نشریه مدیریت اراضی/جلد ۴/ شماره ۲ / ۱۳۹۵
DOI: http://dx.doi.org/10.22092/lmj.2017.109489

کاربرد فاضلاب شهر اراک در اراضی زراعی

امیر مرادی نژاد[1] و نادر قلی ابراهیمی

پژوهشگر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی و دانشجوی دکتری دانشگاه لرستان، ایران.**Amir_24619@yahoo.com**
دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری ایران.**nebrahimi81@yahoo.com**

دریافت: دی ۱۳۹٤و پذیرش: مرداد ۱۳۹۵

چکیده

واقع شدن ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک و فشارهای شدید وارد شده بر منابع آب تجدیدپذیر در نتیجه وقوع خشکسالی‌های چند ساله اخیر و توسعه روزافزون شهرنشینی، امروزه استفاده بهینه از آب‌های نامتعارف در دسترس از جمله فاضلاب‌های شهری و خانگی، مورد توجه قرار گرفته است.استفاده مجدد از فاضلاب در منطقه مورد مطالعه این تحقیق به منظور تأمین نیازهای روز افزون آب امر مهمی تلقی می‌شود. در زمان انجام این تحقیق پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اراک پس از تخلیه به کویر میقان به صورت تصادفی توسط کشاورزان پایین دست مورد استفاده قرار می‌گرفت. لذا به منظور جلوگیری از تهدید بهداشت عمومی، آلوده شدن خاک، ورود آلاینده‌ها به منابع آب و آلودگی محصولات کشاورزی لازم است استفاده مجدد به صورت آگاهانه و با بررسی لازم همراه با کنترل کیفی پساب در مبدأ صورت گیرد. در این پژوهش پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر اراک به منظور بررسی کیفیت و قابلیت استفاده آن در کشاورزی مورد مطالعه قرار گرفت.تحقیق حاضر توصیفی مقطعی بوده و نمونه‌برداری از پساب و انجام آزمایش‌ها جهت تعیین کیفیت پساب و مقایسه با استانداردها صورت گرفت. نتایج نشان داد میانگین پارامترهای COD و BOD5 و DO به ترتیب ۴۹/۶۵ و ۲۳/۲۶ و ۱/۹۳ میلی‌گرم در لیتر و میانگین فلزات سنگین کادمیوم، مس و سرب به ترتیب ۰/۰۵۶۴و ۰/۰۸و ۰/۵۱۲ میلی‌گرم در لیتر، میانگین کلیفرم کل و مدفوعی به ترتیب ۸۷۸/۸۸۲ و ۳۷۹/۵۵۸۸ در ۱۰۰ میلی‌لیتر و میانگین تعداد تخم انگل در لیتر۰/۵۲۴ بوده است که با استاندارد سازمان محیط‌زیست ایران در زمینه استفاده مجدد از پساب در کشاورزی برای پارامترهای مورد بررسی مطابقت داشته است. نتایج تحقیق نشان داد که پساب فوق محدودیتی برای استفاده در کشاورزی با توجه به پارامترهای مورد بررسی فوق ندارد. گندزدایی پساب و پایش مداوم خروجی تصفیه خانه از نظر برآوردن استاندارد استفاده از پساب در کشاورزی و همچنین ارتقاء تصفیه‌خانه فوق ضروری می‌باشد . همچنین لازم است برای توصیه کلی جهت استفاده از پساب ذکر شده بررسی‌های تکمیلی صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پساب، تصفیه‌خانه فاضلاب، کیفیت‌آب.

۱- آدرس نویسنده مسئول: اراک، کمربندی شمالی، جاده تره بار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی.

مقدمه

پساب حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری یک منبع عظیم آب است که می‌تواند در کشاورزی و فضای سبز استفاده شود. امروزه مسئله کمبود آب و تخریب محیط‌زیست به عنوان یکی از بزرگترین مشکلات جوامع بشری مطرح 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 نماید (آلاتون و همکاران، ۲۰۰۷). هدف کلی از استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی، بهینه‌سازی و حفظ موجودیت منابع آب از طریق برگشت دادن جریان‌های فاضلاب به زمین و استفاده منطقی از منابع آب شیرین است. تجربه نشان داده است که وجود مقادیر قابل توجه موادی مانند فسفات، پتاسم و نیتروژن در فاضلاب که همگی در باروری زمین‌های کشاورزی نقش با ارزشی دارند، در افزایش میزان محصولات مؤثر بوده است.

از سوی دیگر به دلیل تأمین آب برای کشاورزی، زمین‌های جدیدی را می‌توان زیر کشت برد و این امر در کنترل مهاجرت روستاییان به شهرها نقش اساسی خواهد داشت (امجد و همکاران، ۲۰۰۶). ترکیبات شیمیایی مهمی که برای استفاده مجدد از فاضلاب احیاء شده در آبیاری بایستی کنترل شود شامل : شوری، سدیم، عناصر کمیاب و کلر باقی مانده می‌باشد. معمولاً فاضلاب احیاء شده دارای مقادیر بیشتری از این مواد نسبت به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی که از آن‌ها منشاء گرفته‌اند می‌باشد. نوع و میزان این ترکیبات در فاضلاب احیاء شده بر حسب نوع منبع آب، نوع فاضلاب‌ها، فرآیندهای تصفیه به کار گرفته شده، تأسیسات ذخیره-سازی و غیره تغییر می‌کند (قانعیان، ۲۰۰۲). مطالعه‌ای به منظور شناسایی وضعیت تصفیه فاضلاب و کیفیت پساب-های تولیدی در جزیره کیش انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که کیفیت پساب در جزیره کیش با استانداردهای استفاده مجدد سازمان حفاظت از محیط زیست جهت آبیاری در همه پارامترها به جز تعداد کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی مطابقت داشته است. در مقایسه با معیارهای سازمان بهداشت جهانی پساب مذکور جهت آبیاری قطره‌ای و آبیاری درختان مناسب بوده و جهت آبیاری زمین‌های ورزشی و فضای سبز هتل‌ها مناسب تشخیص داده نشد. امجد و همکاران(۲۰۰۶) با بررسی امکانات و قابلیت‌های استفاده مجدد از فاضلاب شهری یزد نشان دادند که کیفیت پساب در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست برای استفاده مجدد در کشاورزی و آبیاری مطابقت دارد و برای آبیاری و کشاورزی مناسب است. آلاتون و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه بر روی پساب چهار تصفیه‌خانه انتخابی در کشور ترکیه نشان دادند نتایج از نظر پارامترهای کنترلی متداول و غلظت فلزات سنگین مناسب است. اما پساب تصفیه‌خانه-های انتخابی از نظر میکروبی به ویژه کلیفرم‌های مدفوعی رضایت بخش نبوده است.

