Research Paper

Qualitative Study of Effluent of Three Types of Wastewater Treatment Systems from The Perspective of Physicochemical and Microbial Indicators for Use in Agriculture

Mostafa Baghani[1*], Abolfazl Rahmani Sani[2]

1. PhD Student in Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health, School of Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
2. Professor of Environmental Engineering, Department of Environmental Health, School of Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

Received: 2020/08/17 **Accepted:** 2022/11/09

Abstract

Introduction: Population growth causes the need to produce more agricultural products. And the lack of water causes people to use unconventional waters, including treated sewage. Improper quality of wastewater can be harmful to the soil, plants and the health of consumers. Therefore, it is necessary to measure and check their quality.

Materials and Methods: In this study, the factors of EC, BOD, COD, TSS, TN, TP, PH, Ecoli, TC, CL,Ca, Mg, Na, SAR in effluent treatment plants, Sabzevar stabilization pond, activated sludge (Factory sanitary wastewater) and rural Wetland with Tested by standard methods. (according to 2017 version of the book Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) and compared with Wilcox, Ayers and Westcot, FAO, WHO, USEPA standards.To determine the competence of three different types of effluent for agricultural use.

Results: In accordence with the standards of Iran, Wilcox, Ayers and Westcot, FAO and WHO, all three types of effluent can be used for irrigation with low to moderate negative impacts. However, in the more stringent standards (USEPA), stabilization pond and Wetland did not meet the BOD, TSS factors threshold, and the activated sludge effluent did not provide the BOD factor.

Conclusion: According to the results, the activated sludge treatment system meets the standards of wastewater consumption in agriculture better than the other two systems. Over time, the standards will become stricter. Choosing the type and correct operation of the treatment system has a significant impact on providing the quality standards of effluent for irrigation.

***Corresponding Author:** Mostafa Baghani
Address: Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran.
Tel: 09155728168
E-mail: Baghani.mostafa@gmail.com

Keywords: Sewage treatment plant effluent, Physicochemical and microbial factors of effluent, Agricultural uses, Irrigation standards.

How to cite this article: Baghani M., Rahmani Sani A., Qualitative Study of Effluent of Three Types of Wastewater Treatment Systems from The Perspective of Physicochemical and Microbial Indicators for Use in Agriculture. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2023; 30(1):13-21.

Copyright © 2023 Sabzevar University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- Non Commercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.
Published by Sabzevar University of Medical Sciences.

Introduction

The problem of water shortage is due to the increase in population, improvement of living standards, climate changes and lack of proper management of water resources. One of the best solutions for the development of water resources is the treatment and recycling of sewage. Among the uses of effluent (purified sewage), we can refer to artificial nutrition, agricultural irrigation, industries, fish farming, and green spaces.

More than 10% of the world's population consumes agricultural products that are irrigated with treated and untreated wastewater. Among the quality worrying factors in irrigation with wastewater, the concentration of nutrients and salts (sodium, chlorine, etc.), heavy metals and the presence Pollutants such as human and animal pathogens, drugs, etc.

Considering the location of many countries in the hot and dry regions of the earth (including Iran) and the lack of sustainable water resources for agricultural purposes, the importance of investigating treated wastewater in terms of providing irrigation, sanitary and environmental standards is becoming more and clearer. If these standards are met, the pollution of products and the environment will be prevented, and the production of more agricultural products and the development of water resources will be realized. The present study is an attempt in this field.

Methods

In this research, samples were taken from the wastewater treatment plant of the urban stabilization pond, the effluent from the activated sludge treatment plant, and the rural wetland wastewater treatment system and factors EC (electrical conductivity), TDS (total dissolved solids), PH, Ca+2 (calcium), Ma+2 (magnesium), Na+ (sodium), SAR (sodium absorption ratio), TSS (total suspended solids), BOD (biochemical oxygen demand), COD (chemical oxygen demand), total coliforms (TC), faecal coliforms (EColi), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and residual chlorine with standard methods (according to The latest edition of the book Standard Methods of Testing Water and Wastewater) was evaluated.

In the following, it was compared with widely used and international standards of irrigation water quality including Wilcox, FAO, Ayers and Westcott standards, US Environmental Protection Organization, World Health Organization and Iran Environmental Protection Organization.The possibility of using and recycling three types of treated wastewater for irrigation purposes was investigated.

Results

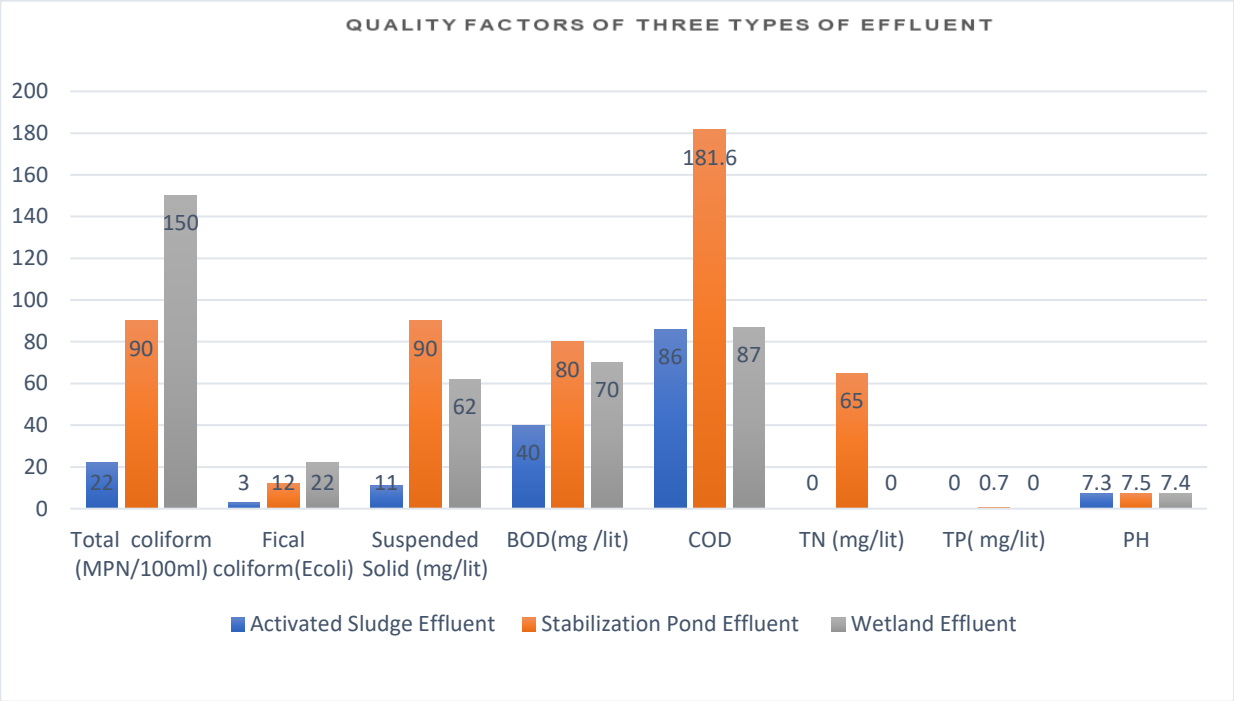
The results of measuring the investigated factors in three types of effluents are presented in table 1 and graph 1. In order to compare the quality of the effluents with each other, the factors of total coliform and faecal coliform, total suspended solids, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand and acidity are shown with a graph (Graph 1).

