

اثرات بهداشتی استفاده از پساب‌ها در کشاورزی

سیمین ناصری^(۱)

چکیده

در آخرین سال قرن بیستم در اکثر کشورهای دنیا و به ویژه کشورهای صنعتی، مشکلات فزاینده ناشی از تأمین آب به روش منطقی به شدت مطرح شده است. از سوی دیگر هزینه دفع فاضلاب‌های شهری و صنعتی با رعایت جوانب لازم برای حفظ منابع آب و جلوگیری از آلودگی محیط افزایش داشته است. آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی به دلیل تخلیه غیر اصولی فاضلاب‌ها و نشت شیرابه زباله‌ها نیز بر محدودیت منابع آب در دسترس افزوده است. در کشورهای در حال توسعه و به ویژه کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک، برای دستیابی به منابع آب جدید، فن‌آوری‌های ساده، ارزان قیمت و مطمئن مورد نیاز می‌باشد. از این رو توجه به استفاده مجدد از فاضلاب‌ها با دو هدف کلی تأمین آب بیشتر و حفاظت محیط زیست از آلودگی به عنوان یک راهکار اصولی جهت رفع این مشکل، مطرح شده است. در برنامه‌ریزی پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب‌ها، نوع مصرف تعیین کننده میزان تصفیه مورد نیاز، کیفیت آب تولید شده و روش توزیع و کاربرد آن می‌باشد.

کاربرد فاضلاب در آبیاری به دلیل حضور میکروارگانیسم‌ها و مواد شیمیایی متعدد موجود در آن می‌تواند با خطرات بهداشتی همراه باشد که معمولاً در دو بخش خطرات بهداشت فردی و بهداشت محصولات کشاورزی مطالعه می‌گردند. مهم‌ترین عوامل ایجادکننده مخاطرات بهداشت فردی، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا (*Pathogens*)، انگل‌ها و مواد سمی و شیمیایی فاضلاب هستند. مشکلات بهداشتی در محصولات نیز غالباً در نتیجه فعل و انفعالات و واکنش‌های مختلف بین اجزای فاضلاب با خاک و گیاه اتفاق می‌افتد.

جنبه‌های حفاظت بهداشت که در استفاده از فاضلاب در کشاورزی مطرح هستند، مشتمل بر یک

۱- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط - دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران

یا ترکیبی از چند مورد زیر است:

- ۱- کیفیت فاضلاب و تصفیه آن
- ۲- محدود کردن نوع محصول
- ۳- کنترل کاربرد فاضلاب
- ۴- کنترل مواجهه و تماس انسان

معیار کیفیت فاضلاب برای استفاده در آبیاری، از صنعت آب اکتباس شده و شاخص کیفیت، ارگانسیم‌های مدفوعی است و مدتهاست که باکتری‌های کلیفرم بدین منظور استفاده می‌شود. استانداردهای صریح و روشن در این زمینه حداکثر تعداد کلیفرم است که بر اساس نوع محصول (خوراکی و غیرخوراکی) تعیین می‌گردد.

در کاربرد فاضلاب برای آبیاری محصولات کشاورزی، با توجه به دامنه اقدامات لازم جهت حفظ بهداشت جامعه، محصولات در سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند و برای هر گروه شرایط اختصاصی در نظر گرفته می‌شود. کنترل کاربرد فاضلاب نیز از طریق به کارگیری سیستم‌های مناسب آبیاری صورت می‌پذیرد. در پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی، با توجه به کیفیت و کمیت فاضلاب در دسترس و بر اساس نیازهای آبی گیاهان، نوع کشت مناسب و نحوه آبیاری تعیین می‌شود.

کارشناسان معتقدند که با توسعه فن‌آوری و نمود بیشتر سیستم‌های استفاده بیش از یک بار از منابع آب در دسترس، طرح‌های استفاده مجدد از پساب‌های شهری و صنعتی تصفیه شده در قرن آینده گسترش فزاینده‌ای خواهند یافت.

