



فصلنامه علمی - پژوهشی گیاه و زیست بوم

سال ۸، شماره ۳۳، زمستان ۱۳۹۱

ارزیابی امکان استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده مجتمع دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن در آبیاری فضای سبز این مجتمع

مریم فراهانی^{۱*}، مینا مکی آل آقا^۱

چکیده

کمبود آب در ایران و سایر مناطق خشک یکی از عوامل محدودکننده در گسترش فضای سبز محسوب می شود و رشد بی رویه جمعیت و افزایش آلودگی های محیطی، راه حل هایی را برای رفع کمبود آب می طلبد. در اغلب کشورهای که با کمبود آب مواجه هستند پساب تصفیه شده می تواند به دلیل غنی بودن از عناصر مورد نیاز گیاه، ارزان ترین و قابل دسترس ترین منبع تامین آب جهت آبیاری محسوب گردد. بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده تحقیق حاضر جهت بررسی کیفی، عملکرد تصفیه خانه فاضلاب مجتمع دانشگاهی رودهن و بررسی، قابلیت کاربرد پساب خروجی از این تصفیه خانه برای آبیاری فضای سبز مجتمع دانشگاهی رودهن انجام گرفت. بنابراین پارامترهایی نظیر pH، NO₃، NO₂، P، PO₄، TSS، K، Na، HCO₃، Ca، Mg، Cl، BOD، COD، EC، DO، CO₃، NH₃-N، NH₄، NH₃ در فاضلاب خام و تصفیه شده در یک دوره زمانی ۳ ماهه با استفاده از روش های استاندارد ASTM اندازه گیری شده و ضمن استفاده از آزمون آماری t تک گروهی، نتایج به دست آمده با ضوابط و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت بکارگیری فاضلاب در مصارف آبیاری و کشاورزی، جهت اتخاذ تصمیم نهایی، مقایسه گردیدند. نتایج نشان داد، کیفیت پساب خروجی، از نظر همه پارامترها به جز پارامترهای کل کلیفرم ها و TSS با استاندارد مطابقت دارد. کارایی تصفیه خانه مجتمع دانشگاهی رودهن، در حذف پارامترهای BOD و COD به ترتیب ۷۱.۱ و ۶۹.۹ درصد می باشد. میزان میانگین EC و SAR در پساب خروجی از تصفیه خانه به ترتیب ۱۷۳۰.۸ میکروزیمنس بر سانتی متر و ۴.۴۱ اندازه گیری شد. در مجموع با بررسی تمام نتایج به دست آمده، مشخص می شود که می توان از این پساب به صورت محدود برای آبیاری گیاهانی که نسبت به شوری حساس نباشند استفاده نمود.

واژه های کلیدی: فاضلاب شهری، استفاده مجدد، کشاورزی، آبیاری، فاضلاب تصفیه شده

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، گروه محیط زیست، رودهن، ایران

* مکاتبه کننده: (m_farahani_5@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: زمستان ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: پاییز ۱۳۸۹

مقدمه

با بزرگ شدن شهرها و افزایش جمعیت آنها از یک سو و گسترش صنایع و کارخانه‌ها از سوی دیگر مسأله آلودگی محیط زیست و کاهش منابع طبیعی روزبه‌روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. بدون تردید حفظ محیط زیست شهری را باید در استفاده بهینه از صنعت و تکنولوژی و آلاینده‌های مربوطه در جهت حفاظت از این اقلیم جستجو نمود (میلر، ۱۳۶۳). کمبود آب در ایران و سایر مناطق خشک یکی از عوامل محدودکننده در گسترش فضای سبز محسوب می‌شود و رشد بی‌رویه جمعیت و افزایش آلودگی‌های محیطی، راه‌حلهایی را برای رفع کمبود آب می‌طلبد، یکی از این راه‌حل‌ها استفاده مجدد از فاضلاب می‌باشد (قانعیان و همکاران، ۱۳۷۹). در اغلب کشورهایی که با کمبود آب مواجه هستند پساب فاضلاب می‌تواند به دلیل غنی‌بودن از عناصر مورد نیاز گیاه، ارزان‌ترین و قابل دسترس‌ترین منبع تامین آب جهت آبیاری محسوب گردد کاربرد فاضلاب‌های تصفیه‌شده برای مصرف مستقیم آشامیدنی، به علل اقتصادی و روانی هنوز در جهان جنبه عملی به خود نگرفته است، در صورتی که استفاده دوباره فاضلاب تصفیه‌شده و فرستادن آن در شبکه شهری به‌ویژه برای آبیاری فضاهای سبز و مصارف صنعتی از سال ۱۹۲۸ در آمریکا آغاز شده است. در کشورهایی مثل ژاپن، کشورهای عربی حاشیه خلیج فارس و برزیل که با مشکل کم‌آبی مواجه هستند، روزبه‌روز استفاده دوباره از فاضلاب برای مصارف شهری و کشاورزی افزایش می‌یابد (عرفانی آگاه و همکاران، ۱۳۷۹). در خصوص اثرات آبیاری با فاضلاب در برخی از کشورهای جهان تحقیقات پراکنده‌ای انجام شده است. براساس این تحقیقات، آبیاری با فاضلاب می‌تواند زیان‌هایی را

