

## بررسی کیفیت باکتریایی خاک و محصول کشاورزی آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده شهری

افسانه عالی نژادیان<sup>۱</sup>، احمد کریمی<sup>۲</sup>، جهانگرد محمدی<sup>۳</sup>، فرزانه نیکوخواه<sup>۴</sup>، ماتياس نیومن اندرسن<sup>۵</sup>

دریافت: ۹۱/۰۱/۲۸ پذیرش: ۹۱/۰۴/۲۰

### چکیده

**زمینه و هدف:** استفاده از فاضلاب در بخش کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک که با کمبود آب روبرو هستند مهم است. هر چند که کاربرد فاضلاب در کشاورزی بسته به خصوصیات آن می‌تواند مفید یا زیان‌آور باشد. بنابراین هدف این مقاله بررسی کیفیت باکتریایی خاک و محصول تحت آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بود.

**روش بررسی:** برای بررسی میکروبی در این تحقیق، طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با ۲ تیمار شامل آبیاری با آب چاه با کود ( $W_1$ ) و آبیاری با پساب ( $W_2$ ) و در ۳ تکرار برای کشت ذرت علوفه‌ای در مزرعه تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شهرکرد به مدت ۳ ماه در تابستان ۱۳۹۰ اجرا گردید.

**یافته‌ها:** در انتهای فصل رشد برای بررسی کیفیت باکتریولوژیکی، نمونه‌های خاک از عمق ۵-۱۵ و ۰-۵ سانتی‌متری خاک و نمونه‌های گیاهی شامل برگ قدیمی، برگ جدید و دانه گیاه جمع‌آوری شدند. تعداد باکتری‌های لاکتوز مثبت، کلی‌فرم کل و مدفوعی خاک تحت تیمار فاضلاب، در عمق ۰-۵ سانتی‌متری نسبت به عمق ۵-۱۵ سانتی‌متری حدود ۴۲٪ بیشتر بودند. در برگ قدیمی تعداد کلی‌فرم کل  $88 \text{ MPN}/100 \text{ mL}$  و کلی‌فرم مدفوعی  $40 \text{ MPN}/100 \text{ mL}$  و در برگ جدید تعداد کلی‌فرم کل  $38 \text{ MPN}/100 \text{ mL}$  و کلی‌فرم مدفوعی  $2 \text{ MPN}/100 \text{ mL}$  شمارش گردید. **نتیجه‌گیری:** بطور کلی نتایج نشان داد که با گذشت زمان روزانه تعداد باکتری‌های شاخص آلودگی در خاک به مقدار ۳۵٪ کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی: فاضلاب تصفیه شده، آلودگی خاک، ذرت علوفه‌ای، کلی‌فرم کل، کلی‌فرم مدفوعی

## مقدمه

کامبود آب و از دست رفتن خاک در مناطق خشک و نیمه خشک دو عامل مهم محیط‌زیستی به‌شمار می‌آیند به همین دلیل یافتن راهکارها برای حفظ خاک و آب ضروری هستند. به دلیل رشد بی‌رویه جمعیت و کاهش منابع آب، بازیابی و استفاده از فاضلاب شهری در سال‌های اخیر به خصوص در کشورهای خشک و نیمه خشک در حال افزایش است (۱). از بین منابع مختلف پساب‌ها و منابع برگشتی، فاضلاب‌های خانگی به خاطر حجم زیاد و کیفیت مناسب‌تر بعد از طی مراحل تصفیه برای مصارف کشاورزی از اولویت بیشتری برخوردار است. از آنجایی که پساب فاضلاب جزو منابع غیرمتعارف آب محسوب می‌شود کاربرد آن در کشاورزی نیازمند مدیریتی خاص است که ضمن بهره‌گیری مطلوب از آن، مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی را در خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیرزمینی به همراه نداشته باشد (۲). جهت کاربرد پساب‌ها باید از استانداردهای ارائه شده مربوط به دفع فاضلاب‌ها که در برگرفته اکثر پارامترهای کیفی اعم از فیزیکی، شیمیایی، میکروبیولوژیکی و فلزات سنگین هستند استفاده نمود که در این بین، استاندارد ارائه شده از طرف سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور در سال ۱۳۷۷ با توجه به جامع‌نگری، بیشتر مورد توجه بوده است. استانداردهای خارجی به عنوان بستر و پایه‌ای برای تکمیل استانداردها و ضوابط داخلی در مصارف مختلف از پساب‌ها محسوب می‌شود (۳).

در تعیین کیفیت میکروبیولوژیکی فاضلاب تصفیه شده، معمولاً شاخص‌های آلودگی مدفوعی از قبیل کلی‌فرم‌ها و انتروکوکوکوس‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. انتخاب این میکروارگانیسم‌ها به دلیل سرعت و سهولت جداسازی و شناسایی آنها است که شناسایی نمودن این میکروارگانیسم‌ها اطلاعاتی را راجع به وجود و رفتار عوامل بیماری‌زای اصلی در فاضلاب فراهم می‌کند (۴ و ۵). Oron و همکاران (۱۹۹۹) (۶) نشان دادند که روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در مقایسه با روش قطره‌ای سطحی آلودگی بیولوژیکی کمتری را وارد محیط خاک سطحی نموده و در نتیجه نگرانی‌های ناشی از تماس مستقیم کارگران با خاک سطحی آلوده را کاهش می‌دهد. در بررسی دیگری Weinberg و همکاران

(۲۰۰۴) (۷) در پژوهشی بهداشتی و سلامت را در علوفه‌هایی که با پساب شهری آبیاری می‌شدند مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که در میان ۴۱ نمونه تنها در ۲ نمونه باکتری اشرشیاکلی و سالمونلا وجود داشت. Aiello و همکاران (۲۰۰۷) (۸) دریافتند که تجمع خیلی کمی از اشرشیاکلی روی میوه‌های گوجه فرنگی آبیاری شده با فاضلاب با غلظت  $40 \text{ MPN}/100 \text{ mL}$  برای ۸۰٪ از نمونه‌های مورد بررسی بدست آمد و نمونه‌های کمی (حدود ۱۰٪) غلظت بالاتر اشرشیاکلی را در حدود  $5 \times 10^2 \text{ MPN}/100 \text{ mL}$  نشان دادند. Karanja و همکاران (۲۰۱۰) (۹) در مطالعه‌ای جهت بررسی تأثیر آبیاری با پساب شهری در دو منطقه کبیرا و میلی‌سابا واقع در نایروبی، نوع و میزان فلزات سنگین آلاینده در پساب و بار بیماری‌زای آن در انسان و محصولات کشاورزی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که فلزات کادمیوم، کروم و سرب تجمع یافته در گیاهان از حد مجاز بیشتر بود. تعداد کلی‌فرم در پساب  $10^{11} \text{ MPN}/100 \text{ mL} \pm 2/2 \times 10^4 \times 4/8$  بود. تخم انگل و لارو غیرانگل موجود در هر کیلوگرم خاک‌های آبیاری شده با این آب به ترتیب  $54/62$  و  $27/5$  شمارش گردید، در حالی که هیچ‌گونه تخم انگلی در سبزی‌ها مشاهده نگردید. Erfani و همکاران (۱۳۸۱) (۱۰) در تحقیق خود نشان دادند که شمار کلی ریز جانداران و باکتری‌های نوع کلی‌فرم در تیمارهایی که با پساب فاضلاب و تناوب پساب و آب معمولی آبیاری شده بودند در لایه ۵-۰ سانتی‌متری خاک افزایش معنی‌داری داشتند. Najafi و همکاران (۱۳۸۲) (۱۱) در تحقیقات خود نشان دادند که آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متری با پساب فاضلاب برای گوجه‌فرنگی و آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب برای سیب‌زمینی کمترین آلودگی میکروبی را نسبت به آبیاری جوی-پشته‌ای داشتند. در مورد افزایش عملکرد محصولات آبیاری شده با پساب به دلیل عناصر غذایی موجود در آن (۱۰ و ۱۱) و همچنین بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند تخلخل و نفوذپذیری خاک مطالعات زیادی صورت گرفته است (Delibacak و همکاران (۲۰۰۹) (۱۲)، اما همزمان مطالعات کمی از آلودگی بوجود آمده توسط میکروارگانیسم‌ها روی خاک یا گیاهان در

