ستاد محیط زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران
سازمان حفاظت محیط زیست
وزارت صنایع و معادن دفتر امور محیط زیست
دانشکده محیط زیست
انجمن مهندسی محیط زیست ایران
چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست
The 4 th Conference & Exhibition on Environmental Engineering
تهران- آبان ماه ۱۳۸۹

ارزیابی برخی از پارامترهای مهم کیفی پساب در کاربرد کشاورزی (مطالعه موردی : پساب تصفیه خانه اولنگ مشهد)

سید علی قاسمی (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد)
Email: seydal2003@gmail.com
شهناز دانش، جعفر عامل بشارتی
Email: sdanesh@ferdowsi.um.ac.ir,behrooz.amel@gmail.com

چکیده

در این کار تحقیقاتی پساب یکی از تصفیه خانه های شهر مشهد (تصفیه خانه اولنگ) از نظر پارامترهای مهم در کشاورزی از قبیل SAR، EC، pH، غلظت یون های سدیم، کلر، بور، بی کربنات و جامدات معلق و نیز جمعیت کل کلی فرم ها و کلی فرم های مدفوعی به مدت یک سال مورد پایش و ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده دلالت بر این دارد که کیفیت پساب تصفیه خانه مذکور از نظر تراکم کل کلی فرم ها، تراکم کلی فرم های مدفوعی و غلظت بی کربنات در مقایسه با ضوابط زیست محیطی دارای محدودیت شدید است. همچنین نتایج به دست آمده در ارتباط با پارامترهای EC ، SAR ، غلظت یون سدیم و یون کلر نشان می دهد که استفاده از این پساب در آبیاری با محدودیت روبه رو است هر چند که این محدودیت در دامنه کم تا متوسط طبقه بندی می شود یعنی کاربرد آن نیاز به مدیریت و برنامه ریزی های دقیق دارد، در غیر این صورت در طولانی مدت می تواند اثرات زیست محیطی مخربی را ناشی گردد. لازم به ذکر است که پساب مذکور از نظر غلظت بور دارای مشکل نیست. به طور کلی پساب تصفیه خانه اولنگ از نظر کیفیت آبیاری در رده C3-S2 دیاگرام طبقه بندی کیفی آب آبیاری قرار می گیرد که دلالت بر املاح بالا و مخاطرات سدیمی حد متوسط پساب را دارد.

کلمات کلیدی

پساب، آبیاری، پارامترهای کیفی آب، تصفیه فاضلاب

۱. مقدمه

در دهه های اخیر به دلیل افزایش رشد جمعیت و توسعه فعالیت های انسان در بخش های مختلف، مصرف سرانه آب به شدت افزایش یافته است. افزایش مصرف سرانه و نیز استفاده بی رویه از منابع آب در دسترس سبب شده است که در بسیاری از مناطق جهان شرایط بحرانی کمی و کیفی منابع آب بروز نماید. در چنین شرایطی استفاده از آب های نامتعارف از جمله پساب تصفیه خانه های فاضلاب در بخش های مختلف به ویژه در بخش کشاورزی که عمده مصرف آب را به خود اختصاص می دهد، اهمیت ویژه ای می یابد. به گونه ای که امروزه استفاده از پساب در کشاروزی در بسیاری از کشورهای جهان به مسئله ای رایج تبدیل شده است [2,3,4,5]. در کشور ایران نیز در سال های اخیر، به دلیل محدودیت منابع آب، افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی، صنایع، و کشاورزی و همچنین گسترش طرح های جمع آوری و تصفیه فاضلاب، کاربرد پساب در اراضی کشاروزی اهمیت ویژه ای یافته و در اولویت های برنامه ریزی مدیریت منابع آب قرار گرفته است.

به کار گیری پساب در بخش کشاورزی هر چند با مزایای زیادی توأم است اما به دلیل اینکه این گونه آب ها حاوی موادی مانند املاح، سدیم، کلر، بور، میکروارگانیزم های بیماری زا، و در برخی از شرایط فلزات سنگین باشند کاربرد بدون برنامه ریزی آنها می تواند تبعات زیست محیطی بسیار نامطلوبی را به بار بیاورد که جبران بسیاری از آنها حداقل در کوتاه مدت امکان پذیر نخواهد بود. شور شدن خاک ها، تخریب ساختمان خاک، مسمومیت گیاهان و کاهش عملکرد آنها، آلودگی منابع آبهای سطحی و زیرزمینی و شیوع بیماری ها نمونه های بارزی از این اثرات می باشند. با این وجود ارزیابی کیفیت پساب تصفیه خانه های فاضلاب پیش از کاربرد آن در آبیاری محصولات کشاورزی می تواند تبعات نامطلوب زیست محیطی مذکور را به حداقل برساند. در این مقاله برخی از پارامترها و شاخص های مهم کیفی از نقطه نظر کاربرد در کشاورزی، در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مشهد مورد بررسی قرار گرفته و میزان مطلوبیت پساب این تصفیه خانه ارزیابی شده است.

۲. مواد و روش ها

۲.۱. توصیف محل انجام تحقیق

مشهد شهری در شمال شرقی ایران و مرکز استان خراسان رضوی است. این شهر از نظر جغرافیایی در محدوده طول جغرافیایی'۱۵ °۵۹ تا '۳۶ °۶۰ و عرض جغرافیایی '۴۳ °۳۵ تا '۸ °۳۷ واقع گردیده است. وجود بارگاه ملکوتی امام هشتم شیعیان، علی ابن موسی الرضا علیه‌السلام، جایگاه و موقعیت ویژه‌ای به شهر مشهد داده و آن را به صورت یک کلان شهر مذهبی در آورده است. به گونه ای که بر اساس آمار موجود، این شهر در سال ۱۳۸۷ پذیرای ۱۸۷۶۵۲۱۴ زائر و مسافر بوده است بدیهی است این جمعیت انبوه ساکن و مسافر روزانه حجم زیادی آب مصرف نموده و در نتیجه فاضلاب زیادی را نیز تولید می کنند. با توجه به حرکت شتابان مشهد به سمت بحران منابع آب یکی از راهکارهای تأمین آب شرب شهر مشهد در آینده، استفاده از منابع آب جایگزین، خصوصاً پساب تصفیه خانه های فاضلاب و آزاد سازی بخشی از منابع آب باکیفیت است. شهر مشهد در حال حاضر دارای ۳ تصفیه خانه بزرگ فاضلاب

با نام های اولنگ، پرکندآباد(۱) و پرکندآباد(۲) است که وظیفه تصفیه در حدود ۱۷ درصد از فاضلاب تولیدی در این شهر را بر عهده دارند. با توجه به آمار ارائه شده از سوی معاونت بهره برداری شرکت آب و فاضلاب مشهد، حجم فاضلاب تصفیه شده در این شهر، در سال ۱۳۸۷، نزدیک به ۳۰/۵ میلیون متر مکعب بوده است.

