

بررسی اثرات ناشی از به کارگیری فاضلاب خام بر پارامترهای مختلف خاک

علی کیانیان*^۱، سید حسین هاشمی^۲، سعید صوفی زاده^۳

۱ کارشناسی ارشد آلاینده‌های محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

۲ استادیار پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

۳ استادیار پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۳۰؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۸/۰۸)

چکیده

محدودیت منابع آب، استفاده از منابع آبی نامتعارف را امری اجتناب ناپذیر می‌سازد. از جمله این منابع نامتعارف می‌توان به فاضلاب‌ها و پساب‌ها اشاره کرد. در استفاده از فاضلاب برای عملیات آبیاری محصولات کشاورزی، به دلیل وجود انواع یون‌های محلول در آن‌ها، توجه به خصوصیات خاک به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک از موارد مهم و اساسی به شمار می‌آید. تصفیه فاضلاب، حفاظت بهداشت فردی در حین استفاده از فاضلاب، حذف فلزات سنگین از فاضلاب، انتخاب گیاهان مناسب، به کارگیری روش‌های مدیریتی مناسب، در نظر گرفتن ویژگی‌های پساب مورد استفاده و نوع خاکی که در آن از فاضلاب جهت آبیاری استفاده می‌شود راهکارهای حائز اهمیت در استفاده پایدار از فاضلاب است. استفاده از فاضلاب خام به دلیل وجود بیش از حد ترکیبات معدنی و آلی آثار سوئی از جمله تخریب بافت خاک، تجمع عناصر سنگین، شور و سدیمی شدن خاک، کاهش هدایت هیدرولیکی خاک، اضافه کردن مواد مقاوم در برابر تجزیه به محیط، تغییر pH خاک، کاهش نفوذپذیری و ... برخوردار است. در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا با بررسی اثرات ناشی از بکارگیری فاضلاب خام بر پارامترهای مختلف خاک و عواقب ناشی از این امر را مورد تأکید قرار داده و راه‌کارهایی را برای دفع معضلات موجود ارائه نماید.

کلیدواژه‌ها: فاضلاب شهری، فاضلاب خام، کیفیت خاک، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژی خاک

سرآغاز

خاک مهم‌ترین منبع تولید انرژی در زمین می‌باشد که زندگی موجودات زنده کاملاً به آن وابسته است ولی متأسفانه امروزه با افزایش جمعیت و مشکلات حادث از آن بیشترین سوء استفاده از آن شده و به طرق مختلف به وسیله انسان‌ها آلوده می‌گردد. خاک مخلوط پیچیده‌ای از مواد آلی و معدنی، موجودات زنده، آب و هوا است که برای بهره‌برداری مناسب از خاک نباید هیچ‌گونه تغییر نامطلوبی در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن به وجود آوریم. حال با این دید می‌توان آبیاری با فاضلاب خام را به عنوان یک برهم زنده این اکوسیستم مورد توجه قرار داد. استفاده از فاضلاب در کشاورزی و کاربرد آن از ابعادی جهانی برخوردار است. تخمین‌ها نشان می‌دهد که حدود ۲۰ میلیون هکتار از اراضی در ۵۰ کشور جهان، با فاضلاب خام یا اندکی تصفیه شده آبیاری می‌شوند. در کشور ما نیز طبق گزارش شایگان و افشاری در سال ۱۳۸۲ از میزان ۳/۹ میلیارد مترمکعب فاضلاب شهری در کشور، تنها ۹ درصد تصفیه و بقیه بدون تصفیه وارد چاه‌های جذبی، رودخانه‌ها و زمین‌های کشاورزی می‌شود (شایگان و افشاری، ۱۳۸۳). استفاده از فاضلاب خام و تصفیه شده جهت تولید محصولات کشاورزی در اکثر مناطق دنیا، از جمله ایران کاربرد داشته و در مقیاس وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از فاضلاب خام به دلیل وجود انواع آلاینده‌ها در آن برای زمین‌های زراعی مضر است و لزوم تصفیه فاضلاب خام، با مطالعه اثرات سوء آن بر خاک‌های زراعی آشکار شده است (Intezar and et al., 2001). این در حالی است که به رغم تصویب قوانین مختلف در لزوم تصفیه فاضلاب و سپس رها سازی آن در محیط‌زیست، استفاده از فاضلاب خام و یا بسیار جزئی تصفیه شده در کشورهای در حال توسعه روند رو به رشدی دارد (Hussian and AL-Saati, 1999). شناسایی آلاینده‌های موجود در منابع آب آبیاری در زمین‌های زراعی و همچنین تأثیراتی که این آلاینده‌ها بر کیفیت خاک این اراضی می‌گذارند، می‌تواند به عنوان یکی از گام‌های مدیریت کیفیت خاک زمین‌های زراعی، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد. به طوری که در ماده ۱۲ لایحه جامع خاک با موضوعیت شناسایی مناطق آلوده با تفکیک نوع آلودگی و منابع آلاینده تأکید ویژه‌ای بر این مهم شده و سازمان محیط‌زیست را با همکاری سایر ارگان‌ها موظف به انجام این کار کرده است. همچنین با توجه به

اولویت‌های علمی کشور، در بخش فناوری‌های محیط‌زیست ی که بر اهمیت کاهش آلودگی خاک، آب و هوا تأکید شده؛ و نیز ماده ۲۰ لایحه جامع خاک کشور که تخلیه فاضلاب خام و مواد آلاینده اعم از مایع و جامد به خاک خارج از محدوده ضوابط آئین‌نامه اجرایی این ماده ممنوع کرده است؛ لزوم تحقیق در زمینه آلودگی خاک کشور از طریق آبیاری با فاضلاب خام و تأثیری که این منبع آب آبیاری بر کیفیت خاک می‌گذارد نمایان می‌گردد. اولین بار آمریکا در سال ۱۸۸۹ پساب فاضلاب را برای آبیاری و کوددهی به فضا‌های سبز در پارک گلدن کیت در سانفرانسیسکو بکار برد، پس آن در سال ۱۹۲۹ در شهر کالیفرنیا استفاده اصولی از پساب تصفیه شده جهت آبیاری باغ‌ها و فضای سبز شروع شد. گزارش شده که در سال ۱۹۸۰ حدود ۶۰ درصد فاضلاب تولیدی در آمریکا در کشاورزی مصرف می‌شده است. مراکش، اردن، عربستان سعودی، امارات متحده، کویت هر کدام فاضلاب‌های شهری را پس از تصفیه در کشاورزی بکار می‌برند. در کشورهای منطقه مدیترانه افزایش جمعیت و مصرف آب از یکسو و خشکسالی از سوی دیگر موجب کاهش شدید منابع آب و افزایش تقاضای آب گردیده است، که جهت فائق آمدن بر این مشکل به استفاده مجدد از فاضلاب‌ها روی آورده‌اند. اهداف اصلی این کار عبارت‌اند از تصفیه فاضلاب، حفظ محیط‌زیست و استفاده مجدد از پساب در کشاورزی. در کشور تونس که هم از روش لجن فعال و هم برکه تثبیت جهت تصفیه فاضلاب استفاده می‌شود، پساب‌های حاصل در کشاورزی مصرف می‌شود. قبرس نیز روش مشابهی جهت مبارزه با کم آبی اتخاذ کرده است. آلمان و فرانسه سال‌هاست که پساب تصفیه شده را در آبیاری کشاورزی بکار می‌برند و حاصل مطالعات و تجربیات آن‌ها امروزه به صورت «خطوط راهنما جهت آبیاری با پساب» مورد استفاده قرار می‌گیرد (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۷؛ توکلی و طباطبایی، ۱۳۷۸).