The standards and limits of irrigation water quality in the form of Wilcox, Ayers and Westcott standards, FAO, Iranian environment, USEPA-2012, WHO 2006 are presented in the discussion section and in tables 3, 4, 5 and 6 in the text of the article.

Table 1. The results of measuring calcium and magnesium, total dissolved solids and remaining chlorine in the three types of investigated effluent

Effluent Factor / Type of Effluent	Mg(mg/lit)	Ca(mg/lit)	TDS (mg/lit)	EC (µs/cm)	Remaining Chlorine(mg/lit)
stabilization pond Effluent	8.5	26.4	1347	1952	0.1
Wetland Effluent	26.8	64	704	1100	0.5
Activated sludge effluent	8.9	62	490	1013	0.2

* SAR (Sodium Absorption Ratio) was calculated from calcium, magnesium and sodium factors.



Graph 1. Quality factors of three types of effluent

In the Wilcox standard, electrical conductivity factors and sodium absorption ratio determine the classification and possibility of water consumption in agriculture, and in Ayers and Westcott and FAO standards, electrical conductivity, sodium absorption ratio, total dissolved solids and chlorine are the factors that determine water consumption in irrigation.

The WHO 2006 standard provided a standard only for the Escherichia coli factor. which is less than 10,000 for limited irrigation and 1000 for unlimited irrigation.

In the environmental standard of Iran, the factors of Escherichia coli, total coliforms, acidity, total suspended solids, electrical conductivity, magnesium, chlorine, biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand are used for feasibility of effluent consumption in agriculture.

In the following, the results of the study are compared and analyzed with the standards (Willox, Ayers and Westcott, FAO, American Environmental Protection Agency and Iranian Environment).

Discussion

To achieve the goal of the study, which is the feasibility of using three types of effluent in agriculture. The results of measuring the investigated factors are compared and analyzed with irrigation standards. According to Wilcox standards, which is based on electrical conductivity and sodium absorption ratio. All three types of effluent are placed in one group of this division, which is equivalent to group C3 S1. The electrical conductivity factor (c) is in the acceptable category and the Sodium absorption ratio (S) factor is in the good category.

A good SAR level can indicate that the risk of high sodium levels does not harm agricultural products. SAR less than 10 (S1) indicates the simultaneous proportionality of three cations sodium, magnesium and calcium. In general, the C3S1 group is similar to the C1S2, C2S2 and C2S1 classes in the medium water category for irrigation purposes. Therefore, all three types of effluents are in the medium water group for agricultural uses.Electrical conductivity factors, SAR, total dissolved solids and chloride according to Ayers and Westcott standards and FAO standards are in the range with low to moderate negative effects and the PH factor is in the appropriate range.

More carefully in the values of SAR, TDS, EC factors, it can be seen that their values in activated sludge are far lower than those in pond effluent. This shows that the quality of activated sludge and wetland effluent in this study is better than pool effluent for agricultural purposes.

Comparison of the results with the USEPA-2012 standard showed that all three types of effluents have a lower than permissible amount in

terms of the amount of faecal coliforms. In the PH factor, all three types of effluents are within the appropriate range.

Only activated sludge effluent has been able to meet the TSS factor standard. And the effluent of the pond exceeds the permissible limit due to the presence of algae and other possible reasons. None of the effluents are able to meet the standard in BOD factor. In the electrical conductivity factor for processed food products, the values in all three types of effluents are below the permissible limit. In total, the activated sludge efluent has provided the permissible limit of 3 factors (PH, EC, TSS) and the wetland and pond wastewater has provided the permissible limit of 2 factors (PH, EC).

All three types of effluents have succeeded in meeting WHO 2006 standard and are much lower than this limit. Which shows the success of all three purification systems in disinfection.

Comparing the quality results of the examined effluents with Iran's environmental standards,shows that In terms of TSS, PH and magnesium factors, all three types of treatmented wastewater have succeeded in meeting the standards. All three types of effluent have been able to meet the limit of total coliforms and thermophilic coliforms (Escherichia coli). alsow. The limit of the electrical conductivity factor is provided by all three types of effluents and even if this limit is equal to 2000, it will be provided by all three types of effluents. Therefore, it was found that all three types of treatment wastewater have been able to meet Iran's permissible limits in the measured factors (BOD, COD, TSS, PH, EC, mg, and total coliforms and faecal coliforms).

Conclusion

All three types of wastewater can be used in agriculture according to the standards of Iran, WHO, and according to the standards of Wilcox, Ayers and Westcott, they can be used for irrigation purposes with low to moderate negative effects. But in more strict standards, including USEPA-2012, some standards are not met.

It is necessary to use the effluent of high-efficiency treatment systems to provide higher health and environmental standards in irrigation. And these purification systems should be well maintained and operated. In this case, it will be possible to recycle this unconventional water resource in agriculture with sufficient confidence.

Acknowledgment

Many thanks to all those who contributed to this research.

Conflict of Interest: Hereby, the authors of this article declare and clarify that there is no conflict of interest regarding the present study.

مقاله پژوهشی

بررسی کیفی پساب سه نوع سیستم تصفیه فاضلاب از دیدگاه شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی به‌منظور استفاده در کشاورزی

مصطفی باغانی[1*]، ابوالفضل رحمانی ثانی[2]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران
۲. استاد مهندسی محیط زیست، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/18

* نویسندهٔ مسئول: مصطفی باغانی
نشانی: سبزوار، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دانشکده بهداشت
تلفن: ۰۹۱۵۵۷۲۸۱۶۸
رایانامه: baghani.mostafa@gmail.com
شناسه ORCID: 0000-0003-2688-0133
شناسه ORCID نویسنده اول: 0000-0002-6892-0407

کلیدواژه‌ها:
پساب تصفیه‌خانه فاضلاب، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی پساب، مصارف کشاورزی، استانداردهای آبیاری

چکیده

زمینه و هدف: رشد جمعیت نیاز به تولید بیشتر محصولات کشاورزی را باعث می‌شود و کمبود آب سبب می‌شود بشر به استفاده از آب‌های نامتعارف ازجمله پساب‌ها رو آورد. کیفیت نامناسب پساب‌ها می‌تواند برای خاک، گیاه و سلامت مصرف‌کنندگان مضر باشد بنابراین سنجش و بررسی کیفیت آنها ضروری می‌باشد

مواد و روش‌ها: در این پژوهش فاکتورهای EC, Ca, Mg, Na, SAR, CL, TC, TP, PH, Ecoli, TN, TSS, COD, BOD در پساب تصفیه‌خانه‌های برکه تثبیت، لجن فعال (فاضلاب بهداشتی کارخانه) و پساب وتلند روستایی با روش‌های استاندارد آزمایش شد (مطابق نسخه ۲۰۱۷ کتاب روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب) و با استانداردهای ویلکاکس، آیرزو وستکات، WHO, USEPA وFAO مقایسه گردید. تا صلاحیت مصرف سه نوع پساب متفاوت برای مصارف کشاورزی مشخص گردد.

