تأثیر شیرابه زباله بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک غنی شده با زئولیت

سید محمد جواد میرزائی[۱]، سید حسن طباطبائی[۱*]، منوچهر حیدرپور[۲] و پیام نجفی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۱۷)

چکیده

شیرابه زباله به دلیل دارا بودن مواد آلی و شیمیایی فراوان بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک تأثیر می‌گذارد. هدف این تحقیق بررسی تأثیر شیرابه کارخانه کود آلی اصفهان روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک و هم‌چنین تأثیر زئولیت بر این فرآیند است. تیمارهای تحقیق شامل دو نوع بافت خاک (لوم شنی (A) به عنوان خاک سبک و خاک لوم رسی (B) به عنوان خاک سنگین) و سه سطح زئولیت (۰، ۵ و ۱۰ درصد وزنی) بودند که زئولیت‌ها با خاک مخلوط شدند. آزمایش در مقیاس لایسیمتری انجام شد. نتایج نشان داد کاربرد شیرابه سبب کاهش نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی در خاک لوم رسی گردید به طوری‌که میزان هدایت هیدرولیکی در خاک لوم رسی بدون زئولیت (تیمار B0) قبل و بعد از کاربرد شیرابه به ترتیب ۱/۷۳ و ۰/۳۶ متر در روز اندازه‌گیری شد. در مورد خاک لوم شنی قبل و بعد از کاربرد شیرابه تغییری در نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک دیده نشد و میزان هدایت هیدرولیکی در خاک لوم شنی به همراه پنج درصد زئولیت (تیمار A5) قبل و بعد از کاربرد شیرابه ۳/۱۷ متر در روز اندازه‌گیری شد. هم‌چنین افزودن زئولیت به خاک تأثیر کاهنده در نفوذپذیری و هم‌چنین هدایت هیدرولیکی خاک لوم رسی بعد از ورود شیرابه داشته است به طوری‌که میزان هدایت هیدرولیکی از ۱/۴۴ به ۰/۴۴ در تیمار ۱۰ درصد زئولیت و از ۱/۵۸ به ۰/۲۹ در تیمار ۵ درصد زئولیت کاهش یافت. به‌علاوه نتایج نشان داد کاربرد شیرابه سبب کاهش چگالی ظاهری هر دو نوع خاک و برای تمامی سطوح زئولیت گردید.

واژه‌های کلیدی: چگالی ظاهری، زئولیت، شیرابه، نفوذ، هدایت هیدرولیکی

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: tabatabaie@agr.skr.ac.ir

مقدمه

خواص فیزیکی خاک نسبت به یون‌های محلول و موجود در آب آبیاری بسیار حساس است و در چنین شرایطی به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند .کاربرد فاضلاب در خاک به خصوص در دراز مدت، نسبت این گونه 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. استفاده از فاضلاب به‌دلیل بسته شدن حفره‌های سطحی خاک توسط ذرات جامد معلق موجود در فاضلاب (۱۶ و ۲۶) و بیومس آلی مانند باکتری‌ها (۲۵) و هم‌چنین پراکنده شدن ذرات رس و متورم شدن خاک بدلیل شرایط شیمیایی فاضلاب (۱۶ و ۲۳) می‌تواند هدایت هیدرولیکی خاک را کاهش دهد، از طرفی استفاده از فاضلاب می‌تواند باعث افزایش هدایت هیدرولیکی و نفوذ خاک گردد (۱۰ و ۱۸).

ولی‌نژاد و همکاران (۵) در تحقیقات خود بر استفاده از پساب 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 کوپایی و همکاران (۶) در منطقه برخوار اصفهان و با استفاده از پساب منطقه شاهین شهر، در آبیاری محصولات چغندرقند، ذرت و آفتابگردان به مدت ۱۱ سال به دست آمد. بدو و امیدی (۱) در تحقیقی تأثیر غلظت شیرابه مصنوعی را بر خاک رسی بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد شیرابه دارای ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم موجب کاهش ۱۳ درصدی ضریب نفوذپذیری گردید که می‌تواند در اثر کاهش نسبت تخلخل خاک در اثر تحکیم (نشست Consolidation) باشد. نایاک و همکاران (۱۹) در تحقیقی با افزودن شیرابه به خاک به میزان ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی خاک نشان دادند هدایت هیدرولیکی خاک و هم‌چنین نسبت خلل و فرج در اثر این افزودن افزایش یافت. ایشان علت این افزایش را واکنش شیمیایی بین شیرابه اسیدی و کانی‌های رسی عنوان کردند. تحقیقات علیزاده و همکاران (۷) نشان داد که آبیاری محصول ذرت با استفاده از پساب 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. افزودن شیرابه لندفیل به خاک باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک به علت بسته شدن و گرفته شدن حفرات خاک می‌شود (۹). زوپانک و جاستین (۲۷) در تحقیقی تأثیر شیرابه لندفیل (Landfill leachate) و شیرابه کمپوست (Compost leachate) را بر خصوصیات خاک بررسی کردند. ایشان نشان دادند شیرابه لندفیل به‌طور معنی‌داری ظرفیت آب در دسترس را بیشتر از ۵۲ درصد افزایش می‌دهد در حالی‌که شیرابه کمپوست آن را ۲۵- ۴۷ درصد کاهش داد. طباطبائی و همکاران (۲۲) در تحقیقی اثر پساب کارخانه چغندرقند را بر خصوصیات خاک مورد مطالعه قرار دادند، آنها نشان دادند که بر اثر استفاده از این پساب درصد رطوبت اشباع، رطوبت در نقطه پژمردگی دائم و رطوبت در ظرفیت مزرعه، نسبت به ابتدا افزایش معنی‌داری کرد و هم‌چنین نشان دادند اگرچه رطوبت در ظرفیت مزرعه و در نقطه پژمردگی دائم افزایش پیدا کرد اما کل آب در دسترس کاهش پیدا کرد.

زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌های سدیم و کلسیم هیدراته هستند که فرمول شیمیایی آنها به صورت زیر می‌باشد.

((Na2K2Ca,Ba)((AlSi)O22)n.mH2O)

زئولیت‌ها از واحدهای تتراهدرال SiO4 و AlO4 تشکیل شده و عامل اتصال این واحدها اکسیژن است (۱۲). این طریقه اتصال ساختار شبکه بلور را ایجاد کرده و داخل آن حفره‌هایی با ابعاد مولکولی ایجاد شده است. درون این حفره‌ها مولکول‌ها و کاتیون‌ها نفوذ کرده و جذب می‌شوند (۱۱). از موارد کاربرد زئولیت، استفاده از فضای بین بلوری جهت جدا کردن یون‌های معینی است که تحت عنوان صافی‌های مولکولی در صنایع

استفاده می‌شود. درون این حفره‌ها، مولکول‌ها و کاتیون‌ها نفوذ کرده و جذب می‌شوند. وجود کاتیون‌ها در حفره‌های زئولیت سبب می‌شود که زئولیت‌ها قادر باشند با برخی مولکول‌های قطبی برهم کنش داده و آنها را در سطح خارجی خود جذب کنند .مولکول‌های آب موجود در شبکه زئولیت‌ها نیز به طور پیوسته و برگشت پذیر قابلیت خروج از شبکه را دارند.

فراوان‌ترین زئولیت‌های طبیعی شامل کلینوپتیلولیت (Clinoptilolite)، آنالسیم (Analsim)، لامونیت (Lamunite)، فیلیپسیت (Philipsite)، موردنیت (Mordenite) و هیولاندیت (Heulandite) می‌باشند که از نظر جغرافیایی در کشورهای مثل آمریکا، مکزیک، بلغارستان، ایتالیا، روسیه و... ذخائر عظیمی وجود دارند. در ایران نیز ذخائر عظیمی از این سنگ معدنی شناسائی شده است و نیز با توجه به طبیعت ایران که پتانسیل مناسبی برای زئولیت‌زایی داشته، منابع و ذخائر عظیمی در مناطق گوناگون وجود خواهد داشت.

در فرآیند تبدیل زباله‌های شهری به کمپوست، و به سبب رطوبت زیاد زباله‌های خانگی در ایران، مقدار زیادی شیرابه تولید می‌شود. برای مثال کارخانه کود آلی اصفهان با تبدیل روزانه ۵۰۰ تن زباله به کمپوست حدود ۴۰۰۰۰ لیتر شیرابه تولید می‌کند. آبیاری با پساب کارخانه‌کود آلی اصفهان با توجه به مواد موجود در آن به طور بالقوه ممکن است منشاء اثرات مفید و مضر بر خاک، گیاه و آب‌های زیرزمینی باشد. بررسی‌ها نشان داده که استفاده از شیرابه زباله می‌تواند موجب بهبود خصوصیات خاک و یا به هم ریختن ساختمان خاک شود. هدف این تحقیق بررسی تأثیر شیرابه کارخانه کود آلی اصفهان روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک و هم‌چنین تأثیر زئولیت بر این فرآیند است.

مواد و روش‌ها

در اجرای این تحقیق و به منظور کنترل هر چه بهتر کلیه عوامل مؤثر، از تحقیقات لایسیمتری استفاده شد که در بهار و تابستان ۱۳۸۶ در محل کارخانه کود آلی اصفهان واقع در شرق اصفهان (اراضی گردنه زینل) اجرا گردید. موقعیت محل انجام تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.

ابعاد لایسیمترها از جنس پلاستیک و با سطح مقطع دایره‌ای شکل به قطر ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر که هر یک در کف دارای دو سوراخ به عنوان خروجی داشتند طراحی و ساخته شد، تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر کف لایسیمترها از فیلتر (انتخاب فیلتر به روش USBR) و بعد به ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر از خاک مطابق با تیمارهای تحقیق پر شدند (شکل ۲).

به منظور مقایسه تأثیر بافت خاک در این تحقیق از دو نوع بافت خاک سبک و سنگین استفاده شد. تیمارهای تحقیق شامل دو نوع بافت خاک (خاک سبک= خاک کارخانه کود آلی و خاک سنگین= ترکیبی از خاک کارخانه کود آلی به علاوه ۵۰ درصد خاک مزرعه خاتون‌آباد دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان) و سه سطح زئولیت (۰، ۵ و ۱۰ درصد وزنی) بودند که زئولیت‌ها با خاک مخلوط شدند و مطابق چگالی ظاهری (جدول ۱) به صورت یک باره (نه لایه لایه)، داخل بشکه‌ها (لایسیمترها) ریخته شدند.

