بررسی کارآیی فاضلاب‌های تصفیه شده خانگی در آبیاری زراعت کاهو و گوجه فرنگی

علی عرفانی آگاه [1]

چکیده

به منظور دستیابی به آگاهی از تأثیر کاربرد فاضلاب‌های تصفیه شده خانگی بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی و کاهو و ویژگی‌های خاک، آزمایش در خاکی با بافت لومی - رسی و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه مشهد انجام شد. تیمارها عبارت بودند از: T_1- آبیاری با فاضلاب تصفیه شده خانگی، T_2 - آبیاری با فاضلاب تصفیه شده خانگی + آب چاه به تناوب، T_3 - آبیاری با آب چاه + کود حیوانی، T_4 - آبیاری با آب چاه+ کود شیمیایی، T_5 - آبیاری با آب چاه (شاهد). نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه مورد استفاده در آزمایش نشان داد که به لحاظ کشاورزی محدودیت نداشته و نمونه‌ای از یک آب خوب به شمار می‌رود. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که عملکرد میوه‌تر و خشک گیاهان گوجه‌فرنگی و کاهو در کلیه تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داشت. حداکثر افزایش عملکرد میوهٔ تر گوجه‌فرنگی و کاهو به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۳ مشاهده شد. نتایج تجزیه گیاه نشان داد که غلظت عناصر غذایی ماکرو و سنگین د رکلیه اندام‌های هوایی (برگ، ساقه، دمگل و میوه) و زیرزمینی گیاهان گوجه‌فرنگی و کاهو در کلیهٔ تیمارهای آزمایش نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. در میان عناصر سنگین غلظت عنصر آهن حداکثر و غلظت کادمیوم حداقل بود. آلودگی‌های میکروبی در تیمارهای ۱ و ۲ آزمایش به مراتب بیش از سایر تیمارها بود. نتایج حاصل از تجزیه خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متر) نشان داد که با کاربرد فاضلاب، هدایت الکتریکی عصاره اشباع ازت کل، فسفر قابل جذب، بر محلول و عناصر سنگین خاک افزایش داشت، اما مقدار آن زیر مرز استانداردهای ارائه شده به وسیله مجامع بین‌المللی بوده و هیچگونه تأثیر سویی بر خاک نداشته است. تفاوت‌های ایجادشده در سایرخصوصیات گیاهی و خاک قابل‌توجه‌نیست، هرچند ضروری می‌باشد که‌به نتایج‌حاصله‌درسال‌های‌بعدنیزتوجه‌گردد.

۱- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود

مقدمه

با توجه به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، در راستای اجرای تدابیری جهت توسعه و بهردبرداری از منابع آبی جدید به خصوص در بخش کشاورزی، استفاده از پساب فاضلاب‌های کشاورزی، صنعتی، شهری و روستایی می‌تواند به عنوان منابع آب مطمئن مورد توجه قرار گیرد.

با این کار نه تنها کسری از میزان کمبود آب کشاورزی جبران می‌شود، بلکه از اثرات سوء تخلیهٔ بی‌رویه فاضلاب‌ها و خسارات وارده آن به منابع کشاورزی و محیط زیست نیز جلوگیری خواهد شد. در حال حاضر در شهر مشهد سالانه ۱۶۵ میلیون متر مکعب آب جهت شرب و بهداشت از منابع مختلف تأمین و به مصرف می‌رسد و پیش‌بینی می‌شود که نیاز این شهر با توجه به رشد جمعیت در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۳۰۰ و ۵۶۰ میلیون متر مکعب خواهد بود. بر حسب معیارهای موجود ۸۰ درصد آب مصرفی به فاضلاب تبدیل شده و به داخل چاه‌های جاذب و یا آبراهه‌های موجود دفع می‌گردد. لذا با توجه به روند کنونی تولید فاضلاب در سال ۱۳۹۵ سالانه حدود ۴۵۰ میلیون متر مکعب پساب تصفیه شده فاضلاب خانگی در مشهد تولید خواهد شد. تا جایی که اطلاعات مدون در اختیار می‌باشد، اولین کاربردهای فنی پساب در آبیاری مربوط به بانزلو در آلمان در سال ۱۵۳۱ میلادی و سپس در اسکاتلند در شهر ادین برو در سال ۱۶۵۰ بوده است. هر چند شواهد تاریخی دال بر این است که فاضلاب و لجن تولید شده از آن در چین و سایر کشورهای آسیایی از زمان‌های بسیار قدیمی‌تر به منظور حاصل‌خیز نمودن خاک‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفته است. آثار سیستم جمع‌آوری فاضلاب در کاخ‌های قدیمی مربوط به تمدن مینوان *(Minoan Civilization)* در چین و هدایت فاضلاب‌ها به حومهٔ شهر و مزارع، این موضوع را به اثبات رسانیده است (۱۵ و ۵). از اوایل قرن بیستم کاربرد مجدد فاضلاب به صورت برنامه‌ریزی شده در ایالت متحده آمریکا در کالیفرنیا آغاز شد و اولین مقررات در زمینه استفاده مجدد از فاضلاب در آبیاری نیز در سال ۱۹۱۸ در این ایالت تدوین شد. در دهه ۱۹۲۰ بر اساس این ضوابط، پروژه‌هایی در کالیفرنیا و آریزونا برای آبیاری به اجرا در آمد (۶). بیور و همکاران (۹) در یک آزمایش مداوم ۵ ساله تأثیر آبیاری با پساب را بر سبزیجاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند، مورد مطالعه قرار دادند. نامبردگان دریافتند که هیچگونه اختلاف معنی داری بین کیفیت محصولات تولیدی با پساب در مقایسه با آب معمولی ملاحظه نگردید. جنگینز و همکاران (۱۰) دریافتند که محصول غلات از بخش‌های آبیاری شده با فاضلاب در مورد ذرت خوشه‌ای به ۲/۵ برابر و در مورد علوفه و سبزیجات ۳ برابر بالاتر از محصول به دست آمده با آب چاه عمیق بودند. در حقیقت محصول آبیاری شده با فاضلاب بلندتر و رنگ سبز تیره‌تر داشت و زودتر گل داد. گزارش تحقیقات دانش و همکاران (۱) نشان داد که استفاده از

فاضلاب تصفیه شده خانگی هیچگونه تأثیر سویی در رابطه با جذب عناصر سنگین در چغندر قند و چغندر علوفه‌ای نداشته است. بول و همکاران (۸) در خاک‌های آبیاری شده با پساب کشور آلمان نشان دادند که پس از ۱۶ و ۲۵ سال هیچ یک از فلزات سنگین به مرز زیان‌آوری نرسیده‌اند و تنها عناصر نیکل، کادمیوم و روی به مرز زیان‌آور نزدیک شده‌اند. صابر (۱۳) با آزمایش خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب شهر قاهره به این نتیجه رسید که در یک دوره صفر تا ۶۰ ساله هر یک از فلزات سنگین می‌تواند به اندازهٔ چشمگیری در خاک انباشته شود.

هدف از این پژوهش مطالعه امکان و چگونگی استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب خانگی به عنوان یک منبع برای آبیاری در کشاورزی و بررسی جنبه‌های مثبت و منفی آن در مقایسه با آب چاه در منطقه مشهد بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی واقع در پردیس دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. مزرعه با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع میانگین آن از سطح دریا ۹۸۹ متر می‌باشد. خاک مزرعه مورد نظر از نوع لومی - رسی بود. پس از آماده سازی و تسطیح زمین مورد نظر و قبل از کاشت، مقدار ۲۵ تن در هکتار کود دامی (گاوی) پوسیده بر اساس کرتهای مشخص شده تیمار (T_3) مصرف شد. میزان مصرف کود شیمیایی از ته به میزان ۱۵۰کیلوگرم اوره در هکتار برای گوجه فرنگی در سه قسمت مساوی و به ترتیب در مرحلهٔ اولین گلدهی، زمانی که ۵۰ درصد میوه‌ها سبز شد و هنگامی که اولین میوه‌های قرمز ظاهر شد مصرف شد. میزان مصرف کود شیمیایی از ته برای کاهو معادل ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در دو قسمت مساوی، هنگام کرت‌بندی و شش هفته پس از کاشت پاشیده شد.

