نهمین کنفرانس ملی
نوآوری و فناوری علوم زیستی و شیمی ایران
9th National Conference on Innovation and Technology in Biology and Chemistry of I R A N
www.bc.bcnf.ir

بازیافت فاضلاب شهری با کاربرد الیاف نانوفیبر در لایسیمتر در راستای توسعه پایدار.

منصوره خلعتبری(۱)، پروانه صالحی (۲).

(۱)پژوهشگر کشاورزی و مسوول فنی کشاورزی شرکت شیمیایی تیسان زیر مجموعه شرکت شیمیایی سبزآور پردیس.

(۲) کارشناسی ارشد شیمی، مسوول فنی شرکت شیمیایی سبزآور پردیس.

چکیده:

مقدمه:آب شیرین و قابل شرب برای مصرف انسان تنها ۳ درصد از کل آب‌های روی کره زمین را تشکیل می‌دهد. ۹۷ درصد بقیه درون دریاها ، یخ‌های قطبی مسدود شده، یخچال‌ها، به صورت برف بوده و یا درون اتمسفر یا خاک پخش شده است. با توجه به وضعیت خشکسالی در ایران، لزوم استفاده از فاضلاب های تصفیه شده در کشاورزی و صنعت امری اجتناب ناپذیر است.

مواد و روش: هدف این تحقیق بررسی تأثیرنانوفیبر در لایسیمتر بر چگونگی کیفیت فاضلاب جهت مصارف غیرخانگی می باشد. در این تحقیق از زه فاضلاب خام و پساب تصفیه شده تصفیه خانه شهر ورامین به عنوان منبع آب آبیاری و از آب چاه به عنوان تیمار شاهد استفاده گردید. این طرح به صورت لایسیمتری اجرا گردید.

نتایج: نشان داد که که میزان BOD_5 و COD به ترتیب از ۱۵۱ و ۲۳۵/۷ میلی گرم در لیتر در فاضلاب خانگی پس از دو بار عبور از خاک به مقدار۱۰/۵ و ۱۵/۳ میلی گرم در لیتر در زه آب ثانویه رسید. با اندازه گیری شاخص های آلودگی فاضلاب مشخص گردید که با عبور فاضلاب از ۵ لایسیمتر اول میزان کلی فرم مدفوعی را حدود ۹۹ درصد کاهش داد که از متوسط (۱۸)۱۰*۱/۱۵ به (۵)۱۰*۲/۲ عدد در زه آب اولیه رسید و با عبور فاضلاب از ۴ لایسیمتر دوم تعداد آن در زه آب ثانویه به ۱۰۰۰ عدد رسید.

نتیجه گیری : نتیجه این طرح تحقیقاتی، ایجاد یک مدل مدیریتی و بررسی روش های ساده و کم هزینه را نموده است و بطوی که زه آب ثانویه در بسیاری از شاخص ها تفاوت معنی داری با آب چاه نداشته و می‌توان برای مصارف غیر خانگی در راستای حفظ محیط زیست در بخش کشاورزی بکار برد.

کلمات کلیدی :مصرف بهینه، فاضلاب خانگی، نانوفیبر، لایسیمتر و توسعه پایدار.

- مقدمه

در میان صاحبنظران توافق رو به رشدی وجود دارد که جمعیت جهان با بحران آب روبه‌رو است. در گزارش وضعیت آینده پروژه میلنیوم سازمان ملل آمده است که بیش از ۷۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان از کمبود آب رنج می‌برند و اگر کاری در این زمینه صورت نگیرد، این مقدار تا سال ۲۰۲۵ به ۳ میلیارد نفر افزایش پیدا خواهد کرد. رشد جمعیت و افزایش مصرف آب شیرین در سال های اخیر و کاهش منابع آبی در کشور از یکسو و وجود یک اقلیم خشک و نیمه خشک در ایران و بروز خشکسالی های اخیر باعث شده تا اکثر متخصصان به استفاده مجدد از فاضلاب ها و پساب های گوناگون در کشاورزی روی آورند. در چنین شرایطی با توسعه شهر نشینی و صنعتی شدن جوامع و حرکت آنها به سمت کشاورزی پایدار، نیازمند استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده می باشد (عابدی کوپایی و همکاران، ۱۳۸۲). در برنامه توسعه خصوصا در مناطق خشک و نیمه خشک از آنجایی که آب عامل محدود کننده محسوب می‌شود. بنابراین اقتصاد و مدیریت منابع آب ایجاب می کند که از واحد حجم آب حداکثر بهره وری شود. در این زمینه باید راه کارهایی ارائه شود. بنابراین با توجه به شرایط فوق، لزوم استفاده از فاضلاب های تصفیه شده در مصارف غیر شرب نظیر کشاورزی، فضای سبز، کارواش ها امری اجتناب ناپذیر است.

فاضلاب از نظر منشأ آن ممکن است خانگی، صنعتی، کشاورزی یا به‌صورت ترکیبی از این‌ها باشد. اهمیت بهداشتی فاضلاب به عواملی نظیر وجود عوامل شیمیائی و عوامل بیماری زائی زنده و مواد آلی متعفن که علاوه بر ایجاد بیماری های مختلف موجب تعفن و بدمنظر شدن محیط نیز می‌گردد، بستگی دارد (عرفانی و علیزاده، ۱۳۸۲). بیش از دو دهه گذشته استفاده از فاضلاب برای آبیاری گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان در پاسخ برای منابع متناوب آب به منظور افزایش تولید غذا دوباره رونق گرفت(Hespanhol and Prost, 2004).