زمان نمونه برداری و قبل از آبیاری،  $\rho_b$  جرم مخصوص ظاهری خاک ( $\text{g/cm}^3$ )،  $D$  عمق توسعه ریشه بر حسب سانتی متر و قابل اندازه گیری با خطکش در گودال حفر شده در حاشیه کرت و  $d_n$  عمق خالص آب آبیاری بر حسب سانتی متر است. با توجه به سطح کرت ( $18/75\text{m}^2$ ) حجم آب مورد نیاز در هر دور آبیاری بر حسب لیتر به دست آمد. هر هفت روز یکبار از شیر آب مربوط به آب چاه و پساب خروجی تصفیه خانه که با پمپ الکترو موتور از کانال خروجی کشیده می شد، آب آبیاری با سیستم لوله کشی بسته تا سر کرت ها انتقال و حجم مشخص آب با کنتور حجمی متصل به شیلنگ های انتقال آب در هر کرت به صورت سطحی و یکنواخت توزیع گردید. برای بررسی میکروبی در این تحقیق، طرح آماری بلوک های کامل تصادفی با دو تیمار شامل آبیاری با آب چاه با کود ( $W_1$ ) و آبیاری با پساب ( $W_2$ ) در ۳ بار تکرار اجرا گردید.

قبل از انجام آزمایشات مزرعه ای نمونه های مرکب خاک از اعماق ۰-۳۰ سانتی متری خاک از هر بلوک (تکرار) جمع آوری، در معرض هوا خشک و پس از کوبیده شدن با چکش پلاستیکی از الک ۲ mm عبور داده شدند و برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی مانند اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک (Electrical Conductivity=EC) (در سوسپانسیون ۱:۵ خاک به آب) به ترتیب با pH متر دیجیتال (۷۴۴، Metrohm) و EC متر دیجیتال (Sension7 HACH)، کربنات کلسیم معادل با روش خشتی کردن کربنات کلسیم با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود، مواد آلی خاک توسط اکسیداسیون تر، ازت کل خاک با روش کجلدال و با دستگاه کجلدال مدل Behr labor-Technik، فسفر قابل جذب به روش اولسن و با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Cintra ۵، پتاسیم قابل جذب با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر Corning مدل ۴۱۰ و بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه گیری شدند (۱۴). نتایج برخی پارامترهای شیمیایی و فیزیکی در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین در پساب و آب چاه برخی از پارامترها قبل از هر آبیاری به صورت هفتگی اندازه گیری و در جدول ۲ ارائه شده اند. اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (Biochemical Oxygen Demand) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (Chemical Oxygen Demand) پساب به ترتیب با BOD

معرض استفاده از فاضلاب برای آبیاری صورت گرفته است و علاوه بر این اطلاعات اندکی از تجمع میکروارگانیسم های بیماری زا در اعماق مختلف در خاک بعد از آبیاری محصولات کشاورزی با پساب در طول فصل رشد موجود است (۱۳) لذا این پژوهش با هدف تعیین اثرات فاضلاب تصفیه شده در مقایسه با آب معمولی کشاورزی در آبیاری ذرت علوفه ای بر ارزیابی باکتریایی خاک، گیاه، بقا و تجمع باکتری ها با منشأ مدفوعی در مزرعه تصفیه خانه فاضلاب شهری شهرکرد اجرا گردید.

### مواد و روش ها

در دهه اول خرداد ماه ۱۳۹۰ زمینی به مساحت حدود  $3000\text{m}^2$  در مجاور کانال پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهری شهرکرد که تا به حال توسط پساب آبیاری نشده بود، انتخاب گردید و پس از آماده سازی زمین مورد نظر، عملیات کاشت ذرت علوفه ای رقم ZP ۶۷۷ به وسیله کارگر و بصورت خطی صورت گرفت. مقدار آب مورد نیاز ذرت با استفاده از تخلیه رطوبتی خاک محاسبه گردید به این صورت که یک روز قبل از هر آبیاری توسط اوگر ماریچی (وسیله نمونه برداری از عمق خاک) در منطقه عمق توسعه ریشه\* نمونه خاک برداشته و به مدت ۲۴ h در گرمخانه در دمای  $10.5^\circ\text{C}$  گذاشته شد و بعد از

$$\theta_m = (M_w - M_s) / M_s \quad (1)$$

این مدت رطوبت وزنی خاک از فرمول روبرو بدست آمد. که  $M_w$  جرم خاک مرطوب،  $M_s$  جرم خاک خشک بعد از ۲۴ h در دمای  $10.5^\circ\text{C}$  و  $\theta_m$  رطوبت جرمی است و بعد از به دست آوردن رطوبت جرمی خاک با استفاده از معادله زیر مقدار آب مورد نیاز برای هر دور آبیاری محاسبه گردید.

$$d_n = \frac{(\theta_{FC} - \theta_i)}{100} \times \rho_b \times D \quad (2)$$

که در آن  $\theta_{FC}$  (Field Capacity=FC) درصد وزنی رطوبت در ظرفیت زراعی (رطوبت مطلوب برای جذب گیاه که در مکش یک سوم اتمسفر با دستگاه صفحه فشاری قابل اندازه گیری است)،  $\theta_i$  درصد رطوبت وزنی موجود در خاک در

۱۰ از خاک از اعماق ۵-۱۵ و ۰-۵ سانتی متری خاک مربوطه برداشته و در ظروف و بطری‌های شیشه‌ای استریل جمع‌آوری و در ظرف حاوی یخ در دمای حدود  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری شدند و سریعاً جهت تجزیه میکروبی مورد استفاده قرار گرفتند. نمونه‌های برداشته شده با استفاده از همزن مغناطیسی استریل برای ۳۰ min در ۹۰ mL آب مقطر استریل پراکنده شدند. روش اندازه‌گیری کلی فرم کل و کلی فرم مدفوعی در نمونه‌های خاک نیز مانند نمونه پساب با روش MPN بود و باید خاطر نشان کرد که جهت اندازه‌گیری کلی باکتری‌ها در خاک، رقیق‌سازی صورت گرفت و درجه رقت برای نتایج نهایی در نظر گرفته شد (۱۵ و ۱۶).