مقدمه

استفاده از فاضلاب‌ها در نقاط مختلف جهان از پیشینه چند هزار ساله برخوردار است، اما در قرن نوزدهم، به دلیل گسترش سیستم‌های دفع فاضلاب از طریق تخلیه به منابع آب سطحی، نقش و کاربرد غیر مستقیم آن در تأمین آب و آبیاری مزارع مورد توجه قرار گرفت که به علت عدم تصفیه فاضلاب‌های مصرفی، موجب بروز همه‌گیری‌های متعدد گشت. در سال ۱۹۵۸، گروهی از کارشناسان سازمان جهانی بهداشت به دنبال انجام یک برنامه تحقیقاتی، در گزارش خود اعلام نمودند که: "در شرایطی که آب با ویژگی‌های مطلوب در اختیار نباشد، می‌توان با رعایت اصول بهداشتی، از آب‌های با کیفیت پایین‌تر استفاده نمود".

از سال ۱۹۶۰ مطالعات متعددی در زمینه خطرات بهداشتی پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب صورت پذیرفت و در عرض دو دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، پتانسیل آنها در ایجاد آلودگی محیط زیست و تهدید سلامت انسان موضوع پژوهش‌های گسترده‌ای را به خود اختصاص داد. همچنین مزایای

کاربرد مجدد فاضلاب به عنوان گزینه‌ای در توسعه منابع آب رسماً تأیید گردید و توسط اتحادیه اروپا و در همه ایالات کشور آمریکا به صورت قانونی درآمد.

رهنمودهای استفاده مجدد از فاضلاب‌ها توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) به ویژه از دیدگاه بهداشتی در سال ۱۹۸۹ و توسط آژانس حفاظت محیط زیست و دفتر توسعه بین‌المللی آمریکا در سال ۱۹۹۲ منتشر گردید که از جمله اقدامات اساسی صورت گرفته در سطح بین‌المللی می‌باشند.

در دهه ۱۹۹۰ با تشدید مشکلات تأمین آب و بروز خشکسالی‌ها در بسیاری از مناطق جهان، توجه بیشتری به پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده معطوف گردید و دیدگاه‌های بهداشتی و فنی - مهندسی آنها مورد مطالعه عمیق قرار گرفت.

۱- زمینه‌های مختلف استفاده از فاضلاب تصفیه شده

استفاده مجدد از فاضلاب‌های شهری در بخش‌های ذیل امکان‌پذیر بوده و طرح‌های مختلفی در سطح جهان در این بخش‌ها به اجرا در آمده است.

۱- آبیاری مزارع، باغات و فضای سبز (Irrigation).

۲- پرورش آبزیان (Aquaculture).

۳- تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی (Artificial Recharge).

۴- مصارف صنعتی.

۵- پروژه‌های تفریحی.

۶- تهیه آب آشامیدنی.

عملیات و پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده تنها در صورتی موفقیت‌آمیز خواهد بود که در برنامه‌ریزی و اجرای آنها به موارد زیر توجه شود.

• ویژگی‌ها و استانداردهای بهداشتی

• شرایط آب و هوا و اقلیم

• ویژگی‌های خاک

• ویژگی‌های گیاه

• روش‌های آبیاری (با تأکید بر آبیاری قطره‌ای)

۱-۱- کاربرد فاضلاب در آبیاری

قدیمی‌ترین زمینه مصرف فاضلاب در بخش کشاورزی و آبیاری مزارع بوده است، گرچه تنها در قرن اخیر شکل صحیح و بهداشتی آن بر اساس استفاده از "فاضلاب تصفیه شده" مطرح گردیده است. در سه دهه گذشته، استفاده از فاضلاب برای آبیاری محصولات به ویژه در مناطق خشک کشورهای صنعتی، در خاورمیانه و در کشورهای در حال توسعه افزایش قابل توجهی داشته است. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر توسعه کاربرد فاضلاب‌ها در این بخش را می‌توان به ترتیب زیر خلاصه نمود.

- کمبود آب مورد نیاز برای کشاورزی و تشدید آن در اثر رشد جمعیت که به افزایش نیازهای آب شیرین در تأمین آب آشامیدنی و آب آبیاری برای تولید مواد غذایی منجر گردیده است.
- بالا بودن هزینه فرایندهای تصفیه پیشرفته فاضلاب با هدف اصلاح کیفیت آنها تا حد استاندارد برای تخلیه به منابع آب پذیرنده.
- شناسایی ارزش مواد مغذی موجود در فاضلاب و تأثیر مثبت آنها در افزایش تولیدات کشاورزی.
- حفاظت منابع آب در اثر جلوگیری از تخلیه مستقیم فاضلاب‌های تصفیه شده.
- حفاظت خاک و کنترل بیابان‌زایی از طریق رشد گیاهان و جلوگیری از فرسایش زمین.
- توسعه فضای سبز در مناطق شهری و اثرات مثبت آن در سلامت جسم و روح شهروندان.
- رشد و توسعه کشاورزی، افزایش اشتغال و جلوگیری از مهاجرت روستائیان به مناطق شهری.

