

Technical Note

یادداشت فنی

Investigation the Possibility of Using Torbat-Heydarieh Urban Wastewater for Irrigation of Agricultural Products

بررسی امکان سنجی بهره‌گیری از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه برای آبیاری محصولات کشاورزی

Yahya Choopan^{1*} and Somayeh Emami²

1- Ph.D. Candidate of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Gorgan University, Gorgan, Iran.

2- Ph.D. Candidate of Hydraulic Structures, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.

* Corresponding author, Email: yahyachoopan68@gmail.com

Received: 30/10/2018

Revised: 17/12/2019

Accepted: 05/01/2020

یحیی چوپان^{۱*} و سمیه امامی^۲

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: yahyachoopan68@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۸

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۹/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۵

Abstract

چکیده

Reuse of municipal wastewater, especially for irrigation of agricultural crops due to reduced water extraction from conventional limited resources, has been of interest to researchers in recent years. In the use of wastewater for irrigation, it is necessary to pay attention to its quality. In arid and semi-arid regions, the major crop irrigation is using groundwater resources. Therefore, the use of wastewater treatment plants for irrigation is a reasonable solution to reduce the adverse effects of groundwater abstraction. In this study, chemical and microbial analysis of treated wastewater of Torbat-Heydarieh municipal wastewater plant for crops irrigation was investigated. According to the results of this study, the wastewater is in terms of quality characteristics of the wastewater in accordance with WHO and FAO standards and is suitable for irrigation of agricultural products. The results of chemical analysis of wastewater showed that total dissolved solids, dissolved Oxygen, biological required Oxygen, chemical required Oxygen, caloric, magnesium, sodium and calcium, phosphate and chloride in wastewater treatment plant. According to the World Health Organization (FAO) and FAO standards, the amount of nitrate in the treatment plant is above the permitted level and some precautions should be considered for use in agricultural applications.

استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به‌ویژه برای آبیاری محصولات کشاورزی به‌دلیل کاهش میزان استحصال آب از منابع محدود متعارف، در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در استفاده از پساب برای آبیاری، توجه به کیفیت آن ضروری است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک عمده آبیاری محصولات کشاورزی با استفاده از منابع آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. لذا استفاده از پساب فاضلاب تصفیه‌خانه‌ها برای آبیاری، یک راه‌کار منطقی در جهت کاهش اثرات سوء ناشی از برداشت آب‌های زیرزمینی به‌حساب می‌آید. در همین راستا، در تحقیق حاضر، به بررسی تحلیل شیمیایی و میکروبی پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه برای آبیاری محصولات کشاورزی پرداخته شد. طبق نتایج این تحقیق، پساب مزبور از لحاظ مشخصه‌های کیفی پساب در محدوده استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و FAO بوده و مناسب آبیاری محصولات کشاورزی است. نتایج تحلیل شیمیایی پساب فاضلاب نشان داد که کل جامدات محلول، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، کلیفرم، کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و آنیون‌های سولفات، فسفات و کلراید در پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه تربت حیدریه در حد استاندارد آبیاری محصولات است. بر اساس استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و FAO، میزان نترات موجود در پساب تصفیه‌خانه بالاتر از حد مجاز قرار داشته و برای استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی باید تمهیداتی اندیشیده شود.

Keywords: Chemical analysis, Wastewater reuse, Urban wastewater plant, Agriculture.

کلمات کلیدی: تحلیل شیمیایی، استفاده مجدد از پساب، تصفیه‌خانه شهری، کشاورزی.

