همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

اثرات کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در بهبود وضعیت بهره‌برداری از پساب فاضلاب شهری

پیام نجفی[۱]، سید فرهاد موسوی[۲] و محمدجواد عابدی[۳]

چکیده

رشد روزافزون جمعیت شهری، وجود حجم عظیمی از فاضلاب ناشی از مراکز جمعیتی و نگرانی‌های زیست محیطی از سویی و کمبود منابع آب شیرین از سوی دیگر، ضرورت بهره‌برداری مطلوب از پساب فاضلاب شهری را گوشزد می‌کند.

در ایران تاکنون در زمینه اثرات کاربرد پساب فاضلاب روی خاک و محصولات، تحقیقات پراکنده‌ای صورت گرفته است ولی مبحث مدیریت توزیع پساب در خاک و شیوه‌های بهره‌برداری از آن مورد توجه نبوده است. مدیریت صحیح وکاربرد روش‌های بهره‌برداری مطلوب می‌تواند بسیاری از نگرانی‌های زیست محیطی را کاهش دهد.

در این تحقیق، با توجه به کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان، سیستم آبیاری قطره‌ای به همراه فیلتراسیون متناسب طراحی گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهندهٔ بهبود وضعیت بهره‌برداری از فاضلاب تصفیه شده، خصوصاً در شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، است.

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان اصفهان
۲- استاد گروه آبیاری دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استاد گروه آبیاری و عضو هیئت دانشگاه آزاد اسلامی

مقدمه

در شرایطی که کشور به شدت از لحاظ کمبود منابع آب شیرین رنج می‌برد و در درازمدت مسئله بحران منابع آب به صورت یک مسئله جدی مطرح است، توجه به منابع غیر متعارف آب یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است.

از سوی دیگر، متمرکز شدن مراکز جمعیتی و صنعتی در نقاط مختلف، باعث شکل‌گیری حجم بالایی از پساب فاضلاب می‌گردد که عدم توجه به یافتن بهترین شیوه‌های دفع آن، مشکلات زیست محیطی زیادی را در اطراف این نقاط به همراه خواهد آورد. بررسی‌ها نشان داده است که بهترین شیوهٔ دفع پساب فاضلاب، پس از انجام مراحل قراردادی تصفیه، کاربرد آن در کشاورزی است (Pescod, 1992).

از آنجایی که پساب فاضلاب جزو منابع غیر متعارف آب محسوب می‌شود، کاربرد آن در کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که ضمن بهره‌گیری مطلوب از آن، مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را در خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیرزمینی به همراه نداشته باشد (Tanji, 1997). در این زمینه، Pescod (۱۹۹۲) مزایا و معایب کاربرد روش‌های مختلف آبیاری را در هنگام بهره‌برداری از پساب فاضلاب مورد مقایسه قرار داده و نتیجه گرفته است که روش آبیاری قطره‌ای تنها روشی است که مشکلات خاص ناشی از کاربرد پساب را مرتفع می‌نماید.

همچنین Oron و همکاران (۱۹۹۹) مزایای زیر را برای کاربرد روش قطره‌ای در هنگام بهره‌برداری از پساب فاضلاب ذکر می‌نماید:

- کاهش تبخیر
- کاهش رواناب سطحی
- کاهش نفوذ عمقی
- کنترل بهتر علف‌های هرز
- افزایش راندمان علف‌کش‌ها و در نتیجه کاهش آلودگی منابع خاک و آب
- کاهش آلودگی شاخ و برگ و محصول کشت شده
- کاهش تماس مستقیم عموم و کارگران با آب آلوده
- امکان طراحی در سطح ایستابی بالا، خاک سنگین و منطقهٔ پرشیب و بادخیز
- کنترل بهتر سیستم آبیاری
- بسته بودن مجاری انتقال پساب