در انتهای فصل رشد همچنین در یک آزمایش فرعی جهت ارزیابی شدت کاهش در تعداد میکروارگانیسم‌ها با گذشت زمان بعد از آبیاری با فاضلاب تصفیه شده، نمونه‌های خاک در تیمار  $W_p$  (تیمار پساب) در ۳ تکرار بعد از ۲، ۴، ۲۴، ۴۴، ۶۸ و ۹۲ از کاربرد فاضلاب تصفیه شده از عمق ۱۵-۵ سانتی متری خاک جمع‌آوری شدند. باکتری‌های کلی فرم کل و کلی فرم مدفوعی در نمونه‌های خاک مشابه آنچه که در قسمت قبلی برای دو عمق ۵-۱۵ و ۰-۵ سانتی متری شرح داده شد مورد تجزیه و شمارش قرار گرفتند (۱۵ و ۱۶).

#### تجزیه گیاه

برای تجزیه باکتریایی برگ و دانه گیاه، در انتهای فصل رشد و ۲۴ h پس از اتمام آبیاری نهایی کرت‌ها، با رها کردن ردیف‌های کناری هر کرت به عنوان ردیف‌های حاشیه‌ای، به صورت تصادفی از وسط کرت بوته‌هایی انتخاب گردید و سطح برگ‌های قدیمی (پایین بوته و نزدیک به سطح زمین)، برگ‌های جدید (بالای بوته و دورتر از سطح زمین) و دانه ذرت بوته‌های موجود در سه تکرار با آب استریل شسته و محلول حاصل از شستشو در ظرف استریل جمع‌آوری گردید و باکتری‌های آن با روش MPN شمارش شدند (۱۵ و ۸).

#### تجزیه آماری

تیمارهای مورد آزمایش (آب چاه و پساب) با استفاده از نرم افزار SAS V8 بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. میانگین‌ها با استفاده از آزمون (Least Significant Difference= LSD) در سطح

متر (OxiDirect)، COD متر (DRB ۲۰۰ Digestion)، هدایت الکتریکی، pH، فسفر و پتاسیم پساب نیز با همان دستگاه‌های ذکر شده برای اندازه‌گیری این پارامترها در خاک، آهن و منگنز با دستگاه جذب اتمی مدل GBC Plus Atomic Absorption Spectrometer ۹۳۲، کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون و نیتريت و نترات با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Cintra ۵ سنجش شدند (۱۵).

#### تجزیه باکتریولوژیکی نمونه‌های فاضلاب تصفیه شده

نمونه‌های آب چاه (از شیر آب در نزدیکی مزرعه آزمایش که آب چاه پمپ شده را به سطح زمین می‌آورد) و فاضلاب تصفیه شده ثانویه از کانال خروجی (بدون کلر زنی)، در بطری‌های شیشه‌ای استریل جمع‌آوری و در  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری شدند و سریعاً جهت تجزیه میکروبی مورد استفاده قرار گرفتند. کیفیت باکتریایی پساب به روش بیشترین شمارش احتمالی (Most Probability Number=MPN) تعیین گردیدند. جهت تعیین باکتری‌های لاکتوز مثبت در نمونه پساب از محیط کشت لاکتوز براث با رقت‌های ضعیف و قوی استفاده شد. پس از تلقیح، لوله‌ها به مدت ۴۸-۲۴ h در  $37^{\circ}\text{C}$  قرار گرفتند. تولید گاز در این لوله‌ها احتمال وجود باکتری‌های لاکتوز مثبت را نشان داد. پس از این مرحله از محیط کشت برلیانت گرین بایل براث (Brilliant Green Bile Broth=BGBB) جهت تشخیص باکتری‌های کلی فرم استفاده شد به این ترتیب که یک تا دو قطره از هر لوله لاکتوز براث مثبت به محیط کشت برلیانت گرین بایل براث اضافه گردید و به مدت ۴۸ h در دمای  $35 \pm 0/5^{\circ}\text{C}$  قرار داده شد. ایجاد گاز در لوله‌های دورهام محیط کشت برلیانت گرین، به منزله مثبت بودن آزمایش و تأیید مراحل قبلی بود. بعد از این مرحله از محیط پیتون واتر و تست اندول جهت تعیین باکتری‌های کلی فرم مدفوعی استفاده و سپس تعداد باکتری‌ها با استفاده از جدول MPN تعیین شدند (۱۵).

#### تجزیه باکتریولوژیکی خاک

در انتهای فصل رشد و یک روز بعد از اتمام آخرین مرحله آبیاری از وسط کرت‌های آبیاری شده با پساب و آب معمولی (آب چاه) با استفاده از قاشق فلزی استریل ۰/۵ cm از خاک سطحی کنار زده شد و بلافاصله با اسپیتول استریل دیگری، g

محیطزیست ایران از جنبه کاربرد آن در کشاورزی همخوانی داشت (۱۷) و مشخص گردید که شوری پساب در حدی نبود که باعث افزایش شوری، جرم مخصوص ظاهری خاک و کاهش پایداری خاکدانه گردد و در نهایت سامانه جذب آب توسط گیاه را تغییر دهد و کاهش محصول را به دنبال داشته باشد. نیتروژن عمدتاً بصورت نیتروژن نیتراتی بود که بیان کننده اکسیداسیون کامل و نیتریفیکاسیون در طول فرآیند تصفیه بود. فسفر نیز با غلظت نسبتاً پایینی در پساب وجود داشت. مقادیر کلی فرم‌های کل و مدفوعی در فاضلاب تصفیه شده به ترتیب  $17 \times 10^4$  و  $11 \times 10^4$  MPN/100mL بود که از حد مجاز برای استفاده در کشاورزی بالاتر بود. BOD و COD در فاضلاب تصفیه شده پایین بود که نشانگر اکسیداسیون کامل پساب و کارایی بالای تصفیه در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرکرد بود.

۵٪ مقایسه شدند. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel و در نمودارها از حروف، برای مشخص نمودن تفاوت بین میانگین‌ها استفاده گردید.

