یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۲۲

عنوان مقاله:

مدیریت استفاده از فاضلاب در کشاورزی

تألیف:

رضا بهروز، عبدالمجید لیاقت[۱]

چکیده

در ایران که از جمله کشورهای خشک و نیمه خشک دنیا به حساب می‌آید، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی بالاترین درصد را در بین کلیه مصارف به خود اختصاص داده و در بسیاری از نقاط کشور، کمبود آب به آنچنان وضعیت حاد و بحرانی رسیده است که برنامه‌ریزان و مدیران منابع آب را مجبور ساخته تا در برنامه‌ریزی‌های توسعه، به کلیه منابع متعارف و غیرمتعارف آب (منابع آب با کیفیت پایین) توجه نمایند. یکی از منابع آب با کیفیت پایین، فاضلاب‌های تصفیه شده شهری می‌باشد که البته استفاده از آنها در کشاورزی نیاز به مدیریت‌های خاص دارد.

در این تحقیق با بهره‌گیری از پروفیل خاک به عنوان یک فیلتر بیولوژیکی و استفاده مجدد از زه‌آب‌ها، سعی شد تا از فاضلاب‌های با کیفیت پایین (فاضلاب خام) برای کشاورزی استفاده شود. بدین ترتیب که ابتدا فاضلاب خام (فاضلاب تصفیه مقدماتی) که دارای BOD_5 در حدود ۱۶۰mg/l بود، جهت آبیاری یک گیاه صنعتی (سویا) استفاده می‌شد. سپس زه‌آب حاصل از سویا (زه‌آب اولیه) جمع‌آوری و جهت آبیاری یک گیاه علوفه‌ای (ذرت علوفه‌ای) مورد استفاده واقع می‌گردید. در نهایت زه‌آب حاصل از ذرت علوفه‌ای (زه‌آب ثانویه) نیز جمع‌آوری و جهت آبیاری سبزیجات (جعفری) استفاده می‌شد.

این طرح تحقیقاتی با شیوه مدیریتی فوق در ۱۲ عدد لیسیمتر بزرگ به ابعاد ۶۰ x ۷۶ سانتیمتر و ارتفاع ۸۱ سانتیمتر انجام گرفت. در چهار لیسیمتر سویا کشت گردید که با فاضلاب خام آبیاری می‌شدند. در سه لیسیمتر ذرت علوفه‌ای کشت شد که با زه‌آب اولیه آبیاری می‌گردیدند. در دو لیسیمتر سبزی خوراکی جعفری کشت گردید که با زه‌آب ثانویه آبیاری می‌شدند. در سه لیسیمتر باقیمانده، در هر یک از آنها یکی

۱ـ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آبیاری و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

از گیاهان فوق‌الذکر کشت گردید که با آب چاه آبیاری می‌شدند. در انتهای هر آبیاری میزان BOD_5، COD، مواد آلی و تعداد کلیفرم‌ها در زه‌آب اولیه و ثانویه اندازه‌گیری شد.
نتایج این تحقیق نشان داد که بسیاری از آلودگی‌های فاضلاب پس از عبور از پروفیل خاک به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابند، به گونه‌ای که میزان متوسط BOD_5 و COD به ترتیب از ۱۶۰ و۲۳۷ میلی‌گرم در لیتر در فاضلاب خام به ۹ و ۳۶ در زه‌آب اولیه و به ۸ و۲۰ میلی‌گرم در لیتر در زه‌آب ثانویه تنزل یافت. میزان حذف کلیفرم و کلیفرم مدفوعی (شاخص‌های آلودگی میکروبی و بیماری‌زایی پساب) نیز در زه‌آب‌ها بسیار بالا و بیش از ۹۹ درصد مشاهده شد. به علاوه، در هیچیک از نمونه‌های تهیه شده از زه‌آب‌ها تخم انگل مشاهده نشد. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که زه‌آب‌های اولیه و ثانویه در مقایسه با فاضلاب تصفیه شده اکباتان (تهران) از کیفیت بهتری برخوردار می‌باشند. در نهایت نتایج این طرح بسیار امیدوار کننده بود و نشان داد که با استفاده از شیوه مدیریتی فوق می‌توان فاضلاب‌ها را با هر کیفیتی برای کشت گیاهان مختلف استفاده کرد.