در ایران نیز از دهه‌های بسیار دور به منظور حاصلخیز کردن باغ‌ها و مزارع از فاضلاب استفاده می‌شد. در حال حاضر نیز در بسیاری از شهرهای کشور از فاضلاب‌ها در زمین‌های کشاورزی استفاده می‌شود. برای مثال نهر فیروزآباد تهران که قسمت اعظم آلودگی‌های سطحی و پساب تصفیه‌خانه‌ها و کارخانه‌های متعددی به آن تخلیه می‌شود، به طور گسترده‌ای در مناطق کشاورزی جنوب تهران به مصرف می‌رسد (حسین‌پور و

همکاران، ۱۳۸۶). فاضلاب خام به دلایل زیر به عنوان یک منبع مناسب آبیاری به شمار نمی‌آید: اول آن که فاضلاب خام حاوی مقادیر بالایی از کاتیون‌های فلزی است که برخی از آن‌ها برای گیاه سمی بوده و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی خطرناک است، ثانیاً وجود بیش از اندازه مواد مغذی در فاضلاب خام یک عامل محدود کننده رشد گیاهان است، ثالثاً آبیاری با فاضلاب خام به دلیل وجود یون‌های کلر و سدیم موجب شوری و سدیمی شدن خاک‌های کشاورزی می‌شود، دیگر آن که وجود برخی از یون‌های فلزی در فاضلاب خام می‌تواند موجب مسمومیت خاک و در نتیجه غیرقابل کشت شدن اراضی کشاورزی گردد. استفاده مجدد از فاضلاب و جایگزینی آن به عنوان یک منبع آب مناسب، زمانی میسر خواهد بود که روی آن تصفیه لازم انجام شود و نظارت طولانی مدت در این راستا صورت گیرد. واضح است که در صورتی که آبیاری با فاضلاب در قالب برنامه‌های مدیریت مناسب در محل و تصفیه کافی به عمل آید می‌تواند پیشنهاد خوبی برای مناطق کم آب باشد. اطلاع از شدت تغییرات در پارامترهای کیفیت خاک به واسطه استفاده از فاضلاب خام و جلوگیری از تخریب آن، به دلیل هزینه بالای پاک‌سازی و برگرداندن خاک به حالت اول بسیار با اهمیت است.

استفاده از فاضلاب خام برای آبیاری ممکن است در طول زمان مواد مغذی، مواد جامد محلول و ترکیبات دیگر مانند فلزات سنگین را به خاک اضافه کند که برخی از این عناصر ممکن است در ناحیه ریشه با اثرات احتمالی مضر در خاک تجمع یابند. استفاده طولانی مدت از فاضلاب می‌تواند منجر به شوری و اشباع شدن خاک شود و ساختار خاک را خراب کند و به طور کلی ظرفیت تولید خاک را کاهش می‌دهد و بازده محصول را پایین می‌آورد. با این حال، اثرات و شدت آن‌ها به عواملی همچون نوع منبع، شدت استفاده، مدت زمان استفاده، ترکیبات فاضلاب و خواص خاک بستگی دارد (Intezar et al., 2001).

مروری بر پژوهش‌های پیشین

به منظور بررسی اثرات فاضلاب خام تحقیقات و مطالعات فراوانی صورت گرفته که مرور این بررسی‌ها نشان می‌دهد استفاده از فاضلاب خام در امر آبیاری تأثیرات نامطلوبی را بر خصوصیات کیفی خاک می‌گذارد که نیاز به توجه ویژه دارد؛ و جهت فائق آمدن بر این مشکل باید ویژگی‌های فاضلاب خام به دقت مورد بررسی و تصفیه لازم در این راستا صورت گیرد.

حسین پور و همکاران در سال ۱۳۸۶ در پژوهشی به بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب خام و پساب شهری بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک در اعماق مختلف در دو شرایط غرقاب پیوسته و متناوب در مشهد پرداختند، برای این منظور آن‌ها آزمایشی در ستون‌های پلی‌اتیلنی به ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر و قطر ۱۱ سانتی‌متر در قالب طرح فاکتوریل به صورت تصادفی با سه تکرار انجام دادند. فاضلاب خام و پساب را به ستون‌های پر شده از خاک لوم شنی در دو شرایط غرقاب پیوسته و متناوب در ۷ دوره ۱۵ روزه به کار بردند و در انتهای آزمایش نمونه‌های خاک از اعماق مختلف هر ستون جمع گردید. نتایج به دست آمده توسط آن‌ها بیانگر افزایش مقدار شوری، نسبت جذب سدیم، نیتروژن-نیتراتی، فسفات، کربن آلی و همچنین دو فلز نیکل و کادمیوم، و کاهش اسیدیته در بخش محلول خاک به دنبال استمرار کاربرد فاضلاب‌ها در اعماق مختلف نیم‌رخ خاک می‌باشد. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که در مقایسه تأثیر نوع فاضلاب‌ها بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز مشخص گردید که میانگین مقدار شوری، نیتروژن-نیتراتی، نسبت جذب سدیم، فسفر-فسفات و نیکل در تیمار فاضلاب خام به طور معنی داری بیشتر از پساب است (حسین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

قاجار سپانلو و همکاران در سال ۱۳۸۶ در تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از فاضلاب شهری به صورت مخلوط با آب چاه موجب افزایش عناصر سنگین ویژه در فصول بهار و تابستان گردید. در این مطالعه میزان فلزات سنگین (کادمیوم، مس، سرب و کروم) در خاک‌های تحت آبیاری با آب متأثر از فاضلاب شهری به میزان دو برابر افزایش یافت (قاجار سپانلو و همکاران، ۱۳۸۶). فاضلاب خام حاوی مقادیر بالایی نوترینت‌ها (مواد مغذی) شامل نیتروژن و فسفر می‌باشد. هنگامی که برای آبیاری از این منبع آب استفاده می‌شود، این عناصر شسته و وارد آب‌های سطحی یا زیر زمینی شوند و مشکلات عدیده‌ای را به بار می‌آورند. چنانچه حد فسفر از حد استاندارد (۶ میلی‌گرم بر لیتر) بیشتر باشد، موجب آلودگی ثانویه به دلیل رشد بحرانی جلبک‌ها و در نهایت پدیده یوتروفیکاسیون می‌شود (رضامند و همکاران، ۱۳۸۹). طبری و صالحی در سال ۱۳۹۰ در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب شهری بر تجمع فلزات سنگین در خاک پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که غلظت فلزات سنگین در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب شهری ۱/۵ برابر بیشتر از غلظت آن‌ها در خاک‌های آبیاری شده با آب چاه بود (طبری و

