استفاده مجدد از فاضلاب بهداشتی تصفیه شده و زه آب کشاورزی به عنوان منابع جایگزین برای آبیاری سبزیجات دشت عقیلی

حسین سلطانی کاظمی[1]، احسان دریکوند[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
۲- دکترای عمران – محیط زیست، هیئت علمی دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، شوشتر، ایران

چکیده

با توجه به کمبود آب در ایران و رشد جمعیت و شهرنشینی، برنامه ریزی برای استفاده بهینه از منابع آب و بازیافت آب از منابع نامتعارف ضرورت بیشتر یافته است. در این شرایط استفاده از فاضلاب تصفیه شده یکی از گزینه های در دسترس تامین منابع آب در استفاده های غیر آشامیدنی است. این تحقیق با هدف استفاده مجدد از فاضلاب بهداشتی تصفیه شده و زه آب کشاورزی به عنوان منابع جایگزین برای آبیاری سبزیجات انجام شد. بدین منظور ٦ گونه بذر؛ ترب قرمز، برگ چقندر، گشنیز، مرزه، شوید و تره در سه تکرار ۱-آبیاری با آب چاه، ۲-آبیاری با زه آب کشاورزی و ۳-آبیاری با فاضلاب تصفیه شده کاشت و بررسی شدند. هرکدام از بذرها به میزان ۱۰۰ گرم در ۳ تکرار آبیاری کاشت شدند. کیفیت خاک، فلزات سنگین در خاک، آزمایشات آلودگی و انگلی آب و بهداشت آب در مراحل مختلف اندازه گیری شد. همچنین وزن و ارتفاع سبزیجات در زمان برداشت برای مقایسه سه تکرار کاشت اندازه گیری شد. نتایج نشان داد وزن و ارتفاع سبزیجات در سه تکرار تفاوت معناداری با هم نداشتند، اما در مجموع اندازه رشد سبزیجات تکرار آبیاری با زه آب کشاورزی از دو تکرار دیگر بیشتر بود. استانداردهای سازمان محیط زیست برای آبیاری کشاورزی پس از تصفیه فاضلاب بدست آمد، اما میزان فلزات سنگین خاک پس از آبیاری با فاضلاب اندکی افزایش و شوری خاک کاهش یافت. در نهایت پیشنهاد می شود برای جلوگیری از به هدر رفتن منابع آب از زه آب کشاورزی برای آبیاری سبزیجات و استفاده از فاضلاب تصفیه شده بهداشتی در موارد خاص با آزمایشات مستمر کنترل بهداشت و کیفیت انجام شود.

واژه های کلیدی: ***فاضلاب بهداشتی، تصفیه فاضلاب، زه آب کشاورزی، منابع جایگزین آب، آبیاری سبزیجات.***

مقدمه

ایران از جمله کشورهای خشک و نیمه خشک دنیا به حساب می‌آید. میزان مصرف آب در بخش کشاورزی بالاترین درصد را در بین کلیه مصارف به خود اختصاص داده و در بسیاری از نقاط کشور، کمبود آب به آنچنان وضعیت حاد و بحرانی رسیده است که برنامه‌ریزان و مدیران منابع آب را مجبور ساخته تا در برنامه‌ریزی های توسعه، به کلیه منابع متعارف و غیرمتعارف آب (منابع آب با کیفیت پایین) توجه نمایند (۱). یکی از منابع آب با کیفیت پایین، فاضلاب‌های تصفیه شده شهری می‌باشد که البته استفاده از آن‌ها در کشاورزی نیاز به مدیریت‌های خاص دارد. امروزه با رشد جمعیت شهری و به دنبال آن بالا رفتن سطح بهداشت و آگاهی مردم، میزان مصرف آب افزایش یافته است. مصرف بالای آب، صعود میزان فاضلاب را به همراه خواهد داشت. رهاسازی فاضلاب خام در طبیعت باعث آلوده شدن محیط زیست می‌شود و تاثیر بدی در کیفیت جریانات سطحی و زیرزمینی می‌گذارد. تصفیه فاضلاب، ضمن حفظ محیط زیست باعث بهره‌برداری از فاضلاب و استحصال و بازیافت آب مصرف شده می‌شود (۲).

پساب‌ها غالبا حاوی ترکیبات مختلف عناصر کمیاب، فلزات سنگین و ریزجاندارانی هستند که استفاده