#### یافته‌ها

خاک منطقه مورد آزمایش، از نظر بافت، رسی، قلیایی، شدیداً آهکی و حاوی مقادیر کم نیتروژن، پتاسیم، فسفر، شوری و ماده آلی بود (جدول ۱). رطوبت ظرفیت زراعی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به ترتیب ۲۷٪ و  $26/8 \text{ meq}/100 \text{ g soil}$  بدست آمد. همچنین با توجه به میانگین برخی از پارامترهای پساب و آب چاه (جدول ۲) مشاهده می‌شود که کیفیت شیمیایی پساب خروجی تصفیه‌خانه با استانداردهای سازمان حفاظت

جدول ۱: برخی از مشخصات اصلی خاک منطقه مورد مطالعه

عمق خاک (cm)	pH	درصد مواد آلی	هدایت الکتریکی (dS/m)	درصد کربنات کلسیم معادل	نیتروژن (%)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	بافت خاک
۰-۳۰	۸/۴۶	۰/۹۵	۰/۲	۵۰/۱۹	۰/۰۸۸	۸/۶	۲۰۸	رسی

جدول ۲: شاخص های کیفیت آب چاه و پساب شهری تصفیه خانه شهرکرد در تابستان ۱۳۹۰ و مقایسه آنها با استانداردهای توصیه شده توسط سازمان حفاظت محیطزیست

معیار اندازه گیری شده	آب چاه	انحراف معیار آب چاه	پساب	انحراف معیار پساب	مرز استاندارد آلوده کننده‌ها در پساب برای مصارف کشاورزی
pH	۷/۳۰	۰/۱۹	۷/۸	۰/۱۹۸	۶-۸/۵
هدایت الکتریکی (dS/m)	۰/۷۹	۰/۰۳	۰/۷۷	۰/۰۴۱	۲/۹۷
کلسیم (mg/L)	۶۱/۷۵	۴/۹۶	۴۱/۳۲	۹/۵۵	-
منیزیم (mg/L)	۶/۳۱	۰/۱۰۶	۲۴/۲۴	۲/۶۴	۱۰۰
نیتروژن نیتراتی (mg/L)	۳۰/۶۲	۱/۱۲	۳۵/۹۸	۵/۰۳	۵۰
نیتروژن نیتریتی (mg/L)	۰/۰۲۱	۰/۰۰۳	۱/۲۲	۰/۴۲	-
فسفر فسفاتتی (mg/L)	۰/۱۵	۰/۰۱۴	۱۴/۷۶	۱/۲۸۶	۶
پتاسیم (mg/L)	۰/۹۷	۰/۰۶۲	۲۴/۸۰	۴/۰۶۱	-
منگنز (mg/L)	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۱
آهن (mg/L)	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱	۰/۰۲۸	۰/۰۱	۳
BOD (mg/L)	-	-	۸/۵	۱/۱۳	۱۰۰
COD (mg/L)	-	-	۳۲/۱۶	۵/۰۴	۲۰۰
کلی فرم کل (MPN/100mL) Total Coliform	-	-	۱۷۰۰۰۰	-	۱۰۰۰
کلی فرم مدفوعی (MPN/100mL) Fecal Coliform	-	-	۱۱۰۰۰۰	-	۴۰۰

\*مقادیر کلی فرم کل و مدفوعی تنها در انتهای فصل رشد و با ۳ تکرار شمارش گردیدند.

### بررسی باکتریولوژیکی خاک و گیاه خاک

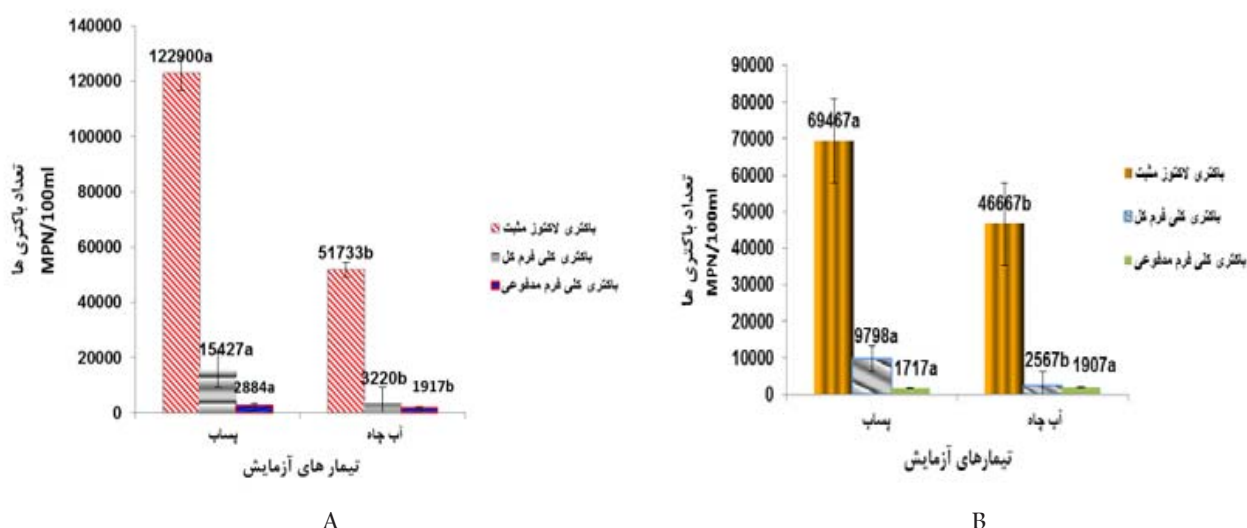
نتایج آزمایشات باکتریایی خاک و تجزیه آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵٪ نشان داد که استفاده از فاضلاب تصفیه شده در مقایسه با آب چاه به ترتیب باعث افزایش کلی فرم کل (TC) و کلی فرم مدفوعی (FC) به میزان ۷۹/۱۲ و ۳۳/۵۲٪ در عمق ۰-۵ و ۷۳/۸۰ و ۹/۹۶ درصد در عمق ۵-۱۵ سانتی متری خاک گردید (جدول ۳ و شکل ۱).

Al-Saed در پژوهش خود (۲۰۰۷) (۱۸) بیان نمود که حتی زمانی که BOD به مقادیر پایین کاهش می‌یابد فاضلاب تصفیه شده ممکن است هنوز محتوی مقادیر بالای باکتری‌های بیماری‌زا، پروتوزوا، و تخم انگل باشند که با توجه به دستورالعمل بهداشت جهانی، برای آبیاری محدود قابل پذیرش است و در این تحقیق نیز با توجه به مقدار پایین BOD مقدار میانگین باکتری‌ها بالا بود.

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس (F) اثر نوع آب بر تعداد باکتری در دو عمق ۰-۵ و ۵-۱۵ سانتی متری خاک

عمق ۵-۱۵ سانتی متری خاک			عمق ۰-۵ سانتی متری خاک			منابع تغییر
کلی فرم مدفوعی	کلی فرم کل	باکتری لاکتوز مثبت	کلی فرم مدفوعی	کلی فرم کل	باکتری لاکتوز مثبت	
۰/۸۶ <sup>NS</sup>	۲/۷۳ <sup>NS</sup>	۲/۱۳ <sup>NS</sup>	۳/۸۱ <sup>NS</sup>	۲/۲۲ <sup>NS</sup>	۰/۷۵ <sup>NS</sup>	۲ تکرار
۰/۷۷ <sup>NS</sup>	۲۷۶۳۰ <sup>**</sup>	۹۲/۴۴ <sup>**</sup>	۲۵/۲۹ <sup>**</sup>	۴۹۹/۶۶ <sup>**</sup>	۲۴۰/۸۲ <sup>**</sup>	۱ تیمار (نوع آب)
						۲ خطا

NS و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۱ درصد هستند.