کود فسفره مورد نیاز گوجه فرنگی معادل ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و برای کاهو معادل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس کرت‌های مشخص شده تیمار (T_4) مصرف شد. کاشت بذر گوجه فرنگی (وارتیه ردکلارد) به طریقهٔ نشاء و در داخل لیوان‌های پلاستیکی انجام گردید و پس از آن به کرت‌هایی به ابعاد ۴×۴/۲ متر مربع و با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر منتقل شد. بذر کاهو (پیچ اهوازی) به صورت دستپاش در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۱/۷ متر مربع و با فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر صورت گرفت. آب مورد نیاز هر محصول از چاه عمیق پردیس دانشگاه در فاصله ۲ کیلومتری مزرعه تأمین و بعد از انتقال به مخزن ذخیره موقت مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری به صورت سطحی (فارو) و مطابق عرف منطقه انجام شد. پساب مورد استفاده در همان روز آبیاری از تصفیه‌خانه شهرک لشگر واقع در اراضی قاسم‌آباد (ده کیلومتری مشهد) به وسیله

تانکر به محل آزمایش حمل و در دو مخزن موقتی دخیره و به مقدار محاسبه شده به کرت‌های مشخص شده اضافه گردید. در تصفیه‌خانه مذکور فاضلاب‌های خانگی به کمک روش‌های تصفیه مقدماتی و ثانویه تصفیه می‌شوند و این مجتمع دارای شبکه‌های آشغالگیر، خردکن، حوضچه‌های هوادهی، حوضچه‌های ته‌نشینی، واحد کلرزنی و بسترهای خشکاننده لجن می‌باشد. پسابی که برای آزمایش در مزرعه استفاده شد، از آخرین مرحله تصفیه برداشت شد. دور آبیاری از مرحله کاشت تا برداشت در مورد گوجه فرنگی به فواصل هر شش روز یکبار و در مورد کاهو در پنج هفته اول به فواصل هر شش روز یکبار و از آن پس تا برداشت به دلیل گرمی هوا و تجمع نمک و برای اینکه پای بوته مرطوب نگه داشته شود به هر پنج روز تغییر یافت. خصوصیات شیمیایی آب و پساب در فصل رشد و به طور ماهانه اندازه‌گیری شد. هر کرت گوجه فرنگی دارای ۴ ردیف کاشت بود که دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدای هر کرت به عنوان اثر حاشیه حذف شده و از ردیف میانی ۴ بوته انتخاب و توسط روبان سفید از بقیه بوته‌ها جدا شد و تا آخر فصل رشد از ۴ بوته مشخص شده برداشت انجام شد. در آزمایشگاه ابتدا وزن‌تر نمونه‌ها با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و پس از آن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در گرمخانه خشک گردید و درصد ماده خشک محاسبه شد. همچنین نمونه‌هایی از گوجه فرنگی و کاهو در اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و آب مقطر شسته و سپس با آسیاب و ایلن پودر شد. نمونه برداری از خاک مربوط به هر تیمار در پنج تکرار از نقاط مختلف مزرعه و از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری با اوگر فولادی انجام شد. اسیدیته به وسیله دستگاه pHمتر، شوری با هدایت سنج الکتریکی، فسفر از طریق اسپکتروفتومتری، کلر به وسیله تیتراسیون، بُر با آزمایش کارکومین-اسیداگزالیک، سدیم و پتاسیم به روش شعله‌سنجی و دیگر عناصر با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. همچنین جهت تعیین آلودگی‌های احتمالی ایجاد شده در خاک از عمق ۵-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد.

نتایج

تجزیه آب و پساب

نتایج تجزیه پساب شهرک لشگر و آب چاه نشان داد که کلاً عناصر موجود در حد توصیه‌های ارائه شده به وسیله مجامع بین‌المللی بود (جدول ۱). در پساب آزمایش شده ۲۸ درصد از ازت به فرم نیتراتی و تنها نزدیک ۱۱ درصد از ازت به فرم آمونیومی و ۲/۷ درصد به فرم نیتریتی بود. فسفر پساب بیشتر به فرم ارتو فسفات و تنها حدود ۲۵ درصد از فسفر پساب به فرم آلی بود. فسفر با پیوند آلی در اکثر فاضلاب‌های خانگی از اهمیت کمی برخوردار بوده، ولی می‌تواند در

فاضلاب‌ها و لجن‌های تصفیه‌خانه فاضلاب از ترکیبات مهم باشد.
میانگین شوری پساب ۰/۵۳ دسی زیمنس بر متر تعیین گردید، ولی روی هم رفته شوری پساب شهرک لشگر از ۱/۲ دسی زیمنس بر متر کمتر بود که در دامنه شوری گزارش شده پساب‌ها (۰/۲ تا ۲/۲) جای می‌گیرد.
کاتیون چیره در پساب سدیم بود. اندازه کلسیم کمی بیشتر از منیزیم و از میان آنیون‌ها، اندازهٔ کلر بر حسب میلی اکی‌والانت بر لیتر، بالاتر از بی‌کربنات و سولفات بود. از میان عناصر سنگین سرب، نیکل، آهن، روی، منگنز، مس، کبالت و کادمیوم، تنها مقدار سرب، نیکل و آهن بیش از ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر بود و میانگین بقیه عناصر کمتر از ۰/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد که همگی زیر مرز استانداردهای ارائه شده برای کار برد پساب در کشاورزی بود. آب چاه مورد استفاده در آزمایش، از لحاظ کشاورزی محدودیت نداشته و نمونه‌ای از یک آب خوب به شمار می‌رود. نتایج تجزیه میکروبی و انگلی آب‌های آبیاری نیز در جدول ۲ آمده است.

عملکرد گیاهان گوجه فرنگی و کاهو

نتایج نشان می‌دهند که عملکرد میوهٔ تر گیاهان گوجه فرنگی و کاهو در کلیه تیمارها در سنجش با تیمار شاهد افزایش داشت. بیشترین افزایش عملکرد میوهٔ تر به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۳ برای گوجه فرنگی برابر ۴۷/۸ و ۴۱/۳ درصد و برای برگ کاهو برابر ۸۲/۴ و ۸۱/۴ درصد در سنجش با تیمار شاهد بود. حداکثر افزایش وزن کل بوته گوجه فرنگی (تر و خشک) در سنجش با تیمار شاهد در تیمارهای ۱ و ۳ و به ترتیب برابر ۴۳/۷ و ۳۶/۶ درصد بر اساس وزن تر و برابر ۳۸/۵ و ۳۸ درصد بر حسب وزن خشک بود، در صورتی که بیشترین مقدار وزن کل گیاه کاهو (تر) در تیمارهای ۱ و ۳ به ترتیب برابر ۸۳/۷ و ۸۳/۱ درصد و حداکثر وزن خشک گیاه کاهو در تیمارهای ۳ و ۱ به ترتیب برابر ۹۱ و ۸۱/۵ درصد در سنجش با تیمار شاهد بود (جدول ۳ و ۴)

تجزیه گیاهی

نتایج تجزیه گیاهی نشان داد که بیشترین مقدار عناصر پر مصرف گیاهی ازت، فسفر و پتاسیم در میوه، ساقه، دمگل و ریشه گوجه فرنگی با ترتیب اندام‌های نوشته شده به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۳ و کمترین مقدار عناصر یاد شده در تیمارهای ۲ و ۴ مشاهده شد. حداکثر مقدار ازت و فسفر در برگ و ریشه کاهو به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۳ و حداقل آن به ترتیب در تیمارهای ۴ و ۲ مشاهده شد. بیشترین مقدار بر در تیمار ۱ آزمایش (فاضلاب تصفیه شده خانگی) و به ترتیب در اندام‌های ساقه، دمگل، میوه و ریشه گوجه فرنگی و در مورد کاهو مقدار بر در برگ بیش از ریشه بود (شکل‌های ۱ تا ۸). بیشترین مقدار سدیم در تیمار ۱ آزمایش به ترتیب در ریشه، ساقه، دمگل

و میوه گوجه فرنگی و در خصوص کاهو به ترتیب در ریشه و برگ مشاهده شد. مقادیر آهن، منگنز، مس، روی، نیکل، و کادمیوم در تیمار ۱ آزمایش حداکثر بود. بیشترین مقدار عناصر آهن، روی و کادمیوم در ریشه بیش از اندام هوایی گوجه فرنگی مشاهده شد. در حالی که حداکثر غلظت منگنز به ترتیب در ساقه، دمگل، ریشه و میوه و بیشترین مقدار غلظت مس و نیکل به ترتیب در دمگل، ساقه، ریشه و میوه مشاهده شد. حداکثر غلظت عناصر آهن، نیکل، کادمیوم و روی به ترتیب در ریشه و برگ کاهو و حداکثر غلظت عناصر منگنز و مس به ترتیب در برگ و ریشهٔ کاهو مشاهده شد (جدول ۵ و ۶و ۷).