مشخصات خاک مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. زئولیت مورد آزمایش از نوع زئولیت کلینوپتیلولیت تهیه شده از معدن سمنان بود که با درصد معین (بر اساس تیمارها) با خاک مخلوط شد. شکل ۳ منحنی دانه‌بندی زئولیت و خاک‌های مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

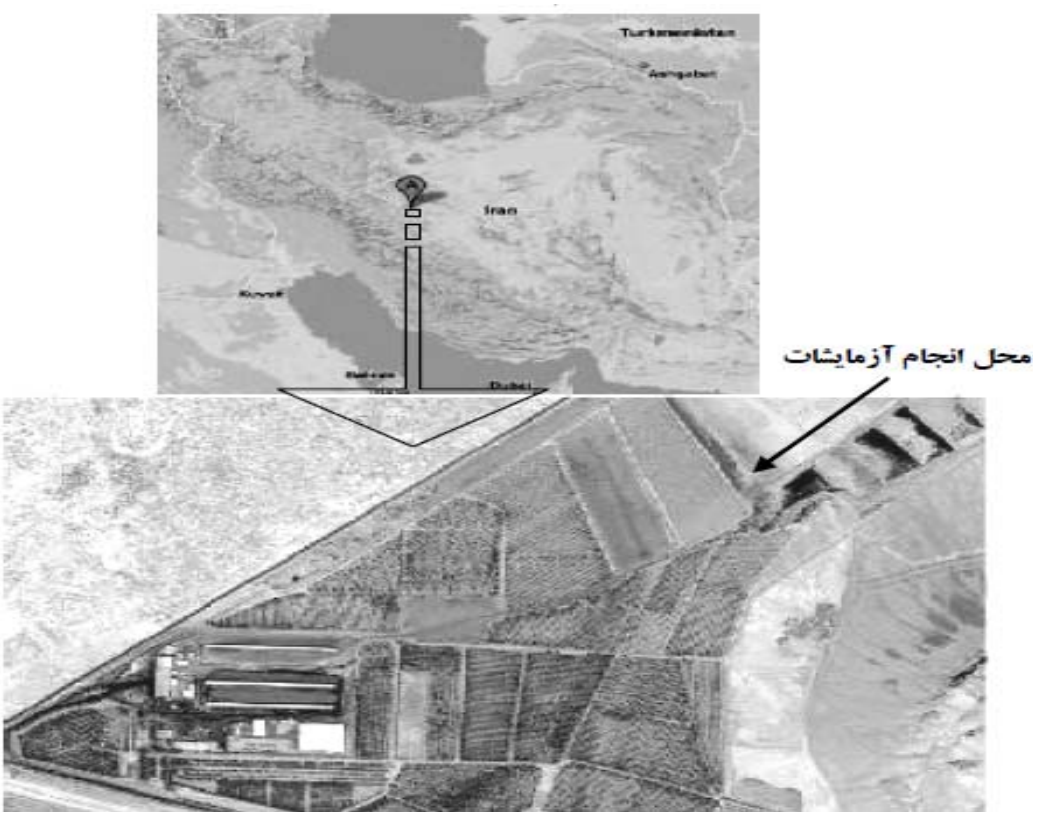
این تحقیق در قالب طرح آماری فاکتوریل کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای تحقیق عبارت بودند از:

A5: تیمار خاک کارخانه به علاوه ۵٪ وزنی زئولیت.

A10: تیمار خاک کارخانه به علاوه ۱۰٪ وزنی زئولیت.

B0 : تیمار ۵۰ درصد خاک کارخانه به‌علاوه۵۰ درصد خاک مزرعه خاتون آباد (به عنوان خاک متوسط).

B5 :تیمار ۵۰ درصد خاک کارخانه به علاوه ۵۰ درصد خاک مزرعه خاتون آباد به علاوه۵ درصد وزنی زئولیت.

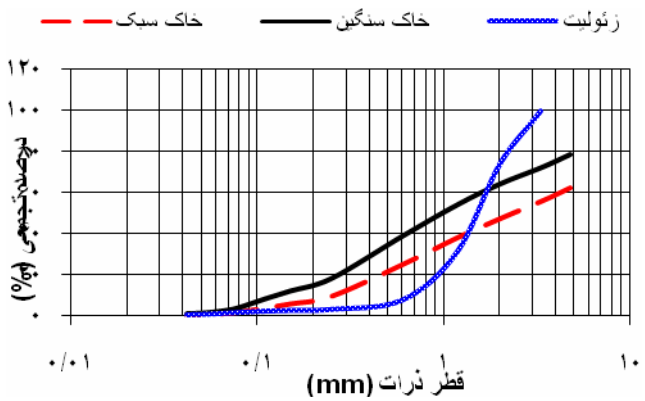


شکل ۱. کارخانه کمپوست اصفهان و محل انجام آزمایش‌ها

شکل ۲. نمای ستون‌های مورد استفاده در این تحقیق

جدول ۱. مشخصات خاک‌های مورد آزمایش

نوع خاک	بافت خاک	چگالی ظاهری gr/cm3	EC (dS/m)	pH	OC (%)
خاک کارخانه	لوم شنی	۱/۸۸	۰/۳۴	۶/۸۵	۰/۱
۵۰٪ خاک کارخانه به عـلاوه ۵۰٪ خـاک مزرعه خاتون آباد	لوم رسی	۱/۵	۰/۳۸	۶/۵۴	۰/۴۸



شکل ۳. دانه‌بندی زئولیت و خاک‌های مورد استفاده در این تحقیق

B10 : تیمار ۵۰ درصد خاک کارخانه به‌علاوه ۵۰ درصد خاک مزرعه خاتون آباد به‌علاوه ۱۰ درصد وزنی زئولیت.