به دنبال داشته باشد و از طرف دیگر نیاز به آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، وجود برخی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف موردنیاز گیاه در این آب‌ها و جلوگیری از آلودگی زیستگاه‌ها از فواید استفاده مجدد از این آب‌ها می‌باشد (Matouq, 2008). استفاده از فاضلاب به شکل پساب تصفیه‌شده و لجن، مقدار زیادی مواد شیمیایی به خاک می‌افزاید که می‌توانند به سرعت و یا در بلندمدت خواص خاک را دستخوش تغییر کنند. بنابراین ویژگی‌های فاضلاب و مقادیر به‌کاربرده شده، تا حد زیادی بر نتیجه کار اثر می‌گذارد. خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک، همچنین استحکام، تخلخل، ساختمان خاک و هدایت هیدرولیکی نسبت به تبادل یون‌ها در آب آبیاری حساس هستند. سدیم به دلیل تاثیراتش بر روی خاک از مهم‌ترین کاتیون‌ها در پساب است. سدیم قابل تبادل وقتی که بالاتر از حد آستانه آن، نسبت به غلظت کل نمک خاک باشد، می‌تواند خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و ساختمان خاک را تغییر دهد. سدیم تبدالی، تمایل به پراکنش خاک داشته، باعث کاهش سرعت نفوذ آب و هوا در خاک می‌گردد. همچنین این پراکنش ذرات، باعث تشکیل یک لایه سله بر روی خاک گشته، مانع جوانه‌زنی بذر می‌گردد. آب آبیاری می‌تواند به‌عنوان یک منبع افزایش سدیم محلول خاک محسوب شود، بنابراین بایستی از این لحاظ مورد ارزیابی قرار گیرد. موضوع دیگر در ارتباط با کاربرد پساب تصفیه‌شده در کشاورزی و آبیاری گیاهان، اثرات مواد محلول آب آبیاری در رشد گیاهان است. نمک‌های محلول، فشار اسمزی آب خاک را افزایش می‌دهند. به‌طور کلی هر چقدر املاح موجود در خاک افزایش یابد، فشار اسمزی نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه از مقدار آب قابل جذب

حومه ۵۲۳۷ نفر بوده است، که ۶.۵۷ درصد آن در شهر و بقیه در روستاهای اطراف مستقر بوده‌اند. همچنین در سال ۱۳۶۲ همزمان با تاسیس دانشگاه آزاد اسلامی در این شهر جمعیت آن ۱۲۰۰۰ نفر بوده است، که تا سال ۱۳۸۵ به ۲۵۰۰۰ نفر افزایش یافته است. تصفیه‌خانه مجتمع دانشگاهی رودهن واقع در قسمت جنوب شرقی مجتمع در سال ۱۳۸۰ تاسیس شده و شروع به فعالیت نموده است و حدود ۳۵۰ هزار متر مکعب پساب حاصل مصارف مختلف دانشکده‌ها، خوابگاه و آشپزخانه دانشگاه را به‌طور روزانه دریافت و تصفیه می‌نماید. لازم به ذکر است پساب حاصل از فعالیت آزمایشگاه‌های این واحد در چاه‌های جذبی دفع می‌گردد. جهت تصفیه فاضلاب از روش بیولوژیکی با استفاده از سیستم هوادهی توسط ۴ فن چرخشی استفاده می‌گردد. در حال حاضر پساب خروجی از واحد، به محیط رها شده و یا گاهی جهت آبیاری فضای سبز پیرامون منطقه به کار گرفته می‌شود که با احتمال پیامد آلودگی خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی، آسیب به محیط زیست طبیعی منطقه، موجبات نگرانی مسئولین بهداشت و ساکنین را فراهم آورده است. بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده تحقیق حاضر جهت بررسی کیفی، عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب مجتمع دانشگاهی رودهن و بررسی، قابلیت کاربرد پساب خروجی از این تصفیه‌خانه برای آبیاری فضای سبز مجتمع دانشگاهی رودهن انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری از فاضلاب