آلودگی‌های احتمالی میکروبی میوه گوجه فرنگی و کاهو

نتایج پژوهش نشان داد که تعداد کلی فرمها در تیمارهای ۱ و ۲ حداکثر و در تیمارهای ۲ و ۴ حداقل بود. بیشترین مقدار عدد *M.P.N* به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده شد. حضور باکتری‌های سالمونلا در مورد گوجه فرنگی فقط در تیمار ۱ و در خصوص کاهو در تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده شد. از جمله دیگر میگروارگانیسم‌ها در برگ کاهو که با مشاهده عینی تشخیص داده شد. پروتوزواها و کرمها بود. نتایج تحقیقات جنکینز اختلاف معنی داری را برای باکتری‌های روده‌ای و مدفوعی نمونه‌های مربوط به بالا و پایین گیاهان آبیاری شده با فاضلاب نشان داد. همچنین محصولاتی که در تماس مستقیم با آب آبیاری بودند آلودگی بیشتری نشان داد، اما آلودگی وابسته به نوع منبع آب نبود(۱۰). بیور گزارش کرد (۹) که هیچگونه اختلاف معنی داری بین جمعیت کلی فرم‌های موجود در محصولات آبیاری شده با فاضلاب و جمعیت کلی فرم‌های محصولات آبیاری شده با آب چاه دیده نشد (جدول ۸ و ۹).

ویژگی‌های شیمیایی و آلودگی‌های احتمالی میکروبی خاک آزمایش شده

۱-نتایج حاصله از تجزیه خاک‌های نمونه‌برداری شده از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نشان داد که *pH* خاک به مقدار کم کاهش یافت، اما به لحاظ آماری این کاهش در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار نشد. همچنین آبیاری با پساب توانسته است هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، نسبت جذب سدیم، درصد کربن لایه سطحی خاک، ازت کل، فسفر قابل جذب، بر محلول در آب گرم و عناصر سنگین خاک را افزایش دهد. اما این افزایش در خصوصیات خاک زیر مرز استاندارد ارائه شده به وسیله مجامع بین‌المللی بوده و هیچگونه تأثیر سویی بر خاک نداشته است. حداکثر افزایش غلظت عناصر آهن، روی، منگنز، مس، سرب، نیکل، کادمیوم و بر به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده شد. حداکثر افزایش در غلظت کاتیون‌های پتاسیم، سدیم و کلسیم در

تیمار ۱ و حداقل آن در تیمار ۴ دیده شد. حداکثر غلظت آنیون‌های محلول کلروسولفات به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۲ و حداکثر غلظت بیکربنات به ترتیب در تیمارهای ۲ و ۱ مشاهده شد. در CEC خاک نیز تغییری دیده نشد (جدول ۱۰).

۲- تعداد کلی میکروارگانیسم‌های ناشی از کاربرد آبهای آبیاری نسبت به شاهد در کلیه تیمارها افزایش داشت. حداکثر جمعیت میکروارگانیسم‌ها برای خاک‌های نمونه‌برداری شده از کرت‌های گوجه فرنگی به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۳ و برای کرت‌های کاهو به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده شد. حضور باکتری‌های کلی فرم مدفوعی و غیرمدفوعی در تیمارهای ۱و ۲ و باکتری‌های کلی فرم مدفوعی در تیمارهای ۳ و ۴ مشاهده شد (جدول ۱۱). تفاوت‌های ایجاد شده در سایر خصوصیات گیاهی و خاک چشمگیر نیست، هر چند ضروری می‌باشد که به نتایج حاصله در سال‌های بعد نیز توجه گردد.

بحث

بر اساس نتایج حاصله می‌توان چنین برداشت نمود که فاضلاب تصفیه شده خانگی عمدتاً به علت دارا بودن عناصر غذایی مختلف مورد نیاز گوجه فرنگی و کاهو، عملکرد ریشه، وزن قسمت‌های هوایی و کل مادهٔ تر و خشک گیاهی را افزایش داده و این افزایش حتی در مقایسه با کاربرد شیمیایی قابل توجه و چشمگیر است. نتایج تحقیقات پاپادوپلوس و استلیانود(۱۰)، هاروی و ماکسی (۱۶) کارایی بهتر فاضلاب تصفیه شده نسبت به کودهای شیمیایی در خصوص جذب عناصر غذایی مورد گیاه را نشان داد. درشتی میوه، ازدیاد وزن و زودرس شدن آن بعلت وجود فسفر فراوان در فاضلاب تصفیه شده خانگی می‌باشد (۱۲ و ۲). خصوصیات ذاتی گیاه به دلیل تأثیر نامطلوب عنصر سدیم ایجاب می‌کند که حداکثر غلظت سدیم در ریشه بماند و جابجایی آن به اندام‌های هوایی بسیار ناچیز باشد (۴). همچنین غلظت تمام عناصر کمیاب کمتر از آستانه سمیت بوده و استفاده از فاضلاب تصفیه شده خانگی دست کم در یک دوره یک ساله پژوهش اثر سویی بر گیاهان مورد آزمایش نداشته است.

اختلاف شوری خاک‌های آبیاری شده با پساب نسبت به خاک‌های آبیاری شده با آب چاه معنی‌دار شد، اما پساب به کار رفته در آزمایش از لحاظ شوری نه تنها اثر سویی نداشته است، بلکه با شوری کمی (۰/۵۳ دسی زیمنس بر متر) که دارد می‌تواند سبب آبشویی نمک‌های احتمالی موجود در لایه‌های بالای خاک به لایه‌های پایین‌تر شود. با توجه به اینکه عناصر معدنی در پساب بیشتر به شکل کاهشی هستند، به ویژه ازت که به شکل آمونیاکی دیده می‌شود و همچنین مقدار قابل توجهی از مواد آلی را داراست، می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود

بخشد. ورود این مواد به همراه پساب به خاک و اکسایش آنها، ظهور یون هیدروژن و کاهش pH خاک را به دنبال دارد که خود سبب افزایش حلالیت کربنات‌های کلسیم و منیزیم و در پی آن افزایش کلسیم و منیزیم تبادلی و کاهش درصد سدیم تبادلی خاک خواهد شد. گزارش‌های مهیدا(۱۱) و صابر (۱۳) دربارهٔ اثرات آبیاری با فاضلاب، نشان دهندهٔ کاهش pH خاک می‌باشد که با نتیجه این پژوهش همخوانی دارد. این کاهش pH در خاک‌های آبیاری شده با پساب در سنجش با خاک‌های آبیاری شده با آب چاه به بالاتر بودن pH آب چاه نیز مربوط می‌شود. همچنین به دلیل کوتاهی مدت پژوهش و کم بودن مواد آلی فاضلاب خانگی تصفیه شده، درصد کربن خاک افزایش نیافت و CEC خاک نیز تغییری نکرد. افزایش عناصر سنگین خاک نیز به دلیل وجود این عناصر در پساب‌ها می‌باشد که در استفاده دراز مدت از پساب باید به مسئله تجمع این عناصر در لایه‌های خاک توجه شود.

نتیجه‌گیری

چنین به نظر می‌رسد که بتوان از پساب تصفیه شده فاضلاب‌های خانگی به عنوان یک منبع مطمئن برای آبیاری در کشاورزی خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود شدید آب مواجه‌اند استفاده کرد. شهر مقدس مشهد نیز جزو مناطق نیمه‌خشک و کم آب می‌باشد. با احداث سیستم جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب که در آتیه امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد، حجم عظیمی از پساب در اختیار خواهد بود که دفع مستقیم آن از طریق رودخانه خطرات بهداشتی و زیست محیطی به وجود خواهد آورد. لذا در صورتی که از این پساب در آبیاری اراضی کشاورزی استفاده شود، سبب صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی نیز خواهد شد. استفاده از پساب باید بر پایه یک مدیریت صحیح، تطبیق خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آن با استانداردهای ارائه شده بین‌المللی، بررسی و شناخت عناصر جذبی، بررسی وضعیت زمین از نظر توپوگرافی و همچنین اسیدیته، شوری و املاح موجود در خاک و بالاخره منابع آلوده‌کننده آن، می‌توان از ارزش‌های بالقوه این منبع، به نحو شایسته و مطلوبی استفاده کرد. علاوه بر آن مدیریت بر پایه تنها مرز استاندارد گمارده شده کار درستی نیست، چرا که آب، هوا، گیاه و خاک دارای ویژگی‌های گوناگون است و این گوناگونی کار رده‌بندی آبها و پساب‌ها را دشوار نموده است. لذا در کاربرد فاضلاب موارد یاد شده نیز باید در نظر گرفته شود. در استفاده مجدد از فاضلاب، سازماندهی، تشکیلات و استفاده علمی و فنی از آن لازم است. وقتی فاضلاب برای آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، اجرای مقررات به اندازه خود فن‌آوری مهم است. باید اهرم‌های اجرایی مستقیم جهت محدودیت در نوع محصول یا آبیاری وجود داشته باشد.

