



ارزیابی اثر میان مدت آبیاری با پساب تصفیه شده بر ویژگی های 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. سید سراجی. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر میان مدت آبیاری با پساب تصفیه شده بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک. فصلنامه علوم محیطی. ۱۷(۲): ۶۹-۷۹.

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

مواد و روش ها: پس از بررسی روی پژوهش های انجام شده در داخل و خارج از کشور و بررسی منطقه جغرافیایی و ارزیابی امکانات و تجهیزات و نیز هماهنگی با سازمان های مرتبط ضمن برنامه ریزی به صورت 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 بلوک های به طور 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 ویژگی های فاضلاب تصفیه خانه شهرک اکباتان برای اعمال تیمارهای متفاوت آبیاری و اثرات استفاده میان مدت از پساب در دوره یک ساله بر ویژگی های 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 منابع آب پایدار در راستای بازچرخانی حداکثری و آسیب شناسی پتانسیل استفاده از پساب شهر تهران جهت پیاده سازی اهداف اکولوژی انسانی توسعه پایدار، تاثیر آبیاری با پساب تصفیه شده بر روی خصوصیات رویشی گونه گیاهی منتخب فضای سبز (خرزهره) بوسیله متر پارچه ای و کولیس هر سه روز یکبار با در نظر گرفتن قسمت های خمیده گیاه ثبت شد. با توجه به محدود بودن پارامترهای پساب مورد اندازه گیری و به منظور راستی آزمایی آن ها و دقیق کردن نتایج، ویژگی های کیفی آب فاضلاب در طی دوره آزمایش هر ماه در آزمایشگاه تصفیه خانه اکباتان اندازه گیری 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 عمق های ۰ تا ۳۰ سانتی متری و ۹ نمونه از عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی متری) برداشت و پس از اختلاط به آزمایشگاه منتقل شد. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در هر دو عمق مورد اندازه گیری قرار گرفت. که غلظت این عناصر در حد مجاز هر عنصر در خاک بوده که شاهدهی بر عدم آلودگی خاک توسط این عناصر می باشد. بعبارت

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

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 معنی داری در سطح ۹۵ درصد اعتمادپذیری است.

نتیجه‌گیری: به طور 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 به ترتیب 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

به کورت های شاهد بطور معنی داری 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، 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 (2012)، Radnia *et al.* از پساب تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان علی ابن بیطالب (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 بدست 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 به منظور 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 به طور متناوب نمونه برداری و پارامترهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و سنج‌های 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 منبع‌های آب را افزایش داده است و در چنین شرایطی استفاده مجدد از فاضلاب یکی از راه‌های نجات از مشکل کم‌آبی 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 می‌گرفت است که علاوه بر گسترش فضای سبز، باعث کاهش مصرف کود نیز می‌شده است. از طرفی استفاده کوتاه مدت از فاضلاب شهری و صنعتی در چین برای آبیاری علفه 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 مزارع آگادیر جهت آبیاری چمن گلف کارخانه‌ای در کشور مراکش استفاده نمودند که نتایج بدست 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 باعث افزایش شوری خاک و تحت تاثیر قرار دادن رشد چمن شد (Mouhanni *et al.*, 2011). جلیبی در سال ۲۰۰۸ در پژوهشی که بر روی دو گیاه درمنه^۲ و آترپلکس^۴ انجام داد به این نتیجه رسید که طول برگ این گیاهان در کرت‌های دارای لجن پساب نسبت