هونگ یونگ و عباسپور (۲۰۰۷) با به کارگیری مدل برنامه‌ریزی شده خطی، پتانسیل استفاده مجدد را در شهر پکن تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج این مطالعه عوامل مؤثر و کلیدی پتانسیل استفاده مجدد را ارزیابی نمود و پایه‌های اساسی این ارزیابی را در سایر شهرهای چین نیز فراهم نمود. الماس و همکاران (۲۰۰۶) عملکرد برکه‌های تثبیت فاضلاب[۲] در شهر عدن را با آزمایش‌هایی بر روی پساب بررسی و نشان دادند که امکان استفاده از پساب برای آبیاری محدود وجود دارد. به دلیل وجود تفاوت‌ها در شرایط اقلیمی، گیاهی، اجتماعی، فرهنگی،کیفیت خاک و متغیر بودن خصوصیات فاضلاب از منطقه ای به منطقه دیگر و حتی در طول زمان در یک محل تنها تکیه بر به‌کارگیری دستورالعمل‌های ارائه شده در دیگر مناطق جهان اشتباه بوده و در درازمدت صدمات جبران ناپذیری بر منابع خاکی و آبی وارد می‌سازد (حسن اقلی و

[2] . Wastewater stabilization ponds(WSP)

همکاران، ۱۳۸۱). ناصری و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به بررسی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اردبیل جهت مصرف آبیاری کشاورزی پرداختند، آنها نشان دادند که پساب فوق به جز از نظر کلیفرم‌های کل و مدفوعی محدودیتی برای استفاده در کشاورزی ندارد. موحدیان و افیونی (۱۳۸۵) در بررسی اثر پساب و لجن صنعتی بر روی خصوصیات خاک، کاهش pH، افزایش مواد آلی، افزایش EC و نیز افزایش غلظت عناصر سنگین را در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری برای کلیه تیمارهای آزمایشی خود مشاهده کردند. غلامحسین و الساعتی(۱۹۹۹) در بررسی خصوصیات پساب‌های تولیدی در کشور عربستان گزارش کردند که کاربرد این گونه پساب‌ها به دلیل نامناسب بودن میزان شوری و سدیم آن می‌تواند سبب افزایش شوری خاک شده و درصد سدیم قابل تبادل خاک را تغییر دهد. به همین جهت آنها کاربرد پساب‌ها را فقط به عنوان آب‌های کمکی توصیه نمودند. معاضد و حنیفه‌لو(۱۳۸۵) در بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب غرب شهر اهواز برای استفاده در کشاورزی، به این نتیجه رسیدند که پساب مذکور از نظر برخی از پارامترها مانند سولفات، کلراید و شوری فراتر از استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران بوده و به خصوص از نظر شوری براساس رهنمودهای کیفیت آب آبیاری آیرز و وستکات دارای درجه پیامد بسیار بد ارزیابی می‌شود.

علیزاده و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقات خود نشان دادند که آبیاری ذرت با فاضلاب تصفیه شده شهر مشهد به مدت ۲ سال، کاهش ۱۵٦ درصدی ظرفیت نفوذپذیری خاک را در مقایسه با زمان قبل از آغاز تحقیق به دنبال داشته است. صابر(۱۹۸٦) طی تحقیقات خود در آبیاری با فاضلاب در قاهره نشان داد که با افزایش سال‌های استفاده از پساب، میزان نمک‌های محلول در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری خاک، به میزان قابل توجهی تا حدود ۳ برابر، در مقایسه با خاک‌های آبیاری نشده افزایش داشته است. نتایج تحقیقات ابراهیمی زاده و همکاران (۱۳۸۵) نیز بیانگر آن است که در اثر آبیاری با پساب در مقایسه با آب متعارف، شوری خاک در لایه‌های ۲۰ تا ٤۰ و ٤۰ تا ٦۰ سانتی‌متری و نسبت جذب سدیمی و سدیم خاک در اعماق ۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ٤۰ و ٤۰ و ٦۰ سانتی‌متری افزایش قابل توجهی را داشته است. مطالعات صفری سنجابی و حاج رسولیها (۱۳۷٤) به نقل از فیضی (۲۰۰۱) دلالت بر این دارد که هشت سال آبیاری با فاضلاب تصفیه شده اصفهان، شوری و سدیم خاک را به طور معنی‌داری افزایش داده است. کمرون (۱۹۹۷) با مطالعه بر روی خاک‌های منطقه Moose Jaw در ایالت ساسکاچوان کانادا که از سال ۱۹۸۲ توسط پساب در مساحتی حدود ۱۲۰۰ هکتار آبیاری می‌گردد نشان داده است که شوری خاک به میزان قابل توجهی افزایش یافته است به طوری که میانگین EC خاک از ۰/۷۵ دسی زیمنس بر متر به ۱/٦ دسی زیمنس بر متر در سال ۱۹۹۷ رسیده است. تجمع شوری بیشتر در لایه‌ی یک متری سطحی خاک گزارش شده است. نتایج بررسی‌ها بر روی آب‌های زیرزمینی کم عمق در منطقه مذکور نیز دلالت بر افزایش غلظت‌های سدیم، کلرور، سولفات و بیکربنات داشته است. همچنین، مطالعات انجام گرفته در ارتباط با پروژه بزرگ دیگری که در Swift Current همان ایالت در سال ۱۹۷۸ در مساحتی حدود ۳۳۸ هکتار آغاز شد بیانگر آن است که در برخی نقاط شوری خاک افزایش معنی‌داری داشته است. در منطقه اخیر نیز میزان کلرور، سختی، سدیم، سولفات و منگز در آب‌های زیرزمینی کم عمق افزایش را نشان داده است. با توجه به تحقیقات انجام شده به منظور جلوگیری از تهدید بهداشت عمومی، آلوده شدن خاک، ورود آلاینده‌ها به منابع آب و آلودگی محصولات کشاورزی لازم است استفاده مجدد به صورت برنامه‌ریزی شده و مدبرانه همراه با کنترل کیفی پساب در مبدا صورت گیرد.

اثرات نامطلوب بر خاک، گیاه و بهداشت عمومی

در کاربرد مجدد پساب در کشاورزی به دلیل خصوصیات ذاتی آن و نیز به علت وقوع فرآیندهایی از

قبیل تجزیه مواد آلی، تبادل یونی، اکسیداسیون مواد معدنی، رسوب‌گذاری، فیلتراسیون و... در سیستم خاک، خصوصیات خاک می‌تواند تحت تاثیر قرار گرفته و به خصوص در طولانی مدت تغییر نماید. محققین بسیاری در نقاط مختلف دنیا در ارتباط با موضوع اثرات پساب برخصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مطالعه و بررسی نموده‌اند. افزایش شوری و سدیم خاک در اثر آبیاری با پساب توسط پژوهشگران مختلفی گزارش شده است. اسمارت(۲۰۰۰) در مقایسه خصوصیات خاک‌های منطقه شمال آدلاید در استرالیا که با آب و یا پساب آبیاری می‌شوند گزارش نمود که آبیاری با پساب میزان شوری، سدیم و بر را در خاک‌های منطقه افزایش داده است، اگر چه افزایش مشاهده شده هنوز به حدی نرسیده که بر روی عملکرد محصولات کشاورزی اثر گذارد، ولی افزایش مشاهده شده در سدیم و SAR خاک از نظر تخریب ساختمان خاک و کاهش ظرفیت زهکشی آن هشدار دهنده است. پاترسون(۱۹۹٦) در تحقیقات خود در استرالیا به این نتیجه دست یافت که بالا بودن SAR در پساب حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب خانگی منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌گردد، به طوری که با افزایش SAR از صفر به سه، هدایت هیدرولیکی اشباع به میزان ٪۵۰ و در صورت افزایش آن به ۱۵، هدایت هیدرولیکی به میزان ٪۷۵ کاهش می‌یابد. در گزارش تحقیقاتی پروان(۱۳۸۳) نیز کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع به میزان ٪۳۰ در لایه سطحی خاک در اثر آبیاری طولانی مدت با پساب، گزارش شده است. در استفاده مجدد از فاضلاب pH خاک نیز می‌تواند تغییر یابد.