همکاران، ۱۳۸۶). فاضلاب خام به دلایل زیر به عنوان یک منبع مناسب آبیاری به شمار نمی‌آید: اول آن که فاضلاب خام حاوی مقادیر بالایی از کاتیون‌های فلزی است که برخی از آن‌ها برای گیاه سمی بوده و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی خطرناک است، ثانیاً وجود بیش از اندازه مواد مغذی در فاضلاب خام یک عامل محدود کننده رشد گیاهان است، ثالثاً آبیاری با فاضلاب خام به دلیل وجود یون‌های کلر و سدیم موجب شوری و سدیمی شدن خاک‌های کشاورزی می‌شود، دیگر آن که وجود برخی از یون‌های فلزی در فاضلاب خام می‌تواند موجب مسمومیت خاک و در نتیجه غیرقابل کشت شدن اراضی کشاورزی گردد. استفاده مجدد از فاضلاب و جایگزینی آن به عنوان یک منبع آب مناسب، زمانی میسر خواهد بود که روی آن تصفیه لازم انجام شود و نظارت طولانی مدت در این راستا صورت گیرد. واضح است که در صورتی که آبیاری با فاضلاب در قالب برنامه‌های مدیریت مناسب در محل و تصفیه کافی به عمل آید می‌تواند پیشنهاد خوبی برای مناطق کم آب باشد. اطلاع از شدت تغییرات در پارامترهای کیفیت خاک به واسطه استفاده از فاضلاب خام و جلوگیری از تخریب آن، به دلیل هزینه بالای پاک‌سازی و برگرداندن خاک به حالت اول بسیار با اهمیت است.

استفاده از فاضلاب خام برای آبیاری ممکن است در طول زمان مواد مغذی، مواد جامد محلول و ترکیبات دیگر مانند فلزات سنگین را به خاک اضافه کند که برخی از این عناصر ممکن است در ناحیه ریشه با اثرات احتمالی مضر در خاک تجمع یابند. استفاده طولانی مدت از فاضلاب می‌تواند منجر به شوری و اشباع شدن خاک شود و ساختار خاک را خراب کند و به طور کلی ظرفیت تولید خاک را کاهش می‌دهد و بازده محصول را پایین می‌آورد. با این حال، اثرات و شدت آن‌ها به عواملی همچون نوع منبع، شدت استفاده، مدت زمان استفاده، ترکیبات فاضلاب و خواص خاک بستگی دارد (Intezar et al., 2001).

مروری بر پژوهش‌های پیشین

به منظور بررسی اثرات فاضلاب خام تحقیقات و مطالعات فراوانی صورت گرفته که مرور این بررسی‌ها نشان می‌دهد استفاده از فاضلاب خام در امر آبیاری تأثیرات نامطلوبی را بر خصوصیات کیفی خاک می‌گذارد که نیاز به توجه ویژه دارد؛ و جهت فائق آمدن بر این مشکل باید ویژگی‌های فاضلاب خام به دقت مورد بررسی و تصفیه لازم در این راستا صورت گیرد.

تحت آبیاری با پساب بوده‌اند نمونه تهیه کردند و در آزمایشگاه، با استفاده از آب، پساب و مخلوط حجمی یکسان از آب و پساب مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک را تعیین کردند که نتایج آن‌ها نشان داد که آبیاری مزارع با پساب با مقدار ماده جامد معلق ۶۰ میلی‌گرم در لیتر موجب کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بافت‌های مختلف خاک می‌شود (کریم زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

ویژگی‌های خاک که تحت تأثیر فاضلاب خام قرار می‌گیرند شامل:

- ویژگی‌های فیزیکی
- ویژگی‌های شیمیایی
- خصوصیات میکروبیولوژی خاک

پارامترهای فیزیکی خاک متأثر از آبیاری با فاضلاب

فاضلاب خام به دلیل حضور ذرات معلق معدنی و آلی و همچنین غلظت بالای نمک‌ها و مواد محلول در آن می‌تواند بر خصوصیات فیزیکی خاک از جمله مقدار ماده آلی خاک، ظرفیت نگهداری آب، هدایت هیدرولیکی، هدایت الکتریکی، تخلخل یا نفوذپذیری و رنگ خاک تأثیر بگذارد. در ادامه به چگونگی تأثیرگذاری فاضلاب بر پارامترهای مختلف فیزیکی اشاره شده است.

ماده آلی

ماده آلی خاک با اتصال ذرات خاک به هم و تبدیل آن‌ها به ذرات بزرگ‌تر و ایجاد خلل و فرج بزرگ که در میان آن‌ها آب و هوای بیشتری جریان می‌یابد باعث افزایش خواص ساختاری خاک می‌شود. وقتی که زمین تخریب می‌شود ماده آلی به تدریج از بین می‌رود و منجر به بدتر شدن خواص فیزیکی آن می‌شود. خاک‌های تحت کشت پیوسته از لحاظ مواد آلی فقیر هستند به این دلیل که نرخ بازگشت مواد آلی از باقی مانده‌های محصول خیلی کمتر از نرخ تجزیه مواد آلی در خاک‌ها می‌باشد. کمبود ماده آلی موجب پایداری کم ذرات خاک در مقابل باران یا نفوذ آب می‌گردد و علی‌رغم شخم زدن، خلل و فرج بزرگ از بین می‌روند، تهویه خاک کاهش می‌یابد، حرکت آب محدود می‌شود و در نتیجه خاک بیشتر متراکم شده و چگالی آن افزایش می‌یابد (National Research Council, 1996).