در استفاده مجدد از فاضلاب‌های خانگی تصفیه شده باید به نکات ذیل توجه کامل شود:

۱) پیشگیری از مخاطرات بهداشتی و انتقال بیماری ها از طریق فاضلاب ها.

۲) تامین آسایش و رفاه جامعه و حفظ زیبایی محیط زیست و دور نمودن آلودگی‌ها از مناظر عمومی.

۳) حفظ تعادل اکولوژیکی و منابع طبیعی و زیست محیطی (حسن پور درویشی، ۱۳۸۹).

بنابراین اگر بخواهد از فاضلاب استفاده گردد، باید دارای کیفیت خاصی باشد. از لحاظ شیمیایی مهم ترین ملاک در مصارف آبیاری، غلظت کل املاح محلول است که با هدایت الکتریکی یا کل جامدات محلول و یا نسبت یون های کلسیم و منیزیم اندازه‌گیری می‌شود. افزایش میزان شوری سبب اختلال در سلول‌های گیاهی و افزایش سدیم نیز باعث کاهش نفوذ پذیری و کارآیی خاک می‌گردد. به طور کلی هدایت الکتریکی کمتر از ۱۰۰ میلی زیمنس در متر (۲۵ c) و نسبت جذب سدیم کمتر از ۱۵ قابل قبول است(حسن پور درویشی، ۱۳۸۹).

باقری (۱۳۹۶) با بررسی تاثیر پساب و سیستم های آبیاری نتیجه گرفت استفاده از پساب، تاثیر معنی داری بر افزایش ازت نیتراتی، منگنز و کبالت خاک داشت و همچنین میانگین شوری خاک را کاهش، نیتروژن کل و سرب خاک را در مقایسه با اول فصل رشد افزایش داد. کاربرد پساب تاثیر معنی داری بر کاهش تخلخل و وزن مخصوص ظاهری خاک در مقایسه با ابتدای فصل رشد داشت و

همچنین به طور کلی معنی داری باعث افزایش سرعت نفوذ نهایی خاک در مقایسه با تیمار آب چاه شد. بهره گیری از پساب با آبیاری سطحی و بارانی باعث کاهش تخلخل و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک شد، اما این تغییرات در آبیاری سطحی بیش از آبیاری بارانی است.

کشورهای در حال توسعه می‌توانند با بهره‌گیری از فناوری نانو در زمینه تصفیه آب جهش بزرگی در این زمینه داشته و با حرکت به سمت فناوری‌های پیشرفته، استفاده از فناوری‌های قدیمی نامرغوب، ناکارآمد، گران و آلاینده را کنار بگذارند. اصلی‌ترین کاری که فناوری نانو می‌تواند در زمینه رفع مشکلات آب انجام دهد، حل مشکلات فنی مربوط به حذف آلاینده‌هایی همچون باکتری‌ها، ویروس‌ها، فلزات سنگین و نمک است. در نمایی بزرگ‌تر، از آنجایی که فراهم نمودن آب تمیز برای سلامت فیزیکی و اقتصادی کشورها ضروری است، توسعه فناوری نانو می‌تواند با امنیت ملی گره بخورد. از همین منظر کمبود این منبع حیاتی می‌تواند به منازعات بین‌المللی منجر شود. ایران اکنون در زمینه تولید علم فناوری نانو در رتبه هشتم جهان قرار دارد و جزء ۱۵ کشور برتر دنیا در این زمینه می‌باشد. در طی ۱۰ سال گذشته ۱۴۳ شرکت مبتنی بر فناوری نانو در ۸ صنعت تاسیس شده است. تاسیس شرکت‌های مختلف نشاندهنده این حقیقت است که در برخی حوزه‌ها این فناوری از مرحله تولید علم و فناوری خارج و وارد صنعت نیز شده است. استفاده از غشاهای نیمه‌تراوا برای جداســـازی ترکیبات و مواد معلق یا محلول در مایعات و گازها یک رویکرد کارای مهندسی است. در صنعت آب و فاضلاب، غشاهای نانوفیلتراسیونی معمولا برای گندزدایی و حذف املاح از آب‌های سطحی یا زیرزمینی به کار می‌روند. به طور کلی غشاها دارای حفرات بسیار ریزی هستند که مولکول‌های کوچک به راحتی می‌توانند از آن عبور کنند و مولکول‌های درشت‌تر در طرف دیگر غشاء باقی می‌مانند. نانوغشاهای پلیمری، سرامیکی، نانوفیبر، در این دسته قرار می‌گیرند.

تحقیقات فوق نشان داد که استفاده از فاضلاب ها بعد از عبور از لایسیمتر می تواند برای مصارف صنعتی و کشاورزی و آبیاری فضای سبز انجام گیرد که این یکی از شاخص های توسعه یافتگی است خصوصا که در این تحقیق از نانو فیبر برای پاکسازی و جذب بهتر آلودگی های شیمیایی استفاده گردید. این تحقیق در راستای بهبود استفاده از آب در چرخه بازگشت به طبیعت در راستای توسعه پایدار انسانی صورت پذیرفت.

مواد و روش ها:

به منظور بررسی امکان استفاده مجدد از فاضلاب خانگی تصفیه شده در راستای توسعه پایدار و بررسی دقیق‌تر برخی از عوامل آلودگی میکروبی شیمیائی آن، پژوهشی در مزرعه ای واقع در قلعه سین ورامین اجرایی شد. محل اجرای آزمایش، در مختصات جغرافیایی □۳۹ و □۵۱ طول شرقی و ´۱۹, □ ۳۵ عرض شمالی و ارتفاع ۸۹۸ متری از سطح دریا واقع شده است.

