مجله علمی-پژوهشی

علوم کشاورزی

سال یازدهم، شماره (۴) ۱۳۸۴

بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب خانگی و پساب تصفیه شده آن[۱]

علیرضا حسن‌اقلی

عضو هیئت علمی (استادیار) مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

عبدالمجید لیاقت

دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

مهدی میرابزاده

دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

چکیده

کاربرد مجدد فاضلابهای خانگی و پساب حاصل از تصفیه آن در مصارفی نظیر آبیاری اراضی کشاورزی، موجبات افزوده شدن برخی از انواع یونهای قابل تبادل، املاح و مواد جامد معلق (آلی و معدنی) را به خاک فراهم نموده که این امر، خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. از جمله مهمترین پارامترهای فیزیکی متأثر در این شرایط، می‌توان به ساختمان خاک و به تبع آن هدایت هیدرولیکی یا ضریب آبگذری خاک اشاره نمود. از این نظر جهت بررسی تأثیر کاربرد این قبیل آبهای نامتعارف بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K_{sat}) در نتیجه اجرای عملیات آبیاری محصولات کشاورزی، در شرایط تحقیقات لایسیمتری به مدت دو سال از فاضلاب خانگی خام و پساب تصفیه شده شهرک اکباتان برای آبیاری سبزیجاتی نظیر: گوجه فرنگی، جعفری و هویج استفاده شد. این تحقیق با منظور نمودن آب چاه به عنوان تیمار شاهد و بهره‌گیری از آزمایش آماری فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. هدایت هیدرولیکی اشباع خاک نیز قبل از شروع اجرای تحقیق و در خاتمه آن با روش بار ثابت اندازه‌گیری شد. نتایج حاصله بیانگر آن است که کاربرد دو ساله انواع آب آبیاری و کشت سبزیجات، موجب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در مقایسه با میزان اولیه آن گردیده است، به گونه‌ای که بیشترین افزایش در کاربرد فاضلاب خام و کشت جعفری با مقدار متوسطی برابر با ۵۳/۲ میلیمتر در ساعت (در مقایسه با مقدار ابتدایی ۳/۱ میلیمتر در ساعت) به دست آمد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان از اثر معنی‌دار نوع آب آبیاری کاربردی و نوع گیاه کشت شده بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع

۱- برگرفته از گزارش پژوهشی نهایی طرح تحقیقاتی مصوب مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به شماره ثبت ۸۳/۸۰۶

تاریخ دریافت مقاله ۸۴/۲/۲۴ تاریخ دریافت نسخه نهایی ۸۴/۳/۳۱

Archive of SID

www.SID.ir

اندازه‌گیری شده خاک در سطح یک درصد داشت. بنابر نتایج آزمون میانگین‌ها، حداکثر افزایش عامل مورد بررسی، در کاربرد فاضلاب خام و به طور متوسط تا ۱۱/۸ برابر مقدار اولیه و پس از آن در نتیجه کاربرد پساب تصفیه شده و آب چاه (به ترتیب با متوسط افزایشی در حدود ۷/۶ و ۵/۲ برابر) حاصل گردید. از نظر نوع گیاه نیز بیشترین تأثیر در لایسیمترهای مورد کشت جعفری و کمترین آن در کشت گوجه فرنگی (به ترتیب با افزایشی برابر با ۱۰/۶ و ۶/۰ برابر مقدار اولیه هدایت هیدرولیکی اشباع خاک) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: فاضلاب خانگی، فاضلاب خام، پساب تصفیه شده، آبیاری، لایسیمتر، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک.

مقدمه

در استفاده از فاضلابهای شهری و پساب حاصل از تصفیه آن برای عملیات آبیاری محصولات کشاورزی و به دلیل وجود انواع یون‌های محلول در این قبیل آبها، توجه به خصوصیات خاک به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک از موارد مهم و اساسی به شمار می‌آید. در چنین شرایط اقلیمی که با دمای بالای هوا و رطوبت نسبی کم توأم است، تبخیر و تعرق گیاهی قابل ملاحظه بوده و در نتیجه، مقدار املاح باقیمانده در لایه سطحی نیمرخ خاک افزایش قابل توجهی می‌یابد. خواص فیزیکی و مکانیکی خاک نسبت به یون‌های محلول و موجود در آب آبیاری بسیار حساس است و در چنین شرایطی به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند [۴ و ۵]. خاک ترکیبی از مواد معدنی و آلی، آب، هوا و میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. این مجموعهٔ فعال و پیچیده به صورت پیوسته در معرض تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار دارد. کاربرد فاضلاب در خاک به خصوص در دراز مدت، نسبت این‌گونه تغییرات را تعویض نموده و واکنش خاک نسبت به آب آبیاری با فاضلاب، بستگی کاملی به کیفیت فاضلاب مصرفی دارد. کیفیت فاضلاب نیز به نوبه خود از منبع تولید آن تأثیر می‌پذیرد. به علاوه، درجهٔ تصفیه فاضلاب نیز بر کیفیت آن مؤثر است [۴ و ۱۱].