برای آبیاری لایسیمترها از شیرابه کارخانه کود آلی اصفهان استفاده گردید مشخصات شیرابه در جدول ۲ ارائه شده است. برای انجام این آزمایش، شیرابه لازم از محل تخلیه شیرابه به استخرهای تبخیر برداشته شد. برای رسوب مواد معلق شیرابه، به مدت دو هفته زمان ماند برای شیرابه در نظر گرفته شد. ستون‌ها به ارتفاع ۵ سانتی‌متر شیرابه به صورت غرقابی (سطحی) و با دور ۷ روز، برای ۱۸ مرتبه آبیاری شدند.

در این تحقیق بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۵)، هدایت الکتریکی خاک به روش عصاره گل اشباع توسط دستگاه EC متر مدل 21) Consort k620)، اسیدیته خاک به روش عصاره گل اشباع توسط دستگاه pH متر مدل 13) metrohm 632)، کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون سرد (۲۰)، هدایت هیدرولیکی خاک روی لایسیمترها به روش بار افتان برای خاک لوم رسی و به روش بار ثابت برای خاک لوم شنی (۲)، چگالی ظاهری خاک به روش استوانه (۲)، و نفوذپذیری خاک نیز با استفاده از نفوذ ارتفاع مشخصی آب در زمان مشخص بر روی لایسیمترها اندازه‌گیری شد. کلیه اندازه‌گیری‌های خاک در دو مرحله (قبل از اولین آبیاری و بعد از پایان ۱۸ مرتبه آبیاری) انجام شدند. هم‌چنین هدایت الکتریکی شیرابه ورودی و زه‌آب خروجی از ستون‌ها توسط دستگاه ECمتر مدل21) Consort k620) و اسیدیته شیرابه ورودی و زه‌آب خروجی توسط دستگاه pH متر مدل metrohm 13) 632) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عناصر سنگین شیرابه ورودی و زه‌آب خروجی از روش هضم مرطوب توسط اسید نیتریک استفاده شد. سپس نمونه های آماده شده توسط دستگاه جذب اتمی Perkin-Elmer 3030 قرائت گردیدند (۸). اندازه‌گیری‌های مربوط به شیرابه ورودی و زه‌آب خروجی در هفت مرحله قرائت گردید. کلسیم، منیزیم، کلر و کربنات شیرابه ورودی و زه‌آب خروجی با استفاده از روش تیتراسیون (۱۳)، سدیم شیرابه ورودی و زه‌آب خروجی به روش شعله سنجی توسط دستگاه فلیم فتومتر (۲۱) تعیین گردید.

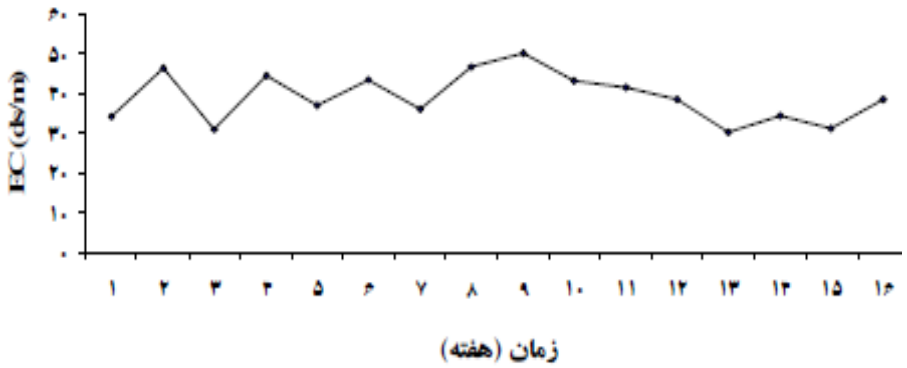
در نهایت آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

از مشکلات جانبی تولید کمپوست در کشور، وجود مقادیر زیاد رطوبت در زباله‌های شهری است که منجر به تولید حجم زیادی شیرابه می‌گردد. کیفیت شیرابه نیز به نوبه خود از منبع تولید آن تأثیر می‌پذیرد و کاملاً به الگوی مصرف وابسته است. همانطور که از شکل ۴ مشخص است تغییرات شوری شیرابه با گذشت زمان در مدت زمان آزمایش از روند خاصی پیروی نمی‌کند. در مقیاس فصلی، بارندگی موجب رقت مواد

جدول۲. مشخصات شیرابه مورد استفاده

SAR	TSS	Cr	Cd	Pb	Ni	Cl^-	HCO_3^-	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	EC	pH
	Mg/l					Me/l					dS/m	
۱۱/۸۸	۹۰۲۶	۰/۷۴	۱/۲۴	۴/۲۸	۴/۴۴	۲۹۵	۶۹۵	۲۲۵	۳۰۱	۴۱۶	۳۳/۵۵	۴/۹