یافته‌ها: طبق استانداردهای ایران، ویلکاکس، آیرز و وستکات، FAO وWHO هر سه نوع پساب برای مصارف آبیاری با تأثیرات منفی کم تا متوسط قابل استفاده هستند ولی در استانداردهای سخت‌تر (USEPA)، پساب برکه و وتلند حد مجاز فاکتورهای BOD و TSS را تأمین نکرده‌اند و پساب لجن فعال فاکتور BOD را تأمین نکرده است.

نتیجه‌گیری: مطابق نتایج، سیستم تصفیه فاضلاب لجن فعال، بهتر از دو سیستم دیگر استانداردهای مصرف پساب در کشاورزی را تأمین می‌کند. با گذشت زمان استانداردها سختگیرانه‌ترخواهند شد. انتخاب نوع و بهره‌برداری صحیح از سیستم تصفیه در تأمین استانداردهای کیفی پساب برای آبیاری تأثیر بسزایی دارد.

۱. مقدمه

آب مهم‌ترین عامل در توسعه کشاورزی به‌حساب می‌آید. رشد فزاینده جمعیت و رشد صنعتی و نیاز به تولید بیشتر محصولات کشاورزی سبب شده است نیاز به منابع آبی افزایش یابد. در چنین وضعیتی استفاده از پساب‌ها و آب‌های نا متعارف امری ضروری است [۱].

امروزه پساب تصفیه‌خانه فاضلاب به‌عنوان یک منبع جدید و دائمی مورد توجه کارشناسان به‌منظور جبران برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی قرار گرفته است. روش‌های استفاده از پساب، وسیع ولی حساس می‌باشد که می‌توان به تغذیه مصنوعی، آبیاری کشاورزی، صنایع، پرورش ماهی، فضای سبز اشاره کرد [۲]. ازجمله نگرانی‌ها درخصوص کیفیت آب بازیافتی برای مصارف کشاورزی می‌توان به غلظت مواد مغذی و سدیم، فلزات سنگین و حضور آلاینده‌ها مانند پاتوژن‌های انسان وحیوانات، داروها و ... اشاره کرد [۳]. در ایران مشابه سایر کشورها مصرف بخش کشاورزی بیشتر از سایر مصارف است، ازجمله راهکارها، ارتقای بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی و همچنین کاهش برداشت از منابع آبی است [۴]. بیلان آب کشور نشان می‌دهد که بالغ بر ۹۲ در صد از کل ۹۳ میلیاردمترمکعب آب مصرفی، در

Copyright © 2023 Sabzevar University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- Non Commercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.
Published by Sabzevar University of Medical Sciences.

مجلهٔ علمی ـ پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دورهٔ ۳۰، شمارهٔ ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۴۰۲، ص ۲۱-۱۳
آدرس سایت: http://jsums.medsab.ac.ir رایانامه: journal@medsab.ac.ir
شاپای چاپی: ۱۶۰۶-۷۴۸۷

بخش کشاورزی استفاده می‌شود؛ ۴۶ درصد این مقدار از طریق آب‌های سطحی و ۵۴ درصد بقیه از طریق بهره‌برداری از آب‌های زیر زمینی تأمین می‌شود [۵].

در یک الگوی یکنواخت توزیع اقلیم، ایران در منطقه کمربند مناطق خشک و بیابانی جهان واقع شده است، با این وجود، تنوع اقلیمی در ایران بسیار زیاد است و در اقلیم‌های مختلف میزان بارندگی از ۲۵ میلی‌متر تا حدود ۲۰۰۰ میلی‌متر متغیر می‌باشد [۶]. امروزه مسئله کمبود آب و تخریب محیط زیست به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مشکلات جوامع بشری مطرح می‌باشد. مهم‌ترین دلایل کمبود آب، افزایش جمعیت، ارتقای سطح زندگی، تغییرات آب و هوا و نبود مدیریت صحیح منابع آب می‌باشد. در این شرایط، تصفیه و باز چرخش فاضلاب‌ها مهم‌ترین راهکار در توسعه مدیریت منابع آب می‌باشد که می‌تواند نقش مهمی در رابطه با مشکلات کم‌آبی ایفا کند [۷].

استفاده از پساب تصفیه‌خانه در کشاورزی هم می‌تواند تأمین‌کننده نیازهای گیاه باشد و هم می‌تواند در صورت تأمین نکردن استانداردها، مضراتی نیز داشته باشد [۸]. در استفاده از پساب تصفیه‌خانه اردبیل در کشاورزی، مهم‌ترین مشکل، بار میکروبی بالا تعیین شد که نیاز به گندزدایی دارد [۹]. فاضلاب تصفیه‌شده که به اشکال مختلفی برای آب کشاورزی استفاده می‌شود در حال حاضر به‌طور گسترده در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۰-۱۳]. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که بیش از ۱۰ درصد از جمعیت جهان، محصولات کشاورزی را که با فاضلاب آبیاری می‌شوند را مصرف می کنند [۱۴].

شوری مهم‌ترین عامل کیفیت آب کشاورزی تلقی می‌شود زیرا شوری زیاد خاک می‌تواند محیط بسیار بدی را برای جذب مواد مغذی توسط گیاه ایجاد کند [۱۵-۱۷]. مواد مغذی نیتروژن (N) و فسفر (P) مواد مغذی اصلی برای رشد محصولات گیاهی هستند اما با این وجود در صورت استفاده بیش‌ازحد می‌توانند تأثیرات منفی داشته باشند [۱۸]. وجود بیش‌ازحد مواد مغذی در آب می‌تواند باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی گردد [۱۹-۲۰].

به طور کلی، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD) به‌عنوان شاخص مواد آلی استفاده می‌شود. در یک محیط با BOD بالا، اکسیژن موجود در آب برای تجزیه مواد آلی مصرف می‌شود و ممکن است منجر به ایجاد حالت بی‌هوازی شود و طی فرایند تجزیه، اکسیدهای موجود در خاک مانند Fe^{3+}، Mn^{+5} و SO_4^{2-} را مصرف کند [۲۲,۲۱]. پساب تصفیه‌خانه شهر اهواز برای آبیاری فضای سبز شهری نتوانسته است در فاکتورهای EC,TDS وCL استاندارد آیرز و وستکات را تأمین کند و در کلاس C4S1از استاندارد ویلکاکس قرار دارد که شوری زیاد و مقدار جذب سدیم پایین را نشان می‌دهد [۲۳].

در بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه‌خانه شهر سنندج در مصارف کشاورزی با بررسی فاکتورهای کلسیم، منیزیم، سدیم، نیتریت، نیترات و پتاسیم BOD,COD,TSS,PH,SAR, و مقایسه نتایج با استانداردهای محیط‌زیست ایران و سازمان جهانی بهداشت و فائو و محیط زیست آمریکا مشخص گردید BOD،PH و CODدر حد استانداردهای محیط‌زیست ایران و EPA بوده است ولی TSS استاندارد EPA را تأمین نمی‌کند. در مقایسه با استاندارد FAO مقدار (نسبت جذب سدیم) (SAR) در حد خوب و درصد سدیم در حد مجاز ارزیابی شد [۲۴].

نتایج سنجش پارامترهای (COD,BOD,TSS) و تعداد کلیفرم‌های کلی و مدفوعی در پساب تصفیه‌خانه شهر کرمان سنجیده شد. نتایج با استانداردهای محیط زیست، استانداردهای سازمان جهانی بهداشت و دستورالعمل FAO مقایسه شد. این پساب برای استفاده در کشاورزی و کاشت گیاهان صنعتی و علوفه‌ای مقاوم به شوری و مقاوم به غلظت متوسط یون‌های سدیم، کلرور، بور و بی‌کربنات مناسب می‌باشد [۲۵].

