

استفاده از فاضلاب در کشاورزی: فرصت‌ها، چالش‌ها و راهکارها

حامد رضایی^۱ و سعید سعادت

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. Rezaei_h@yahoo.com

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. Saeed_Saadat@yahoo.com

دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ و پذیرش: تیر ۱۳۹۷

چکیده

استفاده مجدد از فاضلاب و پساب برای آبیاری و کشاورزی از گذشته‌های دور در دنیا مطرح بوده است. افزایش جمعیت، مهاجرت به شهرها و گسترش شهرنشینی، ارتقاء استانداردهای زندگی، رشد و گسترش صنایع و... سبب گردیده تا حجم فاضلاب زیادی در مناطق محدودی تولید شود که محیط توان پالایش آن را ندارد. این در حالی است که این حجم بالای فاضلاب تولیدی می‌تواند به‌عنوان منبعی برای تأمین آب، مواد و انرژی موردتوجه قرار گیرد. با توجه به پیشرفت فناوری‌های تصفیه فاضلاب در جهان، امکان تصفیه فاضلاب با طیفی وسیع از کیفیت پساب خروجی فراهم می‌باشد. چندان که پساب خروجی از کیفیت مناسب برای شرب گرفته تا کیفیت بسیار پائین را دربرمی‌گیرد. با چنین توانمندی علمی دیگر نمی‌توان تصور عدم استفاده از پساب برای آبیاری در کشاورزی را به کار برد. اما سؤالی که در اینجا پیش می‌آید تناسب کیفیت پساب با نوع کاربرد پساب با توجه به مسائل اقتصادی می‌باشد. این امر نیازمند دسترسی به استانداردها، دستورالعمل‌ها و معیارهای قابل اجرا برای هر یک از بخش‌های مختلف می‌باشد تا بتوان آن را با رعایت استانداردهای زیست‌محیطی بکار برد. البته استفاده از پساب به‌عنوان منبع آب پایدار در آبیاری محصولات کشاورزی با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی را بایستی به‌عنوان بخشی از مدیریت پایدار با توجه به وضعیت بحران آب تلقی نمود. سامانه‌ای که مراحل مختلف تولید، جداسازی، جمع‌آوری، انتقال، تصفیه را همراه با ذینفعان هر بخش دربرمی‌گیرد. در این سامانه مفاهیمی همانند کاهش فاضلاب، استفاده مجدد، بازچرخانی و بازیافت جایگاه ویژه‌ای دارند تا فاضلاب نه به‌عنوان یک پساب دورریختنی بلکه به‌عنوان یک منبع تجدید پذیر تلقی گردد.

واژه‌های کلیدی: پساب، منبع تجدید پذیر، استاندارد، بازچرخانی آب

مقدمه

رشد جمعیت و نیازهای بشری (مسکن، غذا، الیاف و ...) از یک سو و تغییر نیازها با رشد اقتصادی و تغییر شیوه زندگی از دیگر سو، نیاز به منابع آب مناسب را افزایش داده است. جمعیت دنیا از ۴۲۷ میلیون نفر در سال ۱۵۰۰ میلادی، ۱۶۵۰ میلیون نفر در سال ۱۹۰۰ و ۳۶۰۰ میلیون نفر در سال ۱۹۷۰، به ۵۲۰۰ میلیون نفر در سال ۱۹۹۰ (ورهی، ۱۹۹۸) و ۷/۳ میلیارد نفر در سال ۲۰۱۷ (سازمان ملل متحد، ۲۰۱۷) رسیده است. پیش‌بینی‌های اخیر نیز حاکی از افزایش جمعیت به حدود ۹/۷۳ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ میلادی می‌باشد. بدین معنی که سالانه بیش از ۸۵ میلیون نفر به جمعیت جهانی افزوده می‌شود و بخش کشاورزی بایستی نسبت به سال ۲۰۱۲ میلادی ۵۰ درصد غذا، علوفه و سوخت‌های زیستی بیشتری را تولید نماید (فائو، ۲۰۱۷). در کشور ما نیز مشابه همین وضعیت وجود دارد. بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن، جمعیت ایران در سال ۱۳۷۵، ۶۰ میلیون نفر، در سال ۱۳۸۵، ۷۰ میلیون نفر و بر اساس آخرین سرشماری جمعیت در سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۷۹/۹۲ میلیون نفر می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵). برای آن‌که تصویری از حجم فاضلاب شهری به دست آید با فرض سرانه مصرف شهری ۲۰۰ لیتر در شبانه‌روز و ضریب ۷۰ درصدی (امرزینگ و همکاران، ۲۰۱۳). این مقدار حدود ۴/۱ میلیارد مترمکعب در سال خواهد بود. البته در حال حاضر این مقدار به دلیل کامل نبودن سامانه‌های جمع‌آوری فاضلاب، استحصال نمی‌شود. در این محاسبه فاضلاب صنایع نیز منظور نشده است. در ایران در سال ۲۰۱۰ حدود ۳/۵۴۸ میلیارد مترمکعب در سال فاضلاب شهری تولید گردیده و از این مقدار تنها ۱/۱۶۲ میلیارد مترمکعب در سال جمع‌آوری گردیده و ۰/۸۸۵ میلیارد مترمکعب تصفیه شده است. مقدار ۰/۳۲۸ میلیارد مترمکعب در سال به صورت پساب تصفیه شده برای آبیاری

استفاده می‌گردد. در سال ۲۰۰۵ مقدار ۰/۲۴۴ میلیارد مترمکعب فاضلاب تصفیه نشده برای آبیاری محصولات استفاده شده است (فائو^۱، ۲۰۱۵). بر اساس اطلاعات مرکز آمار ایران (۱۳۹۵) در شبانه‌روز بالغ بر ۴/۲ میلیون مترمکعب فاضلاب شهری جمع‌آوری می‌شود (جدول یک) (حدود ۱/۵ میلیارد مترمکعب) در حالی که ۳/۰۹ میلیون مترمکعب در شبانه‌روز ظرفیت در دست بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌باشد (پایگاه آمار و اطلاعات آب و فاضلاب کشور، ۱۳۹۵). با توجه به رشد ۱/۲۴ درصد جمعیت ایران (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷)، هر ساله ۵۱ میلیون مترمکعب به حجم فاضلاب تولیدی با فرض ۲۰۰ لیتر مصرف شبانه‌روزی و ضریب ۷۰ درصدی اضافه خواهد شد.

بر اساس پیش‌بینی‌های انجام گرفته در سال ۱۴۰۰ بیش از ۱۰ میلیارد مترمکعب آب در سال در بخش شرب شهری، روستایی و صنعت مصرف خواهد شد. با فرض ۶۰ تا ۷۰ درصد ضریب بازیافت این مصارف، حدود شش تا هفت میلیارد مترمکعب آب در سال قابل استفاده مجدد بوده و می‌تواند به‌طور مستقیم ظرفیت تأمین آب کشور برای مصارف کشاورزی و صنعت را افزایش دهد (مهردادی، ۱۳۷۸).

در گذشته، فاضلاب‌های شهری عمدتاً از طریق چاه‌های جذبی یا رها نمودن در آب‌های سطحی و جاری دفع می‌شدند. این در شرایطی بود که این منابع توان پالایش طبیعی و خودپالایی در منطقه را با توجه به حجم سرانه‌ی بالای منابع آب سطحی و اراضی داشتند؛ اما افزایش جمعیت و تراکم در مناطق شهری باعث شد تا منابع خاک و آب پاسخگوی پالایش فاضلاب‌ها نبوده و بشر به فکر جمع‌آوری، دفع، تصفیه و یا استفاده مجدد از آن‌ها بیفتد؛ بنابراین خدمات شهری برای جمع‌آوری فاضلاب نیز به میزان قابل‌توجهی افزایش و گسترش یافت (حسین و همکاران، ۲۰۰۲).

^۱- <http://FAO.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>

جدول ۱- حجم جمع آوری و تصفیه خانه های فاضلاب در کشور (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)

سال	متوسط حجم فاضلاب جمع آوری شده (متر مکعب در شبانه روز)	تعداد تصفیه خانه های فاضلاب	درصد جمعیت تحت پوشش شبکه جمع آوری فاضلاب	حجم آب مصرفی شهری (مترمکعب در روز)
۱۳۸۵	۱۹۳۸۸۹۸	۹۰	۲۷	۳۴۶۴۴۵۲
۱۳۹۰	۲۸۶۳۳۲۲	۱۳۷	۳۷	۳۹۰۰۷۲۷
۱۳۹۱	۳۰۲۱۲۹۱	۱۴۶	۳۹	۴۰۳۴۹۵۴
۱۳۹۲	۳۴۹۲۱۶۶	۱۵۰	۴۰	۴۲۳۶۰۰۹
۱۳۹۳	۳۸۴۸۰۱۳	۱۵۶	۴۲	۴۳۳۰۱۵۷
۱۳۹۴	۴۲۴۲۴۰۰	۱۶۴	۴۴	۴۴۴۵۰۰۰

اما در بخش کشاورزی دو جنبه آب و مواد بازیافتی حائز اهمیت بیشتری بوده که در زیر بدان پرداخته می شود.

بازیافت آب

آب به عنوان محور توسعه پایدار (سازمان ملل متحد، ۲۰۱۴) بوده که در طبیعت همانند انرژی، نه خلق می گردد و نه از بین می رود، بلکه از یک شکل به شکل دیگر تبدیل می گردد. حدود ۹۷ درصد آب های جهان را آب های شور تشکیل می دهد. از سه درصد باقی مانده، دوسوم به صورت یخ و برف در قطب وجود دارد و حدود ۱٪ کل آب جهان به صورت آب شیرین مایع است. بیش از ۹۸ درصد این آب شیرین به صورت آب های زیرزمینی است و تنها ۲٪ آن در رودخانه ها و دریاچه ها وجود دارد. لذا منابع آب شیرین بسیار محدود و کم می باشد (اندرسون، ۲۰۰۳). انسان به طور معنی داری چرخه طبیعی آب را با ایجاد عناصر جدیدی همانند الف) استخراج آب از منابع زیرزمینی و سطحی برای مصارف شهری، کشاورزی و صنعتی؛ تولید رواناب های کشاورزی و شهری؛ بازچرخانی فاضلاب تصفیه شده یا نشده به منابع و جریان های آب دچار تغییر نموده است.