عملیات نمونه برداری در شرایط آب و هوایی بدون بارندگی و هنگام جریان فاضلاب در یک دوره ۳ ماهه به تعداد ۳ بار در هفته از فاضلاب خام و

به وسیله گیاه کاسته می‌شود. در نتیجه مصرف انرژی گیاه برای جذب آب افزایش یافته، تنفس زیاد گشته و رشد و در نهایت عملکرد و محصول آن به‌طور نزولی کاهش می‌یابد. بنابراین برای بهره‌گیری دوباره از آب نیاز است به کیفیت آن آگاهی داشته و برای کاربرد آن در بخش‌های گوناگون روال درستی در نظر گرفته شود (لال و پی پیرس، ۱۳۷۵). معمولاً شدت و ضعف فاضلاب از نظر مواد آلی موجود در آن برحسب معیارهای BOD و COD که مهم‌ترین شاخص‌های آلودگی می‌باشند، مشخص می‌شود. اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (Biochemical Oxygen Demand) BOD مهم‌ترین ابزار سنجش مواد آلی قابل تجزیه زیست‌شناختی است که در مورد فاضلاب کاربرد متداول دارد. در این روش مقدار اکسیژن مورد نیاز برای اکسیداسیون مواد آلی فاضلاب توسط باکتری‌ها به دست می‌آید و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (Chemical Oxygen Demand) COD مقدار اکسیژن متناسب برای تجزیه و تثبیت شیمیایی مواد آلی را گویند. پارامتر اکسیژن محلول (Dissolved Oxygen) DO میزان آلودگی آب، کیفیت آن و کنترل فرآیندهای تصفیه را نشان می‌دهد. کل مواد جامد معلق (Total Suspended Solids) TSS یکی دیگر از نشانگرهای کیفیت فاضلاب از نظر غلظت مواد می‌باشد. شهر رودهن در ۵۵°، ۵۱° طول شرقی ۴۳°، ۳۵° عرض شمالی در حوزه آبخیز دماوند قرار گرفته است. متوسط ارتفاع شهر رودهن از سطح تراز دریا ۱۸۵۰ متر می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه این شهر ۴۳۰ میلی‌متر می‌باشد. مساحت این شهر تا سال ۱۳۷۵ در حدود ۵۰ کیلومتر مربع گزارش شده است و در سال ۱۳۸۵، ۱۴۰ کیلومتر مربع برآورد شده است. برطبق سرشماری ۱۳۵۵ جمعیت رودهن و

خروجی از تصفیه‌خانه انجام گرفته و در مجموع تعداد ۳۰ نمونه مورد آزمایش قرار گرفته شد. نمونه‌هایی که به روش مرکب در طول ۲۴ ساعت تهیه گردیده بودند در ضمن انتقال به آزمایشگاه و انجام آزمایش‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردیدند (حسینیان، ۱۳۸۰).

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی بر روی نمونه‌ها

پارامترهایی مختلف مربوط به فاضلاب با استفاده از روش‌های موجود در استاندارد متد (ASTM, 1988) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. پارامترهایی نظیر دما، DO، EC و pH توسط دستگاه‌های مربوطه در محل مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. سپس برای اندازه‌گیری BOD و COD به ترتیب از دستگاه‌های BOD متر مدل (TS 606-G/2-I) ساخت شرکت WTW استفاده گردید. همچنین دستگاه کالریمتر مدل (DR/850 model) ساخت شرکت HACH جهت اندازه‌گیری پارامترهای Ca, Mg, NO₂, NO₃, NH₃, NH₄, Cl, HCO₃

گرفت. مقادیر Na و K نیز با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر شعله‌ای مدل (460G model) ساخت شرکت ریزپرداز نوآور مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. میزان کل جامدات معلق (TSS) با استفاده از صاف کردن حجم مشخصی از فاضلاب و خشک کردن کاغذ صافی در آون ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد تا خشک شدن کامل پس از رسیدن به وزن ثابت و استفاده از اختلاف وزن محاسبه گردید (دین آدامز، ۱۳۷۹). برای اندازه‌گیری کلیفرم کل نیز از روش Most Probable Number (MPN) استفاده گردید (استاندارد متد، ۱۹۹۸).