در مطالعه امکان‌سنجی استفاده از پساب تصفیه‌خانه شهر بجنورد در کشاورزی با سنجش فاکتورهای EC، COD، BOD، نیتروژن، فسفر، TSS، SAR، درصد سدیم، یون‌های منیزیم، پتاسیم، کلسیم، سدیم و کلراید مشخص شد. سیستم تصفیه لجن فعال این تصفیه‌خانه قادر است BOD،COD،SAR،EC، PH،TSS را مطابق استانداردهای ایران برای مصارف کشاورزی تأمین کند ولی مقدار کلراید برای گیاهان حساس به شوری مناسب نمی‌باشد؛ در نتیجه این پساب باید برای گیاهان نیمه‌حساس و مقاوم استفاده شود [۲۶]. نتایج ارزیابی ریسک در استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده شهر یزد در کشاورزی نشان می‌دهد درصورت نبود مدیریت صحیح تصفیه‌خانه و رعایت نشدن استانداردها در پساب، زمینه به‌خطر افتادن ایمنی، بهداشت و مسائل زیست‌محیطی در منطقه فراهم می‌گردد [۲۷].

تنوع گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های آبی وجود دارد اما شناسایی همه گونه‌ها گران‌قیمت است. دو استاندارد مورداستفاده در کیفیت آب آبیاری از نظر عوامل بیماری‌زا، کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی (E.coli) است [۲۸].

تا کنون حجم قابل‌توجهی از منابع آبی کشور به دلیل کیفیت پایین، مورد استفاده قرار نگرفته است. اما اعتقاد بر این است که باید بخشی از این منابع که مشکلات کیفی کمتری دارد یا مشکلات آنها با اتخاذ روش‌های کاربردی مناسب قابل اغماض

می‌باشد، با درنظرگرفتن مسائل زیست‌محیطی در برنامه‌های توسعه و بهره‌وری منابع آب گنجانده شوند [۲۹].

با توجه به رشد جوامع و ضرورت افزایش تولید در بخش کشاورزی که مصرف بیشتر آب در این حوزه را سبب می‌گردد و با توجه به شرایط آب‌وهوایی کشور ایران و قرارگیری آن در منطقه گرم و خشک کره زمین و کمبود منابع آبی پایدار برای مصارف کشاورزی، ضرورت دارد از پساب‌های دارای استانداردهای بهداشتی و زیست‌محیطی در کشاورزی استفاده شود. این موضوع اهمیت بررسی پساب‌ها از نظر تأمین استانداردهای بهداشتی و زیست‌محیطی را نشان می‌دهد و در صورت تأمین شدن این استانداردها از آلودگی محصولات و محیط‌زیست نیز جلوگیری خواهد شد. مطالعه حاضر نیز تلاشی در این زمینه می‌باشد.

۲.مواد و روش‌ها

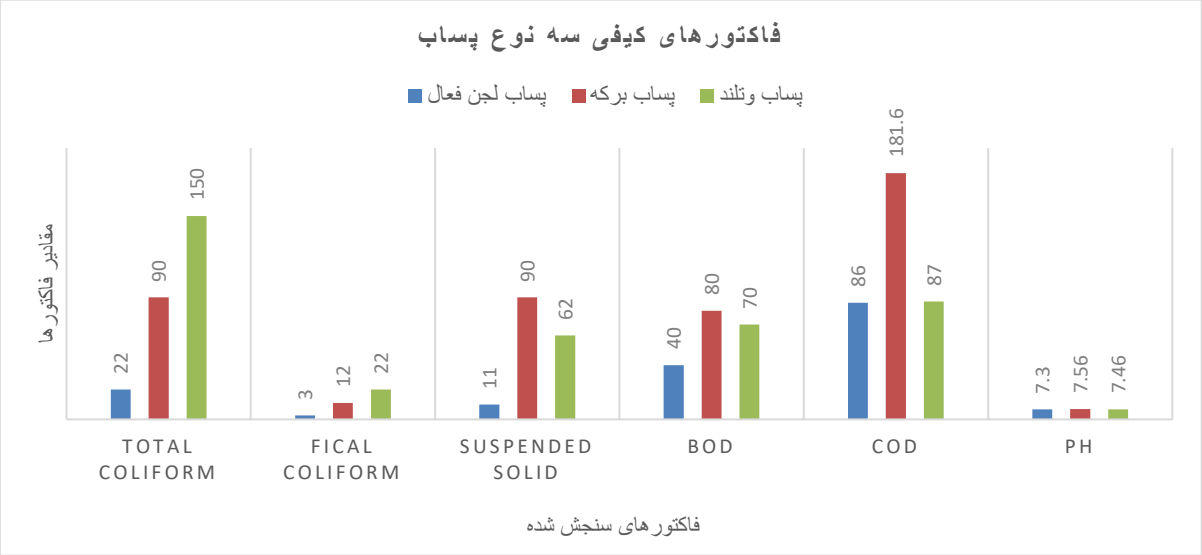
در این پژوهش از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب برکه تثبیت شهر سبزوار، پساب تصفیه‌خانه لجن فعال فاضلاب بهداشتی یکی از کارخانجات سبزوار و سیستم تصفیه فاضلاب وتلند در روستا نمونه‌برداری شد و فاکتورهای EC (هدایت الکتریکی)، TDS(کل جامدات محلول)، PH، Ca+2 (یون کلسیم)، Ma+2(منیزیم)، Na+ (سدیم)،SAR (نسبت جذب سدیم) TSS(کل جامدات معلق)، BOD (اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی)، COD (اکسیژن موردنیاز شیمیایی)، کل کلیفرم‌ها (TC)، کلیفرم‌های مدفوعی (EColi)، کل ازت (TN) و کل فسفر (TP) و کلر باقیمانده با روش‌های استاندارد (مطابق آخرین نسخه کتاب روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب) مورد سنجش قرار گرفت. شایان ذکر است در فاکتورهایEC, BOD, COD , TSS, PH EColi, TC, به دلیل وجود تعداد بالاتر داده‌ها و به‌منظور تقویت مطالعه از میانگین سه ماهه (شهریور، مهر و آبان) استفاده شد و در سایر عوامل از نتایج یک بار نمونه‌برداری در مهرماه استفاده گردید. در ادامه با استانداردهای پرکاربرد و جهانی کیفی آب آبیاری شامل استانداردهای ویلکوکس، فائو ، آیرز و وستکات، سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا، سازمان جهانی بهداشت و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران مقایسه شد [۳۰-۳۴] و امکان استفاده و بازیافت سه نوع پساب (برکه، لجن فعال و وتلند) برای مصارف آبیاری بررسی شد. قابل توجه است در این مطالعه، سیستم‌های تصفیه و راندمان آنها با هم مقایسه نمی شود بلکه تفاوت کیفیت پساب‌ها و بررسی مطابقت آنها با استانداردهای مصارف کشاورزی (آبیاری) موردنظر می‌باشد و در نتیجه تفاوت استانداردها نیز مشخص خواهد شد. این پژوهش دارای کد اخلاق شماره IR.MEDSAB.REC.1397.079. از دانشگاه علوم پزشکی سبزوار می‌باشد.