۱-۲- کاربرد فاضلاب در پرورش آبزیان

یکی دیگر از زمینه‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده، عملیات پرورش آبزیان است که در بسیاری از کشورهای دنیا و به ویژه در آسیا از قدمت زیادی برخوردار می‌باشد. این عملیات در برکه‌های دریاچه‌های پرورش ماهی صورت می‌گیرد و انواع آبزیان، با پائین‌ترین نرخ در بخش پروتئین حیوانی، تولید می‌شوند.

۱-۳- کاربرد فاضلاب در تغذیه مصنوعی

در پروژه‌های تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی، اهداف متعددی می‌تواند منظور گردد که از مهمترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- حفظ موجودیت منابع آب زیرزمینی و افزایش سطح ایستابی.

- کنترل اثرات برداشت‌های بی‌رویه از قبیل نشست زمین و پیشروی آبهای شور.
- ذخیره‌سازی آب در زیرزمین و جلوگیری از تبخیر شدید آن به ویژه در مناطق گرمسیر.
- استفاده از امکانات طبیعی خاک جهت حذف آلاینده‌های موجود در فاضلاب و تصفیه نسبی.
- تجربه نشان داده است که چنانچه شرایط زمین مساعد باشد، دستیابی به کارایی مناسبی از حذف ذرات معلق، مواد تجزیه‌پذیر بیولوژیکی، باکتری‌ها و ویروس‌ها امکانپذیر می‌باشد.
- همچنین کاهش قابل ملاحظه‌ای در غلظت فلزات سنگین و ترکیبات آلی اتفاق می‌افتد.

۱-۴- کاربرد فاضلاب در صنایع

- استفاده مجدد از فاضلاب‌ها در صنعت با دو هدف کلی امکان بازچرخش آنها در واحدهای صنعتی و جلوگیری از آلودگی محیط زیست برنامه‌ریزی می‌شود.
- در بسیاری از صنایع بزرگ، امکان بازچرخش پساب‌های تصفیه شده در واحدهای مختلف در روند فرایند تولید وجود دارد. همچنین به دلیل بالا بودن نیاز آبی در سیستم‌ها و برج‌های خنک‌کننده، این واحدها به عنوان یکی از متداول‌ترین نقاط مصرف مجدد پساب‌های صنعتی مطرح شده‌اند. استفاده مجدد از پساب‌های صنعتی در کشاورزی، مشروط به تأمین معیارها و شرایط کیفی آن به ویژه از نظر آلاینده‌های شیمیایی خطرناک و سمی می‌باشد.

۱-۵- کاربرد فاضلاب در پروژه‌های تفریحی

فاضلاب‌های تصفیه شده را می‌توان به منظور توسعه و نگهداری دریاچه‌های مصنوعی و ایجاد مراکز تفریحات آبی مورد استفاده قرار داد. این نوع کاربرد عمدتاً می‌تواند مشتمل بر فعالیت‌های تفریحی که آب با بدن تماس ندارد مانند قایقرانی و ماهیگیری باشد. در صورتی که فعالیت‌های تفریحی آبی مانند شنا و اسکی روی آب مدّ نظر باشد، کیفیت بالاتری از فاضلاب تصفیه شده را باید تأمین نمود (مانند عدم ایجاد مسمومیت و التهاب چشم‌ها و پوست، عدم حضور میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا به ویژه با منشأ روده‌ای، pH قابل قبول در محدوده ۸/۵-۶/۵ و...).