جدول شمارهٔ ۱ ـ میانگین ترکیب شیمیایی آب چاه و پساب

پارامترهای اندازه‌گیری شده	واحد	آب چاه		پساب		گستره مجاز آب آبیاری [c]		مرز استاندارد آلوده‌کننده در پساب برای [d]	
		آب مورد آزمایش	مرز استاندارد [a]	پساب مورد آزمایش	مرز استاندارد [b]	برای استفاده مداوم در کلیه خاکها	برای استفاده تا ۲۰ سال در خاکهای ریزبافت pH۶-۸/۵	مصارف کشاورزی و آبیاری	تخلیه به آبهای سطحی
pH	-	۸/۳۵	۷/۶	۷/۷۴	۷/۶	-	-	۶-۸/۵	۶/۵-۸/۵
هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۰/۲۱	۲/۶۱	۰/۵۳	۲/۹۷	-	-	-	-
سدیم	میلی‌اکی‌والانت بر لیتر	۰/۲۵	۳۹/۱	۲/۶	-	-	-	-	-
پتاسیم	"	۰/۲۱	-	۰/۲۹	-	-	-	-	-
کلسیم	"	۱/۲	۲۰	۱/۴۲	-	-	-	-	۳/۷۵
منیزیم	"	۰/۴۴	۴/۹۱	۰/۹	-	-	-	۸/۲	۸/۲
کربنات	"	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	-	-	-	-	-
بی‌کربنات	"	۰/۵	۹/۸۴	۰/۶	-	-	-	-	-
کلر	"	۰/۱	< ۴	۲/۸	-	-	-	۶	۱۶/۹
سولفات	"	۱/۴	۱۰/۴۲	۱/۴	-	-	-	۵/۲۱	۴/۱۷
ازت کل	قسمت در میلیون	-	-	۴۴/۶	۲/۵-۴۳	-	-	-	-
ازت نیتراتی	"	-	-	۱۲/۵	-	-	-	-	۵۰
ازت نیتریتی	"	-	-	۰/۰۵	-	-	-	-	۱۰
ازت آمونیاکی	"	-	-	۱/۲	-	-	-	-	-
فسفر کل	"	-	-	۱۳/۷	-	-	-	-	-

ادامه جدول شماره ۱

پارامترهای اندازه‌گیری شده	واحد	آب چاه		پساب		گستره مجاز آب آبیاری [c]		مرز استاندارد آلوده‌کننده در پساب برای[d]	
		آب مورد آزمایش	مرز استاندارد [a]	پساب مورد آزمایش	مرز استاندارد[b]	برای استفاده مداوم در کلیه خاکها	برای استفاده تا ۲۰ سال در خاکهای ریزبافت pH۶-۸/۵	مصارف کشاورزی و آبیاری	تخلیه به آبهای سطحی
فسفر فسفاتی	"	-	-	۴/۴۷	۴/۱	-	-	-	۶
بر	"	۰/۴۳۷	-	۰/۱۰۷	-	۰/۷۵	۲	۱	۲
کادمیوم	"	۰/۰۱۲	-	۰/۰۱۶	-	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱
کروم	"	-	-	-	۰/۰۲	۰/۱	۲۰	۲	۲
مس	"	۰/۰۶۹	۰/۰۲	۰/۰۷۶	۰/۰۳	۰/۲	۵	۰/۲	۱
منگنز	"	۰/۰۸۶	-	۰/۱۲۷	-	۰/۲	۱۰	۱	۱
مولیبدن	"	-	-	-	-	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱
سرب	"	۰	۰/۱۶	۰/۸۸	۰/۱۹	۵	۲۰	۱	۱
کبالت	"	-	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۵	۰/۰۵	۱
روی	"	۰/۱۷۶	-	۰/۱۲۹	-	۲	۱۰	۲	۲
آهن	"	۰/۳۷۲	۰/۱۱	۰/۵۱۲	۰/۳۳	۵	۲۰	۳	۳
نیکل	"	۰/۶۲۵	۰/۰۵	۰/۶۵۶	۰/۰۶	۰/۲	۲	۲	۲
BOD	"	-	-	۱۱۷	-	-	-	۱۰۰	۳۰
COD	"	-	-	۱۶۴	-	-	-	۲۰۰	۶۰

a - برگرفته از بحری[1]، ۱۹۸۸

b - برگرفته از FAO، ۱۹۹۲

c - برگرفته از بوئر و چنی و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا

d - برگرفته از حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۷۳

1. Bahri, 1988

جدول ۲- تجزیه میکروبی و انگلی آبهای آبیاری

پارامترهای اندازه‌گیری شده	آب چاه	فاضلاب تصفیه شده خانگی	دامنه مجاز آب آبیاری *
تعداد کلی میکروارگانیسمها در هر میلی‌لیتر	$۶/۲\times۱۰^{۱}$	$۱/۱۷۶\times۱۰^{۴}$	$۱-۱۰۰\times۱۰^{۶}$
تعداد کلی‌فرمها در هر میلی‌لیتر	-	$۱/۶۵\times۱۰^{۳}$	-
عدد M.P.N(تعداد کلی‌فرمها در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	۸×۱۰^{۳}	$۱/۱۳\times۱۰^{۲}$	$۱/۵\times۱۰^{۷}$
کلی‌فرمها	غیرمدفوعی	مدفوعی ۱۰٪ و غیرمدفوعی ۹۰٪	۱۰۰ کلی‌فرم مدفوعی در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر
باکتریهای سالمونلا	حضور ندارند	$۲/۹۵\times۱۰^{۲}$	-
سایر میکروارگانیسم‌ها	لاکتوباسیلهای گرم مثبت	لاکتوباسیل، استرپتوکوک باکتریهای باسیلی‌شکل گرم منفی مشکوک به پروتئوس، مولد هاک از جنس باسیلوس، باکتریهای کوکسی‌شکل گرم مثبت از جنس میکروکوک	
کیفیت آب براساس جدول M.P.N	آلوده و	بسیارآلوده	
پروتوزواها			
کریپتوسپوریدیوم	-	حضور دارد	-
ژیاردیا	-	حضور دارد	-
کرمها			
آسکاریس	-	"	-
کرم برگی‌شکل (ترماتود)	-	"	-
فاسیولا	-	"	-
تنیا	-	"	-
کرم سنجاقی	-	"	-
کرم پهن	-	"	-

* برگرفته از خورشد[1]، ۱۹۸۷ و WHO، ۱۹۸۹

1. Khurshed, 1987

جدول شماره ۲: اثر تیمارهای آب آبیاری بر عملکرد میوه گوجه‌فرنگی

تیمارهای آب آبیاری	عملکرد کوجه‌فرنگی (کیلوگرم بر هکتار)		برتری نسبت به تیمار شاهد (درصد)	
	وزن تر	وزن خشک	وزن تر	وزن خشک
۱- فاضلاب تصفیه‌شده خانگی(T_1)	۸۵۹۵۰a	۵۵۰۰ab	۴۷/۸	۴۸/۷
۲- فاضلاب تصفیه شده خانگی + آب چاه به تناوب (T_2)	۶۵۱۷۰bc	۴۰۰۰c	۱۲/۲	۸/۲
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	۸۲۰۶۰ab	۵۵۹۰a	۴۱/۳	۵۱/۲
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_4)	۶۶۷۳۰abc	۴۳۹۴bc	۱۴/۹	۱۸/۸
۵- آب چاه (شاهد)(T_5)	۵۸۰۸۰c	۳۶۹۸c	-	-

میانگین‌ها با حروف مختلف: براساس آزمون دانکن اختلاف بین آنها در سطح ۵٪ معنی‌دار است