محاسبه نسبت سدیم قابل جذب (SAR)

نسبت سدیم قابل جذب (SAR) شاخصی است که به‌عنوان یک معیار برای نشان دادن میزان سدیم مضر آب محاسبه می‌گردد. جهت محاسبه این فاکتور از رابطه (۱) استفاده می‌شود [8]. در این رابطه واحد Na و Ca، میلی‌اکی والان گرم بر لیتر می‌باشد.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (1)$$

زیست ایران جهت بکارگیری فاضلاب در مصارف آبیاری و کشاورزی، مقایسه شد و تصمیم نهایی اتخاذ گردید.

آنالیزهای آماری

میانگین نتایج به دست آمده، با بکارگیری آزمون آماری t تک‌گروهی و استفاده از نرم‌افزار SPSS با ضوابط و استانداردهای سازمان حفاظت محیط

نتایج

با توجه به مقادیر حاصل از اندازه‌گیری‌های مربوط به پارامترهای مختلف پساب و مقایسه نتایج در نمونه‌های مختلف مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین این پارامترها را به دست آورده که در جدول شماره (۱) مشاهده می‌گردد. سپس با توجه به مقادیر مربوط به میزان پارامترهای BOD, COD, TSS در پساب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه مجتمع دانشگاهی رودهن، راندمان حذف این پارامترهای عملیات این تصفیه‌خانه محاسبه گردیده که در جدول شماره (۲) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج جدول شماره (۱) و ضمن مقایسه مقادیر مربوط به میانگین نتایج نمونه‌های خروجی از تصفیه‌خانه با میزان استاندارد پیشنهادی برطبق ضوابط و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت مصرف فاضلاب در کشاورزی (سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۷۸) مشخص می‌گردد که کیفیت پساب خروجی از نظر همه پارامترها به جز پارامترهای کل کلیفرم‌ها و TSS با استانداردهای ارائه‌شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران، برای خروجی فاضلاب جهت کاربرد در کشاورزی و آبیاری، مطابقت دارد ولی از آنجایی که در برخی از روزها میزان فاکتورهای NH_4 , NO_3 , NO_2 به بالاتر از حد مجاز می‌رسد، تخلیه طولانی مدت این پساب به محیط می‌تواند

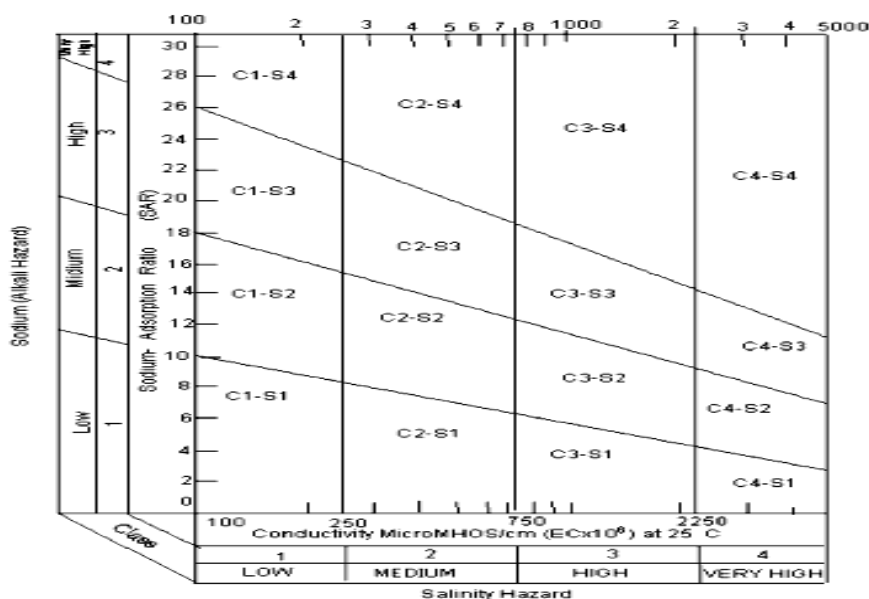
به‌عنوان یک زنگ خطر در آلوده‌سازی آب‌های سطحی و در نهایت آب‌های زیرزمینی مطرح باشد. همچنین با توجه به نتایج موجود در جدول شماره (۲)، کارایی تصفیه‌خانه مذکور در حذف پارامترهای BOD, COD به ترتیب ۷۱.۱ و ۶۹.۹ درصد می‌باشد که با توجه به میزان این پارامترها در فاضلاب خام، عملیات تصفیه در این واحد سبب کاهش میزان این پارامترها در آب بازیافتی، در محدوده مجاز، از نظر استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران می‌گردد. درحالی‌که راندمان این تصفیه‌خانه در حذف پارامتر TSS ۳۹ درصد می‌باشد که نامطلوب بوده و موجب عدم رعایت استاندارد مجاز مربوط به این پارامتر، در آب بازیافتی می‌گردد. با توجه به مقادیر موجود برای پساب خروجی از تصفیه‌خانه ارائه شده در جدول شماره (۱) میزان EC ۱۷۳۰.۸ (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و شاخص SAR ۴.۴۱ می‌باشد. در این قسمت با استفاده از منو گرام ویل کوکس (نمودار ۱) (Matouq, 2008)، کیفیت پساب تصفیه‌شده مجتمع دانشگاهی رودهن از نظر میزان شوری مضر، برای کاربرد در آبیاری بررسی می‌گردد. با توجه به میزان EC و SAR فاضلاب خروجی از تصفیه‌خانه و براساس منوگرام ویل کوکس کیفیت پساب در کلاس C3-S1 قرار می‌گیرد.

