نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال چهارم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۴

ISSN 2251-7480

تاثیر کیفیت آب آبیاری بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در اراضی تحت کشت برنج

(*Oryza Sativa*)

نجمه خدادادی[۱]، شجاع قربانی دشتکی[۲*] و شهرام کیانی[۳]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد؛ گروه مهندسی علوم خاک؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

۲*) دانشیار؛ گروه علوم خاک؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: shoja2002@yahoo.com

۳) استادیار؛گروه علوم خاک؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۳/۳۱

چکیده

رشدروزافزون جمعیت وافزایش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی از یکسو و خشکسالی‌های پی‌درپی، حفاظت بیشتر از منابع آب و خاک را اجتناب ناپذیر نموده است. این مهم موجب شده است که از آب‌های با کیفیت نامناسب برای آبیاری زمین‌های کشاورزی استفاده شود. هدف از این پژوهش بررسی اثر آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی و آب رودخانه بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک بود. بدین منظور، این پژوهش در زمین‌های کشاورزی منطقه زرین‌شهر واقع در شهرستان لنجان که تحت آبیاری با پساب‌های شهری، صنعتی (هرکدام به مدت ۸ سال) و آب رودخانه (۲۰ سال) قرار داشتند انجام شد. پس از بررسی دقیق برای هر یک از تیمارهای ذکر شده در ۴ تکرار از هر زمین نمونه‌های خاک تهیه شده و ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی موجب افزایش جرم ویژه ظاهری از ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب (در تیمار آبیاری با آب رودخانه) به ۱/۶ و ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب شد. پسآبیاری موجب افزایش پایداری خاکدانه‌ها به مقادیر ۰/۶۷ و ۰/۶۹ میلی‌متر در پساب‌های شهری و صنعتی نسبت به تیمار آب رودخانه (۰/۲۷ میلی‌متر) شد. کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و نفوذپذیری و دوکوهانه شدن منحنی رطوبتی خاک از جمله دیگر واکنش‌های ویژگی‌های فیزیکی خاک به استفاده از پساب‌های شهری و صنعتی بود. نتایج این پژوهش نشان داد پسآبیاری بر ویژگی‌های فیزیکی یاد شده اثر منفی داشته و موجب تغییر در توزیع اندازه منافذ شدند از این نظر پیشنهاد می‌شود به هنگام استفاده درازمدت از پساب‌ها تاثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکی خاک پایش گردد.

کلید واژه‌ها: پساب شهری؛ پساب صنعتی؛ ویژگی‌های فیزیکی خاک

مقدمه

با توجه به اهمیت کشاورزی پایدار در دو دهۀ اخیر و آگاهی بشر به آسیب‌پذیری منابع خاک، آب و اتمسفر زمین و نیاز به حفاظت از آن‌ها برای بقای تمدن انسانی، توجه نسبت به کیفیت خاک در دنیا افزایش یافته است. منابع خاک، هم دارای ویژگی‌های ذاتی بوده که توسط عوامل شکل دهندۀ آن‌ها تعیین می‌شوند و هم صفاتی

دینامیک و پویا دارند که تصمیمات انسانی و عملیات مدیریتی آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۲). از این‌رو دانستن کیفیت خاک به معنای ارزیابی و مدیریت خاک است به صورتی که در حال حاضر به طور بهینه نقش خود را ایفا کند و به منظور حفظ آن برای استفاده‌های آتی، تخریب آن متوقف شود. هنگامی که خاک‌ها دارای قابلیت کم نفوذ آب به خاک، رواناب سطحی، سخت شدگی، تهویه نامناسب، قابلیت ریشه دوانی ضعیف باشند کیفیت فیزیکی نامطلوبی دارند (Dexter, 2004).

رشدروزافزون جمعیت جهان وافزایش فعالیت‌های کشاورزی وصنعتی از یک سو وخشکسالی‌های پی‌درپی باعث شده است که در سال‌های اخیر تقاضا برای مصرف آب افزایش یابد و در نتیجه فشار بسیار زیادی بر منابع آب وارد گردد و از کیفیت آن‌ها کاسته شود.کاربرد پساب برای آبیاری باید همیشه با تغییرات مهم در محیط زیست، جامعه و فواید آن مقایسه شود. هدف اولیه از استفاده از پساب تامین آب آبیاری در زمین‌های کشاورزی است و بیشتر توجه به سمت استفاده از پساب در اراضی کشاورزی می‌باشد (Stewart., 2008). پژوهش‌ها نشان می‌دهد استفاده از برخی فاضلاب‌ها مشکلاتی از جمله تخریب ساختمان خاک، کاهش پایداری خاکدانه‌ها، کاهش هدایت هیدرولیکی خاک، سله‌بندی سطح، افزایش فرسایش و رواناب، تراکم خاک و کاهش تهویه خاک، تجمع عناصر کم مصرف در خاک را در پی خواهد داشت (Bhardwaj*et al*., 2007).اثر آبیاری با کیفیت نامناسبر تخریب ساختمان و منافذ موجود در خاک از راه دو پدیده‌ی تورم کانی‌های رسی و از هم پاشیدگی خاکدانه‌ها رخ می‌دهد که ناشی از مقدار زیاد سدیم محلول است. این فرایندها سبب کاهش اندازه و پیوستگی منافذ می‌گردند (Barlow and Nash, 2002) و از راه تاثیر بر ساختمان خاک، توزیع اندازه‌ی منافذ، پیوستگی و اعوجاج منافذ بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک می‌تواند مؤثر باشد.آقابراتی و همکاران (۱۳۸۸) نیز دریافتند که استفاده از فاضلاب به جای آب کانال، موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند نفوذپذیری، تخلخل و پیدایش ساختمان اسفنجی در خاک شد.

از اثرات مهم استفاده از پساب اثر آن بر هدایت هیدرولیکی است.پاسخ خاک به پساب بستگی به ویژگی‌های پساب مصرف شده دارد. تفاوت در ویژگی‌های پساب مصرفی، با تاثیر بر حرکت آب در خاک بر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک موثر است. این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت در ترکیبات محلول نفوذ یافته یا در نتیجه تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند ساختمان، نفوذپذیری و توزیع اندازه ذرات خاک در اثر آبیاری با پساب باشد (Razzaghi *et al*., 2015). Dawes (۲۰۰٤) دریافت که کاربرد فاضلاب در ایالت کوینزلند استرالیا در خاک‌های لومی رسی، لومی رسی شنی، لوم و لوم شنی در مدت ۲/۵ تا ۱۹ سال، نگهداری آب خاک را افزایش و حجم خلل و فرج و هدایت هیدرولیکی را نیز کاهش داده است. ذرات معلق آلی و معدنی موجود در فاضلاب خام و پساب تصفیه شده باعث انسداد خلل و فرج خاک به ویژه در لایه‌های سطحی شده و نفوذپذیری کاهش می‌یابد و همین امر موجب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک می‌گردد. پروان(۱۳۸۳) دریافت هدایت هیدرولیکی اشباع به میزان ۳۰ درصد در لایه سطحی خاک در اثر آبیاری طولانی مدت با پساب کاهش یافت. Goncolves و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع خاک تحت آبیاری با آب و پساب به مدت ۲٤ ماه دریافتند که هر دو ویژگی نسبت به شاهد (بدون آبیاری) کاهش یافت و مقدار کاهش در تیمار آبیاری با آب بیشتر بود. ایشان با اندازه‌گیری جرم ویژه ظاهری خاک و افزایش آن، گرفتگی منافذ ریز خاک را یکی از دلایل کاهش هدایت هیدرولیکی خاک دانستند. از طرفی روحانی شهرکی و همکاران (۱۳۸٤) بیان کردند که پساب

