

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند بر نفوذپذیری خاک

ابراهیم محمدی پور^۱، سید رضا هاشمی^۲، عباس خاشعی سیوکی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۹

چکیده

با توجه به حجم گسترده کاربرد فاضلاب شهری و خانگی در اراضی زراعی و کشاورزی حواشی شهرهای بزرگ کشور، امروزه تحقیقات منطقه‌ای در این زمینه و مشاهده اثرات مختلف آبیاری با فاضلاب از اهمیت به سزایی برخوردار است. در این تحقیق به بررسی اثر پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند بر نفوذپذیری خاک پرداخته شد. در گام اول خاک‌ها با بافت تقریباً یکسان و با خصوصیات ۱- زمینی که ۸ سال با پساب تصفیه‌خانه بیرجند آبیاری شده‌اند و ۲- زمینی با همان بافت که تا کنون با پساب آبیاری نشده‌اند، نفوذپذیری آن‌ها را با آب شرب و استفاده از روش استوانه مضاعف اندازه گیری شد، همچنین جهت رسیدن به نتایج بهتر زمین شماره ۲ را چند نوبت با پساب آبیاری گردید و مجدداً بر روی آن آزمایش نفوذپذیری انجام شده و میزان نفوذپذیری در هر مورد بررسی قرار گرفت. سپس مقایسه میزان نفوذپذیری برای سه نمونه خاک صورت گرفته است. آبیاری با پساب بر نفوذپذیری زمین تأثیر گذاشته و باعث کاهش سرعت نفوذپذیری گردیده به طوری که سرعت نهایی نفوذ در زمینی که ۸ سال با پساب آبیاری گردیده به میزان ۶۰ درصد نسبت به زمینی با همان مشخصات که تا کنون با پساب آبیاری نشده کاهش داشته است. همچنین زمینی که تا کنون با پساب آبیاری نگردیده بود پس از ۴ مرحله آبیاری به فواصل ۱۰ روز، با کاهش نفوذپذیری به میزان ۱۱ درصد مواجه گردیده و هرچه زمین زمان بیشتری با پساب آبیاری شود باعث کاهش نفوذپذیری خاک خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری با پساب، آزمایش نفوذپذیری، استوانه مضاعف، خاک

مقدمه

پرویزی و همکاران، ۱۴۰۲). با توجه به حجم گسترده کاربرد فاضلاب‌های شهری و خانگی در اراضی و کشاورزی حواشی شهرهای بزرگ کشور، امروزه تحقیقات منطقه‌ای در این زمینه و مشاهدات اثرات مختلف آبیاری با فاضلاب از اهمیت به سزایی برخوردار است. همان طور که گفته شد محدودیت منابع آبی توجه محققان و مسئولان را به استفاده اصولی از آب‌های نامتعارف مانند آب‌های شور و پساب شهری و صنعتی معطوف ساخته است (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۹؛ همایون‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۲).

نتایج تحقیقات ابراهیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) نیز بیانگر آن است که در اثر آبیاری با پساب در مقایسه با آب متعارف، شوری خاک در لایه‌های ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری و SAR و سدیم خاک در اعماق ۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری افزایش قابل توجهی را داشته است. اخگری و همکاران (۱۳۹۲) اثر استفاده از پساب شهری بر نفوذپذیری خاک در شرایط استفاده از زئولیت را بررسی کردند. این آزمایش مشتمل بر ۵ تیمار و ۳ تکرار بود. تزریق پساب به داخل خاک به طریق غرقابی و ۱۳ مرتبه با تناوب هفتگی تکرار شد. نتایج نشان داد که کاربرد زئولیت به طور میانگین نسبت به

نفوذپذیری خاک یکی از عوامل اصلی در چرخه منابع آب به‌شمار می‌آید و یکی از مؤلفه‌های اصلی در کشاورزی است. نفوذپذیری بیشتر خاک باعث جذب بهتر آب‌های سطحی خصوصاً بارندگی‌ها گردیده و کمک به تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌کند. کمبود بارندگی‌ها و تغییرات اقلیم نیز باعث گردیده تا منابع آب هر روز کمتر و این نیز بر اهمیت مدیریت صحیح منابع آب می‌افزاید. همچنین با کاهش نفوذپذیری خاک، بارندگی‌ها به صورت رواناب در سطح زمین جاری شده و یکی از عوامل اصلی و با درجه اهمیت بالای وجود سیل نیز کاهش نفوذپذیری سطح زمین می‌باشد (صالحی و همکاران، ۱۳۸۷).

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

(*- نویسنده مسئول: (Email: Abbaskhashei@birjand.ac.ir)

لوم رسی شده است در حالی که تغییری در خاک ماسه لوم دار ایجاد نشده است. ناظم (۱۳۸۶) نشان داد که آبیاری با شیرابه به دلیل میزان مواد آلی بالای آن باعث افزایش هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری خاک و آبدهی ویژه در خاک لوم رسی شنی شده است.

استونز و همکاران در مقایسه خصوصیات خاک‌های منطقه شمال آدلاید در استرالیا که با آب و یا پساب آبیاری می‌شوند گزارش نمودند که آبیاری با پساب میزان شوری، سدیم و بر را در خاک‌های منطقه افزایش داده است، اگرچه افزایش مشاهده شده هنوز به حدی نرسیده که بر روی عملکرد محصولات کشاورزی اثر گذارد. ولی افزایش مشاهده شده در سدیم و SAR خاک از نظر تخریب ساختمان خاک و کاهش ظرفیت زهکشی آن هشداردهنده است (Stevens et al., 2003).