برداشت بی رویه از منابع آب موجب افت سطح زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان شده است و این پدیده مشکلاتی از جمله فرونشست زمین (گالووی و بابری، ۲۰۱۱)، یمانی و همکاران، ۱۳۸۸، رهنما و میراثی، ۱۳۹۵)، شور شدن آب (چوبین و ملکیان، ۱۳۹۲، کاظمی نژاد، ۱۳۸۹) و کاهش دبی چاه ها را به دنبال داشته است. تصفیه و استفاده مجدد از آب (بازچرخانی) موجب کاهش میزان

با افزایش آگاهی از وضعیت و حجم روزافزون فاضلاب ها، سؤال مهم چگونگی مدیریت فاضلاب ها مطرح شد. استفاده و بازچرخانی فاضلاب فرصت های بسیاری را فراهم می آورد که از جمله آن ها می توان به تأمین آب بدون تغییرات زیاد فصلی، تأمین بهداشت عمومی جامعه، استفاده از عناصر غذایی موجود در آن و نیاز به مصرف کود شیمیایی کمتر، تولید غذای بیشتر و امنیت غذایی، درآمد اقتصادی بالاتر، حفظ محیط زیست، ایجاد اشتغال و... اشاره نمود. البته استفاده از فاضلاب همواره مخاطرات مستقیم و غیرمستقیمی را برای انسان دارد. مخاطرات مستقیم آن بیماری های مسری و غیرمسری حاصل از رشد و تکثیر ارگانیزم ها و ناقلین بیماری و یا ورود ترکیبات شیمیایی به بدن می باشد و مخاطرات غیرمستقیم آن را می توان به وارد شدن آلاینده ها به منابع آب، ریسک آلودگی گیاهان به پاتوژنها و ترکیبات شیمیایی و امکان تماس با آن ها نسبت داد (وسکات، ۱۹۹۷).

به هر صورت در خصوص استفاده از فاضلاب، فرصت ها و تهدیدهایی وجود دارد که باعث اختلاف نظرهایی در استفاده از فاضلاب در بخش کشاورزی گردیده است. اکنون زمان مناسبی است تا به بازچرخانی و استفاده مجدد از فاضلاب در بخش کشاورزی نگاهی جامع تر بیاندازیم. لذا در این نوشتار به فرصت ها و تهدیدهای ناشی از مصرف فاضلاب ها پرداخته و در ادامه، ضمن تبیین چالش های پیش رو، راهکارهای پیشنهادی ارائه می گردد. در استفاده از فاضلاب جنبه های متنوعی در پایداری آن وجود دارد که مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است؛

هکتار از اراضی کشاورزی با آب پساب قابل آبیاری خواهد بود. البته این سطح در صورت جمع آوری همه فاضلابهای شهری و خانگی و تصفیه آنها و اختصاص به بخش کشاورزی بیشتر خواهد بود. از کاربردهای پساب، استفاده از آن به عنوان منبع آب برای محیطزیست و جبران ذخایر سفره‌های زیرزمینی است؛ که مثال‌های مشهور آن مکزیک، مراکش و قبرس می‌باشد (جیمنز و اسانو، ۲۰۰۸).

باز یافت مواد

از دیرزمان فاضلاب خانه‌ها و شهرها به عنوان منبعی از مواد و عناصر غذایی به طور مستقیم یا غیرمستقیم مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفته است. به عبارت دیگر بسته به سنت و روش محلی یا مستقیماً فاضلاب منازل تخلیه و مخلوط با آب آبیاری مصرف می‌شده است و یا این‌که به طور غیرمستقیم مخلوط فاضلاب و توده‌های زباله‌های شهری در محلی خارج از شهر و نزدیک مزارع جمع شده به عنوان یک کود آلی مورد استفاده قرار می‌گرفته است (شریعتی، ۱۳۶۵). امروزه موضوع استفاده از عناصر غذایی موجود در فاضلاب شهری مورد توجه جدی قرار گرفته است. در این زمینه به منظور کاهش هزینه‌های تصفیه و استفاده از عناصر غذایی آن تلاش‌های بسیاری صورت گرفته است. به عنوان مثال با توجه به اینکه حدود ۸۰ درصد نیتروژن و ۵۰-۶۰ درصد فسفر و پتاسیم موجود در فاضلاب شهری از ادرار انسان ناشی می‌شود در حالی که حجم آن (۱/۵ لیتر در روز در نفر) یک درصد کل فاضلاب است سامانه‌هایی را برای جدا کردن بخش ادرار پیشنهاد نموده‌اند تا ضمن کاهش هزینه‌های تصفیه، عناصر غذایی مورد نیاز گیاه موجود در ادرار به عنوان کود استفاده شود چراکه آلاینده‌های عناصر سنگین نیز در آن غلظت ناچیزی دارند (جانسون، ۲۰۰۲). استفاده از زیست‌جامدهای^۱ حاصل از فرآوری لجن تصفیه خانه‌های فاضلاب به عنوان کود نیز یکی دیگر از شناخته‌شده‌ترین کاربردهای است که توسعه زیادی با هدف استفاده از عناصر غذایی و مواد آلی

برداشت از آبخوانها شده لذا منابع آب اضافی را در مناطق دچار کمبود آب فراهم می‌آورد (توکلی و طباطبائی، ۱۳۷۸ و پتیگرو و اسانو، ۲۰۱۸۷). با توجه به اهمیت موضوع، این امر در بیانیه "ریو+۲۰" نیز در ماده ۱۰۹ تحت عنوان "استفاده مجدد از پساب برای آبیاری" مورد تأکید قرار گرفته است (سازمان ملل متحد، ۲۰۱۲). افزایش تقاضای آب برای صنعت، کشاورزی و شهری، باعث رقابت بر سر اختصاص این منابع محدود شده است. لذا راهی نیست جز آن که آب را حفاظت نموده، آلودگی کمتری ایجاد کرده تا پیامدهای زیست‌محیطی جمعیت روبه رشد را کاهش داد. در زمینه افزایش کارایی و بازچرخانی آب در راستای پایداری تجربیات موفق در دنیا وجود داشته (اندرسون، ۲۰۰۳) و به دلیل پیشرفت فناوریهای تصفیه فاضلاب جای نگرانی از جهت امکان تولید پساب با کیفیت مناسب برای کشاورزی نیست. یکی از مشهورترین تجربیات مربوط به سنگاپور است که به دلیل محدودیت منابع آب شرب، استفاده از پساب به عنوان آب آشامیدنی را به برنامه رسانیده‌اند. مصرف پساب برای شرب در ویندهاک پایتخت نامیبیا نیز از دیگر مثال‌های استفاده از پساب برای شرب می‌باشد (لستینر و لمپرت، ۲۰۰۷). استفاده از پساب برای آبیاری محصولات کشاورزی امری جدید نیست و در بسیاری از کشورهای در حال توسعه از جمله چین و مکزیک از فاضلاب خام برای کشاورزی و آبی‌پروری قرن‌هاست که استفاده می‌شود (حسین و همکاران، ۲۰۰۲). در حال حاضر نیز در کشورهای همانند آمریکا، اسپانیا، استرالیا، فلسطین اشغالی و... افزایش روز افزونی دارد (انگلاکس و سیندر، ۲۰۱۵) در ایران نیز از دوره صفویه از فضولات انسانی در اصفهان به عنوان کود در زمین‌های حاشیه شهر استفاده می‌شده است. هم‌چنین فاضلاب بسیاری از خانه‌های شهری به نهرهایی موسوم به مادی تخلیه می‌شده که برای آبیاری زمین‌ها استفاده می‌شدند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۵). بر اساس برآورد شایگان و افشاری (۱۳۸۳) در صورت تکمیل تصفیه‌خانه‌ها حدود ۵۰۰ هزار

موجود در آن پیدا کرده است (لو و همکاران، ۲۰۱۲، اپستین، ۲۰۰۲). شایان ذکر است که اگرچه در گذشته تصفیه فاضلاب به سبک امروزی نبوده است اما شواهد بسیاری بر استفاده از لجن حاصل از چاه‌های جذبی فاضلاب به‌عنوان کود در کشاورزی مطرح بوده و چندان که برخی افراد به این شغل مشغول بوده‌اند (محمدی، ۱۳۸۵). فاضلاب علاوه بر آن که منبع پایدار و سدمندی برای آب و مواد (عناصر غذایی، مواد آلی و دیگر محصولات جانبی) به شمار می‌رود، جایگاه بسیار مهمی در تامین انرژی مورد نیاز تصفیه خانه‌های فاضلاب دارد (گو و همکاران، ۲۰۱۷).

پیامدها

در مدیریت فاضلاب تمرکز اصلی بر روی آب و مسائل آن است که با تنش‌های دیگر جهانی همانند تغییر اقلیم، تغییر کاربری اراضی، افزایش جمعیت و شهرنشینی تشدید گردیده است. آب و فاضلاب در پایداری محیط‌زیست علاوه بر موضوع تنش آبی، بر روی به‌پروردگی^۱، تخلیه ترکیبات غذا و دارو و دیگر آلاینده‌ها در منابع آب و خاک، کاهش تنوع زیستی در آب‌های پذیرنده نقش مهمی را دارد. به همین دلیل هم در "ریو+۲۰" تصفیه فاضلاب برای جلوگیری از آلودگی آب مورد تأکید قرار گرفته است (سازمان ملل متحد، ۲۰۱۲).

بر اساس آمار منتشره توسط فائو سالانه حدود ۲۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در دنیا تحت آبیاری با فاضلاب خام می‌باشند (لیب و اردکانیان، ۲۰۱۳). نگاهی به برخی گزارش‌ها در کشور حاکی از استفاده نادرست از فاضلاب‌های خام شهری در حاشیه شهرهای بزرگ در تولید برخی محصولات بوده است. شاید یکی از مشهورترین آن‌ها مربوط به استفاده از فاضلاب خام در جنوب تهران باشد که از دهه ۱۳۶۰ در قالب مقالات و گزارش‌های علمی (رباطی و همکاران، ۱۳۶۷) مطرح گردید. اگرچه تلاش‌های ارزشمندی در کاهش آن انجام گرفته است ولی هنوز به طور کامل رفع نگردیده است.

این در حالی است که آبیاری با فاضلاب خام احتمال ریسک خطرات مهمی را برای جامعه دارد؛ زیرا فاضلاب خام حاوی پاتوژن‌ها (باکتری‌ها، ویروس‌ها، پروتوزا و کرم‌ها) هست که باعث عفونت در سیستم گوارش انسان می‌گردد. بر اساس آمارهای جهانی حدود ۲۰۰ میلیون کشاورز از انواع مختلف پساب و فاضلاب خام استفاده می‌نمایند. علاوه بر پاتوژن‌ها، فاضلاب خام می‌تواند حاوی ترکیبات شیمیایی سمی حاصل از صنعت و یا بیمارستان‌ها باشد. گروه‌های آلاینده شیمیایی همانند عناصر سنگین، مواد فعال هورمونی (کفائی و دوبرادران، ۱۳۹۳) و آنتی‌بیوتیک‌ها از جمله آن‌هاست. ریسک مربوط به این مواد در بلندمدت باعث خطرات بسیار سنگینی شده که مقابله با آن‌ها در آینده بسیار سخت تر از پاتوژن‌ها می‌باشد. علاوه بر این آبیاری با استفاده از فاضلاب خام می‌تواند باعث مشکلاتی همانند تخریب ساختمان خاک، شور شدن و سمیت گیاهی (کریم زاده و همکاران، ۱۳۹۱؛ حسن اقلی و همکاران، ۱۳۸۸؛ صفری سنجانی و حاج رسولیها، ۱۳۸۰) گردد.

