دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی
۲ خرداد ماه ۱۳۸۷

بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب خام شرق اهواز

اصلان اگدرنژاد[۱]، سعید برومندنسب[۲]، حیدرعلی کشکولی[۳]

چکیده

لزوم بهره‌گیری از منابع آبی غیرمتعارف، موضوعی است که امروزه خود را به عنوان یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر به ویژه برای کشور ما نمایان ساخته است. این موضوع در شهرهای بزرگ و پرجمعیت به صورت خاص مطرح است. برخی کارشناسان استفاده از فاضلاب‌های خانگی در کشاورزی و فضای سبز را به عنوان راه‌حلی مناسب جهت دفع فاضلاب می‌دانند، زیرا اولاً جایگزین مناسبی برای آب‌های با کیفیت خوب بوده و دیگر آنکه عناصر و مواد غذایی مورد نیاز گیاه را در اختیار آن قرار می‌دهد.کاربرد مجدد فاضلاب‌های خانگی در مصارفی نظیر آبیاری اراضی کشاورزی، 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 پیروی از 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 در نتیجه اجرای عملیات آبیاری کرتی، در شرایط تحقیقات مزرعه‌ای و بدون کشت گیاه به مدت شش ماه از فاضلاب خانگی خام شرق اهواز استفاده گردید. این تحقیق با منظور نمودن آب رودخانه کارون به عنوان تیمار شاهد، در قالب طرح آماری فاکتوریل با پایه کاملاً تصادفی و در سه تکرار به اجرا درآمد. هدایت هیدرولیکی اشباع خاک قبل از شروع اجرای تحقیق، در فاصله‌های زمانی مختلف در خلال اجرای تحقیق و در خاتمه آن با روش آزمایشگاهی بارافنان اندازه‌گیری شد.

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکش- دانش‌آموخته دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز
۲- استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر آن است که هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، در اثر آبیاری با فاضلاب شرق اهواز نسبت به آب رودخانه کارون افزایش معنی‌داری ($P < ۰/۰۵$) داشته است. براین اساس مشاهده گردید که متوسط هدایت الکتریکی اشباع خاک در عمق ۴۵-۰ سانتی متر در ابتدای اجرای تحقیق معادل ۱/۴۴ سانتی متر بوده که این رقم پس از اجرای آبیاری با فاضلاب خام شرق اهواز و آب رودخانه کارون پس از پایان ۶ ماه به ترتیب معادل ۱/۷ و ۱/۴۹ سانتی‌متر در ساعت برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: فاضلاب خانگی، فاضلاب خام شهری، آبیاری کرتی، تحقیقات مزرعه‌ای، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، روش آزمایشگاهی بار افتان،اهواز.

مقدمه

براساس گزارش مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) تا سال ۲۰۲۵، بالغ بر ۱/۸ میلیون نفر از جمعیت جهان در کشورها و نواحی با کمبود مطلق آب زندگی می‌کنند. کمبود مطلق آب به این معنی است که دستیابی به آب برای هر شخص کمتر از ۱۰۰ مترمکعب در سال می‌باشد که برای استفاده شرب و صنعت ضروری است. از طرفی، تأمین آب مورد نیاز بخش کشاورزی به منظور ایجاد امنیت غذایی بسیار ضروری می‌باشد. بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب به میزان ۷۰ درصد آب شیرین جهان است. طبق گزارش فائو، ۳۰ تا ۴۰ درصد غذای جهان از زمین‌های آبی که تنها ۱۷ درصد کل اراضی زیر کشت را تشکیل می‌دهند، به دست می‌آید (Lazarova-Bahri، ۲۰۰۵).

یکی از استراتژی‌های مهم برای حل بحران آب و تأمین نیاز آبیاری در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، حفظ آب، افزایش راندمان مصرف آب از طریق مدیریت بهتر و اصلاح سیاست‌ها است. در این راستا، استفاده مجدد از آب و مصرف آب‌های نامتعارف به عنوان یک منبع اساسی و عنصر کلیدی جهت مدیریت منابع آب مطرح می‌شود. آب‌های نامتعارف آب‌هایی هستند که دارای برخی از خصوصیات کیفی محدودکننده می‌باشند که ممکن است اثر معکوس روی خصوصیات خاک، کمیت و کیفیت محصول گیاه، کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی داشته و یا تهدیدی برای سلامتی انسان و یا حیوان باشند (Tanji ،۱۹۹۷).

فاضلاب‌ها از جمله آب‌های نامتعارفی هستند که دارای کیفیت‌های مختلفی می‌باشند و واکنش خاک نسبت به آبیاری با فاضلاب، بستگی کاملی به کیفیت فاضلاب مصرفی دارد. کیفیت فاضلاب نیز به نوبه خود از منبع تولید آن تأثیر می‌پذیرد.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.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 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 نفوذپذیری خاک را در پی خواهد داشت (۴، ۶، ۸، ۱۴، ۱۷ و ۱۸).