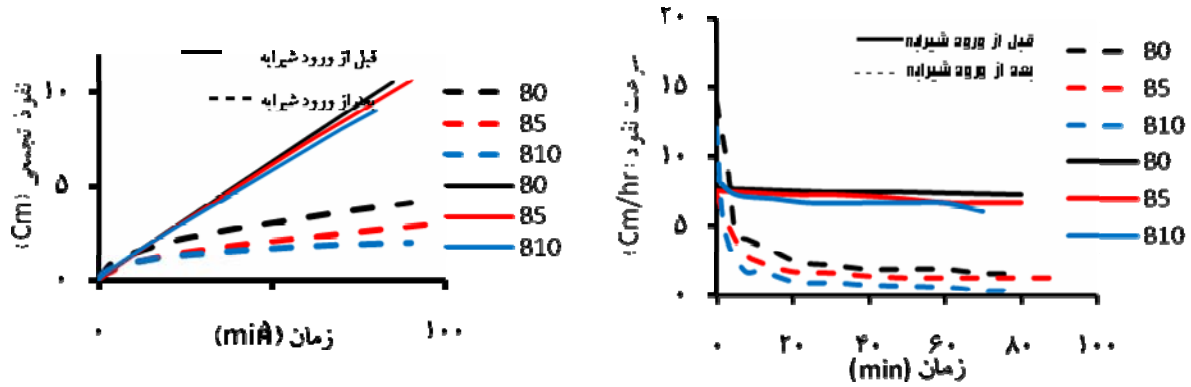
شکل ۴. تغییرات شوری شیرابه ورودی در آبیاری‌های مختلف

محلول در شیرابه می‌شود و درجه حرارت بالای فصل تابستان، خشکی هوا و وزش باد باعث تبخیر آب و در نتیجه غلیظ شدن محلول شیرابه می‌گردد. حداقل، حداکثر و میانگین شوری شیرابه به ترتیب ۳۰/۱۷، ۵۰/۴۳ و ۳۹/۳۲ دسی زیمنس بر متر به‌دست آمد.

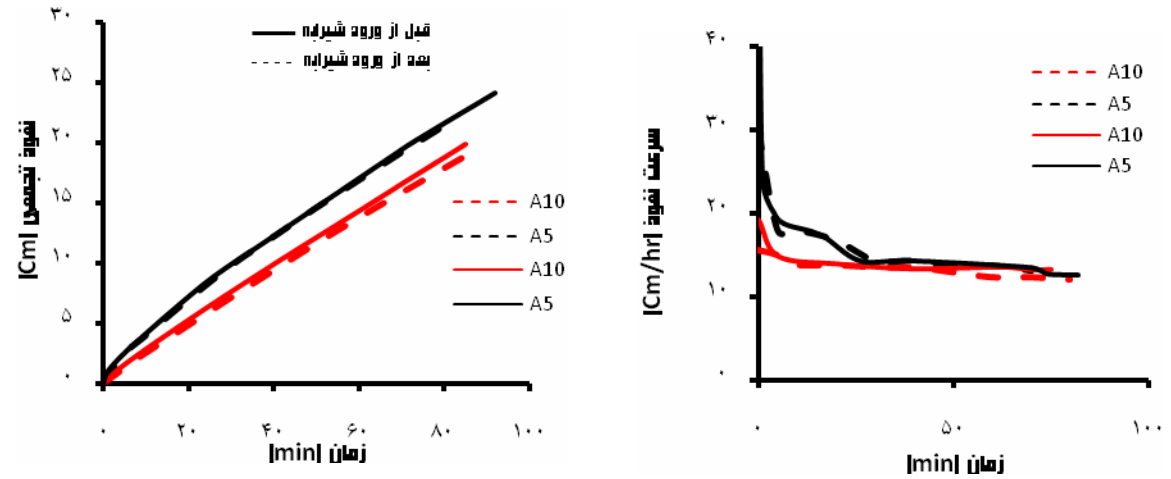
نفوذپذیری و سرعت نفوذ

شکل ۵ منحنی سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی را در تیمارهای تحقیق در ابتدا و انتهای دوره نشان می‌دهد. از شکل ۵ می‌توان نتیجه گرفت افزودن شیرابه به خاک باعث کاهش سرعت نفوذ در خاک شده است که می‌تواند بخاطر میزان بالای مواد معلق موجود در شیرابه (جدول ۲) باشد. هم‌چنین از علت‌های دیگر این امر SAR بالای شیرابه می‌تواند باشد بدین معنی که وجود سدیم بالا در شیرابه (در نتیجه کاربرد مواد شیمیایی و نمک طعام در منازل) باعث پراکنده شدن ذرات خاک از یکدیگر شده است و قرار گرفتن ذرات در بین ذرات دیگر و در نتیجه کاهش نفوذپذیری را به همراه خواهد داشت. محمود و همکاران (۱۷) نشان دادند استفاده از فاضلاب کارخانه زیتون برای مدت ۵ سال باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و سرعت نفوذ آب به داخل خاک می‌شود. در خاک لوم رسی افزودن زئولیت باعث کاهش نفوذپذیری و سرعت نفوذ در خاک شده است (شکل ۵) که علت این امر می‌تواند قرار گرفتن زئولیت در بین ذرات خاک باشد هم‌چنین با توجه به این شکل دیده می‌شود که اضافه شدن زئولیت به خاک باعث بیشتر شدن اثرات زیانبار شیرابه بر خاک بوده است بدین معنی که افزایش میزان زئولیت در خاک باعث کاهش بیشتر نفوذپذیری شده است که دلیل آن می‌تواند آزاد شدن سدیم از زئولیت باشد که در نتیجه افزایش پراکندگی ذرات خاک را به همراه داشته است (کاهش میزان نفوذ در درصدهای بیشتر زئولیت بیشتر بوده است). دلیل این امر را می‌توان توان رقابتی و جایگزینی بالاتر یکی دیگر از کاتیون‌ها دانست.