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 اقدام های بهداشتی مانند استحمام، شستشوی لباس، پخت و پز و دیگر مصرف های آشپزخانه و ماده های زائد بدن انسان (مدفوع و ادرار) که منبع آن فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان استدر مدل فیزیکی و در شرایط نقطه‌ای استفاده شد. به منظور نزدیک شدن به شرایط واقعی تصمیم گیری در مورد انتخاب گونه های 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 به منظور جلوگیری از مخلوط شدن تیمارهای آزمایش، فاصله مناسب بین کرت ها در نظر گرفته شد و از نظر نحوه اجرای عملیات آبیاری گونه گیاهی، دو پایلوت در شرایط محیطی یکسان در ارتباط مستقیم با عامل های محیطی و در بلوک های کاملا تصادفی اجرا و ساخته شد که یک پایلوت ها با آب فاضلاب (۱۰۰٪ پساب) و دیگری آب چاه (۰٪ پساب) در فاصله های زمانی مشخص آبیاری گردید. فاضلاب مورد نیاز بوسیله گالن های ۲۰ لیتری در فاصله های 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 گونه های 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) تغییرات 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. علاوه، 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، زمین های 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 زمین های 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 زمین ها نسبت به گذشته شد (Moradi Nasab et al., 2016). پژوهش ها بیانگر آن است که استفاده از فاضلاب ها به دلیل داشتن غلظت عنصرهای زیاد، بر وضعیت حاصلخیزی و مواد آلی موثر است. در نشست متخصصین 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 محصول ها با چنین پسابی، احتمال دارد مخاطرات بهداشتی بسیار محدودی را موجب می شود. در این تحقیق، آثار استفاده مجدد از پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهرک اکباتان تهران به صورت موردی بر رشد و عملکرد خرزهره و ویژگی های 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 بهره گیری از تجربه های مطالعه های پیشین و در مقیاس واقعی، به مقایسه جامع تاثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه شده شهری بر رشد اندام های مختلف گیاه به تفکیک پارامترهای پساب می پردازد.

مواد و روش ها

این آزمایش شبیه سازی فضای سبز واقعی، در مجاورت با

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 مشخصات شیمیایی خاک پیش و بعد از ایجاد تیمارهای آبیاری به همراه میزان 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.

از هر دو پایلوت در ابتدا به منظور 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 رانیز مورد تاثیر قرار می‌دهد (Irandoost and Tabriz, 2017)، بنابراین نبررسی کیفیت خاک قبل و بعد از تیمار از مهمترین بخش‌های تحقیق است. جدول‌های ۱ و ۲ مشخصات فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاک مورد استفاده در طرح پایلوت‌ها را طی دو مرحله آزمایش در عمق‌های ۳۰

جدول ۱- مشخصات 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 %	TotalN %	P _{ave} ppm	K _{ave} ppm	O.C %	Fe Ppm	Zn ppm	Mn ppm	Cu ppm	SP %
حدود مطلوب Desirable range	<2	6-8	<10	>0.15	15	350	1.5	8-10	2	6-8	1-2	-
According to WHO 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 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- مشخصات 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 ۳۰-۶۰ Depth (30)60-cm	26	64	10	لوم رسی شنی Clay looney

قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار Minitab 14 و برای رسم نمودارها از نرم افزار M.S. Excel 2017 استفاده شد.

نتایج و بحث

در این پژوهش، به منظور مقایسه شرایط مختلف تیمار میزان رشد و عملکرد پارامترهای فیزیکی خرزهره مورد بررسی قرار گرفت. مطابق شکل ۱ میزان متوسط رشد

همچنین، از پساب مورد استفاده نمونه برداری و میزان غلظت عناصر و برخی خصوصیات مورد مطالعه بر اساس روش‌های موجود اندازه گیری 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 اندازه گیری

از میزان های تقریبی بالاتر ترکیب های نیتروژن و فسفر موجود در پساب خروجی تصفیه خانه باشد (Rezvan Moghadam and Mirzaei Najmabadi, 2010). زیرا میزان رشد اندام های مختلف بعنوان تابعی از غلظت مواد مغذی موجود در آب شناخته می شود (Poorter and Nagel, 2000).