در این شرایط مشکلات ثانویه‌ای نظیر ایجاد لایه سخت، 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 نتیجه تخریب ساختمان در لایه سطحی خاک به وجود آید. همچنین کمبود کلسیم در مقایسه با مقادیر زیاد (نسبی) یون سدیم، این مشکل را تشدید می‌کند (۴ و ۱۳).

از دیگر شاخص‌های مهم، شوری یا غلظت املاح محلول در آب است که براساس هدایت الکتریکی آب آبیاری و یا در مورد خاک براساس هدایت الکتریکی عصاره اشباع برحسب دسی زیمنس بر متر اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.

آب با شوری زیاد نفوذپذیری خاک را افزایش داده و حداقل حاصل شدن بخشی از مشکلاتی را که با در نظر گرفتن نسبت جذب سدیم 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 نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی آب آبیاری بایستی به همراه یکدیگر جهت ارزیابی ایجاد مشکلات نفوذپذیری 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 نتیجه نسبت جذب سدیم بالا، بایستی در استفاده مجدد از آنها جهت عملیات آبیاری دقت ویژه‌ای مبذول گردد (۴، ۶، ۷، ۱۳، ۱۴، ۱۷ و ۱۸).

نتایج مطالعه چندین ساله چنگ و همکاران به سال ۱۹۸۳ نشان می‌دهد که کاربرد فاضلاب در خاک، به عنوان یک ماده مناسب اصلاح‌کننده عمل نموده و منجر به تغییر خواص فیزیکی خاک می‌گردد و بر اثر آن، ظرفیت نگهداری و هدایت هیدرولیکی خاک افزایش یافته، درحالی که 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 و ۷).

مهیدا در سال ۱۹۸۱ گزارش نمود که استفاده مجدد از فاضلاب به جای آب آبیاری موجب بهبود نفوذپذیری، افزایش تخلخل و توسعه ساختمان اسفنجی در خاک شده است (۴ و ۸).

تحقیقات پاترسون در سال ۱۹۹۶ در استرالیا نشان داد که افزایش قابل توجه نسبت جذب سدیم در پساب حاصل از تصفیه فاضلاب خانگی (در صورت ورود این نوع پساب‌ها به خاک) منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌گردد (۴).

ولی‌نژاد و همکاران در تحقیقات خود بر استفاده از پساب تصفیه شده شاهین‌شهر 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 (۱۰).

نتایج مشابهی نیز توسط عابدی کوپایی و همکاران در سال ۲۰۰۱ در منطقه برخوار اصفهان و با استفاده از پساب تصفیه شده منطقه شاهین‌شهر، در آبیاری محصولات چغندرقند، ذرت و آفتابگردان به مدت ۱۱ سال به دست آمد (۱۱).

حسن اقلی و همکاران طی مدت دو سال به بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب خانگی و پساب تصفیه شده شهرک اکباتان پرداختند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که کاربرد دو ساله انواع آب آبیاری، موجب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در مقایسه با میزان اولیه آن گردیده است (۴).

صفاری در سال ۱۳۷۷ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان به بررسی تأثیر استفاده از پساب شهری در آبیاری روناس به مدت سه سال پرداخت. در پایان سال سوم تجزیه خاک نمونه‌برداری شده از محل مذکور نشان داد که آبیاری با پساب بر خصوصیات فیزیکی خاک و خصوصیات نفوذپذیری آن هیچ گونه تأثیری نداشت (۲).

روحانی شهرکی و همکاران به بررسی تأثیر آبیاری با پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان بر خواص فیزیکی خاک منطقه به مدت ۹ سال پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مزارع آبیاری شده با پساب به مدت ۹ سال، نفوذ نهایی کمتری نسبت به مزارع آبیاری شده با آب چاه داشته‌اند (۲).

تحقیقات علیزاده و همکاران به سال 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 ظرفیت نفوذپذیری خاک را در مقایسه با زمان قبل از آغاز آزمایش به دنبال داشته است. مطابق بررسی‌های 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 (۱۲).