برای انجام تحقیق از روش (Repeated Measure Analysis) استفاده گردیده است. به‌عبارتی دیگر در این تحقیق از طرح آماری مدیریت آنالیز تکرار نمونه ها و مقایسه هر کدام از نمونه ها با شاهد بهره گرفته شد. در این روش از تیمارهای مختلف فاضلاب خانگی، زه آب اولیه، زه آب ثانویه و تیمار شاهد آب چاه (معمولی) جهت آبیاری لایستمرهایی که پر از خاک و الیاف نانو فیبر بودند، استفاده شده است. لازم به ذکر است در تمامی موارد خطوط کفی پایه‌ها و نصب آنها تراز شد تا تغییرات خاصی در پایلوت لایسیمتر ایجاد نگردد.

لایسیمترها در مزرعه بر روی پایه‌های فلزی به ارتفاع ۵۰ سانتی متر و به فاصله ۲ متری از هم نصب شدند. سپس لایسیمترها از خاک و لابه لای آنها الیاف نانو فیبر پر شده و درون آنها از آب پر گردید. تا مساله نشست خاک مشکلی در آزمایش ایجاد نکند. البته در این مرحله ضروری است که نوع بافت خاک مشخص گشته که با ارسال نمونه‌ای از خاک مزرعه به آزمایشگاه مکانیک خاک درصد رس، سیلت و شن خاک معین شد. به علت سنگینی بافت خاک، با استفاده از کود دامی و الیاف نانوفیبر بافت خاک تا حدودی اصلاح گردید. چون خاک در این تحقیق به عنوان یک صافی، عمل می کند، بنابراین اطلاعات آزمایشگاه مکانیک خاک بسیار مهم و ضروری است. آب مورد نیاز گیاه از طرف بالا وارد خاک شده و اضافات آن به‌وسیله لوله ای بداخل ظرفی مدرج وارد گردید. در لایسیمترهای ۱۳، ۱۴و ۱۵ به عنوان شاهد فقط از خاک خالی استفاده شد. آبیاری لایسیمترها به این ترتیب است که ۵ لایسیمتر اول را با فاضلاب تصفیه شده خانگی (هر کدام ۹۰ لیتر) آبیاری کرده، سپس زه آب خارج شده از این ۵ لایسیمتر توسط سطل‌هائی که مدرج هستند جمع‌آوری شده و در ۴ لایسیمتر بعدی ریخته شدند. در نهایت زه آب این ۴ لایسیمتر نیز جمع‌آوری شده و در ۳ لایسیمتری سوم ، ریخته شد. لایسیمترهای ۱۳، ۱۴و ۱۵ به عنوان شاهد با آب معمولی (آب چاه) آبیاری گردید. نمونه‌های فاضلاب و زه‌آب ها و آب چاه عواملی از قبیل COD و BOD_5 مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه گیری پارامتر های خاک مورد آزمایش نمونه های خاک به آزمایشگاه فرستاده شد و هر یک از پارامترها از روش های خاص خودشان سنجیده شده و نتایج اعلام گردید.

خاک محل آزمایش دارای بافت لومی – رسی به رنگ قهوه ای کم رنگ با ساختمان مکعبی زاویه دار بود که دارای شوری مطلوب، PH بالا، آهک بالا و مواد آلی پایین می باشد.

جدول۱- آزمون خاک قبل از آزمایش

نوع آزمایش	EC	Ph	TN V%	OC %	Clay %	Silt %	Sand %	Texture	Wei…
	شوری	اسیدیته	آهک	کربنالی	رس	لای	ماسه	بافت	وزن مخصوص
حدود مطلوب	4	6.5	14	2	25	25	50	لوم	1.2-1.6
عمق 0-15	2.7	7.4	20.52	0.97	37	41	22	لوم رسی	1.43
عمق 15-30	1.6	7.78	21.08	o.54	38	39	31	لوم رسی	1.93
عمق 30-60	1.34	7.45	20.19	0.43	34	42	32	لوم رسی	2.07

- مشخصات فاضلاب خانگی مورد استفاده:

با توجه به تحقیقات انجام شده در مورد استفاده مجدد از پساب فاضلاب خانگی به عنوان آب آبیاری در آبیاری محصولات زراعی و باغی همگی بر این نکته که فاضلاب ها دارای عناصر و مواد معدنی فراوانی هستند . در هر۲ دوره آبیاری حداقل یک نمونه از فاضلاب خام ورودی به لایسیمتر اولیه مورد آزمایش قرار گرفت. شکل کار به این صورت است که پس از برداشت فاضلاب از تصفیه خانه، ۱/۵ لیتر از فاضلاب خانگی قبل از ورود به لایسیمتر ردیف اول در جعبه های شیشه ای مخصوص (در دار) ریخته می شود و به آزمایشگاه برده شده تا آزمایش های لازم بر آن صورت گیرد.

- نحوه انتخاب فاضلاب و چگونگی انتقال آن به مزرعه

فاضلاب را از واحد آشغال گیری تصفیه خانه عبور داده سپس از آن استفاده نمود. به همین منظور پس از هماهنگی های لازم با اداره آب و فاضلاب ورامین، فاضلاب عبور داده شده از مرحله آشغال‌گیری و حوض دانه گیر، توسط یک پمپ به تانکر های ۱۰۰ لیتری منتقل گردید و سپس توسط ماشین به محل آزمایش منتقل گردید.