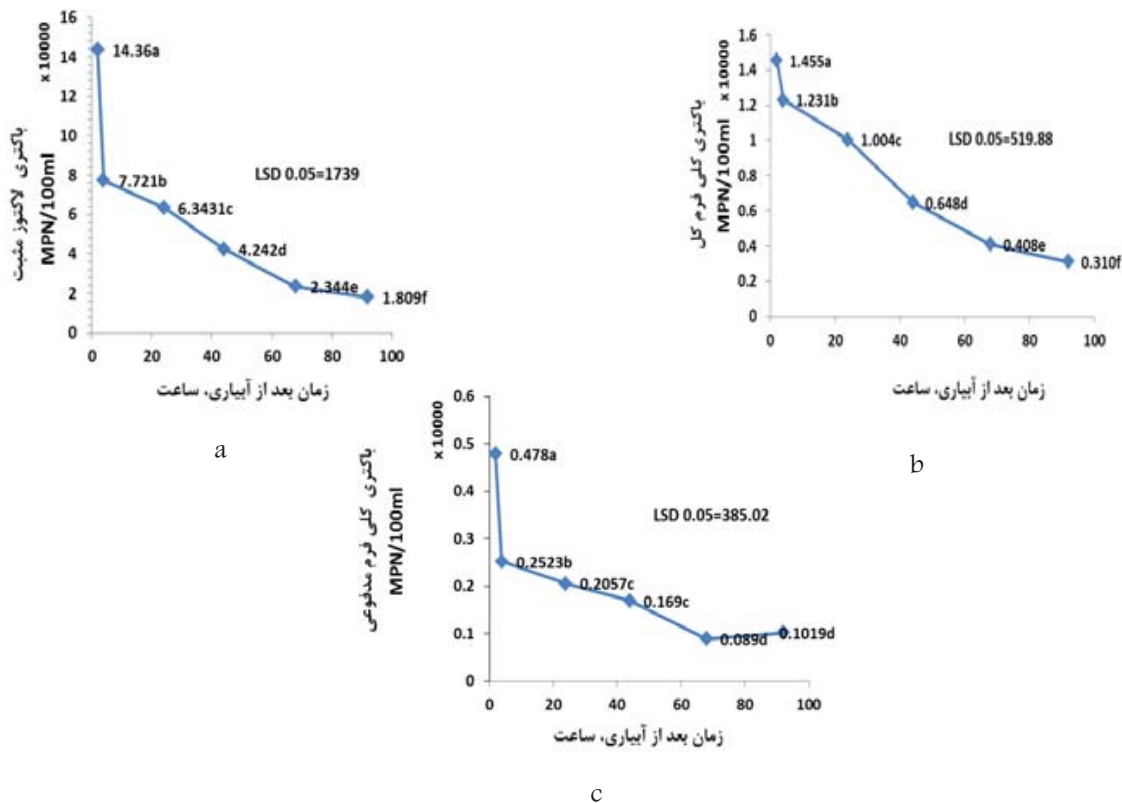


شکل ۱: باکتری لاکتوز مثبت، کلی فرم کل و مدفوعی در ۲ عمق خاک ۰-۵ (A) و ۵-۱۵ (B) بعد از آبیاری با پساب و آب چاه

جدول ۴: نتایج تجزیه واریانس (F) تعداد باکتری‌های لاکتوز مثبت، کلی فرم کل و مدفوعی با گذشت زمان

منابع تغییر	درجه آزادی	باکتری لاکتوز مثبت	باکتری کلی فرم کل	باکتری کلی فرم مدفوعی
تکرار	۲	۶/۲۰**	۶/۸۰**	۱/۹۹ <sup>ns</sup>
تیمار (زمان)	۵	۷۰۴۳/۲۰**	۷۹۲/۴۳**	۱۳۵/۸۶**
خطا	۱۰			

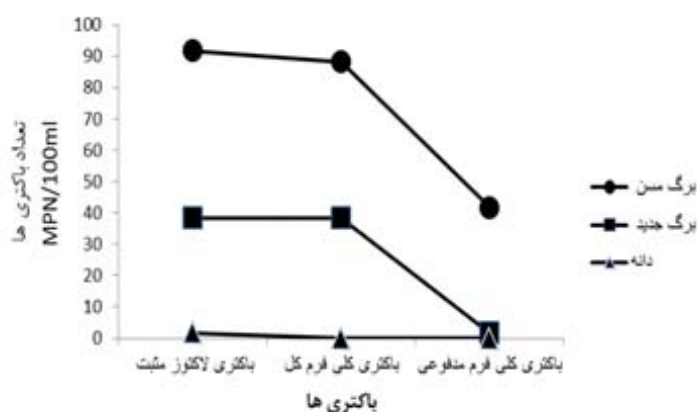
ns و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۱ درصد هستند.



شکل ۲: کاهش در تعداد باکتری‌های لاکتوز مثبت (a)، کلی فرم کل (b) و کلی فرم مدفوعی (c) در خاک با زمان پس از کاربرد پساب به خاک (LSD حداقل اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است)

در آزمایش فرعی انجام شده بعد از ۲۴ h کل تعداد باکتری‌های لاکتوز مثبت حدود  $6 \times 10^4$ ، کلی فرم‌های کل حدود  $10^4$  و کلی فرم‌های مدفوعی حدود  $2 \times 10^3$  MPN/100mL به دست آمد. این کاهش باکتری‌ها بعد از ۲۴ h می‌تواند به علت جذب باکتری‌ها به ذرات کلوییدی خاک و یا مرگ سلول‌ها باشد. تمام میکروارگانیسم‌ها با گذشت زمان و بعد از ۶۸ h از زمان کاربرد فاضلاب به کم‌ترین مقدار کاهش پیدا کردند. این کاهش نشان داد که با گذشت زمان خطرات باکتریایی استفاده از پساب در خاک کاهش می‌یابد.

نتایج آزمایشات فرعی در زمان‌های مختلف (۲ h، ۴، ۲۴، ۴۴، ۶۸ و ۹۲) در نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده در کرت‌های آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده ( $W_p$ ) با گذشت زمان کاهش باکتری‌های لاکتوز مثبت، کلی فرم کل و مدفوعی را نشان می‌دهد (شکل ۲) در این شکل میانگین داده‌ها و تفاوت معنی‌دار آنها در زمان‌های مختلف با حروف روی نمودارها نمایان شده است. نتایج تجزیه واریانس نیز در جدول ۴ نشان می‌دهد که در زمان‌های مختلف بعد از اتمام آبیاری، هر سه باکتری در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند.