علاوه بر آن، Lauver (۲۰۰۰) در تحقیقی موازنهٔ جرمی ناشی از آلودگی نیتراتی در اثر کاربرد پساب فاضلاب شهری در منطقهٔ آریزونا آمریکا را مورد مطالعه قرار داده و امکان آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی

را در اثر کاربرد بدون کنترل فاضلاب مذکور زیاد دانسته است. در حالی که Phene و Ruskin (۱۹۹۸) در تحقیق دیگری نشان داده‌اند که کاربرد روش‌های قطره‌ای و قطره‌ای زیرسطحی در زمینهٔ کنترل حرکت نیترات بسته به وضعیت خاک، آب و شرایط توسعهٔ ریشه گیاهان تحت آبیاری موفق بوده است.

Oron و همکاران (۱۹۹۲) با بکار بردن پساب فاضلاب در مزارع آزمایشی واقع در فلسطین اشغالی به این نتیجه رسیده‌اند که در مواقعی که از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود، آلودگی سطوح خاک و گیاه حداقل و زمانی که از سیستم بارانی استفاده می‌شود، مقدار آلودگی حداکثر خواهد بود. همچنین نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرزمینی مقدار نیتروژن در عمق ۳۰ الی ۶۰ سانتیمتری نسبت به آبیاری قطره سطحی کمتر بوده، و در نتیجه نیتروژن و فسفر وقتی که منبع آب نزدیک ریشه گیاه واقع شده باشد، بهتر جذب می‌شوند. در مقابل Korom و Jeppson (۱۹۹۴)، در یک مطالعهٔ موردی نشان می‌دهند که در هنگام استفاده از روش آبیاری سطحی با پساب فاضلاب، ۲۴ درصد از ازت کل موجود در پساب فاضلاب آبشویی و از دسترس گیاه خارج شده است.

در بررسی دیگری Oron و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که روش قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با روش قطره‌ای سطحی آلودگی‌های بیولوژیک کمتری را وارد محیط خاک سطحی نموده و در نتیجه نگرانی‌های ناشی از تماس مستقیم کارگران با خاک سطحی را کاهش می‌دهد. علاوه بر اینها، فیلتراسیون آبیاری قطره‌ای، در بهبود کیفیت آب آبیاری بسیار مؤثر است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که یک صافی با قطر مؤثر ۱۰۴ میلیمتر و با بار ۱۳/۸ $gal/ft^2/day$ می‌تواند ۹۶ درصد از BOD_5 را کاهش دهد (Venhuizen, 1996). همچنین بررسی‌های Piluk (۱۹۹۵) نشان می‌دهد که از میان دانه‌بندی‌های مختلف فیلترها، دامنهٔ بین ۱ تا ۶ میلیمتر با بار ۱۰-۶ $gal/ft^2/day$ می‌تواند بهترین تأثیر را در کاهش باکتری‌های شاخص موجود در پساب فاضلاب داشته باشد. این فیلتر با ضخامت ۲۴ تا ۳۶ اینچ، در کاهش ازت کل (TN) تا حدود ۷۵ درصد مؤثر بوده است. همچنین مؤسسهٔ Geoflow (۲۰۰۰) در شرایط BOD_5 کمتر از ۲۵ mg l فیلتر نواری ۱۰۰ میکرون را توصیه می‌نماید.

بررسی‌های مختلفی در زمینهٔ فاصلهٔ قطره‌چکان‌ها در هنگام استفاده از فاضلاب، انجام شده است که از جمله می‌توان به تحقیق Ruskin (۲۰۰۰) اشاره نمود. وی توصیه می‌کند که در شرایط خاک سنگین با سطح BOD_5 کمتر از ۲۰ mg/l و دبی ۴ $lit/h/ft^2$، یک قطره‌چکان مناسب است.