در خاک به عنوان یک ماده شیمیایی اصلاح کننده عمل کرده و موجب تغییر خواص فیزیکی خاک شده و بر اثر آن هدایت هیدرولیکی اشباع افزایش می‌یابد. Morales و همکاران (۲۰۰۷) نیز دریافتند در اثر آبیاری با پساب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایه ٤٥ سانتی‌متری بالای خاک افزایش یافت.

استفاده از پساب موجب ورود مواد آلی به خاک شده و مواد آلی بر ساختمان و ویژگی‌های جذبی خاک اثر می‌گذارد و در نتیجه نگهداری آب در خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تغییر در آب و هوا و روش‌های مدیریتی باعث تغییر در مواد آلی می‌شوند. تاثیر مواد آلی بر منحنی رطوبتی مانند رس است و مواد آلی موجب می‌شوند که شیب منحنی رطوبتی به تدریج تغییر کرده و در یک مکش معین مقدار آب نگهداری شده افزایش یابد. آبیاری با پساب ممکن است با تغییر ویژگی‌های خاک مانند ماده آلی، بهبود ساختمان و افزایش تخلخل خاک در اثر افزایش ماده آلی منجر به تغییر شکل منحنی رطوبتی شود (Munir *et al*., 2007).

کیفیت آب بر نفوذپذیری آن موثر است. این تاثیر بیان کننده آن است که ذرات خاک تا چه حد در اثر کیفیت‌های مختلف آب به هم چسبیده و یا از هم جدا می‌شوند. تورم سبب می‌شود که خاکدانه‌ها شکسته شده و سبب فروپاشی ذرات خاک و در نهایت سرعت نفوذ آب را کاهش می‌دهند.نفوذ آب به خاک با ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک نسبت مستقیم داشته و هر چه مقدار آن بیشتر باشد قابلیت نفوذ بیشتر می‌شود. وجود منافذ بزرگ و سطح متخلخل خاک موجب افزایش نفوذ اولیه شده لیکن نفوذ نهایی تغییری نمی‌کند بنابراین شخم و یا دیسک فقط نفوذ اولیه را افزایش می‌دهد. خاک‌های رسی به دلیل کاهش هدایت هیدرولیکی مانع جریان نفوذ شده و آن را کند می‌کند (علیزاده، ١٣٨٦). Alizadeh و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقات خود به این نتیجه دست یافتند که آبیاری ذرت با پساب تصفیه شده‌ی شهری به مدت ۲ سال، کاهش ١٥/٦ درصدی ظرفیت نفوذپذیری خاک را در مقایسه با زمان قبل از آغاز تحقیق به دنبال داشته است. که دلیل اصلی این امر را مقادیر بالای مواد جامد معلق در فاضلاب و کیفیت شیمیایی فاضلاب دانستند. زادهوش و فرداد (۱۳۷۵) گزارش کردند در کاربرد پساب در اصفهان برای کشت گندم روی خاک رسی، میانگین جرم ویژه ظاهری خاک و درصد رطوبت در ظرفیت مزرعه در مدت یک سال روند خاصی را دنبال نمی‌کند. لیکن در یک مقایسه معلوم گردید که زمین‌های آبیاری شده با پساب به مدت ۹ سال دارای جرم ویژه ظاهری کمتر، درصد رطوبت بیشتر در ظرفیت مزرعه و نفوذ نهایی کمتر نسبت به مزرعه‌ی آبیاری نشده با پساب می‌باشد.

کاربرد فاضلاب در خاک به عنوان یک ماده‌ی مناسب اصلاح کننده عمل نموده و باعث تغییر خواص فیزیکی خاک مانند بهبود ساختمان و افزایش تخلخل خاک می‌گردد و بر اثر آن ظرفیت نگهداری و هدایت هیدرولیکی خاک افزایش یافته و در اثر افزایش تخلخل خاک جرم ویژه ظاهری کاهش می‌یابد. Vogeler (۲۰۰۹) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دو مزرعه با بافت خاک لوم سیلتی و شنی که به ترتیب به مدت ۱۲ و ۲۲ سال با پساب آبیاری شده بودند را با مزارع شاهد مقایسه نمود. نتایج بررسی ایشان نشان داد که جرم ویژه ظاهری خاک در تیمارهای آبیاری با پساب کاهش یافت. همچنین روحانی شهرکی و همکاران (١٣٨٤) دریافتند که آبیاری با پساب به مدت ۹ سال موجب کاهش جرم ویژه ظاهری شد.با توجه به مطالب عنوان شده و اثراتی که پساب‌های شهری و صنعتی روی ویژگی‌های مختلف خاک می‌گذارند، مطالعات زیادی درباره‌ی تاثیر استفاده از پساب بر ویژگی‌های فیزیکی خاک صورت گرفته است. با این وجود مطالعات اندکی در تاثیر پساب بر ویژگی‌های فیزیکی از قبیل نگهداشت آب خاک و ویژگی‌های هیدرولیکی خاک انجام شده است. با توجه به گسترش