چنگ و همکاران و نوادا به بررسی چندین رژیم نفوذ با هدف دستیابی به سرعت نفوذ بالا در سیستم تصفیه زمینی پرداختند و نتیجه گرفتند که سرعت نفوذ آب به داخل خاک شنی در اثر انباشتی مواد آلی کاهش خواهد یافت و تجمع مواد آلی در لایه سطحی خاک مهم ترین عاملی است که باعث کاهش نفوذپذیری در خاک می‌شود (Chang et al., 1984; Nadva, 2009).

کوثر نیز گزارش کرد که حداقل یک دهم از جمعیت جهان در حال حاضر از مواد غذایی تولید شده از فاضلاب استفاده کرده و حدود ۲۰۰ میلیون هکتار اراضی در ۵۰ کشور، از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری استفاده می‌کنند (Kowsar, 2007).

همچنین خلیلی گزارش داد که ۸۰ درصد از ساکنان پاکستان برای آبیاری از فاضلاب استفاده می‌کنند (Khalili, 2011). استفاده مجدد از پساب تصفیه شده در کشاورزی با توجه به وجود مقادیر زیادی از مواد مغذی، به یک روش معمول در حفاظت از محیط زیست تبدیل شده است. دسترسی به پساب تصفیه شده، به عنوان یک منبع مطمئن آب و نیز ترکیبات آلی و مواد مغذی آن موجب می‌شود تا گیاهان کشت شده در هر زمان آب و کود کافی در اختیار داشته باشند. لازم به ذکر است که استفاده از پساب تصفیه شده در کشاورزی به عنوان یکی از بهترین روش‌های دفع فاضلاب، از انتقال آلودگی به محیط زیست و خصوصاً اکوسیستم‌های آبی جلوگیری می‌کند. همچنین، به دلیل کاهش و یا عدم استفاده از کودهای شیمیایی، اثرات نامطلوب استفاده از این کودها در کشاورزی به حداقل می‌رسد. (Rusan et al., 2007)

به بررسی خاک و گیاه در اثر آبیاری طولانی مدت با استفاده از فاضلاب تصفیه شده پرداختند و نشان دادند که استفاده طولانی مدت از این آب، باعث افزایش نمک و ماده آلی در خاک و مواد غذایی برای گیاه می‌شود.

آسانو و لوین به بررسی تأثیر فاضلاب بر روی رشد و محصول دهی گیاه ذرت پرداختند و نشان دادند که محصول ذرت هنگام آبیاری با پساب فاضلاب در مقایسه با آب معمولی افزایش می

تیمار شاهد ۱۰/۳۱ درصد سرعت نفوذ را افزایش داده و این افزایش در سطح ۵ درصد معنی دار شد ولی اثر اندازه ذرات بر سرعت نفوذ نهایی خاک معنی دار نشد. نوشادی و سلطانی (۱۳۹۵) اثرات طولانی مدت استفاده از فاضلاب تصفیه شده بر روی خصوصیات شیمیایی خاک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با توجه به بالا بودن سطح ایستابی در محل تصفیه خانه و کیفیت نامناسب آب زیرزمینی، خاک منطقه به شدت شور و سدیمی می‌باشد. به همین دلیل استفاده از فاضلاب تصفیه شده در این محل و زهکشی کردن مزارع باعث بهبود خصوصیات شیمیایی خاک نسبت به خاک شاهد گردید و این خاک برای کشاورزی مناسب شده است. ولی نژاد و همکاران (۱۳۸۱) در تحقیقات خود بر استفاده از پساب تصفیه شده، منطقه شاهین شهر اصفهان در آبیاری ذرت، به این نتیجه رسیدند که استفاده از پساب اثر معنی داری بر افزایش سرعت نفوذ نهایی آب به خاک در مقایسه با کاربرد آب چاه داشته است.

نتایج مشابهی نیز توسط عابدی کویای و همکاران، در منطقه برخوار اصفهان و با استفاده از پساب تصفیه شده منطقه شاهین شهر، در آبیاری محصولات چغندر قند، ذرت و آفتابگردان به مدت ۱۱ سال (۱۳۶۱-۱۳۷۲) به دست آمد (Abedi-Koupai et al., 2001).

تحقیقات علیزاده و همکاران (۱۳۷۶ و ۱۳۷۴) نشان داد که آبیاری محصول ذرت با استفاده از پساب تصفیه شده شهر مشهد به مدت دو سال و تا پایان سال زراعی، کاهش ۱۵/۶ درصدی ظرفیت نفوذپذیری خاک را در مقایسه با زمان قبل از آغاز آزمایش به دنبال داشته است. مطابق بررسی به عمل آمده، دلیل اصلی این امر میزان بالای مواد جامد معلق موجود در فاضلاب بوده و کیفیت شیمیایی فاضلاب در این خصوص بدون تأثیر می‌باشد.

شادکام و همکاران (۱۳۸۵) نیز در اثر آبیاری با پساب کاهش چشمگیری را در هدایت هیدرولیکی خاک‌های مورد مطالعه مشاهده نمودند. 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. هم چنین بیان داشت که غلظت عناصری از قبیل سرب، روی، منگنز، مس و آهن در خاک (عمق صفر تا ۴۰ سانتی متری) آبیاری شده با پساب فاضلاب بیشتر از خاک‌های آبیاری شده با آب چاه بود، اگرچه تفاوت معنی دار نیست.