ادامه جدول شماره ۳ : اثر تیمارهای آب آبیاری بر وزن اندامهای هوایی، ریشه و بوته کامل گوجه‌فرنگی

تیمارهای آب آبیاری	وزن (کیلوگرم بر هکتار)						وزن کلی بوته گوجه‌فرنگی (کیلوگرم بر هکتار)	
	برگ - ساقه		ریشه		برگ + ساقه + ریشه		برگ - ساقه + میوه + ریشه	
	وزن تر	وزن خشک	وزن تر	وزن خشک	وزن تر	وزن خشک	وزن تر	وزن خشک
۱- فاضلاب تصفیه‌شده خانگی(T_1)	۱۷۸۷۰a	۳۶۳۳a	۱۱۶۱a	۳۵۶ ۲a	۱۹۰۳۰a	۳۵۸۹a	۱۰۵۰۰۰a	۹۰۸۹a
۲- فاضلاب تصفیه شده خانگی + آب چاه به تناوب (T_2)	۱۵۳۲۰a	۲۵۲۶a	۱۳۶۶a	۲۵۵ ۲a	۱۶۷۰۰a	۲۸۰۳a	۸۱۹۷۰ab	۶۸۰۳a
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	۱۶۲۷۰a	۳۲۱۰a	۱۵۲۶a	۲۶۶ ۶a	۱۷۷۹۰a	۳۵۳۸a	۹۹۷۰a	۸۰۶۰a
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_4)	۱۵۹۴۰a	۳۰۱۲a	۱۳۳۳a	۲۵۰ ۲a	۱۷۳۷۰a	۳۱۹۱a	۸۳۱۰۰ab	۷۵۷۶ab
۵- آب چاه (شاهد)(T_5)	۱۳۶۱۰a	۲۶۸۲a	۱۳۷۳a	۲۵۷a	۱۴۹۸۰a	۲۸۶۷a	۷۳۰۶۰b	۶۵۶۵b

میانگین‌ها با حروف مختلف: براساس آزمون دانکن اختلاف بین آنها در سطح ۵٪ معنی‌دار است

جدول شماره ۴: اثر تیمارهای آب آبیاری بر وزن اندامهای هوایی، ریشه و بوته کامل کاهو

تیمارهای آب آبیاری	وزن برگ کاهو (کیلوگرم بر هکتار)		برتری نسبت به تیمار شاهد (درصد)		وزن (کیلوگرم بر هکتار)			
					ریشه		برگ + ریشه	
	وزن تر	وزن خشک	وزن تر	وزن خشک	وزن تر	وزن خشک	وزن تر	وزن خشک
۱- فاضلاب تصفیه‌شده خانگی (T_1)	۸۵۱۶۰a	۵۱۱۰a	۸۲.۴	۸۲.۲	۴۹۵۴ab	۵۳۲.۵ab	۹۰۱۲۰a	۵۶۴۳a
۲- فاضلاب تصفیه شده خانگی + آب چاه به تناوب (T_4)	۶۶۱۸۰ab	۳۹۷۰ab	۴۱.۷	۴۱.۸	۲۹۳۹bc	۲۷۱.۷b	۶۹۱۲۰ab	۴۲۴۸ab
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	۸۶۶۸۰a	۵۰۹۳a	۸۱.۴	۸۱.۳	۵۱۸۱a	۹۵۳.۹a	۸۹۷۶۰a	۵۹۳۹a
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_2)	۷۵۱۲۰a	۴۵۰۸a	۶۰.۹	۶۰.۸	۳۴۲۰abc	۴۷۳.۷ab	۷۸۵۳۰a	۴۹۸۲a
۵- آب چاه (شاهد) (T_5)	۴۶۶۹۰b	۲۸۰۴b	-	-	۲۳۷۳c	۳۵۹.۴b	۴۹۰۷۰b	۳۱۰۹b

میانگین‌ها با حروف مختلف: براساس آزمون دانکن اختلاف بین آنها در سطح ۵٪ معنی دار است

جدول شماره ۵ : میزان عناصر موجود در ماده خشک میوه، ساقه، دمگل و ریشه گوجه‌فرنگی برحسب درصد

عناصر غذایی / تیمارهای آب آبیاری	کلسیم				منیزیم				سدیم			
	میوه	ساقه	دمگل	ریشه	میوه	ساقه	دمگل	ریشه	میوه	ساقه	دمگل	ریشه
۱- فاضلاب تصفیه‌شده خانگی (T_1)	۰/۵۸	۵/۰۱	۳/۵۶	۰/۰۶	۰/۶	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۴	۰/۱۸	۰/۴۹
۲- فاضلاب تصفیه شده خانگی + آب چاه به تناوب (T_4)	۰/۵۵	۴	۲/۹۳	۰/۰۵	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۳۹	۰/۱۷	۰/۴۳
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	۰/۵۶	۴/۳۲	۲/۱۳	۰/۰۴۴	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۴۵
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_2)	۰/۵۱	۲/۸۹	۲/۲۳	۰/۰۵۴	۰/۳۶	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۰۲۵	۰/۱۲	۰/۳۶	۰/۱۶	۰/۴۸
۵- آب چاه (شاهد) (T_5)	۰/۴۵	۲/۱	۱/۸۹	۰/۰۴۸	۰/۳۱	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۰۲	۰/۱	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۳۳
گسترهٔ مجاز غلظت	۰/۲-۰/۶	۳-۶	۱-۲	۰/۰۶	۰/۴-۰/۶۲	۰/۳۵-۰/۸	۰/۲-۰/۳۵	۰/۰۱-۰/۰۵	۶	۶	۶	۶

جدول ۶-۰ میزان عناصر موجود در ماده خشک میوه، ساقه، دمگل و ریشه گوجه‌فرنگی برحسب قسمت در میلیون

عناصر غذایی / تیمارهای آب آبیاری	آهن				منگنز				روی			
	میوه	ساقه	دمگل	ریشه	میوه	ساقه	دمگل	ریشه	میوه	ساقه	دمگل	ریشه
۱- فاضلاب تصفیه‌شدد خانگی (T_1)	۷۶	۷۸	۹۶	۱۰۱	۴۳	۱۳۲	۱۱۰	۸۷	۴۴/۸	۶۱/۱	۴۲/۳	۶۵/۹
۲- فاضلاب تصفیه شده خانگی + آب چاه به تناوب (T_2)	۶۴/۹	۶۸/۵	۷۸	۹۵	۳۷	۱۲۵	۱۰۵/۲	۷۸/۵	۴۶	۵۸/۹	۴۱/۶	۵۸/۷
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	۶۱	۶۳/۴	۷۳	۸۹	۳۲/۵	۱۱۲/۵	۱۰۳/۱	۶۹/۹	۴۰/۱	۴۸/۵	۳۹/۲	۵۴/۵
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_4)	۵۸/۷	۵۹/۵	۶۸/۹	۸۱/۱	۲۸/۷	۱۰۱	۱۰۱/۸	۷۰/۴	۳۴/۹	۴۷	۳۷/۴	۳۸/۷
۵- آب چاه (شاهد)(T_5)	۱۹/۷	۲۱	۲۷	۳۲	۶/۹	۸۲/۵	۹۶/۵	۲۳/۸	۲۸/۷	۳۹	۲۸/۵	۳۲/۹
گسترهٔ مجاز غلظت	۱۴۰-۲۱۰	۱۰۱-۳۹۱	۱۰۰-۴۰۰	۱۷۰-۲۶۰	۳۰-۵۰	۵۵-۲۲۰	۴۰-۱۱۳	۵۰-۹۰	۲۰-۷۰	۳۰-۱۰۰	۲۵-۹۵	۲۰-۷۰

ادامه جدول ۶ : میزان عناصر موجود در ماده خشک میوه، ساقه، دمگل و ریشه گوجه‌فرنگی برحسب قسمت در

عناصر غذایی / تیمارهای آب آبیاری	مس				کادمیوم				نیکل			
	میوه	ساقه	دمگل	ریشه	میوه	ساقه	دمگل	ریشه	میوه	ساقه	دمگل	ریشه
۱- فاضلاب تصفیه‌شدد خانگی (T_1)	۳/۴	۸/۷	۹/۱	۶/۲	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۱۷	۰/۱۴	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۱۸
۲- فاضلاب تصفیه شده خانگی - آب چاه به تناوب (T_2)	۳/۱	۵/۳	۷/۴	۵/۳	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۴	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۱۵
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	۲/۸	۵/۱	۶/۸	۴/۷	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۵
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_4)	۲/۶	۴/۷	۶/۵	۴/۶	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۵
۵- آب چاه (شاهد)(T_5)	۱/۷	۳/۱	۳/۴	۲/۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳
گسترهٔ مجاز غلظت	۶-۱۲	۸-۱۵	۷-۱۲	۶-۱۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۳-۰/۵	۰/۳-۰/۵	۰/۳-۰/۵	۰/۳-۰/۵