جدول ۱- نتایج اندازه گیری پارامترهای فاضلاب تصفیه خانه مجتمع دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن

استاندارد	فاضلاب تصفیه شده			فاضلاب خام			واحد	پارامتر
	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل		
۸.۵-۶	۷.۳۷	۷.۶	۷.۱	۷.۲۳	۷.۶	۶.۶	(1:1)	pH
-	۱۷۳۰.۸	۲۰۲۰	۱۳۸۳	۱۶۲۱	۱۹۴۹	۱۳۰۸	μs/cm	EC
-	۹۴.۹۵	۱۰۵.۶	۸۹.۶	۹۳.۹۷	۱۰۲.۴	۸۹.۶	mg/l	Ca
۱۰۰	۳۵.۴۳	۴۳.۲	۳۰.۴	۳۹.۲۸	۴۶.۱	۳۵.۵	mg/l	Mg
۶۰۰	۳۹۷.۱۳	۴۴۰.۲	۳۲۶.۶	۳۲۸.۰۲	۴۲۶	۲۲۷.۲	mg/l	Cl
-	۲۸۸	۳۷۰	۲۲۰	۲۹۰.۶۷	۳۶۰	۲۲۰	mg/l CaCO ₃	HCO ₃
-	-	-	-	-	-	-	mg/l CaCO ₃	CO ₃
-	۳.۹۶	۶	۲.۸	۳.۷۸	۵.۶	۲.۵	mg/l	P
-	۱۲.۱۵	۱۸.۴	۸.۵	۱۱.۶	۱۷.۳	۷.۷	mg/l	PO ₄
-	۴.۸۸	۱۱.۲۹	۰.۰۷۱	۴.۰۱	۱۰.۲۴	۰.۰۲۳	mg/l	NO ₂
-	۴۳.۵۵	۶۰.۵	۳.۷	۳۵.۳۷	۵۳.۷	۷.۴	mg/l	NO ₃
-	۳.۲۵	۷.۳	۰.۷	۳.۸	۷.۳	۰.۰۶	mg/l	NH ₃
-	۳.۴۸	۷.۷	۰.۸	۴.۰۰	۷.۷	۰.۰۶	mg/l	NH ₄
-	۲.۶۶	۶	۰.۶	۳.۱۴	۶	۰.۰۵	mg/l	NH ₃ -N
۲	۲.۲۶	۳.۶	۰.۸	۱.۳۳	۲.۴	۰.۲	mg/l	DO
۱۰۰	۸۲.۴۶	۱۱۲	۵۶	۲۸۵.۷	۳۲۷	۲۵۵	mg/l	BOD
۲۰۰	۱۱۸.۶	۱۴۵	۹۱	۳۹۴.۳	۴۱۶	۳۸۰	mg/l	COD
۱۰۰	۲۰.۵	۲۳.۵	۱۷.۵	۳۳.۶	۳۷.۴	۳۱.۲	mg/l	TSS
-	۱۹۸.۸	۲۰۲	۱۹۴	۲۰۰.۲	۲۰۴	۱۹۵	mg/l	Na
-	۲۹.۸۶	۳۲	۲۹	۲۹.۸	۳۲	۲۹	mg/l	K
۱۰۰۰	۳.۸x۱۰ ^۵	-	-	۲.۹x۱۰ ^۷	-	-	MPN/100ml	کل کلیفرمها

جدول ۲- نتایج راندمان حذف مربوط به پارامترهای BOD, COD, TSS در تصفیه خانه مجتمع دانشگاهی رودهن