هرچند مواد و عناصر موجود در فاضلاب بسیار قابل توجه بوده و بررسی کلیه آنها امری مشکل است، لیکن تعدادی از نمایه‌های شیمیایی و فیزیکی برای آن در نظر گرفته شده که قبل از استفاده از فاضلاب برای کشاورزی بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند(۱۲). یکی از مهمترین شاخص‌ها نسبت جذب سدیم (SAR) است. سدیم (Na^+) از نظر اثر آن بر خاک جزو کاتیون‌های بسیار با اهمیت می‌باشد. در شرایطی که سدیم به شکل تبادلی ($EX.\ Na^+$) وجود داشته باشد، بر خصوصیات فیزیکی خاک و به ویژه ساختمان آن اثر نامطلوب می‌گذارد. وجود مقدار زیاد سدیم محلول در فاضلاب (در نتیجه کاربرد مواد شیمیایی و نمک طعام در منازل) باعث افزایش نسبت جذب سدیم و در نتیجه، پراکنده شدن ذرات خاک از یکدیگر می‌شود که در نهایت، کاهش نفوذ پذیری خاک را در پی خواهد داشت (۲، ۳، ۵، ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۱۵). در این شرایط مشکلات ثانویه‌ای نظیر ایجاد سخت لایه، به خصوص در بخش فوقانی نیمرخ خاک، رشد و افزایش علف‌های هرز، کمبود اکسیژن و فقدان تهویه مناسب نیز ممکن است به صورت همزمان و در نتیجهٔ تخریب ساختمان در لایه سطحی خاک به وجود آید. همچنین کمبود کلسیم در مقایسه با مقادیر زیاد (نسبی) یون سدیم، این مشکل را تشدید می‌نماید (۱۱). سدیم موجود در فاضلاب در حین اجرای عملیات تصفیه در آن باقی می‌ماند، در حالی که کلسیم و منیزیم به وسیله فرآیند ترسیب از فاضلاب جدا می‌شوند. این امر افزایش نسبت جذب سدیم را در پساب تصفیه شده، در مقایسه با فاضلاب خام به همراه دارد [۲].

از دیگر شاخص‌های مهم، شوری یا غلظت املاح محلول در آب است که بر اساس هدایت الکتریکی آب آبیاری (EC_w) و یا در مورد خاک بر اساس هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) بر حسب دسی‌زیمنس بر متر (dS/m) اندازه‌گیری و گزارش می‌شود. آب با شوری زیاد نفوذ پذیری خاک را افزایش داده و حداقل حاصل شدن بخشی از مشکلاتی را که با در نظر گرفتن نسبت جذب سدیم

Archive of SID

www.SID.ir

ممکن است پیش‌بینی گردد را خنثی می‌نماید. در یک مقدار نسبت جذب سدیم معین، با افزایش شوری بر سرعت نفوذ آب به درون خاک افزوده می‌شود و بالعکس. بنابراین (SAR) و (EC_w) بایستی به همراه یکدیگر جهت ارزیابی ایجاد مشکلات نفوذ پذیری خاک مورد بررسی قرار گیرند. فاضلابهای شهری در شرایط عادی دارای مقادیر کافی و مناسب یون کلسیم و املاح محلول بوده، لیکن به دلیل سدیم نسبتاً زیاد و در نتیجهٔ (SAR) بالا، بایستی در استفاده مجدد از آنها جهت عملیات آبیاری دقت ویژه‌ای مبذول گردد (۳، ۴، ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۱۵).

نتایج مطالعه چندین ساله چنگ و همکاران (۱۹۸۳) نشان می‌دهد که کاربرد فاضلاب در خاک، به عنوان یک مادهٔ مناسب اصلاح کننده عمل نموده و منجر به تغییر خواص فیزیکی خاک می‌گردد و بر اثر آن، ظرفیت نگهداری و هدایت هیدرولیکی خاک افزایش یافته، در حالیکه جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. وجود ذرات معلق معدنی و آلی در فاضلاب خام، پساب تصفیه شده و حتی آب‌های آبیاری متعارف، ممکن است موجبات انسداد خلل و فرج خاک را به خصوص در لایه‌های سطحی آن فراهم آورد. این امر می‌تواند کاهش میزان نفوذ آب به درون خاک و نقصان هدایت هیدرولیکی خاک را به دنبال داشته باشد (۴). مهیدا (۱۹۸۱) گزارش نمود که استفاده مجدد از فاضلاب به‌جای آب آبیاری موجب بهبود نفوذ پذیری، افزایش تخلخل و توسعه ساختمان اسفنجی در خاک شده است (۵). تحقیقات پاترسون (۱۹۹۶) در استرالیا نشان داد که افزایش قابل توجه (SAR) در پساب حاصل از تصفیه فاضلاب خانگی (در صورت ورود این نوع پسابها به خاک) منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K_{sat}) می‌گردد. نامبرده مشاهده نمود که با افزایش (SAR) از مقدار صفر به سه، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته و در صورت افزایش (SAR) ازصفر به ۱۵،میزان کاهش عامل مورد بررسی (K_{sat}) برابر ۷۹/۰ درصد بوده است (۲).