تصفیه خانه اولنگ با مساحتی حدود ۶۰۰ هکتار در کیلومتر ۷ جاده مشهد-میامی واقع گردیده است. ظرفیت تصفیه خانه اولنگ مشهد در دوره اول اجرایی حدود ۲۵۰۰۰ مترمکعب در شبانه روز بوده که در حال حاضر دبی متوسط جریان فاضلاب ورودی به آن حدود ۱۰۰۰۰ مترمکعب در شبانه روز گزارش شده است. در این تصفیه خانه از فرآیند تصفیه برکه های تثبیت فاضلاب استفاده شده است. واحدهای اصلی تصفیه در این تصفیه خانه شامل چهار برکه اختیاری و دو برکه جلادهی می باشد که در داخل هریک از برکه های اختیاری دو چاله هضم وجود دارد. زمان ماند برکه های اختیاری و جلادهی به ترتیب ۱۶ و ۵ روز است. فاضلاب خام با عبور از واحد آشغالگیر به برکه های اختیاری وارد می گردد. فاضلاب خروجی از برکه های اختیاری با عبور از برکه جلادهی از تصفیه خانه اولنگ خارج می گردد.

۲.۲. نمونه برداری و آزمایشات

در این مطالعه مجموعاً ۲۴ نوبت نمونه برداری در طول یک سال (اسفند ۸۷ تا اسفند ۸۸) از تصفیه خانه اولنگ انجام شد و پارامتر مختلفی از قبیل SAR، EC، pH، غلظت یون های سدیم، کلر، بور، بی کربنات و جامدات معلق و نیز جمعیت کل کلی فرم ها و کلی فرم های مدفوعی در نمونه های گرفته شده از تصفیه خانه های مذکور مورد اندازه گیری قرار گرفت.

از آن جا که نمونه برداری و نگهداری نمونه های پساب یکی از مهم ترین عوامل مؤثر بر افزایش دقت و استناد پذیری نتایج آزمایشات به شمار می رود، در انتخاب روش نمونه برداری، نوع ظروف و نیز نگهداری و انتقال نمونه ها به آزمایشگاه از توصیه های مراجع معتبر و راهنمایی های متخصصین امر استفاده شد. با توجه به گستردگی پارامترهای مورد اندازه گیری و روش های مختلف نگهداری مرتبط با هر پارامتر، در هر نوبت نمونه برداری، چندین نمونه در حجم های مختلف از خروجی تصفیه خانه های مورد مطالعه و به صورت دستی برداشت شد. نوع و حجم نمونه های پساب گرفته شده در هر نوبت نمونه برداری در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱ : نوع و حجم نمونه های پساب

نوع نمونه	حجم نمونه (میلی لیتر)
پارامترهای فیزیکی	۱۰۰۰
پارامترهای شیمیایی	۱۰۰۰
آزمایشات میکروبیولوژیکی	۵۰

با توجه به توصیه مراجع و نوع پارامترهای مورد آزمایش، از ظروف پلاستیکی (پلی اتیلن) برای نمونه برداری و

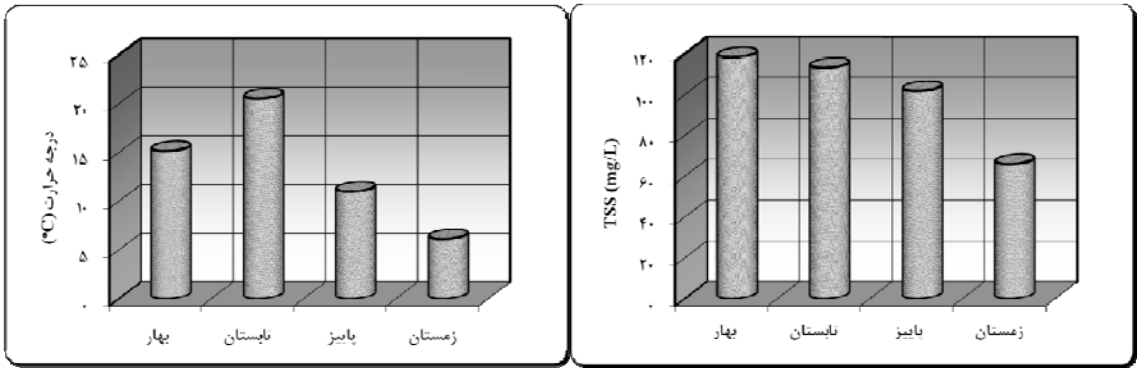
نگهداری نمونه ها استفاده گردید. به هر یک از نمونه های پساب برداشت شده شماره منحصر به فردی اختصاص یافت و روی برچسب های هر یک اطلاعاتی شامل نوع نمونه، تاریخ، ساعت، نوبت و محل نمونه برداری درج گردید. همچنین به منظور کاهش سرعت فرآیندهای رشد بیولوژیکی، تجزیه و تبخیر، انتقال نمونه ها به آزمایشگاه در ظروف عایق و در مجاورت یخ انجام گرفت و تا زمان انجام آزمایشات در درجه حرارت ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد. با توجه به این که طولانی شدن مدت زمان نگهداری نمونه ها دقت نتایج به دست آمده را تحت تأثیر قرار می دهد، در کلیه مراحل تحقیق سعی شد تا در کمترین زمان ممکن آزمایشات مربوطه بر روی نمونه های انجام گیرد. در تعیین مقدار پارامترهای مذکور، با توجه به امکانات آزمایشگاهی موجود، از دقیق ترین روش های اندازه گیری استفاده شد. برای کاهش خطاهای موجود در مراحل مختلف انجام آزمایشات هر پارامتر در بیش از یک تکرار اندازه گیری شد و کلیه دستگاه های اندازه گیری قبل از شروع آزمایشات واسنجی شد.

در این طرح نتایج حاصل از مراحل مختلف با استفاده از نرم افزار MINITAB مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای مقایسه خصوصیات کیفی پساب در فصول مختلف و تعیین سطح اختلاف معنی دار، از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد. در این تحقیق معنی دار بودن اختلاف با دقت $p<0/05$ انجام پذیرفت و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده گردید.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. بررسی خصوصیات فیزیکی

در این طرح تحقیقاتی به منظور ارزیابی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مشهد مهم ترین ویژگی های فیزیکی پساب شامل درجه حرارت و غلظت جامدات معلق مورد اندازه گیری قرار گرفت. روند تغییرات فصلی پارامترهای مذکور در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در نمودار (۱) ارائه گردیده است.