از آنجا که مهیایی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و همچنین حلالیت بسیاری از عناصر و ترکیبات سمی به شرایط pH خاک بستگی دارد، تغییر این پارامتر می‌تواند جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را کاهش داده و از این طریق و یا از طریق تأثیر بر مهیایی عناصر و ترکیبات مسموم کننده، رشد گیاه و عملکرد آن را تحت تاثیر قرار دهد. مطالعات صابر(۱۹۸٦) نشان می‌دهد که آبیاری اراضی شهر قاهره با فاضلاب، کاهش pH خاک‌ها را به دنبال داشته است. آیرس (۱۹۸۵) در مطالعات خود به این نتیجه رسید که آبیاری با پساب به خصوص به علت فرآیند کلرزنی در تصفیه‌خانه‌ها، می‌تواند غلظت این عنصر را در خاک افزایش داده و به حد سمیت برای گیاهان برساند. گیاهان زراعی و درختان میوه به یون کلر حساس بوده و چنانچه مقدار این عنصر در عصاره اشباع خاک به حدود۱۰ میلی‌اکی والان بر لیتر برسد برای بسیاری از گیاهان ایجاد مسمومیت می‌کند. تحقیقات چنگ و همکاران(۱۹۸٤) دلالت بر این دارد که طی شش سال کاربرد فاضلاب در خاک‌های لومی شنی و لومی، تجمع معنی‌داری در غلظت هر یک از عناصر کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی در خاک، به خصوص در لایه صفر تا ۱۵ سانتی‌متری، اتفاق افتاده است.

این محققین همچنین نشان دادند که بین کاربرد پساب و تجمع عناصر سنگین در خاک و بافت‌های گیاهی، همبستگی وجود دارد. بقری و همکاران (۱۳۷۹) در تحقیقات خود دریافتند که در اثر آبیاری با پساب مقدار منگنز و کروم و سرب در خاک‌های تحت کشت در منطقه اصفهان افزایش یافته است. پروان در مقایسه خصوصیات خاک مزارع آبیاری شده با پساب و مزارعی که با آب چاه آبیاری شده بودند مشاهده نمود که افزایش فراهمی عنصر نیکل در لایه ۵ تا ۲۵ سانتی خاک و عنصر روی در لایه ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری خاک به طور معنی-داری افزایش یافته است. در بررسی اثر کاربرد پساب و لجن به عنوان منابع غذایی برروی تجمع و رفتار عناصر کمیاب در خاک‌های ویتنام، کای چنین نتیجه گرفت که منابع مذکور تجمع عناصر کمیاب (مس و روی) را در تیمارهای مورد آزمایش افزایش داده و از این لحاظ می-تواند تهدیدی برای کیفیت آب و خاک و نیز بهداشت عمومی محسوب شود. در ارتباط با نیتروژن، اگر چه این عنصر از جمله عناصر غذایی بسیار مهم برای گیاهان محسوب می‌شود، اما مقادیر بیش از حد آن می‌تواند سبب

کاهش عملکرد و کیفیت محصول و در ضمن باعث رشد فزاینده علف‌های هرز شود. همچنین آب‌شویی ترکیبات ازته به آب‌های زیرزمینی و سطحی موجبات آلودگی این منابع را فراهم می‌سازد. مهیدا و صابر در مطالعات خود گزارش کردند که آبیاری مزارع با پساب، افزایش نیتروژن خاک را در پی داشته است. استفاده از فاضلاب می‌تواند از طریق شیوع امراضی با منشاء باکتریولوژیکی، ویروسی، پروتوزوآیی و انگلی باعث به خطر افتادن سلامت انسان‌ها شود. نتایج طرح مطالعاتی بلومنتال (۲۰۰۰) به نقل از ماتاوکی ترتو(۲۰۰۵)، دلالت بر این دارد که کاربرد فاضلاب در کشاورزی به شرط آن که به حد کافی تصفیه شده باشد، سبب شیوع بیماری‌های نماتد روده‌ای در میان کارگران مزارع و مصرف کنندگان محصولات نمی‌شود، مگر آنکه شرایط آب و هوایی و نوع آبیاری، شرایط را برای بقای تخم این گونه نماتدها فراهم سازد. ولی براساس مطالعات شوال و همکاران، در نقاطی از جهان که بیماری‌های انگلی آسکاریازیس و تریکوزیاسیس به صورت اندمیک وجود داشته است، شیوع این‌گونه بیماری‌ها همزمان با کاربرد پساب در آبیاری زمین‌های آن منطقه مشاهده شده است. شووال نیز در مطالعات اپیدمیولوژی خود چنین نتیجه می‌گیرد که ریسک شیوع کرم‌های آسکاریس در کودکان و افراد بالغی که از محصولات زراعی آبیاری شده با فاضلاب خام استفاده می‌کنند بسیار زیاد است.

وی همچنین در تحقیقات خود به شیوع بیماری‌هایی از قبیل وبا، تیفوئید، شیگلوزیس در اثر استفاده از فاضلاب خام در کشاورزی اشاره می‌کند. علیزاده و همکاران در تحقیقات خود بر روی آبیاری چغندرقند با پساب، در ارتباط با آلودگی‌های انگلی مربوط به خاک و اندام‌های گیاهی، آلودگی نماتدهای روده‌ای را مشاهده نکردند اما در مورد آلودگی‌های میکروبی تفاوت قابل توجهی را در کلیفرم‌های مدفوعی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در آبیاری با پساب و آب چاه مشاهده نمودند. از بعد میکروبیولوژیکی، یکی از حیاتی-ترین گام‌ها در برنامه‌ریزی کاربرد مجدد پساب در کشاورزی محافظت سلامت جامعه با تاکید بر روی کارگران مزارع و مصرف‌کنندگان محصولات می‌باشد. علاوه بر افراد مذکور، افراد دیگری مانند خانواده‌های کارگران و جوامع مجاور مکان‌های کاربرد پساب نیز در معرض خطرات بیماری‌ها قرار دارند. به همین جهت تامین سلامت عموم به خصوص در جوامعی که بیماری-هایی با منشاء مدفوعی رایج است از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. علاوه بر میکروارگانیزم‌های پاتوژن، فاضلاب‌های خانگی و صنعتی حاوی ترکیبات مختلف شیمیایی از قبیل داروها، هورمون‌ها، آنتی بیوتیک‌ها، ترکیبات تاثیرگذار بر سیستم هورمونی و ... می‌باشند که اثرات طولانی مدت آنها به خصوص از طریق کاربرد پساب در کشاورزی، برروی سلامت انسان‌ها و اکوسیستم‌ها هنوز به طور کامل شناخته شده نیست. در این پژوهش امکان استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اراک در کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه

محدوده مطالعاتی شمال اراک یک قطب کشاورزی است. آب مورد مصرف و نیاز بخش‌های مختلف منحصراً از آب‌های زیر زمینی تأمین می‌شود. لذا محدودیت منابع آب در کشاورزی و نیاز روز افزون به آب در بخش صنایع به دغدغه مسئولین استان تبدیل شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب اراک در ۱۰ کیلومتری شمال شرق شهر قرار گرفته است(شکل ۱). این تصفیه‌خانه با ظرفیت تصفیه فاضلاب ۱۰۵۰۰۰ نفر و پذیرش فاضلاب تعدادی از صنایع، روزانه حدود ۷۵۰۰۰ متر مکعب پساب تصفیه شده دارد که به محیط زیست رها شده و در نهایت به دریاچه کویر میقان می‌ریزد. اراضی زیادی در روستاهای اطراف تصفیه‌خانه بصورت بایر می‌باشند که

زیرکشت بردن آنها می‌تواند کمک موثری در اشتغال‌زایی داشته باشد.