ابریسمی (۱۳۹۲)، تأثیر پرورش گیاه تحت شرایط آبیاری با پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب شهرک شهید محلاتی تهران را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب شهرک شهید محلاتی از لحاظ مشخصه های کیفی پساب در محدوده استانداردهای سازمان محیط زیست ایران و سازمان بهداشت جهانی بوده و مناسب آبیاری فضای سبز است. بدلیانس و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی به امکان سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه شده برای آبیاری فضای سبز پرداختند. در این پژوهش مشخصه های کیفی تصفیه فاضلاب در فاضلاب ورودی و پساب خروجی تصفیه خانه به مدت ۶ ماه جمع آوری شد. نتایج نشان داد پساب خروجی تصفیه خانه محلاتی از لحاظ مشخصه های کیفی پساب در محدوده استانداردهای سازمان محیط زیست ایران و سازمان بهداشت جهانی بوده و مناسب آبیاری فضای سبز است. انبیر و نوری (۱۳۹۷) کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهری اکباتان را برای کاربرد در اراضی کشاورزی و فضای سبز بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کیفیت پساب خروجی از نظر تمامی پارامترها در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست مطابقت دارد و این پساب قابلیت استفاده در آبیاری فضای سبز و کشاورزی را دارد.

نعیمی (۱۳۹۳) تأثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه شهرک قدس در آبیاری فضای سبز شهری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده در ارتباط با پارامترهای مورد نظر نشان داد که استفاده از پساب این تصفیه خانه در آبیاری فضای سبز در مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست با محدودیت روبه رو است. مهرآوران و همکاران (۱۳۹۴)، امکان استفاده از پساب تصفیه شده تصفیه خانه پرکندآباد مشهد در آبیاری را با توجه به اثرات زیست محیطی آن مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد پساب تصفیه شده تصفیه خانه پرکندآباد جهت مصارف کشاورزی مناسب است. عسگری و الباجی (۱۳۹۶) امکان استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری شهرکرد برای آبیاری محصولات کشاورزی را بررسی کردند. نتایج نشان داد پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری شهرکرد برای آبیاری گیاهان علوفه ای و صنعتی مقاوم به غلظت های بالای بی کربنات مناسب است.

حاتمی و همکاران (۱۳۹۷) قابلیت استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهرستان بجنورد را برای مصارف کشاورزی بررسی نمودند. نتایج نشان داد پساب خروجی از تصفیه خانه بجنورد می تواند برای کاربرد در کشاورزی مفید باشد، اما به دلیل بالا بودن غلظت کلراید در پساب تصفیه شده، توصیه می شود این پساب در آبیاری گیاهان نیمه حساس استفاده شود. استفاده مجدد از پساب تصفیه شده فاضلاب شهری برای

آب ضروری ترین عامل توسعه جوامع انسانی بوده و ایران از جمله کشورهایی است که تأمین آب برای مصارف مختلف از دغدغه های مهم دولت مردان در راستای توسعه پایدار محسوب می شود. تاکنون حجم قابل توجهی از منابع آبی کشور به دلیل کیفیت پایین، مورد استفاده قرار نگرفته و یا در استفاده از آن ها ضوابط و معیارهای محیط زیستی لحاظ نشده است. اما باور این است که بخشی از این منابع که مشکلات کیفی کمتری داشته یا مشکلات آن ها با اتخاذ روش های کاربردی مناسب قابل اغماض است، باید با در نظر گرفتن مسائل محیط زیستی در برنامه های توسعه و بهره وری منابع آب گنجانده شوند. مطابق با قانون توزیع عادلانه آب، فاضلاب ها و آب های برگشتی به عنوان یکی از منابع آبی محسوب می شوند. در حال حاضر، تعداد زیادی از سیستم های جمع آوری و تصفیه فاضلاب در سطح کشور به بهره برداری رسیده و حجم پساب قابل توجهی در دسترس است (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹).

در استفاده از پساب برای آبیاری محصولات کشاورزی، توجه به کیفیت آن ضروری است. در صورت استفاده غیراصولی، مواد سمی و میکروارگانیسم های بیماری زا در پساب های خانگی می تواند سلامت گیاه را به خطر بیندازد. برخی از پساب ها که برای آبیاری استفاده می شوند حاوی یون هایی چون بر (B)، کلر (Cl)، سدیم (Na) و عناصر کمیاب (آلومینیوم، برلیوم، کبالت، فلئور، آهن، لیتیم، منگنز، مولیبدن، سلنیوم، قلع، تیتانیوم، تنگستن و وانادیوم) در غلظتی بیش از حد نیاز گیاه هستند. این حالت باعث کاهش رشد، تغییر شکل گیاه و یا کاهش و از بین رفتن محصول می شود (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹؛ ندافی و نبی زاده، ۱۳۸۴).