روزافزون استفاده از منابع مختلف آب در آبیاری در کشت برنج منطقه‌ی لنجان و این که در این شهرستان به دلیل وجود کارخانه‌ی ذوب آهن و تولید پساب صنعتی در شهر زرین شهر از پساب شهری و صنعتی و آب رودخانه برای کشاورزی در زمین‌های مختلف به طور هم‌زمان استفاده می‌شود، از دیگر سو محصول کشت شده در این اراضی برنج بوده که در شرایط یکسان از منابع آب مختلف به منظور آبیاری آن استفاده می‌شود. بنابراین در این پژوهش به بررسی اثر کیفیت آب آبیاری بر ویژگی‌های فیزیکی در زمین‌های تحت کشت برنج پرداخته شده است. هدف این پژوهش بررسی اثر کیفیت آب آبیاری شامل پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در زمین‌های تحت کشت برنج بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اراضی کشاورزی منطقه‌ی زرین‌شهر واقع در شهرستان لنجان انجام شد. این منطقه بین طول جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۷ دقیقه‌ی شمالی و عرض جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۵ دقیقه‌ی شرقی در ارتفاع ۱٦۸۵ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین دما و بارندگی سالانه به ترتیب ۱٤ درجه‌ی سلسیوس و ۱۱۵ میلی‌متر است. در این منطقه اراضی وجود دارد که در شرایط تقریبا" یکسان از نظر توپوگرافی و ماده مادری قرار داشته وآبیاری با آب‌های با کیفیت متفاوت شامل آب رودخانه (به مدت ۲۰ سال)، پساب‌های شهری (به مدت ۸ سال) و صنعتی (به مدت ۸ سال) قرار دارند. تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش نقاطی با سابقه‌ی کشت و کار و نوع آبیاری متفاوت شامل ۱- اراضی تحت آبیاری با آب رودخانه، ۲- اراضی تحت آبیاری با پساب شهری شهر زرین‌شهر و ۳- اراضی تحت آبیاری با پساب صنعتی کارخانه ذوب آهن می‌باشند که پس از بررسی دقیق برای هر یک از تیمارهای ذکر شده در ٤ تکرار از هر زمین نمونه‌های خاک تهیه شده و برای انجام آزمایش‌های پیش بینی شده استفاده شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder.,1986)، پایداری خاکدانه‌ها به روش الک تر (Kamper and Rosenau., 1986)، هدایت هیدرولیکی و نفوذ آب به خاک به دو روش نفوذسنج مکشی و نفوذسنج تک حلقه در سه تکرار، منحنی رطوبتی خاک با استفاده از دستگاه جعبه شنی برای مکش‌های ۰، ۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر و برای مکش‌های ۳۰۰، ۱۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر با دستگاه صفحات فشاری و جرم ویژه ظاهری به روش استوانه اندازه‌گیری شد (Blake and Hartge., 1386).داده‌های حاصله در قالب طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری (ANOVA) قرار گرفته و مقایسه میانگین داده‌های حاصل با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده از نرم افزار SASویرایش ۹/۰انجام شد.

نتایج و بحث

بافت خاک در همه زمین‌های آبیاری شده با پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه لوم رسی شنی بود (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس نیز معنی‌دار نبودن اختلاف در درصدهای شن، سیلت و رس را در این زمین‌ها در سطح احتمال ۱درصد نشان داد و بیانگر این است که مواد مادری در زمین‌های آبیاری شده با پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه یکسان می‌باشد.

مطابق با نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آب آبیاری (پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه) بر جرم ویژه ظاهری، پایداری خاکدانه‌ها، هدایت هیدرولیکی اشباع و هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع خاک معنی‌دار شده است. نتایج مقایسه میانگین جرم ویژه ظاهری نشان داد اختلاف بین زمین‌های آبیاری شده با تیمار آب رودخانه با پساب‌های شهری و صنعتی می‌باشد. مقدار جرم ویژه ظاهری در خاک آبیاری شده با آب رودخانه از دو تیمار دیگر کمتر بوده و در دامنه معمول

جرم ویژه ظاهری خاک‌ها قرار دارد. زمین‌های تحت آبیاری با پساب شهری نسبت به تیمار پساب صنعتی مقدار جرم ویژه ظاهری کمتری دارند. طبق پژوهش‌های انجام شده توسط محققانی همچون Aiello و همکاران (۲۰۰۷) افزایش جرم ویژه ظاهری در اثر کاربرد فاضلاب تصفیه شده در لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک بیان شده است. در این پژوهش نیز در اثر آبیاری با پساب جرم ویژه ظاهری افزایش یافته است که علت این امر گرفتگی منافذ توسط ذرات معلق موجود در پساب‌ها و در نتیجه کاهش تخلخل است که در اثر کاهش تخلخل، منافذ خاک کاهش یافته و موجب افزایش جرم ویژه ظاهری خاک می‌گردد. این در حالی است که Vogeler (۲۰۰۹) آبیاری با پساب فاضلاب در دو مزرعه با بافت لوم سیلتی و شنی به مدت ۱۲ و ۲۲ سال را موجب کاهش جرم ویژه ظاهری خاک بیان نمود و روحانی شهرکی و همکاران (۱۳۸٤) نیز کاهش جرم ویژه ظاهری را در اثر آبیاری ۹ ساله با پساب گزارش نمودند. علت دیگر افزایش جرم ویژه در خاک‌های آبیاری شده با پساب‌ها ماده آلی کم این زمین‌ها می‌باشد یعنی آبیاری با پساب‌ها موجب افزایش ماده آلی خاک نشده است که حضور ماده آلی موجب افزایش تخلخل و کاهش جرم ویژه ظاهری خاک شود (Puget *et al.*, 2005).

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی زمین‌های آبیاری شده با پساب شهری،پساب صنعتی و آب رودخانه

کیفیت آب آبیاری	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	بافت
پساب شهری	٦٢/٤a	١٤/٠a	٢٣/٦a	SCL
پساب صنعتی	٥٩/٢a	١٦/٥a	٢٤/٣a	SCL
آب رودخانه	٥٨/٥a	١٥/٥a	٢٤/٦a	SCL

حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمونLSD

جدول۲.برخی ویژگی‌های فیزیکی زمین‌های آبیاری شده باپساب شهری، پساب صنعتی و آب رودخانه

کیفیت آب آبیاری	جرم ویژه ظاهری(gr/cm^3)	MWD (mm)	GMD (mm)	هدایت هیدرولیکی به روش تک استوانه (cm/min)	هدایت هیدرولیکی به روش نفوذسنج مکشی(cm/min)
پساب شهری	١/٦٣a	٠/٦٧a	٠/٩٩a	٠/٠٦٢b	٠/٠٠٠٧٤٣b
پساب صنعتی	١/٦٧a	٠/٦٩a	٠/٩٩a	٠/١b	٠/٠٠٠٧٥٥ab
آب رودخانه	١/٣١b	٠/٢٧b	٠/٩٨b	٠/٩a	٠/٠٠٠٧٦٨a

حروف یکسان در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمونLSD

MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها

GMD: میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها

نتایج مقایسه میانگین‌های میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها در سطح ۱درصد در زمین‌های آبیاری شده با سه تیمار پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه نشان داد مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در هر سه تیمار پایین بوده و می‌توان گفت پایداری خاکدانه کم می‌باشدو این تفاوت معنی‌دار در زمین‌های آبیاری شده با تیمار پساب‌های شهری و صنعتی با تیمار آب رودخانه می‌باشد (جدول ۲) و تیمارهای پساب شهری و صنعتی پایداری خاکدانه را نسبت به تیمار آب رودخانه افزایش داده‌اند.