روحانی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی تأثیر فاضلاب بر خصوصیات فیزیکی خاک بیان داشتند که زمین آبیاری شده با پساب دارای جرم مخصوص ظاهری کمتر، درصد رطوبت بیشتر در (FC) و نفوذ نهایی کمتر نسبت به مزرعه مجاور آبیاری شده با آب چاه است. میرزایی (۱۳۸۶) نشان داد که شیرابه به دلیل داشتن SAR بالا باعث پراکندگی ذرات خاک و کاهش هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری خاک

اثرات پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند بر خصوصیات خاک زمین‌های اطراف تصفیه‌خانه، به‌خصوص نفوذپذیری بررسی و ارائه گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند در شمال غرب این شهر در زمینی به مساحت ۶۰ هکتار و در فاصله ۹ کیلومتری شهر در مسیر جاده بیرجند کرمان واقع شده‌است (شکل ۱). روش تصفیه فاز اول این تصفیه‌خانه بیولوژیکی و به‌روش برکه تثبیت (برکه بی‌هوازی، اختیاری و تکمیلی) بوده که دارای دو خط جریان موازی به ظرفیت تصفیه ۱۰۵۰۰ متر مکعب فاضلاب در شبانه‌روز می‌باشد. خط اول جریان در تیر ماه ۱۳۸۴ و خط دوم آن در مرداد ماه ۱۳۹۱ به بهره برداری رسیده است و فاز دوم تصفیه‌خانه به‌روش لجن فعال در حال ساخت است.

یابد (Asano and Levine, 1996).

با توجه به این که بیشترین استفاده آب در تمامی اشکال مصرف (شرب، کشاورزی و صنعت) در کشور و خصوصاً در استان خراسان جنوبی از منابع آب‌های زیر زمینی می‌باشد و ضرورت حفاظت از این منابع و جایگزین کردن آب مصرف شده از این منابع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (مقدم‌منش و معصومی لنگرودی، ۱۳۹۹). همچنین به‌دلیل اهمیت نفوذپذیری خاک در منابع آب (تغذیه آب‌های زیر زمینی و کاهش سیل خیزی) و کشاورزی و همچنین وجود پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به‌عنوان یک منبع آبی پایدار، ضرورت انجام این تحقیق با رویکرد حفظ منابع آب امری بدیهی می‌باشد (شهیدی و همکاران، ۱۳۹۹). نظر به این که تنها تأمین کننده آب شرب در شهر بیرجند منابع آب‌های زیرزمینی بوده و با توجه به شرایط منطقه و اهمیت ویژه به منابع آبی لزوم بررسی موردی تأثیر پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بیرجند از این منظر ضروری به نظر می‌رسد. بررسی‌ها نشان داد تا کنون تحقیقی در مورد اثر پساب تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند بر نفوذپذیری خاک انجام نشده است، بنابراین در این پژوهش



شکل ۱- موقعیت تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند نسبت به شهر

پساب و هم با آب چاه آبیاری انجام داده‌بودند لذا از زمین‌های داخل تصفیه‌خانه که اطلاعات کامل آبیاری آن در دست بود برای این منظور انتخاب گردید.

بررسی‌های اولیه نوع بافت خاک، برای انتخاب دو زمین با بافت یکسان به‌صورت دستی انجام گردید و پس از بررسی‌های انجام گرفته دو محل (نقطه شماره ۱ زمینی که حدود ۸ سال با پساب آبیاری گردیده مربوط به فضای سبز تصفیه‌خانه و نقطه شماره ۲ باغچه‌ای در مجاور نقطه اول که تاکنون با پساب آبیاری نشده) موقعیت نقاط در تصفیه‌خانه فاضلاب در شکل ۲ مشخص شده‌است جهت نمونه برداری خاک انتخاب گردید.

شناسایی زمین مورد نظر جهت انجام طرح

در ابتدا زمین‌های مورد نظر با این فرض که با پساب تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند آبیاری شده باشند و همچنین زمینی که تا کنون با پساب آبیاری نگردیده مورد بررسی و شناسایی قرار گرفت. با توجه به اینکه حالت مقایسه‌ای برای نفوذ این دو نوع خاک مورد نظر بود سعی گردید خاک‌ها با بافت یکسان انتخاب گردد. برای این منظور زمین‌های کشاورزی محدوده مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به اینکه زمین‌های کشاورزی مربوط به چاه‌های کشاورزی اطراف اطلاعات کاملی از میزان و نوع آبیاری آن در دست نبود و کشاورزان برنامه مشخصی برای آبیاری با پساب نداشتند و به‌صورت نامشخص هم با



شکل ۲- موقعیت مکان‌های انتخاب شده برای انجام آزمایش در تصفیه‌خانه

جدول ۱- برخی از مشخصات خاک محل آزمایش

نمونه خاک	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	Ph	درصد مواد آلی	Ec
خاک ۸ سال آبیاری شده با پساب	۵۰	۴۲	۸	لوم	۶/۷	۲/۲	۱۱۰۰
خاک آبیاری نشده با پساب	۵۶	۳۸	۶	لندی لوم	۶/۱	۱/۰۳	۱۰۶۶

می‌گردد. باتوجه به اینکه پساب خروجی برای مصارف آبیاری و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد لذا با استانداردهای مربوطه کنترل می‌گردد.