۱-۶- کاربرد فاضلاب در تأمین آب آشامیدنی

با توجه به توسعه فن‌آوری در تصفیه شهری، بشر امروز توانایی، دانش و امکانات مورد نیاز جهت تصفیه مناسب فاضلاب با هدف تهیه و تولید آب آشامیدنی با کیفیت مطلوب را دارد، اما

روشن است که انجام این پروژه‌ها با توجه به هزینه‌های قابل توجه آنها، تنها در صورتی می‌تواند مطرح گردد که در مقایسه با سایر گزینه‌های تأمین آب آشامیدنی (مانند انتقال بین حوضه‌های آب) از امکان پذیری اقتصادی، فنی، اجتماعی، بهداشتی و زیست محیطی قابل قبولی برخوردار باشد، از سوی دیگر آماده سازی جامعه مصرف‌کننده جهت پذیرش فاضلاب تصفیه شده به عنوان آب آشامیدنی، آموزش‌های گسترده‌ای را می‌طلبد.

به این دلیل تاکنون تنها موارد بسیار معدودی از این نوع پروژه‌ها در سطح جهان مطرح و اجرا شده‌اند.

۲- اثرات و جنبه‌های بهداشتی کاربرد فاضلاب تصفیه شده در آبیاری

کاربرد فاضلاب در آبیاری به دلیل حضور میکرو ارگانیسم‌ها و مواد شیمیایی آن می‌تواند با مخاطرات بهداشتی همراه گردد که معمولاً در دو بخش خطرات بهداشت فردی و خطرات بهداشت محصولات کشاورزی و بهداشت مصرف‌کنندگان، مطالعه می‌شوند.

مهم‌ترین عوامل ایجادکننده مخاطرات بهداشت فردی، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، انگل‌ها و مواد سمی شیمیایی فاضلاب هستند. همچنین مشکلات بهداشتی محصولات در نتیجه فعل و انفعالات و واکنش‌های مختلف بین اجزاء فاضلاب با خاک و گیاه اتفاق می‌افتد.

۲-۱- مخاطرات بهداشت فردی و آلودگی محصولات

باکتری‌ها، ویروس‌ها، پروتوزوئرها، کرم‌ها و انگل‌ها و همچنین مواد شیمیایی در مجموعه فاضلاب‌های شهری یافت می‌شوند.

ویروس‌ها عمدتاً در محیط مقاومت زیادی داشته و در فاضلاب و خاک نیز به مدت چند ماه می‌توانند زنده بمانند.

از میان باکتری‌ها در محیط فاضلاب به انواع کلیفرم‌های مدفوعی می‌توان اشاره نمود که زمان ادامه حیات آنها کمتر از ویروس‌ها می‌باشد.

شیستوزومیام و کرم‌های قلابدار از مهم‌ترین انواع کرم‌ها و انگل‌های بیماری‌زای موجود در فاضلاب هستند.

مواد شیمیایی سمی عمدتاً مشتمل بر فلزات سنگین (کروم، کادمیم، مس، سرب، و...) و ترکیبات آلی (حشره‌کش‌ها، بنزن و...) می‌باشند که ضمن تأثیر منفی بر خاک زراعی، بهداشت فردی کارگران مزارع را نیز تهدید می‌نمایند. از سوی دیگر، به دلیل مواد مغذی موجود در فاضلاب،

میزان تولید محصولات کشاورزی می‌تواند به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. جامدات معلق، مواد کلوئیدی و محلول فاضلاب، حاوی مواد مغذی اصلی گیاه (K, P, N)، مس، آهن و روی می‌باشند. به این دلیل آبیاری با فاضلاب میزان نیاز به کوددهی را کاهش می‌دهد.

۲-۲- اثرات و جنبه‌های بهداشت عمومی کاربرد فاضلاب در آبیاری

بیماری‌های ناشی از آلودگی با فاضلاب، در کشورهای مختلف و به ویژه در کشورهای در حال توسعه نسبتاً متداول بوده و عوامل این بیماری‌ها که عمدتاً پاتوژن‌های مدفوعی هستند. به وفور در فاضلاب حضور دارند. اما کاربرد فاضلاب در کشاورزی یا پرورش آبزیان زمانی برای بهداشت عمومی مخاطره‌آمیز است که همهٔ مراحل زیر به صورت متوالی رخ دهند.

۱- دُز عفونت‌زای پاتوژن مستقیماً وارد مزرعه یا برکه شود و یا تعداد پاتوژن‌ها از طریق تکثیر به دُز عفونت‌زا برسد.