کلمات کلیدی: زه‌آب‌ها، فاضلاب خام، فیلتر بیولوژیکی، لیسیمتر، مدیریت استفاده از فاضلاب

مقدمه

رشد جمعیت در دهه‌های اخیر و گسترش نیازهای انسان و بالارفتن سطح بهداشت مردم، باعث گردیده که منابع آب شیرین سطحی و زیرزمینی بیش از حد مصرف شده و در حالت‌های بحرانی قرار گیرند. این مساله در دوره‌های خشکسالی بسیار تشدید می‌گردد و برای کشورهایی چون ایران که بر روی کمربند خشک زمین قرار دارد محسوس‌تر و نیاز به توجه بیشتری می‌باشد. برای حل این مشکل بایستی به منابع آب نامتعارف(فاضلاب‌ها)برای کشاورزی روی آورد تا باعث آزادسازی منابع آب برای سایر مصارف گردید.

استفاده از فاضلاب در کشاورزی از دو جهت حائز اهمیت می‌باشد: اول از جهت کنترل آلودگی‌های آن (عدم رهاسازی در رودخانه‌ها) و دوم از جهت منبع غذایی موجود در آن برای گیاه. استفاده از فاضلاب باعث حاصلخیزی خاک و در نتیجه افزایش محصول می‌گردد. به گونه‌ای که اگر فاضلاب شامل ۵۰ mg/lit نیتروژن، ۱۰mg/lit فسفر و ۳۰mg/lit پتاسیم باشد سالانه معادل ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۵۰ کیلو گرم فسفر و ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هر هکتار به زمین زراعی اضافه می‌گردد که این معادل ۹ کیسه کود (NPK) در هر هکتار می‌باشد [۶]. در این رابطه تحقیقات زیادی انجام شده است، برای مثال علیزاده و همکاران (۱۳۷۵) نشان دادند که آبیاری سبزیجات (گوجه فرنگی، کاهو، هویج و خیار) با فاضلاب تصفیه شده باعث افزایش عملکرد آنها در مقایسه با آب معمولی می‌گردد. آنها اظهار داشتند که این افزایش محصول، ناشی از غنی بودن فاضلاب از مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشد؛ به گونه‌ای که استفاده از پساب تصفیه شده برای آبیاری گیاهان ذکر شده، معادل حداقل ۲۵ تن کود حیوانی در هر هکتار می‌باشد [۴].

همچنین زادهوش (۱۳۷۵) نشان داد که استفاده از فاضلاب خام جهت آبیاری گندم، باعث افزایش وزن دانه و وزن کاه در مقایسه با آب معمولی می‌گردد [۳].

خاک به عنوان یک فیلتر بیولوژیکی باعث حذف آلاینده‌ها می‌شود. نتیجه حاصل از بررسی حذف و یا غیر فعال شدن دو نوع ویروس (PRDI و Ms2) در فاضلاب تصفیه شده‌ای که از پروفیل خاک با درصد ترکیب بالای شن و ماسه عبور می‌کرد، نشان داد که بسته به عمق، بین ۳۷ تا ۹۹/۷ درصد حذف ویروس صورت می‌گیرد [۵]. لیاقت و همکاران نشان دادند که خاک به عنوان یک فیلتر بیولوژیکی میتواند باعث کاهش آلودگی‌های آب، ناشی از کاربرد سموم گیاهی گردد. آنها نشان دادند که خاک در این زمینه خود پالایگی از خود نشان داده و باعث تجمع این سموم نمی‌گردد [۷]. حسن اقلی نشان داد که عبور فاضلاب خانگی از فیلتر خاک سبب کاهش BOD5 به میزان ۹۹ تا ۱۰۰ درصد می‌گردد [۲].

واضح است که استفاده از فاضلاب دارای مضراتی نیز می‌باشد. به عنوان نمونه جعفرزاده حقیقی (۱۳۷۵) اذعان داشت که تخلیه فاضلاب به رودخانه فصلی شیراز و استفاده مجدد از آن، به دلیل وجود عناصر مختلف فلزی در دراز مدت می‌تواند منجر به افزایش آلودگی خاک‌های اراضی مجاور رودخانه و انتقال برخی از عناصر به محصولات کشاورزی گردد [۱]. تقریبا کلیه استانداردها و تحقیقات انجام شده در استفاده از فاضلاب برای مقاصد کشاورزی، فاضلاب تصفیه شده را پیشنهاد می‌کنند و حتی پاره‌ای از این استانداردها تصفیه اولیه و ثانویه را ناکافی اعلام کرده و پیشنهاد می‌کنند از تصفیه پیشرفته نیز استفاده گردد. لیکن با توجه به انفجار جمعیت و در نتیجه افزایش حجم فاضلاب و نیز به دلیل هزینه‌های بالا، در همه جا ودر همه شرایط امکان تصفیه تمام یا بخشی از این فاضلاب‌ها میسر نمی‌باشد. بنابراین یافتن راه حلی که بتوان از انواع فاضلاب در کشاورزی استفاده کرد ضروری می‌باشد. این تحقیق برای دستیابی به یک شیوه مدیریتی جدید و مناسب در استفاده از انواع فاضلاب برای انواع کشت‌ها صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی امکان استفاده ازفاضلاب خام در کشت گیاهان مختلف (صنعتی، علوفه‌ای و خوراکی) و نیز کنترل برخی از پارامترهای شیمیایی آب و خاک، از ۱۲ عدد مخزن پلاستیکی سفید رنگ به ابعاد ۸۱×۶۰×۷۶ سانتی‌متر و به حجم ۳۵۰ لیتر به عنوان لیسیمتر استفاده گردید. در هر یک از لیسیمترها یک لوله مشبک به قطر ۵ سانتی‌متر به عنوان زهکش تعبیه گردید. لیسیمترها بعد از انتقال به مزرعه بر روی سکوهایی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و به فاصله ۲ متر از هم قرار گرفتند و با خاک مزرعه پر شدند. در مرحله نهایی به منظور تراکم و نشست خاک کلیه لیسیمترها با آب اشباع شده و بدین ترتیب برای کاشت آماده گردیدند. بافت خاک مورد استفاده Clay loam بود که شامل ۲۸/۴۳ درصد رس، ۳۲/۸۸ درصد سیلت و ۳۸/۶۹ درصد ماسه می‌باشد. وزن مخصوص ظاهری خاک پس از نشست ۱/۴۳ گرم در

سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. خصوصیات شیمیایی خاک نیز قبل از شروع آزمایش مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۱) آمده است.

در این تحقیق از سه نوع گیاه صنعتی (سویا)، علوفه‌ای (ذرت) وخوراکی (جعفری) استفاده گردید. در لیسیمترهای ۱ تا ٤ سویا، در لیسیمترهای ۵ و٦ و ۷ ذرت و در لیسیمترهای ۸ و ۹ جعفری کشت گردید. در لیسیمترهای ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ به عنوان شاهد به ترتیب جعفری، سویا و ذرت کشت گردید.

برای آبیاری لیسیمترها به روش زیر عمل می‌شد؛ ابتدا لایسیمترهای ۱ تا ۴ با فاضلاب خام به یک مقدار معین هر کدام ۱۲۰ لیتر آبیاری می‌شدند. سپس زه‌آب خارج شده از این ۴ لیسیمتر توسط سطل‌های مدرج جمع‌آوری شده و به لایسیمترهای ۵، ٦ و ۷ ریخته می‌شد. در نهایت زه‌آب حاصل از این سه لیسیمتر پس از جمع‌آوری به لایسیمترهای ۸ و ۹ وارد می‌شد. لیسیمترهای ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ به عنوان شاهد با آب معمولی آبیاری می‌گردیدند.

برای جمع‌آوری نمونه‌های آب از ظرف‌های پلی اتیلن یک لیتری استفاده گردید. ظرف‌های مورد نظر ابتدا با آب معمولی و سپس با نمونه آب مورد برداشت شستشو داده می‌شد تا حداقل خطا از لحاظ نمونه‌برداری ایجاد گردد. در هر آبیاری ۴ نمونه آب (نمونه فاضلاب خام، نمونه زه‌آب اولیه، نمونه زه‌آب ثانویه و نمونه زه‌آب شاهد) برداشت می‌گردید.

برای بررسی تغییرات خاک در انتهای فصل زراعی و پس از برداشت محصول، نمونه‌های خاک جمع‌آوری و مورد تجزیه قرار گرفتند. نمونه‌های گیاهی نیز در مرحله مصرف تهیه و مورد تجزیه قرار گرفتند. مرحله مصرف برای سویا هنگام رسیدن دانه و زرد شدن و ریختن برگ‌ها، برای ذرت علوفه‌ای پس از شیری شدن بلال و برای جعفری تا قبل از شروع گلدهی می‌باشد. برای سویا دانه آن و برای ذرت علوفه‌ای و جعفری ماده خشک کل از اهمیت بیشتری در نمونه‌برداری برخوردار است.

در نمونه‌های آب پارامترهایی از قبیل: میزان نیتروژن، فسفر قابل جذب، پتاسیم، هدایت الکتریکی، PH، BOD5، COD، تعداد تخم انگل و تعداد کلیفرم‌های مدفوعی که چهار پارامتر اخیر به مسائل بهداشتی فاضلاب مربوط می‌گردد، اندازه‌گیری می‌شد. در مورد خاک پارامترهایی از قبیل نیتروژن (با روش کجلدال)، فسفر قابل جذب (با روش اسپکترو فتومتر)، پتاسیم (با روش فلام فتومتر) و مواد آلی (با روش والکلی وبلک) مورد تجزیه قرار گرفت. در مورد گیاه پارامترهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کادمیم، پروتئین و کلسیم اندازه‌گیری شد.