۳. یافته‌ها

در این مطالعه ابتدا فاکتورهای موردبررسی در نمونه‌های مربوط به سه نوع پساب (برکه تثبیت و لجن فعال و وتلند) سنجیده شدند تا امکان بررسی صلاحیت مصرف آنها در کشاورزی فراهم گردد. نتایج حاصل از سنجش‌ها در جداول ۱ و ۲ و نمودار ۱ ارائه می‌گردد.

جدول ۱. نتایج حاصل از سنجش فاکتورهای موردبررسی در سه نوع پساب (لجن فعال، برکه تثبیت و وتلند)

پارامترها (فاکتورها)	Total Coliform /100ml	Fical Coliform	Suspended solid (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	PH
پساب لجن فعال	MPN»۲۲	Ecoli=۳	۱۱	۴۰	۸۶	-	-	۷/۳
پساب برکه	MPN»۹۰	Ecoli=۱۲	۹۰	۸۰	۱۸۱/۶	TN=۶۵	TP=۰.۷	۷/۵۶
پساب وتلند	MPN»۱۵۰	Ecoli=۲۲	۶۲	۷۰	۸۷	-	-	۷/۴۶



نمودار ۱. فاکتورهای کیفی سه نوع پساب

جدول ۲. نتایج سنجش کلسیم و منیزیم، کل جامدات محلول و کلر باقیمانده در سه نوع پساب موردبررسی

پارامتر	واحد	پساب برکه	پساب وتلند	پساب لجن فعال
Mg	mg/l	۸/۵	**۲۶/۸**	۸/۹
Ca	mg/l	۲۶/۴	**۶۴**	۶۲
TDS	mg/l	۱۳۴۷	۷۰۴	۴۹۰
EC	(µs/cm)	۱۹۵۲	۱۱۰۰	۱۰۱۳
کلر باقیمانده	mg/l	۰/۱	۰/۵	۰/۲

شایان ذکر است نتایج حاصل از محاسبه SAR (نسبت جذب سدیم) با استفاده از سنجش فاکتورهای کلسیم، منیزیم و سدیم، در جدول ۳ قرار دارد. همچنین استانداردها و حد مجازهای کیفیت آب آبیاری در قالب استانداردهای ویلکوکس، آیرز و وستکات، FAO، محیطزیست ایران، USEPA-2012، WHO 2006در جداول ۳، ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است.

ازجمله استانداردهای کیفیت آب آبیاری می‌توان به استاندارد ویلکوکس و آیرز و وستکات اشاره کرد که در جدول ۳ یافته‌های پژوهش در مقایسه با این استانداردها بررسی می‌گیرد.

جدول ۳. مقایسه نتایج با استانداردهای ویلکوکس، فائو و آیرز و وستکات (۳۰-۳۲)

فاکتور		طبقه‌بندی						C_3 S_1		C_3 S_1		C_3- S_1	
		کلاس	مقدار EC	کلاس	مقدار SAR	EC	SAR	EC	SAR	EC	SAR	EC	SAR
EC, SAR	C_1	S_1	<۲۵۰	S_1	<۱۰		۸/۳۲ خوب		۳/۴۶ خوب		۴/۴ خوب		
	C_2	S_2	۷۵۰-۲۵۰	S_2	۲۰- ۱۰								
	C_3	S_3	۷۵۰ -۲۲۵۰	S_3	۲۸-۲۰	۱۹۵۲ قابل‌قبول		۱۱۰۰ قابل‌قبول		۱۰۱۳ قابل‌قبول			
	C_4	S_4	>۲۲۵۰	S_4	>۲۸								
SAR			EC_w			EC	SAR	EC	SAR	EC	SAR	EC	SAR

	هیچ	کم تا متوسط	بالا						
۰ ـ۳	>۷۰۰	۲۰۰ ـ۷۰۰	<۲۰۰						
۳ ـ۶	>۱۲۰۰	۱۲۰۰ ـ ۳۰۰	<۳۰۰		۱۱۰۰	۳/۴۶	۱۰۱۳	۴/۴	
۶ ـ۱۲	>۱۹۰۰	۱۹۰۰ـ ۵۰۰	<۵۰۰	۸/۳۲					
۱۲ ـ۲۰	>۲۹۰۰	۲۹۰۰ـ ۱۳۰۰	<۱۳۰۰	۱۹۵۲					
۲۰ ـ ۴۰	>۵۰۰۰	۵۰۰۰ـ ۲۹۰۰	<۲۹۰۰						
TDS	<۴۵۰	۴۵۰ـ ۲۰۰۰	<۲۰۰۰	۱۳۴۷		۷۰۴		۴۹۰	
PH		۸/۵ـ۶/۵		۷/۵۶		۷/۴۶		۷/۳	
کلراید (آبیاری سطحی)	<۴	۴ـ۱۰	>۱۰	۶/۵۳ میلی اکی والان بر لیتر					
بیکربنات	<۱/۵	۱/۵ ـ ۸/۵	>۸/۵	-					

جدول ۴. مقایسه کیفیت سه نوع پساب با استانداردهای آب بازیافت‌شده برای کشاورزی (سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا، ۲۰۱۲) (۳۳)

فاکتور / استانداردها	کلیفرم‌های مدفوعی EColi	TSS (کل جامدات معلق)	BOD (اکسیژن خواهی بیوشیمیایی)		COD (اکسیژن خواهی شیمیایی)	EC (ms/cm) هدایت الکتریکی		PH اسیدیته
(سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا ۲۰۱۲)	FC (cfu) ≤۲۰۰ (متوسط)	محصولات غذایی فراوری‌شده	محصولات غذایی	محصولات غذایی فراوری‌شده	فاقد استاندارد	محصولات غذایی	محصولات غذایی فراوری‌شده	۹ ـ۶
		Tss ≤۳۰	≤۱۰	≤۳۰		≤۷۰۰	≤۲۰۰۰	
پساب لجن فعال	MPN»۲۲ Ecoli=۳	۱۱	۴۰	۴۰	۸۶	۱۰۱۳	۱۰۱۳	۷.۳
پساب وتلند	MPN »۱۵۰ Ecoli=۲۷	۶۲	۷۰	۷۰	۸۷	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۷.۴۶
پساب برکه	MPN»۹۰ Ecoli=۱۲	۹۰	۸۰	۸۰	۱۸۱.۶	۱۹۵۲	۱۹۵۲	۷.۵۶

جدول ۵. مقایسه کیفیت آب حاصل از اختلاط پساب با آب لب شور و شور با استانداردهای کیفیت فاضلاب برای آبیاری (WHO 2006) (۳۴)