صالحی، ۱۳۹۰). فاضلاب خام علاوه بر اثرات نامطلوب که بر روی خصوصیات خاک از جمله؛ تجمع فلزات سنگین، شوری، کاهش هدایت هیدرولیکی، تغییر pH، کاهش تدریجی نفوذپذیری و تخریب ساختمان خاک می‌گذارد، مخاطرات بهداشتی عمده‌ای از نظر تجمع فلزات سنگین و عوامل بیماری‌زا را نیز در بر خواهد داشت. حضور ذرات معلق معدنی و آلی در فاضلاب و پساب موجب انسداد خلل و فرج خاک شده و کاهش هدایت هیدرولیکی خاک را در پی خواهد داشت. تحقیقات پاترسون و همکاران در سال ۱۹۹۶ (به نقل از شادکام تربتی، ۱۳۸۵) در استرالیا نشان داد که آبیاری با فاضلاب خانگی منجر به کاهش ۷۹ درصدی هدایت هیدرولیکی خاک شد. Bavey و همکاران در سال ۱۹۹۸ نشان دادند که کربن آلی موجود در فاضلاب جمعیت میکروارگانیسم‌های فعال خاک را افزایش می‌دهد و جمعیت بالای میکروارگانیسم‌های خاک به گرفتگی منافذ منتهی می‌شود (Bavey and et al., 1998). Tarchitzky و همکاران در سال ۱۹۹۹ گزارش نمودند که گرفتگی شیمیایی شامل تورم و پراکندگی ذرات رس به وسیله تمرکز سدیم در استفاده از پساب بیشتر از آب معمولی است. گرفتگی میکروبیولوژی به دلیل کاهش سایز منافذ ناشی از رشد و تجمع جلبک در شرایط هوازی و غیرهوازی است (Tarchitzky and et al., 1999). شادکام تربتی و همکاران در سال ۱۳۸۵ در تحقیقی به مطالعه تأثیر آبیاری با فاضلاب خام و پساب بر هدایت الکتریکی در خاک‌های مختلف پرداختند، آن‌ها به این نتیجه رسیدند که آبیاری با فاضلاب و پساب موجب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود، و این تأثیر در خاک‌های با بافت سنگین ملموس‌تر است (شادکام تربیتی و همکاران، ۱۳۸۵). Viviani and Lovino در سال ۲۰۰۴ کاهش ۲۰ درصدی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک لوم تحت آبیاری با فاضلاب که دارای ماده معلق (TSS) معادل ۶۰-۷۵ میلی‌گرم در لیتر بود را گزارش نمودند. تحقیق ایشان نشان داد که کاهش هدایت هیدرولیکی در خاک رس بیشتر از خاک لوم می‌باشد و گرفتگی منافذ خاک‌های سطحی دلیل عمده کاهش مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع است (Viviani and Lovino, 2004). کریم‌زاده و همکاران در ۱۳۹۱ اثرات آبیاری با پساب بر هدایت هیدرولیکی اشباع را بررسی کردند. آن‌ها برای این منظور، با انتخاب مزارع با بافت‌های شن، لوم سیلتی و رس در محدوده تصفیه خانه پرکند آباد ۲ مشهد که در طی ۵ سال به طور پیوسته

نگهداری آب

به طور کلی، کاربرد فاضلاب خام ظرفیت خاک برای نگهداری آب را افزایش می‌دهد. مقدار کربن آلی فاضلاب و لجن فاضلاب ممکن است از طریق مستقیم و یا از طریق غیر مستقیم (تأثیر بر سایر خواص فیزیکی خاک) مانند چگالی، تخلخل و توزیع اندازه خلل و فرج، بر روی نگهداری آب در خاک تأثیر بگذارد (National Research Council, 1996). محققان مختلفی افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک‌ها را پس از افزودن فاضلاب و لجن به آن گزارش داده‌اند (Metzger and Yaron, 1987 : Chang and et al, 1983).

هدایت هیدرولیکی اشباع

یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی خاک که در اثر آبیاری با فاضلاب دست‌خوش تغییرات می‌گردد هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌باشد. هدایت هیدرولیکی خاک را می‌توان مقدار آبی دانست که تحت شیب هیدرولیکی، از واحد سطح مقطع خاک عبور می‌کند. با توجه به مفهوم فیزیکی هدایت هیدرولیکی خاک، حجم و اندازه منافذ دو پارامتر موثر بر تغییرات این ویژگی بوده و عواملی همچون مواد جامد معلق که موجب تغییر در آن‌ها می‌گردد بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک موثر خواهد بود و میزان این تغییر ممکن است در خاک‌های مختلف، متفاوت باشد (کریم زاده و همکاران، ۱۳۹۱). حضور ذرات معلق معدنی و آلی در فاضلاب خام از یک سو ممکن است موجب انسداد خلل و فرج خاک به خصوص در لایه‌های سطحی شود. که این امر می‌تواند کاهش نفوذ آب به درون خاک و نقصان هدایت هیدرولیکی را باعث شود؛ و از طرفی غلظت بالای سدیم، کلسیم، و منیزیم در فاضلاب که در نتیجه کاربرد مواد شیمیایی حاصل می‌شود نیز می‌تواند تأثیرات قابل توجهی را بر هدایت هیدرولیکی خاک در اثر تغییر در ساختمان، پراکنده شدن ذرات و انسداد منافذ بر جای بگذارد که به دنبال آن حرکت آب و مواد غذایی در خاک کاهش می‌یابد. تأثیر آبیاری با فاضلاب بر کاهش هدایت هیدرولیکی خاک در خاک‌های با بافت سنگین و متوسط به مراتب بیشتر از خاک‌های با بافت سبک می‌باشد. در خاک‌های با بافت سبک هرچند اثرات سوء چندان شدید نیست ولی نمی‌توان این خاک را مناسب برای آبیاری با فاضلاب و پساب دانست زیرا نفوذپذیری زیاد در این خاک‌ها می‌تواند باعث آبشویی عناصر و آلودگی آب‌های زیرزمینی شود. برای رفع این

مشکل باید مواد آلی معلق (SS) مواد آلی محلول (TC) و مواد آلی پایدار (VOC) را کاهش داد. برای کاهش مواد معلق از روش‌هایی مثل برکه‌های تثبیت و نی‌زارهای مصنوعی استفاده می‌کنند که مواد در اثر سرعت کم و عمق کم آب ته‌نشین شده و به طور موثری کاهش پیدا می‌کنند. قسمت‌های عمده مواد آلی که به صورت محلول و معلق در فاضلاب وجود دارند اغلب توسط میکرواورگانیزم‌ها قابل تجزیه هستند که این کار در شرایط هوایی بهتر صورت می‌گیرد. مواد آلی پایدار که جزو مواد مصنوعی هستند مثل انواع آفت‌کش‌ها، گندزداها، ترکیبات نفتی و ... مشخصه اصلی آن‌ها کندی تجزیه آن‌ها در طبیعت است. به علاوه بیشتر آن‌ها خاصیت تجمع زیستی داشته و همچنین اثرات بیماری‌زایی و سرطان‌زایی دارند. مکانیسم‌های حذف آن‌ها شامل تصعید، جذب سطحی، جذب و تجزیه زیستی، تجزیه در اثر نور خورشید می‌باشد. مهم‌ترین راه حذف آن‌ها در حال حاضر روش کربن فعال می‌باشد.

نفوذپذیری

حضور ذرات معلق معدنی و آلی در فاضلاب خام، پساب تصفیه شده و حتی آب آبیاری معمولی، ممکن است موجبات انسداد خلل و فرج خاک را به خصوص در لایه‌های سطحی خاک فراهم آورد. این امر می‌تواند کاهش شدت نفوذ آب و هوا به درون خاک و افت نفوذپذیری خاک را سبب شود. وجود مقدار زیاد سدیم در فاضلاب (در نتیجه کاربرد مواد شیمیایی و نمک طعام در منازل) باعث افزایش نسبت جذب سدیم و در نتیجه، پراکنده شدن ذرات خاک از یکدیگر می‌شود که در نهایت، کاهش نفوذپذیری خاک را در پی خواهد داشت (شریعتی، ۱۳۷۵؛ حسن اقلی و همکاران، ۱۳۸۴). در این شرایط مشکلات ثانویه‌ای نظیر ایجاد لایه سفت، به خصوص در بخش فوقانی نیم‌رخ خاک، رشد و افزایش علف‌های هرز، کمبود اکسیژن و فقدان تهویه مناسب نیز ممکن است به صورت همزمان و در نتیجه تخریب ساختمان در لایه سطحی خاک به وجود آید (حسن اقلی و همکاران، ۱۳۸۴).