نمودار ۱ : روند تغییر خصوصیات فیزیکی پساب الف) غلظت جامدات معلق ب) درجه حرارت

۳.۱.۱. درجه حرارت

درجه حرارت یکی از پارامترهای فیزیکی مهم در ارزیابی آب آبیاری به حساب می آید. به گونه ای که تغییر

درجه حرارت آب آبیاری، جوانه زنی و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار داده و میزان گرفتگی سیستم های آبیاری تحت فشار و همچنین انسداد منافذ خاک را دچار تغییر می کند. در نمودار (۱) روند تغییرات فصلی درجه حرارت پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ نشان داده شده است. همان طور که انتظار می رفت کمترین و بیشترین مقادیر درجه حرارت پساب به ترتیب در زمستان و تابستان مشاهده گردید. در استاندارد ها و رهنمودهای کیفی معتبر، محدوده بهینه دمای آب آبیاری بین ۱۶ تا ۳۰ درجه سانتی گراد تعیین گردیده است[12]. تجزیه و تحلیل مقادیر به دست آمده نشان می دهد که درجه حرارت پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در فصل های بهار، پاییز و زمستان از حداقل مقدار مجاز توصیه شده در استانداردها کمتر است. لذا کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ تنها در فصل تابستان از نقطه نظر میزان درجه حرارت، مطلوب ارزیابی می شود.

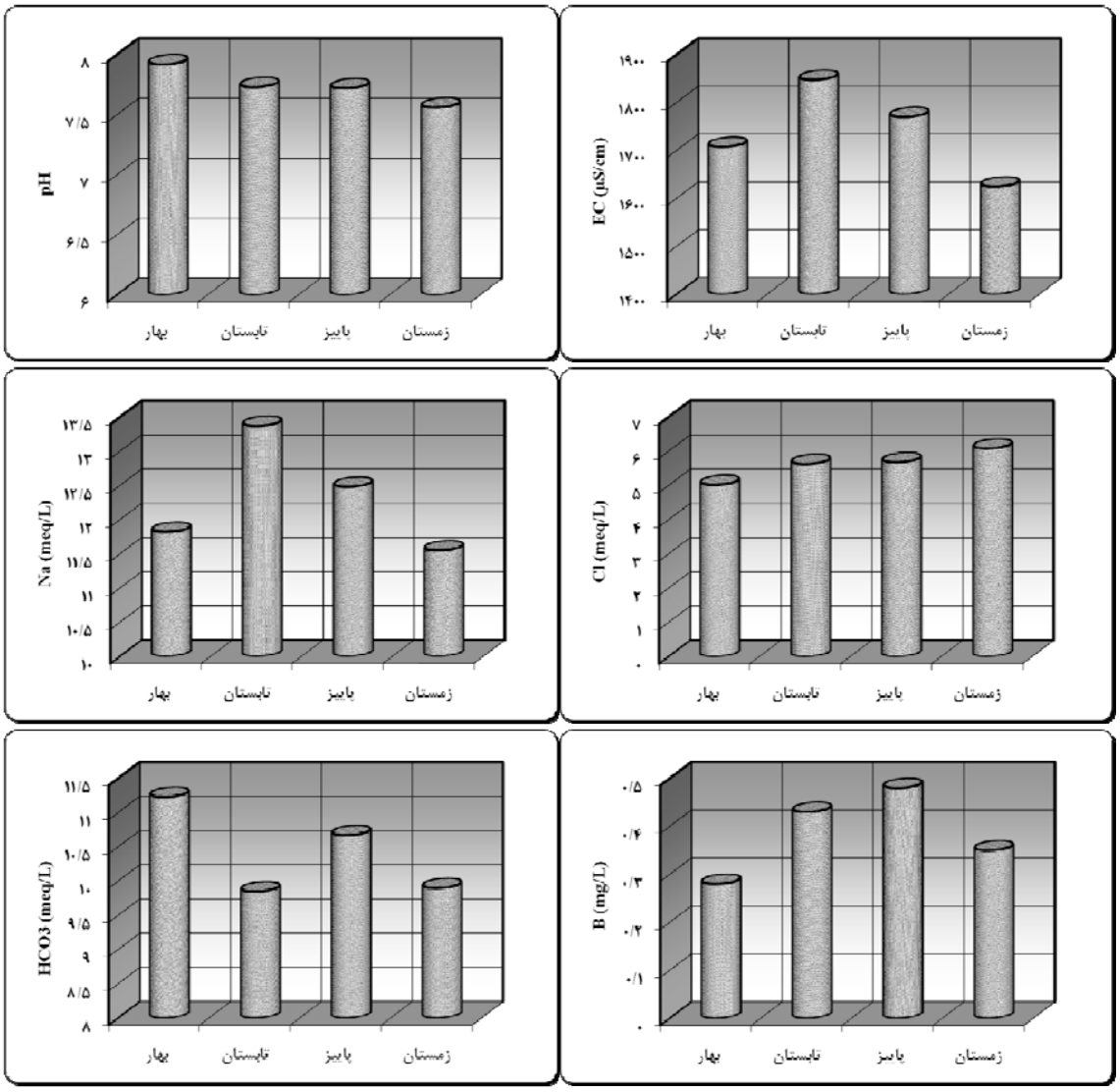
۳. ۱. ۲. جامدات معلق

آبیاری با پساب های حاوی مقادیر بالایی از مواد معلق آلی، از طریق انسداد منافذ هدایت آب، باعث کاهش قابل ملاحظه نفوذپذیری خاک می گردد[10]. در نمودار (۱)روند تغییرات فصلی غلظت جامدات معلق در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ قابل مشاهده است. همان طور که از نمودار مذکور بر می آید تغییرات غلظت مواد جامد معلق در پساب تصفیه خانه مورد مطالعه از روندی کاهشی پیروی می کند. به گونه ای که متوسط غلظت جامدات معلق در پساب تصفیه خانه مورد مطالعه در فصل های بهار و زمستان به ترتیب، معادل ۱۱۸/۳ و ۶۶/۰ به دست آمده است.

در استاندارد تدوین شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای کنترل کیفیت پساب مورد استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی، حداکثر میزان مجاز جامدات معلق معادل ۱۰۰ mg/L در نظر گرفته شده است. با ملاک قرار دادن مقدار مذکور می توان چنین نتیجه گرفت که غلظت جامدات معلق در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در فصل های بهار، تابستان و پاییز، بین ۵ تا ۳۴ درصد بیشتر از مقادیر تعیین شده در استاندارد مذکور بوده است. لذا با توجه به نتایج به دست آمده، کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ برای آبیاری محصولات کشاورزی، خصوصاً در فصل های بهار و تابستان مطلوب ارزیابی نمی شود. بر اساس نتیجه آزمون تحلیل واریانس یک طرفه تفاوت مشاهده شده در غلظت جامدات معلق و درجه حرارت پساب تصفیه خانه مذکور، در فصل های مختلف، در سطح ۰/۰۵ معنی دار می باشد.