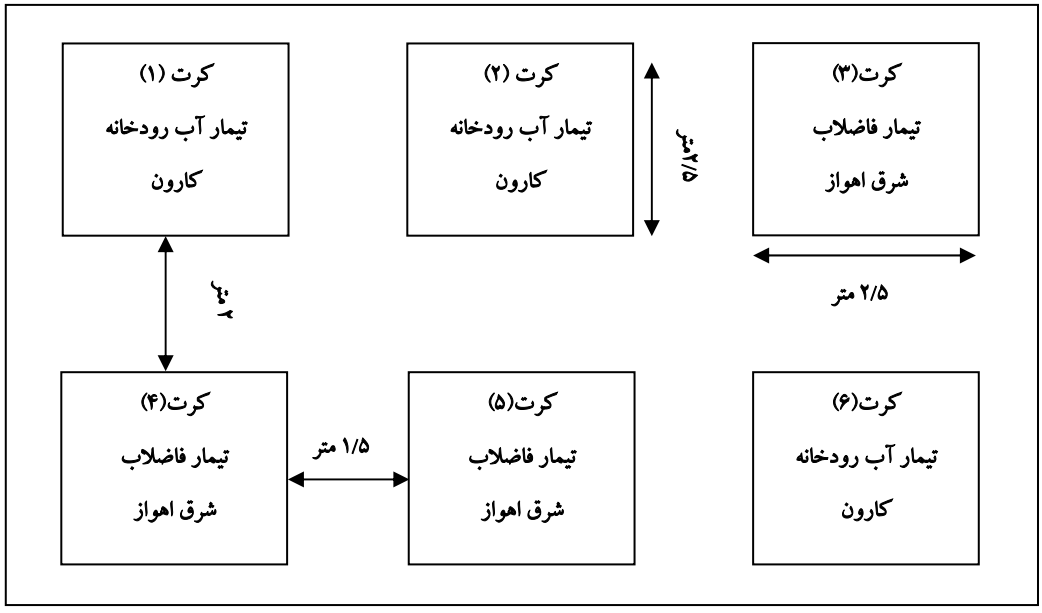
فاضلاب‌های شهری و خانگی به طور عمده حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد آلی می‌باشند. به طور تقریبی حدود ۸۰ درصد مواد آلی فاضلاب‌های تازه، نامحلول و به شکل معلق است. محیط خاک به عنوان یک صافی مناسب و با راندمان بالای تصفیه بیولوژیکی، در حذف این نوع مواد عمل می‌نماید (۳، ۴، ۹، ۱۴، ۱۶ و ۱۸).

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 نفوذپذیری خاک نسبت به آب و هوا و بهبود شرایط زهکش داخلی خاک از دیگر اثرات وجود مواد آلی است (۹).

با در نظر گرفتن کلیه موارد فوق و با توجه به حجم گسترده کاربرد فاضلاب‌های شهری و خانگی در اراضی زراعی و کشاورزی حاشیه 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 شش ماهه در استان خوزستان (شهر اهواز)، شاخص‌های قابل ذکر در آبیاری با فاضلاب‌های خانگی مورد بررسی قرار گرفت که بخشی از نتایج حاصله، طی این مقاله ارائه می‌گردد. هدف و دیدگاه این بخش از تحقیق، بررسی تأثیر کاربرد فاضلاب خانگی خام شرق اهواز بر میزان تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری کرتی با استفاده از این نوع آب‌های نامتعارف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در اجرای این تحقیق و به منظور دخیل نمودن کلیه عوامل مؤثر، از تحقیقات مزرعه‌ای استفاده شد. تعداد شش کرت به ابعاد ۲/۵×۲/۵ متر آماده گردید. در این تحقیق با توجه به نوع مسأله و یکسان بودن تقریبی شرایط زمین در قسمت اجرای طرح، از طرح آماری فاکتوریل با پایه کاملاً تصادفی استفاده گردید. قبل از انجام آزمایشات محل قرارگیری هر تکرار به طور تصادفی تعیین گردید. (شکل ۱)



شکل (۱): موقعیت تیمارهای مختلف طرح تحقیقاتی

تیمارهای موجود عبارت بودند از آب آبیاری در دو منبع : فاضلاب خام شرق اهواز و آب رودخانه کارون. به منظور حصول شرایط مناسب آماری، آزمایش در سه تکرار انجام پذیرفت. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق در جداول (۱) و (۲) ارائه گردیده است. روش آبیاری مورد استفاده، آبیاری کرتی بوده که جهت انتقال فاضلاب به کرت‌ها، از یک لوله پلی‌اتیلن که به پمپی در کنار کانال وصل بود، استفاده گردید. برای انتقال آب رودخانه کارون نیز از بشکه‌های ۲۰ لیتری استفاده شد. بدین صورت که بشکه‌ها از آب رودخانه پر شده و توسط ماشینی به محل اجرای طرح حمل می‌شدند. در جداول (۳) و (۴) کیفیت تیمارهای آبی مورد استفاده در این تحقیق ارائه گردیده است.

هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در ابتدای تحقیق و در پایان هر دوره یک، دو، چهار و شش ماهه آبیاری با تیمارهای آبی پژوهش، در عمق‌های ۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ۴۵-۳۰ سانتی‌متری خاک، به روش آزمایشگاهی بارافتان مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای تهیه نمونه جهت برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، از روش نمونه‌برداری دست نخورده می‌بایست استفاده می‌گردید. جهت تهیه نمونه از یک حلقه استوانه‌ای به قطر ۹/۹۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲/۸۵ سانتی‌متر استفاده گردید. نحوه نمونه‌برداری به گونه‌ای بود که ابتدا دو روز قبل از نمونه‌برداری، زمین آبیاری می‌شد تا در فاصله این دو روز رطوبت خاک در بین نقطه پژمردگی و ظرفیت زراعی مزرعه قرار گیرد. برای شروع هر نمونه‌برداری، استوانه‌ای از خاک تراشیده شده و حلقه همراه با یک بوش، بر روی استوانه خاک قرار داده می‌شد. سپس با کمک پا، استوانه و بوش را در داخل خاک فرو برده، بعد از درآوردن استوانه از خاک، بوش از آن جدا شده و دو طرف استوانه توسط کاردک صاف می‌گردید. برای جلوگیری از تکان خوردن خاک، دو طرف آن را با یونولیت مسدود نموده و در داخل جعبه حامل قرار داده می‌شد. این روش برای تهیه نمونه از عمق‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. بعد از انتقال نمونه‌های تهیه شده به آزمایشگاه، انتهای نمونه بعد از قرار دادن یک کاغذ صافی با محیط متخلخل محکم بسته شد. سپس نمونه درون ظرف دیگری که پر از آب بود به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا به خوبی اشباع گردد. سپس قسمت‌های دیگر آزمایش بارافتان بر روی نمونه خاک نصب گردید و نمونه خاک به استوانه شیشه‌ای پر از آب وصل گردید. لازم به ذکر است که برای جلوگیری ازنشت آب از درزهای استوانه‌ها، هنگام چفت کردن قسمت‌های مختلف آزمایش بارافتان، از گریس استفاده گردید (۱). اشکال شماره (۲) تا (۷) مراحل کار را نشان می دهند.

بعد از وصل کردن قسمت‌های مختلف آزمایش بارافتان، تحت هدها و زمان‌های مختلف، میزان پایین افتادگی هد آب در داخل لوله اندازه‌گیری شده و از میانگین آنها و به کمک فرمول زیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک محاسبه گردید (ابن جلال و شفاعی بجستان، ۱۳۷۱):

$$K = \frac{a.l}{A(t_2 - t_1)}.Ln\left[\frac{h_1}{h_2}\right] \qquad (۱)$$

K : هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (برحسب سانتی‌متر بر ثانیه)

a : سطح مقطع لوله حاوی آب (برحسب سانتی‌مترمربع)

A : سطح مقطع نمونه خاک (برحسب سانتی‌مترمربع)

h_1 : هد آب(برحسب سانتی‌متر) در زمان t_1 (برحسب ثانیه)

h_2 : هد آب(برحسب سانتی‌متر) در زمان t_2 (برحسب ثانیه)

l : طول نمونه خاک (برحسب سانتی‌متر)

جدول (۱): مشخصات فیزیکی نمونه‌های خاک در سه عمق

پارامترهای فیزیکی / عمق نمونه‌برداری (cm)	درصد ذرات خاک			بافت خاک	درصدوزنی رطوبت		جرم مخصوص ظاهری*	درصد تخلخل کل	درصد تخلخل مؤثر	درصد نگهداشت ویژه
	رس	سیلت	شن		FC	PWP				
۰-۱۵	۱۴	۳۶	۵۰	لومی	۱۳/۱۰۵	۶/۱۷۵	۱/۳۸۵	۴۵/۲۵	۱۸/۱۵	۲۷/۰۹۹
۱۵-۳۰	۳۲	۲۶	۴۲	لوم رسی	۱۳/۶	۶/۴۲۵	۱/۴۵۵	۴۱	۱۹/۷۸۸	۲۱/۲۱۲
۳۰-۴۵	۳۶	۲۸	۳۶	لوم رسی	۱۴/۶۲۵	۷/۵	۱/۵۶	۳۹/۹	۲۲/۸۱۵	۱۷/۰۸۵

* برحسب گرم در سانتی‌مترمکعب

جدول (۲): مشخصات شیمیایی نمونه‌های خاک در سه عمق

پارامترهای شیمیایی / عمق نمونه‌برداری (cm)	EC (ds/m)	pH	Na^+ (meq/lit)	Mg^{2+} (meq/lit)	Ca^{2+} (meq/lit)	SAR	P (mg/kg)	K (mg/kg)	HCO_3^- (meq/lit)
۰-۱۵	۴/۱۷۵	۷/۵۱۵	۲۸/۱۶	۱۲/۱	۹/۴۶	۸/۵۷۶	۶/۷۱	۲۳۰	۲/۳۵۵
۱۵-۳۰	۵/۵۲۵	۷/۴۳۵	۳۱/۸	۱۲/۳۶	۱۱/۱۵۵	۹/۲۷۴	۵/۷۵	۱۹۶/۵	۳/۴۰۵
۳۰-۴۵	۶/۶۷۵	۷/۳۳	۴۳/۲۵	۱۴/۶۶	۱۲/۵۸	۱۱/۷۱۹	۴/۹۵	۱۶۵	۴/۳۷۸

جدول (۳): کیفیت فاضلاب خام شرق اهواز (مورد استفاده در عملیات آبیاری)