آقابراتی و همکاران (۱۳۸۸) دریافتند که آبیاری با فاضلاب موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند تخلخل و پیدایش ساختمان اسفنجی و به تبع آن افزایش پایداری خاکدانه‌ها می‌شود. در این پژوهش نیز مقدار پایداری خاکدانه‌ها در تیمارهای پساب بیشتر از آب رودخانه می‌باشد. بین مواد آلی و پایداری خاکدانه‌ها

همبستگی وجود دارد و مواد آلی موجب افزایش پایداری خاکدانه‌ها می‌گردد لیکن در این پژوهش مقدار ماده آلی موجود در پساب‌ها بسیار کم بوده و موجب افزایش ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها نشده‌اند. ممکن است مقدار ماده آلی لایه سطحی خاک که در تیمارهای پساب بیشتر از آب رودخانه است عامل این افزایش باشد اگرچه افزایش مقدار ماده آلی لایه سطحی در این تیمارها معنی‌دار نبود. این محققان بیان کردند که حداقل کربن آلی برای پایداری خاکدانه‌ها ۲ درصد بوده و در کمتر از این مقدار پایداری به سرعت کاهش می‌یابد. در این پژوهش نیز مقدار کربن آلی کمتر از ۱ درصد بوده و می‌تواند دلیلی برای کوچک بودن مقادیر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها باشد. علت دیگر کاهش پایداری این است که آبیاری با پساب‌ها که کیفیت پایینی دارند موجب تخریب ساختمان خاک می‌شود. وجود مقادیر زیاد سدیم محلول در فاضلاب موجب افزایش نسبت جذب سدیم و در نتیجه پراکنده شدن ذرات خاک از یکدیگر و کاهش پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (شریعتی، ۱۳۸۵). Barlow و Nash (۲۰۰۲) نیز دریافتند که آبیاری با آب با کیفیت نامناسب موجب تخریب ساختمان و منافذ خاک از راه دو پدیده تورم و از هم پاشیدگی خاکدانه‌ها شده و اندازه و پیوستگی منافذ را کاهش می‌دهد. در این پژوهش مقادیر عددی پایداری کوچک بوده لیکن پایداری خاکدانه‌ها توسط پساب‌ها افزایش معنی‌دار داشته است.

نتایج مقایسه میانگین مقدار هدایت هیدرولیکی خاک به روش تک استوانه و روش نفوذسنج مکشی در زمین‌های آبیاری شده با سه تیمار پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه در سطح احتمال ۱درصد نشان داد اختلاف بین زمین‌های آبیاری شده با تیمار آب رودخانه با دو تیمار پساب شهری و پساب صنعتی است (جدول ۲). به این ترتیب که آبیاری با آب رودخانه مقدار هدایت هیدرولیکی را بیش از دو تیمار دیگر افزایش داده است. در این پژوهش مقدار ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها در هر سه تیمار پایین بوده لیکن در تیمار آب رودخانه مقدار ماده آلی از دو تیمار دیگر مقداری زیادتر می‌باشد و جرم ویژه ظاهری نیز کمتر از دو تیمار دیگر است. ماده آلی موجود در این تیمار منجر به افزایش تخلخل و کاهش جرم ویژه ظاهری (Puget *et al.,* 2005)، نسبت به دو تیمار دیگر و در نتیجه افزایش هدایت هیدرولیکی خاک شده است. VonLutzow و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که ماده آلی موجب بهبود ساختمان خاک و خاکدانه‌سازی و افزایش هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود. طبق پژوهش‌های انجام شده استفاده از فاضلاب‌ها برای آبیاری زمین‌های کشاورزی به دلیل وجود مواد معلق در این آب‌ها منافذ خاک به تدریج گرفته شده و مقدار هدایت هیدرولیکی خاک کاهش می‌یابد. Viviani و Iovino (۲۰۰٤) کاهش ۲۰ درصدی هدایت هیدرولیکی را در اثر آبیاری با پساب و گرفتگی منافذ خاک گزارش نمودند. Goncolves و همکاران (۲۰۰۷) نیز گرفتگی منافذ و افزایش جرم ویژه ظاهری خاک را موجب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک دانستند. Dawes (۲۰۰٤) کاربرد فاضلاب در ایالت کوینزلند استرالیا در مدت ۲/۵ تا ۱۹ سال را موجب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک دانست. پروان (۱۳۸۳) کاهش ۳۰ درصدی هدایت هیدرولیکی را در اثر کاربرد طولانی مدت پساب بیان نمود که نتایج این محققان با این پژوهش همخوانی دارند. با این حال روحانی شهرکی و همکاران (۱۳۸٤) پساب را به عنوان عامل اصلاح کننده در خاک دانسته و بیان نمودند که آبیاری با آن موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شده و منجر به افزایش هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود. Razzaghi و همکاران (۲۰۱۵) آبیاری با پساب را موجب افزایش هدایت هیدرولیکی خاک دانستند و علت این افزایش را وجود ماده آلی زیاد در پساب بیان نمودند. Rezapour و همکاران (۲۰۱۲) نیز افزایش هدایت هیدرولیکی خاک در اثر استفاده از پساب را به دلیل وجود مقادیر بالای عناصر غذایی در پساب بیان

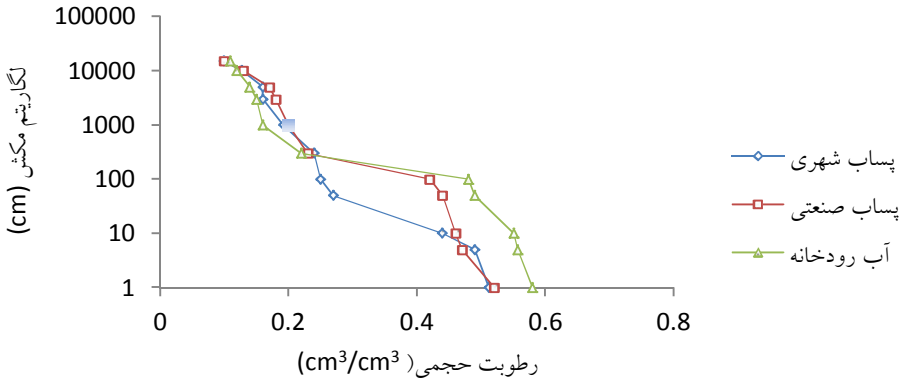
نمودند که این عناصر غذایی موجب افزایش رشد گیاه و گسترش سیستم ریشه شده و منجر به افزایش منافذ خاک و هدایت هیدرولیکی می‌گردد.همچنین Morales و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزایش هدایت هیدرولیکی خاک را در لایه ٤٥ سانتی‌متری خاک بیان نمودند که نتایج این پژوهش با نتایج این پژوهشگران مغایرت دارد.

نتایج مقایسه میانگین هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع خاک با استفاده از دستگاه نفوذسنج مکشی بین مکش‌های ۰ و ۲ سانتی‌متر در زمین‌های آبیاری شده با سه تیمار پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه نیز نشان داد اختلاف بین تیمار آب رودخانه با تیمار پساب شهری می‌باشد و تیمار پساب صنعتی با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار ندارد (جدول ۲). همانگونه که مشخص است مقدار هدایت هیدرولیکی نزدیک به اشباع در زمین‌های آبیاری شده با آب رودخانه بیشتر از آبیاری با پساب‌ها است. نتیجه این اندازه‌گیری نیز مانند روش تک استوانه می‌باشد و آبیاری با آب رودخانه به علت جرم ویژه ظاهری کمتر و ماده آلی بیشتر، موجب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع نسبت به دو تیمار دیگر شده و با پژوهش Von Lutzow و همکاران (۲۰۰۲) تطبیق دارد.