رنگ

فاضلاب خام برخی از کارخانه‌ها مانند کارخانه‌های نساجی حاوی مقادیر زیادی از ترکیبات رنگی هستند که معمولاً سمی، مقاوم به تجزیه بیولوژیک و پایدار در محیط‌زیست هستند. تخلیه این فاضلاب‌ها به منابع آب جهت آبیاری، اثرات سوء ای مانند اثر بر

خاک دانه‌ها و کاهش نفوذ آب و کاهش تولید محصول خواهد شد. افزایش قلیائیت خاک که امکان دارد به دلیل غلظت زیاد سدیم اتفاق بیفتد، در اثر افزایش سدیم قابل تبادل، کانی‌های رسی باد کرده، متورم و پراکنده می‌شوند و از این طریق موجب تخریب ساختمان خاک و کاهش نفوذپذیری آن می‌شوند. Klay و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی تأثیر فاضلاب بر شوری خاک در کشور تونس پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که شوری خاک با افزایش دوره‌ی آبیاری با فاضلاب، افزایش می‌یابد (Klay and et al., 2010). به منظور از بین بردن اثرات شوری بر بهره‌وری زمین‌های کشاورزی، باید شیوه‌های مدیریت مناسب بکار برده شود، از جمله انتخاب روش‌های مناسب آبیاری (آبیاری سطحی یا زیرسطحی در مقابل آبیاری قطره‌ای)، شیوه‌های فرهنگی صنایع، و انتخاب ارقام با تحمل بالا نسبت به شوری (Levy and et al., 2011).

کاتیون‌ها، آنیون‌ها و مولکول‌های محلول

کاتیون‌ها، آنیون‌ها و مولکول‌های محلول موجود در فاضلاب و لجن فاضلاب که از نگرانی‌های عملیات کشاورزی هستند، به طور کلی عبارت‌اند از: پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، کلراید، سولفات، نترات، بی‌کربنات، سلنات و بور (به عنوان اسید بوریک و بورات) در غلظت‌های کمتر. تمامی موارد بالا به وسیله گیاهان جذب می‌شوند. آن‌ها به موازنه تبادل یونی وارد می‌شوند و تمایل کمتری برای آبشویی به وسیله آب زهکشی دارند. اسید بوریک به این دلیل که خنثی است، به طور ضعیف جذب می‌شود و به طور معمول هنگامی که آب بیش از اندازه لازم برای اعمال تبخیر و تعرق باشد از سطح بسیاری از محصولات شسته می‌شود. غلظت‌های بالاتر از ۰/۷ میلی‌گرم در لیتر بور در آب‌های آبیاری ممکن است برای گیاهان حساس سمی باشد (Mass, 1990). در نتیجه اقدامات احتیاطی باید در نظر گرفته شود، تا مطمئن شویم که غلظت بور در محلول خاک در خاک‌های اصلاح شده با لجن و خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب شهری از سطح بحرانی برای گیاهان حساس تجاوز نکند. همان‌گونه که برای حفظ بهره‌وری از خاک نیاز به مدیریت می‌باشد مقدار نمک موجود در فاضلاب با شیوه‌های معمول آبیاری هم نیاز به مدیریت دارد. غلظت‌های معمول نمک‌ها بدون پذیرش و اعمال معیارها برای کیفیت آب آبیاری در فاضلاب تصفیه شده وجود دارد. اگر چه این غلظت‌ها می‌تواند به طور

فوتوستنز و آسیب به محیط‌زیست را دارند. حذف رنگ از پساب‌ها معمولاً با روش‌های متعددی صورت می‌گیرد مانند روش‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و یا تلفیقی مانند فیلتراسیون غشایی، که از میان آن‌ها فرایند غشایی به دلیل حجم کم، عدم نیاز به فضای زیاد، تنوع در شکل و اندازه، بالا بودن راندمان جداسازی، ساده بودن طراحی، سهولت کاربرد آن‌ها در مقیاس‌های صنعتی نسبت به سایر روش‌ها ارجحیت دارند (گنجی دوست و خوشبخت، ۱۳۹۱).

تأثیر فاضلاب خام بر خصوصیات شیمیایی خاک

خاک محیطی است پویا که پیوسته ویژگی‌های آن دچار تغییر می‌گردند. بدیهی است که کاربرد فاضلاب خام در امر آبیاری بر ویژگی‌های گوناگون خاک از جمله ویژگی‌های شیمیایی آن تأثیر می‌گذارد (Hussian and AL-Saati, 1999). آن دسته از خصوصیات شیمیایی خاک که تحت تأثیر فاضلاب خام قرار می‌گیرند و دچار تغییرات خواهند شد شامل شوری، کاتیون‌ها، آنیون‌ها و مولکول‌های محلول خاک، pH خاک، فلزات سنگین موجود در خاک، مواد مغذی خاک هستند.

شوری

گرچه غلظت کل مواد جامد محلول در فاضلاب بستگی به منبع تولید آن دارد، استفاده خانگی از آب غلظت مواد معدنی قابل حل را تا محدوده ۵۰۰-۱۵۰ mg/l افزایش می‌دهد. سطوح بالای نمک‌های یافت شده در فاضلاب ممکن است موجب بازدارندگی شدید رشد محصول و کاهش عملکرد و افزایش سمیت شوند (Levy and et al, 2011). شوری باعث شور شدن خاک، سفت و سخت شدن بافت آن و کاهش بازده محصول می‌شود. در بعضی از مناطق اگر بیش از ۵۰ درصد آب مصرفی در کشاورزی از فاضلاب تأمین شود، تراکم نمک در خاک موجب پیامدهای ناگواری خواهد شد. بنابراین در هر منطقه و برای هر نوع خاک و محصول معین بایستی مناسبت پساب برای آبیاری مورد ارزیابی قرار گیرد (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۷). نمک‌ها با تأثیر بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک موجب تغییر در سامانه جذب آب توسط گیاه گردیده و نهایتاً بر عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارند. مصرف فاضلاب خام که حاوی املاح زیادی می‌باشد با تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی خاک موجب افزایش مخصوص جرم ظاهری خاک، کاهش پایداری ساختمان

گسترده‌ای متفاوت باشد. بجز در مواردی که نمک‌ها از منطقه ریشه به وسیله گیاهان یا آبشویی حذف شده‌اند آن‌ها تجمع می‌یابند و در نهایت به یک سطحی می‌رسند که از رشد همه گیاهان (به جز گونه‌های خیلی مقاوم) جلوگیری می‌کنند. حتی تحت بهترین شرایط، گیاهان کمتر از ۱۰ درصد نمک‌های وارد شده به وسیله آب آبیاری را حذف می‌کنند. بنابراین برای تقویت رشد گیاهان، بایستی نمک از منطقه ریشه شسته شود. در مناطق معتدل مرطوب که آبیاری تنها در دوره‌های خشکی انجام می‌شود بارش و نفوذ آب معمولاً برای آبشویی نمک‌ها به یک سطح قابل قبول کافی است. اما، در مناطق خشک و نیمه خشک، آبیاری مداوم با فاضلاب در شرایط فقدان آبشویی منجر به تجمع نمک‌ها در پروفیل خاک، در سطحی که رشد محصولات را مهار خواهد کرد می‌شود. این مشکل معمولاً با اضافه کردن آب بیشتر از آن مقداری که مورد استفاده محصول قرار می‌گیرد حل می‌شود. مقدار آب اضافه‌تر از نیاز محصول به عنوان نیاز آبشویی می‌باشد که به آن اشاره شد (National Research Council, 1996).