مواد و روش‌ها

تصفیه‌خانهٔ فاضلاب جنوب اصفهان در ضلع جنوب شرقی شهرستان اصفهان واقع است و فاضلاب جمعیتی بالغ بر ۸۰۰۰۰۰ نفر از شهر اصفهان را تصفیه و بخشی از پساب خروجی را به رودخانهٔ

زاینده‌رود تخلیه و بخش کوچکتری را برای آبیاری باغ‌ها و فضای سبز اطراف مصرف می‌نماید. این تصفیه‌خانه مجهز به روش تصفیه لجن فعال است و فرآیند تصفیه ثانویه در آن بطور کامل انجام می‌شود. به منظور اجرای تحقیق، در مجاورت تصفیه‌خانه مذکور، قطعه زمینی انتخاب گردید، به نحوی که پساب خروجی تصفیه‌خانه قابل دسترس باشد. ایستگاه پمپاژ آبیاری قطره‌ای طراحی و به شبکهٔ خروجی پساب فاضلاب متصل گردید. فیلتراسیون به ترتیب شامل فیلتر شنی و فیلتر توری بوده و فیلتر شنی در دو لایهٔ ریز و متوسط که لایهٔ فوقانی با قطر مؤثر ۰/۵ میلیمتر و به ضخامت ۶۰ سانتیمتر و لایه تحتانی با قطر مؤثر ۱ میلیمتر و به ضخامت ۳۰ سانتیمتر طراحی گردید. فیلتر توری نیز با توری فلزی ۱۰۰ میکرون، بعد از فیلتر شنی نصب گردید. حداکثر بار هیدرولیکی ۲/۵ $m^3/h/m^2$ فرض گردید. برای تزریق پساب به خاک تیمارهای زیر اعمال گردید:

تیمار ۱: آبیاری جوی و پشته با عرض پشتهٔ ۷۵ سانتیمتر با آب معمولی

تیمار ۲: آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب

تیمار ۳: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتیمتر با پساب فاضلاب

تیمار ٤: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۳۰ سانتیمتر با پساب فاضلاب

تیمار ۵: آبیاری جوی و پشته با عرض پشته ۷۵ سانتیمتر با پساب فاضلاب

پساب فاضلاب از طریق تیمارهای فوق به مزرعه طراحی شده که در آن گیاه گوجه‌فرنگی کشت گردیده بود، تزریق گردید. همچنین فاصله قطره‌چکان‌ها ۳۰ سانتیمتر در روی ردیف در نظر گرفته شد. طرح در یک دورهٔ سه ماهه از خرداد لغایت شهریور ۱۳۸۰ اجرا گردید.

نتایج و بحث

در طی مدت اجرای تحقیق از پساب فاضلاب قبل از فیلتراسیون و همچنین بعد از فیلتراسیون در محل قطره‌چکان‌ها نمونه‌برداری شد. میانگین برخی از پارامترهای اندازه‌گیری شده، در جدول ۱ نشان داده شده است. جدول ۱ نشان می‌دهد که مقادیر BOD_5 و TSS بعد از عبور از فیلتر به کمتر از ۲۵ mg/l رسیده است. همچنین فیلتراسیون حدود ۸۱ درصد از ازت کل و بیش از ۹۰ درصد از شاخص‌های بیولوژیک پساب را کاهش داده است.

جدول (۱)- مقایسهٔ میانگین برخی از پارامترهای کیفی پساب قبل و بعد از فیلتراسیون سیستم آبیاری قطره‌ای و بازده حذف فیلتر