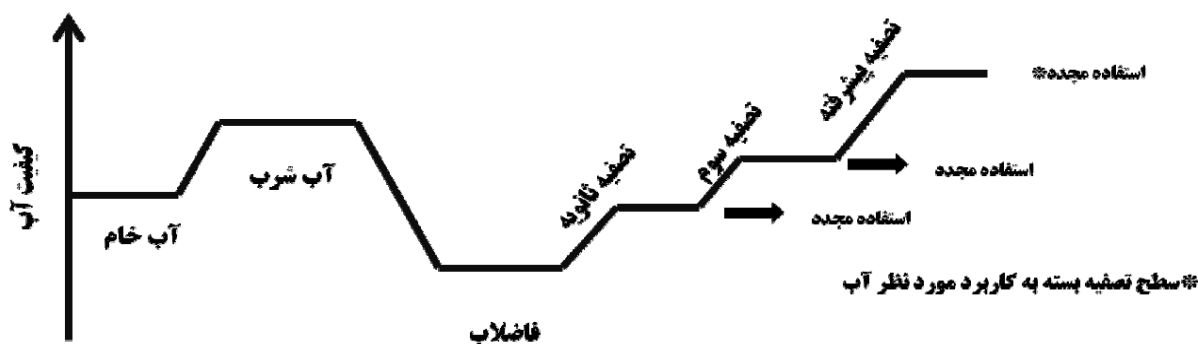
استفاده از فاضلاب و اثرات آن از جهت کیفیت خاک و سلامت محصول در تحقیقات مختلفی مورد توجه قرار گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به استان‌ها و مناطق اصفهان (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲؛ نجفی و همکاران، ۱۳۸۶؛ روحانی شهرکی و همکاران، ۱۳۸۴)، تهران (ملاحسینی و بغوری، ۱۳۸۱)، قزوین (مستشاری و همکاران، ۱۳۸۱)، شهرکرد (بهبهانی نیا و همکاران، ۱۳۸۹؛ بهبهانی نیا و همکاران، ۱۳۹۰؛ مرادمند و همکاران، ۱۳۸۸)، کرمانشاه (فرمانی فرد و همکاران، ۱۳۹۶) اشاره نمود.

موضوع دیگر مرتبط با فاضلاب در کشور استفاده از لجن فاضلاب است که در بسیاری از استان‌ها به‌عنوان کود بدون رعایت استانداردها مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج بسیار متنوع از استفاده از آن گزارش گردیده است. از جمله می‌توان به نتایج تحقیقات انجام شده برای عناصر سنگین (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۶؛ عاطفی و قائمی، ۱۳۹۱؛ بیگی هرچگانی و بنی‌طالبی، ۱۳۹۲؛ کریم‌پور و

چندان که امروزه روش‌های پیشرفته تصفیه فاضلاب حتی برای تولید آب آشامیدنی از فاضلاب وجود دارد که در سطح بزرگ در حال کار هستند (آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۱۲). پس آنچه در این میان برای استفاده مجدد از پساب وجود دارد آن است که دیگر عدم پذیرش استفاده از پساب در کشاورزی پذیرفتنی نیست؛ اما آنچه جای بحث دارد تصفیه فاضلاب و تولید پساب با کیفیت مناسب برای کاربرد آن در بخش کشاورزی می‌باشد که البته لازمه این کار رعایت اصول پایداری در استفاده می‌باشد.

همکاران، ۱۳۸۹)، افزایش فعالیت آنزیمی و تنوع زیستی (حجتی و همکاران، ۱۳۸۵) و... اشاره نمود. هم‌چنین تلاش‌هایی در جهت تبدیل و فرآوری آن‌ها (پرورش و همکاران، ۱۳۸۳) انجام گرفته است.

به هر روی استفاده از پساب‌ها در مقایسه با آب‌های معمولی با مسائل فنی، اقتصادی و اجتماعی پیچیده‌تری روبرو می‌باشد. گزینه‌های متنوعی از فرایندهای تصفیه فاضلاب برای کاهش آلاینده‌های میکروبی و شیمیایی وجود دارد که با انتخاب هر کدام می‌توان به کیفیت آب متناسب با کاربرد مورد نظر دست یافت (شکل یک).



شکل ۱- مراحل مختلف تصفیه فاضلاب برای رسیدن به کیفیت پساب مورد نظر آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۱۲)

است. ارزیابی چرخه حیات^۱ ابزاری متداول برای مشخص شدن فرایندها و یا محصولات در کل چرخه حیات می‌باشند که کمک شایانی در این امر می‌نمایند.

ارزیابی اقتصادی

برای روشن نمودن ابعاد اقتصادی، هزینه چرخه حیات^۲ بایستی محاسبه شود که شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری، عملیاتی، نگهداری و هزینه‌های فرایندهای بالادست و پائین دست هست. برای پایداری ضروری است تا هزینه‌ها و ارزش‌های زیست‌محیطی را نیز لحاظ نمود. البته ارزش‌گذاری امری ساده نبوده و موارد بسیاری همانند سلامتی انسان و میزان مرگ قابل ارزش‌گذاری نیست (گست و همکاران، ۲۰۰۹). هم‌چنین در محاسبات اقتصادی تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد از آن، آنالیز سود به هزینه

پایداری در استفاده از فاضلاب و پساب

در مبحث پایداری برای استفاده از فاضلاب و پساب نمی‌توان تنها در سطح محلی فکر نمود و به دنبال پایداری منطقه‌ای، ملی و جهانی بود؛ بنابراین لازم است تا بهترین گزینه‌ها در تصفیه فاضلاب را با دیدگاهی جامع انتخاب کرد. به‌علاوه لازم است تا در سطح جهانی نیز به موضوع توجه نمود. چنین ارزیابی بر سه پایه اصلی پایداری یعنی جنبه‌های محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی استوار هست که در زیر به آن پرداخته می‌شود.

ارزیابی زیست‌محیطی و اکولوژیکی

برای آن‌که جنبه زیست‌محیطی استفاده از پساب‌ها به‌درستی عمل نماید اطمینان از تصفیه فاضلاب برای تولید پساب باکیفیت متناسب با مصرف آن ضروری

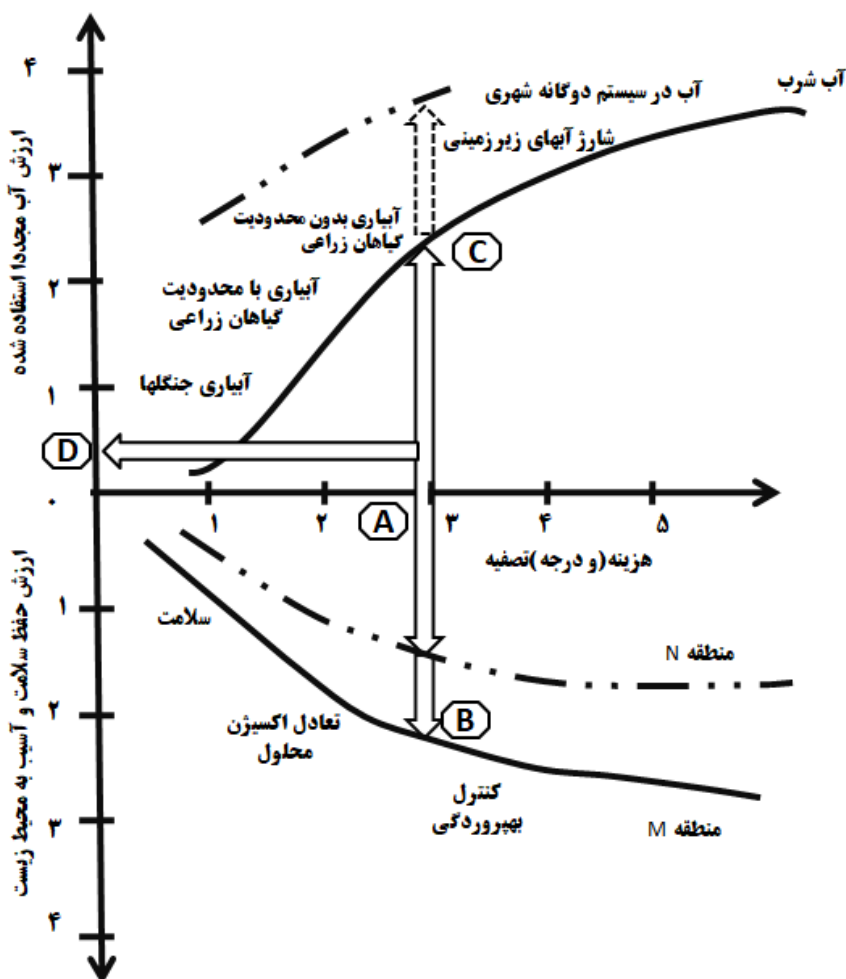
²Life cycle costing

¹Life Cycle Assessment

همان‌گونه که مشاهده می‌شود مجموع تک‌تک منافع (A) به‌طور معنی‌داری بیشتر از هزینه تصفیه‌های خط (A-B) و منافع مورد انتظار در سلامت و محیط‌زیست بین مناطق و کشورهای مختلف است. در شکل ۲، دو احتمال مختلف نشان داده شده است که مربوط به شرایط اقتصادی، اجتماعی و فنی کشورهای مختلف است. مقادیر مثبت عناصر غذایی کشاورزی (موجود در فاضلاب مورد استفاده) را بایستی به‌عنوان سود اضافی محسوب نمود (کرشمر و همکاران، ۲۰۰۲).

انجام می‌گیرد؛ اما علاوه بر هزینه‌ها، منافع و سود حاصل از ارزش آب و عناصر غذایی، بهبود کیفیت محیط‌زیست (همانند کیفیت منابع پذیرنده)، ارتقاء سلامت عمومی، فروش آب بازیافتی، کاهش تخلیه فاضلاب، حفظ ظرفیت تخلیه و کاهش ریسک آلودگی گیاهان را نیز بایستی مدنظر قرارداد.