با توجه به نتایج بدست آمده از این دو روش مشاهده می‌شود که مقدار هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده با روش تک استوانه بیشتر از هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده با نفوذسنج مکشی است. Reynolds و همکاران (۲۰۰۰) طی پژوهشی روی سه نوع بافت خاک شامل بافت شنی، لوم و لوم رسی، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را با استفاده از روش نفوذسنج مکشی و نفوذسنج تک استوانه بدست آوردند و نتایج آن‌ها نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع اندازه‌گیری شده با روش نفوذسنج مکشی به ترتیب در خاک‌های شنی، لومی و لوم رسی نسبت به روش تک استوانه کمتر است. رئوف و همکاران (۱۳۹۰) مقدار نفوذ را با استفاده از دستگاه‌های نفوذسنج مکشی و استوانه‌های دوگانه اندازه‌گیری نمودند. نتایج بدست آمده بیانگر این بود که دستگاه استوانه‌های دوگانه مقدار هدایت هیدرولیکی را بیشتر از دستگاه نفوذسنج مکشی تخمین زد لیکن از لحاظ آماری بین دو روش در سطح احتمال ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در این پژوهش نیز روش نفوذسنج مکشی مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع کمتری را به خود اختصاص داده است. قانی و همکاران (۱۳۹۱) هدایت هیدرولیکی اشباع را با استفاده از استوانه‌های دوگانه، تک استوانه، نفوذسنج مکشی و نفوذسنج گلف در سه تکرار اندازه‌گیری نمودند. آنان به این نتیجه دست یافتند که بین روش‌های صحرایی مورد استفاده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود ندارد و دستگاه نفوذسنج مکشی به دلیل زمان کمتر و آب مورد استفاده کمتر نسبت به سایر روش‌ها کارایی بهتری دارد و می‌تواند جایگزین مناسبی باشد.

شکل منحنی رطوبتی خاک زمین‌های آبیاری شده با تیمار پساب شهری در شکل ۱ آورده شده است. همانگونه که این شکل نشان می‌دهد منحنی رطوبتی تیمار پساب شهری از نوع دوکوهانه بوده منحنی رطوبتی دو کوهانه دارای دو نقطه ورود هوا و دو نقطه رطوبت باقیمانده است. در این پژوهش منحنی دارای ۲ نقطه ورود هوا و رطوبت باقیمانده است. نقطه ورود هوا، نقطه‌ای است که بزرگترین خلل و فرج رطوبت خود را در اثر مکش وارد شده از دست می‌دهند. نقطه دیگر در این منحنی نقطه‌ی مکش باقیمانده خاک است که در مکش‌های زیاد اتفاق می‌افتد و در آن مقدار اندکی آب از خاک خارج می‌شود. شدت خروج رطوبت از خاک بستگی به اندازه منافذ خاک دارد و هرچه این منافذ درشت‌تر باشند خروج رطوبت سریع‌تر و شیب منحنی رطوبتی تندتر می‌شود. منحنی‌های رطوبتی دو کوهانه به دلیل دو نمایی بودن اندازه ذرات ایجاد می‌شوند (Durner, 1994) در این تیمار بافت خاک لوم رسی شنی است و دارای توزیع اندازه و منافذ ذرات متفاوت است. با توجه

به این مطلب که در خاک‌های درشت بافت به دلیل منافذ درشت خروج آب سریع‌تر و شیب منحنی رطوبتی خاک تندتر و در خاک‌های رسی به دلیل منافذ ریزتر خروج آب کندتر و شیب منحنی رطوبتی ملایم‌تر و در خاک‌های لومی حد واسط این دو بافت و شیب به نسبت ملایم در منحنی ایجاد می‌شود و اینکه نقطه ورود هوا و رطوبت باقی مانده به توزیع اندازه ذرات بستگی داشته و هرچه توزیع اندازه منافذ ذرات باریک‌تر باشد شیب منحنی تندتر و این نقاط در مکش‌های کمتر اتفاق می‌افتند می‌توان دریافت که با توجه به بافت چون این تیمار، هم دارای توزیع اندازه منافذ ریز و هم دارای توزیع اندازه منافذ درشت و هم متوسط است در نتیجه منافذ درشت سریع‌تر رطوبت خود را در مکش‌های پایین از دست داده و شیب منحنی در آن مناطق تندتر شده و در جایی که دارای توزیع اندازه منافذ ریز بوده رطوبت خاک با سرعت کمتری خارج شده و شیب منحنی رطوبتی کندتر می‌شود و نقطه ورود هوا و رطوبت باقیمانده نیز متناسب با توزیع اندازه ذرات در مکش‌های مختلف ایجاد می‌شوند در نتیجه بافت خاک که عامل موثر بر شکل منحنی رطوبتی در مکش‌های بالاتر است در این تیمار موجب ایجاد منحنی رطوبتی چند کوهانه شده است و در شکل نیز اثر بافت بیشتر از اثر ساختمان نمایان است در مکش‌های کمتر که تحت تاثیر ساختمان است شیب ملایم‌تر بوده و در مکش‌های بالاتر تحت تاثیر بافت تغییرات شیب بیشتر است. البته آبیاری با پساب نیز بر شکل منحنی رطوبتی موثر بوده زیرا این آب‌ها به دلیل داشتن ذرات معلق موجب گرفتگی منافذ خاک شده و در نتیجه در توزیع اندازه منافذ خاک اثرگذار هستند و بخشی از منافذ ریز یا درشت خاک را مسدود نموده و مانع از خروج آب از ذرات خاک یا نفوذ آب به خاک می‌شوند پس عامل دیگر در ایجاد این‌چنین منحنی رطوبتی در این تیمار، آبیاری با پساب می‌باشد.



شکل ۱. منحنی رطوبتی خاک‌های آبیاری شده با پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه

همان‌گونه که در شکل منحنی رطوبتی تیمار پساب صنعتی نمایان است (شکل ۱) شیب تغییرات این منحنی نسبت به تیمار پساب شهری ملایم‌تر شده و منحنی کاملا دو کوهانه است. در شکل منحنی مشخص است که توزیع اندازه منافذ خاک متفاوت بوده و خروج رطوبت در مکش‌های مختلف متفاوت از پساب شهری است. بافت در این دو تیمار لوم رسی شنی است لیکن در این زمین‌ها مقدار سیلت و رس نسبت به زمین‌های آبیاری شده با پساب شهری بیشتر بود و در زمین‌های آبیاری شده با پساب شهری مقدار شن زیادتر بود و همین تفاوت در درصد ذرات موجب تغییر در شیب منحنی رطوبتی شده است. عامل دیگر در تغییر شکل منحنی رطوبتی در تیمار پساب صنعتی نوع و مقدار مواد معلق موجود در آن است که موجب گرفتگی متفاوت منافذ توسط ذرات معلق موجود در آن و تغییر در شکل توزیع منافذ شده است. در این دو تیمار (پساب‌های شهری و صنعتی) ماده آلی که

موجب ایجاد شیب ملایم در منحنی رطوبتی است پایین بوده و عوامل موثرتر در شکل منحنی رطوبتی بافت و آبیاری با پساب‌ها می‌باشد.