پارامتر مورد بررسی	BOD_5	COD	pH	EC	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	SAR	HCO_3^-	SO_4^{2-}	PO_4^{2-}	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	Cd^+	Ni^+	B^+	Cl^-	TSS	Total N	Total P
واحد	ppm	ppm	-	$\frac{ds}{m}$	$\frac{meq}{lit}$	$\frac{meq}{lit}$	$\frac{meq}{lit}$	-	$\frac{meq}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$
نتیجه ارزیابی	۱۵۴	۲۳۲	۷/۱	۵	۱۵/۵	۱۴	۲۲	۵/۷۲	۴/۴	۸۵۰	۵	۱/۱	۰/۱	۰/۴	۰/۰۰۲	۰/۲	۰/۲	۱/۹۸	۲۰۲/۸۵	۴۵/۷۵	۵/۵

جدول (۴): کیفیت آب رودخانه کارون (مورد استفاده در عملیات آبیاری)

پارامتر مورد بررسی	کلسیم	منیزیم	سدیم	بیکربنات	فسفات	کدورت	BOD_5	COD	EC	pH	Cl^-	SO_4^{2-}	SAR
واحد	$\frac{meq}{lit}$	$\frac{meq}{lit}$	$\frac{meq}{lit}$	$\frac{meq}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	N.T.U	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{mg}{lit}$	$\frac{ds}{m}$	-	$\frac{meq}{lit}$	$\frac{meq}{lit}$	-
نتیجه ارزیابی	۴/۱۱	۲/۷۷	۸/۲	۳/۲۵	۰/۲	۱۸	۲/۵۶	۱۶/۵	۱/۴۸۵	۷/۹۸	۷/۲۲	۵/۸۸	۴/۴۲

شکل (۲): ایجاد استوانه ای از خاک جهت نمونه برداری بهتر

شکل (۳): فشار دادن حلقه با بوش توسط پا

شکل (۴): نحوه صاف کردن دو طرف نمونه خاک

شکل (۵) : بستن انتهای نمونه با صفحه متخلخل

شکل (۶) : نمای کلی از دستگاه آزمایش بار افتان

شکل (۷): نصب کردن قسمت‌های مختلف دستگاه آزمایش بار افتان

نتایج

جهت بررسی چگونگی تأثیر عملیات آبیاری با فاضلاب خام شرق اهواز بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، ابتدا لازم بود تا کیفیت شیمیایی تیمارهای آبی 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 به وسیله این پارامتر برای خاک و آبیاری گیاهان داشت. کمیت (SAR) در فاضلاب خام شرق اهواز به طور متوسط برابر با ۵/۷ و در آب رودخانه کارون برابر با ۴/۴۲ بود.

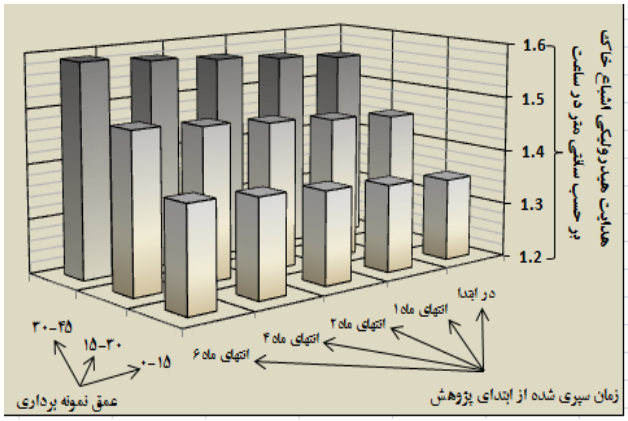
متوسط (EC_w) در فاضلاب خام شرق اهواز و آب رودخانه کارون به کار برده شده در این تحقیق به ترتیب برابر با ۵ و ۱/۴۸۵ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. درجه پیامد بد آبیاری با تیمار فاضلاب خام شرق اهواز، در حد بالا و درجه پیامد بدآبیاری با تیمار آب رودخانه کارون در حد کم تا میانه قرار داشت. این بدان معنا است که تیمار فاضلاب خام شرق اهواز از لحاظ شوری وضعیت بدتری نسبت به آب رودخانه کارون داشته و بایستی در آبیاری گیاهان با این تیمار دقت بیشتری در انتخاب نوع محصول به عمل آید و گیاهان مقاوم به شوری کشت گردد.

براساس رهنمودهای کیفیت آب سازمان خواروبار جهانی (FAO ،۱۹۸۵) برای یک مقدار ثابت (SAR)، با افزایش غلظت کل نمک، نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد و برای یک مقدار ثابت غلظت کل نمک خاک، با افزایش (SAR)، مقدار نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد (۴).بنابراین در ارتباط با ارقام (SAR) و (EC_w) انواع آب‌های آبیاری می‌توان چنین استنباط نمود که بروز تغییر در هدایت هیدرولیکی خاک در نتیجه وجود و تأثیر عوامل شیمیایی در آب آبیاری، دارای اثر قابل توجهی نبوده و محدودیتی از این نظر در عملیات آبیاری با انواع آب‌های به کار برده شده متصور نمی‌باشد.

