Archive of SID

اثر آبیاری با پساب بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک

فرزاد روحانی شهرکی* رسول مهدوی**
مرضیه رضایی**

(دریافت ۸۳/۱۰/۱۹ پذیرش ۸٤/۱/۱٦)

چکیده

به کارگیری فاضلاب شهری در کشاورزی بسته به خصوصیات آن می‌تواند سودمند یا زیان‌بار باشد. کیفیت فاضلاب باید با توجه به اثرات آن بر خاک، گیاه، دام و انسان ارزیابی شود. برای بررسی اثر آبیاری با پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان، بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه، از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار تیمار آبی در زمین‌های تصفیه‌خانه که به مدت ۹ سال با پساب آبیاری شده بود، استفاده گردید. تیمارهای آبی شامل : فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه (تصفیه نشده)، فاضلاب نیمه تصفیه (خروجی استخر ته‌نشینی اولیه)، فاضلاب خروجی (تصفیه شده) و آب چاه تصفیه‌خانه بود. برای بررسی خواص فیزیکی خاک از اعماق صفر تا پنج و پنج تا ده‌سانتی‌متری از هر پلات نمونه‌گیری به عمل آمد. برای مقایسه خواص فیزیکی خاک تصفیه‌خانه و خاک مزرعه مجاور که هیچ گونه تیماری در آن اعمال نشده و آبیاری آن با استفاده از چاه شخصی بوده است، از خاک مزرعه مجاور نیز نمونه‌برداری شد. برای بررسی کیفیت تیمارهای آبی در هر نوبت آبیاری از کلیه تیمارها نمونه‌گیری شد و اندازه‌گیری‌های لازم انجام گرفت. نتایج نشان داد که کلیه تیمارهای پساب از لحاظ اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و مواد معلق (SS) و تیمارهای فاضلاب ورودی و نیمه تصفیه شده از لحاظ کدورت و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5)، بیشتر از حد استاندارد ایران می‌باشند. از نظر طبقه‌بندی، فاضلاب ورودی دارای درجه متوسط است. تیمارهای پساب از نظر هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سدیم و سرب دارای میزان کمتری نسبت به آب چاه می‌باشند. کلیه تیمارها از لحاظ نفوذپذیری در درجه خوب و از نظر کلراید در درجه متوسط هستند. سرب کلیه تیمارها به مراتب کمتر از حد مجاز است. میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک و درصد رطوبت در گنجایش زراعی (FC) روند خاصی را دنبال نمی‌کند. نتایج این طرح نشان می‌دهد، که زمین آبیاری شده با پساب به مدت ۹ سال دارای جرم مخصوص ظاهری کمتر، درصد رطوبت بیشتر (در FC) و نفوذ نهایی کمتر نسبت به مزرعه مجاور آبیاری شده با آب چاه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : *پساب ، مواد معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، فاضلاب.*

*عضو هیئت علمي دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه صنعتي اصفهان
**كارشناسان ارشد مهندسي منابع طبيعي، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه صنعتي اصفهان

Effect of Irrigation with Wastewater on Certain Soil Physical and Chemical properties

Farzad Rohani Shahraki, Rasul Mahdavi **, Marziyeh Rezaee***

Abstract

Depending on effluent characteristics, irrigation with wastewater plant effluent can be either beneficial or harmful. To investigate the effects of nine years of irrigation with North Isfahan Wastewater Treatment Plant effluent on physical and chemical properties of soil, a study was carried out using a randomized complete block design with three replications. Treatments included: 1) raw wastewater; 2) effluent from primary settling basin; 3) final plant effluent and 4) well water. To investigate soil physical and chemical properties, samples were taken from depths of 0-5 cm and 5-10 cm from each plot. The results showed that raw wastewater COD and SS were higher than the Iranian Standard limits for use in irrigation. So were BOD_5 and turbidity of effluent from primary sedimentation tanks. From the results obtained, the raw wastewater may be considered to be of medium quality. However, regarding other parameters such as EC, SAR, Na and Pb, the quality of the raw wastewater was considerably higher than that of well water. All treatments showed medium infiltrability with respect to chloride concentration. The concentration of lead in well water was higher than in treated wastewater. It should be noted that lead concentration in all samples was less than the standard limits. The average soil bulk density and percentage of moisture in FC did not follow any specific trend. The results indicate that the soil irrigated with effluent over the nine years had a lower bulk density, a higher percentage of moisture, and a lower infiltration compared to adjacent soil not irrigated with wastewater. Analysis of variance for all results did not confirm any significant differences among treatments.