شکل۱- موقعیت تصفیه‌خانه نسبت به کویر میقان و محدوده اثر پذیری دشت فراهان

روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی مقطعی بوده و نمونه‌برداری از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب به منظور تعیین پارامترهای مورد نیاز تعیین کیفیت در دو فصل سرد پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و گرم بهار و تابستان ۱۳۹۲ به منظور تأثیر شرایط حداکثر و حداقل دمای محیط بر روی عملکرد تصفیه‌خانه و نهایتاً کیفیت پساب به صورت ماهانه انجام گرفت. نمونه‌ها به صورت مرکب در فواصل زمانی شش ساعت (چهار بار در شبانه روز) تهیه شده و پس از انجام حفاظت مورد نیاز به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های مربوط به آزمایش‌های میکروبی در ظروف استریل برداشت و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد حفظ و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌های مربوط به آزمایش فلزات سنگین با افزودن اسید نیتریک و رساندن pH به زیر دو، به آزمایشگاه منتقل شدند . هم چنین نمونه‌های آزمایش COD نیز با افزودن اسید سولفوریک و رساندن pH به زیر دو، به آزمایشگاه منتقل شدند. برخی پارامترها از قبیل اکسیژن محلول، دما و pH با دستگاه‌های پرتابل در محل تعیین مقدار شدند. کلیه آزمایش‌ها بر اساس روش-های توصیه شده در کتاب استاندارد متد ۲۰۰۵ انجام گرفت(شکل ۲). برای تعیین خطرات بهداشتی شاخص-های میکروبی (کلیفرم‌های کل و مدفوعی) و فلزات سنگین کادمیم، سرب و مس به لحاظ اهمیت بیش‌تر تعیین مقدار شدند. برای تعیین میزان مواد آلی پساب پارامترهای اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی[3] و شیمیایی[4] اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل نتایج در محیط Excel صورت گرفت و شاخص‌های آماری شامل میانگین و انحراف معیار به دست آمد. تصمیم‌گیری در مورد قابلیت استفاده از پساب در گزینه‌های مختلف بر اساس نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بر روی پساب و مقایسه با استانداردها امکان‌پذیر می‌شود. استانداردهای مختلفی به منظور استفاده از پساب در زمینه‌های مختلف توسط سازمان‌های بین‌المللی از قبیل آژانس حفاظت محیط

[3] . BOD5
[4] . COD

زیست آمریکا(EPA)، سازمان بهداشت جهانی (WHO)، آکادمی ملی علوم آمریکا(NAS)، سازمان خواروبار جهانی(FAO) و استانداردهای کیفی کشور اردن (JS) جهت استفاده از فاضلاب خانگی تصفیه شده در آبیاری ارایه شده است. در کشور ما نیز استاندارد استفاده از پساب در کشاورزی و آبیاری توسط سازمان حفاظت محیط زیست ارایه شده است. تجزیه و تحلیل انجام شده بر اساس استانداردهای موجود شامل سازمان بهداشت جهانی، آژانس حفاظت زیست محیطی آمریکا، سازمان حفاظت محیط زیست ایران، آکادمی ملی علوم آمریکا، سازمان خوار و بار جهانی، استاندارد زیست محیطی اردن، و معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور بوده است.

شکل ۲- مراحل نمونه برداری وآماده سازی نمونه‌های پساب جهت ارسال به آزمایشگاه

نتایج و بحث

جداول (۱) و (۲) مقایسه کیفیت پساب تصفیه-خانه فاضلاب اراک با استاندارد سازمان محیط زیست ایران در مورد استفاده مجدد در کشاورزی را نشان می-دهد. طبق جداول(۱) و (۲) میانگین کلیفرم‌های کل و مدفوعی به ترتیب ۸۷۸/۹ و ۳۷۹/٦ در ۱۰۰ میلی‌لیتر با انحراف معیار ۱۷/۲ و ۱۱/٤ بوده است. میانگین پارامترهای COD و BOD5 به ترتیب ٤۹/٦ و ۲۳/۳ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ٦/۱۲ و ۲/۱۹ بوده است. بنابراین زیر حدود توصیه شده ۱۰۰۰ کلیفرم کل و ٤۰۰ کلیفرم مدفوعی در ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد. تخم انگل در نمونه‌های برداشت شده از پساب با میانگین ۰/۵ و انحراف معیار ۰/۱۱۳٤ کمتر از حد استاندارد می‌باشد. میانگین فلزات سنگین کادمیم، مس و سرب به ترتیب ۰/۰۵٦٤، ۰/۰۸ و ۰/۵۱۳ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۰/۰۱٤۷، ۰/۰۳٦۱ و ۰/۰۹۲۱ بوده که بجز کادمیم دو فلز دیگر مورد بررسی، با استاندارد سازمان محیط زیست در این زمینه مطابقت دارد. مقادیر میانگین پارامترهای pH، کدورت و اکسیژن محلول در پساب به ترتیب ۷/۵۵، ۲۱/۳۱ NTU[5] و ۵/۱٤ mg/L با انحراف معیار ۰/۳۰٤، ۱۰/۳ و ۱/۲ بوده است که همگی با استاندارد سازمان محیط زیست در این زمینه‌ها مطابقت داشته است. مطابق جدول(۲) مقادیر بر، کروم و روغن در نمونه‌های آزمایشگاهی کمتر از استانداردها می‌باشد و از نظر این پارامترها مشکلی در کاربری‌های مختلف ندارد. همچنین مقادیر میانگین عناصر موجود در پساب تصفیه شده با استانداردهای موجود مقایسه شده است (شکل ۳). نتایج نشان می‌دهد که از نظر استفاده برای کشاورزی مشکلی وجود ندارد. درشکل (٤) مقایسه بین مقادیر میانگین