۳. ۲. بررسی خصوصیات شیمیایی

در این طرح تحقیقاتی به منظور ارزیابی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مشهد مهم ترین پارامترهای شیمیایی شامل pH، هدایت الکتریکی و نیز غلظت یون های سدیم، کلر، بی کربنات و بور مورد اندازه گیری قرار گرفت. روند تغییرات فصلی پارامترهای مذکور در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در نمودار (۲) ارائه گردیده است.



نمودار ۲ : روند تغییر خصوصیات شیمیایی پساب الف) EC، ب) pH، ج)کلر، د)سدیم، ه)بی کربنات و) بور

۳.۲.۱. pH

pH یک پارامتر تأثیر گذار بر میزان حلالیت نسبی مواد مغذی است که می تواند کارایی فرآیندهای گندزدایی را نیز تحت تأثیر قرار دهد. در نمودار (۲) روند تغییرات فصلی pH در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در طی مدت انجام تحقیق نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می گردد تغییرات pH در پساب این تصفیه خانه از روندی کاهشی برخوردار می باشد. pH پساب تصفیه خانه اولنگ مشهد در طی دوره انجام تحقیق در محدوده ۸/۰۱-۷/۴۵ قرار داشته است.

در رهنمود کیفی آیرس و وستکات[4] محدوده مناسب pH آب آبیاری، بین ۶/۵ تا ۸/۴ تعیین گردیده است. با این وجود محدوده pH قابل قبول برای پساب از نظر استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، بین ۶ تا ۸/۵ می باشد. بیکزوک[4]، مقادیر pH بیشتر از ۶/۵ را برای کاهش پتانسیل خوردگی بتن در تماس با پساب ایده آل

دانسته است. با توجه به مقادیر اندازه گیری شده مشاهده می گردد که pH پساب در طی مدت انجام تحقیق، در محدوده تعیین شده در اغلب استانداردها و رهنمودهای کاربرد پساب در کشاورزی قرار دارد. مهم ترین رهنمود کیفی آب آبیاری از نقطه نظر بهره برداری از سیستم های آبیاری قطره ای، pH کمتر از ۷ را برای به حداقل رسیدن مشکل انسداد تجهیزات آبیاری توصیه نموده است[10]. با مقایسه مقادیر به دست آمده می توان چنین نتیجه گیری کرد که pH پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ از نظر به کارگیری در سیستم های آبیاری قطره ای، ایده آل نمی باشد.

۳.۲.۲. هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی یا EC یکی از مهم ترین پارامترها در ارزیابی کیفیت پساب برای استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی است. در نمودار (۲)روند تغییرات فصلی هدایت الکتریکی پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ ارائه شده است. تجزیه و تحلیل مقادیر اندازه گیری شده نشان می دهد که روند تغییرات هدایت الکتریکی پساب این تصفیه خانه در ۶ ماه نخست سال، به طور قابل ملاحظه ای افزایشی است که این موضوع به دلیل افزایش میزان تبخیر از سطح برکه ها و در نتیجه افزایش نسبی غلظت املاح صورت پذیرفته است. همچنین هدایت الکتریکی پساب تصفیه خانه مذکور به دلیل افزایش نزولات جوی و نفوذ رواناب های سطحی به شبکه جمع آوری فاضلاب فصل های پاییز و زمستان از روندی کاهشی تبعیت می کند. نتایج مذکور با مطالعات شاتاناوی و فیاد [13] در ارتباط با ارزیابی پساب تصفیه خانه خربة السمراء در اردن مطابقت دارد.

در ضوابط و استانداردهای زیست محیطی ایران مقدار مشخصی به عنوان معیار شوری برای استفاده از پساب در آبیاری محصولات کشاورزی در نظر گرفته نشده است. اما در طبقه بندی آب های شور که توسط سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد ارائه شده است، آب های دارای هدایت الکتریکی بین ۷۰۰ تا ۲۰۰۰ µS/cm از قبیل پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ به عنوان آب های کمی شور معرفی می شوند[9]. بر این اساس و با استناد به معیارهای طبقه بندی آب آبیاری [4] ، استفاده از پساب تصفیه خانه مذکور در کشاورزی، در کلیه ماه های سال، دارای محدودیت کم تا متوسط است. بر اساس بررسی های انجام شده استفاده از پساب تصفیه خانه اولنگ برای آبیاری برخی از محصولات کشاورزی می تواند به کاهش میزان محصول تولیدی منجر شود. به گونه ای که آبیاری گیاهانی مانند ذرت، سیب زمینی، شلغم، شبدر، گریپ فروت، پرتقال، بادام و آلو، کاهش ۱۰ درصدی تولید محصول را به دلیل شوری نسبتاً بالای پساب، به دنبال خواهد داشت.

۳.۲.۳. سدیم

تجمع یون های خاص مانند سدیم در خاک و برگ محصولات آبیاری شده با پساب، به بافت ریشه و ساقه گیاهان صدمه وارد کرده و در مواردی ساختار خاک را تخریب می کند. در نمودار (۲)روند تغییرات فصلی محتوای سدیم پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در طی مدت انجام تحقیق ارائه شده است. نتایج تحلیل آماری انجام شده دلالت بر این دارد که همبستگی مثبت و معنی داری بین غلظت سدیم و هدایت الکتریکی پساب تصفیه خانه مذکور وجود دارد($r = ۰/۸۸۶$ و $p = ۰$). بنابراین می توان چنین نتیجه گرفت که یون های سدیم بخش قابل توجهی از املاح موجود در پساب این تصفیه خانه را تشکیل می دهند.

بر اساس رهنمود آیرز و وستکات [4]، وجود مقادیر بیش از ۳ meq/L یون سدیم در آب کشاورزی، استفاده از روش های آبیاری بارانی را با محدودیت کم تا متوسط مواجه می سازد و چنان چه این مقدار بیشتر از ۹ meq/L باشد، محدودیت های شدیدی را در ارتباط با آبیاری سطحی محصولات کشاورزی حساس ایجاد خواهد نمود. براین اساس و با توجه به غلظت بالای یون سدیم در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ، استفاده از پساب این تصفیه خانه در آبیاری محصولات کشاورزی حساس با محدودیت شدید همراه است.