Key Words: *Plant Effluent, Suspended Solids, BOD_5, COD, Wastewater.*

* Faculty Member of Natural Resources,Isfahan University of Technology
** Grad. Students of Natural Resources, Isfahan University of Technology

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

فاضلاب حاصل از مصرف آب در زندگی روزمره انسان از ۹۹/۹ درصد آب و ۰/۱ درصد مخلوطی از مواد معلق معدنی و آلی و گازها تشکیل شده است [۱]. در کشورهای در حال توسعه معمولاً سه عامل را در آلودگی آب‌ها مؤثر می‌دانند که شامل رشد بی‌رویه جمعیت، توسعه ماشین‌آلات و پایین بودن آب‌بها می‌باشد[۲].

استفاده از فاضلاب در آبیاری، بسته به منطقه جغرافیایی می‌تواند سودمند یا زیان‌بار باشد، که در این راستا تحقیقات زیادی انجام گرفته است. صابر (۱۹۸۶) از ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های شنی قاهره مصر تنها گنجایش نگهداری آب در خاک را آزمایش کرده است و نشان داده که با افزایش سال‌های آبیاری با فاضلاب شهری این ویژگی افزایش یافته است[۳]. مهیدا (۱۹۸۱) نشان داده است که بهره‌گیری از فاضلاب به جای آب کانال، سبب بهبود بیشتر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند نفوذپذیری، تخلخل و پیدایش ساختمان اسفنجی خاک شده است [۴] . لک (۱۹۷۰) نشان داد که جریان فاضلاب به داخل خاک، سبب گرفتگی سطحی (۵میلی‌متر) خاک شده است و این مسئله را با تغییرات شیمیایی و میکروبی، کل مواد جامد (TS)، پلی ساکاریدها و سولفید آهن مرتبط می‌داند [۵ و۶]. وین تن و همکاران (۱۹۸۳) اثر مواد جامد معلق را بر هدایت هیدرولیکی سه نوع خاک مطالعه کردند و مشاهده کردند که کاهش در نفوذپذیری در خاک سیلتی لوم به مراتب بیشتر از خاک‌های شنی و لوم شنی می‌باشد. آن‌ها معتقدند با یک مدیریت صحیح مشکل نفوذپذیری قابل حل است. والندر و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که با افزایش بار اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و کل مواد جامد فاضلاب کارخانه گوجه فرنگی، کاهش نفوذ نهایی خاک را خواهیم داشت[۷]. رایس (۱۹۷٤) گزارش کرد که مواد معلق در گرفتگی خاک نقش مهمی دارد و نباید از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشتر باشد. وی پیشنهاد نموده است که با شخم و طولانی کردن فاصله آبیاری‌ها، هوادهی به خاک بهتر انجام می‌گیرد و مواد جا مانده زودتر تجزیه می‌شوند[۳]. سگریست (۱۹۸۷) گرفتگی خاک را بر اثر تجزیه زیاد و شدت بارگذاری تشخیص داده است. وی منطقه گرفتگی را سطح خاک و چند میلی‌متری سطح خاک تشخیص داده است[۶].

فیضی (۱۳۸۰) در مقایسه تأثیر پساب فاضلاب و آب چاه بر خاک منطقه شمال اصفهان نشان داد که هدایت الکتریکی، pH و نسبت جذب سدیم با شوری آب مصرفی ارتباط نزدیکی دارد. غلظت عناصری از قبیل سرب، روی، منگنز، مس و آهن در خاک (عمق صفر تا ٤٠سانتی‌متری) آبیاری شده با پساب فاضلاب بیشتر از خاک‌های آبیاری شده با آب چاه بود، اگر چه تفاوت معنی دار نبود[۸].

با در نظر گرفتن شرایط خشک اقلیمی ایران و به خصوص وضعیت بارندگی اصفهان که متوسط سالانه آن حدود ۱۲۰ میلی‌متر است، ضرورت استفاده بهینه از همهٔ منابع آب و از جمله فاضلاب واضح است. هدف این تحقیق بررسی اثر استفاده از پساب در مراحل مختلف تصفیه در تصفیه‌خانه شمال اصفهان واقع در منطقه برخوار بر بعضی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه است.