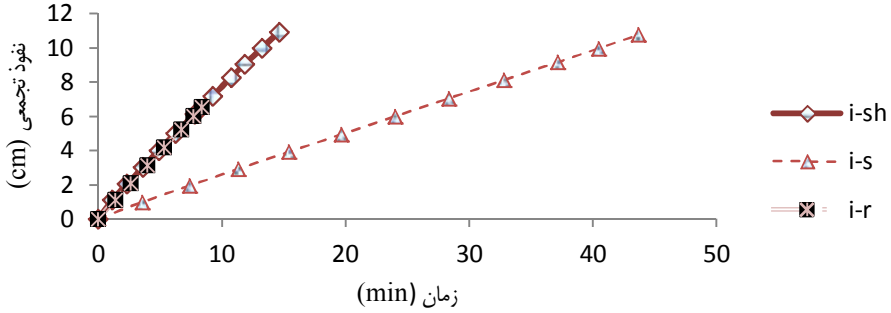
شکل منحنی رطوبتی در خاک‌های آبیاری شده با آب رودخانه (شکل ۱) نسبت به دو تیمار پساب‌های شهری و صنعتی دارای شیب ملایم‌تر و مانند آن‌ها دو کوهانه نیست. تیمار رودخانه نسبت به دو تیمار دیگر دارای ماده آلی بیشتر و جرم ویژه کمتر است که این عوامل موجب افزایش تخلخل و در نتیجه بهبود ساختمان شده و شیب منحنی رطوبتی خاک را ملایم‌تر نموده‌اند (Munir *et al.*, 2007). بافت خاک در این تیمار نیز لوم رسی شنی است و به دلیل نداشتن مواد معلق مانند پساب‌ها تغییرات در مکش‌های مختلف کمتر بوده و شیب این تغییرات ملایم‌تر است.

در جدول ۳ آب قابل استفاده، رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطه پژمردگی و رطوبت حجمی اشباع برای سه تیمار با استفاده از شکل‌های منحنی آن‌ها آورده شده است. همان‌گونه که جدول نشان می‌دهد در حالت اشباع تیمار رودخانه دارای رطوبت حجمی بیشتر است که علت این امر توزیع اندازه ذرات ریزتر و ماده آلی بیشتر در این تیمار نسبت به دو تیمار دیگر است. پساب شهری در مکش‌های کمتر دومین مکش ورود هوا در آن ایجاد شده و رطوبت باقیمانده در این تیمار نیز در مکش‌های کمتر نسبت به تیمار آب رودخانه و پساب صنعتی رخ داده، به همین دلیل مقدار آب قابل استفاده و رطوبت ظرفیت زراعی در این تیمار بیشتر از دو تیمار دیگر است. مطابق با این پژوهش زادهوش و فرداد (۱۳۷۵) گزارش کردند در کاربرد فاضلاب در اصفهان برای کشت گندم روی خاک رسی، میانگین جرم ویژه ظاهری خاک و درصد رطوبت در ظرفیت مزرعه در مدت یک سال روند خاصی را دنبال نمی‌کند. لیکن در یک مقایسه معلوم گردید که زمین‌های آبیاری شده با فاضلاب به مدت ۹ سال دارای جرم ویژه ظاهری کمتر، درصد رطوبت بیشتر در ظرفیت مزرعه و نفوذ نهایی کمتر نسبت به مزرعه‌ی آبیاری نشده با فاضلاب می‌باشد.

جدول ۳. نقاط مهم منحنی رطوبتی و آب قابل استفاده در زمین‌های آبیاری شده با پساب شهری، پساب صنعتی و آب رودخانه

تیمارها	θ_{FC}	θ_{pwp}	AW	θs (cm^3)
پساب شهری	۰/۲٤	۰/۱۰	۰/۱٤	۰/۵۱
پساب صنعتی	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۵۲
آب رودخانه	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۵۸

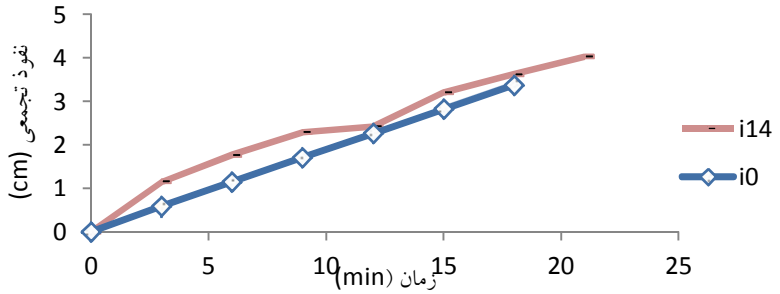
منحنی نفوذ تجمعی آب به خاک بر اساس رابطه فیلیپ و با استفاده از روش تک استوانه در زمین‌های آبیاری شده با تیمارهای پساب شهری، پساب صنعتی و آب رودخانه در شکل۲ ارائه شده است.



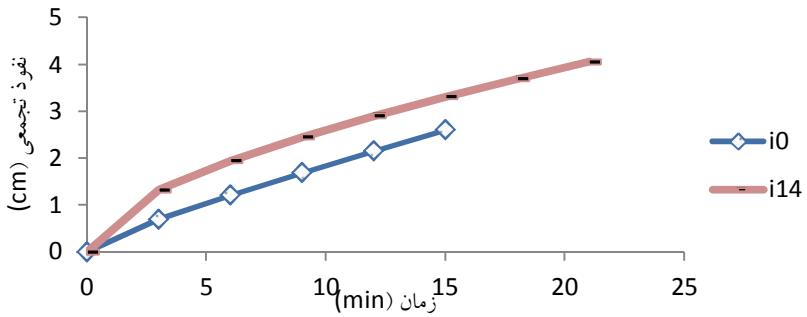
شکل ۲.مقدار نفوذ تجمعی زمین‌های آبیاری شده با تیمارهای پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه (i-sh نفوذپذیری در تیمار پساب شهری، i-s نفوذپذیری در تیمار پساب صنعتی و i-r نفوذپذیری درتیمار آب رودخانه)

همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است با توجه به مدت زمان نفوذ آب به خاک، مقدار نفوذ تجمعی در زمین‌های آبیاری شده با آب رودخانه بیشتر از دو تیمار دیگر می‌باشد. دو تیمار پساب‌های شهری و صنعتی در مدت زمانی معادل با مدت زمان نفوذ آب به خاک در زمین‌های آبیاری شده با آب رودخانه، مقدار نفوذ آب کمتری داشته‌اند و زمین‌های آبیاری شده با آب رودخانه در مدت زمان کمتر آب بیشتری را نفوذ داده‌اند.