۳. ۲. ۴. کلر

کیفیت آب آبیاری نقش مهمی در ایجاد سمیت ناشی از کلر برای گیاهان و محصولات کشاورزی دارد. در نمودار (۲)روند تغییرات فصلی غلظت یون کلر در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در طی مدت انجام تحقیق نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می گردد تغییرات غلظت کلر پساب تصفیه خانه مذکور، در طی دوره انجام تحقیق، از روندی نسبتاً افزایشی برخوردار است.

استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، غلظت مجاز یون کلر موجود را در پساب مورد استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی، ۶۰۰ mg/L تعیین نموده است. مقایسه مقادیر اندازه گیری شده با استاندارد مذکور حاکی از این است که غلظت یون کلر در پساب تصفیه خانه مورد مطالعه در محدوده مجاز قرار دارد. طبق رهنمود سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد، آبیاری گیاهان حساس با روش های آبیاری بارانی و سطحی توسط آبی که به ترتیب حاوی مقادیری بیش از ۳ و ۴ meq/L کلرید باشد با محدودیت کم تا متوسط همراه است. بنابراین پساب تصفیه خانه اولنگ برای آبیاری محصولات حساس مناسب نمی باشد. ارزیابی غلظت یون کلر در پساب تصفیه خانه های مورد مطالعه بر اساس نتایج ارائه شده توسط ماس [11] نیز دلالت بر این دارد که کیفیت پساب تصفیه خانه اولنگ از نقطه نظر غلظت یون کلر، برای آبیاری گیاهان حساس مانند بادام، زردآلو، آلو و مرکبات مناسب نیست.

۳. ۲. ۵. بی کربنات

بی کربنات به عنوان یکی از شکل های قلیائیت، پارامتری مهم در ارزیابی کیفیت آب آبیاری محسوب می گردد. در نمودار (۲)روند تغییرات فصلی غلظت بی کربنات در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در طی مدت انجام تحقیق ارائه شده است. همان گونه که مشاهده می شود غلظت بی کربنات پساب تصفیه خانه مذکور در فصل های بهار و پاییز در مقایسه با دو فصل دیگر بیشتر است.

در استاندارد کاربرد پساب در کشاورزی تدوین شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست ایران مقدار مشخصی به عنوان حداکثر میزان مجاز یون بی کربنات در نظر گرفته نشده است. مارا و همکاران [7] در مطالعات خود نشان دادند که اگر چه وجود مقادیر بالای یون بی کربنات در آب آبیاری (۸ meq/L) به مسمومیت گیاهان منجر نمی گردد اما باعث ایجاد لکه های سفید رنگی بر روی برگ ها، درختان، محصولات و تجهیزات می شود. با توجه به رهنمود آیرس و وستکات، وجود مقادیر بیشتر از ۸/۵ meq/L یون بی کربنات در آب آبیاری، مشکلات عدیده ای را برای سیستم های آبیاری بارانی به وجود می آورد. علاوه بر این، هنگامی که غلظت بی کربنات در آب آبیاری به بیشتر از ۲ meq/L برسد و pH آب نیز بالاتر از ۷/۵ باشد، کلسیم در قسمت های مختلف سیستم های آبیاری قطره ای شروع

به ترسیب می کند. مقایسه نتایج به دست آمده با معیار های مذکور بیان گر این واقعیت است که غلظت بی کربنات در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ از حداکثر مقادیر مجاز تعیین شده بیشتر است.

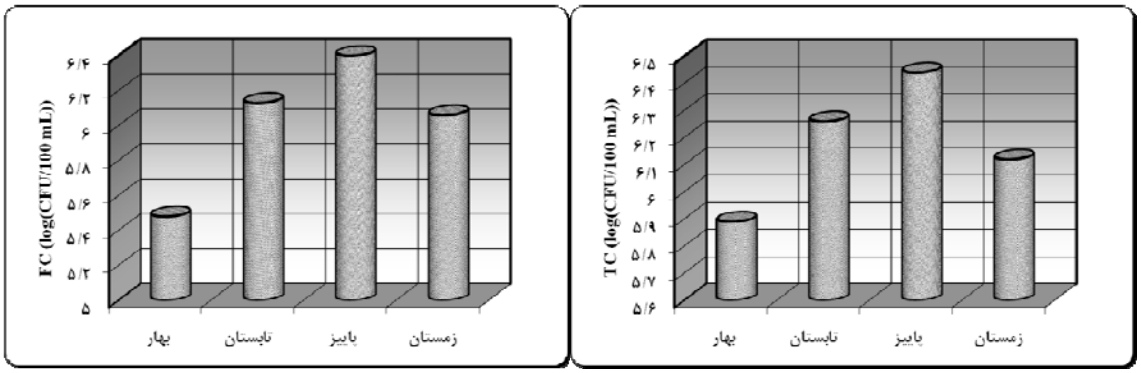
۳.۲.۶. بور

بور برخلاف سدیم عنصری ضروری برای رشد گیاهان است اما چنان چه مقدار آن در خاک به بیش از میزان مورد نیاز گیاه برسد باعث ایجاد مسمومیت در گیاه می شود. آبشویی بور نسبت به سدیم و کلر به مراتب مشکل تر است به گونه ای که مقدار آب مورد نیاز برای آبشویی بور سه برابر میزان آبی است که برای آبشویی مقدار معادل کلر یا شوری مورد استفاده قرار می گیرد[4]. در نمودار (۲)روند تغییرات فصلی غلظت بور در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در طی مدت انجام تحقیق نشان داده شده است. با توجه به مقادیر به دست آمده می توان چنین نتیجه گرفت که تغییرات غلظت بور در ۹ ماه ابتدایی دوره تحقیق از روندی افزایشی برخوردار بوده است.

بر اساس رهنمود کیفی آیرز و وستکات [4]، محدودیتی در استفاده از آب هایی با میزان بور کمتر از mg/L ۰/۷ وجود ندارد. بنابراین کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ از نقطه نظر غلظت بور برای استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی مطلوب ارزیابی می شود. با ملاک قرار دادن مطالعات جامع لیدن و همکاران [17] در ارتباط با کیفیت آب آبیاری می توان چنین نتیجه گیری کرد که کیفیت پساب این تصفیه خانه فاضلاب از نقطه نظر غلظت متوسط یون بور، برای آبیاری گیاهان حساس و نیمه حساس به ترتیب در زمره آب های با کیفیت خوب و عالی طبقه بندی می شود. در استاندارد تدوین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست حداکثر میزان مجاز یون بور در پساب مورد استفاده در آبیاری معادل mg/L ۱ تعیین گردیده است. بنابراین غلظت یون بور در پساب تصفیه خانه فاضلاب تحت بررسی، در طول مدت انجام تحقیق، از مقدار مذکور تجاوز ننموده و از نظر پارامتر مذکور محدودیتی برای استفاده از پساب آن در کشاورزی وجود ندارد. بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس، تفاوت مشاهده شده در غلظت یون سدیم، در فصل های مختلف سال، در سطح ۰/۰۵ معنی دار است.