۲- مواد و روش‌ها

برای بررسی پیامد آبیاری با پساب بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه برخوار، دو قطعه زمین به فاصله ۵۰۰ متراز یکدیگر انتخاب شد. قطعه اول در زمین‌های تصفیه‌خانه شمال اصفهان و قطعه دوم در مزرعه مجاور تصفیه‌خانه قرار دارد. منطقه طرح دارای آب و هوای خشک و زمین‌های آن هموار و میانگین بارندگی و دمای سالانه به ترتیب ۱۲۱ میلی‌متر و ١٦ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. خاک‌های منطقه از خاک‌های سری حاجی آباد می‌باشد که عمدتاً در رده Aridisols و تحت ردهٔ Calcids قرار می‌گیرد. این خاک‌ها در هنگام خشکی، در لایه‌های بالایی، دارای شکاف‌هایی است که تا ژرفای ۳۰ سانتی‌متری امتداد دارد[۸]. برای تعیین بافت دو قطعه زمین مذکور توسط اوگر پولادی، از اعماق(۳۰-۰)، (٦۰-۳۰) ، (۹۰-٦۰) و (۱۲۰-۹۰) سانتی‌متری قطعه اول و اعماق (۱۰-۰) و (۳۰-۰) سانتی‌متری قطعه دوم نمونه‌گیری به عمل آمد. در این تصفیه‌خانه عمل تصفیه به روش بیولوژیک (لجن فعال) بدون کلرزنی انجام می‌گیرد. زمین قطعه اول به مدت۹ سال با پساب تصفیه شده آبیاری شده بود اما در قطعه زمین دوم هیچ‌گونه آبیاری با پساب صورت نگرفته بود. در قطعه اول یک طرح کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد که تیمارهای آبی به ترتیب عبارت بودند از:

۱-فاضلاب ورودی به تصفیه خانه (تصفیه نشده)

www.SID.ir

Archive of SID

۲- فاضلاب نیمه تصفیه (خروجی استخر تـه نـشینی اولیه)
۳- پساب خروجی تصفیه خانه (تصفیه شده)
٤- آب چاه تصفیه خانه

نحوه پیاده کردن طرح و مشخصات پلات‌هـا در شـکل ۱منعکس شده اسـت. گنـدم تریتیکـوم اسـتیووم[1] بـا رقـم روشن به عنوان گیاه شاخص در این طرح، با دست کـشت گردید. میزان آب مورد نیاز طرح بر اسـاس روش منتخـب برآورد گردید. این روش تقریباً بینابین روش تشتک تبخیـر و روش اصلاح شده بلینی کریدل[2] می‌باشـد کـه در منطقـه طرح، پیشنهاد شـده اسـت [۹] .بـرای رسـاندن تیمارهـای پساب ورودی و نیمـه تـصفیه بـه تانـک مـستقر در محـل آزمایش، از یک پمپ کف‌کش و ۱۵۰ متر لوله پلـی‌اتیلنـی استفاده گردید. به منظور اندازه‌گیری میـزان آب آبیـاری، از بشکه‌هایی که به شیر تخلیه و پیزومتر مجهز بودند، استفاده شد. شبکه لولـه‌گـذاری تـصفیه‌خانـه بـرای انتقـال پـساب خروجی و آب چاه مورد اسـتفاده قـرار گرفـت. دو پمـپ مجزا که عبارت بودنـد از پمـپ آب چـاه و پمـپ پـساب خروجی روی ایـن شبکه مستقـر بودند. برای تخلیـه آب درون شبکه، از یک شیر تعبیه شده به همین منظور استفاده و قبل از هر آبیـاری از تیمارهـای آبـی نمونـه تهیـه و بـه آزمایشگاه منتقل می‌شد. برای اطلاع از میزان نیتروژن آلـی، نیتروژن آمونیاک و فسفر کل در تیمارهـای پـساب از آمـار سه ساله، متوسط‌گیری شد؛ سپس عمل نمونه‌گیـری خـاک پلات‌ها انجام گرفت. برای انـدازه‌گیـری جـرم مخـصوص ظاهری از اعماق (۵-۰) و (۱۰-۵) سانتی‌متری هـر پـلات در پنج تکرار به وسیله استوانه فلـزی بـه ارتفـاع ٤ و قطـر ۷/۷ سـانتی‌متـر نمونـه‌گیـری انجـام گرفـت. بـه منظـور اندازه‌گیری درصد رطوبـت در گنجـایش زراعـی از همـان اعماق در سه تکرار نمونه‌برداری شد. سپس نمونـه هـا بـه وسیله دستگاه پی اف متر، تحت مکـش $\frac{۱}{۳}$ اتمـسفر قـرار گرفت. بعـد از تـوزین، نمونـه‌هـا را در آون بـه مـدت ۲٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قـرار داده و درصـد رطوبت آنها محاسبه گردید. اندازه‌گیـری جـرم مخـصوص حقیقی در همین دو عمق به روش پیکنومتر انجام گرفـت. در کلیه موارد مذکور عمل نمونه‌گیری و آزمایش از هر دو قطعه انجام شد. برای مقایسه سرعت نفوذ نهایی خـاک‌هـا، دو قطعه ازاستوانه های مضاعف به قطـر ٤۰ سـانتی متـر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر که از جنس آهن سفید تهیه شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. چهار حلقه رینگ در چهار پلات بلوک اول به اندازه ۱۵ سانتی‌متر در خاک کوبیـده شـد. دو حلقه هم در قطعه دوم قرار گرفت. نفوذ نهایی آب پـس از چهار ساعت، هنگامی کـه نفوذپـذیری ثابـت مانـد، انـدازه گیری شد.