باید اذعان داشت پساب، مصرف کودهای کشاورزی از ته، سفره و پتاسه را کاهش می دهد (عرفانی آگاه و علیزاده، ۱۳۷۹؛ Gamito et al., 1999). کیفیت بالای پساب خروجی و مقایسه آن با استانداردهای آبیاری برای مصارف کشاورزی، انگیزه استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب را در آبیاری گیاهان مورد توجه قرار داده است. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی باعث کاهش استفاده از آب هایی می شود که علاوه بر کشاورزی می تواند به مصارف دیگر نظیر شرب برسد (Gamito et al., 1999). هم چنین پایین بودن هزینه استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری، کاهش آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی و کاهش هزینه مصرف کودهای شیمیایی از دیگر مزایای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی است (عرفانی آگاه و علیزاده، ۱۳۷۹؛ Gamito et al., 1999). بخش کشاورزی با توجه به مصرف بالای آن دارای بزرگترین پتانسیل برای استفاده مجدد از

۲- مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر برای بررسی استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شهرستان تربت‌حیدریه برای مصارف کشاورزی در سال ۱۳۹۴ به‌صورت ماهانه نمونه‌برداری و پارامترهای کاتیون‌ها، آنیون‌ها، هدایت الکتریکی (EC)، pH، TDS، SAR، کلیفرم، فسفات و نیتрат، BOD و COD، کدورت، نماد روده‌ای و تراکم کل کلیفرم انجام شد. برای انجام این تحقیق، از پساب خروجی تصفیه‌شده برداشت شده که نتایج تحلیل آن در جدول ۱ آمده است.

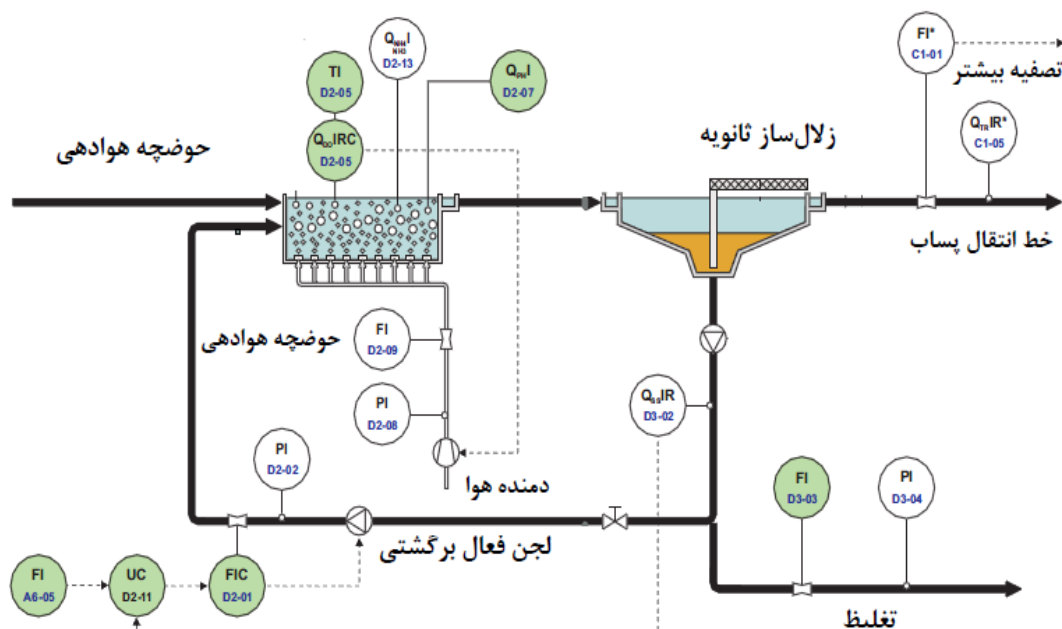
جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب تصفیه‌شده شهری