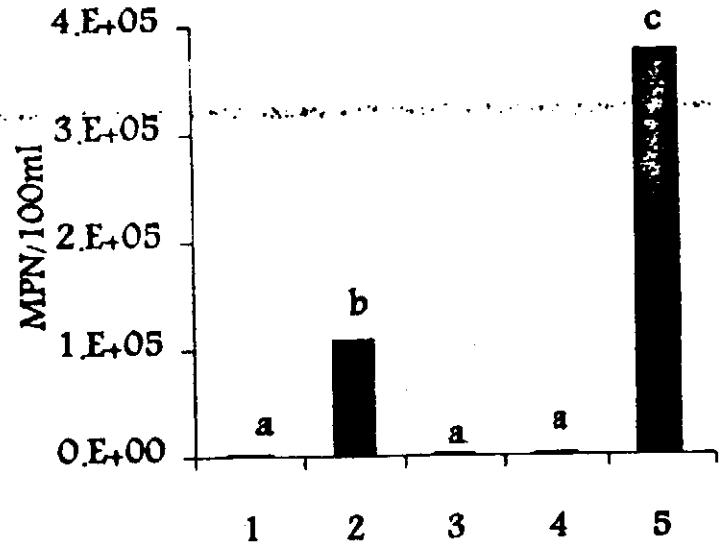
پارامتر	واحد	قبل از صافی	بعد از صافی	بازده حذف برحسب درصد
BOD5	mg/l	۳٤/٤	۱۷/۱۵	۵۰/۱
تعداد کل باکتری‌ها	N/ml	$۸/٦ \times ۱۰^{٦}$	$۹/۳ \times ۱۰^{۱}$	۹۸/۹۲
تعداد کل کلیفرم	MPN/100ml	$٤/٦ \times ۱۰^{٦}$	$۱/۱ \times ۱۰^{۵}$	۹۷/٦۱
کلیفرم مدفوعی	MPN/100ml	$۳/٤ \times ۱۰^{٤}$	$۲/۳ \times ۱۰^{۳}$	۹۳/۲٤
تعداد تخم انگل	N/L	۳/۵	۱/۵	۵۷/۱٤
TN	mg/l	۳۳/۹	٦/٤	۸۱
NO_3	mg/l	۱/۲۸	۰/٦۱	۵۲
NH_4	mg/l	۲۹/۱٦	٤/٦۲	۸٤
TSS	mg/l	٤۳/۷	۲٤/۲۵	٤٤

علاوه بر آن، بلافاصله بعد از آبیاری در چندین نوبت از خاک سطحی نمونه‌برداری شده و مقادیر کل کلیفرم و کلیفرم‌های مدفوعی سطح خاک اندازه‌گیری شد. براساس آزمون دانکن، نتایج حاصل از مقایسهٔ مقادیر این پارامترها در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که تیمار ۵ آلوده‌ترین شرایط را داشته، در حالی که بین تیمارهای ۱، ۳ و ٤ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل‌های ۱ و ۲).

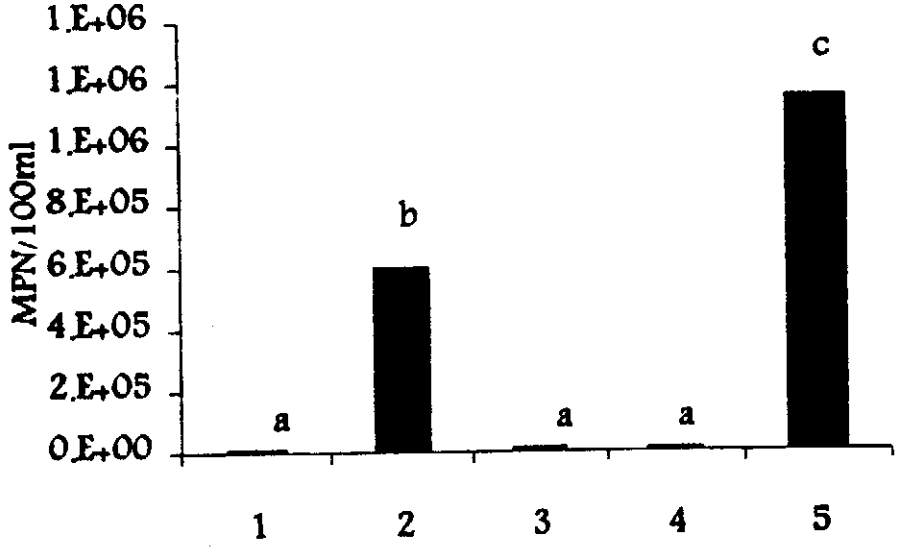
همچنین، پس از پایان اجرای طرح، از محصول گوجه‌فرنگی نمونه‌برداری شد و تعداد تخم انگل و مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی اندازه‌گیری گردید. شکل‌های ۳ و ٤ میانگین نتایج این آزمایش را نشان می‌دهد. براساس شکل ۳، بیشتر مقدار تخم انگل در تیمار ۵ مشاهده شد در حالی که تعداد تخم انگل، در تیمارهای ۱، ٤ و ۳ به ترتیب کم شده و بین آنها اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن مشاهده نشده است. همچنین همین روند در مورد مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی مشاهده می‌شود (شکل ٤).