۳- نتایج و بحث

ارزیابی تیمارهای آبی در سنجش با استاندارد

برای بررسی تیمارهای پساب و درجه پالایش آن‌ها، از استاندارد سازمان حفاظـت محـیط زیـست ایـران (۱۳۷۱) استفاده گردید که نتایج آن در جـدول ۱ مـنعکس گردیـده است [۲]. شایـان ذکر است کـه داوری ما تنـها بـر پایـه ویژگی‌های بررسی شده در این تحقیق می‌باشـد. از طـرف دیگر باید به ویژگی‌های بنیادی که در این جدول برای آنها مرزی گمارده نشده هم توجه کرد. لـذا در همـین راسـتا از جدول رهنمودهای ارزیابی آب آبیاری، آیرز و وست کات (۱۹۸۵) فائو نیز استفاده گردیـد[۳]. در جـدول ۲ ارزیـابی کیفیت تیمارهای آبی با استاندارد فائو آورده شده است.

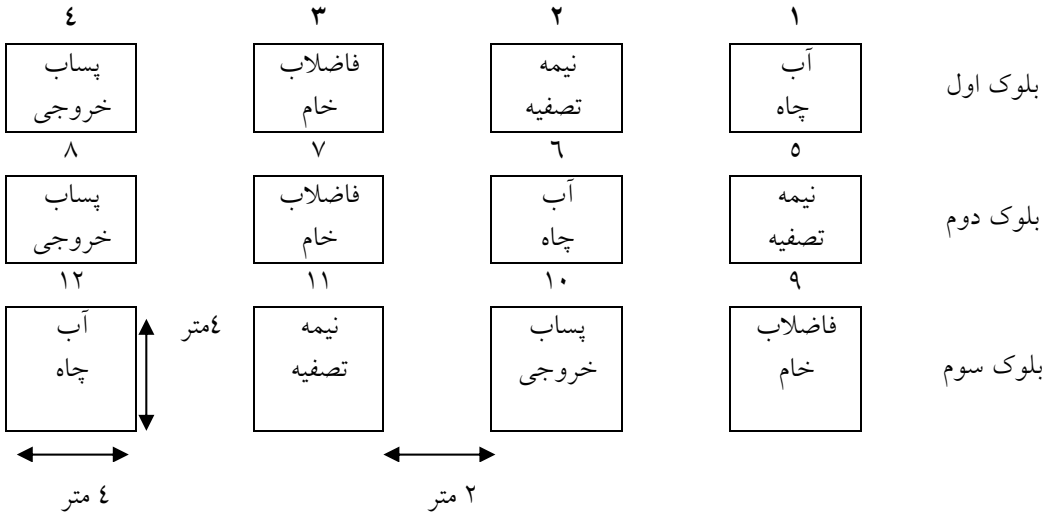
۳-۱- طبقه‌بندی فاضلاب ورودی

این تصفیه‌خانه در مقایسه بـا درجـه‌بنـدی فاضـلاب از لحـاظ pH ، ازت آلـی، اکـسیژن مـورد نیـاز بیوشـیمیایی و شیمیایی دارای درجه متوسـطی اسـت [۱۰]. از نظـر مـواد معلـق و کـل مـواد جامـد، ایـن فاضـلاب از درجـه قـوی برخـوردار اسـت [۱۱]. طبقـه‌بنـدی فاضـلاب ورودی در جدول ۳ ارائه گردیده است. آب چاه دارای ۱٦/۸میلی‌گـرم در لیتـر ازت نیتراتـی و ۰/۰۸ میلـی‌گـرم در لیتـر سـرب می‌باشد. نتایج آزمایش نشان می‌دهد که تیمارهای پساب از لحاظ شوری و میزان سـدیم و سـرب، از آب چـاه منطقـه بهتر می‌باشند.