شکل ۳: تعداد باکتری‌های لاکتوز مثبت، کلی فرم کل و مدفوعی در اندام مختلف گیاه تحت آبیاری با پساب

### گیاه

نتایج نشان داد که آلودگی باکتریایی در اجزا گیاه آبیاری شده با پساب در حد قابل قبول بود (شکل ۳).

### حث

با توجه به کم بودن عناصر غذایی در خاک منطقه مورد مطالعه، مواد آلی و مواد غذایی موجود در فاضلاب توانست منجر به تحریک میکروب‌ها، افزایش بیوماس، بقا و رشد و نمو و فعالیت آنها در خاک شود. همچنین تعداد کل باکتری‌ها در لایه بالایی خاک (۵-۱۰ سانتی متری) نسبت به لایه عمیق‌تر (۱۵-۵ سانتی متری) بیشتر بودند که دلیل آن می‌تواند به عواملی مانند زیادتر بودن مواد آلی و هوای کافی در لایه سطحی خاک، پالایش باکتری‌ها توسط خاک (همراه با محدود کردن انتقال آنها و جریان آب به لایه‌های پایین‌تر)، تجمع ذرات معلق و باکتری‌ها در سطح خاک که خود به عنوان فیلتر عمل می‌کند، مربوط باشد (۱۹). Aiello و همکاران (۲۰۰۷) (۸) نیز در مطالعات خود نشان دادند که کاربرد فاضلاب باعث افزایش آلودگی استرپتوکوک مدفوعی و اشرشیاکلی بترتیب  $MPN/100mL$   $3 \times 10^3$ ،  $MPN/100mL$   $1/2 \times 10^3$  در سطح ۱۰ سانتی متری خاک نسبت عمق ۴۰ سانتی متری خاک گردید.

سرشت و طبیعت خاک مانند ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک، واکنش خاک، درجه حرارت، بافت و ترکیب خاک و مواد آلی خاک‌ها و همچنین مدت زمان دوام میکروارگانیسم‌ها خارج از میزبان، نقش بسیار اساسی در بقا و نگهداری میکروارگانیسم‌ها دارد (۲۰). نتایج در این تحقیق نشان داد که

بقا و تعداد باکتری‌های لاکتوز مثبت، کلی فرم کل و مدفوعی در نمونه‌های خاک با گذشت زمان کاهش یافت و در واقع تعداد باکتری‌ها چند ساعت پس از آبیاری نسبت به ۳ روز پس از آبیاری بیشتر بود که این می‌توانست به دلیل مقدار ماده آلی افزایش یافته در اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده باشد و بیانگر این بود که بلافاصله بعد از آبیاری با فاضلاب مقدار مواد آلی در خاک زیاد شده و تعداد باکتری‌ها افزایش یافته است ولی با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد سیر نزولی در تعداد باکتری‌ها مشاهده می‌شود. خاک کشاورزی به عنوان فیلتر طبیعی در نظر گرفته می‌شود و این خاصیت آن را قادر به حذف اغلب پاتوژن‌ها و تخم انگل‌های نامتودی موجود در آب‌های آلوده به کار برده شده، در چند سانتی متری بالای خاک می‌کند. Tate (۱۹۷۸) (۲۱) نیز در پژوهش خود نشان داد که بقای باکتری‌های کلی فرم مدفوعی معمولاً در خاک‌های آلی نسبت به خاک‌های معدنی بالا می‌رود که دلیل آن می‌تواند به علت حضور مواد آلی در خاک‌های آلی باشد. در مطالعه حاضر افزایش در تعداد باکتری‌های لاکتوز مثبت، کلی فرم کل و کلی فرم مدفوعی می‌تواند به علت افزایش رطوبت خاک، دمای مناسب، بیشتر بودن مقدار یون‌های املاح در آغاز فصل رشد مخصوصاً درست بعد از آبیاری با فاضلاب تصفیه شده و حتی مقداری بیشتر بعد از آبیاری دوم با همان فاضلاب باشد که با نتایج مطالعات برخی از محققان که رطوبت خاک، نوع و غلظت نمک‌های یونی در محلول خاک را از عوامل مهم تأثیرگذار در زنده ماندن و مقدار انتقال باکتری‌ها در خاک



درجه حرارت بالا، خشکی هوا توانسته روی برگ‌های جدید که در بالای ساقه قرار داشتند و بیشتر در معرض نور بودند تأثیر زیادتری بگذارد و باعث مرگ و از بین رفتن باکتری‌ها در سطح برگ جدید نسبت به برگ قدیمی شود. زنده ماندن عوامل بیماری‌زا در محیط زیست‌های متفاوت، به روش‌های آبیاری، مانند آبیاری جوی-پشته‌ای و بارانی، درجه حرارت بالا، خشک شدن و اشعه ماورای بنفش بستگی دارد. این فاکتورها می‌توانند منجر به مرگ و میر سریع‌تر عوامل بیماری‌زا از سطح مواد شوند (۲۴). همچنین برگ‌های قدیمی گیاه به دلیل نزدیک بودن به سطح خاک، احتمال آلودگی آنها با پاشیدن پساب حین آبیاری بیشتر است. برخی از مواقع استفاده از فاضلاب منجر به آلودگی میکروبی در سطح میوه شده و لذا مصرف تازه خوری آن مضر است بطوریکه Aiello و همکاران (۲۰۰۷) (۸) یافتند که تجمع کمی از اشرشیاکلی روی میوه‌های گوجه فرنگی آبیاری شده با فاضلاب با غلظت  $40 \text{ MPN}/100 \text{ mL}$  برای  $80\%$  نمونه‌ها بدست آمد. عوامل بیماری‌زا اکثراً در محیط خاک به محصولات ریشه‌ای مانند تربچه، کاهو و دیگر سبزیجات منتقل می‌شوند و سلامتی غذا را به‌ویژه وقتی این محصولات توسط مصرف‌کنندگان به‌صورت خام مصرف می‌شوند در معرض خطر قرار می‌دهند (۲۴) ولی برای محصولات علوفه‌ای و غلات استفاده از پساب مشکلات کمتری را ایجاد می‌کند. طبق استاندارد میکروبیولوژی پیشنهادی توسط سازمان بهداشت جهانی (۱۹۸۹) میانگین هندسی تعداد کلی‌فرم مدفوعی در  $100 \text{ mL}$  برای گیاهانی که به‌صورت خام مصرف می‌شوند کمتر از ۱۰۰۰ و برای آبیاری غلات و گیاهان علوفه‌ای توصیه‌ای ارائه نشده است (۲۷). آزمایش باکتریولوژیکی جهت محصولات گندم، لوبیا و غیره در هیچ جای دنیا وجود ندارد زیرا همگی طی پروسه‌ای آماده‌سازی شده سپس به مصرف می‌رسند. با توجه به این که جو، یونجه و گیاهان علوفه‌ای به مصرف حیوانات می‌رسند و دام‌ها نسبت به اغلب باکتری‌ها و انگل‌های آن کاملاً مقاوم هستند، استاندارد در این زمینه تدوین نشده است. در طالبی، هندوانه، گوجه و خیار سالم باکتری و تخم انگل وارد نمی‌گردد و لیکن آنهایی که شکسته یا زخم خورده هستند، باید به مصارف غیر خوراکی برسند و یا خوب شسته و ضدعفونی گردند (۳). Kalavrouziotis و همکاران (۲۰۰۸) (۲۸) در تحقیقی که در آگرینیون (Agrinion) یونان بر روی دو گیاه کلم بروکلی و کلم بروکسل انجام دادند نتیجه گرفتند که فاضلاب شهری