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

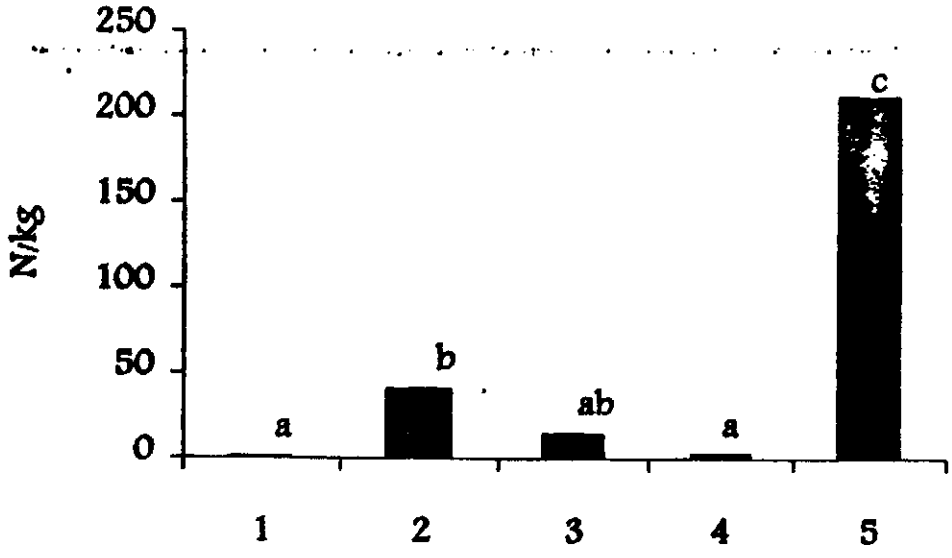
بهترین شیوه دفع پساب فاضلاب پس از انجام مراحل تصفیه، کاربرد آن در کشاورزی است. ولی به لحاظ شرایط خاص پساب فاضلاب تصفیه شدهٔ شهری، به منظور حفظ شرایط زیست محیطی، مدیریت خاص بهره‌برداری از پساب حائز اهمیت زیادی است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فیلتراسیون روش آبیاری قطره‌ای در بهبود کیفیت پساب مورد استفاده در آبیاری محصولات نقش مؤثری دارد به طوری که در شرایط این تحقیق، بازده حذف شاخص‌های بیولوژیک بیش از ۹۰ درصد بوده و همچنین میزان مواد معلق و BOD_5 به حدود نصف کاهش یافته است.