- مشخصات آب چاه (نمونه شاهد)

با توجه به نوع مطالعه تحقیق که مقایسه و بررسی اثر تیمار های فاضلاب و زه آب حاصل از آن بر عملکرد کمی و کیفی محصولات کشت شده با اثر تیمار آب چاه به عنوان نمونه شاهد است؛ لازم گردید که خصوصیات فیزیکو شیمیایی آب چاه منطقه نیز معین گردد به همین خاطر مشابه نمونه برداری از فاضلاب، از محل شیر فلکه موجود در نزدیکی پایلوت لایسیمتری مزرعه به اندازه ۱/۵ لیتر نمونه آب چاه در جعبه های شیشه ای در دار ریخته شد و پس از تجزیه در آزمایشگاه آنالیز آب و فاضلاب خصوصیات فیزیکی – شیمیایی و بیولوژیکی آب چاه منطقه مشخص گردید.

پس از جمع آوری آب از ۵ لایسیمتر اول (زه آب اولیه) در اختیار ۴ لایسیمتر دوم قرار می گیرد سپس (زه آب ثانویه) در اختیار لایسیمتر سوم قرار گرفت و زه آب اولیه و ثانویه نمونه برداری شده و به آزمایشگاه ارسال گردید و پس از تجزیه در آزمایشگاه آنالیز آب و فاضلاب خصوصیات فیزیکی – شیمیایی و بیولوژیکی آن اندازه گیری شد.

- تعیین BOD_5 نمونه های فاضلاب و آب چاه

پس از آن که نمونه ای از فاضلاب خانگی درون ظرف شیشه ای ریخته شد، داخل ظرف یک عدد مگنت جهت هم زدن نمونه در مدت زمان انجام آزمایش قرار داده و مقداری محلول نوترنیت برای تغذیه میکروارگانیسم ها هم به داخل ظرف حاوی فاضلاب اضافه شد. پس از آن در پوش پلاستیکی اولیه ظرف را قرار داده و داخل آن مقداری پودر هیدرکسید لیتیم (LiOH) ریخته تا Co_2 آزاد شده جذب گردد و بعد از آن شیشه ها را در داخل دستگاه BOD سنج گذاشته و درب آن محکم گردید. بعد از آن دستگاه به همراه شیشه ها در داخل انکیباتور قرار گرفته و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. البته در داخل هر یک از شیشه ها می توان یک تیمار فاضلاب را قرار داد. در آزمایشگاه دستگاه حاوی ۳ شیشه بود که داخل هر یک از آنها یک تیمار فاضلاب خانگی را قرار داده شد. پس از آن که دما برای ۲۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. دستگاه BOD سنج برای قرائت ۵ روز (BOD_5) تنظیم گشت و پس از ۵ روز BOD_5 قرائت گردید.

- تعیین COD نمونه های فاضلاب و آب چاه

برای اندازه گیری مقدار COD از آزمایشگاه آنالیز آب و فاضلاب ورامین استفاده شد. اندازه گیری COD نمونه های فاضلاب و آب چاه، به روش پتاسیم در کرومات در محلول ۵۰٪ اسید سولفوریک انجام گرفت. برای تست COD ابتدا در لوله‌های مشخص آزمایشگاهی که در داخل آن دی کرومات پتاسیم و اسید سولفوریک و یک ترکیب نقره به عنوان کاتالیزور وجود داشته، تهیه گردید. بعد از آن به اندازه ۲-۳ میلی لیتر از نمونه های فاضلاب را در داخل هر یک از لوله های آزمایشگاهی ریخته و درب آن را محکم نموده و به مدت ۱۲۰ دقیقه در داخل گرمخانه حرارتی با دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده، پس از گذشت ۲ ساعت که دمای لوله های آزمایشگاهی به دمای محیط نزدیک شده است. پس از کالیبره نمودن نمونه ها توسط لوله آزمایش مرکزی که درون آن آب مقطر هم ریخته شده بود، با استفاده از جدول COD نمونه مورد نظر قرائت و مشخص گردید.

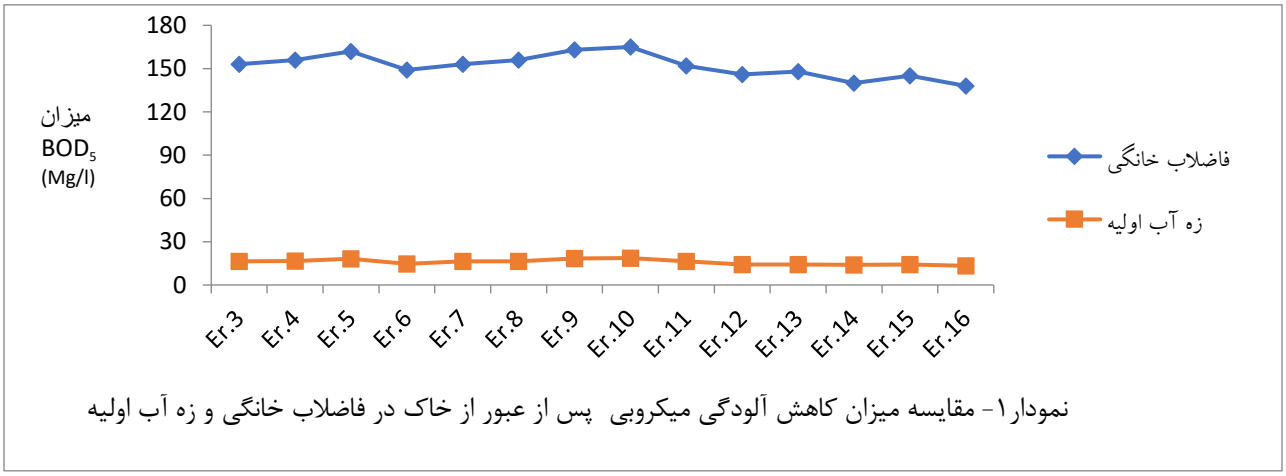
- نرم افزار مورد استفاده:

