	0.97	0.78	2.5-7.5
Mg منیزیم	Meq/L	4.41	2.14	8.2
Na سدیم	Meq/L	2.15	4.73	—
Ca کلسیم	Meq/L	30.1	3.8	—
K پتاسیم	Meq/L	0.04	0.42	—



شکل ۱ - میزان متوسط رشد نهایی اندام‌های گیاه
 Fig. 1- Average growth rate of plant organs

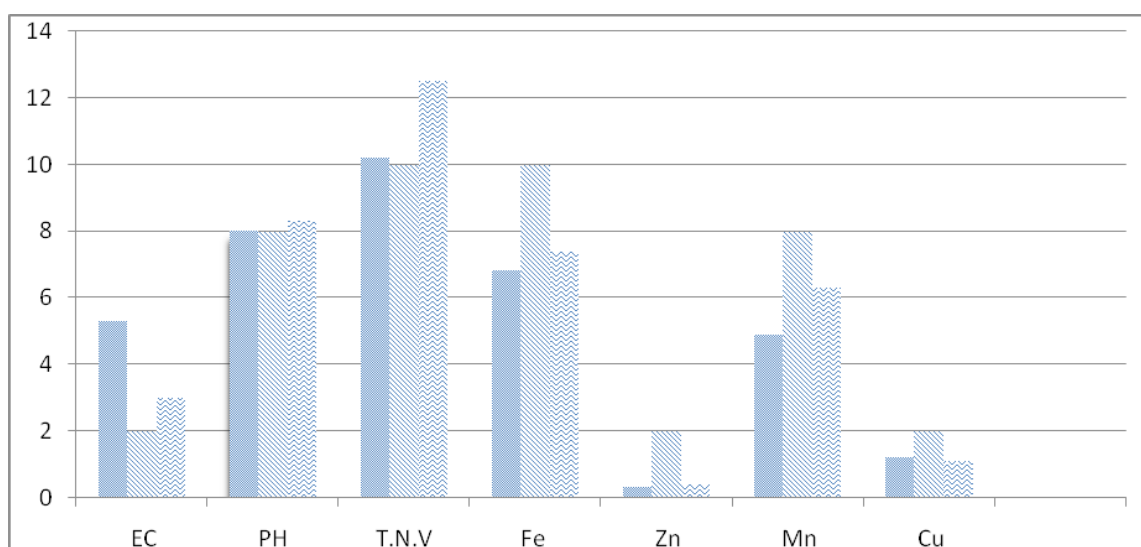
مطالعات پیشین است. یعنی میزان رشد گیاه و اندام‌های مختلف آن بطور کامل وابسته به کیفیت آب آبیاری است و احتمال می‌رود که این امر به سبب جذب مواد مغذی (مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و آلی موجود در خاک و پساب باشد. با توجه به مقادیر هدایت الکتریکی و دیگر ویژگی‌های پساب استفاده شده و بر اساس استاندارد سازمان محیط

مغذی موجود در آب شناخته می‌شود (Poorter and Nagel, 2000).

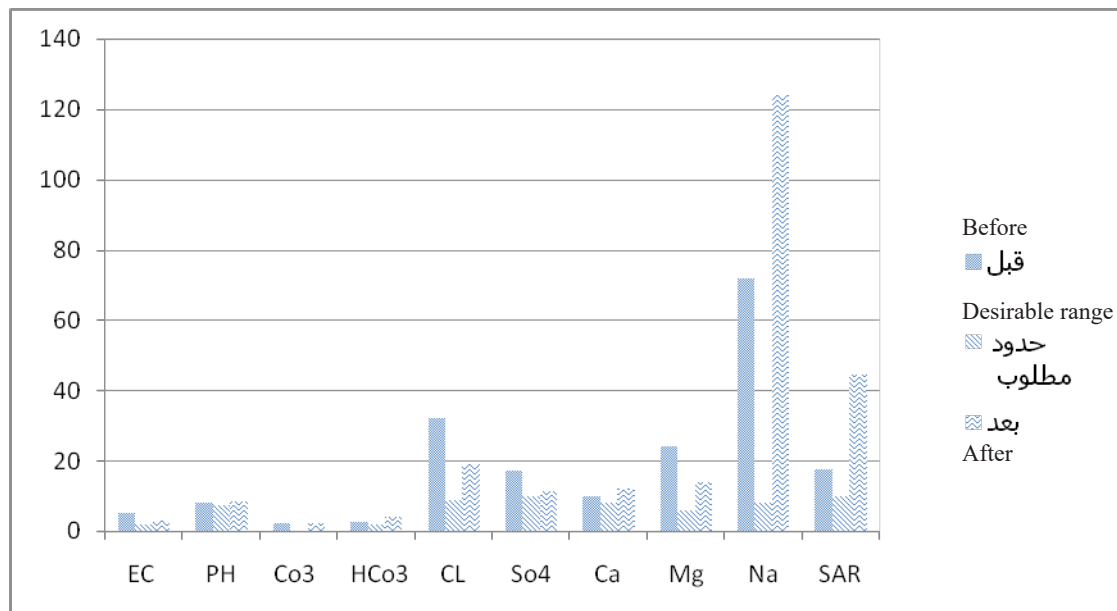
نتایج مطالعه‌های آماری تغییرات رشد اندام‌های گیاه در شرایط آبیاری مختلف، تفاوت معنی‌داری بویژه بین آب چاه با نمونه‌های آبیاری شده با پساب را نشان می‌دهد که بدلیل مشابهت در روند جذب و اندام‌های اساسی، تاییدی بر نتایج