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 معنی‌داری بر افزایش سرعت نفوذ نهایی آب به خاک در مقایسه با کاربرد آب چاه داشته است (۸). نتایج مشابهی نیز توسط عابدی کوپایی و همکاران (۲۰۰۱) در منطقه برخوار اصفهان و با استفاده از پساب تصفیه شده منطقه شاهین شهر، در آبیاری محصولات چغندرقند، ذرت و آفتابگردان به مدت ۱۱ سال (۱۳۶۱-۱۳۷۲) به دست آمد (۹). تحقیقات علیزاده و همکاران (۲۰۰۱) 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 (۱۰).

فاضلابهای شهری و خانگی بطور عمده حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد آلی می‌باشند. به طور تقریبی حدود ۸۰/۰ درصد مواد آلی فاضلابهای تازه نامحلول و به شکل معلق است. محیط خاک به عنوان یک صافی مناسب و با راندمان بالای تصفیه بیولوژیکی، در حذف این نوع مواد عمل می‌نماید (۱، ۶، ۷، ۱۲، ۱۳ و ۱۵). وجود مواد آلی در خاک موجب اصلاح ساختمان آن می‌گردد، بدین معنی که مواد آلی به صورت یک عامل اتصال، ذرات خاک را به یکدیگر پیوند داده، زمین را نرم و متخلخل نموده و برای کشاورزی مناسب می‌سازد. اصلاح نفوذ پذیری خاک نسبت به آب و هوا و بهبود شرایط زهکشی داخلی خاک از دیگر اثرات وجود مواد آلی است (۶).

با در نظر گرفتن کلیه موارد فوق و با توجه به حجم گسترده کاربرد فاضلابهای 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 بسزایی برخوردار است. به همین دلیل در جریان یک برنامه تحقیقاتی دو ساله در استان تهران، شاخص‌های قابل ذکر در آبیاری با فاضلابهای خانگی مورد بررسی قرار گرفت که بخشی از نتایج حاصله، به صورت این مقاله ارائه می‌گردد. هدف و دیدگاه این بخش از تحقیق، بررسی تأثیر کاربرد فاضلاب‌های خانگی خام و پساب‌های تصفیه شده آن بر میزان تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری محصولات کشاورزی با استفاده از این نوع آبهای نامتعارف می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

در اجرای این تحقیق و به منظور کنترل هر چه مطلوب‌تر کلیه عوامل مؤثر، از تحقیقات لایسیمتری استفاده گردید. لایسیمترهایی از جنس پلاستیک و با سطح مقطع دایره‌ای به قطر ۶۰/۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱۰۰/۰ سانتیمتر، هر یک مجهز به لوله زهکش در نزدیکی کف آن به همراه لایه‌ای از صافی ژئوتکستایل در اطراف لوله زهکش خروجی برای جلوگیری از ورود ذرات خاک، طراحی و ساخته و در محل مناسب نصب گردید. لایسیمترها از خاک زراعی لایه سطحی با بافت لوم رسی و بدون اجرای عملیات تراکمی خاصی بر روی آن پر شدند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جداول (۱) و (۲) ارائه شده است.

جدول (۱) - مشخصات فیزیکی خاک

درصد ذرات خاک			درصد وزنی رطوبت		جرم مخصوص*		تخلخل	هدایت هیدرولیکی خاک**		
رس	سیلت	ماسه	FC	PWP	ظاهری	حقیقی	کل	حداقل	حداکثر	متوسط
۳۷/۶	۳۷/۵	۲۴/۹	۱۸/۸۶	۷/۲۰	۱/۱۶	۲/۴۲	۰/۵۲	۱/۹	۵/۰	۳/۱