کیفیت آب مورد استفاده برای آبیاری

آب مورد استفاده برای آبیاری قسمتی از فضای سبز تصفیه‌خانه و موارد بهداشتی از چاه‌های موجود در همان منطقه می‌باشد. همچنین زمین شماره ۲ مورد آزمایش با این آب آبیاری شده‌است.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش استوانه مضاعف برای زمین با مشخصات ۸ سال آبیاری شده با پساب

برای این زمین در دو مرحله آزمایش استوانه مضاعف انجام گردیده‌است. در آزمایش اول، در دو دقیقه اول ۶ میلی‌متر نفوذ مشاهده شده‌است و به عبارتی سرعت نفوذ ۳ میلی‌متر در دقیقه بوده است. سرعت نفوذ در دوره‌های زمانی اندازه‌گیری شده به‌ندرت کاهش یافته تا در دقیقه ۲۰ به‌بعد خیلی کاهش داشته و متوسط نفوذ در ۲۰ دقیقه ابتدای نفوذ ۱/۱ میلی‌متر می‌باشد. همچنین با ادامه آزمایش از دقیقه ۲۰ به‌بعد روند کاهشی نفوذ خیلی کم بوده به‌طوری‌که از دقیقه ۱۸۲ به‌بعد سرعت نفوذ ۰/۲۷ میلی‌متر بر دقیقه

آزمایش نفوذپذیری خاک به‌روش استوانه مضاعف

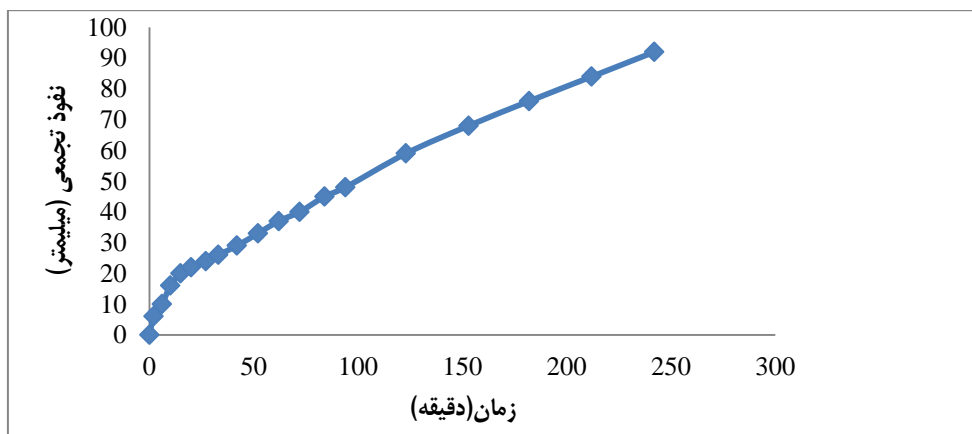
پس از مشخص شدن بافت خاک‌ها و اطمینان از یکسان بودن بافت خاک‌ها، برای تعیین نفوذپذیری خاک با توجه به امکانات موجود از استوانه‌های مضاعف مطابق استاندارد ASTM D3385-03 استفاده گردید. برای این منظور از دو سری استوانه به‌طور همزمان در هر یک از نقاط (زمین ۸ سال آبیاری شده با پساب و زمین آبیاری نشده با پساب) آزمایش نفوذپذیری انجام گردید. حلقه‌ها به‌صورت متحدالمرکز مقداری در خاک فرو برده شده و کف استوانه داخلی به‌منظور دقت اندازه‌گیری ابتدای نفوذ با نایلون پوشیده گردید و دو حلقه با آب محل پر گردید. پس از پر شدن استوانه‌ها همزمان با برداشتن نایلون از کف استوانه داخلی ثبت میزان افت سطح آب در زمان‌های مشخص صورت گرفت. آزمایش نفوذ در دو دوره زمانی نیم ساعته متوالی تا زمانی ادامه پیدا کرد که میزان نفوذ ثابت شد. همچنین، برای اطمینان و رسیدن به نتایج بهتر، زمینی که قبلاً فقط با آب آبیاری شده بود برای ۴ مرحله هر ۱۰ روز با پساب آبیاری گردید و مجدداً برای آن آزمایش نفوذپذیری انجام گردید.

کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند مورد استفاده برای آبیاری

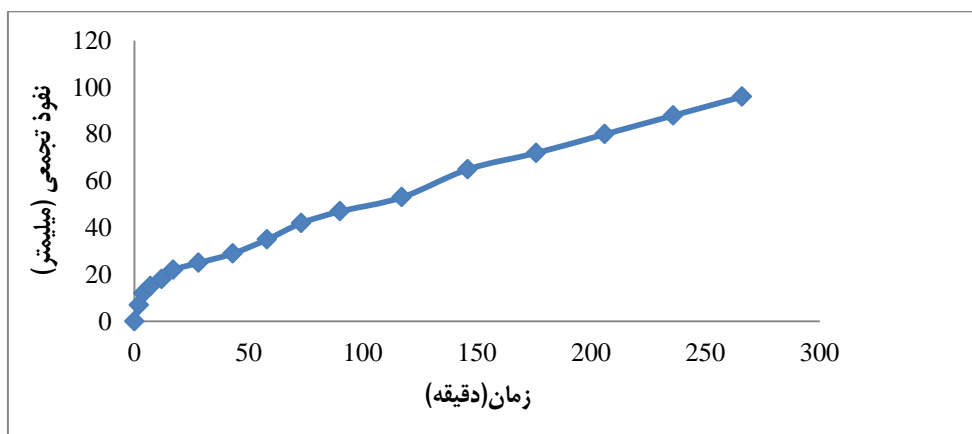
آزمایشات کیفی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب بیرجند در دوره‌های زمانی مشخص انجام و به‌صورت ماهیانه مورد بررسی و گزارش