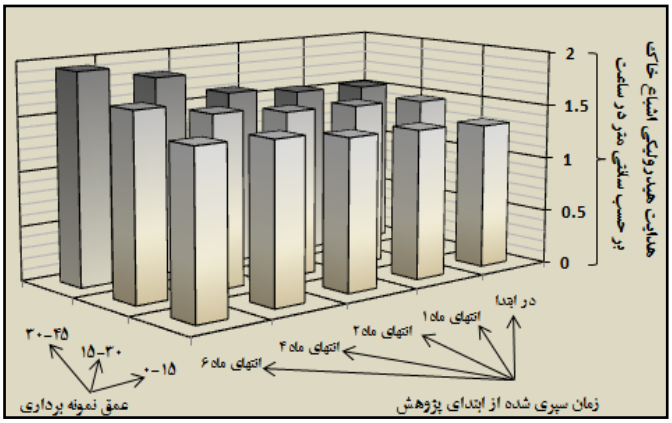
کمیتی که به عنوان هدایت هیدرولیکی یا ضریب آبگذری اشباع در یک خاک لحاظ می‌گردد، در حقیقت بیانگر کمیتی است که در زمان تثبیت نسبی شدت جریان عبوری از درون خاک ثبت می‌شود. با شروع اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در خاک (پس از پایان مرحله اشباع شدن خاک)، ابتدا مقدار عددی شدت جریان عبوری قابل توجه بوده و به تدریج با گذشت زمان، از میزان آن کاسته شده تا به مقدار نسبتاً ثابتی برسد (۲ و ۴).

شکل‌های شماره ۸ و ۹ نتایج حاصل از اندازه گیری هدایت الکتریکی اشباع خاک (برحسب سانتی متر در ساعت)، تحت شرایط آبیاری با آب رودخانه کارون و فاضلاب شرق اهواز را نشان می‌دهند.

شکل شماره ۱۰ اثر کیفیت آب آبیاری بر متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را در عمق ۴۵-۰ سانتی متر نشان می‌دهد. این شکل بیانگر آنست که استفاده از فاضلاب شرق اهواز نسبت به آب رودخانه کارون باعث افزایش متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک شده که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار ($P< ۰/۰۵$) می‌باشد. این نتیجه مشابه نتایج گزارش شده توسط مهیدا (۱۹۸۱) ، چنگ و همکاران (۱۹۸۳) و حسن اقلی و همکاران (۱۳۸۳) می‌باشد. نامبردگان نیز افزایش هدایت هیدرولیکی خاک را در نتیجه کاربرد فاضلاب در خاک گزارش نموده‌اند (۱ و ۴).



شکل (۸) : نتایج حاصل از اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک(Cm/hr) تحت آبیاری با آب رودخانه کارون

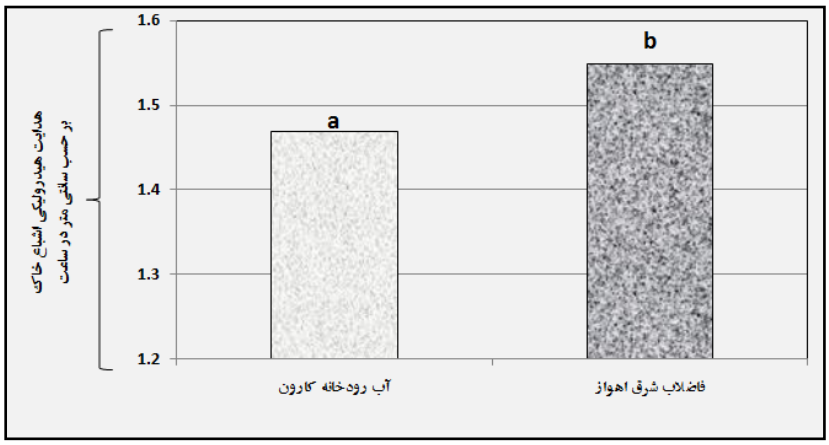


شکل (۹): نتایج حاصل از اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (Cm/hr) تحت آبیاری با فاضلاب شرق اهواز