برای تحلیل آماری این پژوهش از نرم افزار MSTAT- C استفاده گردید و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

- نتایج و بحث

- تاثیر خاک بر میزان BOD_5 در فاضلاب خانگی، زه آب اولیه و زه آب ثانویه

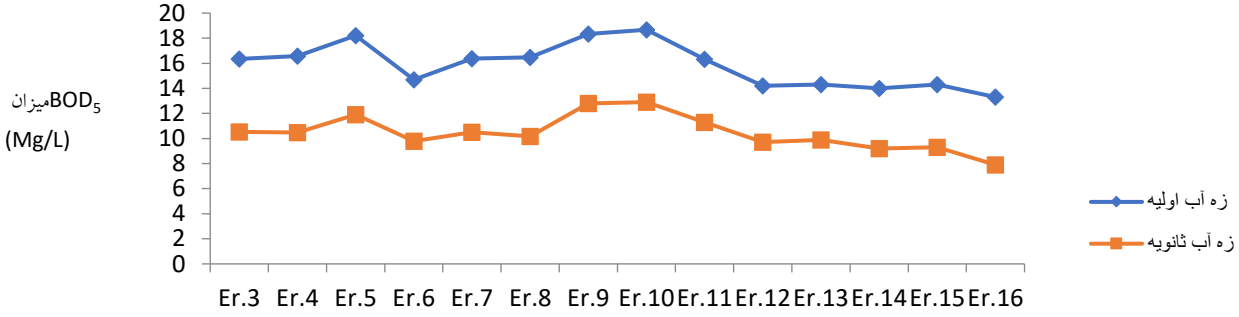
میزان BOD_5 در تیمار های مختلف آبیاری پس از عبور از خاک اندازه گیری شد. نتایج نشان می دهد که خاک به خوبی مانند یک فیلتر عمل کرده است به طوری که با یک بار عبور فاضلاب خانگی از ۵ لایسیمتر حاوی نانو فیلتر سری اول در اولین آبیاری از ۱۵۳ میلی‌گرم بر لیتر به ۱۶/۳۴ میلی‌گرم بر لیتر رسید که حدود ۸۹/۳ درصد کاهش نشان داد ؛ میزان BOD_5 در زه آب ثانویه پس از عبور از لایسیمتر حاوی نانو فیلتر سری دوم به ۱۰/۵۲ رسید. با توجه به جدول (۲) به طور متوسط میزان BOD_5 پس از یک بار عبور از خاک از ۱۵۱ میلی‌گرم بر لیتر در فاضلاب خانگی به متوسط ۱۵/۷ میلی‌گرم بر لیتر در فاضلاب اولیه و ۱۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر در زه آب ثانویه رسید که کاهشی معادل ۹۳ درصد داشت. با نگرش به اعداد به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت در مرحله دوم عبور از خاک چون قطر ذرات و مواد آلی موجود در زه آب اولیه بسیار کوچک شده بود به همین دلیل خاک نتوانست به میزان بیش‌تری آب را تصفیه کند و آب براحتی توانست از خلل و فرج آب عبور نماید، بهمین خاطر در زه آب ثانویه فقط ۳۵/۶ درصد از میزان BOD_5 کاسته گردید در صورتی که در مرحله اول عبور فاضلاب از خاک(تشکیل زه آب اولیه) به خاطر غلظت بالای مواد و مواد آلی درشت دانه، در خلل فرج خاک باقی مانده و نتوانستند عبور کنند بهمین دلیل میزان BOD_5 حدود ۸۹ درصد کاهش یافت. البته از این شاخص میزان آب چاه بسیار دارای بار میکروبی کمتری حتی نسبت به زه آب ثانویه بوده است.



نمودار۱- مقایسه میزان کاهش آلودگی میکروبی پس از عبور از خاک در فاضلاب خانگی و زه آب اولیه

جدول ۲ – مقایسه میزان آ لودگی میکروبی BOD5 در تیمار های فاضلاب خانگی و زه آب اولیه و ثانویه