آزمایش	واحد اندازه‌گیری	نتایج آزمایش	استاندارد آبیاری
اسیدیته	-	۷/۴	۷-۹
کل جامدات محلول	(mg.Kg ⁻¹)	۱۰۴۴	۱۵۰۰-۳۰۰۰
املاح معلق	(mg.Kg ⁻¹)	۹۲	۱۰۰
چربی	(mg.Kg ⁻¹)	۵۶	۱۰
کدورت	NTU	۶/۵	۵۰
اکسیژن محلول	(mg.Kg ⁻¹)	۹/۶	۲
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	(mg.Kg ⁻¹)	۵۵	۱۰۰
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی	(mg.Kg ⁻¹)	۱۲۰	۲۰۰
کلیفرم	N (100 mg ⁻¹)	۲۰۰	۴۰۰
کلسیم	(mg.Kg ⁻¹)	۵۲/۸	۲۵۰
منیزیم	(mg.Kg ⁻¹)	۳۵/۵	۱۰۰
سولفات	(mg.Kg ⁻¹)	۸۴/۹	۵۰۰
کلراید	(mg.Kg ⁻¹)	۶۰/۸	۶۰۰
نیترات	(mg.Kg ⁻¹)	۳/۱	۰/۵
فسفات	(mg.Kg ⁻¹)	۱/۵	-
سرب	(mg.Kg ⁻¹)	۰/۰۴	۵
مس	(mg.Kg ⁻¹)	۰/۰۱	۰/۲
فیکال کلیفرم	MPN (100 mg ⁻¹)	۳۲۰۰	۱۰۰۰
نماد روده‌ای	N (100 mg ⁻¹)	۰	۱
هدایت الکتریکی	(dS.m ⁻¹)	۵/۸	۰/۷
نسبت جذبی سدیم	-	۷/۴	۳

میزان اکسیژن محلول (DO)، pH، دبی، دما و کدورت فاضلاب ورودی و دبی لجن برگشتی، لجن مازاد، کدورت، اکسیژن محلول و pH پساب خروجی به‌صورت آنلاین توسط تجهیزات ابزار دقیق نصب شده، اندازه‌گیری و برای ثبت به دستگاه PLC ارسال می‌شود. پارامترهایی TSS، BOD₅ و COD در واحدهای مختلف و SVI در حوض هوادهی در آزمایشگاه تصفیه‌خانه اندازه‌گیری و ثبت می‌شود (شکل ۱). بهره‌بردار با توجه به داده‌های ثبت شده به‌صورت ساعتی و روزانه، میزان لجن برگشتی موردنیاز را به‌صورت تجربی و محاسباتی به‌دست می‌آورد و تعداد پمپ لجن برگشتی و مازاد را مشخص می‌کند و برای اجرا به اپراتور اعلام می‌کند.

آبیاری محصولات کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک راه‌کار مناسبی برای حفظ منابع آب موجود است. لذا در این پژوهش، با توجه به قرارگیری شهرستان تربت‌حیدریه در اقلیم گرم و خشک و همچنین کمبود آب در این مناطق، خصوصیات پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه به‌عنوان منبع آبی مطمئن و پایدار و همچنین به‌عنوان روشی برای مدیریت پساب و کاربرد آن در آبیاری محصولات کشاورزی منطقه بررسی می‌شود.