احتمال انتقال فلزهای سنگین به لایه‌های زیرین خاک کم و این فلزها بیشتر در لایه‌های بالایی خاک انباشته می‌شوند. با این وجود، روند معکوسی در مورد برخی از فلزهای سنگین (Fe، Mn، Cr، Pb) بوسیله‌ی El-Khateeb *et al.* (2012) گزارش شده است که می‌تواند بدلیل تفاوت در بافت خاک (بافت شنی) و درصد پایین کربن آلی خاک در لایه‌های خاک مطالعه یاد شده، باشد. بدلیل جذب عنصرها به وسیله‌ی گیاهان، بطور تقریبی در کلیه نمونه‌ها عنصرهای غذایی ماکرو و میکرو کاهش یافته است. مقدار شوری EC و آنیون و کاتیون‌های خاک نیز روند کاهشی داشته بطور کلی ESP و SAR بطور کامل کاهش و وضعیت خاک بهبود چشمگیری داشته است. با توجه به این که رشد گیاه تحت شرایط آبیاری با پساب در مولفه‌های تاج پوشش بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بیشتر از رشد گیاهان تحت آبیاری با آب چاه بود و در مجموع نتایج مطلوبتری را در بر داشت؛ پیشنهاد می‌شود جهت آبیاری گیاهان فضای سبز شهری که مصرف خوراکی ندارند از پساب تصفیه شده استفاده شود. شایان توضیح است نتایج این پژوهش می‌تواند به دیگر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر تهران با توجه به ارزیابی کیفی فاضلاب خام آن‌ها تعمیم داده شود. ولی شهرهایی دیگر نظیر شهرهای صنعتی (مانند شهرک صنعتی عباس

زیست ایران بنظر می‌رسد احتمال تخریب بافت خاک و تاثیر منفی بر نفوذپذیری آن کم باشد. بنابراین، در این تحقیق در کنار بررسی‌های مربوط به رشد و عملکرد گیاه، ارزیابی ویژگی‌های کیفی خاک نیز انجام گرفت. این ویژگی‌های پیش از انجام دادن بررسی‌ها و پس از پایان آن، به همراه حدود مجاز در جدول‌های ۱ تا ۵ بیان شده است. در شکل‌های ۲ و ۳ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در طرح پایلوت در عمق ۳۰ سانتی‌متری قبل و بعد از احداث نشان داده شده است. بررسی تغییرهای عمقی فلزهای سنگین در پروفیل خاک در هر یک از دو توده مورد بررسی نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۹۵٪ اعتمادپذیری است (جدول ۱ و ۴)، بطوری که غلظت فلزهای سنگین Fe، Mn، Cr، Pb خاک در هر دو توده، در لایه سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) بیشتر از لایه‌های عمقی می‌باشد. در همین راستا (Tabari and Salehi (2011) به نتایج مشابهی دست یافتند. غلظت کمتر فلزات سنگین در عمق‌های پایین‌تر خاک، بدلیل پویایی کم این فلزات و در نتیجه حرکت ضعیف آن‌ها به سمت لایه‌های پایینی خاک و آبیاری سطحی فاضلاب شهری می‌باشد و با توجه به این که بافت خاک هر دو توده مطابق جدول ۲ لومی-رسی شنی است و از طرفی هرچه بافت خاک سنگین‌تر باشد میزان نفوذپذیری فلزات سنگین در خاک کاهش می‌یابد،