جدول (۱) تجزیه شیمیایی خاک مورد استفاده در لیسیمترها قبل از شروع آزمایش

پارامتر اندازه‌گیری شده	غلظت	پارامتر اندازه‌گیری شده	غلظت
آهن	۱۰/۶۰۸mg/kg	فسفر	۴۰ mg/kg
ماده آلی	۰/۸۸ %	سرب	۱/۶۶ mg/kg
کربنات	۰ meq/lit	کادمیوم	۷/۲ mg/kg
بی کربنات	۷ meq/lit	منگنز	۱۴/۲۸۶ mg/kg
سولفات	۰/۱۴meq/lit	مس	۲/۴۹۶ mg/kg
هدایت الکتریکی	۰/۸۳ dS/m	روی	۱/۷۹۶ mg/kg

نتایج و بحث

۱) تأثیر پروفیل خاک بر روی تصفیه فاضلاب

همانگونه که اشاره گردید یکی از مهمترین اهداف در این تحقیق تصفیه و بهسازی کیفیت فاضلاب برای آبیاری گیاهانی است که از لحاظ طریقه مصرف نسبت به گیاهان صنعتی از حساسیت بیشتری برخوردار می‌باشند. در این زمینه متوسط کیفیت فاضلاب خام، زه‌آب اولیه و زه‌آب ثانویه که به ترتیب برای آبیاری سویا، ذرت علوفه و جعفری استفاده می‌شدند در جدول ۲ نشان داده شده است.

BOD5 و COD که از معیارهای مهم در تشخیص میزان آلودگی فاضلاب می‌باشند به ترتیب و بطور متوسط از ۱۵۹ و ۲۳۷ میلیگرم در لیتر در فاضلاب خام به ۹ و ۳۶ در زه‌آب اولیه و ۸ و ۲۰ در زه‌آب ثانویه تنزل یافتند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان این دو پارامتر پس از یک بار عبور از پروفیل خاک به شدت کاهش می‌یابد. به گونه‌ای که میزان حذف BOD5 و COD در این مرحله به ترتیب برابر ۹۴/۳ و ۸۴/۸ درصد به دست آمد. میزان حذف این دو پارامتر در زه‌آب ثانویه، یعنی پس از عبور از پروفیل خاک برای بار دوم در حدود ۱۰ درصد محاسبه گردید. علت حذف کم، در زه‌آب ثانویه به دلیل غلظت کم مواد آلی و محلول بودن آنها در زه‌آب اولیه می‌باشد. میزان زیادی از مواد آلی در فاضلاب اولیه به صورت جامد می‌باشد که توسط لایه‌های سطحی خاک گرفته می‌شود.

پروفیل خاک همچنین نقش عمده‌ای در تصفیه فاضلاب از لحاظ آلودگی‌های میکروبی (تعداد کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی وتخم انگل) داشت به گونه‌ای‌که متوسط تعداد کلیفرم‌ها از $۱/۶\times۱۰^{۲۰}$ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر فاضلاب خام به ۴×۱۰^{۶} عدد در ۱۰۰ میلی لیتر زه‌آب اولیه و به ۲×۱۰^{۴} عدد در ۱۰۰ میلی لیتر زه‌آب ثانویه تنزل یافت که این نشان دهنده توانایی پروفیل خاک در حذف کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی به میزان بالای ۹۹ درصد و در حذف تخم انگل‌ها به میزان ۱۰۰ درصد می‌باشد.

جدول (۲) تأثیر پروفیل خاک بر روی حذف آلاینده‌ها بیولوژیکی، شیمیایی و میکروبی

نمونه آب / نوع آلودگی	فاضلاب خام	زه‌آب اولیه	زه‌آب ثانویه
کلیفرم (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)	$۱/۶\times۱۰^{۲۰}$	۴×۱۰^{۶}	۲×۱۰^{۴}
کلیفرم‌های مدفوعی (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)	$۱/۶\times۱۰^{۲۰}$	۴×۱۰^{۶}	۲×۱۰^{۴}
TAENIA (نوعی تخم انگل)	۱/۷۵	۰	۰
BOD5	۱۵۹	۹	۸
COD	۲۳۷	۳۶	۲۰

۲) تأثیر آبیاری با فاضلاب بر گیاه:

فاضلاب دارای مواد مغذی فراوانی می‌باشد و بدین جهت می‌تواند سبب افزایش عملکرد گیاهان مختلف گردد. این مطلب توسط تمام محققینی که با فاضلاب کار کرده اند تایید شده است. در این تحقیق نیز