[1] Triticum aestivum
[2] Blaney Criddle

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نحوه پیاده کردن طرح بلوک‌های کامل تصادفی

۳-۲- بافت خاک

نتایج بافت خاک در جدول ۴ منعکس شده است. بافت کلیه لایه‌های اندازه‌گیری شده رسی می‌باشد. لازم به ذکر است که مزرعه مجاور تا به حال با پساب آبیاری نشده و فقط با آب چاه مشروب گردیده است.

۳-۳- ارزیابی اراضی منطقه به خاطر استفاده از پساب

مشخصات جمع‌آوری شده پلان آزمایشی در این ارزیابی عبارت‌اند از: بافت خاک: رسی، سرعت نفوذ نهایی: ۱/٤۲ سانتی متر بر ساعت ، عمق آب تحت الارضی: ۷۰ متر، اسیدیته در عمق ۰/۵ متری سطح خاک : ۸/٤ ، ظرفیت تبادل کاتیونی: ۲۲/۸۳. با توجه به این مشخصات، این خاک از نظر بافت و نفوذپذیری برای کاربرد فاضلاب نامناسب و از لحاظ دیگر موارد مناسب می‌باشد [۱۲]. در جدول ۵ برخی از خواص فیزیکی خاک نشان داده شده است. هیچ یک از تیمارهای آبی در مورد وزن مخصوص ظاهری و حقیقی خاک و هیچ یک از تیمارهای پساب در مورد درصد رطوبت در گنجایش زراعی روند خاصی را در مدت آزمایش نداشته اند و در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. یعنی خطای آزمایش و تفاوت نقاط مختلف در موارد فوق بیشتر از تغییرات حاصله می‌باشد. وجود ترک‌های بزرگ در خاک منطقه هم در به وجود آمدن خطا بی‌تأثیر نبوده است.

جدول ۱- مقایسه کیفیت تیمارهای پساب برای استفاده در کشاورزی با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۱۳۷۱)

	اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی mg/l	اکسیژن مورد نیازشیمیایی mg/l	مواد معلق mg/l	مواد محلول mg/l	pH	تیرگی (BTU)	ازت آلی mg/l	آمونیاک mg/l	فسفر کل mg/l	سرب mg/l
استاندارد	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	---	٦-۸	۷۵	---	---	---	۱
ورودی	۲۷۸+	٤۵۲+	۳٤۷+	۸۳۰	۷/٤	> ۱۰۰+	۱٤/٤	٤۰/۷	۳۸/۲	۰/۰٤
نیمه تصفیه	۱۷۷+	۳۳۱+	۱۱۸+	۷۰٦	/۵۵ ۷	۹۲+	۱۲/٦	۳۷/٦	۳٤/۱	۰/۰۳
خروجی	۸۳	۲۳٦+	۱۱۱+	۸٤۵	/۸۵ ۷	٤۲	۹	۳٤/٤	۲۲/۹	۰/۰٦

(+) شاخص بالاتر از حد استاندارد است (- - -) حدی تعیین نشده است

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- کیفیت تیمارهای آبی با استاندارد فائو (۱۹۸۵)

	سدیم[۲] mg/L	کلسیم mg/L	منیزیم mg/L	کلر[۱] mg/l	کربنات هیدروژن[۱] mg/L	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	نسبت جذب سدیم (نفوذپذیری)	نسبت جذب سدیم [۱] (سمیت سدیم)
ورودی	۱٤٥/۷ b	۱۰۰	۲٦۰	۱۷۰/٥ b	٥٥۰ c	۱/٦٥ b	۲/٤٦ a	۲/٤٦ a
نیمه تصفیه	۱٤۱/۲ b	۹٦	۲٥٤	۱۷۰/٥ b	۲٦٥ b	۱/٤۳ b	۲/٤۲ a	۲/٤۲ a
خروجی	۱۳۸/۹ b	۹۰	۲٦۰	۱۷۳/۹ b	۲۱۰ b	۱/٤۲ b	۲/۳ a	۲/۳ a
آب چاه	٥۲۱/٦ b	۸۳	٤٦۸	۳٤٥ b	٤٥۰ b	۳/٤ c	٦/۸ a	٦/۸ b