در شکل ۲ توجیه اقتصادی با منافع حاصله از طریق سلامت عمومی و آسیب‌های زیست‌محیطی که با درجه (و هزینه) بالاتر تصفیه‌شده نشان داده شده است.



شکل ۲- منافع استفاده مجدد از فاضلاب و تصفیه آن‌ها (کرشمر و همکاران، ۲۰۰۲)

ارزیابی اجتماعی

به عنوان مثال بررسی‌های میدانی صالحی و طالبی صومعه‌سرای (۱۳۹۳) در خصوص موانع اجتماعی و فرهنگی استفاده از پساب نشان داد که اگر چه بحران آب توسط افراد درک شده است اما آن‌ها تمایلی به استفاده از

ابعاد اجتماعی بایستی در چارچوب ارزیابی چرخه حیات دیده شود؛ اما این مسئله با مشکلات عدیده‌ای مواجه است. یکی از مهم‌ترین آن‌ها پذیرش مصرف‌کنندگان محصولات آبیاری شده با پساب‌ها هست (سالوت، ۲۰۰۸).

و پسماند در کشاورزی و شیلات خطوط راهنمایی را ارائه نمود. پس از مرور کامل بر مطالعات اپیدمیولوژی و دیگر اطلاعات در سال ۱۹۸۹ موردبازنگری قرار گرفت و به‌روز گردید. این خطوط راهنما بسیار مفید بوده و بسیاری از کشورها با پذیرفتن و یا سازگار نمودن با شرایط خود، از آن استفاده نموده‌اند. در سال ۲۰۰۶ مجدداً با استفاده از اطلاعات و شواهد علمی درباره پاتوزن‌ها، ترکیبات شیمیایی و دیگر عوامل به‌ویژه تغییر در ویژگی‌های جمعیتی، تغییر در بهداشت، دسترسی به روش‌های بهتر ارزیابی ریسک، پیامدهای اجتماعی و... مورد بازنگری سوم قرار گرفت (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۶).

در کشور ایران موضوع فاضلاب و پساب با آلودگی آب مطرح گردیده است. در سال ۱۳۶۴ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب با استناد به ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب به تصویب هیئت‌وزیران رسید و در سال ۱۳۷۳ آیین‌نامه جدید آن مصوب گردید. از جمله نکات مهم در این آیین‌نامه ممنوعیت هرگونه اقدام در آلودگی آب، موظف نمودن سازمان محیط‌زیست در تدوین استانداردها، ممنوعیت تخلیه و پخش فاضلاب و یا هر نوع ماده آلوده‌کننده به آب‌های پذیرنده به میزان بیش‌ازحد استاندارد می‌باشد.

بند ج ماده ۱۰۴ برنامه توسعه سوم در برنامه چهارم توسعه تنفیذ گردید که بر اساس آن واحدهای تولیدی موظف به تطبیق مشخصات فنی خود با ضوابط محیط‌زیست و کاهش آلودگی‌ها گردیده و سازمان محیط‌زیست موظف به تدوین آیین‌نامه این امر شده است. در مورخ ۱۳۸۴/۵/۱ هیئت‌وزیران آیین‌نامه اجرایی مربوطه را به تصویب رساند. در این آیین‌نامه چگونگی محاسبه و اخذ جرائم برای آلودگی آب، آلودگی هوا، آلودگی ناشی از دفع غیر صحیح مواد زائد جامد و مایع، آلودگی صوتی، تخریب خاک، تخریب اراضی و... ذکر شده است. در این آیین‌نامه حد مجاز عوامل آلاینده برای تخلیه به آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و مصرف کشاورزی ارائه

پساب ندارند. این محققان عواملی همانند حس تنفر، درک خطر، حس سرایت، بی‌اعتمادی و غیره را از عوامل بازدارنده پذیرش استفاده از پساب اعلام نمودند. با توجه به آنچه گفته شد با پیشرفت‌های کنونی در صنایع تصفیه فاضلاب‌ها حتی آب شرب را هم می‌توان از تصفیه فاضلاب‌ها به دست آورد. برای استفاده از پساب‌ها در بخش کشاورزی سؤال مهم این است که کیفیت پساب و نوع کاربری آن برای آبیاری با چه استانداردها و معیاری قابل انجام است.

تصفیه فاضلاب‌ها و استفاده از پساب: استانداردها و

قوانین

استانداردها و خطوط راهنما برای حذف خطرات احتمالی با توجه به نوع و مقدار تصفیه فاضلاب برای مصرف در موارد موردنظر ضروری است (فتا و همکاران، ۲۰۰۵). به‌طورکلی در انتخاب معیارها و خطوط راهنما برای فاضلاب دو رویکرد اصلی برای حدود مجاز مواد شیمیایی در ارتباط با سلامت انسان وجود دارد. رویکرد اول جلوگیری از انباشتگی آلاینده‌ها در خاک پذیرنده فاضلاب و لجن هست. در این رویکرد میزان ورود و خروج بایستی برابر باشند. در این رویکرد ارزش کمی به ویژگی پالایندگی خاک قائل می‌شوند. مشکل اصلی این رویکرد سخت‌گیرانه بودن و عدم امکان استفاده از فاضلاب‌ها و لجن فاضلاب حتی در مواردی پس از تصفیه هست. این رویکرد در کشورهای بسیار پیشرفته امکان اجرا دارد. دومین رویکرد بر اساس حداکثر بهره‌گیری مفید از ظرفیت خاک در جذب^۱ کردن، میرایی^۲ و سمیت زدایی^۳ آلاینده‌ها هست. برای تعیین حدود عددی در این رویکرد حداکثر ظرفیت خاک برای سمیت زدایی استفاده می‌شود. در این رویکرد میزان آلاینده‌ها پس از مدتی بیشتر از مقدار زمینه می‌شود (گنگ و همکاران، ۲۰۰۲).

در سال ۱۹۷۳ سازمان بهداشت جهانی به‌منظور حفظ سلامت عمومی و استفاده خردمندانه از فاضلاب

³Detoxify pollutants

¹Assimilate

²Attenuate

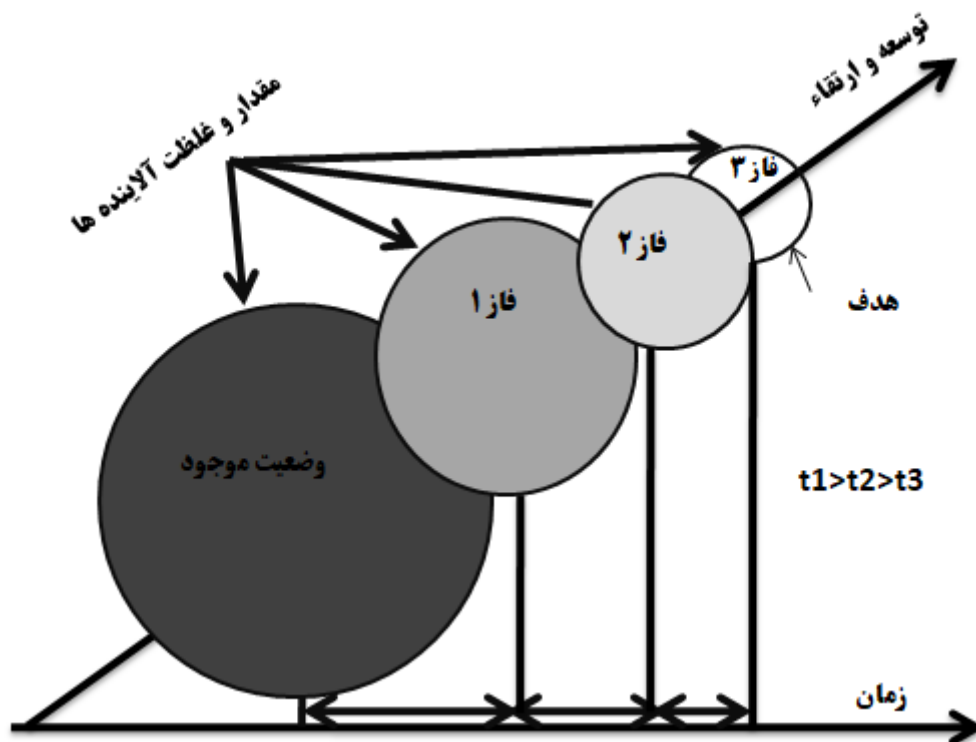
محیطزیست را تدوین نموده و در حال طی مراحل تصویب آن می‌باشد. در این استاندارد تخلیه پساب برای استفاده در کشاورزی در سه گروه (۱) سبزی‌های با مصرف خام، (۲) سبزی‌های با مصرف به صورت پخته، (۳) گیاهان صنعتی و درختان فضای سبز تعریف گردیده است.

به نظر می‌رسد اغلب استانداردهای کشورهای در حال توسعه از جمله ایران از کشورهای پیشرفته اقتباس و رونویسی شده و تلاش شده تا سریعاً به استانداردهای مطلوب بدون توجه به ظرفیت‌های فناورانه و اقتصادی برسند؛ اما در عمل استانداردهای سخت‌گیرانه می‌تواند منجر به فاصله بین شرایط مطلوب و قابل حصول و یا به عبارتی واقعیت و قانون می‌گردد. از جمله این کارها می‌توان به تخلیه فاضلاب حتی بدون هیچ‌گونه تصفیه‌ای به آب‌های سطحی اشاره نمود. برای کاهش شکاف بین استاندارد و کیفیت قابل حصول پساب در کشورهای در حال توسعه لازم است استانداردها در محدوده قابل حصول و قابل اجرا در کوتاه مدت تنظیم شود تا آلودگی به حداقل ممکن برسد. این امر را می‌توان با ارتقاء قدم به قدم استانداردها، در فازهای مختلف برای رسیدن به اعداد استاندارد هدف تنظیم و اجرا نمود (شکل ۳). زمان مورد نیاز برای هر فاز متناسب با وضعیت اقتصادی، اجتماعی و نهادی در هر کشور متفاوت می‌باشد (امیتوال و همکاران، ۲۰۰۸). به‌هر حال لازم است استانداردهای پساب‌ها با توجه به کیفیت فاضلاب و کیفیت پساب برای مصرف مورد نظر به گروه‌های مختلف تقسیم و گروه‌بندی گردد.

گردیده است. هم‌چنین در این آیین‌نامه حساسیت منطقه (در چهار گروه) و حساسیت محیط (۶ گروه) ارائه شده است. در ماده ۱۳۴ قانون برنامه سوم (تنفیذی در برنامه چهارم) هرگونه صدور مجوز برای بهره‌برداری از منابع آب که تولید حجم بالای فاضلاب می‌کنند منوط به اجرای تأسیسات جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه و دفع بهداشتی پساب شده و در صورت عدم اجرا مشمول جرائم کرده است.