از آن‌ها را در بخش‌های مختلف با محدودیت مواجه کرده است. با وجود این، می‌توان بر حسب نوع پساب و ترکیبات تشکیل‌دهنده آن، در بخش‌های مختلف از آن سود برد (۳). پساب به عنوان منبع غیرمتعارف آب جهت کاربرد در بخش کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که ضمن بهره‌گیری مطلوب از آن، مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را به همراه نداشته باشد (۴). چنانچه در کشورهای توسعه یافته باوجود تهدیدهای کمتر زیست محیطی ناشی از بحران آب، در مقایسه با کشورهای کم آب نظیر کشور ایران، تلاش‌های بسیار بیشتر و جدی‌تری صورت گرفته است. در امریکا استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری و مصارف صنعتی از سال ۱۹۲۸ آغاز شده است. به عنوان مثال سالانه معادل ۲۳۹ میلیون مترمکعب آب بازیافتی (۴۸ درصد کل فاضلاب تصفیه شده) در کشاورزی ایالت کالیفرنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵). در ایران نیز مطالعاتی درباره استفاده از پساب در کشاورزی انجام شده است. از جمله انبیر و نوری (۱۳۹۷) در پژوهش خود به بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری اکباتان جهت کاربرد در اراضی کشاورزی و فضای سبز پرداختند و گزارش نمودند که کیفیت پساب خروجی از نظر همه‌ی پارامترها در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست مطابقت دارد و این پساب قابلیت استفاده در آبیاری فضای سبز و کشاورزی را دارا می‌باشد (۶). همچنین حاتمی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود به امکان سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی فرآیند هوادهی گسترده تصفیه فاضلاب شهر بجنورد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری پرداختند و در نتیجه پیشنهاد نمودند که این پساب در آبیاری گیاهان نیمه حساس استفاده شود. همچنین این پساب برای تغذیه به آب زیرزمینی و تخلیه به آب‌های سطحی مناسب نبوده و بر اساس استانداردها نیازمند تصفیه پیشرفته است. این موضوع در خارج از کشور هم در مطالعات اخیر مورد توجه بوده است (۷). لیباتی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود به بررسی استفاده مجدد از فاضلاب های صنعتی برای جانشینی آبیاری محصول گیاهی در مدیترانه پرداختند و نتیجه گرفتند که استفاده مجدد از اصلاح آبیاری پساب صنعتی کشاورزی رامی توان یک راه موثر برای مقابله با کمبود آب کشاورزی در این منطقه مدیترانه دانست (۸). آگرافیوتی و دیامادوپولو (۲۰۱۲) درباره آبیاری سبزیجات تحت تیمار آبیاری با پساب صنعتی و تأثیر آن بر خصوصیات کمی و کیفی تولید و همچنین خواص میکروبیولوژیکی خاک مطالعه نمودند و نشان دادند منبع آبیاری اثر درخور توجهی در عملکرد کمی سبزیجات نداشت. نتایج میکروبیولوژیکی خاک نشان داد سطوح متوسط اشریشیا کولی، مدفوع انتروکوک و سالمونلا در خاک تحت آبیاری با پساب، بیشتر از نتایج آبیاری با آب چاه و همچنین دستورالعمل های ایتالیا برای استفادۀ دوباره از پساب است (۹).

لزوم حفاظت از محیط زیست، اصل غیر قابل تردیدی است که در جهان امروز مورد پذیرش عام بوده و این ضرورت به موازات رشد صنایع و تکنولوژی و به دنبال آن بروز آلودگی‌ها اهمیت بیشتری پیدا کرده است. رشد ناموزون صنایع کشور در سال‌های اخیر و ادامه روند فعلی، اکوسیستم‌های محیط زیست را تحت تاثیر قرار داده و می‌دهد. لذا نگاهی چند بعدی و جلوگیری از فعالیت‌های اقتصادی که برمبنای بهره‌کشی مطلق از طبیعت شکل گرفته‌اند و هدایت فعالیت‌های صنعتی به گونه‌ای که کمترین آسیب و زیان را بر محیط زیست داشته باشد، ضرورت دارد. اما سیاست‌های کنترل و جلوگیری از آلودگی زمانی می‌تواند موثر واقع شود که کارخانه‌ها و شرکت‌ها این سیاست‌ها را در برنامه‌های خود پیاده‌سازی کنند.

بنابراین در این تحقیق سعی بر این استفاده مجدد از فاضلاب بهداشتی تصفیه شده و زه‌آب کشاورزی به عنوان منابع جایگزین برای آبیاری سبزیجات مورد بررسی قرار گیرد تا شاهد کمترین اثرات مخرب زیست محیطی و بهداشتی در راستای استفاده بهینه از این منبع آبی نامتعارف باشیم.

مکان مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بنه کاظم حاج سلطان، روستایی از توابع بخش عقیلی شهرستان گتوند در استان خوزستان ایران است. این روستا در دهستان عقیلی شمالی قرار دارد و براساس سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵، جمعیت آن ۵۹۶ نفر (۱۲۲خانوار) بوده‌است. این منطقه دارای زمستان و پاییزی مدیترانه‌ای بوده و زیست‌بوم سرسبز آن از پایان زمستان تا آغازه‌های بهار بسیار دلپذیر است. گرم‌ترین و سردترین ماه‌های سال این منطقه به ترتیب تیر و دی می‌باشند. میانگین دمای سالیانه ۲۷/۲ درجه سانتیگراد می‌باشد که در تابستان دمای بالاتر از ۴۴ درجه و در زمستان کمتر از ۱۷ درجه در یک دهه اخیر ثبت شده است. متوسط بارندگی سالیانه در منطقه ۳۲۲ میلی‌متر محاسبه شده‌است. زمین های آبی ۱۹۴ هکتار طبق سند اصلاحات ارضی باضافه ۵۰ هکتار اضافه دیم ۱۵ هکتار آب شرب ازطریق چاه های حلقوی در شهر سماله از طریق تصفیه خانه آب شرب تامین‌می شود.