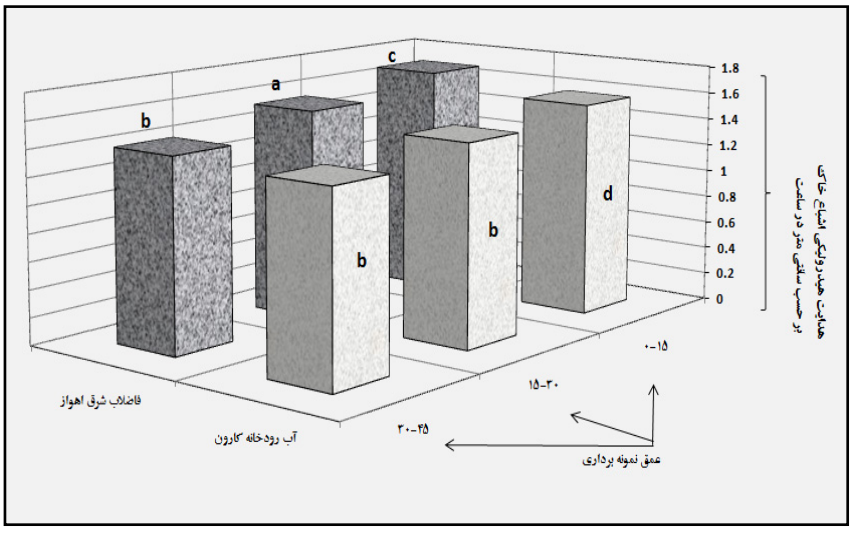
شکل شماره ۱۱ اثر کیفیت آب آبیاری بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را در اعماق مختلف نشان می‌دهد. آنچه در این شکل و شکل‌های شماره ۸ و ۹ مشخص می‌باشد، آنست که هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با افزایش عمق کاهش یافته است، که این امر ناشی از بافت ریزتر و فشرده‌تر بودن لایه‌های تحتانی در اثر فشار لایه‌های بالایی می‌باشد. شکل شماره ۱۱ نشان می‌دهد که تأثیر استفاده از فاضلاب شرق اهواز نسبت به آب رودخانه در عمق‌های ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک یکسان نبوده و تنها در عمق ۴۵-۳۰ سانتی متری خاک تأثیر فاضلاب در افزایش هدایت هیدرولیکی خاک کاهش یافته است. معنی دار نبودن اختلاف بین مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در عمق ۴۵-۳۰ سانتی‌متری خاک را می‌توان به دلیل کوتاه بودن مدت زمان آبیاری دانست.

شکل شماره ۱۲ اثر کیفیت آب آبیاری بر متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، در عمق ۴۵-۰ سانتی متری از سطح خاک را در طول مدت زمان اجرای تحقیق نشان می‌دهد، آنچه که در این شکل مشخص

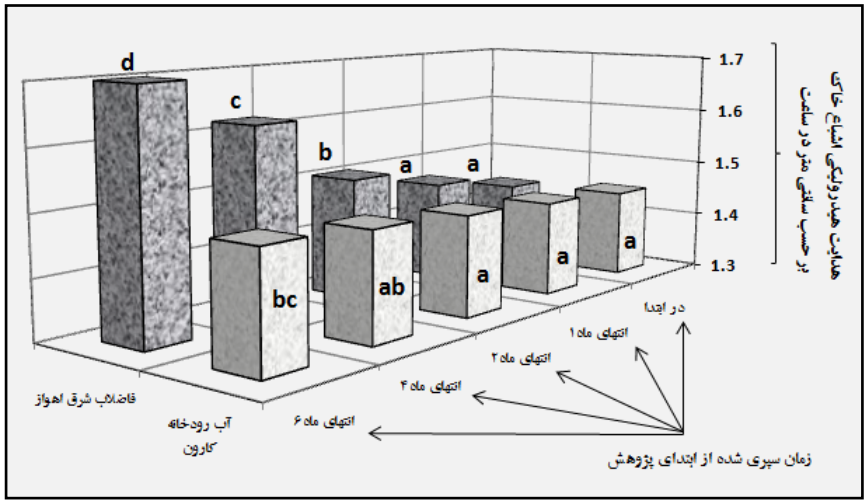
می‌باشد آنست که استفاده از فاضلاب شرق اهواز نسبت به آب رودخانه کارون در مدت زمان‌های مختلف، یکسان نبوده و اختلاف معنی داری ($P<۰/۰۵$) با یکدیگر دارند. براین اساس اثر فاضلاب نسبت به آب رودخانه کارون در دوره‌های آبیاری ۲ ، ۴ و ۶ ماهه یکسان نبوده و تنها در دوره‌های ابتدایی و یک ماهه یکسان می‌باشد. این نتیجه نشان دهنده آنست که با افزایش مدت زمان آبیاری، تأثیر کاربرد فاضلاب در افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بیشتر شده است، که این امر می‌تواند به دلیل بهبود تدریجی ساختمان خاک در اثر آبیاری با فاضلاب باشد.



شکل (۱۰): اثر کیفیت آب آبیاری بر متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (cm/hr) در عمق ۴۵-۰ سانتی متر



شکل (۱۱): اثر کیفیت آب آبیاری بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (cm/hr) در عمق‌های مختلف



شکل (۱۲): اثر کیفیت آب آبیاری بر متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (cm/hr) در عمق ۴۵-۰ سانتی‌متر در طی مدت زمان اجرای تحقیق