۴. بررسی خصوصیات بیولوژیکی

استفاده از پساب در آبیاری محصولات کشاورزی می تواند از طریق شیوع امراضی با منشاء باکتریایی، ویروسی، پروتوزوآیی و انگلی باعث به خطر افتادن سلامت انسان ها شود. در این طرح مطالعاتی به منظور ارزیابی آلودگی میکروبی، تراکم کل کلی فرم ها و جمعیت کلی فرم های مدفوعی در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مشهد مورد اندازه گیری قرار گرفت. روند تغییرات فصلی جمعیت کل کلی فرم ها کلی فرم های مدفوعی در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ به ترتیب در نمودار (۳) ارائه گردیده است.



نمودار ۳ : روند تغییر خصوصیات بیولوژیکی پساب الف) کل کلی فرم ها ب) کلی فرم های مدفوعی

۴.۱. کل کلی فرم ها

به دلیل تنوع میکروارگانیزم های موجود در فاضلاب، اندازه گیری، پایش و کنترل هر یک از آن ها به صورت مجزا، بسیار دشوار، پرهزینه و وقت گیر است. به همین دلیل جهت تعیین کیفیت میکروبی فاضلاب ها و پساب ها، گونه های خاصی از میکروارگانیزم ها به عنوان شاخص آلودگی انتخاب می گردند. باکتری های کلی فرم به دلیل دارا بودن ویژگی های منحصر به فرد، مهم ترین شاخص ارزیابی آلودگی میکروبی فاضلاب به حساب می آید. نظر به اهمیت کیفیت میکروبی پساب، در این تحقیق تغییرات جمعیت کل کلی فرم ها در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مورد اندازه گیری قرار گرفت. در نمودار (۳)روند تغییرات فصلی تراکم کل کلی فرم ها در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در طی مدت انجام تحقیق ارائه شده است. همان طور که از نمودار مذکور بر می آید غلظت کل کلی فرم ها در پساب این تصفیه خانه تا اواخر تابستان از روند افزایشی و پس از آن از روند کاهشی تبعیت می نماید.

استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران [1] در ارتباط با استفاده مجدد از پساب در کشاورزی، معیار ۱۰۰۰ CFU/100mL را به عنوان حداکثر مقدار مجاز کل کلی فرم ها تعیین نموده است و بر اساس استاندارد کیفی پساب ایالت کالیفرنیای آمریکا [15] میانگین هفتگی تراکم کلی فرم های مدفوعی نباید بیش از ۲۳ CFU/100mL باشد. با توجه به این که حداقل تراکم کل کلی فرم ها در پساب تصفیه خانه اولنگ در فصل های بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب معادل ۲۲۰۰۰، ۴۵۹۵۰۰، ۱۰۱۷۵۰۰ و ۱۹۲۷۰۰ CFU/100mL بوده است لذا کیفیت پساب این تصفیه خانه با ملاک قرار دادن این شاخص بسیار نامطلوب ارزیابی می شود.

۴.۲. کلی فرم های مدفوعی

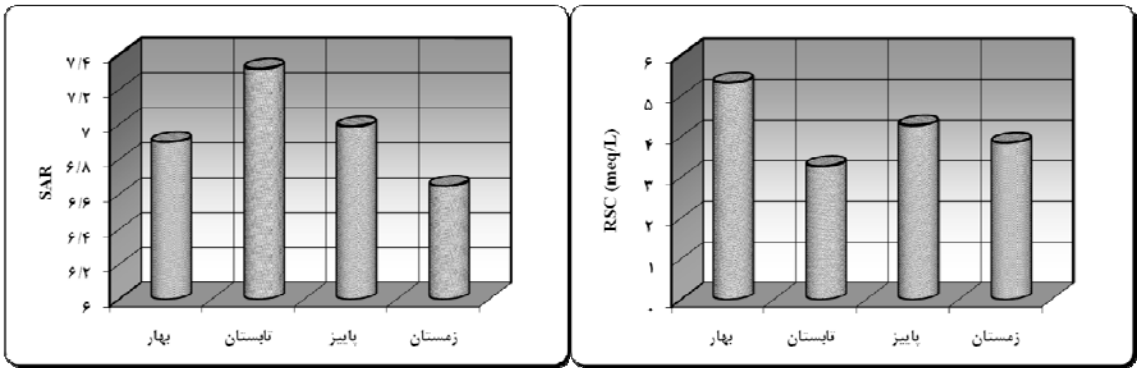
کلی فرم های مدفوعی میکروارگانیزم هایی شاخصی هستند که عمدتاً به منظور ارزیابی میزان آلودگی مدفوعی فاضلاب مورد استفاده قرار می گیرند. در نمودار (۳) روند تغییرات فصلی جمعیت کلی فرم های مدفوعی در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در طی مدت انجام تحقیق ارائه شده است. نتایج به دست آمده حاکی از این است که همبستگی مثبت و معنی داری بین جمعیت کل کلی فرم ها و تراکم کلی فرم های مدفوعی در پساب این تصفیه خانه وجود دارد که این امر نشان دهنده غالب بودن کلی فرم های مدفوعی است.

استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران [1] در ارتباط با استفاده مجدد از پساب در کشاورزی، معیار

CFU/100mL ۴۰۰ را به عنوان حداکثر مقدار مجاز کلی فرم های مدفوعی تعیین نموده است. همچنین مقادیر حداکثر مجاز در نظر گرفته شده برای این پارامتر در استاندارد سابق سازمان بهداشت جهانی [18] و رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا [15] برای محصولاتی که به صورت خام مصرف نمی شوند، به ترتیب، کمتر از ۱۰۰۰ و کمتر از CFU/100mL ۲۰۰ است. با توجه به این که حداقل تراکم متوسط کلی فرم های مدفوعی در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ، معادل CFU/100mL ۱۲۰۰۰ بوده است لذا پساب تصفیه خانه مذکور برای استفاده در کشاورزی بسیار نامطلوب ارزیابی می شود.

۵. بررسی شاخص های کیفی آب آبیاری

در این طرح تحقیقاتی به منظور طبقه بندی کیفی پساب، مهم ترین شاخص های ارزیابی کیفیت آب آبیاری شامل نسبت جذب سدیم و کربنات سدیم باقی مانده، مورد محاسبه قرار گرفت. روند تغییرات فصلی شاخص های مذکور در پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در نمودار (۴) ارائه گردیده است.