استانداردها / کلیفرم‌ها	کلیفرم های مدفوعی EColi		TSS (کل جامدات معلق)	BOD (اکسیژن خواهی بیوشیمیایی)	COD (اکسیژن خواهی شیمیایی)	EC (ms/cm) هدایت الکتریکی	PH اسیدیته
سازمان جهانی بهداشت WHO (2006)	بدون محدودیت Ecoli(cfu) ≤۱۰۰۰	محدود شده Ecoli(cfu)≤۱۰۰۰	فاقد استاندارد	فاقد استاندارد	فاقد استاندارد	فاقد استاندارد	فاقد استاندارد
پساب لجن فعال	MPN»۲۲ Ecoli=۳	MPN»۲۲ Ecoli=۳	۱۱	٤۰	۸٦	۱۰۱۳	۷.۳
پساب وتلند	MPN»۱۵۰ Ecoli=۲۷	MPN »۱۵۰ Ecoli=۲۷	٦۲	۷۰	۸۷	۱۱۰۰	۷.٤٦
پساب برکه	MPN»۹۰ Ecoli=۱۲	MPN»۹۰ Ecoli=۱۲	۹۰	۸۰	۱۸۱.٦	۱۹۵۲	۷.۵٦

جدول ۶. مقایسه کیفیت پساب‌های موردبررسی با استانداردهای محیط‌زیست ایران [۳۵]

استانداردهای مصارف کشاورزی	Ca	COD	BOD	CL	Mg	EC	NO2	NO3	TP	TSS	PH	کل کلیفرمها (M.P.N)	EColi
استاندارد فاکتورها (میلی گرم در لیتر)	*	۲۰۰	۱۰۰	۰.۲	۱۰۰	۳۰۰۰	*	*	*	۱۵۰	۵ –۹	۱۰۰۰/۱۰۰ m.lit	٤۰۰/۱۰۰ m.lit
پساب برکه	۲٦.٤	۱۸۱.٦	۹۰	۰.۱	۸.۵	۱۹۵۲	٦۵ =TN		TP=۰.۷	۹۰	۷.۵٦	MPN»۹۰	Ecoli=۱۲
پساب وتلند	۳.۲	۸۷	۷۰	۰.۵	۲.۲	۱۱۰۰	-	-	-	٦۲	۷.٤٦	MPN»۱۵۰	Ecoli=۲۷
پساب لجن فعال	۳.۱	۸٦	٤۰	۰.۲	۰.۷۳	۱۰۱۳	-	-	-	۱۱	۷.۳	MPN»۲۲	Ecoli=۳

٤. بحث و نتیجه‌گیری

برای رسیدن به هدف مطالعه که امکان‌سنجی استفاده از سه نوع پساب در کشاورزی می‌باشد نتایج مربوط به سنجش فاکتورهای موردبررسی (EC(هدایت الکتریکی)، TDS (کل جامدات محلول)، PH، Ca+2 (یون کلسیم)، Ma+2(منیزیم)، Na+ (سدیم)، SAR (نسبت جذب سدیم)، BOD (اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی) ,COD,TSS، کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی (EColi)، کل ازت (TN) و کل فسفر (TP)) در پساب‌های موردمطالعه با استانداردها و حد مجازهای مصرف آب در کشاورزی مقایسه می‌گردد تا صلاحیت مصرف آنها در کشاورزی مشخص گردد.

مطابق استانداردهای ویلکوکس (جدول ۳) که براساس هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم می‌باشد. هر سه نوع پساب در یک گروه از این تقسیم‌بندی قرار گرفته‌اند که معادل گروه C3 S1 می‌باشد که از نظر فاکتور هدایت الکتریکی (Conductivity) (c)

در دسته قابل‌قبول و از نظر نسبت جذب سدیم SAR (Sodium Absorption Rate) (S) در دسته خوب قرار می‌گیرند که خوب بودن میزان S می‌تواند بیانگر آن باشد که خطری از نظر بالا بودن میزان سدیم، محصولات کشاورزی را آزار نمی‌دهد. SAR کمتر از ۱۰ (S1) متناسب بودن هم‌زمان سه کاتیون سدیم، منیزیم و کلسیم را نشان می‌دهد.

به‌طور کلی گروه C3 S1، مشابه کلاس‌ها و طبقه‌های C1S2، C2S2، C2S1 در دسته آب‌های متوسط برای مصارف آبیاری محسوب می‌شود. در نتیجه هر سه نوع پساب، مربوط به سه نوع سیستم تصفیه (برکه ، لجن فعال و وتلند) در گروه آب‌های متوسط برای مصارف کشاورزی قرار دارند[۳۵].

مطابق نتایج مندرج درجدول ۳ فاکتورهای هدایت الکتریکی (SAR) کل جامدات محلول و کلراید از نظر استانداردهای آیرز و وستکات و استاندارد فائو در محدوده با تأثیرات منفی کم تا متوسط قرار دارد و فاکتور PH در محدوده مناسب قرار دارد.

نتایج حاصل از بررسی استاندارد ویلکوکس نشان داد کیفیت پساب برکه برای آبیاری متوسط می‌باشد و استاندارد آیرز و ستکات و فائو نیز نشان دادند تأثیرات منفی این پساب کم تا متوسط می‌باشد.

بررسی پساب وتلند از نظر مطابقت با استانداردهای آیرز و وستکات و استاندارد فائو نشان‌دهنده آن است که این پساب در محدوده تأثیرات منفی کم تا متوسط می‌باشد. در فاکتور کل جامدات محلول نیز تأثیرات منفی کم تا متوسط است و از نظر فاکتور PH در محدوده مناسب قرار دارد.

در ادامه بررسی پساب لجن فعال از نظر استانداردهای آیرز و وستکات و استاندارد فائو نشان داد که هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول پساب لجن فعال نیز در محدوده دارای تأثیرات منفی کم تا متوسط قرار دارند.

در مجموع می‌توان این‌گونه بیان داشت که هر سه نوع پساب (برکه، نیزار، لجن فعال) در استانداردهای ویلکاکس، آیرز و وستکات و استاندارد فائو در یک محدوده کیفی (متوسط برای مصارف آبیاری) قرار دارند. با دقت بیشتر در مقادیر فاکتورهای SAR,TDS,EC می‌توان دریافت که مقادیر آنها در پساب وتلند و لجن فعال، به‌مراتب پایین‌تر از مقدار آن در پساب برکه می‌باشد. این موضوع می‌تواند علی‌رغم قرارگیری هر سه نوع پساب در یک گروه، بیانگر آن باشد که کیفیت پساب وتلند و لجن فعال در این مطالعه برای مصارف کشاورزی بهتر از پساب برکه است که این موضوع در ادامه این مطالعه، دقیق‌تر بررسی خواهد شد.

مطابق جدول ۴ و مقایسه نتایج با استاندارد USEPA-2012 هر سه نوع پساب از نظر مقدار کلیفرم‌های مدفوعی عدد بسیار پایین‌تری از حد مجاز هستند. تنها پساب لجن فعال توانسته است استاندارد فاکتور TSS را تأمین کند و پساب برکه به دلیل وجود جلبک‌ها و سایر دلایل احتمالی فراتر از حد مجاز این فاکتور می‌باشد. هیچ‌کدام از پساب‌ها در فاکتور BOD قادر به تأمین استاندارد نیستند ولی در فاکتور PH هر سه نوع پساب در محدوده مناسب قرار دارند و در فاکتور هدایت الکتریکی برای محصولات غذایی فراوری‌شده در هر سه نوع پساب، مقادیر از حد مجاز پایین‌تر قرار دارد.