شکل ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در طرح پایلوت در عمق ۳۰ سانتی متری قبل و بعد از تاسیس
Fig. 2- Physical and chemical characteristics of the soil used in the pilot design at the depth of 30 cm before and after construction



شکل ۳- ویژگی‌های شیمیایی (آنیونی-کاتیونی) خاک مورد استفاده در طرح پایلوت در عمق ۳۰ سانتی متر، قبل و بعد از تاسیس
Fig. 3- Chemical characteristics (anionic-cationic) of the soil used in the pilot scheme at the depth of 30 cm, before and after construction

سپاسگزاری

از مسئولان آزمایشگاه و مدیریت محترم تصفیه خانه اکباتان، جناب آقای قاسمی، برای همکاری در انجام دادن آزمایش‌ها و پرسنل بهره‌برداری تصفیه خانه فاضلاب شهرک اکباتان و شهرداری منطقه ۸ ناحیه ۸ تهران سپاسگزاریم. همچنین بر خود لازم می‌دانیم تا از راهنمایی‌های جناب مهندس سیدمحمدجواد مدنی نیز که در انجام دادن این پژوهش و اصلاح متون ما را یاری نمودند، قدردانی کنیم.

پی‌نوشت‌ها

¹M'zar Agadir

²Haloxyonspp

³Nitrariaschoberi

⁴Skizer

⁵Sodium Adsorption Ratio

آباد) و تصفیه خانه‌های صنعتی نیازمند مطالعه‌های موردی مشابه این پژوهش هستند تا نتایج قابل بررسی و مقایسه باشد.

نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق ارزیابی میزان رشد و عملکرد خرزهره در صورت آبیاری با پساب تصفیه شده فاضلاب شهرک اکباتان تهران در مقایسه با شرایط تیمار آب چاه و بررسی کاربرد آب فاضلاب بر آلودگی شیمیایی خاک انجام گرفت. این میزان در ارتفاع تاج پوشش ۵۰ درصد، در قطر تاج پوشش ۱۰۰ درصد و در افزایش طول ساقه و ضخامت برگ بترتیب ۲۰ و ۷ درصد بیش از آبیاری با آب چاه دیده شد. نتایج نشان داد آبیاری با پساب تصفیه خانه در مدت ۱۲ ماه بدون ایجاد تاثیر منفی بر کیفیت خاک موجب افزایش رشد و بهبود مشخصه‌های عملکردی گیاه نسبت به شرایط تیمار با آب چاه می‌شود.

منابع

Anonymous, 2007. Water quality - Counting micro-organisms in water using culture method. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Standard.

El-Khateeb, M.A., Arafa, A.M., El-dayem, A.M.A. and

Watfa, R.A., 2012. Effect of sewage water irrigation on macro nutrients, heavy metals and frequency percentage of fungi in soil cultivated with woody trees. Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants. 4(2), 177-185

- Irاندوست، M. and Tabriz، A.S., 2017. The effect of municipal wastewater on soil chemical properties. *Solid Earth Discussions*. 6(February), 1–13.
- Ministry of Power, 2011. Environmental codes for reuse of recovering waters and wastewater. *Journal of the Strategic Planning and Control Department of the Ministry of Energy*. 535.
- Moradi Nasab,, Shirvani, M., Shamsaee, M. and Babaie M., 2016. Evaluation of some indicators of chemical and biological quality of soil in green spaces of Mobarakeh Steel Complex, irrigated with well water and industrial waste water. *Journal of Soil and Water Sciences*, 19 (74), 101-110.
- Musyoki, M.S., 2015. University of Nairobi Title: A Study on the Disposal of Hazardous Chemicals, Domestic Waste and Waste Water in Kenya.
- Poorter, H. and Nagel, O., 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: A quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*. 27, 595–607.
- Presidential Strategic Planning and Control Deputy Directorate, 2013 Instructions for laboratory analysis of soil and water samples. *Journal*. 467.
- Radnia, M., Bazrafshan, A., Goshtipour, F., Shahriari, A., Khaksfidi, R. and Karimpour, Z., 2012. Investigating the possibility of using wastewater from the wastewater of Ali ibn Abitaleb Hospital in Zahedan to irrigate the green space. 1-8.
- Rahimi, Gh., Amraei, L. and Kimayee Talib, A.S., 2015. Effect of irrigation with industrial effluent on the process of changes of some heavy metals in soil and radish. *Greenhouse Cultivation Science and Technology*.
- Rezvan Moghaddam, P. and Mirza'i Najmabadi, M., 2010. Effect of different ratios of well water and treated wastewater on morphology, yield and yield components of corn, sorghum and millet. *Iranian Journal of Crop Research*, 7 (1), 63-75.
- Tabataba'i, S.H., Najafi, P. and Taherisodjani, E., 2014. Investigating the characteristics of urban and industrial wastewater of Zob Ahan and comparing it with groundwater characteristics of the area for irrigation of green spaces. *Water and Agriculture Water Challenges*.
- Tabari, M. and Salehi, A., 2012. Investigating the effect of irrigation using urban wastewater on the accumulation of heavy metals in soil. *Science and Technology Environment*. 1.
- Wang, Q.R., Cui, Y.S., Liu, X.M., Dong, Y.T. and Christie, P., 2003. Soil contamination and plant uptake of heavy metals at polluted sites in China. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/hazardous Substances and Environmental Engineering*. 38(5), 823–838.