نمودار ۴ : روند تغییر شاخص های کیفی پساب الف) RSC ب) SAR

۵. ۱. نسبت جذب سدیم (SAR)

معمولاً برای ارزیابی میزان سمیت ناشی از یون سدیم از شاخص نسبت جذب سدیم یا SAR استفاده می شود[4]. با توجه به این که شاخص مذکور یکی از مهم ترین شاخص های ارزیابی کیفیت آب آبیاری به شمار می رود، در این مطالعه مقادیر SAR پساب تصفیه خانه اولنگ مشهد مطابق رابطه (۱)، برای پیش بینی برخی از اثرات کاربرد پساب در کشاورزی، مورد محاسبه قرار گرفت.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Mg + Ca}{2}}} \qquad (۱)$$

که در رابطه فوق، Na، Mg و Ca به ترتیب غلظت یون های سدیم، منیزیم و کلسیم آب آبیاری بر حسب meq/L می باشند. در نمودار (۴) روند تغییرات فصلی SAR پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در طی مدت انجام تحقیق قابل مشاهده است. بر اساس طبقه بندی کیفی انجام شده توسط ریچارد [6]، استفاده از آب هایی با شاخص

SAR مساوی یا کمتر از ۱۰ در آبیاری محصولات کشاورزی، مشکلات کمی را از نقطه نظر خطر سودیک شدن خاک ایجاد می نماید. با توجه به اینکه پساب تصفیه خانه فاضلاب مورد مطالعه از منظر این رهنمود در طبقه کیفی S۱ قرار دارد، استفاده از آن در آبیاری، نفوذ پذیری خاک را به طور جدی تحت تأثیر قرار نخواهد داد. همچنین ارزیابی کیفی پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ بر اساس معیارهای آیرس و وستکات [4] بیان گر این مطلب است که کاربرد پساب این تصفیه خانه در آبیاری محصولات کشاورزی از نقطه نظر شاخص SAR و هدایت الکتریکی، با محدودیت کم تا متوسط همراه است.

۵. ۲. کربنات سدیم باقی مانده (RSC)

یکی دیگر از شاخص هایی که در ارزیابی کیفیت آب آبیاری بایستی مورد ملاحظه قرار گیرد، تعادل بین مجموع غلظت های کربنات و بی کربنات با مجموع یون های کلسیم و منیزیم موجود در آب است. چنان چه مجموع غلظت یون های کربنات و بی کربنات از مجموع غلظت یون های کلسیم و منیزیم (بر حسب meq/L) در آب آبیاری بیشتر باشد، یون های کلسیم و منیزیم به صورت ترکیبات آهکی در خاک و قسمت های مختلف سیستم های آبیاری رسوب می کنند. شاخص مذکور که کربنات سدیم باقی مانده (RSC) نامیده می شود، توسط ایتون [8] ارائه گردیده و برای محاسبه آن از رابطه (۲) استفاده می شود.

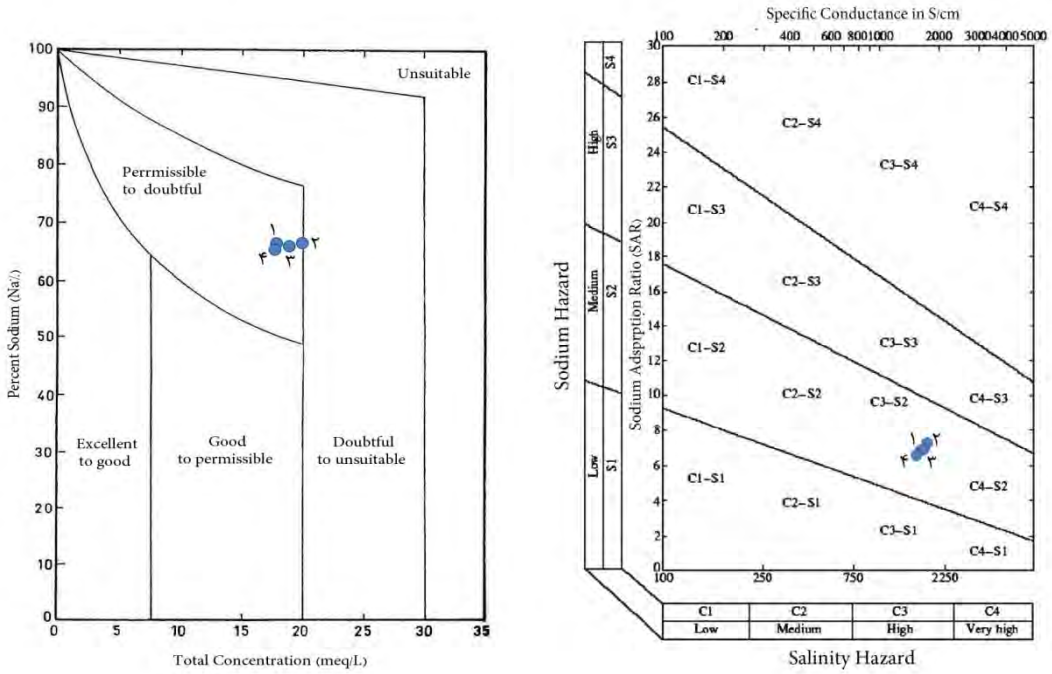
$$RSC = (CO_3^{-2} + HCO_3^{-}) - (Ca^{+2} + Mg^{+2}) \qquad (۲)$$

که در آن Ca، Mg، CO3 و HCO3 به ترتیب غلظت یون های کلسیم، منیزیم و کربنات و بی کربنات آب آبیاری بر حسب meq/L می باشند. در نمودار (۴) روند تغییرات فصلی RSC پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ ارائه شده است. ویلکوکس [4] در مطالعات خود به این نتیجه دست یافته است که آب هایی با RSC بیشتر از meq/L ۲/۵ به هیچ وجه برای آبیاری زمین های کشاورزی مناسب نیستند. از دیدگاه وی آبی برای استفاده در کشاورزی مناسب است که RSC آن کمتر از meq/L ۱/۲۵ باشد. در این تعریف به آب هایی که به هیچ یک از گروه های مذکور تعلق نداشته باشند آب مرزی اطلاق می گردد. با توجه به مقادیر RSC محاسبه شده و مقایسه آن با معیارهای طبقه بندی کیفی آب می توان نتیجه گرفت که پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ به دلیل غلظت بالای بی کربنات در آن و در نتیجه RSC بیش از meq/L ۲/۵ در کلیه فصول، برای استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی مناسب نمی باشد.