تصفیه‌خانه فاضلاب تربت‌حیدریه از نوع تصفیه فاضلاب با طرح لجن فعال از نوع هوادهی گسترده است. ظرفیت متوسط و حداکثر ظرفیت آن به‌ترتیب ۱۵۰ و ۳۰۰ لیتر در ثانیه است. مراحل تصفیه فاضلاب در این تصفیه‌خانه شامل، آشغال‌گیر، دانه‌گیر با هوادهی، واحد اندازه‌گیری جریان، واحد تصفیه بیولوژیکی به‌روش لجن فعال (هوادهی گسترده)، ته‌نشینی ثانویه، واحد گندزدایی UV است (شکل ۱). لجن فعال توسط دستگاه الکتروپمپ لجن کش مستغرق فاضلابی با ظرفیت ۲۷۰ مترمکعب به حوضچه تقسیم حوض‌های هوادهی وارد و لجن مازاد با استفاده از دستگاه الکتروپمپ لجن کش مستغرق فاضلابی با ظرفیت ۳۶ مترمکعب به لاگون‌های لجن ارسال می‌شود (شرکت مه‌اب قدس، ۱۳۸۰).



شکل ۱- شماتیک تجهیزات ابزار دقیق نصب شده در واحد بیولوژیکی

۳- نتایج و بحث

۳-۱- کل مواد جامد محلول

براساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، کل جامدات محلول در پساب تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه ۱۰۴۴ میلی گرم در کیلوگرم است که از حداقل استاندارد آبیاری برای کشاورزی کم تر بوده و برای آبیاری محصولات کشاورزی مشکلی ایجاد نمی کند.

۳-۲- نیاز اکسیژن بیوشیمیایی (BOD)

مقدار BOD فاضلاب در زمان های مختلف متغیر بوده و برای پساب تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه مقدار ۵۵ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد که برای آبیاری محصولات کشاورزی مناسب و قابل قبول است. همچنین مقادیر تقریبی BOD پنج روزه برای آب های مختلف در جدول ۳، ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر تقریبی BOD₅ برای آب های مختلف (برحسب میلی گرم بر لیتر)

BOD ₅	نوع آب	BOD ₅	نوع آب
۸	آب نیمه کثیف	صفر	آب خالص، آب آشامیدنی
۲۰	آب خیلی کثیف	۱	آب کاملاً تمیز
۲۰۰	فاضلاب خانگی رقیق	۳	آب نسبتاً تمیز
۳۰۰	فاضلاب خانگی متوسط	۱ تا ۳	آب رودخانه تمیز
۴۰۰	فاضلاب خانگی غلیظ	۳ تا ۵	آب رودخانه متوسط

۳-۳- نیاز اکسیژن شیمیایی (COD)

COD برای پساب تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب شهری تربت حیدریه، ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمده است که بر

شوری با استفاده از دستگاه EC متر مدل ۶۶۴ در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و اسیدیته توسط دستگاه pH متر مدل ۲۶۲ اندازه گیری شد. برای تعیین کلسیم و منیزیم از روش تتراسیون با اتیلن دی آمین تتراسات با غلظت ۰/۰۲ مولار و سدیم پنتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر با محلول های استاندارد استفاده شد. برای محاسبه میزان کلر از روش تتراسیون استفاده و اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال در حضور معرف فنل فتالین و سولفات روش توربیدو متری اندازه گیری شد. سنجش کدورت با استفاده از روش نفولومتري یا تفریق سنجی با استفاده از دستگاه کدورت سنج مدل AQUA LYTIC با دامنه کاربرد ۰ تا ۱۰۰۰ صورت گرفت. اندازه گیری BOD و COD نمونه ها به ترتیب با استفاده از دستگاه های COD مدل AQUA LYTIC و دستگاه BOD متر دیجیتالی مدل AQUA LYTIC انجام گرفت (ترکیان، ۱۳۷۴؛ چوپان و همکاران، ۱۳۹۷). برای ارزیابی عملکرد تصفیه خانه تربت حیدریه پس از بررسی لازم در محل، مقادیر BOD₅ و COD به صورت هفتگی آزمایش شد. نمونه ها به مدت یک سال و شامل ۲۰۰ داده به صورت هم زمان از کانال ورودی و خروجی تصفیه خانه جمع آوری شده و در همان محل تصفیه خانه و طبق روش های استاندارد موجود آزمایش شد. استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست برای دفع فاضلاب و استفاده مجدد از پساب در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای دفع فاضلاب و استفاده مجدد از پساب