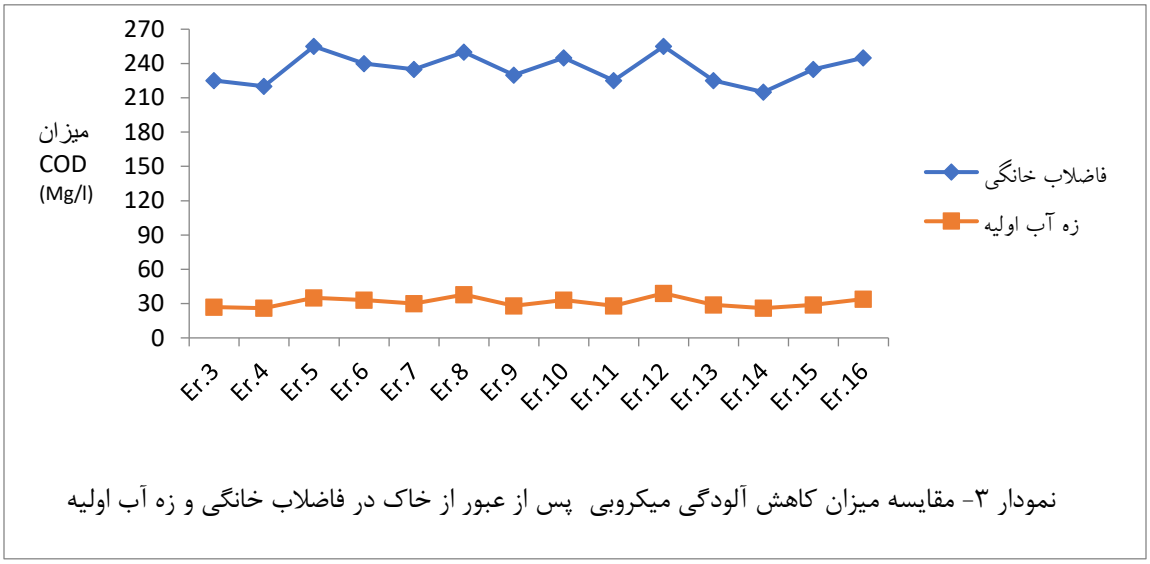
شماره آبیاری / تیمار	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازده	دوازده	سیزده	چهارده	پانزده	شانزده
فاضلاب خانگی	153	156	162	149	153	156	163	165	152	146	148	140	145	138
زه آب اولیه	16.34	16.58	18.2	14.7	13.4	16.5	18.3	18.7	16.3	14.2	14.3	14	14.3	13.2
زه آب ثانویه	10.52	10.48	11.9	9.8	10.5	10.2	12.8	12.9	11.3	9.7	9.9	9.2	9.3	7.9



نمودار ۲- میزان کاهش آلودگی میکروبی بی اودی ۵ پس از عبور از خاک در زه آب اولیه و ثانویه

- تاثیر خاک بر میزان COD در فاضلاب خانگی، زه آب اولیه و زه آب ثانویه

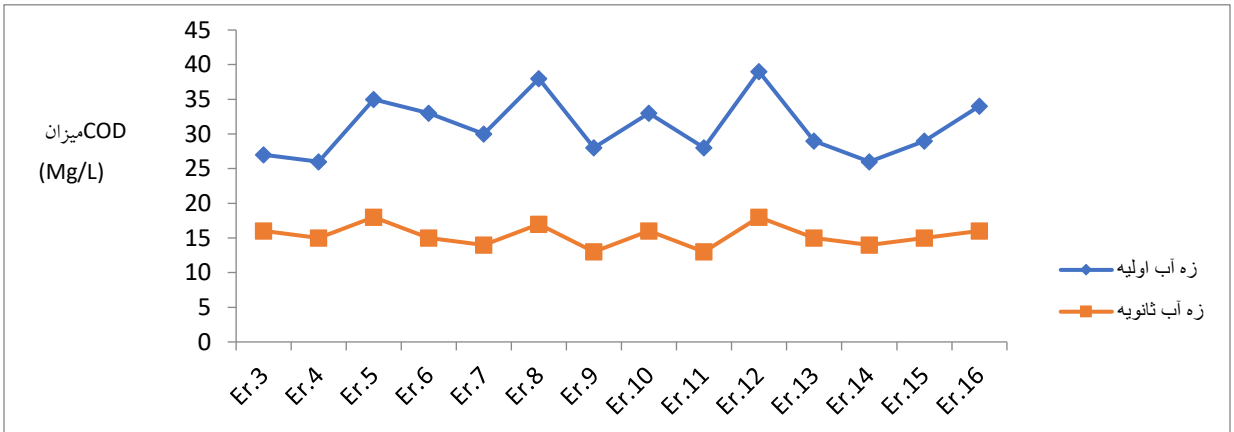
چنانچه در بررسی منابع آمده است COD یکی از شاخص های برآورد آلودگی فاضلاب است در طول آزمایش از آبیاری سوم تا شانزدهم تست COD از فاضلاب خانگی، زه آب اولیه و زه آب ثانویه صورت پذیرفت. بر اساس نتایج به دست آمده(جدول۳) متوسط COD اندازه گیری شده از آبیاری سوم تا آبیاری شانزدهم در فاضلاب خانگی که برای لایسیمتر حاوی نانوفیبر اول به کار رفته است ۲۳۵/۷ میلی گرم بر لیتر بود که این شاخص در تیمار زه آب اولیه به ۳۱ میلی گرم بر لیتر کاهش یافت. در واقع یک بار عبور از خاک حاوی نانوفیبرکه یک فیلتر بیولوژیک به حساب می آید توانسته است که میزان COD را ۸۶/۸ درصد کاهش دهد و به میزان استاندارد این صفت نزدیک نماید از نظر استاندارد جهانی میزان ۳۰ میلی لیتر بر گرم COD برای آبیاری محصولات کشاورزی و زینتی مناسب ارزیابی شده است. نتایج جدول (۳) نشان می دهد که پس از آبیاری لایسیمتر حاوی نانوفیبر دوم میزان COD از متوسط ۳۱ میلی گرم بر لیتر در زه آب اولیه به ۱۵/۳ میلی گرم بر لیتر در زه آب ثانویه رسید که ۵۰/۶ درصد کاهش یافت. البته لازم به ذکر است که میزان COD فاضلاب خانگی پس از دو با عبور از خاک به میزان ۹۳/۵ درصد کاهش یافته که مقدار آن حتی از لحاظ شاخص میکروبی ، از آب چاه (شاهد) با ۱۹/۰۳ میلی گرم بر لیتر مطلوب تر شد. بهروز و لیاقت (۱۳۸۱) عنوان کردند که عبور فاضلاب خانگی از فیلتر خاک سبب کاهش آلودگی فاضلاب به میزان ۸۲ ٪ بوده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.