در برخی از نقاط از آبهای سطحی برای مصارف شرب استفاده‌می شود که این منابع آب با توجه به ورود پساب‌های صنعتی و یا نادیده انگاشتن مسائل زیست محیطی میزان آلودگی های بیشتری را با خود خواهند داشت.

تصفیه پساب‌ها در منطقه موردنظر (عقیلی) بوسیله یک سپتیک تانک می باشد. بدین صورت که یک حوضچه با ابعاد مختلف در زمین حفر شد و تمامی پساب ها به داخل این حوضچه وارد شد. در آخر این فاضلاب به داخل یک سپتیک تانک دیگر انتقال داده شد تا به آزمایشگاه تحویل گردد. به این روش چاه جذبی دفن در زمین گفته می شود.

مواد و روش ها

در این تحقیق ۶ گونه بذر؛ ترب قرمز، برگ چقندر، گشنیز، مرزه، شوید و تره در سه تکرار آبیاری با آب چاه، آبیاری با زه آب کشاورزی و آبیاری با فاضلاب تصفیه شده کاشت و بررسی شدند. هرکدام از بذرها به میزان ۱۰۰ گرم در ۳ تکرار آبیاری کاشت شدند. در تکرار اول با آب چاه، پس از آماده سازی زمین در خاک آن مقدار کود حیوانی ریخته و کاملاً مخلوط شد. بذرپاشی توسط نیروی انسانی انجام شد و با آب پاش مقداری آب روی آنها پاشیده شد تا جذب خاک شوند و مراحل بعدی آبیاری با آب چاه انجام گردید. تکرار دوم با زه آب کشاورزی به مانند تکرار اول انجام و با زه آب کشاورزی آبیاری شد. در تکرار سوم با فاضلاب تصفیه شده، قبل از کشت از ۶ کرت نمونه خاک گرفته شد؛ بدین ترتیب که در هر کرت چاله ای به عمق ۳۰ سانتی متر حفر گردید و از هرکدام نمونه برداری شد و بعد با هم ترکیب شدند و جهت آنالیز خاک تحویل آزمایشگاه داده شد. در نهایت در این تکرار از هیچ گونه کودی استفاده نشد و بعد از بذرپاشی و آب پاشی روی بذرها آنها توسط فاضلاب تصفیه شده آبیاری شدند. در ادامه هرسه تکرار کشت یک روزه آبیاری و بعد از این مرحله هفته ایی یک بار آبیاری انجام شد. بعد از گذشت ۲ هفته اولین مرحله وجین کردن (از بین بردن علف های هرز) در تکرار اول و دوم آغاز شد و ظرف مدت ۴۵ روز یعنی کل دوره ۲ مرحله عملیات وجین کردن انجام شد ولی در تکرار سوم با فاضلاب بهداشتی تصفیه شده هیچ گونه علف هرزی مشاهده نشد.

بعد از ۱۵ روز برداشت داده های خام از مزرعه (نمونه برداری میدانی) آغاز شد؛ بدین صورت که هر ۱۵ روز یک بار اندازه گیری ارتفاعی از سبزیجات بعمل آمد. ظرف مدت ۴۵ روز این عملیات ۳ بار تکرار شد. پس از پایان دوره ۴۵ روزه اندازه گیری وزنی از هر گیاه جداگانه انجام شد.

روش تصفیه فاضلاب: در این تحقیق روش تصفیه فاضلاب بهداشتی با احداث یک سپتیک تانک (گندانبار) در داخل زمین با مصالح بنایی انجام شد. در داخل سپتیک تانک یک بافل (جداکننده) احداث گردید و روی آن با یک دال بتنی به طول ۲ اینچ برای هواکش و یک دریچه برای استخراج فاضلاب احداث گردید،

تمامی فاضلاب های بهداشتی به داخل سپتیک هدایت شد و قبل از مراحل با فرایند تصفیه نمونه گیری انجام شد و این نمونه جهت تعیین کیفیت و بالاخص کشت میکروبی به آزمایشگاه مرکزی آب و فاضلاب اهواز ارسال شد.

اولین مرحله فرایند تصفیه از طریق یک پمپ برقی که روی سپتیک نصب شد فاضلاب را بداخل آشغال گیر هدایت کرده و بعداز عبور از آشغال گیر فاضلاب بداخل یک منبع فیلتر شنی که از چهارلایه شنی از ریزدانه تا درشت دانه تشکیل شده بود جهت کاهش بار آلودگی هدایت گردید. جهت تصفیه تکمیلی استفاده از فیلترهای آب تصفیه کن های خانگی که بصورت دور ریز بود یک فیلتر کربن اکتیو جهت زدایش بیشتر آلودگی استفاده گردید. فیلترهای کربن اکتیو پس از پودرشدن در مجاورت حرارت قرارگرفته تا شرایط جذب سطحی در آنها احیاء شود. در مرحله پایانی بازماند مناسب هوادهی با پمپ (دیفیوزی مثل پمپ آکواریوم) به فاضلاب داده شد. در مرحله انتهایی فرایند تصفیه به میزان لازم مواد ضدعفونی کننده محلول هیپوکلریت سدیم (آب ژاول) به فاضلاب اضافه شد و با کیت کلرسنج اندازه گیری شد و از خروجی این تصفیه یک نمونه گرفته شد و جهت تعیین کیفیت، کشت میکروبی و تأمین استانداردهای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آزمایشگاه بررسی شد.