نهایی همه ی اندام های 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 گیاه منتهی شد. این موضوع در تایید نتایج مطالعه های پیشین احتمال دارد ناشی

جدول ۳- مشخصات 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	کاتیون ها و آنیون ها در نمونه خاک Cation and anions in the soil sample (meq/Lit)										SAR	ESP
	CO ₃	HCO ₃	CL	SO ₄	مجموع آنیون ها Total anions	Ca	Mg	Na	مجموع کاتیون ها 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- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در طرح پایلوت ها 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 Pmm	Zn Pmm	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 ۱	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 ۲	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

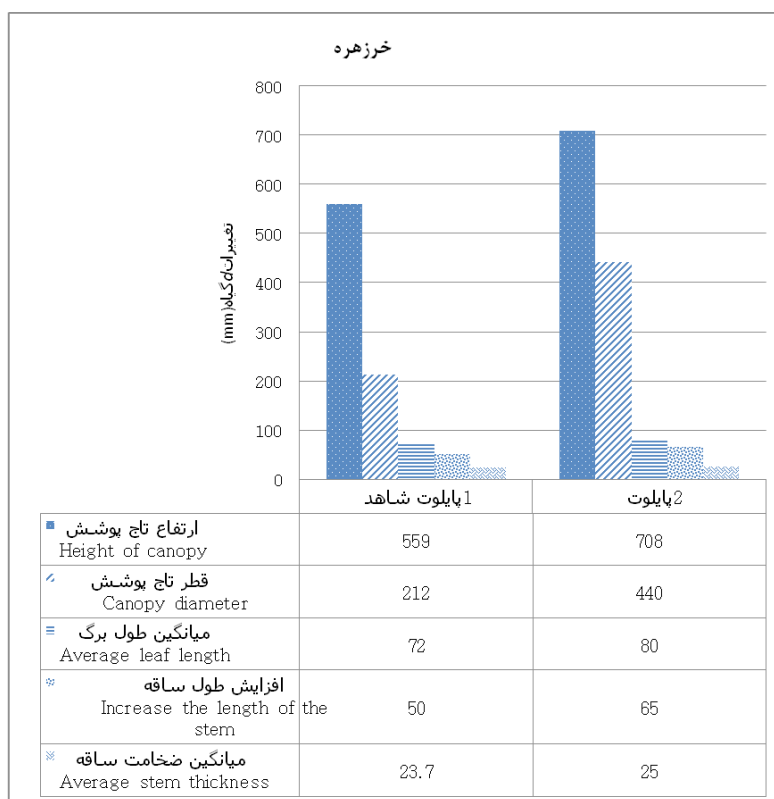
جدول ۵- مشخصات شیمیایی (آنیونی و کاتیونی) خاک مورد استفاده در طرح پایلوت بعد از احداث

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

مشخصات Specifications	کاتیون ها و آنیون ها در نمونه خاک Cation and anions in soil sample (meq/Lit)										SAR	ESP	
	Ec Ds/m	PH	Co ₃	HCo ₃	CL	So ₄	مجموع آنیون ها Total anions	Ca	Mg	Na			مجموع کاتیون ها 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 مشخصات 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 (⁶ SAR)	—	1.08	2.75	10
EC	ds/m	0.97	0.78	2.5-7.5
منیزیم Mg	Meq/l	4.41	2.14	8.2
سدیم Na	Meq/l	2.15	4.73	—
کلسیم Ca	Meq/l	30.1	3.8	—
پتاسیم K	Meq/l	0.04	0.42	—