بحث

ذرات رس خاک نقش مهمی را در عمل نفوذپذیری بازی می‌کنند. قسمت رسی خاک شامل صفحه‌های رس به هم چسبیده مانند یک دسته ورق می‌باشد. این صفحات بار منفی دارند و یون‌های مثبت موجود در آب را به خود جذب می‌کنند، این عمل باعث می‌شود کاتیون‌هایی مانند سدیم، کلسیم و منیزیم، یک لایه از یون‌ها را کنار صفحات رسی تشکیل دهند. غلظت یون‌ها در نزدیکی صفحه بیشتر و هر چه از صفحه دور شویم، غلظت یون‌ها کمتر خواهد شد. هنگامی که دو صفحه رسی به یکدیگر نزدیک می‌شوند و لایه یونی آنها در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند، نیروهای دافعهٔ الکتریکی افزایش می‌یابند. این نیروها باعث می‌شوند که صفحات رسی از یکدیگر جدا مانده و در نهایت باعث تورم خاک می‌گردند. به علت اینکه یون‌های سدیم در مقایسه با یون‌های کلسیم کمتر به صفحات رسی جذب می‌شوند، لایه یون‌های سدیم بیشتر از صفحات رسی فاصله می‌گیرند و به دنبال آن صفحات رسی نیز بیشتر از هم فاصله گرفته و جدا می‌شوند که این باعث تورم بیشتر خاکدانه‌ها می‌شود. یون‌های کلسیم شدیداً به صفحات رسی می‌چسبند و در نتیجه لایه یونی در مقایسه با حالت قبل، از صفحات رسی کمتر دور می‌شود. به عبارت دیگر با وجود یون کلسیم فاصله بین صفحات و جدا شدن صفحات از یکدیگر کمتر خواهد بود و در خاک، تورم کمتر خاکدانه‌ها مشاهده خواهد شد. بنابراین جایگزینی سدیم قابل تبادل با کلسیم می‌تواند تورم را کمتر و نفوذ آب را بهبود بخشد (حکم‌آبادی و صداقت‌پور، ۱۳۸۲).

مواد آلی فاضلاب پس از ورود به خاک مورد هجوم قارچ‌ها قرار می‌گیرند و میسیلیوم قارچ‌ها در خاک افزایش می‌یابد و شبکه‌های قارچی باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها خواهد شد. همچنین میسیلیوم قارچ‌ها

و دیگر میکروارگانیسم‌ها در اثر رشد سریع، حفره‌هایی در سطح خاک ایجاد نموده و سبب افزایش سرعت نفوذ نهایی خاک می‌گردد.

عوامل محیطی مانند درجه حرارت نیز می‌تواند یکی از علل احتمالی روند افزایشی تأثیر فاضلاب در بهبود هدایت هیدرولیکی اشباع خاک باشد. با افزیش درجه حرارت محیط، فعالیت قارچ‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها شدت یافته و تأثیر بیشتری بر روی خاک خواهند گذاشت.

جمع‌بندی

ملاحظه مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (اندازه‌گیری شده به روش بارافتان) نشان داد که کاربرد شش ماهه انواع آب آبیاری از قبیل فاضلاب خام شرق اهواز و آب رودخانه کارون در کرت‌های پژوهش، تأثیر مثبتی را بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بر جای گذاشته و موجب افزایش آن در مقایسه با مقدار اولیه هدایت هیدرولیکی خاک (پیش از شروع تحقیقات) شده است (۱).

منابع و مآخذ

۱. ابن جلال، ر. شفاعی بجستان، م.، ۱۳۷۱. اصول نظری و عملی مکانیک خاک. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۷۲۷ صفحه.

۲. اگدرنژاد، ا. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر فاضلاب شرق اهواز بر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و هیدرولیکی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز.

۳. 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.

۴. حسن اقلی، ع. ر.، لیاقت، ع. م. و میراب‌زاده، م. ۱۳۸۳. بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب خانگی و پساب تصفیه شده آن. مجله علوم کشاورزی واحد علوم و تحقیقات، سال یازدهم، شماره چهارم، ۱۳۸۴، صفحات ۹۹ الی ۱۰۸.

۵. حکم‌آبادی، ح.، صداقت‌پور، ش. ۱۳۸۲. شوری و زهکشی در کشاورزی. ترجمه. معاونت امور باغبانی جهاد کشاورزی، کرج: سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.

۶. 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.

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

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

۹. ملکوتی، م. ج. و همایی، م. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه‌حل‌ها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۲۲.

۱۰.ولی‌نژاد، م.، مصطفی‌زاده، ب. و میرمحمدی میبدی، س. ع. ۱۳۸۱. اثر پساب تصفیه شده شاهین‌شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاریبارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، سال نهم، شماره اول، بهار ۱۳۸۱، صفحات ۱۰۳ الی ۱۱۵.

11. 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 9-20, 2001. Seoul, Korea. pp : 165-173.
12. 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.
13. 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.
14. FAO. 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, No. 47.
15. Lazarova, V. and A. Bahri. 2005. Water reuse for irrigation. CRS Press. 408 pages.
16. 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.
17. McGhee, T. J. 1991. Water Supply and Sewerage. 6th Edition. McGraw-Hill, Inc. ISBN 0-07-060938-1.
18. Metcaff and Eddy Inc. 1991. Wastewater Engineering: Tr3eatment, Disposal, Reuse. 3rd. Ed. ISBN 0-07-041677-x.
19. Tanji, K. 1997. Irrigation with marginal quality waters. Journal of Irrigation and dnainage engineering. 123 (3): 165-169.
20. 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.