جدول شماره ۷ میزان عناصر موجود در ماده خشک برگ و ریشه کاهو برحسب درصد

عناصر غذایی / تیمارهای آب آبیاری	کلسیم		منیزیم		سدیم	
	برگ	ریشه	برگ	ریشه	برگ	ریشه
۱- فاضلاب تصفیه‌شده خانگی (T_1)	۱/۵	۰/۹۸	۰/۵۷	۰/۵۱	۱/۵۵	۲/۲
۲- فاضلاب تصفیه شده خانگی + آب چاه به تناوب (T_2)	۱/۱	۰/۸۲	۰/۴۶	۰/۳۹	۱/۴۱	۱/۹
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	۱/۴	۰/۹۱	۰/۴۸	۰/۴۲	۱/۳	۱/۵
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_4)	۱/۲	۰/۸۸	۰/۵۱	۰/۴۸	۱/۲۸	۱/۸
۵- آب چاه (شاهد)(T_5)	۰/۹۶	۰/۷۱	۰/۳۵	۰/۲۸	۱/۱	۱/۲
گسترهٔ مجاز غلظت	۱/۲-۲/۱	۰/۸-۲/۲	۰/۳۵-۰/۶	۰/۲-۰/۵	۶	۶

ادامه جدول شماره ۷ میزان عناصر موجود در ماده خشک برگ و ریشه کاهو برحسب قسمت در میلیون

عناصر غذایی / تیمارهای آب آبیاری	آهن		منگنز		روی		مس		کادمیوم		نیکل	
	برگ	ریشه	برگ	ریشه	برگ	ریشه	برگ	ریشه	برگ	ریشه	برگ	ریشه
۱- فاضلاب تصفیه‌شده خانگی (T_1)	۶۲/۷	۱۰۸/۷	۴۱/۳	۳۸/۷	۳۸/۷	۴۲/۵	۷/۹	۶/۷	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۹
۲- فاضلاب تصفیه شده خانگی + آب چاه به تناوب (T_2)	۵۳/۹	۱۰۳/۱	۳۸/۵	۳۲/۵	۳۶/۵	۳۹/۸	۶/۵	۵/۸	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۶
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	۴۸/۵	۹۸/۷	۳۷/۹	۳۱/۷	۳۵/۹	۳۷/۱	۵/۸	۳/۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۷
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_4)	۴۴/۷	۷۸/۱	۳۲/۷	۲۸/۹	۳۳/۲	۳۴/۹	۵/۷	۳/۴	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۰۷
۵- آب چاه (شاهد)(T_5)	۲۱/۲	۳۹/۷	۲۸/۵	۱۷/۸	۲۳/۶	۲۵/۸	۴/۳	۲/۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۳
گسترهٔ مجاز غلظت	۴۰-۲۰۰	۴۰-۵۰۰	۳۰-۱۰۰	۲۰۵-۲۰۰	۳۰-۸۰	۱-۱۰۰	۷-۱۵	۴-۲۰	۰/۲	۰/۲	۰/۳-۰/۵	۰/۳-۰/۷

جدول شماره ۸- نتایج آزمایشات میکروبی انجام شده بر روی برگ کاهو

پارامترهای میکروبی / تیمارهای آب آبیاری	تعداد کلی میکروارگانیسمها در هر میلی‌لیتر	باکتریهای نوع کلی‌فرم	باکتریهای سالمونلا	عدد M.P.N	میکروارگانیسمهای شناسایی شده (محتمل‌ترین تعداد کلی‌فرم)
۱- فاضلاب تصفیه‌شده خانگی (T_1)	$۴/۲۸\times۱۰^{۳}$	مدفوعی	+	$۳/۴\times۱۰^{۵}$	استرپتوکوک گرم مثبت - باسیلوس گرم منفی پوتوزاهای ژیاردیا، کرمهای آسکاریس، تنیا و فاسیولا
۲- فاضلاب تصفیه شده خانگی + آب چاه به تناوب (T_2)	$۵/۱\times۱۰^{۳}$	مدفوعی	+	$۲/۲\times۱۰^{۵}$	استرپتوکوک گرم منفی - پوتوزاهای ژیاردیا و کرمهای آسکاریس، تنیا و فاسیولا
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	$۴/۹\times۱۰^{۳}$	مدفوعی و غیر مدفوعی	-	$۷/۴\times۱۰^{۳}$	لاکتوباسیل گرم مثبت و کرم آسکاریس
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_4)	$۳/۷\times۱۰^{۳}$	غیر مدفوعی	-	$۶/۱\times۱۰^{۳}$	استافیلوکوک غیربیماریزا و باسیلوس گرم مثبت
۵- آب چاه (شاهد)(T_5)	$۶/۲\times۱۰^{۲}$	غیر مدفوعی		-	باسیلوس‌های گرم متغیر
مدت زمان زنده‌مانی		کمتر از ۲۱ روز مدفوعی ۳۸-۱۵ روز	۲۸۰-۱۵ روز		تخمهای آسکاریس کمتر از ۶۰ روز پروتوزاها ۸-۶ روز ویروسها کمتر از ۱۰۰ روز اما معمولاً کمتر از ۲۰ روز

جدول شماره ۹ـ نتایج آزمایشات میکروبی انجام شده بر روی میوه گوجه‌فرنگی

پارامترهای میکروبی تیمارهای آب آبیاری	تعداد کلی میکروارگانیسمها در هر میلی‌لیتر	باکتریهای نوع کلی‌فرم	باکتریهای سالمونلا	عدد M.P.N احتمال‌برتر تعداد کلی‌فرم	میکروارگانیسمهای شناسایی شده
۱- فاضلاب تصفیه‌شده خانگی (T_1)	$۶/۳۱\times۱۰^{۳}$	غیرمدفوعی	+	$۲/۴\times۱۰^{۲}$	استرپتوکوک - باسیلوس گرم مثبت و گرم آسکاریس
۲- فاضلاب تصفیه‌شده خانگی + آب چاه به نسبت (T_2)	$۲/۳۷\times۱۰^{۳}$	غیرمدفوعی	-	$۱/۳\times۱۰^{۲}$	باسیلوس گرم مثبت و گرم آسکاریس
۳- آب چاه + کود حیوانی (T_3)	$۳/۲\times۱۰^{۳}$	غیرمدفوعی	-	$۷/۱۰^{۳}$	لاکتوباسیل گرم مثبت و باسیلوس گرم مثبت
۴- آب چاه + کود شیمیایی (T_4)	$۲/۱\times۱۰^{۳}$	غیرمدفوعی	-	۵×۱۰^{۳}	استافیلوکوک غیرپیماریزا و باسیلوس گرم مثبت
۵- آب چاه (شاهد) (T_5)	$۵/۸\times۱۰^{۲}$	غیرمدفوعی	-	-	باسیلوس گرم مثبت
مدت زمان زنده‌مانی		کمتر از ۲۱ روز مدفوعی ۳۸-۱۵ روز	۲۸۰ ۱۵ روز		تخمهای آسکاریس کمتر از ۶۰ روز پروتوزوآها ۸-۶ روز ویروسها کمتر از ۱۰۰ روز اما معمولاً کمتر از ۲۰ روز