عملکرد سه گیاه سویا، ذرت علوفه‌ای و جعفری که به ترتیب با فاضلاب خام، زه‌آب اولیه و زه‌آب ثانویه آبیاری شده‌اند تعیین گردیده است که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳ نشان می‌دهد که افزایش وزن خشک کل، وزن دانه و وزن صد دانه سویا، آبیاری شده با فاضلاب خام به ترتیب برابر ۸۰٪، ۸۱/۹٪ و ۲۹٪ نسبت به شاهد (آبیاری با آب معمولی) می‌باشد. این افزایش هم از لحاظ صرفه جویی در کود و هم از جهت افزایش تولید نهایی حایز اهمیت می‌باشد. وزن ماده خشک، وزن بلال خشک، وزن صد دانه، تعداد برگ در بوته و طول ساقه ذرت علوفه‌ای که با زه‌آب اولیه آبیاری گردیدند، به ترتیب افزایشی معادل ۵۳، ۷۲، ۸، ۱۸/۶ و ۱۸/۱ درصد نسبت به شاهد داشت.

در مورد جعفری برخلاف دو گیاه دیگر، آبیاری با زه‌آب ثانویه باعث کاهش محصول به میزان ۱۰ درصد نسبت به شاهد گردید. این کاهش عملکرد را احتمالاً می‌توان به ضعیف شدن بوته‌های جعفری در تیمار زه‌آب ثانویه و خشک شدن برگ‌های انتهایی آنها در طول فصل رشد نسبت داد که این خود به خاطر افزایش شوری در زه‌آب ثانویه (آب مورد استفاده جهت آبیاری جعفری) می‌باشد؛ زیرا نتایج تجزیه آب نشان دادند که EC زه‌آب ثانویه، تقریباً ۴ برابر فاضلاب خام و ۲/۵ برابر زه‌آب اولیه می‌باشد.

میزان تجمع عناصر مختلف از قبیل ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم و پروتئین در اندام‌های گیاهی سویا، ذرت علوفه‌ای و جعفری در جدول ۴ ارائه گردیده است. میزان تجمع ازت در سویا که با فاضلاب خام آبیاری شده بود به طور متوسط برابر ۱۲/۵ و برای شاهد ۲/۳۳ درصد وزنی اندازه‌گیری شد. یعنی در حدود ۴۳۶ درصد در نمونه آبیاری شده با فاضلاب خام نسبت به شاهد افزایش ازت وجود داشت که این رقم قابل توجهی می‌باشد. همچنین میزان ازت در ذرت علوفه‌ای که با آب معمولی آبیاری شده بود به طور متوسط ۱/۶۳ و برای ذرتی که با زه‌آب اولیه آبیاری شده بود برابر ۲/۷۴ درصد وزنی اندازه‌گیری شد که افزایشی در حدود ۶۸ درصد نشان می‌دهد. در مورد جعفری افزایش ازت گیاه در زه‌آب ثانویه نسبت به شاهد ۴ درصد اندازه‌گیری شد.

استفاده از زه‌آب اولیه و زه‌آب ثانویه باعث افزایش جذب فسفر در ذرت و جعفری به میزان ۷/۱۴ و ۷/۶۹ درصد نسبت به شاهد گردیده است. در مورد سویا استفاده از فاضلاب خام سبب کاهش درصد فسفر به میزان ۲/۸۶ نسبت به شاهد گردیده‌است. برای این موضوع دو دلیل می‌توان بیان کرد: اول اینکه احتمالاً، به دلیل بالا بودن غلظت سایر عناصر در فاضلاب خام و در نتیجه و ایجاد رقابت میزان جذب فسفر توسط سویا کاهش یافته است. دلیل دوم، رشد بیشتر سویا (و به تبع آن دانه سویا) در تیمار مربوط به فاضلا ب خام نسبت به شاهد می‌باشد.

جدول (۳) اجزاء عملکرد سویا، ذرت علوفه‌ای و جعفری (برحسب گرم)

نوع آب / نمونه گیاه	فاضلاب خام	زه‌آب اولیه	زه‌آب ثانویه	شاهد	درصد افزایش عملکرد
ماده خشک کل سویا	۵۵۳/۲	----	---	۳۰۷/۳	+ ٪۸۰
ماده خشک دانه سویا	۲۵۰/۷	----	---	۱۳۷/۹	+ ٪۸۲
وزن صد دانه سویا	۱۵/۹	----	---	۱۲/۳۴	+ ٪۲۹
ماده خشک ذرت علوفه‌ای	-------	۶۷۵/۱	---	۴۴۱/۸	+ ٪۵۳
وزن بلال خشک	-------	۳۷۷/۰	---	۲۱۹/۸	+ ٪۷۲
وزن صد دانه ذرت	-------	۲۹۵/۵	---	۲۷۴/۰	+ ٪۸
ماده خشک جعفری	-------	----	۴۳/۰	۴۷/۸	- ٪۱۰