در سال ۱۳۸۶ هیئت دولت جداول آیین‌نامه‌های اجرایی بند ج ماده ۱۰۴ و ماده ۱۳۴ تنفیذی قانون برنامه سوم توسعه که در برنامه چهارم تنفیذ شده بود را تصویب نمود. این جداول از نظر پارامترها نسبت به جداول قبلی کامل‌تر بود.

ضوابط زیست‌محیطی استفاده از آب‌های برگشتی و پساب‌ها در سال ۱۳۸۹ توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور ارائه گردید که راهنمای نسبتاً جامعی برای استفاده مجدد از پساب به شمار می‌رود (دفتر نظام فنی اجرایی معاونت نظارت راهبردی و دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا وزارت نیرو، ۱۳۸۹). سازمان ملی استاندارد، استاندارد ملی ویژگی‌های پس آب‌های صنعتی^۱ را ارائه نموده که در آن حداکثر مجاز مواد شیمیایی در پساب‌های صنعتی جهت مصارف آبیاری و شرب دام ذکر شده است که ظاهراً از آژانس حفاظت محیطزیست امریکا اخذ گردیده است. اخیراً سازمان حفاظت محیطزیست، استاندارد تخلیه پساب به



شکل ۳- شمایی برای اجرائی نمودن مرحله به مرحله استانداردهای کیفیت پساب (امیتوال و همکاران، ۲۰۰۸).

همه جانبه نگر بایستی متناسب با هر کیفیت، کاربرد متناسب با آن را تعریف نمود و از آن سود جست. بسته به این کیفیت راهکارهایی برای استفاده بهتر وجود دارد که از جمله آن‌ها انتخاب گیاه، مدیریت و سیستم آبیاری، فاصله زمانی آخرین آبیاری تا برداشت محصول و... می‌باشد.

ارزیابی اراضی برای آبیاری با پساب

کشاورزی به عنوان منبع مهم تأمین غذا، لیاف و درآمد می‌باشد؛ اما سؤالاتی همانند چطور، کجا و چه وقت (کشت محصولات)، مواردی هستند که کشاورزان و زمین‌داران همواره با آن مواجه می‌باشند. ارزیابی اراضی در حقیقت برآورد و پیش‌بینی تناسب اراضی برای کاربری خاص اراضی همانند کشاورزی فاریاب می‌باشد. ارزیابی اراضی بر اساس پارامترهای بیوفیزیکی و یا شرایط اقتصادی اجتماعی منطقه انجام می‌گیرد (فائو، ۱۹۷۶). پساب می‌تواند

گرچه بر اساس مقررات استفاده از فاضلاب خام (مصوبه شماره ۱۲۰۱۹۷/ت/۳۷۹۶۹ مورخ ۸۶/۷/۲۸ هیئت وزیران^۱) ممنوع گردیده است اما هنوز استفاده از فاضلاب خام در مناطقی از کشور رواج دارد. به هر حال علی‌رغم آن‌که فاضلاب خام برای استفاده مستقیم در بسیاری از مناطق دنیا و ایران ممنوع می‌باشد اما هنوز در سطحی محدود مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته این نحوه استفاده تا زمانی که زیرساخت‌های لازم برای تصفیه فراهم گردد ادامه خواهد داشت. معمولاً حذف این منابع فاضلاب و عدم کشت گیاهان با آن به سادگی میسر نبوده لذا بایستی در پی آن بود تا همزمان با حذف کشت محصولات حساس با فاضلاب خام نسبت به انجام اقدامات کوتاه مدت مناسب برای حفظ حداکثری بهداشت و محیط زیست دست یافت. با توجه به آنچه ذکر شد نوع مصرف پساب به کیفیت آن بستگی دارد و سطح کیفیت محدوده ای از کیفیت آب شرب تا فاضلاب خام را در برمی‌گیرد. در برنامه جامع و اجرایی

^۱ استانداردهای سراسر کشور با همکاری وزارتخانه‌های نیرو، جهاد کشاورزی و بهداشت، درمان و آموزش پزشکی از آبیاری مزارع با فاضلاب تصفیه شده جلوگیری به عمل آورند"

- مصوبه شماره ۱۲۰۱۹۷/ت/۳۷۹۶۹ مورخ ۸۶/۷/۲۸ هیات وزیران :

سیستم و مدیریت آبیاری

انتخاب سیستم آبیاری بر روی آلودگی گیاه و ابتلا کشاورزان به بیماری بسیار مؤثر است. آبیاری قطره‌ای یکی از سالم‌ترین شیوه‌های آبیاری با پساب هست؛ زیرا آب مستقیماً در ناحیه ریشه‌های گیاه وارد شده و مشکل پخش پاتوژنها توسط باد در آبیاری بارانی و نیز خطر تماس گیاه و کارگر با پساب در روش آبیاری سطحی را ندارد (عابدی کوپایی و بختیاری فر، ۱۳۸۳؛ نجفی و همکاران، ۱۳۸۴). البته این شیوه نیازمند آب عاری از ذرات معلق به‌منظور جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها هست تا رغبت کشاورزان را از بین نبرد. تصفیه تکمیلی پساب، گندزدایی، استفاده از فیلترهای مرغوب، به‌کارگیری قطره‌چکان‌های ویژه، تزریق مواد شیمیایی به درون سیستم آبیاری، شستشوی سیستم و درنهایت تعویض قطره‌چکان‌های مسدود، راه‌حل‌های پیشنهاد شده برای غلبه بر این مشکلات هستند (ملاحسینی و دانش، ۱۳۸۶؛ قاسمی و همکاران، ۱۳۹۱).

در آبیاری بارانی غلظت پاتوژنها در آئروسول (ذرات کوچک‌تر از ۵۰ میکرومتر) ایجاد شده از طریق پاشیدن پساب تابعی از غلظت پاتوژنها در پساب و چگونگی پاشیدن و اسپری کردن می‌باشد. آلودگی یا بیماری توسط ذرات آئروسول بر روی سطوح همانند غذا، پوشش گیاهی و البسه می‌نشیند. با توجه به آن‌که میزان دوز آلوده‌کننده برخی پاتوژنها از طریق سیستم تنفسی پایین‌تر از مسیر سیستم گوارش هست. لذا برای برخی پاتوژنها مسیر تنفس خطرناک‌تر از هضم و تماس مستقیم می‌باشد. به‌طورکلی باکتری‌ها و ویروس‌ها در آئروسول با افزایش سرعت باد، افزایش رطوبت نسبی، دمای پایین‌تر و میزان تشعشع کمتر، بیشتر زنده مانده و تا مسافت‌های دورتری انتشار می‌یابند. آئروسول‌ها می‌توانند تا چند صد متر در شرایط مناسب منتشر شوند (آژانس حفاظت محیط زیست امریکا، ۲۰۱۲). به‌هرحال در انتخاب بهترین سامانه آبیاری بایستی ملاحظات خاصی در راستای سلامت انسان و محیط‌زیست داشت (جدول ۲).

پیامدهای منفی از جهت سلامتی انسان و محیط‌زیست داشته باشد. لذا لازم است مطالعات ارزیابی برای آبیاری با پساب و یا فاضلاب در مناطق مورد نظر انجام گیرد. در این مطالعات ریسک و حساسیت خاک و اراضی در برابر آسیب‌های ناشی از مصرف فاضلاب و پساب موردتوجه قرار می‌گیرد. ازجمله این موارد می‌توان به شور شدن خاک، آلودگی آب‌های زیرزمینی، تجمع عناصر سنگین و بور، تخریب ساختمان خاک، تحرک آلاینده‌های معدنی در خاک اشاره نمود. ساچت و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از برخی تجربیات بین‌المللی و کارشناسی نقشه حساسیت خاک برای آبیاری با پساب در منطقه رود اردن را به‌صورت حساسیت کم، متوسط و زیاد تهیه نمودند. به‌هرروی در استفاده و بازچرخانی فاضلاب بایستی مطالعات ارزیابی اراضی به‌عنوان رکنی مهم ملحوظ گردد.

انتخاب گیاه

در شرایطی که تأمین آب با کیفیت مناسب میسر نباشد، به تغییر گیاه بایستی توجه نمود. البته نوع گیاه انتخابی در کشت‌های آبیاری شده با پساب و فاضلاب خام تأثیر چندانی بر سلامت کشاورز و خانواده او نداشته و تنها بر سلامت و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد. در بسیاری از کشورهای پیشرفته و درحال‌توسعه، فاضلاب‌ها تصفیه و برای آبیاری گیاهان علوفه‌ای، لیفی، بذری و در وسعت کمتری برای باغات، تاکستان‌ها و دیگر گیاهان استفاده می‌شود (حسین و همکاران، ۲۰۰۲) و یا در مواردی می‌توان نسبت به کشت محصولاتی که پخته می‌شوند اقدام نمود (فروکی و همکاران، ۲۰۰۷). در برخی از کشورهای مدیترانه‌ای از پساب برای آبیاری گل و گیاهان زینتی استفاده می‌شود (موهانی و همکاران، ۲۰۱۱). سازمان جهانی بهداشت برای مصرف پساب با توجه به میزان آلودگی میکروبی گیاهان را به گروه‌های گیاهان خوراکی مصرفی به‌صورت خام، خوراکی با مصرف به‌صورت پخته و یا فراوری‌شده و گیاهان صنعتی تقسیم نموده است (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۶).