[5] . Nephelometric Turbidity Unit

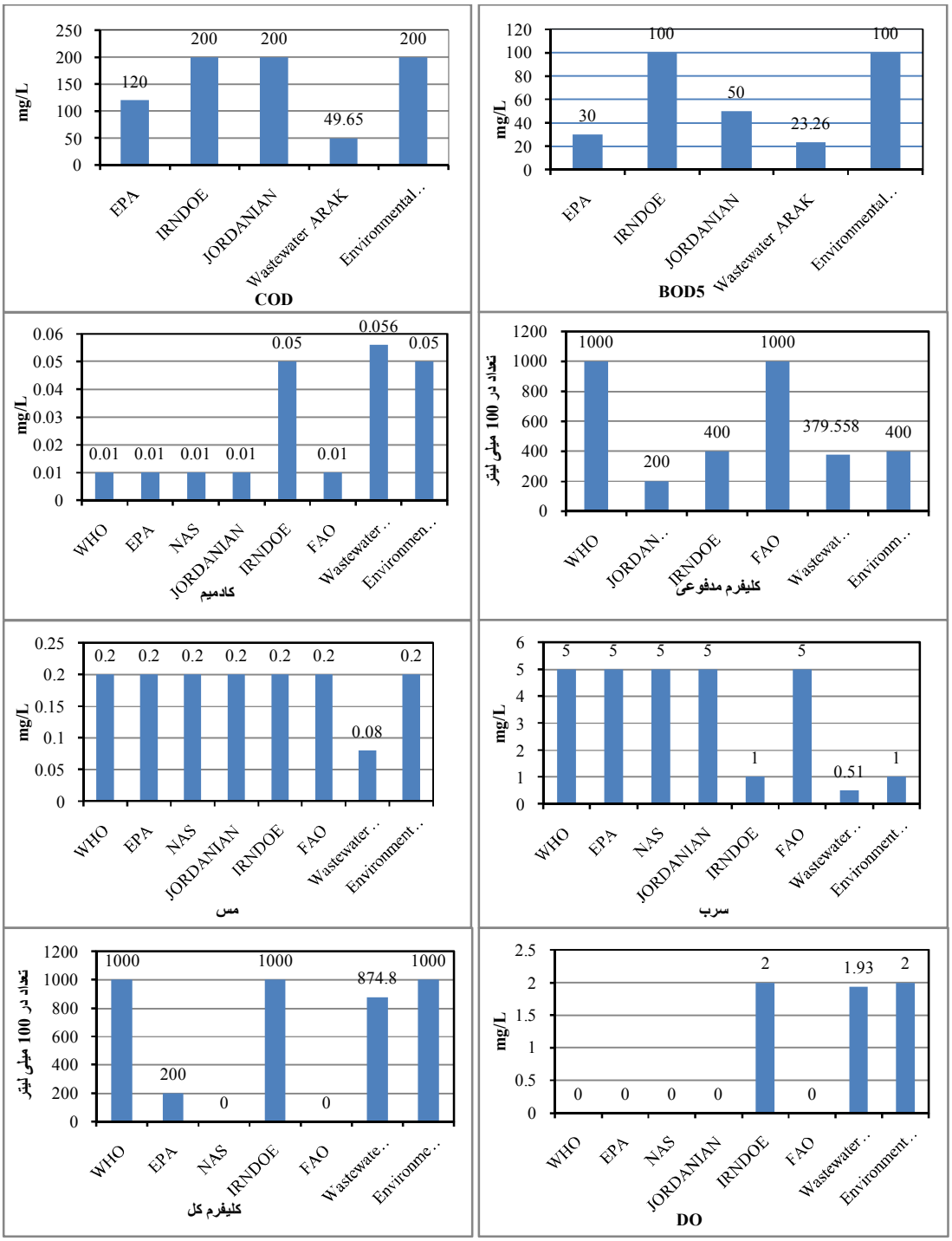
عناصر سنگین موجود در پساب تصفیه شده در دو فصل گرم و سرد انجام شده است، نتایج نشان می‌دهد سرما و گرما تاثیر زیادی بر روی عناصر ندارد. شکل (۵) مقایسه مقادیر میانگین عناصر موجود در پساب تصفیه شده در فصل‌های مختلف صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر میانگین هشت پارامتر فوق در کل سال کمترین مقدار تغییر را دارد. در مورد دو پارامتر کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی نیز همین نتایج دیده می‌شود. شکل (٦) مقایسه مقادیر میانگین عناصر موجود در پساب تصفیه شده در ماه‌های مختلف از سال را نشان می‌دهد. به جز عناصر کادمیم، DO و pH، نتایج بیشترین مقدار را در تیر ماه و کمترین مقدار خود را در بهمن ماه نشان می‌دهند. البته در مورد پارامتر COD بیشترین مقدار در شهریور ماه اتفاق افتاده است.

جدول ۱- مقایسه کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اراک با استاندارد سازمان محیط زیست ایران

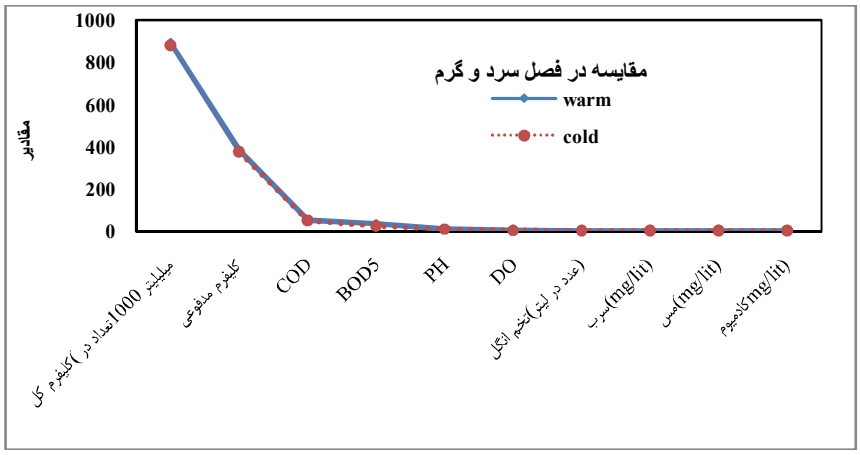
شاخص	واحد	استاندارد	میانگین فصل سرد	انحراف معیار فصل سرد	میانگین فصل گرم	انحراف معیار فصل گرم	میانگین کل سال	انحراف معیار کل سال
COD	(mg/L)	۲۰۰	۴۸/۴۱	۵/۲۰	۵۲/۶	۷/۴۴	۴۹/۶	۶/۱۲
BOD5	(mg/L)	۱۰۰	۲۲/۷۹	۲/۱۰	۲۴/۴	۲/۱۲	۲۳/۳	۲/۲
PH	0	۸/۵-۶	۷/۶۳	۰/۲۴	۷/۴	۰/۳۶	۷/۵	۰/۳۰
DO	(mg/L)	۲	۱/۹۴	۰/۱۲	۱/۹	۰/۱۶	۱/۹	۰/۱۳
کلیفرم کل	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر	۱۰۰۰	۸۸۰/۵۸	۱۷/۱	۸۷۴/۸	۱۷/۶۰	۸۷۸/۹	۱۷/۲
کلیفرم مدفوعی	تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر	۴۰۰	۳۷۵/۳۳	۹/۴۹	۳۸۹/۷	۸/۹۵۷	۳۷۹/۵۵۸	۱۱/۳
تخم انگل	تعداد در لیتر	<۱	۰/۵۰۸	۰/۱۲۱	۰/۰۶	۰/۰۸۶	۰/۵۲۴	۰/۱۱
سرب	(mg/L)	۱	۰/۵	۰/۰۹۳	۰/۵۴	۰/۰۸۶۰	۰/۵۱۳	۰/۰۹
مس	(mg/L)	۰/۲	۰/۰۶۸	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۴
کادمیم	(mg/L)	۰/۰۵	۰/۰۵۸	۰/۰۱۴	۰/۰۵	۰/۰۱۷	۰/۰۵۶	۰/۰۱۵