مقایسه تیمار A5 و تیمار A10 در شکل ۶ نشان می‌دهد که افزایش میزان زئولیت در خاک لوم شنی باعث کاهش نفوذپذیری و سرعت نفوذ در خاک شده است که علت این امر می‌تواند قرار گرفتن زئولیت در بین ذرات خاک باشد. هم‌چنین در این شکل منحنی‌های نفوذ و سرعت نفوذ برای تیمار A5



شکل۵ . منحنی‌های نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ برای خاک لوم رسی قبل و بعد از ورود شیرابه



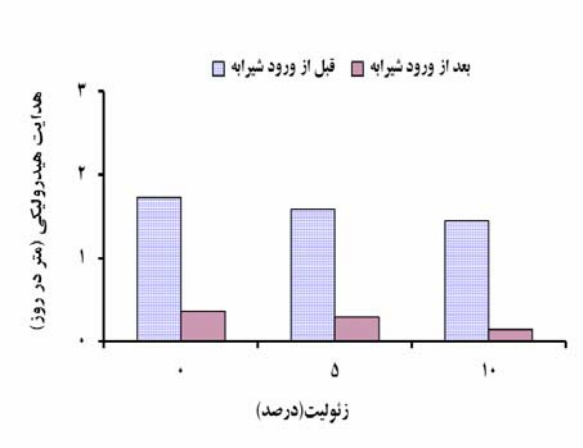
شکل ۶. منحنی‌های نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ برای خاک لوم شنی قبل و بعد از ورود شیرابه

قبل و بعد از ورود شیرابه یکسان است که چنین می‌توان نتیجه گرفت که در این تیمار ورود شیرابه تأثیری در نفوذپذیری خاک نداشته است و میزان نفوذ و سرعت نفوذ در ابتدا و انتها تغییر چندانی نداشته است. دلیل این موضوع را می‌توان به درشت بودن ذرات این خاک ارتباط داد. هم‌چنین شکل ۶ نتیجه مشابهی برای تیمار A10 به دست می‌دهد.

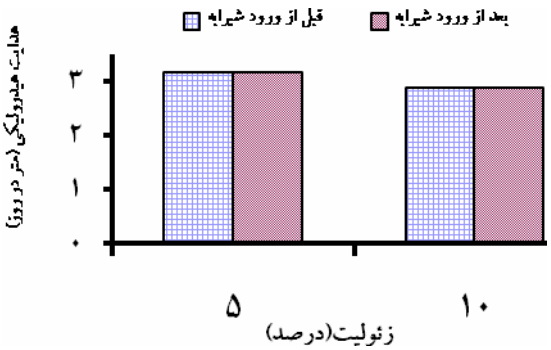
هدایت هیدرولیکی

شکل ۷ و ۸ تغییرات هدایت هیدرولیکی را در ابتدا و انتهای آبیاری برای هر دو خاک نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۷ با افزایش درصد زئولیت، هدایت هیدرولیکی خاک لوم رسی کاهش یافته است.

به‌طوری‌که برای خاک لوم رسی بدون زئولیت هدایت هیدرولیکی ۱/۷۳ متر در روز و خاک لوم رسی با ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هدایت هیدرولیکی ۱/۵۸ و ۱/۴۴ متر در روز بدست آمد که دلیل این امر قرار گرفتن ذرات زئولیت در بین دیگر ذرات خاک می‌تواند باشد. بررسی شکل ۷ نشان‌دهنده کاهش هدایت هیدرولیکی خاک لوم رسی در اثر اضافه شدن شیرابه به خاک می‌باشد. به عنوان مثال هدایت هیدرولیکی خاک لوم رسی با ۵ درصد زئولیت از ۱/۵۸ به



شکل ۷. تغییرات هدایت هیدرولیکی برای خاک لوم رسی



شکل ۸. تغییرات هدایت هیدرولیکی برای خاک لوم شنی

۰/۲۹ متر در روز کاهش یافته است. این مسأله را می‌توان این‌گونه توجیه نمود که بالا بودن ذرات جامد معلق و مواد آلی، باعث بسته شدن خلل و فرج خاک سطحی و هم‌چنین بالا بودن نسبت جذب سدیم شیرابه باعث پراکنده شدن ذرات خاک و به دنبال آن کاهش نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی می‌شود. شکل ۸ تأثیر درصد زئولیت در خاک را روی هدایت هیدرولیکی در خاک لوم شنی نشان می‌دهد. در این نمودار تأثیر اضافه شدن شیرابه بر هدایت هیدرولیکی خاک نیز آمده است. چنانچه از شکل مشخص است برای این نوع خاک نیز با افزایش درصد زئولیت میزان هدایت هیدرولیکی به دلیلی مشابه با خاک لوم رسی کاهش می‌یابد. بررسی این نمودار نشان می‌دهد که اضافه شدن شیرابه به خاک تغییری در میزان هدایت هیدرولیکی ایجاد ننموده است.