مقادیر متوسط پارامترها به عنوان آمار توصیفی این تحقیق با استاندارد کاربرد پساب در بخش مصارف کشاورزی و آبیاری مقایسه و در نرم افزار تحلیل شد. انجام آزمایش ها با استفاده از دستگاه های دیجیتال و در آزمایشگاه تصفیه خانه صورت گرفت. اندازه‌گیری COD نمونه ها به کمک ویال و با استفاده از دستگاه COD مدلAQUA LYTIC)، اندازه‌گیری BOD نمونه ها با استفاده از دستگاه BOD متر دیجیتال، اندازه‌گیری pH نمونه‌ها به روش الکترومتری و با استفاده از دستگاه pH سنج، اندازه‌گیری سولفات نمونه ها به روش رنگ سنجی و با استفاده از دستگاه فتومتر، سنجش کدورت با استفاده از روش نفلومتری یا تفریق سنجی، اندازه گیری کدورت با دستگاه کدورت‌سنج، سنجش TSS به روش وزن سنجی یا گراویمتری و با استفاده از کاغذ صافی، اندازه گیری وزن سبزیجات با ترازوی دیجیتال و اندازه گیری ارتفاع رشد با متر نواری فلزی انجام شد.

داده های بدست آمده به روش آمار توصیفی و استنباطی توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ تجزیه و تحلیل شد. تجزیه و تحلیل داده ها برای مقایسه رشد و وزن گیاهان در سه نوع آبیاری با استفاده از آزمون های آماری تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر و همچنین تحلیل واریانس یکسویه در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته ها

یافته ها نشان داد استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری کشاورزی نشان داد که EC خاک به مراتب کاهش یافته است. این روند جهت کشت سبزیجات که حساس به EC بالای آب و خاک می باشند مناسب است. یعنی فاضلاب بهداشتی توانست خاک مزرعه را شیرین نماید و از پارامترهای مثبت تاثیر گذار در استفاده از پساب می باشد. در سایر قسمت های بافت خاک تاثیر قابل توجهی مشاهده نشد.

با استفاده از بخش‌های تصفیه فاضلاب بصورت فیزیکی، شیمیایی و بیولیژیکی پس آب دارای شرایط استاندارد جهت آبیاری سبزیجات‌می باشد کاهش BOD_5 و COD توسط بخش بیولوژیکی تصفیه فاضلاب، کاهش جامدات معلق توسط فیلتر شنی احداث شده در مسیر سپس آب و کاهش چشمگیر میکر و ارگانیسم های معلق توسط فیلتر شنی احداث شده در مسیر پس آب و کاهش چشمگیر میکرو ارگانیسم های موجود توسط روش کلرزنی سبب گردید که پساب فاضلاب سپتیک برای کشاورزی مناسب باشد.

اطلاعات جدول شماره (۱) نشان می دهد که پارامترهای اندازه گیری شده در شاخص های ملاک برای تعیین امکان استفاده آب در بخش کشاورزی نسبت به اندازه های قبل از تصفیه بهبود قابل توجهی یافته است و باتوجه به استانداردهای سازمان محیط زیست، پس از تصفیه فاضلاب در شرایط مناسبی قرار دارد.

جدول ۱-گزارش پارامترهای اندازه گیری شده قبل و بعد از تصفیه

پارامتر	واحد اندازه گیری	قبل از تصفیه	بعد از تصفیه
کدورت	NTU	۳۸	۸
PH	-	۷/۹	۷/۷
جامدات محلول (TDS)	PPM	بالای ۸۰۰	بالای ۸۰۰
مواد معلق (TSS)	mg/l	۸۹	۱۹/۱۵
BOD5	mg/l	۱۸۰	۴۸
COD Oxygen 02	mg/l	۲۸۰	۸۹
کل کلیفرم	ml100 MPN	۹۴۰	۳۵۰
تخم انگل	تعداد در لیتر	۱<	۰
روی	mg/l	۲	۱/۹۱
سرب	mg/l	۱	۰/۰۴
کرم	mg/l	۲	۰/۷۱۵
کادمیوم	mg/l	۰/۰۵	۰/۰۳۹
EC	ds/m	۱۴۰۰	۱۱۰۰

اطلاعات جدول شماره (۲) اندازه گیری ارتفاع رشد انواع سبزیجات کشت شده در سه تکرار مورد مطالعه را در روزهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ ام کشت نشان‌می دهد. اطلاعات بدست آمده نشان داد که ارتفاع رشد در گشنیز در آبیاری با آب چاه بیشتر از دو گروه دیگر بود و برای ترب قرمز بیشترین ارتفاع رشد در گروه آبیاری با زه آب کشاورزی دیده شد. سبزیجات برگ چغندر، مرزه و تره در تکرار آب چاه و زه آب کشاورزی نسبت به فاضلاب تصفیه شده رشد بیشتری داشت اما میزان رشد شوید در سه گروه برابر بود (جدول ۲، نمودار ۱).