پارامتر (mg/l)	فاضلاب خام	فاضلاب	راندمان حذف (%)
BOD	۲۸۵.۷۳	۸۲.۴۶۶	۷۱.۱
COD	۳۹۴.۳۳	۱۱۸.۶۶	۶۹.۹
TSS	۳۳.۶	۲۰.۵	۳۹



نمودار ۱- منوگرام ویل کوکس طبقه‌بندی آب (از نظر شوری مضر) برای آبیاری (Matouq, 2008)

و با توجه به نتایج این آزمون مشخص گردید: از آنجایی که میزان t به‌دست‌آمده در مورد پارامتر (BOD) در سطح اطمینان ۰.۹۵ و سطح معنی‌داری ۰.۰۵ معنی‌دار می‌باشد. بنابراین تفاوت میانگین تجربی پارامتر (BOD) و میانگین استاندارد این پارامتر معنی‌دار بوده و با توجه به شاخص‌های توصیفی مشخص می‌گردد که پساب خروجی از تصفیه‌خانه از نظر میزان اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی (BOD) مناسب جهت آبیاری فضای سبز می‌باشد. از آنجایی که میزان t بدست آمده در مورد پارامتر (COD) در سطح اطمینان ۰.۹۵ و سطح معنی‌داری ۰.۰۵ معنی‌دار می‌باشد. بنابراین تفاوت میانگین تجربی پارامتر (COD) و میانگین استاندارد این پارامتر معنی‌دار بوده و با توجه به شاخص‌های توصیفی مشخص می‌گردد که پساب خروجی از تصفیه‌خانه مجتمع دانشگاهی رودهن از نظر میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) مناسب جهت آبیاری فضای سبز می‌باشد.

لازم به ذکر است در نمودار شماره (۱) کیفیت آب برای آبیاری به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:
 کلاس C1-S1: کیفیت آب برای آبیاری خیلی خوب است.
 کلاس‌های C1-S2, C2-S2, C2-S1: کیفیت آب برای آبیاری خوب است.
 کلاس‌های C1-S3, C2-S3, C3-S1, C3-S2, C3-S3: در صورتی که دانه‌بندی و نفوذپذیری خاک مناسب باشد، کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط است.
 کلاس‌های C4-S3, C1-S4, C2-S4, C3-S4: کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست.

بحث و نتیجه‌گیری

جهت مقایسه میانگین تجربی پارامترهای مذکور در پساب خروجی از تصفیه‌خانه مجتمع دانشگاهی رودهن با میانگین استاندارد مربوطه به هریک از این پارامترها از آزمون آماری t تک‌گروهی استفاده کرده

سیستم و بارگذاری مناسب در جهت افزایش این فاکتور و ارتقاء کیفیت پساب اقدام نمود.

از آنجایی که میزان t بدست آمده در مورد پارامتر (CI) در سطح اطمینان ۰.۹۵ و سطح معنی داری ۰.۰۵ معنی دار می باشد. بنابراین تفاوت میانگین تجربی پارامتر کلراید (CI) و میانگین استاندارد این پارامتر معنی دار بوده و با توجه به شاخص های توصیفی مشخص می گردد که پساب خروجی از تصفیه خانه مجتمع دانشگاهی رودهن از نظر میزان یون کلراید مناسب جهت آبیاری فضای سبز می باشد.

از آنجایی که میزان t در مورد پارامتر (Mg) در سطح اطمینان ۰.۹۵ و سطح معنی داری ۰.۰۵ معنی دار می باشد. بنابراین تفاوت میانگین تجربی پارامتر (Mg) و میانگین استاندارد این پارامتر معنی دار بوده و با توجه به شاخص های توصیفی و با عنایت به اینکه میانگین تجربی این فاکتور کوچک تر از حداکثر مجاز در نظر گرفته شده در استاندارد بوده، مشخص می گردد که پساب خروجی از تصفیه خانه مجتمع دانشگاهی رودهن از نظر میزان یون (Mg) مناسب جهت آبیاری فضای سبز می باشد.

همچنانکه پیش از این ذکر گردید، سدیم به دلیل تأثیراتش بر روی خاک از مهم ترین کاتیون ها در پساب است. سدیم قابل تبادل وقتی که بالاتر از حد آستانه آن، نسبت به غلظت کل نمک خاک باشد، می تواند خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و ساختمان خاک را تغییر دهد. سدیم تبدالی، تمایل به پراکنش خاک داشته، باعث کاهش سرعت نفوذ آب و هوا در خاک می گردد. همچنین این پراکنش ذرات، باعث تشکیل یک لایه سله بر روی خاک گشته، مانع جوانه زنی بذر می گردد.