آلاینده	تخلیه به آب های سطحی	تخلیه به چاه	مصارف کشاورزی و آبیاری
BOD ₅ (mg.Kg ⁻¹)	۳۰	۳۰	۱۰۰
COD (mg.Kg ⁻¹)	۴۰	۶۰	۲۰۰

اساس نتایج (جدول ۱ و ۲)، در محدوده مناسب برای آبیاری محصولات کشاورزی است. مقدار COD فاضلاب از BOD بیش‌تر بوده، زیرا ترکیبات اکسید شده به‌روش شیمیایی بیش‌تر از روش بیولوژیک است (چوپان و همکاران، ۱۳۹۷؛ Crites and Tchobanoglous, 1998).

۳-۱۰- فیکال کلیفرم

در مورد فیکال کلیفرم، مقدار میانگین آن برابر با MPN (100 mg^{-1}) ۳۲۰۰ حاصل شد که بالاتر از حد مجاز استاندارد آبیاری قرار دارد.

۳-۱۱- ترکیبات غیر آلی سمی

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۱، میزان سمیت یون‌های موجود در پساب تصفیه‌خانه در حد نسبی بوده و در استفاده برای آبیاری محصولات کشاورزی باید تدابیری از جمله تصفیه مجدد اندیشیده شود.

۳-۱۲- آلاینده‌های غیر آلی

داده‌های به‌دست آمده نشانگر این است که میانگین مقدار سرب و مس در پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه برابر با $0/04$ و $0/01$ میلی‌گرم در کیلوگرم است که بر اساس استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و FAO در حد مجاز برای آبیاری محصولات کشاورزی است.

۳-۱۳- هدایت الکتریکی و نسبت جذبی سدیم

بر اساس رهنمود تفسیر کیفیت آب آبیاری Ayers and Westcot (1994) کاربرد پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه از نظر مشکلات شوری ($7/4$) و براساس مقدار هدایت الکتریکی پساب ($0/63 \text{ dS/m}^{-1}$) بدون محدودیت بود.

۳-۱۴- مقایسه نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات دیگر

بر اساس پژوهش‌های مشابهی که بر روی تصفیه‌خانه‌های شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد و شهرک صنعتی سلمان‌شهر صورت گرفت، عملکرد مناسب تصفیه‌خانه‌ها، پساب برای تخلیه به آب‌های سطحی، چاه جاذب و مصارف کشاورزی، مناسب تشخیص داده شد (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۷؛ دهقانی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین مطالعات صورت‌گرفته بر روی تصفیه‌خانه شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز نشان داد پساب خروجی این تصفیه‌خانه هم‌خوانی مطلوبی با استانداردهای محیط‌زیستی و استانداردهای ورود به اراضی زراعی دارد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارند (دژکام و خواجه حسینی، ۱۳۹۰). بررسی شرایط کیفی پساب تصفیه‌خانه شهر صنعتی البرز استان قزوین نشان داد که برخی از پارامترهای کیفی این تصفیه‌خانه بیش از حد مجاز بوده و نیاز به تصفیه بیش‌تری دارد

۳-۴- کلیفرم

با توجه به مقدار میانگین پارامترهای میکروبی، تراکم کلیفرم در پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه در گروه B قرار دارد که مطابق با استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) است.

۳-۵- کدورت

مقدار متوسط کدورت پساب خروجی (NTU) برابر $6/5$ تعیین شد. براساس استاندارد تعیین شده پارامتر کدورت برای مصارف کشاورزی و آبیاری که حد مجاز 50 NTU تعیین شده است، مقدار متوسط کدورت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه در محدوده مجاز قرار دارد.

۳-۶- نیترات

مقدار نیتروژن پساب خروجی، برابر با $3/1$ میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد که براساس استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و FAO ($0/5$ میلی‌گرم در کیلوگرم) بالاتر از حد مجاز قرار داشته و برای استفاده در مصارف کشاورزی باید تمهیداتی لحاظ شود.