* به گرم در سانتیمتر مکعب

** مقادیر به میلیمتر در ساعت، اندازه گیری شده به روش بار ثابت و قبل از شروع اجرای عملیات آبیاری بوده است.

جدول (۲) - مشخصات شیمیایی خاک

EC_e*	pH	کاتیون‌های محلول **				جمع	آنیون‌های محلول **				جمع	SAR
		K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	کاتیونها	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	آنیونها	
۱/۲۵	۷/۲	۰/۳	۲/۸۷	۳/۰	۶/۰	۱۷/۱۷	۲/۸۳	۸/۰	۵/۶	-	۱۶/۴۳	۱/۰۸

$SAR = Na^+ \times [0.5\ (Ca^{+2} + Mg^{+2})]^{-0.5}$ Unit: $(meq/lit)^{0.5}$

* به دسی زیمنس بر متر (dS/m)

** به میلی اکی‌والان گرم بر لیتر

برای تأمین فاضلاب خانگی مورد نیاز، ابتدا بررسی‌های لازم و مقدماتی بر چگونگی تولید و جمع‌آوری فاضلابها در سطح شهر تهران به عمل آمد و سپس بازدیدهایی از تصفیه خانه‌های فاضلاب خانگی و دایر به انجام رسید و در نهایت، تصفیه خانه فاضلاب شهرک اکباتان به عنوان منبع تأمین فاضلاب و پساب مورد نیاز انتخاب گردید. همچنین با در نظر داشتن شرایط فعلی کاربرد فاضلابهای خام شهری در جنوب شهر تهران و نیز وضعیت و آینده این منطقه، پس از تکمیل شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، از هر دو نوع «فاضلاب خام» و «پساب تصفیه شده» تصفیه خانه مذکور به عنوان آب آبیاری استفاده گردید. جدول (۳) کیفیت انواع آب‌های آبیاری مورد استفاده را نشان می‌دهد.

با توجه به اهداف این بررسی، آزمایش به صورت «فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی» به مرحله اجرا درآمد. تیمارهای موجود عبارت بودند از آب آبیاری از سه منبع: فاضلاب خام، پساب تصفیه شده و آب چاه (به عنوان شاهد) و محصول مورد بررسی نیز سه نوع: گوجه فرنگی، هویج و جعفری بوده‌اند. لازم به ذکر است که با عنایت به تنوع محصولات کشت شده در اطراف شهر تهران و برای دخالت دادن شرایط موجود در کاربرد فاضلابها برای آبیاری، اقدام به کشت گیاهانی گردید که معمولاً به صورت تازه و خام مورد استفاده قرار می‌گیرند. در نهایت به منظور دستیابی به شرایط مناسب آماری، آزمایش در سه تکرار به انجام رسید و در مجموع تعداد ۲۷ عدد لایسیمتر طراحی و ساخته شد (طرح آماری ۳×۳×۳) و پس از نصب در محل آزمایش، مورد استفاده قرار گرفت. شکل (۱) نمایی از لایسیمترهای مورد استفاده در زمان اجرای تحقیق را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۳)-کیفیت شیمیایی فاضلاب خام وپساب تصفیه شده شهرک اکباتان و آب چاه مورد استفاده در عملیات آبیاری

پارامتر مورد بررسی	واحد	نوع آب آبیاری		
		فاضلاب خام	پساب	آب چاه
BOD_5	mg/lit	۲۰۴/۳۰	۱۳/۳۰	۰/۰۰
COD	mg/lit	۳۷۱/۷۰	۲۷/۰۰	۲۰/۰۰
TSS	mg/lit	۲۲۹/۸۵	۱۱/۵۰	۲/۸۰
EC_W	dS/m	۰/۷۷	۰/۵۹	۰/۶۶
pH	-	۷/۱۲	۶/۹۹	۷/۵۱
Na^+	meq/lit	۲/۴۵	۲/۳۳	۱/۶۹
Ca^{2+}	meq/lit	۴/۵۰	۳/۵۰	۳/۰۰
Mg^{2+}	meq/lit	۴/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰
K^+	meq/lit	۰/۵۳	۰/۴۳	ناچیز
Cl^-	meq/lit	۲/۱۲	۱/۸۵	۱/۹۸
HCO_3^-	meq/lit	۵/۸۰	۳/۲۰	۳/۲۵
SO_4^{2-}	meq/lit	۳/۳۰	۳/۴۰	۲/۸۶
SAR	$(meq/lit)^{0.5}$	۱/۱۹	۱/۴۱	۰/۹۰
Total N	mg/lit	۴۷/۰۲	۱۵/۴۴	۵/۹۲
Total P	mg/lit	۷/۹۱	۴/۶۱	۰/۰۷۳
Fe^{+2}	mg/lit	۱/۱۷۵	۰/۱۵۹	۰/۰۲۱
Mn^{+2}	mg/lit	۰/۱۰۶	۰/۰۱۷	۰/۰۰۹
Zn^{+2}	mg/lit	۰/۴۵۵	۰/۰۳۵	۰/۰۱۲
Cd^+	mg/lit	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
Ni^+	mg/lit	۰/۳۸۱	۰/۰۰۸	۰/۰
B^+	mg/lit	۰/۲۲۵	۰/۱۷۲	۰/۰۸۵