Environmental Sciences Vol.17/ No.2 / Summer 2019

69-80

Evaluation of the effect of irrigation with purified wastewater on the physical and chemical properties of soil

SadeghPartani,¹ Seyed Mohammad Reza Madany¹ and Mir Hassan SeyedSeraji²

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

² Department of Water and Environmental Resources, Shahid Abbaspour College of Technology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2018.03.17 Accepted: 2019.04.22

Partani, S., Madany, S.M.R. and Seyed Seraji, M.H., 2019. Evaluation of the effect of irrigation with purified wastewater on the physical and chemical properties of soil. *Environmental Sciences*. 17(2): 69-80.

Introduction: Due to the development of cities and increasing water consumption per day, a large amount of wastewater is being daily produced. The use of refined sewage in irrigating the green space prevents environmental pollution. This research was carried out to investigate the effects of refined sewage treatment on plant growth and its effects on physical and chemical properties of soil.

Material and methods: After studying the research carried out inside and outside the country, a certain geographic area, facilities and equipment were evaluated. Then, with coordination with the related organizations, this study was carried out in Shahid Bagheri highway in Tehran. Irrigation of the plants as treatments were done as a completely randomized block design (CRD) under through two treatments (100% wastewater and 0% wastewater (well water which is the current irrigation system)). Considering the irrigations as treatments for green space plants, characteristics of the applied sewage which was provided from wastewater Ekbatan treatment plant the effects of midterm period use of effluent (in one-year) physical and chemical properties of soil was carried out.

The effect of irrigation with treated wastewater on the vegetative characteristics of selected species of green space (donut) by clay meter was recorded every three days regarding to the curved parts of the plant. Due to the limited amount of wastewater parameters and in order to verify and evaluate the results, the quality of the waste water was measured monthly in Ekbatan's WWTP laboratory and was compared to the standard of the Iranian Environment Organization.

Results and discussion: By studying the role of wastewater on the growth and maintenance of urban green spaces in the form of a pilot study, the possibility of reuse of the wastewater from the sewage treatment plant of Ekbatan town was assessed. The aim of this study was to identify sustainable water sources in order to maximize the wastewater recycling

*Corresponding Author: *Email Address.* s_partani@ut.ac.ir

for the implementation of human ecology goals for sustainable development. The results showed that the effluent was in the permitted range for irrigation of green space. On the other hand, to investigate the effect of treated wastewater on the soil before and after the experiment, 18 soil samples were randomly selected, nine of which were sampled from 0 to 30 cm depth and nine others from the depths of 30 to 60 cm. All samples were mixed and transferred to the laboratory. The physico-chemical properties of the soil were measured at both depth ranges. The concentration of each element was within the standard limits, which is a proof of the non-contamination of the soil. In other words, the use of wastewater for irrigation does not lead to soil contamination and irrigation with wastewater causes an increase in the nutrition and fertility of the soil. Also, the growth rate of the organs as a function of the treatment conditions during the experiment had a significant difference.

Conclusion: In general, the results of this study showed that the amount of physiological parameters of plants irrigated with wastewater was greater than that of well water. Therefore, it can be concluded that the use of wastewater for irrigation of green space is possible and has no negative effect on soil.

Keywords: Green space, Urban wastewater, Soil pollution, Irrigation efficiency.