جدول ۲- میزان رشد سبزیجات در سه تکرار (ارتفاع با واحد سانتی متر)

تکرار اول(آب چاه)

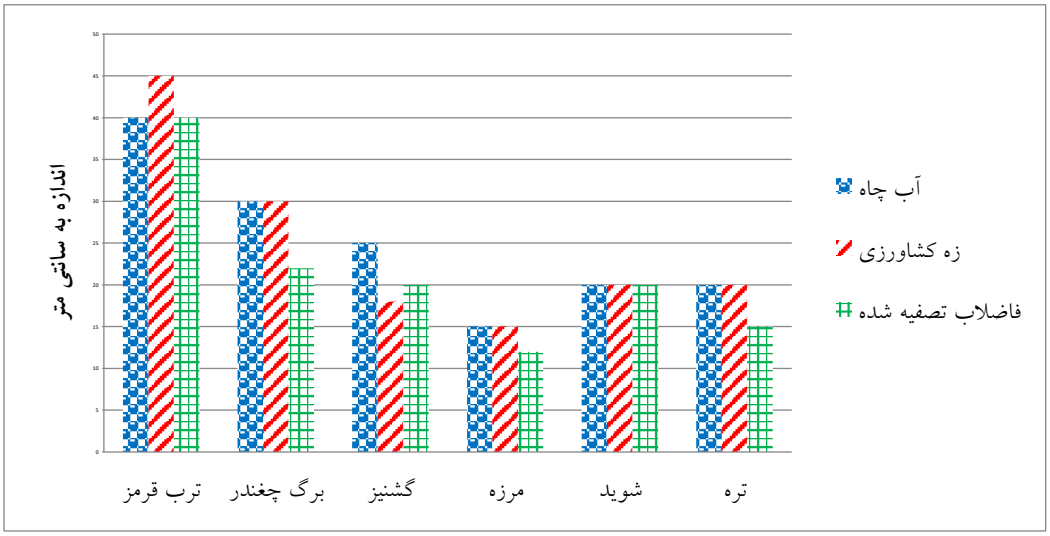
ردیف	نوع گیاه	۱۵ روزه (cm)	۳۰ روزه (cm)	۴۵ روزه(cm)
۱	ترب قرمز	۲۰	۳۸	۴۰
۲	برگ چغندر	۱۰	۲۰	۳۰
۳	گشنیز	۷	۱۲	۲۵
۴	مرزه	۵	۱۰	۱۵
۵	شوید	۴	۱۰	۲۰
۶	تره	۵	۱۲	۲۰

تکرار دوم (زه آب کشاورزی)

ردیف	نوع گیاه	۱۵ روزه(cm)	۳۰ روزه (cm)	۴۵ روزه(cm)
۱	ترب قرمز	۲۰	۳۵	۴۵
۲	برگ چغندر	۱۰	۲۰	۳۰
۳	گشنیز	۸	۱۴	۱۸
۴	مرزه	۵	۱۰	۱۵
۵	شوید	۵	۱۲	۲۰
۶	تره	۷	۱۴	۲۰

تکرار سوم (فاضلاب بهداشتی تصفیه شده)

ردیف	نوع گیاه	۱۵ روزه (cm)	۳۰ روزه (cm)	۴۵ روزه(cm)
۱	ترب قرمز	۷	۳۰	۴۰
۲	برگ چغندر	۴	۱۵	۲۲
۳	گشنیز	۳	۱۵	۲۰
۴	مرزه	۳	۸	۱۲
۵	شوید	۲	۱۲	۲۰
۶	تره	۴	۱۰	۱۵



نمودار ۱- میزان رشد سبزیجات در سه تکرار (ارتفاع با واحد سانتی متر)

اطلاعات بدست آمده نشان داد که وزن تر نهایی سبزیجات ترب قرمز و برگ چغندر در سه تکرار متفاوت است اما در سایر سبزیجات کشت شده تفاوت چندانی در وزن نهایی سه تکرار دیده نشد. آبیاری با آب چاه سبب وزن بیشتر برگ چغندر شد، اما در ترب قرمز وزن نهایی در گروه آبیاری با زه کشی و گروه آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بیشتر از گروه آبیاری با آب چاه بود. اطلاعات مشابهی در وزن خشک سبزیجات مورد مطالعه نیز مشاهده شد (جدول ۳ و ۴ و نمودار ۲).

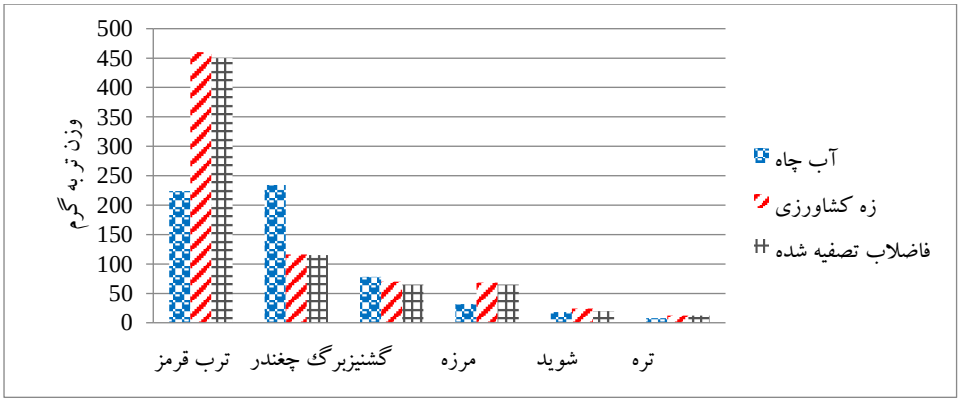
جدول ۳- میزان وزن تر سبزیجات در سه تکرار (واحد اندازه گیری گرم)