pH خاک

حلالیت فلزات در خاک تابع pH می‌باشد. pH مناسب خاک برای اکثر محصولات کشاورزی اغلب بین محدوده ۶/۵ تا ۸/۵ می‌باشد. معمولاً فاضلاب خام دارای pH خارج از این محدوده می‌باشند. اگر قلیائیت خاک در حدی نباشد که pH را بالای ۶/۵ نگه دارد، ممکن است باعث انحلال فلزات موجود در خاک گردد (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۸۹). فاضلاب خام به خاطر ترکیبات قلیایی یا اسیدی موجود در آن به شدت pH خاک را تغییر می‌دهد. آبیاری با آب‌های کربنات دار حتی در غلظت‌های پایین در فصول خشک برای برخی از گیاهان، مشکل ایجاد خواهد کرد. در این شرایط روی برگ و میوه لکه‌های سفید رنگ تشکیل می‌گردد.

فلزات سنگین

فاضلاب‌ها اغلب دارای مقادیر قابل توجهی فلزات سنگین و سمی می‌باشند که مقدار و نوع آن‌ها از مکانی به مکان دیگر و حتی در یک مکان خاص در طول زمان متفاوت است (Ratten and et al., 2005). منابع مهم فلزات سنگین فاضلاب، سیالات خروجی صنعتی و واحدهای تولیدی می‌باشند (Sharma and et

al., 2007). استفاده طولانی مدت از فاضلاب در اراضی اغلب به افزایش سطح فلزات سنگین خاک منجر می‌شود، بدین طریق که پس از تجزیه ماده آلی، فلزات سنگین از فاضلاب به شکل محصولات کم محلول واکنش منتشر می‌شوند (Larche and et al., 2006) و زمانی که ظرفیت خاک برای نگه داشتن فلزات سنگین کاهش می‌یابد فلزات سنگین به صورت محلول‌های قابل استفاده برای گیاه آزاد و منتشر می‌شوند (Sharma and et al., 2007). غلظت بالای فلزات در گیاه می‌تواند جابجایی و تعادل عناصر اساسی گیاه را از طریق جذب رقابتی تحت تأثیر قرار دهد (Schat and bookum, 1992). این فلزات عبارت‌اند از: آرسنیک، روی، مس، کبالت، نیکل، سرب و ... به دلیل تأثیر بالقوه آن‌ها بر روی سلامت انسان یا جانوران، عملکرد محصول، و فعالیت و جمعیت فون و فلور میکروبی خاک خیلی مهم هستند (Levy and et al., 2011). و به خاطر خاصیت حلالیت کم و محدود بودنشان توسط گیاهان جذب می‌شوند. آن‌ها تمایل به تجمع در سطح خاک و تبدیل شدن به بخشی از خاک را دارند. با کاربرد مکرر و پیوسته فاضلاب، و به خصوص لجن فاضلاب، این عناصر می‌توانند در سطوح سمی در گیاهان و ارگانسیم‌های خاک تجمع یابند. گرچه برخی از فلزات سنگین عناصر کمیاب ضروری هستند، اما بسیاری از آن‌ها در غلظت‌های بالا به دلیل شکل‌گیری ترکیبات پیچیده در داخل سلول می‌توانند برای تمامی گونه‌های حیات سمی باشند. بر خلاف آلاینده‌های آلی، فلزات سنگین وقتی برای اولین بار وارد محیط‌زیست می‌شوند نمی‌توانند مورد تجزیه بیولوژیکی قرار بگیرند؛ و برای همیشه در محیط باقی می‌مانند و باعث آلودگی هوا، آب و خاک می‌شوند (Saghir Khan and et al., 2011). این دسته از آلاینده‌ها اغلب شامل عناصر فلزی با وزن اتمی زیاد هستند، و اغلب آن‌ها دارای خاصیت تجمع‌زیستی بوده که در بافت‌های بدن تجمع می‌یابند و با دخالت در فعالیت‌های حیاتی موجب اختلال در نظم طبیعی بدن می‌شوند. البته ممکن است برخی از این عناصر (کادمیوم، مس و مولیبدن) در غلظت‌هایی که برای محصولات کشاورزی به عنوان خطر قابل توجهی مطرح نباشند اما برای انسان و حیوانات مضر باشند وجود داشته باشند (Levy and et al., 2011). استراتژی اصلی کنترل آلودگی فلزات سنگین، کاهش فراهمی زیستی، تحرک و سمیت فلزات می‌باشد (Saghir Khan et al., 2011). در واقع منشأ اصلی این فلزات فاضلاب‌های صنعتی هستند که بایستی در طرح‌های استفاده

یوتریفیکاسیون، به وجود می‌آورد (رضامند و همکاران، ۱۳۸۹). از جمله مشکلات مربوط به افزایش غلظت فسفر در خاک می‌توان به، بهم خوردن تعادل عناصر غذایی در گیاه، کاهش عملکرد محصول، ممانعت از جذب آهن توسط ریشه، مختل شدن متابولیسم روی در گیاه و آلودگی آب‌ها به فسفر را نام برد (صفاری و ملک‌زاده، ۱۳۸۴). غلظت بیش از ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر باعث کاهش مس، آهن و روی قابل دسترس گیاه در خاک‌های قلیایی می‌شود. مهم‌ترین فرایند طبیعی برای حذف فسفر شامل جذب سطحی و ته‌نشینی می‌باشد. همچنین می‌توان از فرایند گیاه پالایی که یک روش محیط‌زیست ی می‌باشد برای رفع این مشکل استفاده کرد. گیاهانی مثل بی و بامبو قدرت خوبی برای جذب فسفر دارند.

تأثیر فاضلاب خام بر میکرو بیولوژی خاک

میکروارگانسیم‌های خاک شامل باکتری‌ها، اکتینومیست‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها هستند. آن‌ها در تجزیه مواد آلی و چرخه مواد مغذی گیاهی مانند نیتروژن، فسفر و گوگرد دارای اهمیت‌اند. مشخص شده است که تجمع فلزات در خاک همگام با کاربرد طولانی مدت فاضلاب و لجن آن بر فعالیت و زیست توده میکروبی، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، و قارچ‌های میکروبی‌زا اثر دارد (National Research Council, 1996).