a- بدون پیامد بد
b- درجه پیامد بد، کم تا میانه
c- درجه پیامد بد، بالا

۱- استاندارد برای آبیاری سطحی
۲- استاندارد برای آبیاری بارانی

جدول ۳- طبقه بندی فاضلاب ورودی

پارامترها	اندازه گیری شده	ضعیف	متوسط	قوی
pH	۷/٤	٦/٥	۷/٥	۸
مواد معلق، میلی‌گرم بر لیتر	۳٤۷	۱۰۰	۲۰۰	۲۷٥
کل مواد جامد، میلی‌گرم بر لیتر	۱۱۷٦	۲٥۰	٤۲٥	۸۰۰
اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، میلی‌گرم بر لیتر	۲۷۸	۲۰۰	۳٥۰	٥۰۰
اکسیژن موردنیاز شیمیایی، میلی‌گرم بر لیتر	٤٥۲	٤۰۰	۷۰۰	۱۰۰۰
نیتروژن آلی، میلی‌گرم بر لیتر	۱٤/٥	۱۰	۲٥	٤۰
نیتروژن کل، میلی‌گرم بر لیتر	٥۷	۲٥	٤۰	٦۰

جدول ۴- بافت خاک منطقه طرح

محل نمونه برداری	عمق خاک (سانتی‌متر)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک
مزرعه آزمایشی طرح	۰-۳۰	٥/٦	۲۸	٦٦/٤	رسی
مزرعه آزمایشی طرح	۳۰-٦۰	۳/٦	۲٤	۷۲/٤	رسی
مزرعه آزمایشی طرح	٦۰-۹۰	٥/٦	۲۰	۷٤/٤	رسی
مزرعه آزمایشی طرح	۹۰-۱۲۰	۷/٦	۲٦	٦٦/٤	رسی
مزرعه آزمایشی طرح	۰-۱۰	۹/٦	۲٦	٦٦/٤	رسی
مزرعه مجاور	۰-۱۰	۱۱/٦	۲۲	٦٦/٤	رسی
مزرعه مجاور	۰-۳۰	۱۱/٦	۲۰	٦۸/٤	رسی

جدول ۵- برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های نمونه برداری شده

شماره پلات	تیمار آبی	درصد رطوبت در گنجایش زراعی در عمق‌های مختلف		وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)		وزن مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	
		۰-٥ سانتی‌متر	٥-۱۰ سانتی‌متر	۰-٥ سانتی‌متر	٥-۱۰ سانتی‌متر	۰-٥ سانتی‌متر	٥-۱۰ سانتی‌متر
۱	آب چاه	۲۹/٦۲۸	۳۱/۰٦۳	۱/۲	۱/۲٥۳	۲/٦٦٥	۲/٦۷
۲	نیمه تصفیه	۲۹/۷۰٤	۲۹/٥۷۳۱	۱/۱٥	۱/۲۲۳	۲/۷۰۷	۲/٦۷۸

www.SID.ir

Archive of SID

۳	ورودی	۳۰/۲۲۷	۲۹/۱۹۵۲	۱/۲۰۸	۱/۲۲	۲/۷۲۷	۲/٦۹٥
٤	خروجی	۲۹/۹۳۱	۲۹/۹۰٤۹	۱/۲۲۲	۱/۲۲٥	۲/٦۸۸	۲/٦۸
٥	نیمه تصفیه	۲۹/۸٦۲	۲۸/۷۹۳٥	۱/۱۷۳	۱/۲۳٥	۲/۷٥	۲/٦۷۱
٦	آب چاه	۲۸/۳۹۱	۲۸/٤٥۷۲	۱/۲٦۹	۱/۲۳۲	۲/٦۲٤	۲/۷۲۹
۷	ورودی	۲۸/٥۸۹	۲۸/٥۳۱٥	۱/۲۰۱	۱/۲٥۷	۲/۷۲۱	۲/۷٤
۸	خروجی	۲۹/۳٤۹	۳۰/۱۹٥۷	۱/۲٥۳	۱/۱۸۹	۲/٤۳۲	۲/۷۳۲
۹	ورودی	۲۸/٦۰۲۱	۲۹/۸٤٦٥	۱/۱۷	۱/۲٥۳	۲/٦٤۹	۲/٦٦
۱۰	خروجی	۲۹/٦۰۲۱	۲۹/۰۳۳	۱/۲۲٤	۱/۲٦٥	۲/۷۲٥	۲/۷۸٦
۱۱	نیمه تصفیه	۳۱/۱٤۷٤	۲۸/۸٤٦۲	۱/۲۲۲	۱/۲۷۸	۲/۷۰۷	۲/٥۸٤
۱۲	آب چاه	۲۷/۸٦۲	۲۷/۰۹۲۹	۱/۱۹٦	۱/۲٤۱	۲/۷۲٦	۲/۷۳۲