جدول شماره ۱۰ - خصوصیات شیمیایی خاکهای نمونه برداری شده از عمق ۳۰ - ۰ سانتیمتری

پارامترهای اندازه‌گیری‌شده / تیمارهای آب آبیاری	pH	CEC سانتی‌مول بر کیلوگرم	EC دسی زیمنس بر متر	SAR (میلی مول بر لیتر)$^{0.5}$	C درصد	TN درصد	فسفر قابل جذب قسمت در میلیون	کاتیونهای محلول - میلی‌اکی‌والات بر لیتر: Na	K	Ca	Mg	آنیونهای محلول - میلی‌اکی‌والات بر لیتر: CO_3^{--}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	کاتیونهای تبادلی - سانتی مول بر کیلوگرم: Na	K	Ca	Mg
فاضلاب تصفیه‌شده خانگی(T_1)	۷/۳۶۶a	۱۰/۹a	۱/۹۹a	۳/۹۱a	۱/۹۶۸a	۰/۱۲۷a	۲۹۰/۲a	۸/۹۴a	۰/۵۰۲a	۵/۵۳a	۴/۷c	۰	۲/۱۱b	۲a	۱۴/۷۹a	۱/۲۰a	۰/۵a	۵/۸۲a	۳/۹۱d
فاضلاب تصفیه‌شده خانگی + آب چاه(T_2)	۷/۳۸۲a	۱۰/۹a	۱/۹۸a	۳/۲۵b	۱/۸۲۴a	۰/۰۸۳b	۲۸۰a	۸/۵۱b	۰/۳b	۵/۱b	۵/۶ab	۰	۲/۵a	۳/۲b	۱۲/۸۹b	۱/۱۲a	۰/۲۰۲a	۵/۲۱b	۴/۲۲c
آب چاه + کود حیوانی(T_3)	۷/۵۳۸a	۱۰/۹a	۱/۶۱۸b	۳/۱۲c	۱/۸۵۸a	۰/۱۲۷a	۱۰c	۶/۶c	۰/۲c	۵/۴a	۳/۶d	۰	۲/۰۱b	۲/۸c	۱۱/۲۳c	۰/۸۲b	۶/۰۰۲a	۳/۷۹cd	
آب چاه + کود شیمیایی(T_4)	۷/۵۳۸a	۱۰/۹a	۱/۶۱۲b	۲/۲a	۱/۸۹۱a	۰/۰۸۳b	۱۲۰b	۵/۵۲d	۰/۲۰۲c	۵/۲۲a	۴/۹bc	۰	۱/۹۳۰b	۲/۸c	۱۱/۳۳c	۰/۷۱۲b	۰/۲۰۲c	۴/۸۱bc	۲/۹۹b
آب چاه(T_5)	۷/۵۳۸a	۱۰/۹a	۱/۵۳b	۲/۱۸e	۱/۸۱۶a	۰/۰۵۸c	۵۴/۲d	۵/۱e	۰/۱d	۵/۷c	۵/۸a	۰	۱/۹۱۸b	۲d	۱۱/۵c	۰/۲۲	۰/۲۰۲a	۴/۲c	۵/۶۹a
خاک قبل از کشت	۷/۵۳۸	۱۰/۹	۱/۵۳	۲/۱۸	۱/۸۱۶	۵۴/۲	۵/۱	۰/۱	۵/۷	۵/۸	۰	۱/۹۱۸	۲	۱۱/۵	۰/۲۲	۰/۲۰۲	۴/۲	۵/۶۹	

میانگین‌هابا حروف مشترک : براساس آزمون دانکن اختلاف بین آنها معنی‌دارنیست .

میانگین‌ها با حروف مختلف: براساس آزمون دانکن اختلاف بین آنها درسطح ($P<۰/۰۵$)معنی داراست .

ادامهٔ جدول شماره ۱۰ـ :انباشتگی عناصر کمیاب در عمق ۳۰- ۰ سانتیمتری خاک مورد آزمایش

عناصر کمیاب / تیمارهای آب آبیاری	آهن	روی	منگنز	مس	سرب	نیکل	کادمیوم	بر
	قسمت در میلیون							
فاضلاب تصفیه‌شده خانگی(T_1)	۱۲۰a	۴/۰۱۲a	۷/۷۹a	۱۶/۳۲a	۱۵a	۳۴/۴a	۰/۹۸a	۱/۲۷a
فاضلاب تصفیه‌شده خانگی + آب چاه(T_2)	۱۰۸b	۴/۱۳۵a	۷/۱b	۱۵/۰۶b	۱۴/۳b	۳۲/۸a	۰/۹۳a	۱/۲۲ab
آب چاه + کود حیوانی(T_3)	۸۰/۸c	۲/۴b	۶/۷c	۱۱/۴۷c	۱۱/۰۵c	۲۰b	۰/۷۵b	۱/۲b
آب چاه + کود شیمیایی(T_4)	۸۰c	۲/۳b	۶/۷c	۱۱/۵c	۱۱/۰۴c	۲۰b	۰/۸۵b	۱/۲b
آب چاه(T_5) شاهد	۷۸/۲c	۲/۳b	۶/۶۸c	۱۱/۴c	۱۰/۹۳c	۱۹/۵b	۰/۵۹b	۱/۲b
خاک قبل‌ازکاشت	۷۸/۲	۲/۳	۶/۶۸	۱۱/۴	۱۰/۹۳	۱۹/۵	۰/۵۹	۱/۲
گستره‌مجازدرخاکها	—	۳۰۰	—	۱۰۰	۱۰۰	۱	۳	—

میانگین‌هابا حروف مشترک : براساس آزمون دانکن اختلاف بین آنها معنی‌دارنیست .

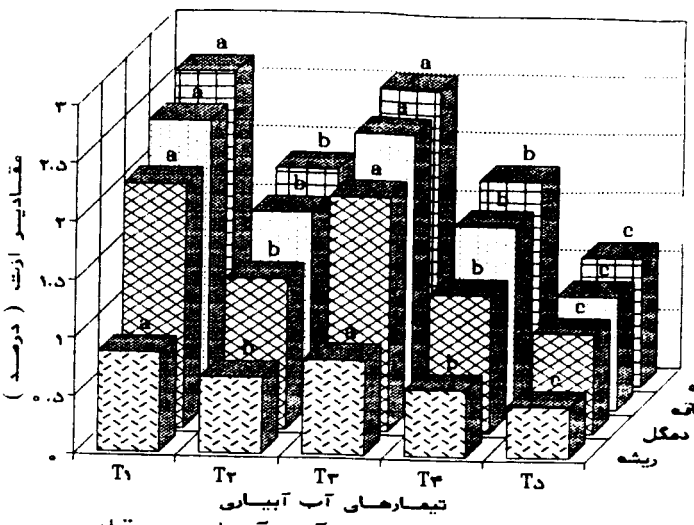
میانگین‌ها با حروف مختلف: براساس آزمون دانکن اختلاف بین آنها درسطح ($P<۰/۰۵$)معنی داراست .

جدول شماره ۱۱ : نتایج تجزیه میکروبی در عمق ۵-۰ سانتیمتری خاک پس از برداشت گوجه‌فرنگی

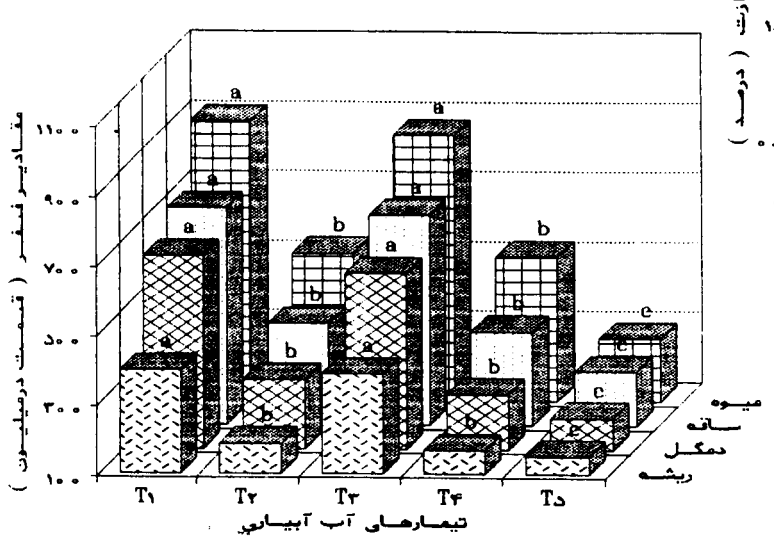
پارامترهای میکروبی / خاک		تعداد کل میکروارگانیسمها در هرگرم	باکتریهای نوع کلی‌فرم	باکتریهای سالمونلا	میکروارگانیسمهای مشاهده شده
تیمار	۱	$۲/۱۳\times۱۰^{۴}$	مدفوعی و غیرمدفوعی	+	باکتریهای کلوستریدیوم، باسیلوس، استرپتوکوک، مخمر و کرم آسکاریس
تیمار	۲	$۱/۷۳\times۱۰^{۴}$	مدفوعی و غیرمدفوعی	+	باکتریهای باسیلوس، استافیلوکوک، اکتینومیست و کرم آسکاریس
تیمار	۳	$۱/۸۴\times۱۰^{۴}$	مدفوعی	-	باکتریهای باسیلوس و کلوستریدیوم دارای هاگ
تیمار	۴	$۱/۵۳\times۱۰^{۴}$	مدفوعی	-	باکتریهای میکروکوک، باسیلوس و کلوستریدیوم
تیمار(شاهد)	۵	$۱/۲۲\times۱۰^{۴}$	مدفوعی	-	باسیلوس، کلوستریدیوم، مخمر و استرپتوکوک
مدت زمان زنده‌مانی			مدفوعی ۵۵-۸ روز غیرمدفوعی ۷۷ ۴ روز		تخمهای آسکاریس بیش از ۷ سال ویروسها از نوع پلی‌ویروس کمتر از ۱۱ روز