به‌طور کلی می‌توان بیان داشت پساب لجن فعال حد مجاز فاکتورهای بیشتری از استاندارد USEPA-2012 را تأمین کرده است و در فاکتورهایی که استاندارد تأمین نشده، اختلاف نتایج در پساب لجن فعال با حد مجازها کمتر از برکه تثبیت و وتلند می‌باشد. همچنین پساب لجن فعال، موفق به تأمین استاندارد فاکتورهای TSS ،EC, PH شده و پساب وتلند و برکه توانسته‌اند استاندارد فاکتورهای EC و PH را تأمین کنند.

استاندارد WHO 2006 (جدول ۵) صرفاً برای فاکتور اشرشیاکلی استاندارد ارائه کرده است که هر سه نوع پساب موفق به تأمین این استاندارد شده‌اند و از این حد مجاز بسیار پایین‌تر قرار دارند. این پساب‌ها می‌توانند در کشاورزی بدون محدودیت از نظر EColi استفاده شوند. این موضوع بیانگر آن است که در هر سه نوع پساب، فرایند تصفیه و به‌ویژه مرحله گندزدایی در کاهش بار میکروبی مؤثر عمل کرده است.

در مقایسه نتایج کیفی پساب‌های موردبررسی با استانداردهای محیط‌زیست ایران (جدول ۶) مشخص گردید. هر سه نوع پساب استاندارد مربوط به COD و BOD را تأمین کرده‌اند. پساب وتلند دارای کلر آزاد باقیمانده بالاتر ازحد مجاز می‌باشد ولی پساب برکه از این حد مجاز پایین‌تر است.

هر سه نوع پساب از حد مجاز منیزیم بسیار پایین‌تر هستند. استاندارد ایران برای فاکتورهای نیتریت، نیترات، کلسیم و فسفر برای مصارف کشاورزی، فاقد استاندارد می‌باشد. در فاکتور TSS نیز هر سه نوع پساب موفق به تأمین استاندارد شده‌اند. هر سه نوع پساب توانسته‌اند استاندارد PH و همچنین حد مجاز کل کلیفرم‌ها و کلیفرم گرماپای (اشرشیاکلی) را تأمین کنند. حد مجاز فاکتور اساسی هدایت الکتریکی نیز توسط هر سه نوع پساب تأمین شده است و حتی در صورتی که این حد مجاز برابر ۲۰۰۰ باشد نیز توسط هر سه نوع پساب تأمین خواهد شد. بنابراین مشخص گردید که هر سه نوع پساب توانسته‌اند در فاکتورهای سنجش‌شده و دارای استاندارد (COD,TSS, PH , EC, mg, BOD و کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی) حد مجازهای ایران را تأمین کنند.

خلاصه نتایج حاصل از بررسی و مقایسه فاکتورهای کیفیت سه نوع پساب با استانداردها نشان داد که هر سه نوع پساب از نظر استانداردهای ویلکاکس در دسته متوسط برای آبیاری قرار دارند و

از دیدگاه استاندارد آیرز و وستکات و فاکتور کل جامدات محلول تاثیر منفی کم تا متوسط بر آبیاری دارند. هر سه پساب توانسته‌اند استاندارد کلیفرم‌های مدفوعی را در استانداردهای WHO,USEPA-2012 و محیط‌زیست ایران تأمین کنند. پساب لجن فعال توانسته استانداردهای USEPA-2012، به‌جز فاکتورهای (BOD و هدایت الکتریکی برای محصولات غذایی) را تأمین کند و پساب برکه تثبیت علاوه بر این دو فاکتور قادر به تأمین حد مجاز TSS نیز نشده است و پساب وتلند فاکتورهای (Ecoli، PH، EC) از استاندارد USEPA را تأمین کرده است. هر سه نوع پساب توانسته‌اند در فاکتورهای سنجش‌شده (BOD ، COD وTSS. PH,EC,mg، کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی) استانداردها و حد مجازهای ایران را تأمین کنند. تنها در فاکتور کلر باقیمانده پساب وتلند ۰/۳ بالاتر از استاندارد می‌باشد.

در مقایسه نتایج بررسی با سایر مطالعات، نتایج حاصل از بررسی هر سه نوع پساب (برکه، وتلند، لجن فعال) نشان می‌دهد از نظر استاندارد ویلکوکس در دسته C3 S1 قرار دارند که نشان می‌دهد این پساب‌ها برای آبیاری در حد متوسط هستند و از نظر پیامد بد آبیاری در محدوده کم تا متوسط قرار دارند. ولی پساب تصفیه خانه اهواز از دیدگاه استاندارد ویلکوکس در دسته C4S1 قرار دارد که برای آبیاری در محدوده نامناسب قرار دارد. همچنین مقدار کل جامدات محلول نیز در پساب تصفیه‌خانه اهواز از استاندارد بالاتر می‌باشد و در مقابل هر سه نوع پساب در این مطالعه در کمتر از حد مجاز TDS قرار دارند [۲۳].

نتایج کیفی پساب تصفیه‌خانه شهر سنندج برای مصارف کشاورزی با استانداردهای محیط‌زیست ایران و محیط‌زیست آمریکا و فائو مقایسه شد که نتایج بررسی نشان داد فاکتورهای PH، BOD وCOD در حد استانداردهای محیط‌زیست ایران و EPA بوده است ولی این پساب، فاکتور TSS در استاندارد EPA را تأمین نمی‌کند. در مقایسه با استاندارد FAO مقدار SAR در حد خوب می‌باشد. در مطالعه حاضر نیز هر سه نوع پساب، استانداردهای محیط‌زیست ایران و فائو را تأمین می‌کنند ولی در استاندارد EPA پساب لجن فعال حد مجاز فاکتور BOD و پساب برکه تثبیت و وتلند استاندارد فاکتورهای BOD،TSS را تأمین نکرده‌اند [۲۴].

پساب تصفیه‌خانه شهر کرمان برای استفاده در کشاورزی برای کاشت گیاهان صنعتی و علوفه‌ای مقاوم به شوری و مقاوم به غلظت متوسط یون‌های سدیم، کلرور، بور و بی‌کربنات مناسب می‌باشد [۲۵]. در صورتی که هر سه نوع پساب در این مطالعه برای کاشت انواع گیاهان از نظر استانداردهای ویلکوکس در حد متوسط (تأثیر منفی کم تا متوسط) قرار دارند. از دیدگاه استاندارد، آیرز و وستکات دارای پیامد منفی کم تا متوسط قرار دارند و از منظر استانداردهای محیط‌زیست ایران و WHO برای آبیاری مناسب هستند و از نظر میزان شوری (EC,TDS) نیز مناسب آبیاری هستند.

پساب تصفیه‌خانه شهر بجنورد نیز مشابه هر سه نوع پساب موردبررسی در این مطالعه توانسته است استانداردهای ایران را در فاکتورهای BOD،COD، SAR،EC،PH، TSS تأمین کند (۲۶).