شکل (۱) – نمایی از لایسیمترهای مورد استفاده در تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

عملیات آبیاری لایسیمترها مطابق با شرایط معمول محل (به طور متوسط دو بار در هفته در طول فصل گرما و دوره حداکثر رشد گیاه و یکبار در هفته در اواخر فصل زراعی)، با عمق آب آبیاری برابر با ۷ - ۸ سانتیمتر و به روش سطحی (غرقابی) انجام گرفت. به همین منظور و برای هر نوبت آبیاری، فاضلاب خام و پساب تصفیه شده به میزان مورد نیاز از تصفیه خانه مذکور به محل اجرای تحقیق حمل می‌گردید و بلافاصله از آن برای آبیاری استفاده می‌شد. آب معمولی نیز از یک حلقه چاه در نزدیکی محل تهیه می‌گردیده است. این عملیات به مدت دو سال زراعی و به صورت متوالی انجام پذیرفت و در طی این مدت، از هیچ نوع کود شیمیایی یا آلی (غیر معدنی) در لایسیمترها استفاده به عمل نیامد. در این شرایط و به منظور بررسی تأثیر آب آبیاری از منشاء فاضلاب خام و پساب تصفیه شده بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و مقایسه آن با مقدار اولیه، پیش از شروع عملیات آبیاری، اندازه‌گیری‌های لازم به روش بار ثابت به اجرا درآمد، با این تفاوت که به‌جای بهره‌گیری از ادوات آزمایشگاهی و نمونه‌های کوچک خاک، به طور مستقیم از خود لایسیمترها برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک استفاده به عمل آمد. این اندازه‌گیری‌ها در ابتدای اجرای تحقیق بر روی سه عدد از لایسیمترها و در پایان سال دوم (پس از خاتمه فصل کشت و قطع عملیات آبیاری)، بر روی کلیه ۲۷ لایسیمتر مورد استفاده به‌انجام رسید. مقایسه چگونگی تغییرات مقادیر اندازه‌گیری شده با بهره‌گیری از طرح آماری انتخابی و برنامه رایانه‌ای (SAS) انجام گرفت.

نتایج و بحث

برای بررسی چگونگی تأثیر عملیات آبیاری با فاضلاب و پساب بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، ابتدا لازم بود تا کیفیت شیمیایی آبها از نظر (SAR) و (EC_W) مورد ارزیابی قرار گیرد. ملاحظه مقادیر (SAR) انواع آب‌های آبیاری مورد استفاده در تحقیق و مقایسه آنها با مقادیر مجاز ارائه شده، دلالت بر عدم ایجاد محدودیت بوسیله این پارامتر برای خاک و آبیاری گیاهان داشت. کمیت (SAR) در فاضلاب‌های خام شهرک اکباتان به طور متوسط برابر با ۱/۱۹ بود که در محدوده‌ای از ۱/۱۱ تا ۱/۳۴ تغییر می‌نمود. مقدار (SAR) متوسط و دامنه تغییرات آن در پساب تصفیه ثانویه ۱/۴۱ (در محدوده ۱/۲۸ تا ۲/۱۴) و برای آب چاه مورد استفاده ۰/۹۰ (در محدوده ۰/۸۲ تا ۰/۹۶) بود. مقدار استاندارد تعیین شده از نظر آبیاری بدون محدودیت با پساب و حتی آب چاه، میزان (SAR) بین صفر تا سه را شامل می‌گردد (۸ و ۱۶) که در مرحله تکمیلی، (EC_W) آب آبیاری نیز بایستی مورد نظر باشد. مقادیر (EC_W) در (۰ – ۳ = SAR) در شرایطی که بیش از ۰/۷ دسی زیمنس بر متر باشد، شرایط مناسب محسوب شده و بین ۰/۲ - ۰/۷ دسی زیمنس بر متر متوسط و کمتر از ۰/۲ دسی زیمنس بر متر، شرایط نامناسب (با محدودیت شدید) طبقه بندی می‌شود (۸ و ۱۶). متوسط (EC_W) در فاضلاب خام، پساب تصفیه ثانویه و آب چاه بکار برده شده در این تحقیق به ترتیب برابر ۰/۷۷، ۰/۵۹ و ۰/۶۶ دسی زیمنس بر متر بوده است. بنابراین در ارتباط با ارقام (SAR) و (EC_W) انواع آبهای آبیاری می‌توان چنین استنباط نمود که بروز تغییر در هدایت هیدرولیکی خاک در نتیجهٔ وجود و تأثیر «عوامل شیمیایی» در آب آبیاری، دارای اثر قابل توجهی نبوده و محدودیتی از این نظر در عملیات آبیاری با انواع آبهای بکار برده شده متصور نمی‌باشد.

– مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع اندازه‌گیری شده

کمیتی که به عنوان هدایت هیدرولیکی یا ضریب آبگذری اشباع (K_{sat}) در یک خاک لحاظ می‌گردد، در حقیقت بیانگر کمیتی است که در زمان تثبیت نسبی شدت جریان عبوری آب از درون خاک ثبت می‌شود. با شروع اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در خاک (پس از پایان مرحله اشباع شدن خاک)، ابتدا مقدار عددی شدت جریان عبوری قابل توجه بوده و به تدریج با گذشت زمان، از میزان آن کاسته می‌گردد تا به مقدار نسبتاً ثابتی برسد. مقادیر متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در خاتمه اجرای آزمایش‌های لایسیمتری و پس از دو سال آبیاری لایسیمترها با فاضلاب خام، پساب تصفیه شده و آب چاه و همچنین کشت سبزیجات در آنها،

Archive of SID

www.SID.ir

در جدول (۴) قابل مشاهده است. این جدول در بر گیرنده متوسط نتایج حاصله از هر سه لایسیمتر مشابه از نظر نوع آب آبیاری کاربردی و نوع گیاه کشت شده می‌باشد.

جدول (۴) - متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K_{sat}) اندازه گیری شده خاک در خاتمه اجرای تحقیق در کشت‌های متفاوت برای انواع آب‌های مصرفی

ردیف	نوع آب آبیاری	متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (میلیمتر در ساعت)*		
		گوجه فرنگی	جعفری	هویج
۱	فاضلاب خام	۱۸/۷	۵۳/۲	۳۷/۸
۲	پساب تصفیه شده	۱۸/۶	۳۱/۴	۲۰/۴
۳	آب چاه	۱۸/۶	۱۴/۵	۱۵/۷

* متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک قبل از شروع اجرای آزمایش، دارای کمیت متوسطی برابر با۳/۱ میلیمتر در ساعت (با حداکثر ۵/۰ و حداقل ۱/۹ میلیمتر در ساعت) بوده است.

همانگونه که از جدول (۴) ملاحظه می‌گردد، کاربرد انواع آب آبیاری و کشت سبزیجات متفاوت، تأثیر مثبتی را بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بر جای گذاشته و موجب افزایش قابل توجه آن را در مقایسه با مقدار اولیه (پیش از شروع تحقیقات) فراهم آورده است. این امر با نتایج به دست آمده از تحقیقات چنگ و همکاران (۱۹۸۳) و مهیدا (۱۹۸۱) همخوانی دارد. نامبردگان نیز افزایش هدایت هیدرولیکی خاک را در نتیجه کاربرد فاضلاب در خاک گزارش نموده‌اند (۴).

به منظور تعیین اثر نوع آب آبیاری و نوع گیاه کشت شده بر مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، تحلیل‌های آماری به انجام رسید که نتایج آن در ادامه ارائه خواهد شد، لیکن در مقایسه‌ای ظاهری می‌توان دریافت که در مورد گیاه گوجه فرنگی با سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده، نوع آب آبیاری تأثیر کمتری را بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (در مقایسه با سایر گیاهان) داشته است. در لایسیمترهای مورد کشت گیاهان جعفری و هویج تأثیر نوع آب آبیاری مشهودتر است، به گونه‌ای که بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی در این شرایط در لایسیمترهای آبیاری شده با فاضلاب خام اندازه‌گیری شد و پس از آن، خاک‌های آبیاری شده با پساب تصفیه ثانویه و آب چاه در مرتبه بعدی قرار دارند. بنابراین از کلیه موارد فوق می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که در اغلب موارد، کاربرد فاضلاب خام و پساب‌های تصفیه شده شهرک اکباتان (به مدت دو سال) برای آبیاری سبزیجات، اثرات اصلاحی بر خاک داشته و افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را در پی داشته است.

- تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه گیری شده هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

تجزیه و تحلیل آماری مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، در پایان دومین سال اجرای آزمایش‌های آبیاری با کاربرد فاضلاب و پساب‌های تصفیه ثانویه و با عنایت به طرح آماری انتخاب شده و بهره مندی از برنامه رایانه‌ای (SAS) انجام پذیرفت. نتایج حاصله از این بررسی در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵: تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه گیری شده هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)
نوع آب آبیاری	۲	۱۹۰۲/۲۲	۹۵۱/۱۱ **
نوع گیاه کشت شده	۲	۹۴۲/۳۶	۴۷۱/۱۸ **

** - در سطح یک درصد معنی دار بوده است.

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نتایج حاصله، اثر نوع آب آبیاری و نوع گیاه کشت شده در لایسیمترها بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. مطابق با نتایج آزمون دانکن (مقایسه میانگین‌ها) که در جدول (۶) ارائه شده، می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که:

جدول ۶: نتایج آزمون دانکن مقادیر میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

گروه بندی دانکن	آب آبیاری کاربردی		گیاه کشت شده	
	نوع آب	میانگین	نوع گیاه	میانگین
A	فاضلاب خام	۳۶/۵۳	جعفری	۳۳/۰۱
B	پساب	۲۳/۴۹	هویج	۲۴/۶۶
C	آب چاه	۱۶/۲۵	گوجه فرنگی	۱۸/۶۰

۱- *اثر نوع آب آبیاری:* میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایسیمترهای مورد آبیاری با فاضلاب خام، بالاتر از میانگین آن در لایسیمترهای آبیاری شده با پساب تصفیه شده ثانویه واقع و این مورد نیز بالاتر از میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایسیمترهای آبیاری شده با آب چاه قرار دارد و تفاوت معنی‌داری را از نظر نوع آب آبیاری بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک نشان می‌دهد. مقدار میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک پیش از شروع تحقیق، کمتر از کلیه موارد فوق واقع گردید. این وضعیت در نتیجه وجود مقادیر قابل توجه‌ای مواد آلی در فاضلاب خام که از خاصیت اصلاح کنندگی ساختمان خاک برخوردار است و موجب افزایش رشد گیاه می‌گردد حاصل شده است. به علاوه، توسعه سیستم‌های ریشه در خاک و افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی آن نیز تأثیرگذار بوده است.

۲- *اثر نوع گیاه:* میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایسیمترهای مورد کشت گیاه جعفری، بالاتر از میانگین آن در لایسیمترهای مورد کشت هویج واقع شده و این مورد نیز بالاتر از میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایسیمترهای زیر کشت گوجه فرنگی قرار داشت و تفاوت معنی‌داری را از نظر نوع گیاه کشت شده بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک از خود نشان داد. مقدار میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک پیش از شروع تحقیق، کمتر از کلیه موارد فوق قرار داشته. قابل ذکر است که در گیاهانی نظیر جعفری و هویج که دارای سیستم ریشه‌های سطحی می‌باشند، به دلیل نفوذ مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد آلی به همراه آب آبیاری به زیر محدوده مؤثر توسعه ریشه‌ها و در نتیجهٔ افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی در این محدوده، تأثیر وجود مواد آلی با شدت بیشتری اتفاق افتاده است. بنابراین بر کمیت هدایت هیدرولیکی خاک افزوده شده است. در کشت گوجه فرنگی به علت توسعه عمقی ریشه‌ها و قدرت زیاد جذب آب و عناصر غذایی، مواد آلی و آب کمتری در بین دو تناوب آبیاری در اختیار میکرو ارگانیسم‌ها بوده و هدایت هیدرولیکی خاک به طور عمده تحت تأثیر نفوذ عمقی ریشه‌ها قرار داشته و تأثیر پذیری ساختمان خاک از وجود مواد آلی کمتر می‌شود.

نتیجه گیری:

ملاحظه مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (اندازه‌گیری شده به روش بار ثابت) نشان داد که کاربرد دو ساله انواع آب آبیاری از قبیل فاضلاب خانگی خام و پساب‌های تصفیه ثانویه آن در لایسیمترهای مورد کشت سبزیجات، تأثیر مثبتی را بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بر جای گذاشته و موجب افزایش قابل توجه آن، در مقایسه با مقدار اولیه هدایت هیدرولیکی خاک (پیش از شروع تحقیقات) شده است. به علاوه، تأثیر نوع گیاه بر هدایت هیدرولیکی

Archive of SID

www.SID.ir

اشباع خاک در لایسیمترهای زیر کشت جعفری و هویج بسیار چشمگیرتر بود و در این شرایط، حداکثر هدایت هیدرولیکی خاک در نتیجه کاربرد فاضلاب‌های خام و پس از آن پساب‌های تصفیه ثانویه اندازه‌گیری شد، لیکن در گیاه گوجه فرنگی با سیستم ریشه‌ای عمیق، تفاوت چندانی بین انواع آب آبیاری کاربردی ملاحظه نگردید.

منابع و مآخذ:

۱- توکلی، م. و طباطبایی، م. ۱۳۷۸. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده. مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پسابها در آبیاری. وزارت نیرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۱ آذر ماه ۱۳۷۸، تهران. صفحات: ۱ الی ۲۶.

۲- سلطانی، ا. ۱۳۷۷. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، شماره ۱۸۸.