ادامه جدول ۱۱: نتایج تجزیه میکروبی در عمق ۵-۰ سانتیمتر خاک پس از برداشت کاهو

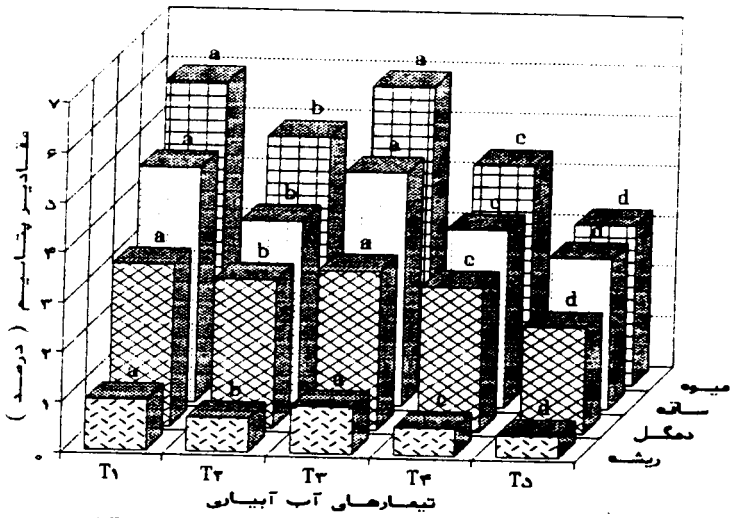
پارامترهای میکروبی / خاک		تعداد کل میکروارگانیسمها در هرگرم	باکتریهای نوع کلی‌فرم	باکتریهای سالمونلا	میکروارگانیسمهای مشاهده شده
تیمار	۱	$۷/۶۵\times۱۰^{۴}$	مدفوعی و غیرمدفوعی	+	باسیلوس کلوستریدیوم، استافیلوکوک، و کرم آسکاریس
تیمار	۲	$۲/۸۵\times۱۰^{۴}$	مدفوعی و غیرمدفوعی	+	باسیلوس، استافیلوکوک، میکروکوک و کرم آسکاریس
تیمار	۳	$۱/۳\times۱۰^{۴}$	مدفوعی	-	باکتریهای باسیلوس و کلوستریدیوم دارای هاگ
تیمار	۴	$۴/۹\times۱۰^{۳}$	مدفوعی	-	باکتریهای میکروکوک، باسیلوس و مخمر
تیمار(شاهد)	۵	$۳/۱\times۱۰^{۳}$	مدفوعی	-	باسیلوس، کلوستریدیوم، اکتینومایست
مدت زمان زنده‌مانی			مدفوعی ۵۵-۸ روز غیرمدفوعی ۷۷-۴ روز		تخمهای آسکاریس بیش از ۷ سال ویروسها از نوع پلی‌ویروس کمتر از ۱۱ روز



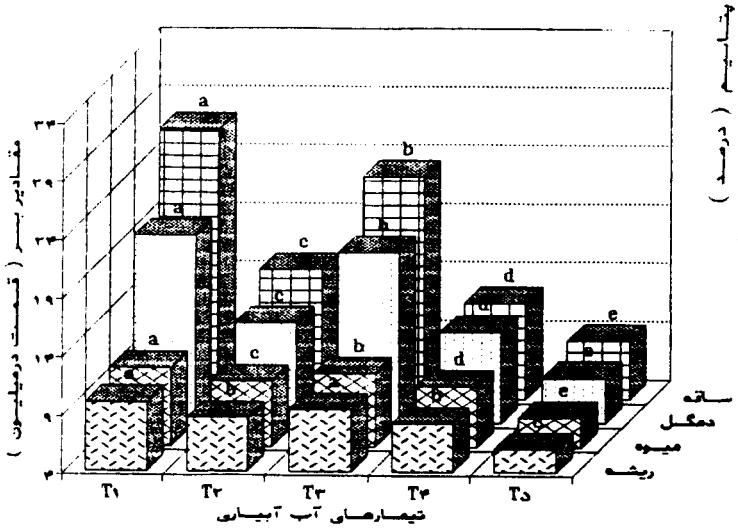
شکل ۱ – اثر تیمارهای آب آبیاری برمقادیر ازت درمیوه، ساقه، دمگل و ریشه گوجه‌فرنگی



شکل ۲ – اثر تیمارهای آب آبیاری برمقادیر فسفردرمیوه، ساقه، دمگل و ریشه گوجه‌فرنگی



شکل ۳ – اثر تیمارهای آب آبیاری برمقادیر پتاسیم‌درمیوه، ساقه، دمگل وریشه‌گوجه‌فرنگی



شکل ۴ – اثرتیمارهای آب آبیاری برمقادیر بسردرمیوه، ساقه، دمگل و ریشه گوجه فرنگی

منـــــابع

۱ - دانش، شهناز. غ. حق نیا و ا. علیزاده. ۱۳۷۰. اثر فاضلابهای تصفیه شده خانگی بر عملکرد و کیفیت محصول چغندرقند و چغندر علوفه‌ای. گزارش نهایی معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۶۸.

۲ - سالاردینی،علی اکبر و مسعود مجتهدی. مترجمان. ۱۳۷۲. اصول تغذیه گیاه. جلد دوم. تالیف منگل و کرکبی، مرکز نشر دانشگاهی.

۳ - معاونت تحقیقاتی سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۷۳. استاندارد خروجی فاضلابها. انتشارات دفتر آموزش زیست محیطی. ۴ صفحه

4 - Adriano. D.C. 1988. Trace elements in the terrestrial environ. Spinger- Verleg, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo. 520 P.

5- Angelakis, A.N., Spyridakis, S. 1996. "The Status of water resources in Minoan Times : A Preliminary Study", Diachronic climatic impacts on water resources in Mediterranean region, Springer - Verlag, Heidelberg, Germany.

6- Asano, T., Levine, A.D. 1996. "Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future", Jr. Wat. Sci. Tech., Vol. 33, No.10-11, PP: 1-14.

7 - Berg, G., and T. G. Metcalf. 1978. Indicator of viruses in water. P. 286. In: G. Berg (ed.) Indicators of viruses in water and food. Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Michigan.

8 - Boll, R., H. Dernbach and R. Kayser. 1986. Aspects of land disposal of wastewater as experienced in Germany. Wat. Sci. Tech. Vol, 18: 383-390

9 - Burau, R. B. Sheikh, R. Cort, R. Cooper and D. Ririe. 1987. Reclaimed water for irrigation of vegetables eaten raw. California Agric. Vol. 41, No. 7 and 8.

10- Jenkins, C.R., I. Papadopulos, and Y. Stylianou. 1994. Pathogens and wastewater use for irrigation in cyprus. Inproceedings. Bari, Italy, 4-8 Sept.,1994. PP. 978-989.

11 - Mahida, U. N. 1981. Water pollution and disposal of wastewater on land. Tata McGrow - Hill publishing company limited New Delhi. pp. 323.

12 - Nonnec, I. L. 1992 . Vegetable production. Van. Nostrand - reinbold, New York.

13 - Saber, M. S. M. 1986. Prolongd effect of land disposal of human waste on soil conditions. Wat. Sci. Tech. Vol. 18: 371-374.

14- Sommers, L. E., P. M. Giordano. 1984. Use of nitrogen from agricultural, industrial, and municipal wastes. ASA. CSSA-SSSA, 677 South Segoe Reod, Madison, WI 53711, USA.

15 - Shuval, H.I., A. Adin, B. Fattal, E. Rawitz, and P. Yekutiel. 1986. Wastewater irrigation in developing countries. The World Bank, Washington, D. C.

16 - Wilson, C. W., 1986. Municipal sewage effluent for irrigation Louisiana Ploytechnic Institute.