جدول ۶- تجزیه واریانس وزن مخصوص ظاهری در عمق (۵-۰) سانتی‌متری

منابع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	FS
تکرار (R)	۲	۰/۰۰۲٤	۰/۰۰۱۲	۲/۳٥٦
تیمار (V)	۳	۰/۰۰۰٦۸	۰/۰۰۰۲۳	۰/٤۲۷٤
خطا (E)	٦	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۰٥۳	

جدول ۷- تجزیه واریانس وزن مخصوص ظاهری در عمق (۱۰-۵) سانتی‌متری

منابع تغییرات	درجه آزادی	SS	MS	FS
تکرار (R)	۲	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۹	۰/۹٤
تیمار (V)	۳	۰/۰۰٥۲	۰/۰۰۱۷	۱/۸۲
خطا (E)	٦	۰/۰۰٥۷	۰/۰۰۰۹٥	

۳-۴- جرم مخصوص ظاهری

جدول‌های ۶ و۷ نتایج تجزیه واریانس وزن‌مخصوص ظاهری در عمق‌های(۵-۰) و(۱۰-۵) سانتی‌متری را نشان می‌دهند. بافت خاک هر دو قسمت در عمق (۱۰-۰) سانتی‌متری رسی بوده و درصد شن، سیلت و رس آن‌ها نزدیک به هم می‌باشد، با این حال زمین‌های آبیاری شده با پساب (به مدت ۹ سال) دارای متوسط وزن مخصوص ظاهری کمتری نسبت به زمین‌های آبیاری شده باآب چاه (مزرعه) می‌باشد. این نتیجه با گزارش مهیدا (۱۹۸۱) در مورد تخلخل و اسفنجی شدن خاک‌های آبیاری شده با پساب، همخوانی دارد[۴]. این تفاوت، در ارتباط با مواد آلی موجود در پساب است.

۳-۵- درصد رطوبت در حد گنجایش زراعی (FC)

خاک آبیاری شده با آب چاه در قسمت اول دارای درصد رطوبت کمتری نسبت به خاک‌های آبیاری شده با تیمارهای پساب می‌باشد. خاک‌های آبیاری نشده با پساب در مزرعه مجاور نیز نسبت به خاک‌های آبیاری شده با پساب (به مدت۹ سال) دارای درصد رطوبت کمتری می‌باشد. موارد فوق در هر دو عمق بررسی شده صدق می‌کند. این نتیجه با گزارش صابر (۱۹۸۱) هم‌خوانی دارد[۱۳]. بهبود پیدا کردن خواص فیزیکی خاک در این راستا، در ارتباط با مواد آلی موجود در پساب می‌باشد. البته زمین‌های آبیاری نشده با پساب از کودهای شیمیایی و عمدتاً دامی استفاده کرده‌اند.

۳-۶- وزن مخصوص حقیقی

نتایج حاصله هیچ روندی را دنبال نمی‌کند. اعداد در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

۳-۷- نفوذپذیری

نتایج اندازه‌گیری نفوذ نهایی نشان داد که خاک‌های آبیاری شده با پساب دارای نفوذ نهایی ۰/۰۲۵ سانتی‌متر بر

www.SID.ir

Archive of SID

دقیقه می‌باشد؛ حال آن که خاک‌های آبیاری نشده با پساب دارای نفوذ نهایی ۰/۰٤٥ سانتی‌متر بر دقیقه است. این مقدار اختلاف در نفوذ نهایی به خاطر وجود مواد معلق در پساب و هم‌چنین تفاوت جزئی در درصد رس دو خاک می‌باشد. بررسی کیفیت تیمارهای پساب و آب چاه مزرعه در ارتباط با نفوذپذیری وضعیت مشابهی داشته و هر دو در طبقه‌بندی (۱۹۸٥) فائو در درجه خوب قرار دارند. این نتیجه با نتایج لک (۱۹۷۰)، رایس (۱۹۷٤)، سگریست (۱۹۸۷) و زانتولیس و والندر (۱۹۹۱) همخوانی دارد[۶ و۷].