نتایج آنالیز در مورد پتاسیم در سه گیاه سویا، ذرت علوفه‌ای و جعفری نشان داد که استفاده ازانواع مختلف فاضلاب (فاضلاب خام، زه‌آب اولیه و زه‌آب ثانویه) جهت آبیاری باعث افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه گردیده است. این افزایش برای سویا (تیمار فاضلاب خام) برابر ۱۶/۶۷درصد، برای ذرت علوفه‌ای (تیمار زه‌آب اولیه) ۱۹/۴۸ درصد و برای جعفری (تیمار زه‌آب ثانویه) برابر ۰/۸۷ درصد محاسبه شد.

یکی از مشکلات مهم در استفاده از فاضلاب، تجمع فلزات سنگین در گیاه می‌باشد. یکی از مهمترین این عناصر کادمیم می‌باشد. نتایج آنالیز کادمیم در جدول ۴ ارائه شده است که نشان داد میزان تجمع کادمیم در گیاه در همه حالت‌ها بیشتر از حد استاندارد (۰/۱ mg/kg) می‌باشد. با بررسی و علت‌یابی مشخص گردید که منبع آلودگی کادمیوم، خاک مورد استفاده می‌باشد، که میزان اولیه آن قبل از شروع آزمایش برابر ۷/۲ mg/kg اندازه‌گیری شده بود. غلظت بالای کادمیوم در نمونه‌های شاهد نیز گواهی بر این مدعاست. در هر حال میزان تجمع فلزات سنگین بایستی در حد استانداردهای لازم باشد، زیرا استفاده دراز مدت انسان از گیاهان آلوده به فلزات سنگین سبب تجمع این عنصر در بدن می‌گردد. اثر زیان‌آور این فلزات بر روی بدن انسان شامل آسیب به سیستم عصبی و کلیه‌ها، ایجاد جهش و نیز پدید آوردن تومورها می‌باشد[ ]. استفاده از فاضلاب خام و زه‌آب اولیه به ترتیب برای آبیاری سویا و ذرت علوفه‌ای سبب کاهش میزان کلسیم گیاه به میزان ۱۵/۳۲ و ۱۳/۷۵ درصد گردید. این رقم برای دانه‌های ذرت ۳۸/۸۹٪ اندازه‌گیری شد. علت این کاهش را احتمالاً می‌توان به ایجاد رقابت در جذب عناصر توسط گیاه دانست، زیرا افزایش جذب بعضی از عناصر که به وفور در فاضلاب خام و زه‌آب اولیه یافت می‌شوند سبب کاهش جذب بعضی دیگر از عناصر که غلظت کمتری دارند (از قبیل کلسیم) می‌گردد. اما در مورد جعفری نتایج نشان داد که استفاده از زه‌آب ثانویه سبب افزایش میزان کلسیم گیاه به میزان ۵۳/۹۳٪ نسبت به شاهد گردیده است. این افزایش احتمالاً مربوط به پایین آمدن غلظت عناصر دیگر در زه‌آب ثانویه و از بین رفتن رقابت می‌باشد.

جدول (۴) میزان تجمع عناصر مختلف در اندام‌های گیاهی

عنصر		ازت (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	پروتئین (درصد)	کلسیم (mg/kg)	کادمیوم (mg/kg)
نمونه گیاه	تیمار						
دانه سویا	فاضلاب خام	۱۲/۵	۰/۳۴	۲/۱	۳۶/۶۱	۲۶۲/۵	۰/۱۳
	شاهد	۲/۳۳	۰/۳۵	۱/۸	۲۹/۵۵	۳۱۰	۰/۵
ذرت علوفه‌ای	زه‌آب اولیه	۲/۷۴	۰/۱۵	۰/۹۲	۷/۶۵	۳۳۶/۷	۰/۱
	شاهد	۱/۶۳	۰/۱۴	۰/۷۷	۶/۴۰	۴۰۰	۰/۲
جعفری	زه‌آب ثانویه	۵/۵۷	۰/۱۴	۴/۶۴	۱۶/۸۵	۲۶۵/۵	۰/۲
	شاهد	۵/۳۸	۰/۱۳	۴/۶	۱۵/۷۳	۱۴۰	۰/۱