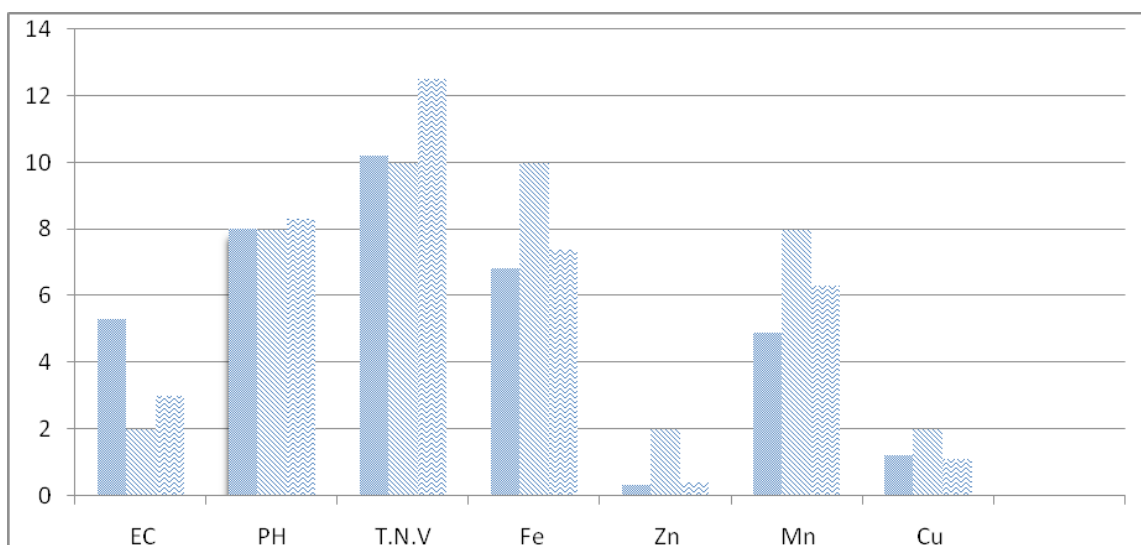
شکل ۱ - میزان متوسط رشد نهایی اندام های گیاه
 Fig. 1- Average growth rate of plant organs

احتمال می رود 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 ویژگی های پساب استفاده شده و بر اساس استاندارد سازمان محیط زیست ایران به نظر می رسد احتمال تخریب بافت خاک و تاثیر منفی بر نفوذ پذیری آن کم باشد. بنابراین، در

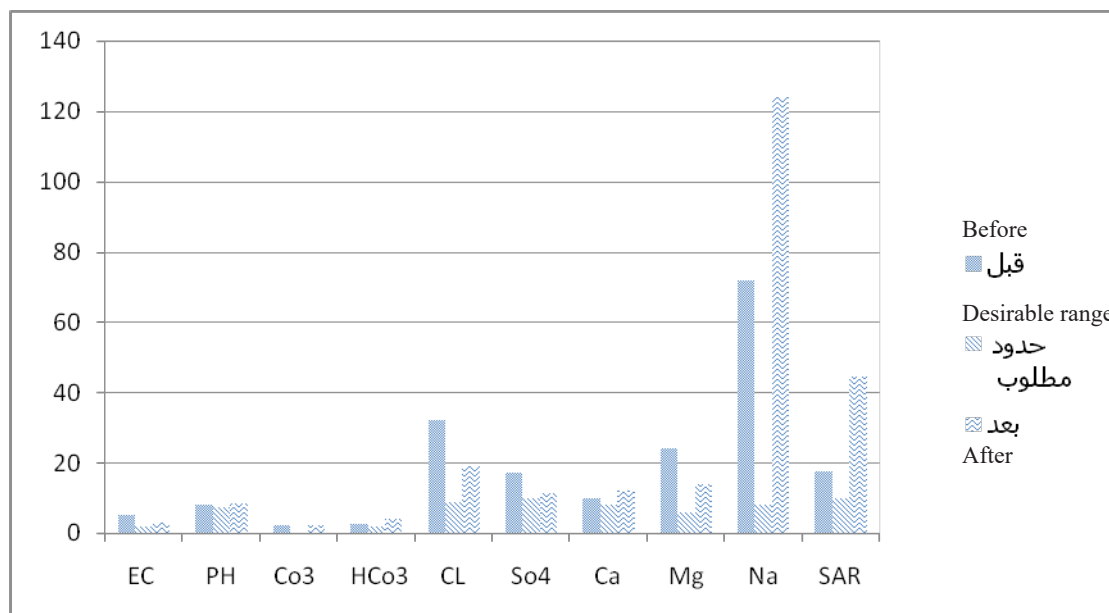
نتایج مطالعه های آماری تغییرات رشد اندام های گیاه در شرایط آبیاری مختلف، تفاوت معنی داری به ویژه بین آب چاه با نمونه های آبیاری شده با پساب را نشان می دهد که به دلیل مشابهت در روند جذب و اندام های اساسی، تاییدی بر نتایج مطالعات پیشین است. یعنی میزان رشد گیاه و اندام های مختلف آن به طور کامل وابسته به کیفیت آب آبیاریست و