۳-۷- فسفات

میزان فسفات در تحقیق حاضر $1/5$ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که در حد استاندارد آبیاری (10 گرم در کیلوگرم) قرار دارد.

۳-۸- سولفات

میانگین مقدار داده‌ها نشان داد که سولفات پساب خروجی برابر با $84/9$ میلی‌گرم در کیلوگرم است که در مقایسه با کاربرد پساب در بخش مصارف کشاورزی و آبیاری در حد مجاز استاندارد آبیاری بوده (500 میلی‌گرم در کیلوگرم) و برای مصارف کشاورزی مشکلی به‌وجود نمی‌آورد.

۳-۹- کلراید

مقدار میانگین کلراید پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه برابر 608 میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که براساس استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) و

که در مورد پارامتر کلراید با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. طی تحقیقی پتانسیل‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده شهری بر روی پساب چهار تصفیه‌خانه منتخب در کشور ترکیه انجام شد. نتایج نشان داد پساب تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه از نظر پارامترهای کنترلی متداول و فلزات سنگین مناسب هستند. نتایج تحقیق مذکور با نتایج پژوهش حاضر تا حدودی مطابقت دارد. مطالعه‌ای که بر روی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی شکوهیه قم انجام شد (محمودیان و همکاران، ۱۳۸۷)، بیانگر آن بود که پساب برای تخلیه به آب‌های خروجی و چاه در محدوده مجاز قرار ندارد و تنها گزینه مورد نظر برای دفع پساب، استفاده در بخش کشاورزی و آبیاری است که با نتایج پژوهش حاضر در تناقض است.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس نتایج مشاهده تحلیل شیمیایی پساب فاضلاب تصفیه‌شده شهری می‌توان بیان کرد که عناصر موجود در پساب همگی در محدوده قابل قبول و مورد استفاده برای کشاورزی هستند. فلزات سنگین در این پساب نیز برای محصولات مانند جو، گندم و پنبه که در منطقه مورد کشت قرار دارند، مشکلی ایجاد نمی‌کند. میزان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی به ترتیب برابر با ۵۵ و ۱۲۰ به دست آمد که در حد مجاز استاندارد آبیاری است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد مقادیر متوسط پارامترهای کیفی مورد بررسی از پساب فاضلاب خروجی تصفیه‌خانه تربت حیدریه به غیر از کلراید در محدوده استاندارد و حد مجاز برای مصارف کشاورزی و آبیاری قرار دارند که ممکن است عملکرد محیط‌زیستی نامطلوب پارامتر کلراید را در پی داشته باشد. بنابراین پساب فاضلاب تصفیه‌شده شهری تربت حیدریه برای استفاده محصولات منطقه مانعی ایجاد نمی‌کند، لیکن برای گیاهان دیگر بایستی تحقیقات جامع دیگری انجام شود.

۵- مراجع

ابریشمی، ع.، و بدلیانس قلی‌کندی، گ.، (۱۳۹۲)، "استفاده مجدد از فاضلاب شهری تصفیه‌شده در آبیاری فضای سبز، مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک شهید محلاتی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی محیط‌زیست-آب و فاضلاب، دانشکده آب و محیط‌زیست، پردیس فنی مهندسی شهید عباسپور، دانشگاه شهید بهشتی. انبیر، ل.، و نوری، ز. (۱۳۹۷)، "بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری اکباتان جهت کاربرد در اراضی

کشاورزی و فضای سبز"، نشریه مدیریت اراضی، ۶(۱)، ۹۵-۱۰۲.

بدلیانس قلی‌کندی، گ.، ابریشمی، ع.، شوییدی، ع.، و جمشیدی، ش.، (۱۳۹۲)، "امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه شده برای آبیاری فضای سبز (مطالعه موردی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهید محلاتی)"، همایش ملی بازیافت آب، راهبردی اصولی برای مدیریت بحران آب، ۱۵ آبان، اصفهان.