جدول ۲- مقایسه مقادیر مشاهداتی پارامترهای کیفی پساب با استانداردهای موجود

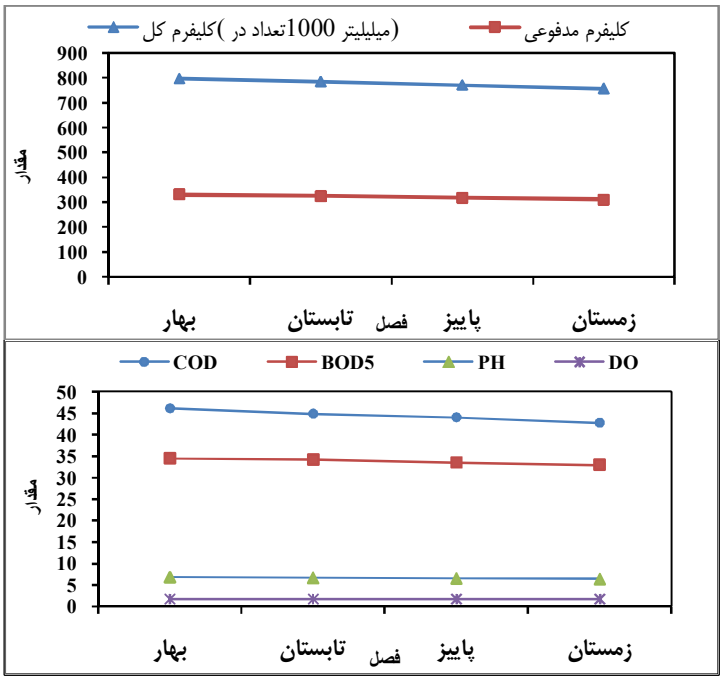
پارامتر mg/L	میزان مشاهداتی	حد استاندارد									
		کشاورزی						معاونت برنامه ریزی			
		WHO	EPA	IRNDOE	NAS	FAO	JS	کشاورزی	فضای سبز و تفرجگاهی	برگشت به آب‌های سطحی	تغذیه سفره زیرزمینی	مصارف صنعتی
بر (B)	۰	۰/۷	۱	۱	۰	۰/۷	۱	۱	۰/۷	۲	۱	۰
روغن (Oil)	<۱	۰	۰	۱۰	۰	۰	۰	۱۰	۰	۱۰	۱۰	۱۰
کروم (Cr)	<۰/۱	۰/۱	۰/۱	۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۱	۰	۰/۵	۱	۰

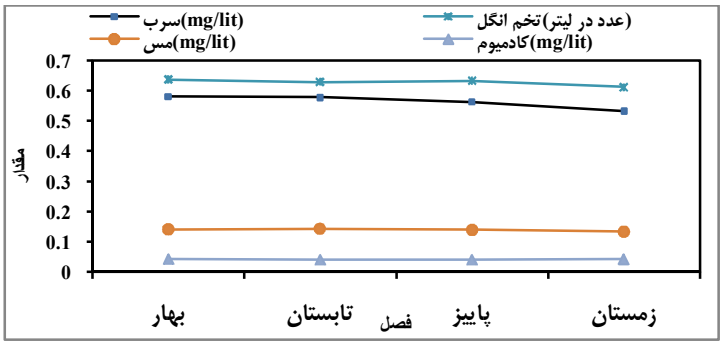


شکل ۳- مقایسه مقادیر میانگین عناصر موجود در پساب تصفیه شده با استانداردهای موجود

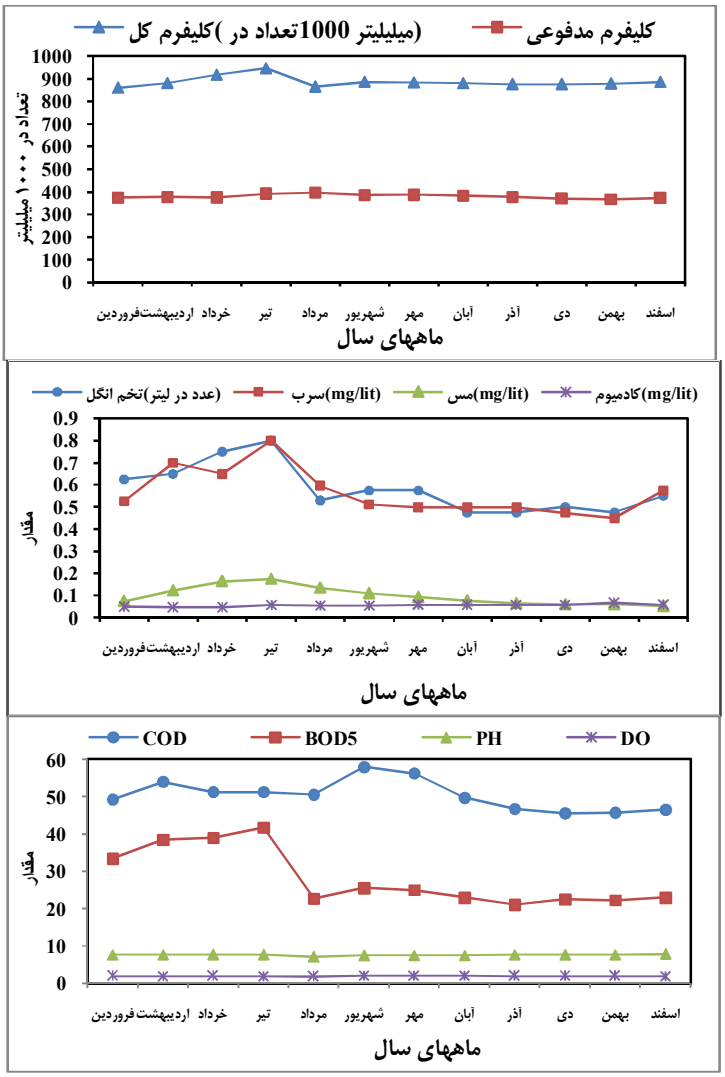


شکل ۴- مقایسه مقادیر میانگین عناصر موجود در پساب تصفیه شده در دو فصل گرم و سرد





شکل ۵- مقایسه مقادیر میانگین شاخص موجود در پساب تصفیه شده در فصل‌های مختلف



شکل ۶-مقایسه مقادیر میانگین شاخص موجود در پساب تصفیه شده در ماه‌های مختلف

بحث

با توجه به جدول (۱)، (۲) و شکل (۳) عوامل موجود در پساب خروجی نسبت به استانداردهای موجود در محدوده مناسبی قرار دارند. بنابراین از نظر شیمیایی کاربرد پساب در کشاورزی محدودیت خاصی ندارد. از نظر میکروبی با توجه به اینکه محصولاتی که با پساب آبیاری خواهد شد محصولات علوفه‌ای یا محصولاتی هستند که به صورت خام به مصرف انسان نمی‌رسند، می‌توان گفت که انتقال باکتری‌های بیماری‌زا خیلی ضعیف است و محدودیتی برای استفاده از پساب در کشاورزی، فضای سبز و تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی ندارد. با توجه به اینکه دبی روزانه ۱۰۰۰ لیتر بر ثانیه پساب خروجی تصفیه خانه می‌باشد و هیدرومدول متوسط محصولات زراعی در منطقه ۱/٤ لیتر در ثانیه در هکتار در مرداد ماه است می‌توان با این آب در فصل زراعی حدود ۷۱٤ هکتار زمین از زمین‌هایی را که به علت کمبود آب در روستاهای اطراف تصفیه خانه به صورت بایر هستند را به کشاورزی و فضای سبز اختصاص داد و در فصل غیر زراعی از این آب جهت تغذیه مصنوعی سفره‌های زیر زمینی و یا حقابه به کویر میقان استفاده کرد. با تغذیه مصنوعی سفره‌های زیر زمینی اطراف کویر از پیشروی آب شور به سفره‌های زیر زمینی روستاهای اطراف جلوگیری

می‌شود. در صورتی‌که پساب خروجی به آبیاری فقط یک محصول اختصاص داده شود، با روزانه حدود ۸٦٤۰۰ مترمکعب پساب تصفیه شده تولیدی، سالانه می‌توان مطابق جدول (۳) تقریبا" ٤۱۹۸ هکتار گندم یا ۱۹۹۸ هکتار یونجه یا ۳٦۷۹ هکتار شبدر یا ۱٦۸۹۸ هکتار ذرت علوفه‌ای یا ۱۸۸۱٤ هکتار آفتاب‌گردان یا ۳۰۱۱۵ هکتار صنوبر یا ۳۰۵۸٦ هکتار درخت گردو را آبیاری نمود.