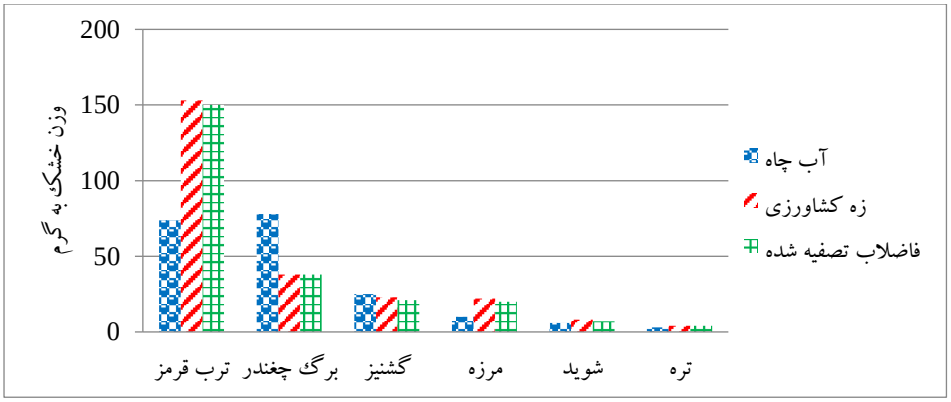
نوع گیاه	آب چاه	زه کشاورزی	فاضلاب تصفیه
ترب قرمز	۲۲۴	۴۶۰	۴۵۰
برگ چغندر	۲۳۴	۱۱۶	۱۱۵
گشنیز	۷۸	۷۰	۶۵
مرزه	۳۲	۶۸	۶۵
شوید	۱۸	۲۴	۲۰
تره	۸	۱۲	۱۲

جدول ٤- میزان وزن خشک سبزیجات در سه تکرار

نوع گیاه	آب چاه	زه کشاورزی	فاضلاب تصفیه
ترب قرمز	۷۴	۱۵۳	۱۵۰
برگ چغندر	۷۸	۳۸	۳۸
گشنیز	۲۵	۲۳	۲۱
مرزه	۱۰	۲۲	۲۰
شوید	۶	۸	۷
تره	۳	۴	۴

*واحد اندازه گیری گرم





نمودار ۲- میزان وزن تر و خشک سبزیجات در سه تکرار

گفت که بین میزان رشد سبزیجات در سه تکرار نوع آب تفاوت معناداری دیده نشد (جدول ۵).

آزمون آماری تحلیل واریانس یکسویه برای مقایسه وزن نهایی سبزیجات سه تکرار با یکدیگر نیز نشان داد که اختلاف معناداری بین سه گروه وجود نداشت (P=۰/۸۵۹) و سه روش آبیاری تاثیر یکسانی بر وزن سبزیجات داشته اند (جدول ۶).

یافته ها نشان داد که عامل زمان بر تغییرات رشد سبزیجات معنادار است و در هر بازه زمانی ۱۵ روزه میزان رشد سبزیجات بطور معناداری افزایش یافته است (P=۰/۰۰۱)، اما عامل گروه که نشان دهنده اثر نوع آبیاری بر میزان رشد سبزیجات بود، تاثیر معناداری بر تغییرات بین گروهی نداشت (P=۰/۵۰۲) ومی توان

جدول ۵- تحلیل واریانس با اندازه های مکرر برای مقایسه میزان رشد سبزیجات سه گروه با تکرار آبیاری متفاوت در سه مرحله اندازه گیری ۱۵، ۳۰ و ٤٥ روزه

منبع اثر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	مجذور میانگین	F	سطح معناداری
زمان	۴۶۸۸/۳۴۷	۱	۴۶۸۸/۳۴۷	۲۱۲/۶۷۹	۰/۰۰۱
گروه (نوع آبیاری)	۲۶۶/۷۲۲	۲	۱۳۳/۳۶۱	۰/۷۰۳	۰/۵۰۲
زمان×گروه	۸/۶۹۴	۲	۴/۳۴۷	۰/۱۹۷	۰/۸۲۲

جدول ٦- تحلیل واریانس یکسویه برای مقایسه وزن تر سبزیجات سه گروه با تکرار آبیاری متفاوت در پایان ٤٥ روز

شاخص آماری	مجموع مجذورات	درجه آزادی	مجذور میانگین	F	سطح معناداری
بین گروه	۱۳۳۶۵/۷۲۲	۲	۶۶۸۲/۸۶۱	۰/۱۵۳	۰/۸۵۹
درون گروه	۱۴۴۱۸۶۶۳/۲۵	۱۵	۴۳۶۹۲/۸۲۶		
کل	۱۴۵۵۲۲۸/۹۷۲	۱۷			

بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در مجموع استفاده از فاضلاب تصفیه شده و زه آب کشاورزی مانند آب چاه می تواند برای آبیاری سبزیجات استفاده شود و در روند رشد و وزن گیری سبزیجات تفاوت معناداری در سه نوع آب مورد استفاده وجود ندارد. این نتیجه تحقیق با تحقیقاتی همچون انبیر و نوری (۱۳۹۷)، حاتمی و همکاران (۱۳۹۷)، طاهری وهمکاران (۱۳۹۷)، امامی و چوپان (۱۳۹۷) و الباجی و عسکری (۱۳۹۶)، درباره تصفیه و بازچرخانی فاضلاب همخوانی دارد (۱۰، ۱۱، ۱۲). این راهکار یکی از مهمترین راهکارها در شرایط موجود کشورمان برای توسعه مدیریت منابع آب می‌باشد و نقش مهمی در حل مشکلات مربوط به کم آبی در کشور دارد. اما نعیمی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش خود نشان دادند که استفاده از پساب تصفیه خانه در آبیاری فضای سبز در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست با محدودیت روبه رو است یعنی کاربرد آن در طولانی مدت می توانید اثرات زیست محیطی مخربی را ناشی گردد (۱۳).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که راندمان تصفیه و حذف BOD و COD در پساب تصفیه شده در سطح مناسبی بود و قابلیت حذف بار آلی از پساب را دارا بود.

در نتیجه برای آبیاری کشاورزی در سطح استاندارد مورد تایید سازمان محیط زیست قرار داشت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از فاضلاب بهداشتی‌می تواند ریسک افزایش فلزات سنگین در خاک را افزایش دهد. مقادیر فلزات سنگین اندازه گیری شده آهن (قبل از کشت ۲/۷۴ و بعداز کشت ۶۱/۱۸) و منگنز (قبل از کشت ۲/۴۸ و بعداز کشت ۶/۲۲) و روی (قبل از کشت ۱/۹۱ و بعداز کشت ۳/۲۳) بود. تغییرات عمده فلزات سنگین در بافت خاک نشان دهنده وجود این پارامترها در فاضلاب های بهداشتی‌می باشد. یعنی فاضلاب‌های بهداشتی پتانسیل افزایش فلزات سنگین در آب و خاک را دارامی باشند. به جهت اینکه نیاز است تا ملاحظات بهداشتی دقیق درباره این مواد انجام شود لازم است در استفاده از پساب تصفیه شده تمهیدات لازم در جهت اندازه گیری و روش‌های کاهش این مواد صورت پذیرد. چراکه امروزه از معضلات استفاده از پساب ها در کشاورزی افزایش فلزات سنگین در خاک و جذب آن ها توسط گیاهان و افزایش خطر ابتلا به سرطان های متفاوت در چرخه زیستی‌می باشد. بنابراین نتایج تحقیقاتی از این دست باید با ملاحظات بهداشتی، ایمنی و اخلاقی همراه باشد. بنابراین در شرایطی که دسترسی به منابع دیگری همچون زه آب کشاورزی وجود داردمی توان به انتخاب روش های بهتری روی آورد. چنانچه لیباتی و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی مشابه با تحقیق حاضر به این نتیجه رسیدند که استفاده مجدد از اصلاح آبیاری پساب صنعتی کشاورزی یک راه موثر برای آبیاری کشاورزی در منطقه مدیترانه است (۸). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از زه آب کشاورزی جهت کشت سبزیجات در ارقام مختلف نتایج قابل قبولی را به دنبال دارد. چنانچه در این تحقیق کشت ترب سفید به ارتفاع cm ۴۵ و وزن ۷۴۹ گرم و ترب قرمز به ارتفاع ۴۵cm و وزن ۴۶۰ گرم و مرزه به ارتفاع cm ۵۵ و وزن ۶۸ گرم و تره با ارتفاع cm ۲۰ و وزن ۱۲ گرم و شوید به ارتفاع cm ۲۰ و وزن ۲۴ گرم و اسفناج با ارتفاع ۲۳cm و وزن ۶۸ گرم و برگ چغندر با ارتفاع ۳۰cm و وزن ۱۱۶ گرم و تره شاهی با ارتفاع ۲۸ و وزن ۱۲۲ گرم بیشترین بازدهی و عملکرد را نسبت به دو کشتی که از آب چاه و فاضلاب تغذیه شده اند را داشت.

امروزه آب های کشاورزی بدون استفاده مجدد به اکوسیستم های آبی تخلیه‌می شوند که از منابع اصلی آلودگی مخازن سدها، رودخانه ها و تالاب هامی باشد. این تحقیق نشان‌می دهد که‌می توان از این منابع آب غیرمتعارف که دارای کمترین آلودگی میکروبی و سرشار از مواد مغذی‌می باشد استفاده مجدد نمود. انواع کودهای شیمیایی (ازت، فسفر، پتاس...) و کودهای تقویتی، ریز مغذی ها و وجود عناصر آهن، مس و روی در محصولات کشاورزی به طور کامل جذب نمی شود و مقداری به همراه آب دفع‌می گردد و زه آب کشاورزی را تشکیل‌می دهد. بنابراین دلیل عمده و بارز عملکرد بالای سبزیجات وجود کودهای شیمیایی و تقویتی در زه آب کشاورزی‌می باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد استفاده از فاضلاب بهداشتی تصفیه شده سبب بهبود بافت خاک بالاخص EC خاک شده است. شوری خاک از ۲/۵۳ به ۰/۷۵ کاهش یافت و این تغییر در EC خاک می تواند جهت بسیاری از کشت های حساس به EC و بهبود بافت خاک این منطقه مناسب باشد. دراین باره امامی و چوپان (۱۳۹۷)، نیز اظهار نمودند که آبیاری با پساب باعث شده است که خاک‌های شور و سدیمی، به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل شده و این کار باعث افزایش مواد آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب لایه صفر تا ۴۰ سانتی‌متری خاک گردد (۱۱).