۳- شریعتی، م. ر. ۱۳۷۵. ارزیابی کیفیت شیمیایی فاضلاب و استفاده از آن در آبیاری. مجله آب، خاک و محیط زیست، شماره ۱۰، صفحات ۵۱ الی ۵۵.

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

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

۶- ملکوتی، م. ج. و همایی، م. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک (مشکلات و راه حل‌ها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۲۲.

۷- منزوی، م.ت. ۱۳۷۲. فاضلاب شهری، جلد دوم: تصفیه فاضلاب. انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۸۶۷. چاپ چهارم.

۸- ولی نژاد، م.، مصطفی زاده، ب. و میرمحمدی میبدی، س. ع. ۱۳۸۱. اثر پساب تصفیه شده شاهین شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان، سال نهم، شماره اول، بهار ۱۳۸۱، صفحات: ۱۰۳ الی ۱۱۵.

9- Abedi- Koupai, J. et al. 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 Wastwater Reuse Management. ICID- CIID. September 19-20, 2001. Seoul, Korea. Pp: 165-173.

10- Alizadeh, A. et al. 2001. Using Reclaimed Municipal Wastewater for Irrigation of Corn. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID- CIID. September 19-20, 2001. Seoul, Korea. PP: 147-154.

11- California State Water Resourses Control Board. 1990. Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater - A Guidance Manual. Edited by: G. Stuart Pettygrove and Takashi Asano. Prepared by: Department of Land, Air and Water Resources. University of California, Davis. Pub: Lewis Publishers, Inc. ISBN 0-87371-061-4.

12- FAO. 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, No. 47.

13- Matsuno, Y. et al. 2001. Management of Wastewater for Irrigation in the Southern Punjab, Pakistan. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID- CIID. September 19-20, 2001. Seoul, Korea. PP: 85-94.

14- McGhee, T. J. 1991. Water Supply and Sewerage. 6th Edition. McGraw-Hill, Inc. ISBN 0-07-060938-1.

Archive of SID

www.SID.ir

15- Metcaff and Eddy Inc. 1991. Wastewater Engineering: Treatmennt, Disposal, Reuse. 3rd. Ed. ISBN 0-07-041677-x.
16- Vedry, B. et al. 2001. From Sewage Water Treatment to Wastewater Reuse. One Century of Paris Sewage Farms History. Wat. Sci. Tech. Vol 43, No. 10, pp: 101-107, IWA Pub.

Archive of SID

www.SID.ir

JOURNAL OF
AGRICULTURAL
SCIENCES
Islamic Azad University

Investigation of Soil Saturated Hydraulic Conductivity Changes via Irrigation by Raw and Treated Domestic Wastewaters[1]

A. Hassanoghli
Assistant professor of AERI and associate professors of Tehran university
A. Liaghat
Assoc Prof, Faculty of agriculture Tehran university, respectively
M. Mirabzadeh
Assoc Prof, Faculty of agriculture Tehran university, respectively

Archive of SID

Abstract

Reuse of domestic wastewater and treated effluents for agricultural irrigation will cause the increase of some ions, salts and suspended solids (organic and mineral) to the soil. In this regard, the physical, chemical and biological characteristics of the soil will be affected. One of the most important physical parameters in this case is soil structure and the saturated hydraulic conductivity. Therefore, in order to investigate the effect of irrigation with domestic wastewater on saturated hydraulic conductivity (K_{sat}), a series of lysimeter studies were carried out. A statistical "factorial experiments in the form of randomized complete design" (3x3x3) was used. Raw and treated domestic wastewater of Ekbatan housing complex and well water (as control) were applied as irrigation water for raw edible vegetables such as parsley, carrot and tomato for a period of two years. K_{sat} was measured before starting and after the end of experiments by using constant head method. The results showed that K_{sat} of the soil was increased. The most changes were observed by raw wastewater application and parsley plantation, in amount of 53.2 mm/hr (the initial K_{sat} before irrigation was 3.1 mm/hr). The statistical analysis showed a significant effect of the 3 source of waters applied and the kind of plants on K_{sat} at 1% level. By mean test results, the maximum increase of K_{sat} was occured by raw wastewater application, 11.8 times more than the initial values and followed by treated wastewaters and well water, being 7.6 and 5.2 times, respectively. As plants effect, the maximum increase was occured in lysimeters with parsley plantation, 10.6 times and the minimum was for tomato and about 6 times in compare with the initial measured value of soil saturated hydraulic conductivity (K_{sat}).

Keywords: Domestic wastewater, Raw wastewater, Treated effluent, Irrigation, Lysimeter, Soil saturated hydraulic conductivity..

1 . Adopted from research report of Agricultural Engineering Research Institute (AERI), No. 83/806.

www.SID.ir