جدول ۳- آب مورد نیاز برای تولید برخی محصولات کشاورزی

نام محصول	دوره رشد (روز)	آب خالص موردنیاز (مترمکعب بر هکتار)	سطح قابل کشت (هکتار)
گندم	۲۴۰	۶۵۲۰	۴۱۹۸
یونجه	۲۶۰	۱۳۷۰۰	۱۹۹۸
شودر	۲۷۰	۷۴۴۰	۳۶۷۹
ذرت علوفه ای	۱۱۰	۶۰۸۰	۱۶۸۹۸
آفتابگردان	۱۳۰	۶۷۷۰	۱۸۸۱۴
گردو	–	۱۰۸۳۰	۳۰۱۱۵
صنوبر	–	۱۱۰۰۰	۳۰۵۸۶
متوسط محصول زراعی با هیدرومدول۱/۳ لیتر بر ثانیه در هکتار			۷۱۴

در کاربرد پساب برای کشاورزی، انتخاب گیاهان بایستی منطبق بر اصولی باشد که موجب آلودگی محصولات آبیاری شده به عوامل بیماری‌زا و انتقال به مصرف کننده نگردد. از این رو با توجه به اطلاعات به دست آمده از کیفیت پساب در مقایسه با معیارهای سازمان بهداشت جهانی پساب مذکور جهت آبیاری قطره-ای و آبیاری درختان مناسب بوده و جهت آبیاری زمین-های ورزشی و فضاهای سبز هتل‌ها مناسب تشخیص داده نمی‌شود . هم‌چنین آبیاری سبزیجات و محصولاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند، به هیچ عنوان توصیه نمی-شود. آبیاری محصولات ریشه‌ای از قبیل سیب‌زمینی و چغندر قند نیز به دلیل تماس مستقیم خاک پیشنهاد نمی-شود. گندم، جو و حبوبات به دلیل این که به صورت مستقیم مورد مصرف قرار نمی‌گیرند، با پساب این تصفیه-خانه قابل کشت می‌باشند. حایز اهمیت این است که در تمام موارد کاربرد، بایستی آبیاری با پساب را حداقل دو هفته قبل از برداشت محصول قطع نمود (نشریه WHO، ۲۰۰٦). آبیاری باغ‌های میوه قابل توصیه می‌باشد، ولی آبیاری میوه‌هایی که به صورت تازه مصرف می‌شوند به دلیل احتمال آلودگی با خاک توصیه نمی‌شود. درختانی که محصول آن‌ها به صورت خشکبار مصرف می‌شود از قبیل گردو و بادام را می‌توان پیشنهاد کرد. درختان چوب‌ده از قبیل سرو، کاج، نارون و صنوبر را بدون محدودیت می-توان با پساب آبیاری نمود. هم‌چنین آبیاری محصولات صنعتی از قبیل پنبه محدودیتی ندارد. هر چند که در این مطالعه غلظت فلزات سنگین پایین‌تر از معیارهای توصیه شده سازمان حفاظت محیط زیست بوده است اما به دلیل اثر تجمعی این عناصر اولویت اول آبیاری گیاهان صنعتی غیر خوراکی از قبیل پنبه و درختان چوب‌ده می-باشد(نشریه WHO، ۱۹۸۹).

اختلاط پساب این تصفیه خانه با آب‌های اولیه

آب‌های با کیفیت مناسب یا آب‌های اولیه می-تواند به طور مستقیم برای تولید محصول مورد استفاده قرار گیرد. از طرف دیگر، آب‌های اولیه به صورت مخلوط شده با پساب نیز می‌تواند مورد استفاده مجدد واقع شود. این تلفیق به دو صورت استفاده تناوبی و اختلاط امکان-پذیر است. در استفاده تناوبی، دو منبع آب به طور متناوب در فصل کشت مورد استفاده قرار می‌گیرند (استفاده تناوبی درون فصلی) یا این که هر دو منبع آب به طور جداگانه در طول فصول برای گیاهان مختلف استفاده می-شوند (استفاده تناوبی بین فصلی). انتخاب گزینه مطمئن

برای استفاده مجدد به چند عامل مهم بستگی دارد که عبارتند از: کیفیت پساب، مقاومت گیاه نسبت به میزان مواد موجود در پساب و میزان دسترسی به منابع آب شیرین، مقدار و زمان دسترسی به پساب نیز از مسائل مهم و اصلی می‌باشد. به طور مثال، در محلی که قرار است در یک فصل کشت از پساب به عنوان آب آبیاری استفاده گردد، مسئله مهم این است که پساب به طور مستقیم مورد استفاده قرار گیرد یا به صورت تناوبی. استفاده مستقیم از پساب به طور معمول در سطح مزرعه بدون اختلاط با آب اولیه مناسب انجام می‌گیرد. نتایج تحقیقات انجام شده در کشورهای هند، پاکستان، آسیای مرکزی و مصر نشان می-دهد که آبیاری سطحی با استفاده مستقیم پساب، بدون کاهش محصول در صورتی امکان‌پذیر است که شوری پساب از حد آستانه تحمل برای گیاهان مورد نظر فراتر نرود و شرایط زهکشی از وضعیت مطلوبی برخوردار باشد. از آنجا که گیاهان در مراحل اولیه رشد نسبت به شوری حساس‌ترند، براساس تحقیقات انجام شده در کشور هند، پیش آبیاری با آبی با کیفیت مناسب دارای اهمیت خاصی می‌باشد. به منظور دست‌یابی به محصول بیشتر، لازم است تا پیش آبیاری با آب مناسب انجام شود و در دوره‌های بعدی آبیاری، از پساب استفاده گردد. تحت چنین شرایطی، استفاده از پساب با میزان شوری بیشتر از حد آستانه تحمل گیاه به شوری توام با حفظ محصول امکان‌پذیر می‌باشد. اختلاط پساب با آب با کیفیت مناسب به نسبتی که مواد موجود در آب آبیاری حاصله کمتر از میزان آستانه تحمل گیاه باشد، یک روش عملی قابل قبول بوده و توسط بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است. گزینه اختلاط آب اولیه با پساب یک روش مدیریتی و کاربردی دیگر می‌باشد. کاربرد آن آسان است زیرا در این روش مخزنی برای مخلوط کردن آب دو منبع لازم نیست. به علاوه بسیاری از دانشمندان در عمل از آب با کیفیت خوب طی مرحله حساس رشد گیاه و آب با کیفیت پایین را در سایر مراحل رشد مورد استفاده قرار داده‌اند. هنگامی که کیفیت پساب از مقدار تحمل آستانه‌ای برای تولید بهینه محصول بیشتر باشد، می‌توان آن را با سایر منابع آب قابل دسترس مخلوط کرد تا از کیفیت قابل قبولی برای کشت گیاهان مورد نظر برخوردار شود. هنگامی که عملیات اختلاط در سطح مزرعه انجام می-شود، کیفیت آب می‌تواند به اندازه حد تحمل به کیفیت هر یک از گیاهان مورد عمل اصلاح گردد. استفاده تناوبی که همچنین با عنوان متناوب نیز شناخته شده، راه‌کاری است که امکان کاربرد تلفیقی آب مناسب پساب را فراهم می‌سازد. در این روش، پساب در چرخه‌ای از پیش تعیین شده، جایگزین آب اولیه می‌شود. استفاده تناوبی در مواردی کاربرد دارد که کیفیت پساب از میزان تحمل آستانه گیاه بیشتر شده باشد. روش تناوبی استفاده از پساب‌ها می‌تواند به صورت‌های درون فصلی و بین فصلی به کار گرفته شود.