دلیل این موضوع را می‌توان به بافت خاک مرتبط کرد. خاک لوم شنی به دلیل کم بودن میزان رس و درشت بودن ذرات خاک تحت تأثیر پراکندگی ذرات خاک در اثر استفاده از شیرابه قرار نگرفته است. لادو و همکاران (۱۴) نشان دادند استفاده از فاضلاب بدلیل پراکنده شدن ذرات رس و متورم شدن خاک به‌دلیل شرایط شیمیایی فاضلاب می‌تواند هدایت هیدرولیکی خاک را کاهش دهد.

چگالی ظاهری

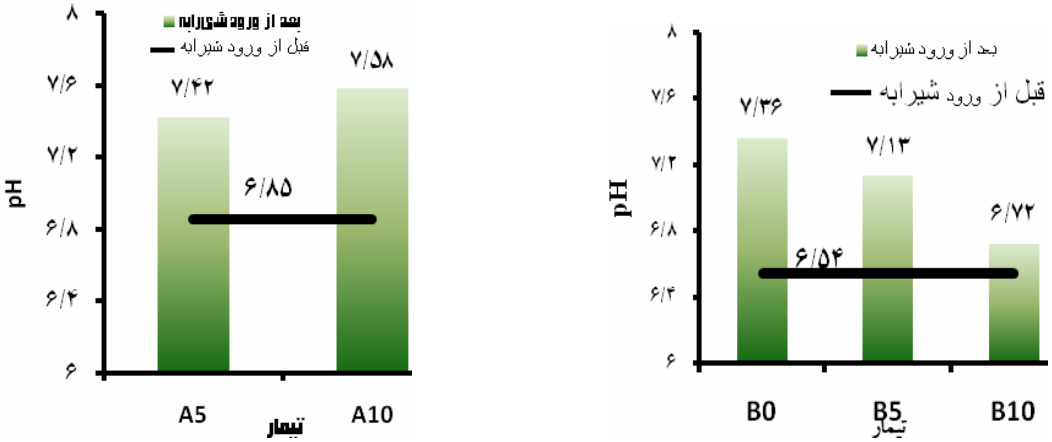
جدول ۳ چگالی ظاهری تیمارهای مختلف را در ابتدا و انتهای آزمایش‌ها نشان می‌دهد. اضافه شدن زئولیت به خاک لوم رسی باعث افزایش چگالی ظاهری خاک شده است. به عنوان مثال چگالی خاک لوم رسی بدون زئولیت (تیمار B0) 5/1 گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده که با افزایش ۵٪ زئولیت به ۱/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب رسیده است. این امر می‌تواند به دلیل قرار گرفتن ذرات زئولیت در بین ذرات خاک باشد. همان‌طور که از جدول ۳ مشخص است اضافه شدن شیرابه به خاک باعث کاهش چگالی ظاهری خاک گردیده است. به عنوان مثال تیمار A5 قبل از ورود شیرابه به خاک دارای چگالی ظاهری ۱/۹۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده که این چگالی در پایان آزمایش به ۱/۵۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب رسیده است که تفاوت معنی‌داری مابین قبل و بعد از کاربرد شیرابه وجود دارد. این مسأله را می‌توان به SAR بالای شیرابه نسبت داد. بعد از ورود شیرابه، نسبت جذب سدیم بالای شیرابه باعث می‌شود سدیم روی ذرات خاک نشسته و ذرات را از هم پراکنده کند که به تبع آن چگالی ظاهری خاک کاهش می‌یابد. تزاناکاکیس و همکاران (۲۴) در تحقیقی نشان دادند کاربرد فاضلاب روی زمین باعث کاهش ۹ درصدی چگالی ظاهری خاک سطحی می‌شود.

جدول ۳. مقایسه چگالی ظاهری خاک، قبل و بعد از کاربرد شیرابه (gr/Cm^3)

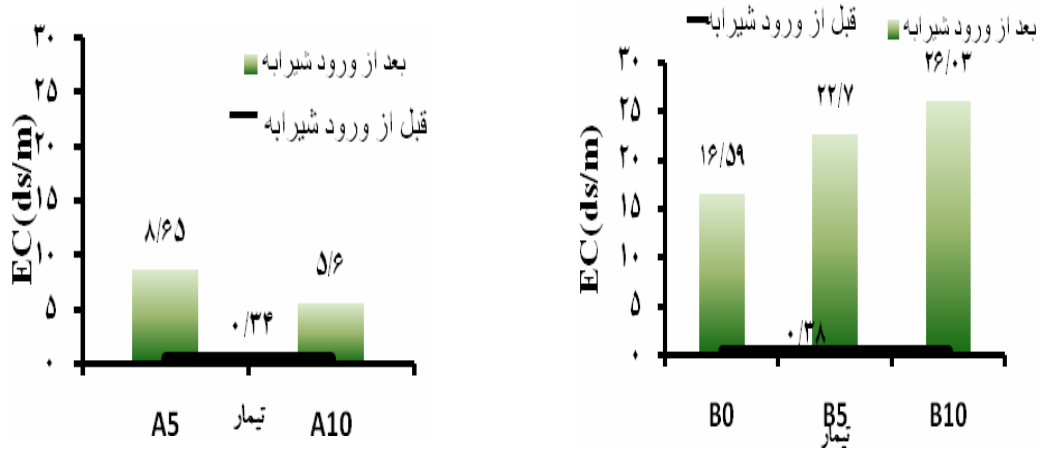
تیمار	A5	A10	B0	B5	B10
قبل از کاربرد شیرابه	۱/۹۴^{a}	۱/۹۱^{a}	۱/۵^{a}	۱/۶^{a}	۱/۶۴^{a}
بعد از کاربرد شیرابه	۱/۵۵^{b}	۱/۶۵^{b}	۱/۲۵^{b}	۱/۲^{b}	۱/۱^{b}