شده و ثابت گردیده‌است. کل مدت آزمایش ۲۴۲ دقیقه و متوسط نفوذ در این مدت نیز ۰/۳۸ میلی‌متر در دقیقه اندازه‌گیری شده‌است. در آزمایش دوم، نفوذ در دو دقیقه اول ۷ میلی‌متر با سرعت ۳/۵ میلی‌متر بر دقیقه بوده است. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده سرعت نفوذ در این آزمایش نیز از دقیقه ۱۷ به بعد خیلی کاهش داشته و متوسط

نفوذ در این ۱۷ دقیقه ۱۷ میلی‌متر در دقیقه بوده است. (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳- نمودار نفوذ برای زمین ۸ سال آبیاری شده با پساب (آزمایش ۱)



شکل ۴- نمودار نفوذ برای زمین ۸ سال آبیاری شده با پساب (آزمایش ۲)

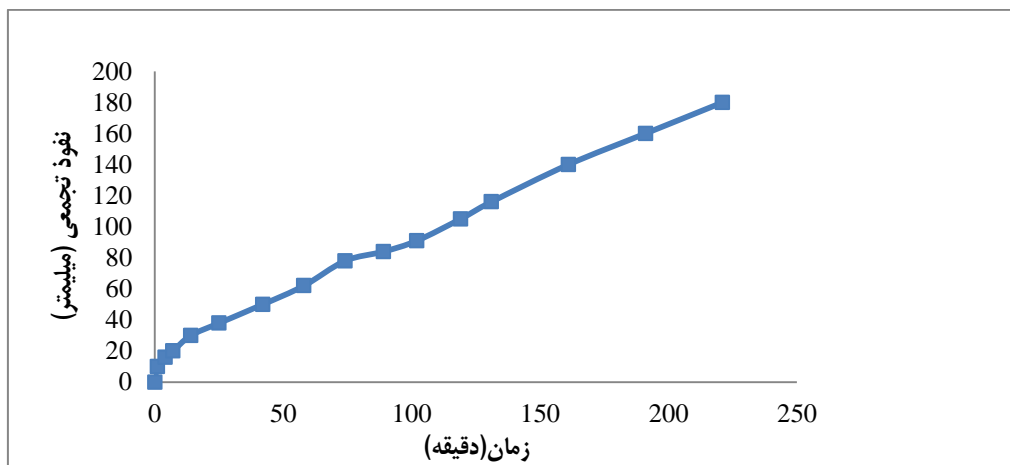
نتایج آزمایش استوانه مضاعف برای زمین با مشخصات آبیاری نشده با پساب

برای این زمین در دو مرحله آزمایش استوانه مضاعف انجام گردیده‌است. در آزمایش اول، در دقایق اولیه آزمایش سرعت نفوذ حدود ۱۰ میلی‌متر در دقیقه بوده است. سرعت نفوذ تا دقیقه ۱۴ تقریباً بالا و به‌طور متوسط ۲/۱۴ میلی‌متر در دقیقه بوده است. همچنین با ادامه آزمایش از دقیقه ۱۴ به بعد خیلی کمتر تا در دقیقه ۱۶۰ به بعد سرعت نفوذ ۰/۶۷ میلی‌متر بر دقیقه شده و ثابت گردیده‌است. کل مدت آزمایش ۲۲۱ دقیقه و متوسط نفوذ در این مدت نیز ۰/۸۱۴

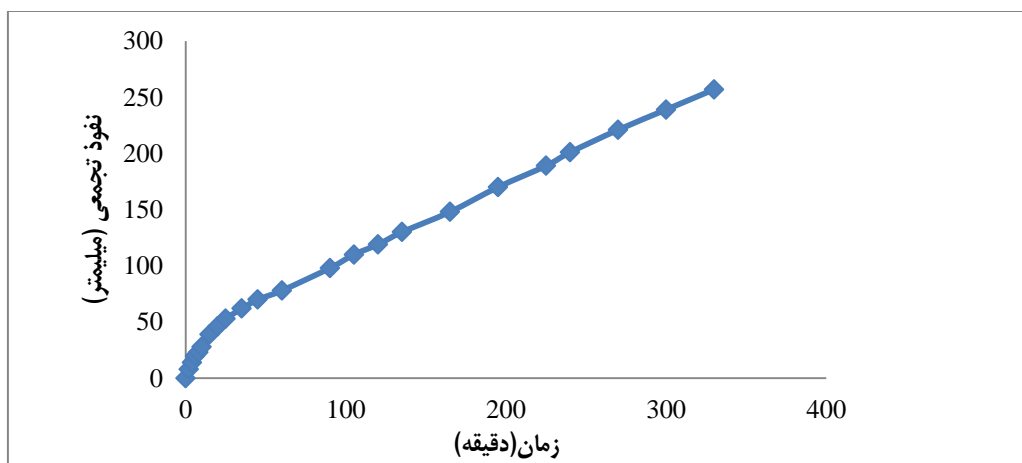
میلی‌متر در دقیقه اندازه‌گیری شده‌است. در آزمایش دوم، نفوذ در دقایق اولیه بالا بوده و متوسط سرعت نفوذ در ۲۰ دقیقه اول ۲ میلی‌متر بر دقیقه بوده است. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده سرعت نفوذ در این آزمایش نیز از دقیقه ۲۰ به بعد خیلی کاهش داشته و متوسط نفوذ در کل مدت انجام آزمایش که ۲۴۱ دقیقه می‌باشد، ۰/۷۸ میلی‌متر در دقیقه اندازه‌گیری شده‌است سرعت نفوذ از دقیقه ۱۸۱ به بعد ثابت و ۰/۶۷ میلی‌متر در دقیقه بوده است. سرعت نهایی نفوذ در هر دو آزمایش برابر هم و به میزان ۰/۶۷ میلی‌متر در دقیقه می‌باشد که باز هم نشانگر صحت نتایج آزمایشات هست (شکل ۵).