فاصله زمانی بین آخرین آبیاری و مصرف محصول

مطالعات مختلف نشان داده است که توقف آبیاری با فاضلاب یک تا دو هفته قبل از برداشت در کاهش آلودگی محصول به دلیل ایجاد زمان کافی برای حذف و مرگ پاتوژنها بسیار مؤثر است (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۶). البته این امر در اغلب محصولات به دلیل نیاز به

آبیاری تا قبل از برداشت مشکل می‌باشد. استفاده از آب‌های آبیاری غیر از فاضلاب و کاشت محصولاتی که می‌توان در آن از آب آبیاری آخر صرف‌نظر کرد توصیه می‌شود (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۶). در بسیاری از موارد به دلیل نداشتن منبع آب جایگزین در آب آبیاری آخر، این امر میسر نیست فروکی و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۲- عوامل مؤثر بر انتخاب روش آبیاری و ملاحظات خاص برای استفاده از پساب (لازروا و بهری، ۲۰۰۵)

روش آبیاری	عوامل مؤثر بر انتخاب	ملاحظات خاص برای آبیاری با آب تصفیه‌شده
آبیاری غرقابی	هزینه کم، عدم نیاز به تسطیح دقیق، کارایی استفاده از آب کم، سطح پائین حفظ سلامت	حفاظت کامل از کارگران مزرعه، کشاورزان و مصرف‌کنندگان (همانند لوازم محافظ شخصی)
آبیاری شیری	هزینه کم، احتمال نیاز به تسطیح، کارایی استفاده از آب کم، سطح متوسط حفظ سلامت	حفاظت کامل از کارگران مزرعه و کشاورزان و مصرف‌کنندگان (همانند لوازم محافظ)
آبیاری بارانی	هزینه متوسط تا زیاد، عدم نیاز به تسطیح، کارایی استفاده از آب متوسط، سطح پائین حفظ سلامت (به دلیل ذرات آئروسول)	حداقل ۱۰۰-۵۰ متر تا جاده و یا منازل فاصله داشته باشد محدودیت کیفیت آب (حذف پاتوژنها) عدم استفاده از پساب‌های غیر هوزاری به دلیل بوی بد
آبیاری زیرسطحی و قطره‌ای	هزینه بالا، عملکرد بالاتر، کارایی استفاده از آب بالا، بالاترین سطح حفظ سلامت	عدم نیاز به اقدامات حفاظتی محدودیت کیفیت آب (فیلتر کردن) به دلیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها

سایر اقدامات

علاوه بر مواردی که در فوق برای استفاده از فاضلاب‌ها و پساب‌ها در کشاورزی مطرح گردید بایستی موارد بهداشتی همانند شستشو، ضدعفونی کردن، پختن محصولات غذایی، کنترل و مراقبت از تماس انسان با پساب و فاضلاب بسته به کیفیت آنها مورد توجه قرار گیرد. انتخاب هریک از گزینه‌هایی که به آن‌ها اشاره شد به کیفیت پساب، نوع و چگونگی تصفیه، نیازمند اقدامات مطلوب خود بستگی دارد.

نتایج

تغییر نگرش مهم‌ترین رکن در استفاده از پساب‌ها

در راستای رسیدن به پایداری در موضوع فاضلاب، بایستی یک تغییر نگرش اساسی اتفاق بیفتد و

فاضلاب را به‌عنوان یک ترکیب زائد که بایستی حذف و دور ریخته شود ندید. امروزه در مدیریت ضایعات و زباله‌ها (که فاضلاب‌ها نیز جزء آن‌هاست) مفهوم "دور ریختن" در حال جایگزینی با مفهوم "منبعی تجدید پذیر" هست. فاضلاب نیز از این امر مستثنا نبوده بایستی در قالب این نگرش به مفاهیم "کاهش" (کاهش مقدار تولید فاضلاب)، "استفاده مجدد"^۳ (استفاده از فاضلاب توسط بخش‌های دیگر) و بازچرخانی^۴ (استفاده به روش یا فرایندی دیگر) توجه نمود. به هر حال فاضلاب یک منبع تجدید پذیر به شمار می‌رود که از آن آب، مواد همانند کودها و بیوپلاستیکها و انرژی را می‌توان استخراج نمود. با گذار از نگرش امروزی که در آن تمرکز بر "آنچه حذف شود" به نگرش "آنچه بایستی بازیافت شود" سامانه‌های فاضلاب را می‌توان به‌عنوان سامانه‌های بازیافت منابع^{(۴) (RRS)}

³ Recycle
⁴ Resource Recovery System

¹ Reduce
² Reuse

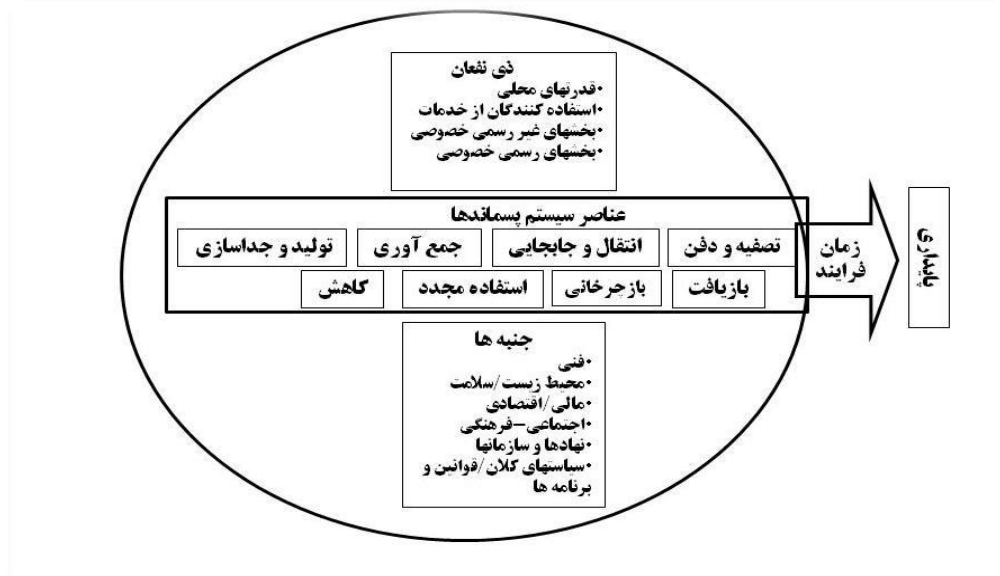
افراد به‌ویژه کشاورزان و بهره‌برداران محصولات می‌باشیم تا به مورد اجرا گذارده شود. همزمان با آن انجام مطالعات کامل‌تر و با لحاظ نمودن رویکرد مناسب در تعیین استانداردها، نسبت به بومی‌سازی معیارها متناسب با شرایط کشور اقدام نمود. کیفیت آب آبیاری به دلیل پویایی ترکیب آب و تنوع شرایط طبیعی و ویژگی‌های خاک از پیچیدگی بالایی برخوردار است. لذا وضع و اقتباس استانداردهای سخت‌گیرانه و غیر مناسب با شرایط کشور ممکن است به دلیل عدم امکان اجرا و عدم رعایت باعث حذف کامل آن‌ها در عمل گردد و منافع حاصل از آن برای تأمین آب محدود را از بین برده و یا آسیب‌های جدی را به سلامتی انسان و محیط‌زیست وارد نماید.

تجربیات دنیا نشان داده است که تنها بخش فنی مدیریت فاضلاب کافی نبوده بلکه بایستی بخش‌های اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و... را نیز مورد توجه قرار داده و در فرایند تصمیم‌سازی برای رسیدن به سیستم پایدار و یکپارچه تلاش نمود. مدیریت پایدار یکپارچه پسماندها^۱ با توجه به این امر طراحی گردید. در این عبارت منظور از پایداری عبارت از (۱) شایستگی و تناسب با شرایط محل فعالیت سامانه از نظر اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، (۲) توان حفظ خود در طی زمان بدون کاهش منابع مورد نیاز آن و یکپارچگی عبارت است از (۱) استفاده از گزینه‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه مرتبط باهم در مقیاس مختلف (خانه، محله، شهر)؛ (۲) دخیل نمودن همه ذی‌نفعان توسط بخش‌های دولتی و غیردولتی، رسمی یا غیررسمی، انتفاعی یا غیرانتفاعی؛ (۳) وارد نمودن برهمکنش بین سیستم مدیریت ضایعات و دیگر سامانه‌های مدیریتی است (کلاندرت، ۱۹۹۹).

به‌عنوان نتیجه نهایی بایستی گفت استفاده از فاضلاب و پساب در کشاورزی را بایستی به‌عنوان بخشی از مدیریت یکپارچه پسماندها نگریم. مدیریت تلفیقی پایدار پسماند (ISWM) مدیریتی است که در آن سه بعد (۱) همه عناصر سیستم پسماند، (۲) همه ذی‌نفعان دخیل و

محسوب نمود. در چنین نگرشی پذیرش اجتماعی و پیامدهای آن در مجموع و به‌صورت خالص مثبت می‌باشد. به عبارتی دیدگاه از "تصفیه و دفع" به "استفاده مجدد، بازچرخانی و بازیافت منابع" بایستی تغییر یابد (برنامه ارزیابی جهانی آب سازمان ملل متحد WWAP، ۲۰۱۷). از آنجا که هرگز بایستی از آب‌های باکیفیت بالاتر برای مواردی که امکان استفاده از آب باکیفیت پائین‌تر وجود دارد استفاده نمود مگر آن‌که آب‌های باکیفیت بالاتر مازادی وجود داشته باشد (سازمان ملل متحد، ۱۹۵۸). لذا از آب‌های باکیفیت پائین همانند زهاب‌ها، فاضلاب‌ها هر جا که ممکن است به‌عنوان گزینه‌ای برای مصارف متناسب با آن بایستی استفاده نمود. کشور ما که در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده است استفاده از منابع جدید از جمله آب‌های نامتعارف همانند فاضلاب‌ها و پساب‌ها برای تأمین آب اهمیت خاصی دارند. استفاده از آن‌ها علاوه بر تأمین عناصر غذایی می‌تواند باعث آزادسازی منابع آب متعارف، مواد (به‌ویژه عناصر غذایی) و انرژی برای مصارف مربوطه گردد. پیامدهای زیست‌محیطی استفاده از پساب‌ها به عوامل مختلفی از جمله عملیات تصفیه فاضلاب (نوع پیش‌تصفیه، تصفیه اولیه ثانویه و پیشرفته)، ویژگی‌های پساب، خاک، آب‌های زیرزمینی و خاک تحت الارض، گیاهان تحت کشت، قابلیت استفاده و هزینه استفاده از گزینه‌های دیگر منابع آب بستگی دارد. با عنایت به تنوع کیفیت اولیه فاضلاب، انجام یا عدم انجام تصفیه، نوع تصفیه و تصفیه و... کیفیت پساب خروجی بسیار متفاوت خواهد بود که شامل آب باکیفیت شرب تا فاضلاب خام را دربرمی‌گیرد. از دیگر سو اراضی کشاورزی، نوع گیاه، مدیریت کشت و کار، مدیریت آبیاری و... نیز از تنوع بالایی در کشور برخوردار است. اگرچه معیارها و استانداردهای مختلفی در دنیا و کشور ارائه گردیده است اما در استفاده از آن در بخش کشاورزی در مرحله اول نیازمند دستورالعمل‌های دقیق از جمله مطالعات ارزیابی اراضی، نحوه کشت، سیستم و زمان آبیاری، مدیریت زراعی و برداشت، بهداشت و سلامت

(۳) همه جنبه‌های پایداری (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و...) یکپارچه می‌شوند (شکل ۴) (ویلسون و همکاران، ۲۰۱۲). در چنین سامانه‌ای استفاده مجدد از پساب در بخش کشاورزی به‌عنوان یک بخش از کل سامانه



شکل ۴- سامانه مدیریت تلفیقی پایدار پسماندها و ابعاد و اجزای آن (ویلسون و همکاران، ۲۰۱۲)