جدول ۴ نشان می‌دهد که آبیاری با هر نوع فاضلاب باعث افزایش درصد پروتئین در گیاه می‌گردد. در این تحقیق استفاده از فاضلاب خام باعث افزایش ۲۳/۹ درصد در میزان پروتئین سویا، استفاده از زه‌آب اولیه باعث افزایش ۱۹/۵ درصد در میزان پروتئین ذرت علوفه‌ای و استفاده از زه‌آب ثانویه باعث افزایش پروتئین جعفری به میزان ۷/۲ گردیده است. این افزایش پروتئین در تمامی این گیاهان، مخصوصاً در سویا که به عنوان یک منبع غذایی سرشار از پروتئین مورد استفاده واقع می‌شود، بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۳) تغییرات خاک در استفاده از فاضلاب

به منظور بررسی اثر فاضلاب بر خصوصیات شیمیایی خاک، میزان تجمع ازت، فسفر، پتاسیم و ماده آلی در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب خام، زه‌آب اولیه، زه‌آب ثانویه و شاهد بعد از برداشت محصول اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۵ ارائه گردیده است. جدول ۵ نشان می‌دهد که استفاده از فاضلاب خام، زه‌آب اولیه و زه‌آب ثانویه به عنوان آبیاری در یک فصل زراعی باعث افزایش ماده آلی پروفیل خاک به ترتیب (۸۰ سانتی‌متر) به میزان ۱۲/۹۹، ۹/۰۹ و ۲/۶۰ درصد نسبت به شاهد می‌گردد.

همچنین استفاده از فاضلاب خام، زه‌آب اولیه و زه‌آب ثانویه باعث افزایش درصد نیتروژن و فسفر خاک گردید. این افزایش برای نیتروژن به ترتیب ۲۰/۱۹، ۱۲/۵ و۱۰/۵۸ درصد و برای فسفر به ترتیب ۲۲۶/۳، ۶۳/۱۶ و ۳۶/۸۴ بود.

جدول (۵) میزان تجمع ازت، فسفر، پتاسیم و ماده آلی در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب خام، زه‌آب اولیه و زه‌آب ثانویه در مقایسه با شاهد

عنصر تجمع یافته / نمونه خاک	ازت (درصد)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	ماده آلی (درصد)
فاضلاب خام	۰/۱۲۵	۲۴/۸۰	۲۳۹/۶	۰/۸۷
زه‌آب اولیه	۰/۱۱۷	۱۲/۴۰	۲۱۰	۰/۸۴
زه‌آب ثانویه	۰/۱۱۵	۱۰/۴۰	۲۵۳	۰/۷۹
شاهد	۰/۱۰۴	۷/۶۰	۱۹۱	۰/۷۷

استفاده از فاضلاب خام، زه‌آب اولیه و زه‌آب ثانویه به ترتیب باعث افزایش میزان پتاسیم خاک به اندازه ۲۵/۲۵ ٪، ۹/۷۸٪ و ۴۸/۴۶ ٪ گردید که افزایش بالای آن در تیمار زه‌آب ثانویه رامی‌توان به حجم کم آبیاری (۲۰ لیتر در هر دور آبیاری) ارتباط داد زیرا در تیمارهای مربوط به فاضلاب خام و زه‌آب اولیه استفاده از حجم زیاد آب (۱۲۰ لیتر د رهر دور آبیاری) احتمالاً باعث شستگی بعضی از عناصر و از جمله پتاسیم می‌گردد ولی در مورد تیمار زه‌آب ثانویه، به دلیل حجم کم آب مورد استفاده این شستشو صورت نگرفته و تمام پتاسیم آب، توسط خاک و گیاه جذب می‌شود.

نتیجه گیری و پیشنهادات:

استفاده از فاضلاب در وضعیت کنونی منابع آب امری کاملاً اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. از طرفی افزایش حجم این فاضلاب‌ها خود معظلی می‌باشد که سبب گردیده تصفیه خانه‌ها ظرفیت لازم جهت پالایش تمامی فاضلاب‌ها را نداشته باشند. بدین جهت لازم است تا با اعمال مدیریت‌های جدید از فاضلاب‌های با کیفیت پایین نیز استفاده گردد.

در این تحقیق سعی شد تا ضمن استفاده از فاضلاب خام برای تولید گیاهان خاص، از پروفیل خاک نیز به عنوان یک فیلتر بیولوژیکی برای تصفیه فاضلاب استفاده گردد تا امکان کشت دیگر گیاهان فراهم گردد. نتایج این تحقیق بسیار امیدوارکننده بود زیرا خاک مورد استفاده پالایندگی خوبی از خود نشان داد و عبور فاضلاب از فیلتر خاک باعث تصفیه آن به مقدار زیادی گردید به گونه‌ای که کیفیت زه‌آب اولیه، از استانداردهای لازم برای کشاورزی بهتر گردید. نتایج نشان داد که عبور فاضلاب از ۵۰ الی ۸۰ سانتی‌متر عمق خاک برای تصفیه فاضلاب کافی می‌باشد و نیازی به عبور مجدد از خاک نمی‌باشد. از لحاظ تمامی پارامترهای مورد ارزیابی از قبیل COD و BOD_5 و تعداد تخم انگل‌ها هر دو نوع زه‌آب در حد استانداردهای سازمان بهداشت جهانی برای مصارف کشاورزی بودند ولی از لحاظ تعداد کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی پایین‌تر از این استانداردها بودند و بدین جهت استفاده از این آب‌ها (زه‌آب اولیه و ثانویه) برای آبیاری سبزیجات بدون گندزدایی و کلرزنی توصیه نمی‌گردد. با توجه به مطالب ذکر شده