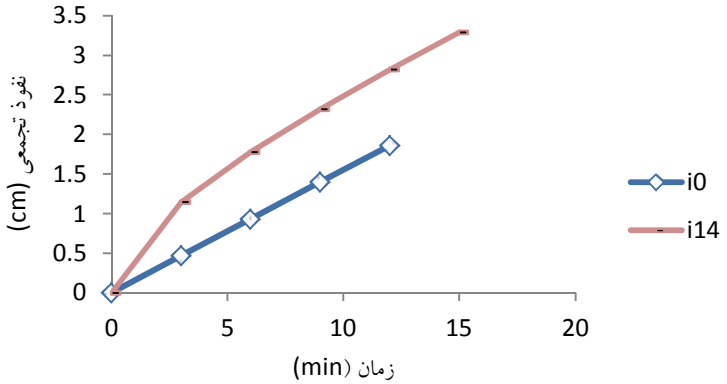
نفوذ آب به خاک با ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک نسبت مستقیم داشته و هر چه مقدار هدایت هیدولیکی اشباع بیشتر باشد قابلیت نفوذ نیز بیشتر می‌شود. در این پژوهش نیز مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع در زمین‌های آبیاری شده با آب رودخانه بیشتر از زمین‌های آبیاری شده با پساب‌های شهری و صنعتی می‌باشد. مطابق با پژوهش‌های انجام شده توسط محققانی همچون Von Lutzow و همکاران (۲۰۰۲)، Viviani و Iovino (۲۰۰٤)، Goncolves و همکاران (۲۰۰۷) و Dawes (۲۰۰٤) استفاده از پساب‌ها برای آبیاری زمین‌های کشاورزی موجب گرفتگی منافذ خاک شده و در نتیجه کاهش هدایت هیدرولیکی خاک را موجب می‌شود و کاهش در هدایت هیدرولیکی نیز در نفوذپذیری خاک موثر است. زادهوش و فرداد (۱۳۷۵) گزارش کردند در کاربرد فاضلاب در اصفهان برای کشت گندم روی خاک رسی، میانگین جرم ویژه ظاهری خاک و درصد رطوبت در ظرفیت مزرعه در مدت یک سال روند خاصی را دنبال نمی‌کند. لیکن در یک مقایسه معلوم گردید که زمین‌های آبیاری شده با فاضلاب به مدت ۹ سال دارای جرم ویژه ظاهری کمتر، درصد رطوبت بیشتر در ظرفیت مزرعه و نفوذ نهایی کمتر نسبت به مزرعه‌ی آبیاری نشده با فاضلاب می‌باشد. علیزاده (۱۳۸۵) نیز کاهش ۱۵/٦ درصدی ظرفیت نفوذپذیری خاک در اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده به مدت ۲ سال را بیان نمودند و این تحقیق‌ها با پژوهش حاضر مطابقت دارند.



شکل۳. نفوذ نهایی خاک به روش نفوذسنج مکشی در زمین‌های آبیاری شده با پساب شهری (i0 نفوذ در مکش صفر و i14 نفوذ در مکش ۱۴ سانتی‌متر).



شکل ۴. نفوذ نهایی خاک به روش نفوذسنج مکشی در زمین‌های آبیاری شده با پساب صنعتی (i0 نفوذ در مکش صفر و i14 نفوذ در مکش ۱۴ سانتی‌متر).



شکل ۵. نفوذ نهایی خاک به روش نفوذسنج مکشی در زمین‌های آبیاری شده با آب رودخانه (i0 نفوذ در مکش صفر و i14 نفوذ در مکش ۱۴ سانتی‌متر).

نفوذپذیری نهایی غیراشباع خاک در مکش‌های ۰و ۱٤- سانتی‌متر در خاک‌های تحت آبیاری با پساب‌های شهری، صنعتی و آب رودخانه با استفاده از نفوذسنج مکشی در شکل‌های ۳، ٤ و ۵ ارائهشده است.همان‌گونه که در شکل‌ها نشان داده شده است مقادیر نفوذپذیری در حالت غیراشباع خاک در مکش ۱٤- سانتی‌متر در هر سه تیمار بیشتر از مکش‌های دیگر است. تغییرات نفوذ بین دو مکش ۰ و ۱٤- سانتی‌متر یعنی در حالتی که مکشی توسط دستگاه به خاک وارد نشده (مکش ۰) و در حالتی که ۱٤ سانتی‌متر بار مکشی به خاک وارد می‌شود و خاک خشک است، بیشتر بوده است. در مکش ۱٤- به دلیل شروع مکش توسط دستگاه، نفوذپذیری خاک بیشتر بوده و در مکش ۰ به دلیل ورود آب در مکش‌های قبل و اشباع شدن، نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد. به طور کلی نفوذپذیری غیراشباع خاک در تیمار پساب شهری بیشتر از دو تیمار دیگر است. مطابق با نتایج این پژوهش Abedi-Koupai و همکاران (۲۰۰۱) افزایش سرعت نفوذ نهایی خاک را در اثر کاربرد فاضلاب بیان نمودند. شد و بیانگر این موضوع است که آبیاری با پساب‌ها موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی یاد شده نشدند وبا تغییردر توزیع اندازه منافذ و پیوستگی و اعوجاج منافذ موجب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک شدند (بارداج، ۲۰۰۷). با توجه به نتایج این پژوهش استفاده از این پساب‌ها در اراضی منطقه مورد مطالعه به علت اثرات نامطلوب بر ویژگی‌های فیزیکی توصیه نمی‌شود.پیشنهاد می‌شود به هنگام استفاده طولانی مدت از پساب تاثیر آن بر ویژگی‌های مختلف خاک پایش گردد تا از نتایج پایش، مدیریت مناسب به منظور حفاظت از منابع آب و خاک صورت پذیرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به پژوهش حاضر در مورد اثر کیفیت آب آبیاری بر ویژگی‌های فیزیکی خاک آبیاری با پساب شهری موجب افزایش جرم ویژه ظاهری شد. افزایش پایداری خاکدانه‌ها نسبت به تیمار آب رودخانه، کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و نفوذپذیری و دوکوهانه شدن منحنی رطوبتی خاک از اثرات نامطلوب دیگر این پساب بود. آبیاری با پساب صنعتی نیز همانند پساب شهری موجب افزایش جرم ویژه ظاهری، پایداری خاکدانه‌ها نسبت به تیمار آب رودخانه، کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و نفوذپذیری و دوکوهانه شدن منحنی رطوبتی خاک

فهرست منابع

آقابراتی، ا.، حسینی، م.، اسماعیلی، ع. و مارالیان، ح. ۱۳۸۸. اثر آبیاری با فاضلاب شهری بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک، تجمع عناصر غذایی و کادمیم در درختان زیتون. مجله علوم محیطی، سال ششم، (۳):۱-۱۰.

پروان، م. ۱۳۸۳. اثرات آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر روی خصوصیات خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

روحانی شهرکی، ف.، مهدوی، ر. و رضایی، م. ۱۳۸٤. اثر آبیاری با پساب بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی. مجله آب و فاضلاب، ١٦(١):٢٣-٢٩.