فعالیت و بیومس میکروبی

حضور برخی از عناصر سمی در فاضلاب خام ممکن است فعالیت و جمعیت میکروبی و آنزیمی خاک را مختل سازد. فعالیت آنزیمی خاک، یک پارامتر حساس به آلودگی و همچنین حساس‌ترین شاخص به اثر فاکتورهای محیطی بر عملکرد میکروبی خاک است. زیرا در چرخه عناصر غذایی مهم است. هر گونه تغییر در جامعه میکروبی خاک بر اثر عوامل محیطی من جمله آلودگی‌ها می‌تواند سنتز و سطح فعالیت آنزیمی خاک را تغییر دهد. به عنوان مثال نادلی و همکاران در سال ۱۳۸۹ در تحقیقی به مطالعه اثر پساب صنعتی خام و تصفیه شده بر فعالیت آنزیمی یک خاک رس سیلتی در شرایط آزمایشگاه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مصرف پساب‌های صنعتی سبب کاهش ۳۰ درصد فعالیت آنزیم آریل سولفاناز شد، درحالی‌که متوسط فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیایی، اوره آز و ساکاراز به ترتیب

مجدد از آب‌های برگشتی، کنترل‌های شدیدی جهت جلوگیری از ورود این عناصر به پساب به عمل آید.

مواد مغذی خاک

- نیتروژن

فاضلاب خام حاوی سطوح بالایی از نیتروژن است. نیتروژن تا حد معینی مورد نیاز گیاه است و برای رشد آن ضروری است. اما بالاتر از این حد اثرات مضر را بر گیاهان خواهد گذاشت از جمله رشد بیش از حد بخش علفی گیاه، تأخیر در رسیدن محصول، تجمع در گیاه و تبدیل شدن نیترات به نیتريت که آثار سوء ای بر مصرف کننده گیاه خواهد داشت. همچنین نیتروژن اضافی با نفوذ از لایه‌های خاک موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی خواهد شد. نیتروژن نیتراتی اکسندترین شکل نیتروژن در فاضلاب می‌باشد که اگر پساب ثانویه برای مصارف کشاورزی به کار برده شود غلظت نیترات آن مهم می‌باشد. یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی نیترات در زمین‌های کشاورزی، تزریق فاضلاب خام است. نیترات می‌تواند در همه سبزیجات و میوه‌جات جذب شود. محصولاتی که در دل زمین جا می‌گیرند قابلیت جذب نیترات بیشتری دارند و نیترات را که بر اثر جاذبه زمین به درون زمین نفوذ می‌کند، به داخل خود جذب می‌کنند. پایداری نیترات در محیط بسیار زیاد است (اصغر زاده و قانعان، ۱۳۸۹). عوارض سوء نیترات در انسان در نتیجه احیای آن به وسیله باکتری‌های دستگاه گوارش و تبدیل آن به نیتريت روی می‌دهد. نیتريت به دو دلیل اهمیت دارد یکی اکسیده کردن هموگلوبین خون و تبدیل آن به متهموگلوبین، که عمل اکسیژن رسانی را به بدن مختل می‌کند. و دیگری ترکیب شدن با بعضی از آمین‌ها و آمیدهای بدن و ایجاد نیتروز آمین که ماده‌ای سرطان زا است (مرجانی، ۱۳۸۵).

- فسفر

فاضلاب خام حاوی مقدار بسیار زیادی مواد شوینده می‌باشد که یکی از اجزای اصلی این شوینده‌ها فسفات است؛ و هنگامی که خاک با این نوع فاضلاب آبیاری می‌شود، فسفر جذب آن می‌شود، که فسفر جذب شده ثابت زیادی نداشته و به ندرت شسته شده و وارد آب‌های سطحی یا زیرزمینی می‌شود و آلودگی ثانویه را در نتیجه رشد بحرانی جلبک‌ها و ایجاد پدیده

وارد زمین‌های کشاورزی می‌شود اثرات سوء ای را بر کیفیت خاک این مناطق خواهد گذاشت. استفاده از فاضلاب در کشاورزی مستلزم تصفیه است. کاربرد فاضلاب‌ها در خاک با هر هدفی که باشد، نیازمند اعمال مدیریت خاصی است به طوری که ضمن بهره‌گیری مطلوب از فاضلاب، مخاطرات محیط‌زیستی و بهداشتی در خاک، گیاه و منابع سطحی و زیرزمینی به حداقل کاهش یابد. جهت کاهش اثرات سوء فلزات سنگین در خاک‌های زراعی بهتر است از ورود پساب‌های صنعتی به بخش کشاورزی جلوگیری شود یا تصفیه‌ی لازم جهت حذف فلزات بر روی آن‌ها صورت گیرد. همچنین بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فاضلاب مورد استفاده، کنترل و نظارت دقیق صورت گیرد. و جهت کاهش اثرات بهداشتی فاضلاب ضروری است نوع محصول محدود و تماس مستقیم با فاضلاب کنترل شود. در نهایت گرچه ارزان بودن استفاده از فاضلاب خام در کشاورزی موجب ترغیب کشاورزان در به‌کارگیری آن گردیده است، اما خسارت ثانویه ناشی از کاربرد آن در افت کیفی محصولات، کاهش کیفیت خاک و اثرات بهداشتی می‌تواند ضررهای جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد. لذا پیشنهاد می‌شود تحلیل اقتصادی مناسبی در زمینه برآورد منافع و هزینه‌های به‌کارگیری فاضلاب خام در کشاورزی صورت پذیرد.

۷/۵، ۶۰ و ۲۶/۵ درصد نسبت به خاک شاهد افزایش داشت (نادی و همکاران، ۱۳۹۰). استفاده از لجن فاضلاب به طور موقت جمعیت میکروبی را به دلیل فراهم کردن و عرضه مواد غذایی خارجی افزایش می‌دهد. بسته به نسبت کربن به نیتروژن (C/N) مواد اضافه شده، افزایش نیاز جمعیت میکروبی به نیتروژن قابل دسترس گیاه در سطحی که برای رشد محصول کافی نباشد، می‌شود. این فرایند، اشاره به عدم تحرک نیتروژن دارد و زمانی اتفاق می‌افتد که نسبت C/N در مخلوط خاک و لجن فاضلاب در حدود ۲۰ یا بیشتر است و میکروب‌ها نیتروژن معدنی را به نیتروژن آلی (یک فرم غیر قابل دسترس برای محصولات) تبدیل می‌کنند. با این حال، عدم تحرک نیتروژن موقتی است. مانند پیشی گرفتن تجزیه کربن فرار به دی اکسید کربن و وقتی نسبت C/N کمتر از ۲۰ می‌شود معدنی شدن نیتروژن آلی بیش از عدم تحرک آن می‌باشد و نیتروژن معدنی در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد (National Research Council, 1996).