رهیافت ترویجی

با توجه به نتایج این مطالعه، از نظر شیمیایی کاربرد پساب تصفیه خانه فاضلاب اراک در کشاورزی از نظر پارامترهای مورد بررسی محدودیت خاصی ندارد. از نظر میکروبی با توجه به اینکه محصولاتی که با پساب آبیاری خواهد شد محصولات علوفه‌ای یا محصولاتی هستند که به صورت خام به مصرف انسان نمی‌رسند، می-توان گفت که انتقال باکتری‌های بیماری‌زا خیلی ضعیف است. توصیه می‌شود تحقیقاتی روی عناصر موجود در محصولات برداشت شده با پساب به صورت جامع و دقیق انجام و نتایج در اختیار بهره‌برداران و مسئولین قرار گیرد. لازم است استفاده مجدد برنامه‌ریزی شده به صورت مدبرانه همراه با کنترل کیفی در مرحله تصفیه فاضلاب انجام شود. در نهایت از سیستم مدیریت تلفیقی کنترل مانند: استفاده از استانداردها و رهنمودهای مناسب، به کارگیری روش‌های بهینه تصفیه، کاربرد الگوهای کشت مناسب، به کارگیری روش‌های کاشت و آبیاری مناسب، اعمال روش‌های لازم به منظور محدود سازی تماس و در معرض قرار گرفتن کارگران و عموم و تدوین و اجرای

دستورالعمل‌های لازم (برای گروه‌های مختلف ذیربط مانند کشاورزان و عوامل اجرایی کنترل کننده) ایجاد و اجرای سیستم‌های پایش دقیق و کارآمد جهت جلوگیری، کاهش و جبران ریسک‌های زیست محیطی و بهداشتی استفاده شود. در مورد محصولات سبزی و صیفی بدلیل انتقال بار میکروبی مصرف فاضلاب توصیه نمی‌شود.

فهرست منابع

۱. ابراهیمی زاده. م.ع، حسن لی.ع. م، احمدی راد. ش. حداقل اثرات زیست محیطی پساب فاضلاب شهری بر خاک در کشت ذرت. مجموعه مقالات اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران. ۱۳۸۵.

۲. شادکام. س، دانش. ش، علیزاده، الف، پروان، م. بررسی استفاده مجدد از فاضلاب خام و پساب تصفیه شده بر هدایت هیدرولیکی بافت های مختلف خاک. مجموعه مقالات اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران. ۱۳۸۵.

۳. معاضد. ه، حنیفه لو، الف. ارزیابی کیفیت فاضلابهای ورودی و خروجی تصفیه خانه فاضلاب غرب شهر اهواز برای استفاده مجدد در کشاورزی. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زه کشی، اهواز. ۱۳۸۵.

٤. موحدیان. ف، افیونی. م. اثر پساب و لجن صنعتی روی برخی خصوصیات شیمیایی و تجمع عناصر سنگین خاک در اصفهان. مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، اصفهان. ۱۳۸۵.

۵. پروان، م. اثرات آبیاری با فاضلاب تصفیه شده برروی خصوصیات خاک. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۳۸۳.

٦. علیزاده، الف. استفاده از پساب تصفیه شده خانگی در آبیاری چغندرقند، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، گزارش نهایی طرح پژوهشی. ۱۳۷٦.

۷. طباطبائی, س. ح., ۱۳۸۳, تغییرات زمانی معادله نفوذ آب در خاک در آبیاری جویچه ای متاثر از بافت خاک و شرایط مدیریتی مزرعه, رساله دکتری در رشته آبیاری و زهکشی, دانشگاه تهران.

۸. ناصری. س، صادقی. ط، واعظی. ف، ندافی. ک.،۱۳۹۱، بررسی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب اردبیل به منظور استفاده مجدد در کشاورزی. مجله سلامت و بهداشت. دوره۳ شماره ۳ صفحه ۷۳-۸۰.

۹. قانعیان، م. ت. مصداقی نیا، ع. احرام‌پوش، م. ۱۳۸۰. " مبانی استفاده مجدد از فاضلاب " . انتشارات طب گستر ٤٥-٤٧.

۱۰. حاج رسولی‌ها، ش. ۱۳٦٤ . " کیفیت آب در کشاورزی . " . انتشارات مرکز نشر دانشگاهی .

11. Alaton IA, Tanik A, Ovez S, Iskender G, Gure M, Orhon D. Reuse potential of urban wastewater treatment plant effluents in Turkey: a case study on selected plants. Desalination. 2007; 215(1):159-165.
12. Almas AAM, Scholz M. Potential for wastewater reuse in irrigation: case study from Aden (Yemen). International Journal of Environmental Studies. 2007; 63(2): 131-142.
13. Amjad M, Salimi Saboor S, Maghsoodloo B. Study the opportunities of reusing municipal wastewater of the city of Yazd. 9th National Congress on Environmental Health. Isfahan. 2006. (Full text in Persian)
14. Asanoa T, Cotruvob JA. Groundwater recharge with reclaimed municipal wastewater: health and regulatory considerations. Journal of Water Research. 2004; 38:1941–1951

15. US EPA. Guidelines for water reuse. Municipal Support Division Office of Wastewater Management Office of Water Washington DC. 2004:1-28
16. WHO. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. 1989: 77.
17. Yang H, Abbaspour K. Analysis of wastewater reuses potential in Beijing. Desalination. 2007; 212: 238-250.
18. Asano T., Levine A. D. Wastewater Reclamation, Recycling And Reuse: Past, Present, And Future, Water Science. and Technology. 33(10-11): 10-11, PP.1-14. 1996.
19. Cameron, D. R. Sustainable Effluent Irrigation Phase ll: Review of Monitoring Data, Moose Jaw. Tech. Rept. Prepared for Irrigation Sustainability Committee, Canada-Saskatchewan, Agriculture Green Plan. 1997.
20. Saber, M. S. M. Prolonged Effect of Land Disposal of Human Waste on Soil Conditions. Wat. Sci. Tech. 11: PP.371-374. 1986.
21. Feizi, M. Effect of Treated Wastewater on Accumulation of Heavy Metals in Plants and Soil. International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. Seoul, Korea. PP.137-146. 2001.
22. Smart, M. K. Effects of Long-Term Irrigation with Reclaimed Water on Soils of the Northern Adelaide Plains, South Australia. Australian Journal of Soil Research.
23. Patterson, R. A. 1996. Soil Hydraulic Conductivity and Domestic Wastewater. Wat. Scie. and Technol. 43(12). PP. 103-108. 2003.
24. Alizadeh, A., Using Reclaimed Municipal Wastewater for Irrigation of Corn. International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. Seoul. Korea. PP.147-154. 2001.
25. Hussain, G. Al-Saati, J.A. Wastewater Quality and its Reuse in Agriculture in Saudi Arabia. Desalination. 123:PP. 241-251. 1999.
26. Mahida, U. N. Water Pollution and Disposal of Wastewater on Land. McGrow-Hill pub., New Delhi., 323 PP. 1981.
27. Farhood, M. R., Amin, S. Groundwater Contamination by Heavy Metals in Agricultural Water Resources of Shiraz Area. International Workshop in Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. Seoul, Korea. PP.95-103. 2001.
28. Cheng, A. C., Warknek, J. E., Page, A. L., Land, A. J. Accumulation of Heavy Metal in Sewage Sludge Treated Soils. J. Environ. Qual. 13:PP.87-90. 1984.
29. Ayers, R.S. and Westcot, D.W. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 29, FAO, Rome, Ithaly. 1985.