نمودار ۳- مقایسه میزان کاهش آلودگی میکروبی پس از عبور از خاک در فاضلاب خانگی و زه آب اولیه

جدول ۳ – مقایسه میزان آلودگی میکروبی COD در تیمار های فاضلاب خانگی و زه آب اولیه و ثانویه

شماره آبیاری / تیمار	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازده	دوازده	سیزده	چهارده	پانزده	شانزده
فاضلاب خانگی	225	220	255	240	235	250	230	245	225	255	225	215	235	245
زه آب اولیه	27	26	35	33	30	38	28	33	28	39	29	26	29	34
زه آب ثانویه	16	15	18	15	14	17	13	16	13	18	15	14	15	16



نمودار ۴- میزان کاهش آلودگی میکروبی سی اودی پس از عبور از خاک در زه آب اولیه و ثانویه

- تاثیر خاک و نانوفیبر بر روند کاهش آلودگی های آب در فاضلاب خانگی، زه آب اولیه و زه آب ثانویه

آلودگی بیولوژیک یکی ازمهم ترین نگرانی های کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری است. به‌طورکلی در اکثر استانداردهای ارائه شده بعد از فرآیند ثانویه، گندزدایی فرآیندی تکمیلی است. در تصفیه خانه مورد مطالعه، متأسفانه پساب خروجی در طول مدت اجرای تحقیق کلرزنی نمی شد و به این دلیل غلظت بسیاری از شاخص های بیولوژیک تفاوت قابل توجهی با استانداردهای موجود دارد.

نتایج جدول (۴) نشان داد که خاک به همراه نانو فیبر به خوبی می‌تواند به عنوان یک فیلتر باعث کاهش بار آلودگی خاک گردد. چنان چه در سطور بالا بیان شد میزان BOD5 و COD که از شاخص های مهم در تشخیص آلودگی فاضلاب‌ها هستند؛ به ترتیب از ۱۵۱ و ۲۳۵/۵ میلی‌گرم در لیتر در تیمار فاضلاب خانگی پس از عبور از خاک لایسیمتر حاوی نانوفیبر سری اول کاهش معنی‌داری پیدا کرد و به ۱۵/۷ و۳۱ میلی گرم بر لیتر در زه آب اولیه و ۱۰/۵ و ۱۵/۳ میلی گرم در لیتر در زه آب ثانویه رسید این بدان معنی است که خاک حاوی نانوفیبر توانسته است که بخش زیادی از آلودگی‌های موجود در فاضلاب را در تیمارهای مختلف جذب کرده و میزان آن را کاهش دهد به طوری که میزان COD در زه آب ثانویه کمتر از میزان این شاخص در آب چاه (شاهد) بوده است. همچنین با عبور فاضلاب از ۵ لایسیمتر اول میزان کلی فرم مدفوعی را حدود ۹۹ درصد کاهش داد که از متوسط (۱۸)۱۰*۱/۱۵ به (۵)۱۰*۲/۲ عدد در زه آب اولیه رسید و پس از آبیاری لایسیمتر سری دوم تعداد آن در زه آب ثانویه به ۱۰۰۰ عدد رسید. لازم به ذکر است اصلی ترین دلیل کاهش شدید کلی فرم مدفوعی در فاضلاب خانگی و سپس در تیمار زه آب اولیه و ثانویه، غلظت بالای آن در فاضلاب بوده است. که در مراحل مختلف عبور از خاک حاوی نانوفیبر جذب گشته و به میزان چشمگیری کاهش یافته است از آن جایی که با توجه به استانداردهای موجود تعداد ۱۰۰۰عدد کلی فرم در ۱۰۰ میلی لیتر، در آب آبیاری قابل قبول است بنابراین زه آب ثانویه به این استاندارد رسیده است ولی با توجه به آب چاه که فاقد کلی فرم می باشد لزوم گندزدایی در مرحله انتهایی قابل توجه می باشد. میزان تخم انگل در ۱۴ بار آبیاری با فاضلاب به طور متوسط کمتر از ۱ بوده است که در زه آب اولیه به

صفر رسیده است که نشان می دهد که خاک حاوی نانوفیبر توانایی ۱۰۰ درصدی حذف تخم انگل را داشته است که از نظر بهداشتی بسیار مهم و حائز اهمیت می باشد.

.جدول ۴- تاثیر خاک بر میزان حذف آلاینده های زیستی و میکروبی در تیمارهای فاضلاب ، زه آب اولیه و زه آب ثانویه

نمونه آب	فاضلاب خانگی	زه آب اولیه	زه آب ثانویه
نوع آلودگی			
BOD (mg/L)	151 ^{a}	15.7 ^{b}	10.5 b
COD(mg/L)	235.5 ^{a}	31 b	15.3 c
کلی فرم(تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)	$1.15*10^{(18)}$ ^{a}	$2.2*10^{(5)}$ ^{b}	1000 c
کلی فرم مدفوعی(تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)	1.15*10(18) ^{a}	2.2*10(5) b	1000 c
تخم انگل	۱> (کمتر از یک)	۰	۰

میانگین های مندرج که دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارند .

Means with the same letters have not statistically significant difference

- نتیجه گیری :

فاضلاب یا پساب(wastewater) ، آب مصرف شده ای است که خواص فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی آن به حدی تغییر کرده است که قابلیت مصرف در بهترین مورد خود را از دست داده است. از نظر منابع تولید، فاضلاب را می توان ترکیبی از مایع یا فضولاتی دانست که توسط آب از مناطق مسکونی، اداری و تاسیسات تجاری و صنعتی حمل شده و برحسب مورد، با آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و سیلاب‌ها آمیخته است. اگر فاضلاب تصفیه نشده انباشته شود، تجزیه مواد آلی آن ممکن است منجر به تولید مقدار زیادی گازهای بدبو شود. علاوه بر آن، فاضلاب تصفیه نشده معمولا حاوی میکروارگانیسم‌های بیماریزای فراوانی و چربی های زیادی است که در دستگاه گوارش انسان زندگی می کنند و یا در برخی فضولات صنعتی موجودند. قسمت اعظم ترکیب فاضلاب را آب تشکیل می دهد. ولی مواد دیگر موجود در آن از لحاظ نوع و غلظت در موارد مختلف آنچنان متفاوت می باشند که ارائه یک تعریف کلی در مورد آن بسیار دشوار می نماید. گامیتو (Gamito *et al*., 2016) میلادی نتایج آزمایشی را اظهار نمودند که دقت در مراحل رشد سه گانه یکی از اساسی‌ترین نکات است، آنها دلیل این افزایش عملکرد را وجود مواد مغذی و آلی در فاضلاب دانستند. خاک نیز به عنوان یک فیلتر بیولوژیکی و فیزیکی می‌تواند باعث کاهش آلودگی‌های فاضلاب باشد. عبور فاضلاب خانگی از صافی خاک سبب کاهش BOD_5 به میزان ۹۹ تا ۱۰۰ درصد می‌گردد (حسن‌اقلی، ۱۳۸۵).

بهروز و لیاقت (۱۳۸۲) در یک تحقیق دو ساله که در آن از پساب فاضلاب خانگی برای آبیاری جعفری استفاده نموده بودند اظهار داشتند که در چنین مواقعی خاک مانند فیلتر بیولوژیکی عمل می کند و قادر است بخش زیادی از آلودگی ها و میکروب های فاضلاب را حذف نماید. به طوری که اگر فاضلابی دارای BOD_5= 160 Mg/L باشد پس از آن که یک بار از عمق خاکی به ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر عبور داده شد به BOD_5= 9 Mg/L خواهد رسید و این یعنی خاک خود پالایگی می کند و قادر است به صورت یک فیلتر در حذف آلودگی‌های ناشی از آبیاری با فاضلاب عمل نماید.

با توجه به شرایط اقلیمی ایران، کمبود منابع آبی و رشد فزاینده جمعیت و تولید روز افزون فاضلاب های خانگی سعی شده با اعمال روش های مدیریتی علمی و عملی از این منابع عظیم آبی استفاده بهینه گردد. نتیجه این طرح تحقیقاتی، ایجاد یک مدل مدیریتی و بررسی روش های ساده و کم هزینه است و زه آب ثانویه در بسیاری از شاخص ها تفاوت معنی داری با آب چاه نداشت و می توان برای مصارف عمومی و صنعتی بکار رود. قطعا با بررسی صفات مختلف در این طرح می توان به نتایج جامع و کاملتری در راستای استفاده بهینه در مصرف آب در سال اقتصاد مقاومتی دست یافت.

References

منابع مورد استفاده:

باقری، م.(۱۳۷۹). اثرات پساب و سیستم های آبیاری بر خواص فیزیکی، شیمیایی. آلودگی خاک تحت کشت چند محصول زراعی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

بهروز، ر.، ع. لیاقت. (۱۳۸۱). مدیریت استفاده از فاضلاب در کشاورزی. یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکش. ص ۱۰۲- ۱۱۸.

حسن اقلی، ع.، ع. لیاقت، م. میراب زاده.(۱۳۸۵). تغییرات میزان مواد آلی در نتیجه آبیاری با فاضلاب خانگی و خودپالایی آن. آب و فاضلاب. 51:2-11.

حسن پور درویشی، ح.(۱۳۸۹). بررسی امکان استفاده مجدد از پساب فاضلاب خانگی بجای آب چاه در آبیاری ریحان. رساله دکتری تخصصی علوم مهندسی آب – آبیاری و زه کشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

عابدی کوپایی، ج.، م. افیونی، ف. موسوی، ب. مصطفی زاده، م. باقری.(۱۳۸۲). تاثیر آبیاری بارانی و سطحی با فاضلاب تصفیه شده بر شوری خاک، آب و فاضلاب. 45:2-12.

عرفانی، ع؛ غ. حق نیا، الف. علیزاده.(۱۳۸۲). تاثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده خانگی بر عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی، علوم و صنایع کشاورزی.15:65-77.

Gamito, P., A. Arsenio, M.L. Faleiro, J.M., Brito and J. Beltrao. (2016). The influence of Wastewater treatment of irrigation water quality, International Workshop on: Improved Crop Quality by Nutrient Management, pp 155-159, Izmir, Turkey.

Hespanhol, L., A.M.E. Prost. (2007). WHO guidelines and standards for reuse and water quality, Water Resource. 28:119-124.