پیشنهاد می‌گردد که فاضلاب فقط یک بار از پروفیل خاک رد شده و پس از گندزدایی، جهت آبیاری سبزیجات مورد استفاده قرار گیرد. با این کار تمام استانداردهای لازم برای آبیاری سبزیجات تأمین می‌شود.

هرچند نتایجی که در مورد گیاه صنعتی سویا به دست آمد نشان از آلودگی آن نسبت به فلزات سنگین نداشت، لیکن در صورتی که از فاضلاب شهری که حاوی فلزات سنگین می‌باشند استفاده می‌گردد توصیه می‌شود در صورت استفاده از این شیوه مدیریتی از گیاهان صنعتی (مانند پنبه) که مصارف غیرخوراکی دارند، استفاده کرد. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از فاضلاب خام و زه‌آب اولیه باعث افزایش عملکرد در سویا و ذرت نسبت به آب معمولی می‌گردد. که این از لحاظ صرفه‌جویی در میزان کود قابل توجه می‌باشد. در انتهای سال زراعی روند مشخصی در چگالی ظاهری خاک آبیاری شده با فاضلاب مشاهده نگردید. در نهایت پیشنهاد می‌شود در صورت امکان برای بررسی خصوصیات خاک در استفاده از فاضلاب از بازه‌های زمانی بزرگتر (حدود ۵ الی ۱۰ سال) استفاده گردد.

منابع:

۱. جعفرزاده حقیقی، ن. ۱۳۷۵ تأثیر استفاده از فاضلاب شیراز در آبیاری محصولات کشاورزی بر افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک و برخی محصولات، ۱۳۷۵ ـ مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور. صص۳۰۳ ـ ۳۱۰

۲. حسن اقلی، ع.۱۳۸۱. استفاده از فاضلاب‌های خانگی و پساب تصفیه تصفیه‌خانه‌ها در آبیاری محصولات کشاورزی و تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی، رساله دکتری، دانشگاه تهران

۳. زادهوش، ع.۱۳۷۵، بررسی اثرات آبیاری با پساب بر خاک و گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران

۴. علیزاده، ا.، غ. حق‌نیا و ا. نقیبی. ۱۳۷۵. استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده خانگی در آبیاری ـ مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور، صص۳۳۲ ـ ۳۵۳

۵. صادقی، غ. و م. طباطبایی. ۱۳. آیا تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌تواند پاسخگوی نیازهای روز افزون مناطق شهری در حال رشد، به آب آشامیدنی باشد؟ ـ مجله آب و فاضلاب، شماره ۲۰ ـ صص ۱۳

۶. گروه کار، ۱۳۸۰. استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده در کشاورزی ـ کمیته ملی آبیاری و زهکشی، وزارت نیرو

7. Liagate.A, S.O.Prasher and R.S.Broughton.1996. Evaluation of an on-Farm Pullution Control System for Reducing Pesticide Pollution. Transations of the ASAE. VOL.39(4):1329-1335

Urban Wastewater Management in Agriculture

Abstract:

There is critical situation of water resources due to increasing world population. Thus consideration low quality water resources such as wastewater to apply for agriculture purposes seems necessary.

In this investigation low quality wastewater is applied in lysimetric cultivating using soil profile as a biological filter. Industrial crop (soybean) plants were irrigated with raw wastewater of BOD_5 160 mg/L primarily. Then the resulting drainage water was collected and used to irrigate fodder (corn) plants and resulting drainage water was used for vegetable (parsley) plants.

The results suggested a significant decrease (about 99%) in wastewater pollution through this method. The most decreases occurred in first soil profile. The results also showed that size of seeds and total protean increased in comparison to control plants. Corn and soybean yield increased but parsley yield decreased comparing the control plants. Ultimately soil showed a good self-sustainability leading to decrease accumulated pollution after several months.

Finally it is concluded that differentially quality wastewater can be reuse to cultivar various crops using mentioned management strategy.