از آنجایی که میزان t بدست آمده در مورد پارامتر (TSS) سطح اطمینان ۰.۹۵ و سطح معنی داری ۰.۰۵ معنی دار می باشد. بنابراین تفاوت میانگین تجربی پارامتر (TSS) و میانگین استاندارد این پارامتر معنی دار بوده و با توجه به شاخص های توصیفی و با عنایت به اینکه میانگین تجربی این فاکتور بزرگ تر از حداکثر مجاز در نظر گرفته شده در استاندارد می باشد، مشخص می گردد که پساب خروجی از تصفیه خانه مجتمع دانشگاهی رودهن از نظر میزان کل جامدات معلق (TSS) مناسب جهت آبیاری فضای سبز نمی باشد. در این زمینه، مطالعات مشابهی که توسط روحانی شهرکی و همکاران بر روی پساب تصفیه شده شمال شهر اصفهان صورت گرفته است (روحانی شهرکی و همکاران، ۱۳۸۴) نشان دهنده آن است که این پساب از نظر پارامترهای (COD) و (TSS) بیش از حد استانداردهای ایران می باشد.

با توجه به نتایج آزمون آماری t تک گروهی مربوط به پارامتر DO مشخص گردید از آنجایی که میزان t بدست آمده در سطح اطمینان ۰.۹۵ و سطح معنی داری ۰.۰۵ معنی دار نمی باشد، پساب خروجی از تصفیه خانه مجتمع دانشگاهی رودهن از نظر میزان اکسیژن محلول (DO) مناسب جهت آبیاری فضای سبز نمی باشد. (اگرچه، میانگین بدست آمده تجربی آن (۲.۲۶) بزرگ تر از حداقل استاندارد موجود (۲) ارزیابی گردیده بود). بنابراین از آنجایی که میزان اکسیژن محلول در کسر قابل ملاحظه ای از نمونه ها کمتر از حداقل استاندارد بود، کمبود اکسیژن در آب آبیاری می تواند، سبب کاهش اکسیژن در خاک و کمک به فراهم آوری شرایط احیا برای خاک و ریشه گیاه باشد، بنابراین می بایستی با کنترل عملکرد

بیانگر آن است که پساب مورد استفاده از نظر مواد آلی متوسط از نظر SAR و عنصر سمی کلراید به نسبت شور و با خطر متوسط بوده به طوری که گونه اکالیپتوس میکروتیکا با ۹۹ درصد زنده‌مانی موفق‌ترین و گونه‌های کمالدونسیس با ۹۷ درصد، آکاسیا با ۹۷ درصد، افاقیا با ۹۵ درصد، زبان گنجشک با ۹۴ درصد زنده‌مانی، گونه‌های موفقیت بودند و نشان‌دهنده آن است که می‌توان از پساب با تصفیه ثانویه با روش موضعی برای درخت‌کاری استفاده کرد. نتایج نشان داد، کیفیت پساب خروجی، از نظر همه پارامترها به جز پارامترهای کل کلیفرم‌ها و TSS با استاندارد مطابقت دارد. کارایی تصفیه‌خانه مجتمع دانشگاهی رودهن، در حذف پارامترهای BOD, COD به ترتیب ۷۱.۱ و ۶۹.۹ درصد می‌باشد. میزان میانگین EC و SAR در پساب خروجی از تصفیه‌خانه به ترتیب ۱۷۳۰.۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و ۴.۴۱ اندازه‌گیری شد. بنابراین کیفیت این پساب برای آبیاری در حد متوسط تشخیص داده شده و جهت آبیاری گیاهانی همچون کاج نوئل (*Pinus eldarica*)، سدروس (*Cedrus livan*) و افاقیا (*Robinia pseudoacacia*) که از گیاهان مورد کاشت در فضای سبز مجتمع نیز می‌باشند مناسب می‌باشد. در مجموع با بررسی تمام نتایج بدست‌آمده، مشخص می‌شود که در صورتی که پارامترهای کل جامدات معلق و کل کلیفرم‌ها، با در نظر گرفتن تمهیدات مورد نیاز، (نظیر تغییر در اجرای عملیات تصفیه، استفاده از روش‌های تصفیه مکمل یا کاربرد روش‌های فیزیکی و یا افزایش برخی مواد شیمیایی مناسب که بتوانند، کمک به امر لخته‌سازی و کاهش ذرات معلق و یا ضد عفونی و کاهش کلیفرم‌ها نمایند) می‌توان از این پساب به صورت محدود برای آبیاری