رئوف،م.،اشرف صدرالدینی، س.ع.،ناظمی،ا.ح. و معروفی، ص. ۱۳۹۰.بررسی تأثیرشیب زمین روی میزان نفوذ وبرخی از مشخصه‌های فیزیکی خاک. مجله دانش آب وخاک،۲(۱):۵۷-٦٨

زادهوش، ع. و فرداد، ح. ۱۳۷۵. بررسی اثرات آبیاری با پساب بر خاک و گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

شریعتی،م.ر. ۱۳۷۵. ارزیابی کیفیت شیمیایی فاضلاب واستفاده از آن در آبیاری.مجله آب،خاک و محیط زیست،(۱۰):۵۱-۵۵.

علیزاده، ا. کمالی، غ.ع. ١٣٨٦. نیاز آبی گیاهان در ایران و مشهد. چاپ اول، انتشارات دانشگاه امام رضا، ۲۲۸ ص.

قانی، ف.، طباطبایی، ح.، شایان زاده، م. و قربانی دشتکی، ش. ۱۳۹۱. مقایسه چهار روش اندازه‌گیری در جای هدایت آبی اشباع خاک. مجله مهندسی منابع آب، سال پنجم. ۵۷-٦٨.

نوروزی، ع.، جلالی، ن.، میری، م. و عباسی، م. ۱۳۹۲. برآورد شاخص سطح برگ گیاه برنج در شمال ایران. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۳ (۲): ۱-۱۰.

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. p. 165-173.ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management.19-20 September, Seoul Korea.

Aiello, R.,Cirelli, G.L. and Consoli, S. 2007. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: A case study in Sicily(Italy). Journal Agricultural and Water Management, 93:65-72.

Alizadeh, A. 2001.Using reclaimed municipal wastewater for irrigation of corn.International Workshop on Wastewater Reuse Management, ICID-CIID, Seoul.

Barlow, K. and Nash, D. 2002. Investigating structural stability using the soil water characteristic curve. Austro Journal Experimental Agriculture, 42:291–296.

Bhardwaj, A.K., Goldstein, D.,Azenkot, A. and Levy, G.J. 2007. Irrigation with treated wastewater under two different irrigation methods: Effects on hydraulic conductivity of a clay soil. Geoderma, 140:199–206.

Blake, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk density. p. 363-375. In: A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1.2nd ed. Agron.Monogr, 9.ASA, SSSA, Madison, WI.

Dawes, L. 2004. Assessing changes in soil physical and chemical properties under long- term effluent disposal.Proceeding of the tenth national symposium on individual and small community sewage system,21-24 March.Sacremento California, USA, pp. 349- 357.

Dexter, A.R. 2004. Soil physical quality. Part III: Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. Geoderma, 120:227-239.

Durner, W. 1994.Hydraulic conductivity estimation for soils with heterogeneous pore structure. Water Resource Research, 30(2):211–223.

Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Particle Size Analysis.p. 383-411. In: Klute A. (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1 .2nd ed. Agron.Monogr, 9.ASA,SSSA, Madison, WI.

19. Goncolves, R., Marcos, V.,Folegatti, B., Thomas, V.,Gloaguen, C., Paulo, L.,Libardi, B., Celia, R., Montes, D, 3. Ves, Y., Lucas, E. 4, Carlos, T.S., Dias, B. and Adolpho, J. 2007. Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. Geoderma, 139: 241-248.

Kamper, D.W., and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and aggregate and aggregate size distribution. p. 25-44. In: Klute A. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1.ASA and SSSA, Madison, WI.

Morales, A.,Clup, G.L. and Johnson, P.R. 2007.The soil hydrological behavior to irrigation with drainage water. pp. 129-134.

Munir, J.,Rusan, M.,Hinnawi, S. and Rousan, L. 2007. Long-term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. Soil Science Society of American Journal, 215:143-152.

Puget, P.,Chenu, C. and Balasdent, J. 2000. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of waterstable aggregates. European Journal Soil Science, 51:595-605.

Razzaghi, S., Khodaverdiloo, H. and GhorbaniDashtaki, SH. 2015.Effect of long-term wastewater irrigation on soil physical properties and performance of selected infiltration model in semi-arid region.hydrological Sciences Journal, DOI: 10.1080/02626667.2015.1051981.

Reynolds, W.D., Bowman, B.T.,Brunke, R.R., Drury, C.F. and Tan, C.S. 2000. Comparison tension infiltrometer, pressure infiltrometer, and soil core estimates of saturated hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal, 64(2):478-484.

Rezapour, S., Samadi, A. and Khodaverdiloo, H. 2012. Impact of long-term wastewater irrigation on variability of soil attributes along a landscape in semi-arid region of Iran. Environ. Earth Science, 67:1713–1723.

Stewart, B.A. 2008. Irrigation sewage effluent use. Encyclopedia of Water Science, second edition, 81:664-665.

Viviani, G., and Iovino, M. 2004. Reuse Effects on Soil Hydraulic Conductivity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 130:476-484.

Vogeler, I. 2009. Effect of long-term wastewater application on physical soil properties. Journal Water, Air and Soil Pollution, 196:385-392.

Von Lutzow, M.,Leifeld, J.,Kainz, M.,Kogel-Knabner, I. and Munch, J.C. 2002.Indications for soil organic matter quality in soils under different management. Geoderma, 105:243-258.

ISSN 2251-7480

The effects of quality of irrigation water on selected soil physical properties in rice cultivation lands (*Oryza Sativa*)

Najmeh Khodadadi[1], Shoja Ghorbani Dashtaki[2*], Shahram Kiani[3]

1) M.Sc., Student, Department of Soil Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2*) Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
*Corresponding author email: shoja2002@yahoo.com
3) Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Received: 22-02-2015 Accepted: 21-06-2015

Abstract

Growing population and increasing industrial and agricultural activities and successive droughts have caused more attention to soil and water conservation. To achieve this propose using wastewater for irrigating agricultural lands increased in recent decades. This study aimed investigating the effects of wastewater including municipal, industrial wastewater and river water on some soil physical characteristics. This research done in the area of agricultural lands located in the city Lenjan Zarrin Shahr. The lands area that have the same parent material and irrigated with municipal and industrial wastewaters (each for 8 years) and river water (20 years) where were selected for treatment. After detailed analysis for each of the treatments listed in 4 replications and tests were used to predict and physical properties include were measured. The result showed that irrigation with municipal and industrial wastewaters increased the bulk density 1.3 g/cm^3 (in river water treatment) to 1.63 and 1.76 g/cm^3. Irrigation with this wastewaters caused increase in aggregate stability to 0.67 and 0.69 mm in municipal and industrial wastewaters compare to river water (0.27 mm). Decreasing the saturation soil hydraulic conductivity and infiltration and bimodal retention curve were other soil physical properties reactions to using municipal and industrial wastewaters. The result showed that irrigation with wastewater had negative effect on physical properties and caused change in particle size distribution and recommended that monitored effect of long-term using of wastewater on physical properties.

Keywords: industrial wastewater, municipal wastewater, physical properties