برای این زمین در دو مرحله آزمایش استوانه مضاعف انجام گردیده‌است. در آزمایش اول، در دقایق اولیه آزمایش سرعت نفوذ حدود ۱۰ میلی‌متر در دقیقه بوده است. سرعت نفوذ تا دقیقه ۱۴ تقریباً بالا و به‌طور متوسط ۲/۱۴ میلی‌متر در دقیقه بوده است. همچنین با ادامه آزمایش از دقیقه ۱۴ به بعد خیلی کمتر تا در دقیقه ۱۶۰ به بعد سرعت نفوذ ۰/۶۷ میلی‌متر بر دقیقه شده و ثابت گردیده‌است. کل مدت آزمایش ۲۲۱ دقیقه و متوسط نفوذ در این مدت نیز ۰/۸۱۴

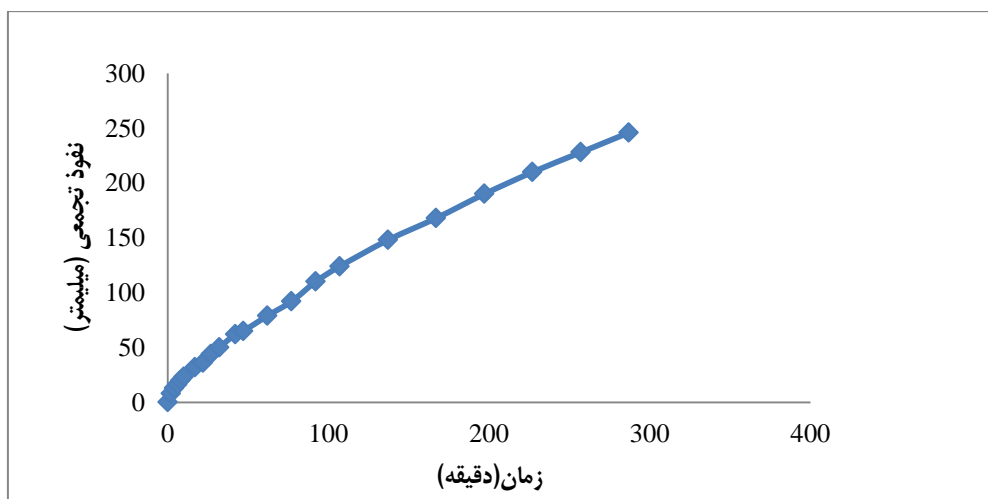
برای این زمین در دو مرحله آزمایش استوانه مضاعف انجام گردیده‌است. در آزمایش اول، در دقایق اولیه آزمایش سرعت نفوذ حدود ۱۰ میلی‌متر در دقیقه بوده است. سرعت نفوذ تا دقیقه ۱۴ تقریباً بالا و به‌طور متوسط ۲/۱۴ میلی‌متر در دقیقه بوده است. همچنین با ادامه آزمایش از دقیقه ۱۴ به بعد خیلی کمتر تا در دقیقه ۱۶۰ به بعد سرعت نفوذ ۰/۶۷ میلی‌متر بر دقیقه شده و ثابت گردیده‌است. کل مدت آزمایش ۲۲۱ دقیقه و متوسط نفوذ در این مدت نیز ۰/۸۱۴



شکل ۵- نمودار نفوذ برای زمین آبیاری نشده با پساب (آزمایش ۱)



شکل ۶- نمودار نفوذ برای زمین ۴ نوبت آبیاری شده با پساب (آزمایش ۱)



شکل ۷- نمودار نفوذ برای زمین ۴ نوبت آبیاری شده با پساب (آزمایش ۲)

دقیقه اندازه گیری شده‌است. با مقایسه این دو مشخص می‌گردد ۸ سال آبیاری زمین با پساب به مقدار حدود ۶۰ درصد از نفوذپذیری آن کاسته است که نتیجه می‌شود پساب تصفیه خانه فاضلاب بیرجند موجب کاهش نفوذپذیری خاک می‌گردد. همچنین کاهش نفوذپذیری زمینی که تا کنون با پساب آبیاری نشده بود پس از چند مرحله آبیاری با پساب، به میزان حدود ۱۰/۴ درصد که از ۰/۶۷ میلی‌متر در دقیقه به ۰/۶ میلی‌متر در دقیقه رسیده است نیز این فرضیه را مشخص‌تر می‌نماید که پساب تصفیه خانه فاضلاب بیرجند موجب کاهش نفوذپذیری خاک گردیده‌است. نتایج فوق با نتایج شاکرمی و همکاران (۱۳۹۴) که بر بررسی اثرات فاضلاب شهری و کمپوست زباله شهری بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحقیق کردن مخالف است چون آنها نتیجه گرفتند که اثر توأمان فاضلاب و کمپوست باعث افزایش هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود و در این تحقیق از کمپوست استفاده نشده است (شکل ۸)