در نهایت می توان گفت از نظر شیمیایی می توان از پساب تصفیه شده فاضلاب در کشاورزی و آبیاری استفاده نمود اما برای بهره بری مناسب از پساب برای مصارف گوناگون باید تمام جوانب آن در نظر گرفته شود. با تکمیل فرآیندهای تصفیه فاضلاب نیز می توان به راحتی از خروجی سپتیک تانک ها جهت کشت مزارعی که محصول آن بطور مستقیم مورد استفاده قرار

نمی گیرد (گندم، جو، یونجه) استفاده نمود. لازم است خروجی این گونه پساب های تصفیه شده بطور مداوم تحت آزمایش کشت میکروبی و بطور دوره ای (حداقل شش ماهه) از لحاظ تجمع فلزات سنگین مورد ارزیابی قرار گیرند.

منابع

1- Faramarzi, M. Yang, H. Mousavi, J. Schulin, R. Binder, CR. Abbaspour, KC. (2010). Analysis of intra-country virtual water trade strategy to alleviate water scarcityin Iran. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, doi:10.5194/hessd-7-2609-2010

۲- عابدی، م. نجفی، پ. (۱۳۸۰). استفاده از پساب فاضلاب در کشاورزی، تهران: کمیته ملی معدن ایران آبیاری و زهکشی روش های استاندارد برای بررسی آب و فاضلاب.

۳- غلامی توران پشتی، م. چراغی، س.(۱۳۸۹). تعیین مصارف فاضلاب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب از شهرستان یزد در بخش کشاورزی، سمینار ملی دوم بر ارزش و اهمیت آب بازیافتی و پساب در مدیریت منابع، مشهد، ایران.

۴- مولوی، ه. میرزایی، ف. (۱۳۸۹). امکان سنجی استفاده از پساب صنعتی در بخش کشاورزی و فضای سبز (مطالعه موردی: کارخانه درمان شهرستان صنعتی البرز در استان قزوین)، سمینار ملی دوم بر ارزش و اهمیت آب و زباله های بازیافت آب در مدیریت منابع آب، مشهد.

5- California Water Resource Control Board. (2000). Municipal Wastewater Reclamation Survey. Available from: www.swrcb.ca.gov.

۶- انبیر، ل. نوری، ز. (۱۳۹۷). بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری اکباتان جهت کاربرد در اراضی کشاورزی و فضای سبز، مدیریت اراضی، ۶(۱): ۹۵-۱۰۲.

۷- حاتمی، ط. نادعلی، ا. روشنایی، ق. شکوهی، ر. (۱۳۹۷). امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی فرآیند هوادهی گسترده تصفیه فاضلاب شهر بجنورد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری. مجله علمی پژوهان. ۱۶ (۳) :-۲۰ .۲۸

8- Libuttia, A. Gattaa, G. Gagliardia, A Vergineb, P. Polliceb, A. (2018). Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable cropsuccession under Mediterranean conditions. Agricultural Water Management, Department of Science of Agriculture – Food and Environment – University of Foggia – Italy.

9- Agrafioti, E. Diamadopoulo, E. (2012). A strategic plan for reuse of treated municipal wastewater for crop irrigation on the Island of Crete. Agricultural Water Management, 105, 57-64.

۱۰- طاهری، م. علیزاده، ا. فرید حسینی، ع. انصاری، ح. (۱۳۹۷). بررسی انتقال نیترات از پساب تصفیه شده فاضلاب شهری به منظور استفاده مجدد از پساب برای کشت ذرت علوفه ای (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب نیشابور)، مجله آب و فاضلاب ۲۹ -۱۱۸ https://www.civilica.com/Paper-JR_WWJ-JR_WWJ-29-118_010.html

۱۱- امامی، س. چوپان، ی. (۱۳۹۷). ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی خاک تحت تأثیر آبیاری با پساب خام صنعتی و پساب فاضلاب تصفیه شده شهری، اکوسیستم های طبیعی ایران، ۹(۲): ۶۷-۸۰.

۱۲- الباجی، م. عسگری، ع. (۱۳۹۷). بررسی امکان استفاده از پساب در کشاورزی (مطالعه موردی: پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری شهرکرد)، حفاظت آب و خاک، ۲۴(۲): ۳۰۳-۳۰۸.

۱۳- نعیمی، ل. جاوید، اح. میرباقری، یا. (۱۳۹۳). بررسی تأثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب در فضای سبز شهری به منظور توسعه پایدار(مطالعه موردی: شهرک غرب تهران)، پایداری، توسعه و محیط زیست، ۹۳: ۳۷-۴۶.