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

فاضلاب خام حاوی انواع مختلف مواد آلی و معدنی و نمک‌های محلول می‌باشد. همچنین مواد مصنوعی حاصل از فعالیت صنایع نیز به آن اضافه می‌شود. هنگامی که فاضلاب با این ترکیبات

فهرست منابع

- اصغر زاده، ف. و قانعیان، م. ۱۳۸۹. بررسی اثرات سوء ناشی از بالا بودن غلظت نیترات در آب‌های مصرفی جهت کشاورزی، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب - کاربردها در کشاورزی و فضای سبز، مشهد.
- توکلی، م. و طباطبایی، م. ۱۳۷۸. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده، همایش جنبه‌های زیست‌محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری، ۱۱ آذر. ۶- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور. ۱۳۸۹. ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها، نشریه شماره ۵۳۵.
- حسن اقلی، ع؛ لیاقت، ع. و میراب زاده، م. ۱۳۸۴. بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب خانگی و پساب تصفیه شده آن. مجله علوم کشاورزی واحد علوم و تحقیقات، ۴(۱)؛ ۹۹-۱۰۸.
- حسین پور، ا؛ حق نیا، غ؛ علیزاده، ا. و فتوت، ا. ۱۳۸۶. تأثیر آبیاری با فاضلاب خام و پساب شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک در اعماق مختلف در دو شرایط غرقاب پیوسته و متناوب. مجله آبیاری و زهکشی ایران سال، ۲(۱).
- رضامند، ش؛ آیتی، ب. و گنجی دوست، ح. ۱۳۸۹. مقایسه حذف فسفر توسط گیاه نی و بامبو، اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا، کرمان.
- شادکام تربتی، س؛ پر وان، م. و علیزاده، ا. ۱۳۸۵. بررسی استفاده مجدد از فاضلاب خام و پساب تصفیه شده بر هدایت هیدرولیکی بافت‌های مختلف خاک، اولین همایش تخصصی محیط‌زیست، تهران.
- شایگان، ج. و افشاری، ع. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت فاضلاب‌های شهری و صنعتی در ایران، مجله آب و فاضلاب، شماره ۴۹، ص ۵۸-۶۹.
- شریعتی، م.ر. ۱۳۷۵. ارزیابی کیفیت شیمیایی فاضلاب و استفاده از آن در آبیاری. مجله آب، خاک و محیط‌زیست، ۱(۱)؛ ۵-۵۵.

- صفری، ح. و ملک‌زاده، ا. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر کودهای فسفره شیمیایی و میکروبی در عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت، نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران.
- طبری، م. و صالحی، آ. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر آبیاری با استفاده از فاضلاب شهری بر تجمع فلزات سنگین در خاک، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۴ (۱): ۵۰-۵۹.
- قاجار سپانلو، م.؛ بهمنیار، م. ع.؛ شهبابی، م. و بحرالعلومی، م. ۱۳۸۶. تأثیر فاضلاب شهری بر میزان عناصر سنگین در خاک و گیاه برنج، مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک، کرج.
- کریم زاده، م.؛ علیزاده، ا. و محمدی آریا، م. ۱۳۹۱. اثرات آبیاری با پساب بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶ (۶): ۱۵۴۷-۱۵۵۳.
- کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۸۷. مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری، نشریه شماره ۲۸.
- گنجی دوست، ح. و خوشبخت، پ. ۱۳۹۱. فرایندهای غشایی در حذف رنگ از پساب سومین کنفرانس علوم و مهندسی جداسازی، زاهدان.
- مرجانی، ع. ۱۳۸۵. آلودگی آب با نیترات، مسئله اساسی در بخش آب کشور، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران.
- نادی، ز.؛ رئیس، ف. و حسین پور، ع. ۱۳۹۰. اثر پساب‌های صنعتی بر فعالیت آنزیمی یک خاک رس سیلتی در شرایط آزمایشگاهی، مجله آب و فاضلاب شهرکرد، ۱۳ (۱): ۱-۱۵.
- Bavey, P.; Vandevivere, P.; Hoyle, B.; Deleo, P.C. & Delozada, S. 1998. Environmental impact and mechanisms of the Biological collging of stuated soils and aquifer materials. *Cret Rev Environment Sci Tech*, Vol. 28, Pp. 123-191.
- Chang, A. C.; Page, A.L. & Warneke, J.E. 1983. Soil conditioning effects of municipal sludge and sludge compost. *Environment Engineering*, Vol. 109, Pp. 574-583.
- Hussain, G. & AL- Saati, J. A.1999. Wastewater Quality and its Reuse in Agriculture in Saudi Arabia. *Desalination*, Vol. 123, Pp. 241-251.
- Intizar, H.; Raschid, L.; Hanjra, M.A.; Marikar, F. & Van der Hoek, W. 2001. A framework for analyzing socioeconomic, health and environmental impacts of wastewater use in agriculture indeveloping countries: Working Paper 26. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. IWM.
- Klay, S.; Charef, A.; Ayed, L.; Houman, B & Rezgui, R. 2010. Effect of irrigation with treated wastewater on geochemical properties (saltiness, C, N and heavy metals) of isohumic soils (Zaouit Sousse perimeter, Oriental Tunisia). *Desalination*, Vol. 253, Pp.180-187.
- Larche veque, M.; Ballini, C.; Korboulewsky, N & Montes, N. 2006. The use of compost in afforestation of Mediterranean areas: effect on soil properties and young tree seedlings. *science of the Total Environment*, Vol. 369, Pp. 220-230.
- Levy, G.; Fine, P. & Bar-tal, A. 2011. Use and impacts on the soil Environment and crops. Agricultural Research organization the volcanic center, Israel.
- Mass, E.V. 1990. Crop salt tolerance of plants. Kenneth K. Tanji.ed. NEW York: American society of civil Engineers. Agricultural salinity Assessment and mangment, Pp. 262-340.
- Metzger, L. & Yaron, B. 1987. Influence of sluge organic matter on soil Physical properties. *Adv.soil sci*, Vol. 7, Pp.141-163.
- National Research Council. 1996. Use of Reclaimed water and sludge in food crop production. National Academy Press, Washangton, D.C. 1996.
- Ratten, P.K.; Datta, S.P.; Chhokar, P.K.; Suribabu, K & Singh, A.K. 2005. Long term Impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groud water- A cas study. *Agriculture Ecosystems and Environment*, vol. 109, Pp. 310- 320.
- Saghir Khan, M.; Zaidi, A.; Goel, R. & Musarrat, J. 2011. Biomangement of metal contamhnated soils. [Http://www.springer.com/series/5929](http://www.springer.com/series/5929).
- Schat, H. & Ten bookum, W.M. 1992. Metal specificity of metal tolerance syndromes in higher plants. In: Proter, J.A. Baker, J.M., Reeves, R.D. (Eds), *The Ecology of ultramafic (serpentine) soils*, Intercept Andover, MA,PP. 337-352.
- Sharma, P.K.; Agrawal, M. & Marshall, F. 2007. Heavy metal contamination of soil and vegetable in suburban areas of Varanasi., India. *Ecotoxicology and Environmental safety*, Vol. 66, Pp. 258-266.
- Tarchitzky, J.; Gobolati, Y.; Keren, R & Chen, Y. 1999. wastewater effects on montmorillonite suspensions and hydraulic properties ofsandy soils. *Soil Sci. Soc. Am. J*, Vol. 63, Pp. 554-560.
- Viviani, G. & Lovino, M. 2004. Reuse effects on soil Hydraulic Conductivity. *Irrigation and drainage engineering*, Vol. 130, Pp. 476-484.