از آنجایی که آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده شهری می‌تواند، غلظت نمک خاک را افزایش دهد، قادر خواهد بود با تجمع نمک در خاک و رسیدن آن به آستانه بحرانی، به گیاه، محصول و اکوسیستم خاک آسیب برساند. به طوری که نتایج تحقیقات حسن‌اقلی و همکاران که با استفاده از پساب خام و تصفیه‌شده شهرک اکباتان در آبیاری سبزیجات صورت گرفته است (حسن‌اقلی و همکاران، ۱۳۸۴)، بیانگر آن است که کاربرد دوساله انواع آب آبیاری و کشت سبزیجات موجب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در مقایسه با میزان اولیه آن گردیده است.

بنابراین وقتی مسأله بهره‌برداری از فاضلاب در کشاورزی مطرح می‌شود، میزان هدایت الکتریکی (EC) و نسبت سدیم قابل جذب (SAR) به عنوان یک معیار برای نشان دادن میزان سدیم مضر آب محاسبه می‌گردد. با توجه به قرارگیری فاضلاب خروجی از تصفیه‌خانه مجتمع دانشگاهی رودهن در کلاس C3-S1، در صورتی که دانه‌بندی و نفوذپذیری خاک مناسب باشد، کیفیت این پساب برای آبیاری در حد متوسط تشخیص داده شده و جهت آبیاری گیاهانی همچون کاج نوئل (*Pinus eldarica*)، سدروس (*Cedrus livan*) و افاقیا (*Robinia pseudoacacia*) که از گیاهان مورد کاشت در فضای سبز مجتمع نیز می‌باشند مناسب می‌باشد. البته با توجه به نقش خاک و شرایط آب و هوایی در تحمل گیاه نسبت به شوری، لازم است که مطالعات تکمیلی نسبت به شناسایی کامل ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی منطقه انجام گیرد. در این راستا نتایج انتشار یافته توسط حسنلی و جوان در سال ۱۳۸۴ که با مطالعه بر روی اثر فاضلاب تصفیه‌شده شهر مرودشت بر روی ۱۴ گونه درختی صورت گرفته است (حسنلی و جوان، ۱۳۸۴)

گیاهانی که نسبت به شوری حساس نباشند استفاده نمود.

منابع

حسن اقلی، ع.، و همکاران. ۱۳۸۴. بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب خانگی و پساب تصفیه شده آن. مجله علوم کشاورزی، سال یازدهم، شماره ۱۴، ص ۹۹

حسنلی، ع.، و م. جوان. ۱۳۸۴. ارزیابی پساب تصفیه شده شهری و کاربرد آن در آبیاری فضای سبز مطالعه موردی (تصفیه خانه شهر مرودشت). مجله محیط شناسی زمستان

حسینیان، م. ۱۳۸۰. اصول تصفیه آب، انتشارات فنی حسینیان

دین آدامز، و. ۱۳۷۹. راهنمای آزمایش آب و فاضلاب، ترجمه صادقی، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست

روحانی شهرکی، فرزاد و همکاران. ۱۳۸۴. اثر آبیاری با پساب بر روی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، فصلنامه آب و فاضلاب اصفهان، سال شانزدهم، شماره ۵۳، ص ۷۲. بهار

سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۷۸. ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست

عرفانی آگاه، علی و همکاران. ۱۳۷۹. استفاده از فاضلاب تصفیه شده خانگی در آبیاری. ، مجموعه مقالات سومین همایش کشوری بهداشت محیط (جلد دوم)، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان

قانعیان، م. ت.، و همکاران. ۱۳۷۹. بررسی وضعیت فاضلاب و امکان استفاده مجدد از پساب در جزیره کیش، مجموعه مقالات سومین همایش کشوری بهداشت محیط (جلد اول)، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان

میلر، ج. ت. ۱۳۶۳. زیستن در محیط زیست ترجمه مجید مخدوم، انتشارات دانشگاه علوم تهران

لال، ر. ل.، و ف. ج. پی. یرس. ۱۳۷۵. مدیریت پایدار خاک، ترجمه غلامحسین حق نیا و عوض کوچکی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

Arienzo, M., E. W. Christen, W. Quayle, And A. Kumar. 2008. A review of the fate potassium in the soil-plant system after land application of wastewaters. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2009), 415-422.

Matouq, M. 2008. The potential for reusing treated municipal wastewater for irrigation in the Hashemite Kingdom of Jordan. *International Journal of Water*, 4(2008), 105-120.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1998. 20th edn, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.