۲- دُز عفونت‌زا به یک انسان میزبان منتقل گردد و میزبان آلوده شود.

۳- آلودگی به بیماری منجر گردد.

چنانچه مورد ۲ اتفاق نیفتد، موارد ۱ و ۲ فقط به عنوان مخاطرات بالقوه برای بهداشت عمومی مطرح شده و به خطر واقعی تبدیل نمی‌گردند.

در طراحی و اجرای پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب، مطالعات اپیدمیولوژیکی عفونت‌ها و رعایت استانداردهای مناسب ضروری است.

۳- استانداردهای کیفی و مشخصات فاضلاب برای استفاده در کشاورزی

شاخص اساسی در کاربرد فاضلاب در آبیاری، ارگانسیم‌های مدفوعی و باکتری‌های کلیفرم می‌باشد. در نشست متخصصین سازمان جهانی بهداشت در سال ۱۹۷۳ اعلام گردید که "تولید پسابی با کیفیت ۱۰۰۰ کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر، از نظر فنی به راحتی امکان‌پذیر است و آبیاری بدون محدودیت محصولات، چنین پسابی، احتمالاً مخاطرات بهداشتی بسیار محدودی را موجب می‌شود".

منظور از آبیاری بدون محدودیت، آبیاری محصولات خوراکی (به ویژه محصولات میوه‌ای که به صورت خام مصرف می‌شوند) و میادین ورزشی و پارک‌های عمومی است. همچنین آبیاری با محدودیت، به مفهوم آبیاری درختان، محصولات علوفه‌ای و صنعتی، درختان میوه و مراتع می‌باشد.

در سال ۱۹۸۵ در پایان اجلاسی که در انگلبرگ (Engelberg) تشکیل شد، رهنمودهایی تحت عنوان "بیانیه آدلبدان" پیشنهاد گردید.

• رهنمودهای کیفی انگلبرگ برای آبیاری با محدودیت، برای اولین بار استاندارد صریحی را در مورد کرم‌ها ارائه نمود (۱ ≤ تعداد تخم نemat زنده در لیتر) که بیانگر درجه بالایی (۹۹٪) از حذف تخم کرم‌ها می‌باشد و هدف آن حفظ سلامت کارگران در معرض بوده است.

• در رهنمودهای انگلبرگ برای آبیاری بدون محدودیت در مورد کرم‌ها همان رقم فوق و در مورد کلیفرم‌های مدفوعی تعداد ۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر اعلام شده است که هدف از آن تأمین سلامت مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی می‌باشد.

برای دستیابی به رهنمود انگلبرگ در مورد فاضلاب، روش‌های مختلف تصفیه را می‌توان طراحی و اجرا نمود، اما در اکثر موارد برکه تثبیت‌گزینه مناسبی است.

در کاربرد فاضلاب برای آبیاری محصولات کشاورزی، با توجه به دامنه اقدامات لازم جهت حفظ بهداشت جامعه، محصولات به صورت زیر طبقه‌بندی می‌گردند:

گروه I: - تنها حفاظت کارگران مزرعه ضروری است:

- محصولات صنعتی مانند پنبه و کنف

- حبوبات و محصولاتی که به صورت کنسرو به بازار عرضه می‌شوند

گروه II: ممکن است به اقدامات حفاظتی بیشتری نیاز باشد:

- چراگاه‌ها، علوفه‌های سبز

- محصولات درختی، میوه و سبزیجاتی که قبل از خوردن پوست کنده و یا پخته می‌شوند.

گروه III: انجام عملیات تصفیه تا رسیدن به رهنمودهای انگلبرگ برای آبیاری بدون محدودیت، ضروری است:

- سبزیجات تازه

- میوه‌های آبیاری شده به طریق اسپری

- پارک‌ها، چمنزارها و میادین ورزشی

محدود نمودن نوع کشت به انواع خاصی از محصولات، سلامت مصرف‌کنندگان را تضمین می‌کند، اما در مورد کارگران مزارع باید اقدامات حفاظتی تکمیل گردد که لازمه آن تصفیه فاضلاب تا رسیدن به شرایط رهنمودهای انگلبرگ از نظر تخم کرم‌های زنده می‌باشد. ایجاد محدودیت در نوع محصولات از طریق احراز شرایط قانونی و تنظیم بازار، عملی خواهد بود.