نتایج آزمایش استوانه مضاعف برای زمین با مشخصات ۴ نوبت آبیاری شده با پساب

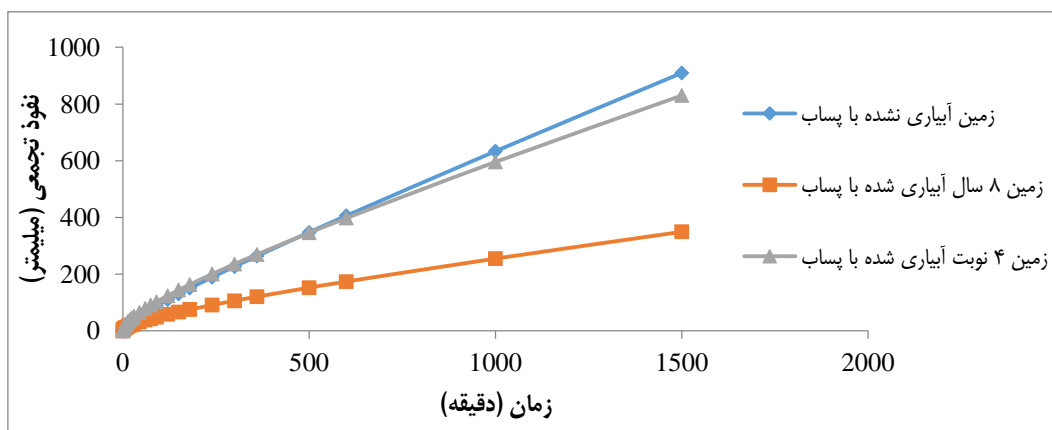
زمینی که تا کنون با پساب آبیاری نگردیده بود پس از ۴ مرحله آبیاری با پساب در دو نوبت آزمایش نفوذپذیری انجام گردید که نتایج آن در شکل‌های ۶ و ۷ آورده شده‌است. سرعت نفوذ نهایی اندازه گیری شده در این دو آزمایش نیز مساوی و به میزان ۰/۶ میلی‌متر در دقیقه بوده است. مدت زمان آزمایش در آزمایش اول ۳۳۰ و در آزمایش دوم ۲۸۷ دقیقه بوده است.

مقایسه میزان نفوذپذیری سه نمونه خاک مورد آزمایش

با توجه به نتایج آزمایش استوانه مضاعف برای هر یک از زمین‌ها و نتایج نهایی نفوذ مشخص گردید زمینی که ۸ سال با پساب آبیاری گردیده‌است دارای کمترین میزان نفوذپذیری به مقدار ۰/۲۷ میلی‌متر در دقیقه بوده است و بیشترین میزان نفوذپذیری مربوط به زمینی است که تا کنون با پساب آبیاری نگردیده معادل ۰/۶۷ میلی‌متر بر

جدول ۲- مقادیر سرعت نفوذ محاسبه شده در آزمایشات استوانه مضاعف

سرعت نفوذ اولیه (میلی‌متر بر دقیقه)	متوسط سرعت نفوذ در طی زمان آزمایش (میلی‌متر بر دقیقه)	سرعت نهایی نفوذ (میلی‌متر بر دقیقه)	زمان محاسبه شده برای نفوذ اولیه	زمان کل	شماره آزمایش	زمین آزمایش
۱/۱	۰/۳۸	۰/۲۷	۲۰	۲۴۲	۱	زمین ۸ سال آبیاری شده با پساب
۱/۵	۰/۳۶	۰/۲۷	۱۷	۲۶۶	۲	زمین آبیاری نشده با پساب
۲/۱۴	۰/۸۱۴	۰/۶۷	۱۴	۲۲۱	۱	زمین ۴ نوبت آبیاری شده با پساب
۲	۰/۷۸	۰/۶۷	۲۰	۲۴۱	۲	زمین ۸ سال آبیاری شده با پساب
۲/۱۲	۰/۷۸	۰/۶	۲۵	۳۳۰	۱	زمین ۴ نوبت آبیاری شده با پساب
۱/۶۳	۰/۸۵۸	۰/۶	۲۷	۲۸۷	۲	زمین ۸ سال آبیاری شده با پساب



شکل ۸- نمودار مقایسه‌ای میزان نفوذ در زمان‌های مساوی برای سه نوع زمین مورد آزمایش

نتیجه گیری

و اجزا عملکرد گیاه تریپتیکاله. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۵): ۱۵۷۱-۱۵۸۲.

علیزاده، ا. ۱۳۷۴. استفاده از پساب تصفیه شده خانگی در آبیاری سبزیجاتی که به صورت خام مصرف می شوند. وزارت نیرو، معاونت امور آب و فاضلاب شهری، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، گزارش نهایی طرح پژوهشی.

علیزاده، ا. ۱۳۷۶. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری چغندر قند. وزارت نیرو، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، گزارش نهایی طرح پژوهشی.

فیضی، م. ۱۳۸۰. مقایسه تأثیر پساب فاضلاب و آب چاه بر روی خاک و گیاه در شمال استان اصفهان. مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان.

مقدم منش، م. و پورمعصومی لنگرودی، س. ۱۳۹۹. تراژدی منابع مشترک در استفاده از منابع آب های زیر زمینی در بخش کشاورزی. فصلنامه مطالعات مدیریت راهبردی. ۱۱(۴۲): ۷۷-۹۸.

میرزایی، م. ج. ۱۳۸۶. بررسی تصفیه زمینی شیرابه کمپوست کارخانه کود آلی اصفهان و تأثیر کاربرد زئولیت. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

نوشادی، م. و سلطانی مارگانی، س. ۱۳۹۵. اثرات طولانی مدت استفاده از فاضلاب تصفیه شده بر روی خصوصیات شیمیایی خاک. نخستین همایش تاب آوری زیست بوم، شیراز.

همایون نژاد، ا.، شجاعی، س. و امیریان، پ. ۱۴۰۲. بررسی تأثیرات دراز مدت مصرف پساب بر روی اعماق مختلف خاک. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲۵(۵): ۸۷-۹۸.