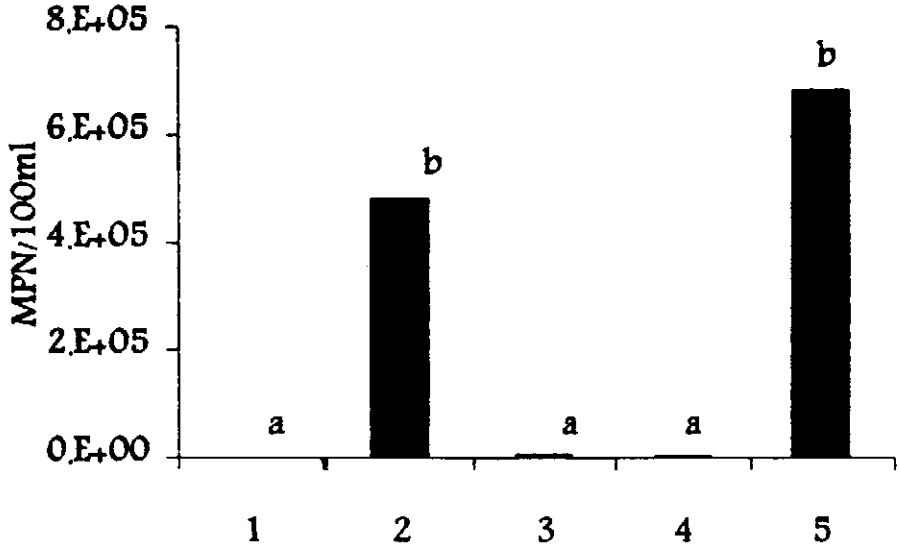
شکل (۱)- مقایسه مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی بلافاصله بعد از آبیاری در خاک سطحی تیمارهای مختلف



شکل (۲)- مقایسه مقادیر کل کلیفرم بلافاصله بعد از آبیاری در تیمارهای مختلف



شکل (۳)- مقایسه مقدار تخم انگل در تیمارهای مختلف گوجه‌فرنگی برحسب N/kg



شکل (٤)- مقایسه مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی در تیمارهای مختلف گوجه‌فرنگی

همچنین بررسی‌های این تحقیق نشان داد که از میان تیمارهای مختلف، در آبیاری غرقابی با پساب فاضلاب، خاک سطحی و محصول آلوده‌ترین شرایط را داشته در حالی که در شرایط استفاده از روش قطره‌ای زیرسطحی، آلودگی‌های خاک سطحی و محصول اختلاف معنی‌داری با شرایط استفاده از آب معمولی را نشان نمی‌دهند. بر این اساس، استفاده از روش آبیاری قطره‌ای، خصوصاً روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در شرایط بهره‌برداری مجدد از پساب فاضلاب تصفیه شده شهری توصیه می‌شود.

منابع

1- Geoflow, Inc. 2000. Design, installation and maintenance manual of small systems. Available on internet, (www. Geoflow. Com).

2- Korom. S. F. and R. W. Jeppson. 1994. Nutrient leaching from alfalfa irrigation with municipal wastewater. ASCE. J. Environ. Eng. 120 (5): 1067 – 1081.

3- Lauver. L. 2000. Nitrogen mass balance for municipal wastewater. Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management. 4(1): 36 – 38.

4- Oron. G. Demalach. Y.. Hoffman. Z.. and Y. Manor. 1992. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. Water Sci. Tech. 26 (7/8): 1593 – 1601.

5- Oron. G.. Campos, C.. Gillerman, L. and M. Salgot. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural Water Management. No. 38. pp. 223 – 234.

6- Pescod. M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO. Irrigation and Drainage Paper. No. 47. 113 P.

7- Phene. C. J. and R. Ruskin. 1998. Nitrate management of wastewater with subsurface drip irrigation. Geoflow Inc. Available on internet. (www. Geoflow. com).

8- Piluk. R. J. 1995. Small recirculating sand filters for individual homes. Proc. of Seventh National Symposium on Individual and Small Community Sewage. October. 1995. NC State University. Available in internet. (Plymouth. ces. stat. ns. us).

9- Ruskin. R. 2000. Wastewater disposal and wastewater reuse. Available in internet, (www. geocities. com).

10- Tanji. K. K. 1997. Irrigation with marginal quality waters. ASCE. J. of Irrig. and Drain. Eng.. 123 (3): 165 – 169.

11- Venhuizen. D. 1996. Intermitten sand filters. Available in Internet. (www. emro. who. int).