هر سه نوع پساب از نظر استانداردهای ایران و استانداردهای ویلکاکس، WHO و آیرزو وستکات، برای مصارف آبیاری با تأثیرات منفی کم تا متوسط قابل استفاده هستند ولی در استانداردهای سخت‌تر ازجمله USEPA-2012 برخی از فاکتورها تأمین نشده است. به‌طور کلی می‌توان بیان داشت این منابع آبی نامتعارف می‌توانند مصارف کشاورزی، استانداردهای ایران و تعدادی از استانداردهای جهانی را تأمین کنند و در آبیاری مورد استفاده قرار گیرند ولی لازم است برای تأمین هرچه کامل‌تر استانداردهای بهداشتی و زیست‌محیطی سختگیرانه‌تر، سیستم‌های تصفیه با راندمان بالاتر انتخاب گردند و به شکل صحیح‌تری مورد بهره‌برداری قرار گیرند تا با اطمینان بالاتری، امکان بازیافت و استفاده مجدد از این منبع آبی نامتعارف در آبیاری فراهم گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مصوب‌شده در دانشگاه علوم پزشکی سبزوار با شماره طرح ۹۷۱۸۴ می‌باشد که با حمایت مالی معاونت پژوهشی این دانشگاه اجرا شده است. بر خود لازم می‌دانیم از مسئولین آزمایشگاه گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت سبزوار برای همکاری در برخی از آزمایش‌های این طرح تشکر کنیم.

References

[1]. Vice of Strategic Planning and Supervision of the President of Iran. Environmental Criteria Reuse of Recycled Water and Wastewater, publication 535.[Persian]

[2]. Asfi H, Zennouri e,.How to Use Wastewater Treatment plant effluent as an Renewable Water Resources Case Study in Nahavand City. The first regional conference on civil engineering. .2010 Feb.20-21. Khomeini city, Islamic Azad University.

[3]. Kardawani P. Geohydrology. Tehran: Tehran University Press: 2006. Third Edition. Preface. [Persian]

[4]. Murseli I, Heidari N, Zare A, Hatami H.R. Investigating the Role of Processes in Promoting Agricultural Water Productivity in Iran. Journal of Water Research in Agriculture. 2015; 31(2). [Persian]

[5]. Dehmordeh. N, oohdi. N, Dehmordeh. Z, Modification of Water Consumption Patterns in Agricultural and Urban Areas. Scientific Conference on Water Challenges in Qom Province: 2010. Qom. Qom University. [Persian]

[6]. Kargari N, Mastouri R. Study of water consumption in different parts of Iran, comparison with neighboring countries and providing corrective solutions. National conference on sustainable development patterns in water management. 2009: Mashhad, Mahab Samen Consulting Engineers Co. [Persian]

[7]. Mariolakos I. Water Resources Management in the Framework of Sustainable Development. Desalination. 2007; 213: 147-151.

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

[9]. Nasseri S et al. Journal of Health and Hygiene. Evaluation of Ardabil wastewater treatment plant for reuse in agriculture. 2012, 3(3): 73-80.[Persian]

[10].Chavez, A.; Rodas, K.; Prado, B.; Thompson, R.; Jimenez, B. An evaluation of the effects of changing wastewater irrigation regime for the production of alfalfa (Medicago sativa). Agric. Water Manag. 2012, 113, 76–84.

[11].Jang, T.I.; Kim, H.K.; Seong, C.H.; Lee, E.J.; Park, S.W. Assessing nutrient losses of reclaimed wastewater irrigation in paddy fields for sustainable agriculture. Agric. Water Manag. 2012, 104, 235–243.

[12].Jeong, H.S.; Jang, T.I.; Seong, C.H.; Park, S.W. Assessing nitrogen fertilizer rates and split applications using the DSSAT model for rice irrigated with urban wastewater. Agric. Water Manag. 2014, 141, 1–9.

[13].Hamilton, A.J.; Stagnitti, F.; Xiong, X.; Kreidil, S.L.; Benke, K.K.; Maher, P. Wastewater irrigation: The state of play. Vadose Zone J. 2007, 6, 823–840.

[14].Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2006.

[15].Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2006.

[16].Beltran, J.M. Irrigation with saline water: Benefits and environmental impact. Agric. Water Manag. 1999, 40, 183–194.

[17].Bauder, T.A.; Waskom, R.M.; Sutherland, P.L.; Davis, J.G. Irrigation Water Quality Criteria; Colorado State University Extension: Fort Collins, CO, USA, 2011.

[18].Setter, T.L.; Laureles, E.V.; Mazaredo, A.M. Lodging reduces yield of rice by self-shading and reductions in canopy photosynthesis. Field Crop. Res. 1997, 49, 95–106.

[19].Smith, V.H.; Tilman, G.D.; Nekola, J.C. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environ. Pollut. 1999, 100, 179–196.

[20].Ju, X.T.; Kou, C.L.; Zhang, F.S.; Christie, P. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. Environ. Pollut. 2006, 143, 117–125.

[21].An, Y.J.; Lee, W.M.; Yoon, C.G. Evaluation of Korean water quality standards and suggestion of additional water parameters. Korean J. Limnol. 2006, 39, 285–295. [Korean]

[22].Asano, T.; Burton, F.L.; Leverenz, H.L.; Tsuchihashi, R.; Tchobanoglous, G. Water Reuse: Issues, Technologies and Applications; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 2007.

[23].Najafpour F, Soleimani Babarsad M, Danak HR. Wastewater and Sludge Reuse of Wastewater Treatment Plant in Green City (Case Study of Ahwaz City Wastewater Treatment Plant). Journal of Water Engineering. Fall and Winter 2010: 135-142.[Persian]

[24].Zarei S, Zarei A, Dehestani Athar s,Ghahremani e, Nouri B. Feasibility study of Reuse of Wastewater Treatment Plant effluent of Sanandaj in Agriculture, Journal of Water Engineering – 2018:83-90.[Persian]

[25].Safa F, Malakotian M, Kord Mostafapor F. Investigation of the Use of Kerman Wastewater Treatment Wastewater in Agriculture. Journal of Water Research in Agriculture. 2014; 28(1).[Persian]

[26].Hatami T, Nadali A, Roshani Gh, Shokouhi R. Feasibility of reuse of effluent from extention aeration Wastewater treatment plant of Bojnourd city for agricultural and irrigation purpose.. Pajouhan Scientific Journal, 2018; 16(3):20-28.[Persian]

[27].Bahrami S, Soodaeizadeh H, Irannejad Paris H, Sotoudeh A, Mandegari A. Feasibility Study and Risk Assessment of USE of Treated Wastewater in Agriculture (Case Study: Yazd Wastewater Treatment Plant), Journal of Environmental Science and Engineering. 2015; 2.[Persian]

[28].Tam.s, Andrew.p .B.C. SPRINKLER IRRIGATION MANUAL, Chapter 11, Ministry of Agriculture Biritish Columbia, 2014 ISSUE.

[29].Ministry of Energy. Publication No. 535. Preface section, Environmental criteria for reuse Return water and effluents; 2010. [Persian].

[30].Department of Agriculture (U.S). Circular 969, Wilcox, L.V. Classification and Use of Irrigation Waters, Washington DC; 1955.

[31].R. S. Ayers and D. W. Westcot, "Water Quality for Agriculture," FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rome, 1985.

[32].Food and Agriculture Organization of the United Nations, R. S. Ayers, D. W. Westcot - Technology & Engineering - 174 pages; 1985.

[33].USEPA. Guidelines for Water Reuse 600/R 12/618. Washington, DC, USA; 2012.

[34].WHO. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. In: Wastewater Use in Agriculture. vol. 2. Geneva; 2006.

[35].Salarian M, Najafi M, Hosseini SV, Heydari M. Classification of Zayandehrud River Basin Water Quality Regarding Agriculture, Drinking, and Industrial Usage. American Research Journal of Civil and Structural Engineering. 2015; 1(1): 1-9.