بیان کردند، هم‌خوانی داشت (۲۱ و ۲۲). باکتری‌های کلی‌فرم کل در خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده نسبت به خاک آبیاری شده با آب معمولی حدود ۴ برابر بیشتر بود که این افزایش می‌توانست مربوط به مواد مدفوعی موجود در فاضلاب تصفیه شده باشد که نگهداشت باکتری‌ها توسط خاک در حضور پساب فاضلاب را نسبت به آب معمولی بیشتر می‌کند (۲۳). هرچند، در خاک‌های آبیاری شده با آب معمولی که حاوی تعداد کمی کلی‌فرم مدفوعی بودند، کلی‌فرم‌هایی وجود داشتند که می‌توانند به عواملی غیر از فاضلاب تصفیه شده مانند استعمال کود آلوده به باکتری‌ها، مربوط باشند. استفاده باکتری‌های کلی‌فرم مدفوعی به عنوان یک شاخص آلودگی توسط برخی از دانشمندان یک شاخص بهتری از آلودگی نسبت به کلی‌فرم کل است زیرا کلی‌فرم‌های کل ممکن است شامل گونه‌هایی باشند که مربوط به مواد مدفوعی نباشند (۲۴).

واکنش خاک (pH) یک فاکتور مهم دیگری در بقای میکروارگانیسم‌ها در خاک است. مشخص شده است که زمان دوام باکتری‌های هتروتروفیک معمولاً در خاک اسیدی ( $\text{pH}=5-3$ ) نسبت به خاک قلیایی کمتر است زیرا pH پایین خاک می‌تواند نقش معکوسی بر باکتری‌ها و قابل دسترس بودن عناصر غذایی بگذارد (۲۱). نتایج این پژوهش نشان داد که pH اندازه‌گیری شده پساب ( $7/8$ ) و نمونه خاک ( $8/46$ ) قبل از آزمایش بالاتر از ۷ و قلیایی بود و این می‌توانست دلیلی بر بقا و دوام باکتری‌های مطالعه شده در طی دوره رشد و تحقیق باشد. هدایت الکتریکی نیز از عوامل مهم و تأثیرگذار بر تعداد باکتری‌های خاک است. تحقیقات نشان داده‌اند که شوری از عوامل مهم استرس برای میکروارگانیسم‌ها به حساب می‌آید. کاهش میزان دی‌اکسیدکربن تولیدی، کاهش فعالیت آنزیمی و کاهش بیوماس میکروبی در اثر شوری اتفاق می‌افتد (۲۵). شوری پساب و آب چاه در طول دوره تحقیق برای رشد باکتری‌ها مناسب بود و همچنین مشکل شوری در محلول خاک ( $\text{ds/m } 0/2$ ) وجود نداشت و افزودن پساب با شوری و عناصر غذایی مناسب نه تنها اثر سویی در خاک نداشت بلکه شرایط را برای فعالیت باکتری‌ها مهیا نمود.

نتایج بدست آمده در گیاه نشان داد که در سطح برگ‌های مسن و قدیمی که در پایین ساقه وجود داشتند، تعداد باکتری بیشتری وجود داشت و احتمالاً در فصل رشد فاکتورهای محیطی مانند

#### منابع

- 1-Hashemi H, Amin MM, Bina B, Movahedian Attar H, Farrokhzadeh H. Survey on possibility of Disinfection of Isfahan north wastewater treatment plant effluent by low and medium pressure ultraviolet systems in pilot scale. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2010;3(1):47-58 (in Persian).
- 2-Toze S. Reuse of effluent water (benefit and risks). *Agricultural Water Management*. 2006;80(1-30):147-59.
- 3-President Deputy Strategic Planning & Control. Environmental regulations of using returned water and effluent. Tehran: President Deputy Strategic Planning & Control; 2010 (in Persian).
- 4-Sleytr K, Tietz A, Langergraber G, Haberl R. Investigation of bacterial removal during the filtration process in constructed wetlands. *The Science of Total Environmental*. 2007;380(1-30):173-80.
- 5-Vera L, Martel G, Gutierrez J, Marquez M, Abreu-Acosta N, Salas JJ, et al. Sustainable management of wastewater in rural areas, Chapter 3: Evaluation of natural purification system. *Proyecto Depuranat, netbiblo, La Coruna-Spain*, 2008. p. 99-157.
- 6-Oron G, Campos C, Gillerman L, Salgot M. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. *Agricultural Water Management*. 1999;38(3):223-34.
- 7-Weinberg ZG, Ashbell G, Chen Y, Gamburg M, Sela S. The effect of sewage irrigation on safety and hygiene of forage crops and silage. *Animal Feed Science and Technology*. 2004;116(3-4):271-80.
- 8- Aiello R, Cirelli GL, Consoli S. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: A case study in Sicily (Italy). *Agricultural Water Management*. 2007;93(1-2):65-72.
- 9-Karanja NN, Njenga M, Prain G, Kangethe E, Kironchi G, Githuku C, et al. Assessment of environmental and public health hazards in wastewater used for urban agriculture in Nairobi, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2010;12(1):85-97.
- 10-Erfani A, Haghnia GhH, Alizadeh A. Yield and chemical composition of lettuce and some soil characteristics as affected by irrigation with wastewater. *Journal of Science and Technology Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science*. 2002;6(1):71-92 (in Persian).
- 11-Najafi P, Abedi MJ, Mousavi SFAfioni M. Comparison of potato and tomato yields contamination in two

تصفیه شده باعث افزایش غلظت فلزات سنگین و میزان کلی فرم مدفوعی و اشرشیاکلی در قسمت‌های خوردنی این دو گیاه شد که عاملی خطرناک برای سلامتی بود، بنابراین فاضلاب شهری تصفیه شده نتوانست برای آبیاری این دو گیاه مورد استفاده قرار گیرد. Alizadeh (۱۳۷۵) (۲۹) کاشت گیاهان کاهو و هویج را در ارتباط با آبیاری با فاضلاب به علت مسائل بهداشتی توصیه نکرد ولی استفاده از پساب را در زراعت خیار و گوجه فرنگی بلا مانع دانست.