٤- نتیجه گیری

٤-۱- ارزیابی کیفیت تیمارهای آبی

- پساب تصفیه شده از لحاظ اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و مواد معلق، بالاتر از مرز استاندارد ایران است.
- کلیه تیمارهای پساب از لحاظ شوری، قلیائیت، سدیم و میزان سرب، بهتر از آب چاه منطقه می‌باشند.
- کلیه تیمارها از لحاظ نفوذپذیری در وضعیت خوبی هستند.
- از نظر بی‌کربنات، پساب ورودی در درجه بالا و مابقی در درجه متوسط قرار دارند.
- سرب موجود در کلیه تیمارها از مرز استاندارد به مراتب پایین‌تر است.

٤-۲- تأثیر تیمارهای آبی بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک

- زمین‌های آبیاری شده با پساب دارای جرم مخصوص ظاهری کمتر، درصد رطوبت بیشتر در گنجایش زراعی و نفوذ نهایی کمتر نسبت به مزرعه مجاور آبیاری شده با آب چاه می‌باشند.
- خاک آبیاری شده با آب چاه دارای هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم بیشتری نسبت به تیمارهای پساب می‌باشد.
- تیمارهای پساب نه تنها هیچ‌گونه مسئله‌ای از لحاظ شوری و قلیاییت در منطقه ایجاد ننموده، بلکه شوری و قلیاییت خاک‌های منطقه را کاهش داده‌اند.
- میانگین میزان نیتروژن و فسفر موجود در خاک از تیمار ورودی تا تیمار آب چاه روند کاهشی داشته است که علت آن کاهش میزان نیتروژن و فسفر در روند تصفیه است.

٥- تشکر و قدردانی

از پرسنل محترم تصفیه‌خانه فاضلاب دولت‌آباد و هم‌چنین دانشگاه صنعتی اصفهان به خصوص دانشکده منابع طبیعی که نقش مؤثری در مراحل مختلف انجام پروژه داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- مراجع

1- Metcalf & Eddy. (2003)."*Wastewater Engineering, Treatment and Reuse.*" Forth Edition, McGraw Hill.

۲- معاونت تحقیقاتی سازمان حفاظت محیط زیست، (۱۳۷۱)."*استاندارد خروجی فاضلاب‌ها.*" انتشارات دفتر آموزش زیست محیطی،۱۰ص.

3- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. (1985). "*Water - Quality for Agriculture* ." Rev. I, FAO, Rome. 174p.

4- Mahida, N.U. (1981). "*Water Pollution and Disposal of Wastewater on Land*. " Tata McGraw - Hill Puplishing Company limited, New Delhi, 325.

۵- هیئت تحریریه، (۱۳۷۰). " ضرورت جمع آوری و تصفیه فاضلاب در ایران ". فصلنامه آب و فاضلاب کشور ، پیش شماره.

6- ROBERT, L., SOEGRIST(1987). "*Soil Clogging During Subsurface Wastewater Infiltration as Affected by Effluent Composition and Loading Rate.*" J. Environ. Qual., 16(2).

7- Xanthoulis, D. W., and Wallender., (1991). *"Furrow Infiltration and Design with Cannery Wastewater."* Transactions of ASAE, 34(6), 2390-2396.

۸- فیضی، م. (۱۳۸۰). " *مقایسه تأثیر مصرف پساب فاضلاب و آب چاه بر روی خاک و گیاه در شمال اصفهان.* " گزارش نهایی طرح ، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان.

۹- مهندسین مشاور زایند آب. (۱۳۷۰). "*طرح شبکه آبیاری دشت برخوار اصفهان.*"

۱۰- حسینیان، م.ر. (۱۳۶۹). " *اصول طراحی تصفیه خانه های فاضلاب شهری و پساب صنعتی.* " انتشارات شهر آب، فصل های اول و دهم.

۱۱- ابراهیمی ، ن. (۱۳۸۰) . " *بررسی اثر کودهای آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک و جذب عناصر به وسیله ذرت و گندم.* " پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه صنعتی اصفهان .

۱۲- شریعتی، م.ر. (۱۳۶۵). " *فاضلاب منبع غذایی و اثرات سوء آن.* " مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه ٦٨٨.

13- Saber, M.S.M. (1986). "*Prolonged Effect of Land Disposal of Human Wastes on Soil Conditions.*" Wat. Sci. Tech., (18), 371-374.

www.SID.ir