فهرست منابع

- بهبهانی نیا، آ. س، میرباقری. و ا. آزادی. ۱۳۹۰. تأثیر استفاده از پساب و لجن در آبیاری گیاهان بر میزان غلظت فلزات سنگین گیاهان. فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست‌بوم، سال ۷، شماره ۲۸ ص ۵۹-۷۰.
- بهبهانی نیا، آ. ا، آزادی. و س. صادقیان. ۱۳۸۹. اثر آبیاری با پساب تصفیه‌خانه‌ها بر میزان تجمع فلزات سنگین در برخی از سبزیجات منطقه رودهن. مجله پژوهش‌های به زراعی، جلد ۲، شماره ۲، ص ۱۶۵-۱۷۳.
- بیگی هرچگانی، ح. ا. و گ. بنی طالبی. ۱۳۹۲. اثر بیست‌وسه سال آبیاری با پساب شهری بر انباشت بعضی فلزات سنگین در خاک انتقال به دانه‌های گندم و ذرت و خطرات بهداشتی مرتبط. نشریه آب‌و خاک، جلد ۲۷، شماره ۳، ص ۵۷۰-۵۸۰.
- توکلی، م. م. و طباطبائی. ۱۳۷۸. آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۲۸ ص ۲۶-۱.
- پایگاه آمار و اطلاعات آب و فاضلاب کشور. ۱۳۹۵. گزارش صنعت آب و فاضلاب شهری در یک نگاه. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. نشانی اینترنتی: stat.nww.ir/dorsapax/userfiles/stat/kol.pdf.
- پروورش، ع. ح، موحدیان عطار. و ل. حیدریان. ۱۳۸۳. بررسی کیفیت شیمیایی و ارزش کودی ورمی کمپوست تهیه‌شده از لجن فاضلاب شهری اصفهان. مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی بهداشت محیط. دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد.
- حجتی، س. ف، نوربخش. و ک. خاوازی. ۱۳۸۵. تأثیر لجن فاضلاب بر شاخص بیومس میکروبی خاک فعالیت آنزیمی و عملکرد گیاه ذرت. مجله علوم خاک و آب جلد ۲۰ شماره ۱ ص ۸۴-۹۳.

۸. حسن اقلی، ع. و ع، لیاقت. ۱۳۸۸. تغییرات هدایت الکتریکی زه آب حاصل از اعماق مختلف خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب و پساب تصفیه شده شهرک اکباتان. مجله آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۳، شماره ۲، ص ۱-۱۲.
۹. چوبین، ب. و آ. ملکیان. ۱۳۹۲. رابطه بین تغییر سطح آب زیرزمینی و روند شور شدن آن. بررسی موردی دشت آسپاس استان فارس. مدیریت بیابان، شماره یک، ۲۶-۱۳.
۱۰. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه. ۱۳۷۲. ضوابط فنی بررسی و تصویب طرح های تصفیه فاضلاب های شهری. نشریه شماره ۳-۱۲۹. انتشارات سازمان برنامه و بودجه. تهران.
۱۱. دفتر نظام فنی اجرایی معاونت نظارت راهبردی و دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا وزارت نیرو. ۱۳۸۷. راهنمای طبقه بندی کیفیت آب خام، پساب ها و آب های برگشتی برای مصارف صنعتی و تفریحی. نشریه شماره ۴۶۲ معاونت نظارت راهبردی. معاونت نظارت راهبردی <http://tec.mporg.ir>.
۱۲. رباطی، ب. م، شریعتی، و ر. فرشی. ۱۳۶۷. مطالعه بعضی اثرات سوء فاضلاب نهر فیروزآباد در اراضی زراعی جنوب تهران. مجموعه مقالات خاک و آب، سال ۴ شماره ۱، ص. ۱-۱۴.
۱۳. روحانی شهرکی، ف. ر، مهدوی. و م. رضایی. ۱۳۸۴. اثر آبیاری با پساب بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک. فصلنامه علمی-پژوهشی آب و فاضلاب، جلد ۱۶، شماره ۱، ص. ۲۳-۲۹.
۱۴. رهنما، ح. و س. میراثی. ۱۳۹۵. تحلیل و ارزیابی پارامترهای موثر بر فرونشست زمین. مجله علمی-پژوهشی عمران مدرس، دوره ۱۶، شماره یک، ص ۵۳-۴۵.
۱۵. شایگان، ج و ع، افشاری. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت فاضلاب های شهری و صنعتی ایران. آب و فاضلاب، جلد ۱۵ شماره ۱، ص ۵۸-۶۹.
۱۶. شرقی، ع. و غ، کیانی. ۱۳۸۹. سالنامه آماری آب کشور ۸۷-۱۳۸۶. مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، دفتر برنامه ریزی کلان آب و آبفا و شرکت مدیریت منابع آب ایران.
۱۷. شریعتی، م. ۱۳۶۵. فاضلاب منبع غذایی برای گیاه و مسائل ناشی از آلودگی آن در اراضی کشاورزی. نشریه شماره ۶۸۸ موسسه تحقیقات خاک و آب.
۱۸. صالحی، ص. و م. طالبی صومعه سرایی. ۱۳۹۳. تحلیل کیفی موانع اجتماعی-فرهنگی استفاده از آب بازیافتی. بازیافت آب. دوره یک، شماره یک، ص ۷۶۷.
۱۹. صفری سنجانی، ع. ا. و ش. حاج رسولیها. ۱۳۸۰. پیامد آبیاری با پساب پالایشگاه فاضلاب شمال اصفهان بر برخی از ویژگی های شیمیایی خاک های ناحیه برخوار. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۲، شماره ۱، ص. ۸۸-۷۹.
۲۰. عابدی کوپایی، ج و ع. بختیاری فر. ۱۳۸۳. تأثیر پساب تصفیه شده بر خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره چکان ها در سیستم آبیاری قطره ای. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۸، شماره ۳ ص ۳۳-۴۳.
۲۱. عاطفی، الف. و ع. قائمی. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر مدیریتی کیفیت آب آبیاری، پساب تصفیه شده و کود NPK بر خصوصیات شیمیایی خاک در کشت کلم بروکلی در آبیاری میکرو. نشریه آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۵، ص ۱۱۱۹-۱۱۲۷.

۲۲. فرمانی فرد، م. ه، قمر نیا. م، پیرصاحب. و ن. فتاحی. ۱۳۹۶. تاثیر آبیاری بلند مدت با فاضلاب تصفیه شده کرمانشاه بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۱، شماره ۳۱، ۵۰۸-۴۹۴.
۲۳. فیضی، م. خ، شیدایی. و ح. اولیائی. ۱۳۹۲. تأثیر فاضلاب شاهین شهر بر ویژگی‌های شیمیایی خاک. چکیده مقالات اولین همایش ملی بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان(اصفهان).
۲۴. قاسمی، س. ع. ش، دانش. و ا. علیزاده. ۱۳۹۱. امکان‌سنجی استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای در کاربرد پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری مشهد. نشریه آبیاری و زهکشی، جلد ۶، شماره ۳، ص ۱۶۲-۱۵۲.
۲۵. کریم پور، م. م، افیونی. و ع. اسماعیلی ساری. ۱۳۸۹. اثر لجن فاضلاب بر غلظت جیوه خاک و گیاه ذرت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۴، شماره ۵۲، ص ۱۲۳-۱۱۵.
۲۶. کریم زاده، م. ا، علیزاده، و م. محمدی آریا. ۱۳۹۱. اثرات آبیاری با پساب بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک. نشریه آب‌وخاک. جلد ۲۶، شماره ۶، ص ۱۵۵۳-۱۵۴۷.
۲۷. کفائی، ر و س، دوبرادران. ۱۳۹۳. مروری بر توزیع و پایش هورمون‌ها در محیط و حذف آن‌ها در سیستم‌های تصفیه فاضلاب. دو ماهنامه طب جنوب، سال ۱۷، شماره ۵، ص ۱۰۰۶-۹۹۳.
۲۸. لشکری پور، غ. م، غفوری. و ح. ر، رستمی بارانی. ۱۳۸۷. بررسی علل تشکیل شکاف‌ها و فرونشست زمین در غرب دشت کاشمر. مطالعات زمین‌شناسی، جلد ۱، شماره ۱، ص ۹۵-۱۱۱.
۲۹. محمدی، پ. ۱۳۸۰. مروری بر استانداردها و تجارب استفاده از پساب‌ها برای آبیاری. گروه کار اثرات زیست‌محیطی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
۳۰. مرکز آمار ایران. ۱۳۹۵. سال نامه آماری کشور سال ۱۳۹۴. سازمان برنامه و بودجه، مرکز آمار ایران. تهران. ایران.
۳۱. مرکز آمار ایران. ۱۳۹۵. چکیده نتایج سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۵. مرکز آمار ایران. نشانی اینترنتی <http://www.amar.org.ir/portal/0/news/1396/chnsanvms95.pdf>:
۳۲. مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰. برآورد جمعیت کشور، شهری، روستایی. ۱۳۸۹-۱۳۷۵. نشانی اینترنتی http://www.amar.org.ir/default_404.aspx:
۳۳. ملاحسینی، م. و ش. دانش. ۱۳۸۶. تأثیر کاربرد توأم آب و پساب بر دبی قطره چکانه در سیستم آبیاری قطره‌ای. مجله آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۱، شماره ۲، ۱۰۴-۹۵.
۳۴. مرادمند، م. ح، بیگی هرچگانی. و ع. محمد خانی. ۱۳۸۸. اثر آبیاری با پساب تصفیه‌شده شهری بر توزیع نیکل در خاک و اندام فلفل سبز. چکیده مقالات سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد اصلاح الگوی مصرف. تهران.
۳۵. مستشاری، م. و ا، بغوری. ۱۳۸۱. بررسی شدت و گسترش آلودگی خاک‌ها به عناصر سنگین و تعیین مقدار آن‌ها در گیاهان آبیاری شده با فاضلاب. گزارش نهایی شماره ۳۶۵/۸۱ موسسه تحقیقات خاک و آب.
۳۶. ملاحسینی، ح. ۱۳۸۱. بررسی شدت و گسترش آلودگی خاک‌ها به عناصر سنگین و تعیین مقدار آن‌ها در گیاهان آبیاری شده با فاضلاب. گزارش نهایی موسسه تحقیقات خاک و آب.
۳۷. مهرداد، ن. ۱۳۷۸. نگرشی بر نقش مشارکت‌های مردمی در استفاده از پساب‌ها برای آبیاری. همایش جنبه‌های زیست‌محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست‌محیطی استفاده از پساب در آبیاری. صفحه ۹۴-۸۹. نشریه شماره ۲۸-۱۳۷۸ کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران،