ترکیان، ا.، (۱۳۷۴)، مهندسی محیط‌زیست، انتشارات کنکاش، تهران.

چوپان، ی.، خاشعی سیوکی، ع.، و شهیدی، ع.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی اثرات فاضلاب تصفیه شده شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک تحت کشت پنبه"، نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۳(۲)، ۶۱-۶۸.

حاتمی، ط.، نادعلی، ا.، روشنایی، ق. ا.، و شکوهی، ر.، (۱۳۹۷)، "امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی فرآیند هوادهی گسترده تصفیه فاضلاب شهر بجنورد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری"، مجله علمی پژوهان، ۱۶(۳)، ۲۰-۲۸. دژکام، ص.، و خواجه حسینی، ل.، (۱۳۹۰)، "امکان‌سنجی استفاده مجدد از فاضلاب شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز برای آبیاری اراضی کشاورزی و فضای سبز"، پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.

دهقانی فیروزآبادی، ع.، زرعی محمودآبادی، ه.، و احرامپوش، م. ح.، (۱۳۹۶)، "بررسی استفاده مجدد از پساب شهرک‌های صنعتی جهت مصارف کشاورزی و آبیاری (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه شهرک صنعتی جهان آباد میبد)"، مجله طلوع بهداشت، ۱۶(۳)، ۴۶-۵۵.

شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس، (۱۳۸۰)، "طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه فاضلاب تربت حیدریه"، شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۳۴-۷۲.

عابدی، م. ج.، و نجفی، پ.، (۱۳۸۱)، استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

عرفانی آگاه، ع.، و علیزاده، ا.، (۱۳۷۹)، "استفاده از فاضلاب تصفیه شده خانگی در آبیاری"، سومین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان، کرمان.

عسگری، ع.، و الباجی، م.، (۱۳۹۶)، "بررسی امکان استفاده از پساب در کشاورزی (مطالعه موردی: پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شهرکرد)"، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۴(۲)، ۳۰۳-۳۰۸.

محمودیان، م.ح.، فهیمی‌نیا، م.، سپهرنیا، ب.، و حیدری، ا.، (۱۳۸۷)، "بررسی وضع موجود و عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی شکوهیه قم - در سال ۱۳۸۶"، یازدهمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور، (۱۳۸۹)، *ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها*، نشریه شماره ۵۳۵، تهران، ایران.

مهرآوران، ب.، انصاری، ح.، بهشتی، ع. ا.، و اسماعیلی، ک.، (۱۳۹۴)، "بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری با توجه به اثرات زیست‌محیطی آن (مطالعه موردی پساب خروجی تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد)"، *مجله آبیاری و زهکشی/ایران*، ۹(۳)، ۴۴۰-۴۴۷.

ندافی، ک.، و واعظی، ف.، (۱۳۸۴)، "بررسی عملکرد لاگون‌های هوادهی در تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی همدان"، *مجله آب و فاضلاب*، ۱۶(۲)، ۴۷-۵۳.

نعیمی، ل.، (۱۳۹۳)، "بررسی تاثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب در فضای سبز شهری به‌منظور توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهر اراک)"، *دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط‌زیست/ایران*، انجمن ارزیابان محیط‌زیست هگمتانه، همدان.

Ayers, R.S., and Westcot, D.W., (1994), "Water quality for agriculture", FAO Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, No. 29, 174p.

Crites, R.W., and Tchobanoglous, G., (1998), *Small and decentralized wastewater management systems*, McGraw-Hill, New York, N Y 1998.

FAO, (1992), "Wastewater treatment and use in agriculture", In: *Pescod, M.B. (ed.), Irrigation and Drainage*, Rome.

Gamito, P., Arsenio, A., Faleiro, M.L., Brito, J.M., and Beltrao, J., (1999), "The influence of wastewater treatment of irrigation water quality", *International Workshop on Improved Crop Quality by Nutrient Management*, Izmir, Turkey, 267-270.

WHO, (1989), *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*, WHO Technical Report Series, 778, Geneva.