لایه‌های بالایی خاک انباشته می‌شوند. با این وجود، روند معکوسی در مورد برخی از فلزهای سنگین (Fe، Mn، Cr) بوسیله ی (El-Khateeb et al. (2012 گزارش شده است که می‌تواند به دلیل تفاوت در بافت خاک (بافت شنی) و درصد پایین کربن آلی خاک در لایه‌های خاک مطالعه یاد شده، باشد. به دلیل جذب عنصرها به وسیله ی گیاهان، به طور تقریبی 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 به طور کامل کاهش و وضعیت خاک بهبود چشمگیری داشته است. با توجه به این‌که 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. اما شهرهایی دیگر نظیر شهرهای صنعتی (مانند شهرک صنعتی عباس آباد) و تصفیه‌خانه‌های صنعتی نیازمند مطالعه‌های موردی مشابه این پژوهش هستند تا نتایج قابل بررسی و مقایسه باشد.

این تحقیق در کنار بررسی‌های مربوط به رشد و عملکرد گیاه، ارزیابی مشخصات کیفی خاک نیز انجام گرفت. این مشخصات 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 مشخصات 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 معنی دار آماری در سطح ۹۵٪ اعتمادپذیری است (جدول ۱ و ۴)، به طوری 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، به علت 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 این‌که بافت خاک هر دو توده مطابق جدول ۲ لومی-رسی شنی است و از طرفی هرچه بافت خاک سنگین‌تر باشد میزان نفوذ پذیری فلزات سنگین در خاک کاهش می‌یابد، احتمال انتقال فلزهای سنگین به لایه‌های زیرین خاک کم و این فلزها بیشتر در



شکل ۲- مشخصات 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 a depth of 30 cm before and after construction



شکل ۳- مشخصات 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 a depth of 30 cm, before and after construction

نتیجه‌گیری

اصلاح متون ما را یاری نمودند، قدردانی کنیم.

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 به ترتیب 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.

پی نوشت ها

- ¹ Corresponding Author: Email Address. s_partani@ut.ac.ir
- ² M'zar Agadir
- ³ Haloxyonspp
- ⁴ Nitrariaschoberi
- ⁵ skizer
- ⁶ Sodium Adsorption Ratio

منابع

Anonymous, 2007. Water quality - Counting microorganisms in water using culture method. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Standard No. 4207 Edition (1)

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

Irandoost, M. and Tabriz, A.S., 2017., The effect of municipi-

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

pal wastewater on soil chemical properties. *Solid Earth Discussions*, (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

MoradiNasab, 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.

Mouhanni, H., Bendou, A. and Er-Raki, S., 2011. Disinfection of Treated Wastewater and its Reuse in the Irrigation of Golf Grass: The Case of Plant M'zar Agadir-Morocco. *Water*, (4), 1128–1138. <https://doi.org/10.3390/w3041128>

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 & Control Deputy Directorate. 2013 Instructions for laboratory analysis of soil and water samples. *Journal No.* 467.

Radnia, M., Bazrafshan, A., Goshtpipour, 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, AS., 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' 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 ZobAhan 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 & Environmental Engineering*, 38(5), 823–838. <https://doi.org/10.1081/ESE 120018594>





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, ShahidAbbaspour College of Technology, ShahidBeheshti University, Tehran, Iran

Received: 2018.03.17 Accepted: 2019.04.22

Partani, S., Madany, S.M.R. and SeyedSeraji, M.H., 2019. Evaluation of the effect of irrigation with purified wastewater on the physical and chemical properties of soil. *Environmental Sciences*. 17(2): 69-79.

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 ShahidBagheri 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 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

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

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 of the wastewater recycling 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.