#### نتیجه‌گیری

حفظ سلامت خاک برای کشاورزی پایدار از اهمیت فراوانی برخوردار است. خصوصیات میکروبیولوژی خاک یکی از عوامل منعکس کننده سلامت خاک است به طوری که کاربرد پساب در کشاورزی نباید سلامت خاک و محصول را به خطر اندازد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، آبیاری با پساب تصفیه شده شهری شهرکرد توانسته است برای کشت غلاتی مانند ذرت مورد استفاده قرار گیرد زیرا این محصول با پساب تماس مستقیمی نداشته و مصرف تازه‌خوری نیز ندارد؛ با گذشت زمان نیز باکتری‌های موجود در خاک و سطح اجزای گیاه کاهش یافته و به حد قابل قبول رسیده‌اند. از طرف دیگر از آنجا که استفاده از پساب باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های تأمین آب جهت آبیاری مزارع می‌شود، در شرایط کم‌آبی حاضر می‌توان با مدیریت بهینه و بدون داشتن خطرات زیست‌محیطی، از پساب برای آبیاری محصولات در منطقه مورد نظر سود جست.

#### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان «تعیین توابع آب - عملکرد ذرت علوفه‌ای در آبیاری با پساب شهری و تأثیر آن بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک» است که در مقطع دکتری در سال ۱۳۹۰ با حمایت دانشگاه شهرکرد اجرا شده است که از همکاری آنها سپاسگزاری می‌شود.

- methods of irrigation with municipal wastewater. *Journal of Agriculture Science*. 2004;10(2):125-34 (in Persian).
- 12-Delibacak S, Okur B, Ongum AR. Effects of treated sewage sludge levels on temporal variations of some soil properties of a Typic Xerofluvent soil in Menemen Plain, Western Anatolia, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2009;148(1-4):85-95.
- 13-Gerba CP, Goyal SM. Pathogen removal from wastewater during groundwater recharge. In: Asano T, editor. *Artificial recharge of groundwater*. Michigan: Ann Arbor Science; 1985.
- 14-Tavalloli H, Semnani A. *Analysis Methods of Soils, Plants, Waters and Fertilizers*. Ahvaz: Shahid Chamran University of Ahvaz Publications; 2003 (in Persian).
- 15-APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
- 16-Manios T, Moraitaki G, Mantzavinos D. Survival of total coliforms in lawn irrigated with secondary wastewater and chlorinated effluent in the Mediterranean region. *Water Environment Research*. 2006;78(3):330-35.
- 17-Iranian Department of Environment. *Environmental Regulations and Standards*. Tehran: Iranian Department of Environment Publications; 1998 (in Persian).
- 18-Al-Sáed R. Pathogens assessment in reclaimed effluent used for industrial crops irrigation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2007;4(1):68-75.
- 19-Krone RB. The movement of disease producing organisms through soils. In: Beckett CW, Wilson FF, editors. *Municipal sewage effluent for irrigation*. Louisiana: Louisiana Polytechnic Institute; 1968.
- 20-Chu Y, Jin Y, Baumann T, Yates MV. Effect of soil properties on saturated and unsaturated virus transport through columns. *Journal of Environmental Quality*. 2003;32(6):2017-25.
- 21-Tate RL 3rd. Cultural and environmental factors affecting the longevity of *Escherichia coli* in Histosols. *Applied and Environmental Microbiology*. 1978;35(5):925-29.
- 22-Bartone CR, Arlosoroff S. Irrigation reuse of pond effluent in developing countries. *Water Science and Technology*. 1987;19(12):289-97.
- 23-Goldshmid J, Zohar D, Argamah Y, Koh Y. Effect of dissolved salts on the filtration of coliform bacteria in sand dunes. In: Jenkins SH, editor. *Advances in water pollution research*. Pergamon Press. New York; 1973. p. 147-53.
- 24-Hutchison ML, Walters LD, Moore A, Crookes KM, Avery SM. Length of time before incorporation on survival of pathogenic bacteria present in livestock wastes applied to agricultural soil. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 2004;70:5111-18.
- 25-Mamilov A, Dilly OM, Mamilov S, Inubushi K. Microbial ecophysiology of degrading aral sea wetlands: Consequences for C-cycling. *Journal of Soil Science Plant Nutrition*. 2004;50:839-42.
- 26-Natvig EE, Ingham SG, Ingham BH, Cooperband LR, Roper TR. *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium and *Escherichia coli* contamination of root and leaf vegetables grown in soils with incorporated bovine manure. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 2002;68(6):2737-44.
- 27-WHO. *Health Guidelines for Wastewater Use in Agriculture and Aquaculture*. Geneva: World Health Organization; 1989.
- 28-Kalavrouziotis IK, Robolas P, Koukou lakis PH, Papadopoulou AH. Effects of municipal reclaimed wastewater on the macro-and-micro-elements status of soil and of *Brossica oleracea* Var. *Italica*, and *B. oleracea* Var. *Gemmifera*. *Agricultural Water Management*. 2008;95:419-26.
- 29-Alizadeh A. Sewage effluent of wastewater treatment plants in crop irrigation. *Shahrab Journal*. 1996;4:15-19 (in Persian).

## Study of soil bacterial and crop quality irrigated with treated municipal wastewater

\*A. Alinezhadian<sup>1</sup>, A. Karimi<sup>2</sup>, J. Mohammadi<sup>3</sup>, F. Nikookhah<sup>4</sup>, M. N. Anderson<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of soil science, Faculty of agriculture, Lorestan University, Khorramabad- Iran.

<sup>2</sup>Department of soil science, Faculty of agriculture, Shahr-e-Kord University, Shahr-e-Kord- Iran.

<sup>3</sup>Department of soil science, Faculty of agriculture, Shahr-e-Kord University, Shahr-e-Kord- Iran.

<sup>4</sup>Department of environment, Faculty of natural resource, Shahr-e-Kord University, Shahr-e-Kord- Iran.

<sup>5</sup>Department of agroecology and environment, Aarhus university, Aarhus-Denmark.

Received; 16 April 2012 Accepted; 10 July 2012

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** In arid and semi-arid regions, wastewater reuse has become an important element in agriculture. However, irrigation with this resource can be either beneficial or harmful, depending on the wastewater characteristics. The aim of this research was to investigate the soil bacterial and crops quality irrigated with treated wastewater.

**Material and Methods:** This research was conducted on a maize field near the wastewater treatment plant in Shahr-e-kord in summer,2011. Plots were arranged in a randomized complete block design in 3 replications and 2 treatments, well water (W1) with fertilizer and effluent (W2).

**Results:** At the end of growth season, soil samples were collected from depth of 0-5 and 5-15 cm and plant samples consisting of old and new leaves and seeds were collected for bacteriological analysis. According to bacteriological analysis, total number of positive lactose bacteria, total and fecal coliforms in depth of 0-5 cm was 42% more than depth of 5-15 cm. In the case of old leaves, total number of coliform and fecal coliform was 88 and 40 MPN/100 mL respectively. Moreover, for new leaves, it was 38 and 2 MPN/100 ml respectively.

**Conclusion:** According the results, number of indicator bacteria in soil is decreased (about 35%) by passing time.

**Keywords:** treated wastewater, soil pollution, maize, total coliform, fecal coliform

---

\*Corresponding Author: [alinejadian@yahoo.com](mailto:alinejadian@yahoo.com)

Tel:-----Fax:-----