۵. ۳. ارزیابی پساب بر اساس دیاگرام های طبقه بندی کیفیت آب آبیاری

استفاده از معیار سازمان کشاورزی آمریکا [16] و دیاگرام ارائه شده توسط ویلکوکس [4] یکی از متداول ترین روش های طبقه بندی کیفی آب کشاورزی است. در نمودار (۵) طبقه بندی کیفیت پساب تصفیه خانه اولنگ در فصل های مختلف و بر اساس معیار مذکور نشان داده شده است. بر این اساس پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ از نقطه نظر شوری و SAR در طبقه C3-S2 نمودار طبقه بندی کیفی آب آبیاری قرار می گیرد. بنابراین می توان چنین نتیجه گیری کرد که کاربرد پساب این تصفیه خانه، از نقطه نظر سودیک شدن و شوری خاک به ترتیب با مخاطرات زیاد و متوسط همراه است. یکی دیگر از روش های طبقه بندی کیفی منابع آب کشاورزی، استفاده از دیاگرام شوری-درصد

سدیم است. با توجه به اهمیت شاخص مذکور در تعیین میزان مطلوبیت آب آبیاری، در این تحقیق، پس از محاسبه غلظت املاح و درصد سدیم، پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ با استفاده از دیاگرام ویلکوکس مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن نیز در نمودار (۵) ارائه گردیده است. با توجه به نتایج ارائه شده در این نمودار، کیفیت پساب این تصفیه خانه در فصل های بهار(۱)، پاییز (۲) و زمستان(۴)، از نظر معیار شوری-درصد سدیم نسبتاً قابل قبول ارزیابی می شود. با این وجود از نقطه نظر دیاگرام ویلکوکس، استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در فصل تابستان (۲) توصیه نمی شود.



نمودار ۵ : طبقه بندی کیفی پساب بر اساس دیاگرام ویلکوکس و سازمان کشاورزی آمریکا

۶. نتیجه گیری

این مطالعه به منظور ارزیابی کیفیت پساب تصفیه خانه اولنگ مشهد برای استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی به انجام رسیده است. با در نظر گرفتن کلیه نتایج به دست آمده می توان چنین نتیجه گیری کرد که استفاده از پساب تصفیه خانه فاضلاب اولنگ در کشاورزی از نقطه نظر پارامتر هدایت الکتریکی و شاخص SAR با محدودیت کم تا متوسط همراه است. علاوه بر این پساب این تصفیه خانه به دلیل غلظت نسبتاً بالای یون کلر، برای آبیاری محصولات حساس مناسب نبوده و از نظر غلظت جامدات معلق و درجه حرارت نیز به ترتیب تنها در فصل های زمستان و تابستان از کیفیت مطلوبی برخوردار بوده است. کاربرد پساب این تصفیه خانه در آبیاری از نظر غلظت سدیم و بی کربنات و نیز شاخص RSC با محدودیت شدید ارزیابی می شود و از پتانسیل بالایی در تخریب ساختار خاک برخوردار است. با توجه به تراکم بسیار بالای عوامل میکروبی شامل کل کلی فرم ها و کلی فرم های مدفوعی در پساب

تصفیه خانه فاضلاب مورد مطالعه استفاده از آن می تواند تبعات بهداشتی ناگواری را به دنبال داشته باشد. با توجه به نتایج حاصل شده از دیاگرام های طبقه بندی کیفی آب آزمایشگاه شوری آمریکا، پساب تصفیه خانه اولنگ در طبقه C3-S2 نمودار طبقه بندی کیفی آب آبیاری قرار می گیرد و لذا کاربرد آن در آبیاری، از نقطه نظر سودیک شدن و شوری خاک به ترتیب با مخاطرات زیاد و متوسط همراه است. با توجه به نتایج ارائه شده در دیاگرام ویلکوکس، کیفیت پساب تصفیه خانه اولنگ در فصل های بهار(۱)، پاییز (۲) و زمستان(۴)، از نظر معیار شوری-درصد سدیم نسبتاً قابل قبول ارزیابی می شود. لازم به ذکر است که کیفیت پساب تصفیه خانه اولنگ از نقطه نظر غلظت بور برای استفاده در کشاورزی مناسب ارزیابی می شود.

۷. منابع و مراجع

[1] سازمان حفاظت محیط زیست. ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، نشریه تدوین و باز نگری، تهران. ۱۳۸۴.

[2] Angelakis, A. N., Marecos Do Monte, Bontoux, M. H., Asano, T., The Status of Wastewater Reuse Practices in the Mediterranean Basin: Need for Guidelines, Wat. Res, Vol.33, No 10. pp. 2201-2217, 1999.

[3] Asano, T., Levine A. D., Wastewater Reclamation, Recycling And Reuse: Past, Present, And Future, Wat. Sci. and Tehcnol., Vol. 33. No. 10-11, pp.1-14, 1996.

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

[5] Bouwer, H., Integrated Water Management: Emerging Issues and Challenges, Agri. water Manage., Vol.45, pp. 217-228, 2000.

[6] Chahabra R., Soil salinity and water quality, Taylor and Francis, USA, pp284, 1996.[7] Duncan, R.D., Carrow R.N., Huck, M.T., Turfgrass and landscape irrigation water quality,CRC press, New York, pp.472, 2009.

[8] Eaton, F.M.; Signifacance of carbonates in irrigation waters, Soil sci., No.69. pp.123-133, 1950.

[9] FAO-Food and Agriculture Organisation, (1992). The use of saline waters for crop production, FAO Irrigation and Drainage Paper 48, FAO, Rome, 1992.

[10] Huck M., Carrow R.N. and Dankan R.R., Effluent water: nightmare or dream come true?,

[11] Maas, E.V., Salt tolerance in plants. The handbook of plant science in Agriculture, B.R. Christie (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida, 1984.

[12] Oliver, G. G. and Fidler, L. E., Towards a Water Quality Guideline for Temperature in the Province of British Columbia, Aspen Applied Sciences Ltd, Cranbrook, 2001.

[13] Shatanawi, M, Fayyad, M., Effect of Khirbet As-Samara treated effluent on the quality of irrigation water in the central Jordan valley, Water Research,Vol. 30, No.12,2915–2920, 1996.

[14] Thrassyvoulos, M., Ioannis, K.T,. Evaluating Water Resources Availability and Wastewater Reuse Importance in the Water Resources Management of Small Mediterranean Municipal Districts, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 47, pp. 245-259, 2006.

[15] US. Environmental Protection Agency, Guidelines for Water Reuse, Report No. EPA. 625/R-04-108, 2004.

[16] USDA-US Department of Agriculture, Salinity Laboratory Staff, Diagnosis and improvements of saline and alkali soils, US Government Printing Office, Washington, DC,1969.

[17] van der Leeden, F., Troise, F.L., and. Todd D.K., The Water Encyclopedia, Lewis Publishers, pp.808,, 1990.

[18] WHO, Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture, WHO Tech. Rep. Ser. 778, Geneva, 1989.