Abedi-Koupai, J., Afyuni, M., Mostafazadeh, B. and Bagheri, M.R. 2001. Influence of Treated Wastewater and Irrigation Systems on Soil Physical Properties in Isfahan Province. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID- CIID. September 19-20, 2001. Seoul, Korea.: 165-173

Asano, T. and Levine, A.D. 1996. Wastewater reclamation, recycling, and reuse: past, present, and future. Water Science and Technology. 33(10-11):1-14

Chang, A.C., Warneke, J.E., Page, A.L. and Lund, L.J.

نتایج نشان داد که سرعت نهایی نفوذ در زمینی که ۸ سال با پساب آبیاری گردیده ۰/۲۷ میلی متر در دقیقه اندازه گیری شده است و زمینی که تا کنون با پساب آبیاری نگریده سرعت نفوذ در آن ۰/۶۷ میلی متر در دقیقه بوده و همین زمین پس از ۴ مرحله آبیاری با پساب با سرعت نهایی نفوذ ۰/۶ میلی متر در دقیقه مواجه شده است. پساب تصفیه خانه فاضلاب بیرجند باعث کاهش نفوذپذیری خاک می گردد و هر چه دفعات آبیاری با پساب بیشتر باشد نفوذپذیری خاک کمتر می شود.

منابع

ابراهیمی زاده، م. ع.، حسینی، ع. و احمدی رام، م. ۱۳۸۵. حداقل اثرات زیست محیطی پساب فاضلاب شهری بر خاک در کشت ذرت. مجموعه مقالات اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.

اخگری، م.، منصوری، ا. و منصوری، س. ۱۳۹۲. اثر استفاده از پساب شهری بر نفوذپذیری خاک در شرایط استفاده از زئولیت. اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار، تهران.

پرویزی، ی.، گرامی، ز. و عرب خدری، م. ۱۴۰۲. شاخص های پایداری ساختمان خاک و نفوذپذیری خاک متأثر از عملیات مدیریت و حفاظت خاک در حوزه آبخیز رزین استان کرمانشاه. مهندسی و مدیریت آبخیز. -

روحانی شهرکی، ف.، مهدوی، ر. و رضایی، م. ۱۳۸۴. اثر آبیاری با پساب بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک. مجله آب و فاضلاب، ۱۶(۵۳): ۲۹-۲۳.

شادکام، س.، دانش، ش.، علیزاده، ا. و پروان، م. ۱۳۸۵. بررسی استفاده مجدد از فاضلاب خام و پساب تصفیه شده بر هدایت هیدرولیکی بافت های مختلف خاک. مجموعه مقالات اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.

شاکرمی، م.، معروفی، ص. و رحیمی، ق. ۱۳۹۴. بررسی اثرات فاضلاب شهری و کمپوست زباله شهری بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک. آب و خاک. ۲۹(۶): ۱۶۱۲-۱۶۲۸.

شهیدی، ع.، فراتی، ف. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۹. بررسی اثر توأم تنش آبی و آبیاری با پساب فاضلاب شهری بر عملکرد

- of Hydrology. 420:275-283.
- Stevens, D.P., McLaughlin, M.J. and Smart, M.K. 2003. Effects of long-term irrigation with reclaimed water on soils of the Northern Adelaide Plains, South Australia. *Soil Research*. 41(5):933-948.
- Rusan, M.J.M., Hinnawi, S. and Rousan, L. 2007. Long-Term Effect of Wastewater Irrigation of Forage Crops on Soil And Plant Quality Parameters. *Desalination*. 215(1-3):143-152.
1984. Accumulation of heavy metals in sewage sludge-treated soils (Vol. 13, No. 1, pp. 87-91). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.
- Khalili, N. 2011. *Practical sustainability: From grounded theory to emerging strategies*. Springer.
- Nadva, I., Arye, G., Tarchitzky, J. and Chen, Y. 2012. Enhanced infiltration regime for treated wastewater purification in soil aquifer treatment (SAT). *Journal*

Investigating the Effect of the Wastewater Treatment of Birjand City on Soil Permeability

E. Mohammadipour¹, S. R. Hashemi², A. Khashei Siuki^{3*}

Received: Apr.05, 2024

Accepted: Jun.08, 2024

Abstract

Due to the large volume of municipal and domestic wastewater application in agricultural and agricultural lands on the outskirts of big cities of the country, today, regional research in this field and observing the different effects of irrigation with wastewater is of great importance. This research investigated the effect of effluent from the Birjand wastewater treatment plant on soil permeability. In the first step, soils with almost the same texture and with the characteristics of 1- land that has been irrigated for 8 years with the effluent of Birjand treatment plant and 2- land with the same texture that has not been irrigated with sewage until now, their permeability with potable water and using the method The double cylinder was measured, and to achieve better results, plot number 2 was irrigated several times with wastewater, and the permeability test was performed on it again, and the permeability rate was checked in each case. Then, the permeability of three soil samples has been compared. Irrigation with wastewater has affected the permeability of the land and caused a decrease in the rate of permeability so that the final rate of infiltration in the land that has been irrigated with wastewater for 8 years has decreased by 60% compared to the land with the same characteristics that have not been irrigated with wastewater. Also, the land that has not been irrigated with wastewater until now, after 4 stages of irrigation at intervals of 10 days, has a decrease in permeability by 11%, and the more time the land is irrigated with wastewater, it will decrease the permeability of the soil.

Keywords: Birjand, Double Ring Test, Infiltration, Irrigation with Wastewater

1- MSc Graduate, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

3- Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

(*-Corresponding author Email: Abbaskhashei@birjand.ac.ir)