۳۸. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۰. خوراک انسان دام، بیشینه رو اداری فلزات سنگین. استاندارد شماره ۱۲۹۶۸. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
۳۹. مومنی، ع. م. ح، رسولی، م، بای بوردی، و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. لزوم حفظ کیفیت و پایش منابع خاک کشور. صفحه ۲۸۸-۳۱۵. بنایی، م. ح. ع، مومنی، م، بای بوردی، م. ج، ملکوتی. خاک‌های ایران تحولات نوین در شناسایی مدیریت و بهره‌برداری. موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا. تهران.
۴۰. مومنی، ع. و م. ج، ملکوتی. ۱۳۸۳. وضعیت کشاورزی ایران. صفحه ۷۷. بنایی، م ح، ع. بای بوردی م. م ج ملکوتی. خاک‌های ایران. تحولات نوین و شناسایی، مدیریت و بهره‌برداری. موسسه تحقیقات خاک و آب انتشارات سنا.
۴۱. مؤمنی، ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. مجله پژوهش‌های خاک. الف جلد ۲۴، شماره ۳ صفحه ۲۱۵-۲۰۲.
۴۲. نامجویان، م. ۱۳۸۶. مروری بر مطالعات آمایش سرزمین. دفتر زیربنایی مرکز پژوهش‌های علمی شورای اسلامی. شماره مسلسل ۸۸۲۸. تهران.
۴۳. نجفی، پ. س، موسوی. و م. فیضی. ۱۳۸۶. اثر کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده شهری بر عملکرد و کیفیت گندم. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۱، شماره ۲، ص ۲۲۷-۲۳۸.
۴۴. نجفی، پ. س، موسوی. و م. فیضی. ۱۳۸۴. بررسی اثرات کاربرد پساب فاضلاب تصفیه‌شده شهری در روش‌های مختلف آبیاری سیب‌زمینی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۲، شماره یک، ص ۶۱-۷۰.
45. Anderson, J. 2003. The environmental benefits of water recycling and reuse. *Water Science and Technology: Water Supply*, 3(4): 1-10.
46. Angelakis, A.N., and S.A. Snyder. 2015. Wastewater treatment and reuse: Past, Present, and Future. *Water* 7: 4887-4895.
47. Amerasinghe, P., Bhadwaj, R.M., Scott, C., Jella, K. and F. Marshall. 2013. Urban wastewater and agricultural reuse challenges in India, IWMI Research report.
48. Capodaglio, A.C. 2017. Integrated decentralized wastewater management for resource recovery in rural and peri-urban areas. *Resources*, 6(2):1-20.
49. Chang, A.C., Pan, G., Page, A.L. and T. Asano. 2002. Developing human health related chemical guideline for reclaimed wastewater and sewage sludge applications in Agriculture. World Health Organization.
50. Elmitwalli, T.A., Al-Sarawey, A. and M.F. El-Sherbing. 2008. Egyptian effluent standards for treated sewage: evaluation and recommendations: p41-51. In: Al-Baz, I., Otterphol, R. and C, Wendland. Efficient management of wastewater its treatment and reuse in water scarce countries. Springer. Germany.
51. Epstein, E. 2002. Land application of sewage sludge and biosolids. Lewis publishers, London, UK.
52. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1976. A framework for land evaluation. Rome, FAO.
53. FAO. 1993. Guidelines for land use planning. FAO, Rome. Italy.
54. FAO. 2017. The future of food and agriculture: trends and agriculture. FAO. Rome, Italy.
55. Faruqui N.I., Scot C.A. and L. Raschid-Sally. 2007. Confronting the realities of wastewater use in irrigated agriculture: lessons learned, p.173-187. In: Scott C.A., Faruqui N.I. and L, Raschid Sally. Wastewater use in irrigated agriculture coordinating the livelihood and environmental realities. CAB International.
56. Fatta D., Arslan Alaton I., Gokcay C., Rusan M., Mountadar M. and A. Papadopoulos. 2005. Wastewater reuse: problems and challenges in Cyprus, Turkey, Jordan and Morocco. *European Water*: 11/12: 63-69.

57. Galloway, D.L. and T.J. Burbey. 2011. Review: regional land subsidence accompanying groundwater extraction. *Hydrology Journal*, 19 (8):1459-1486.
58. Gu, Y. Li, Y. Li, X. Pengzhou L., Wang H., Zoe R.P., Xin W. Jiang W. and L. Fengting, 2017. The feasibility and challenges of energy self-sufficient wastewater treatment plants, *Applied Energy*. 204 (C): 1463-1475.
59. Guest, J. S., Skerlos, S.J. Barnard, J.L. Beck, M. B. Daigger, G.T. Hilger, H. Jackson, S.J. Karvazy, K. Kelly, L. Macpherson, L. Mihelcic, J.R. Pramanik, A. Raskin, L. Van Loosdrecht, M.C.M. Yeh, D. and N.Y.G. Love. 2008. A new planning and design paradigm to achieve sustainable resource recovery from wastewater. *Environmental Science and Technology*, 43:6126-6130.
60. Hussain, I. Raschid, L. Hanjra, M.A. Marikar, F. and W. van der Hoek. 2002. Wastewater use in agriculture: review of impacts and methodological issues in valuing impacts. Working Paper 37. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
61. Jimenez, B. and T. Asano. 2008. Water reclamation and reuse around the world. p: 3-26. In: B. Jimenez and T. Asano (eds.) *Water reuse an international survey of current practice, issues and needs*. IWA publishing U.K.
62. Jönsson, H. 2002. Urine separating sewage systems: environmental effects and resource usage. *Water Science and Technology*, vol 46, 33-340.
63. Klundert, A. 1999. Integrated sustainable waste management: the selection of appropriate technologies and the design of sustainable systems is not (only) a technical issue. The CEDARE/IETC Inter-regional workshop on technologies for sustainable waste management, held 13-15 July 1999 in Alexandria, Egypt.
64. Kretschmer, N., Ribbe, L. and H. Gaese. 2002. Wastewater reuse for agriculture. In: *Technology resource management and development scientific contribution for sustainable development*, 2: 37-64.
65. Lahnsteiner, J. and G. Lempert. 2007. Water management in Windhoek, Namibia *Water Science and Technology*, 55(1):441-448.
66. Lazarova, V., and A. Bahri. 2005. *Water reuse for irrigation: agriculture, landscapes, and turf grass*. CRC Press, Boca Raton, USA.
67. Libe, J. and R. Adakanian. 2013. Proceedings of the UN-Water project on the safe use of wastewater in agriculture. UNW-DPC. Bonn, Germany.
68. Qin, L., Zhenli, L. He, and P. J. Stoffella. 2012. Land application of biosolids in the USA: a review. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012:10.1155/2012/201462, Available at: <https://www.hindawi.com/journals/aess/2012/201462>.
69. Mouhanni, H., Bendou A. and S. Er-Raki. 2011. Disinfection of treated wastewater and its reuse in the irrigation of golf grass: The case of plant M'zar Agadir-Morocco. *Water*, 3: 1128-1138.
70. Schaht, K. Gonster, S. Juschke, E. Chen, Y. Tarchitzky, J., Al-Bakri, J. Al-Karablieh, E. and B. Marschner. 2011. Evaluation of soil sensitivity towards the irrigation with treated wastewater in the Jordan River region. *Water*, 3:1092-1111.
71. Salgot, M. 2008. Water reclamation recycling and reuse, implementation issues. *Desalination*, 21:190-198.
72. SIDA. 2000. *Water and wastewater management in large to medium-sized urban centers*, 2000.
73. Soil Science Society of America. 1995. Statement on soil quality. *Agronomy News*, June, 1995.
74. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2017. *World population prospects: The 2017 revision, key findings and advance tables*. ESA/P/WP/248.
75. United Nations. 2014. *Water for life decades, water and sustainable development*. Available at: <http://www.un.org/waterforlifedecade/water-and-sustainable-development.html>.
76. United Nations. 2012. *The future we want United Nation's conference on sustainable development*. Rio+20.UN.
77. United States Environmental protection Agency. 2012. *Guideline for water reuse*. USAID.

78. United Nations. 1958. Water for industrial use. Economic and Social Council, Report E/3058ST/ECA/50, United Nations, New York.
79. Verhey, W. H. 1998. The FAO-UNEP approach land use planning. Review. FAO/UNEP Workshop on integrated planning and management of land resources. Proceedings.16-30.
80. Wescot, D. W. 1997. Quality control of wastewater for irrigated crop production (Water report).FAO, Rome, Italy.
81. World Health Organization. 2006. WHO guideline for the safe use of wastewater excreta and greywater, vol II wastewater use in agriculture.World Health Organization.France.
82. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2017. The United Nations world water development report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. Paris, UNESCO.
83. Wilson, D. C., Velis, C.A. and M. Rodic. 2012. Integrated sustainable waste management in developing countries. Waste and Resource Management, 166(WR2):52-68.

Wastewater Reuse in Agriculture: Opportunities, Challenges, and Solutions

H. Rezaei ¹ and S. Saadat

Academic Staff Member; Soil and Water Research Institute; Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO). Rezaei_h@yahoo.com

Academic Staff Member; Soil and Water Research Institute; Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO). Saeed_saadat@yahoo.com

Received: April 2017, Accepted: July 2018 Abstract

Abstract

Wastewater reuse for farm irrigation has a long history around the world. Population growth, influx of rural communities into cities, the ensuing over-urbanization, elevated living standards, and industrialization are among the many factors that have led to the production of escalating volumes of wastewater and industrial effluents beyond the self-purifying capacity of the surrounding limited land areas where they are produced. However, this devastating challenge may be transformed into an opportunity by reusing the wastewater as a source of water, materials, and energy. The recent technological developments in wastewater treatment have offered ample opportunities to obtain effluents of a wide range of qualities for a wide array of uses including drinking water. The availability of such technologies makes it possible to imagine every possibility for wastewater reuse toward agricultural irrigation. The question that remains, however, is whether the effluent quality thus obtained can be economically matched with the quality requirements of a given water reuse. This requires practicable water quality standards, guidelines, and criteria provisioned for different water reuses in compliance with environmental quality standards. Treatment effluent reuse for irrigation should in any case be envisioned as part of an Integrated Sustainable Waste Management System in which the different stages of waste production, separation, collection, transfer, and treatment are accomplished in cooperation with stakeholders. Concepts such as reduced waste production, reuse, and recycle playing special roles in this integrated system should be based on waste viewed as a renewable resource rather than one to dispose of.

Keywords: Integrated Waste Management, Renewable Resource, Treated Wastewater