۱. مقایسه اعداد ستونی انجام گرفته است.

۲. اعداد هر تیمار در هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ %می‌باشند.



شکل ۹. مقایسه pH خاک، قبل و بعد از ورود شیرابه



شکل ۱۰. مقایسه EC خاک، قبل و بعد از ورود شیرابه

اسیدیته

شکل ۹ اسیدیته (pH) خاک لوم رسی و لوم شنی را قبل از ورود شیرابه و هم‌چنین تیمارهای مختلف را بعد از ورود شیرابه نشان می‌دهد. با توجه به شکل اسیدیته هر دو نوع خاک نسبت به ابتدا افزایش یافته است. در خاک لوم شنی با افزایش میزان زئولیت از ۵ به ۱۰ درصد، افزایش میزان اسیدیته خاک

نسبت به ابتدا بیشتر است. در حالی‌که در خاک لوم رسی با افزایش میزان زئولیت از ۰ به ۵ و سپس به ۱۰ درصد میزان اسیدیته خاک کاهش می‌یابد. با این وجود اسیدیته خاک نسبت به ابتدا در هر سه حالت بیشتر است. ناظم (۴) در تحقیقی نشان داد آبیاری با شیرابه تأثیر معنی‌داری در pH خاک لوم شنی ندارد.

هدایت الکتریکی

شکل ۱۰ هدایت الکتریکی (EC) خاک لوم رسی و لوم شنی را قبل از ورود شیرابه و هم‌چنین تیمارهای مختلف را بعد از ورود شیرابه نشان می‌دهد. با توجه به شکل هدایت الکتریکی هر دو نوع خاک نسبت به ابتدا افزایش یافته است. دلیل این امر جذب املاح موجود در شیرابه توسط خاک می‌باشد. در خاک لوم شنی با افزایش میزان زئولیت از ۵ به ۱۰ درصد، افزایش میزان هدایت الکتریکی خاک نسبت به ابتدا کمتر است. در حالی‌که در خاک لوم رسی با افزایش میزان زئولیت از ۰ به ۵ و سپس به ۱۰ درصد میزان هدایت الکتریکی خاک افزایش می‌یابد. قنبری و همکاران (۳) در تحقیقی نشان دادند EC و SAR خاک تحت آبیاری با فاضلاب افزایش معنی‌داری نسبت به خاک تحت آبیاری با آب چاه داشته است.

نتیجه‌گیری

برای مشخص کردن تأثیرات ورود شیرابه به خاک بر نفوذپذیری خاک در حضور زئولیت آزمایشی صورت گرفت که نتایج زیر به‌دست آمد:

۱. اضافه کردن شیرابه به خاک باعث کاهش سرعت نفوذ، چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی خاک شده است که دلیل این امر وجود سدیم بالا در شیرابه و تخریب ساختمان خاک بوده است.
۲. برای خاک لوم رسی میانگین نفوذ در مدت ۸۰ دقیقه، قبل از ورود شیرابه به خاک برابر ۹/۴۶ سانتی‌متر بوده است در حالی‌که بعد از ورود شیرابه این میزان به ۲/۷۷ سانتی‌متر رسیده است.
۳. برای خاک لوم شنی میانگین نفوذ در مدت ۸۰ دقیقه، قبل از ورود شیرابه به خاک برابر ۲۰/۱۹ سانتی‌متر بوده است در حالی‌که بعد از ورود شیرابه این میزان به ۱۹/۶۵ سانتی‌متر رسیده است.
۴. افزودن زئولیت به خاک تأثیر منفی در نفوذپذیری خاک بعد از ورود شیرابه داشته است که دلیل این امر می‌تواند آزاد شدن سدیم از زئولیت باشد (بدین معنی که کاهش میزان نفوذ در درصدهای بیشتر زئولیت بیشتر بوده است).
۵. در تیمارها با ۱۰ درصد زئولیت، میانگین نفوذ در مدت ۸۰ دقیقه قبل و بعد از ورود شیرابه به خاک ۱۳/۹ و ۹/۹ سانتی‌متر بوده است.
۶. در تیمارها با ۵ درصد زئولیت، میانگین نفوذ در مدت ۸۰ دقیقه قبل و بعد از ورود شیرابه به خاک ۱۵/۵ و ۱۲ سانتی‌متر بوده است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از سازمان بازیافت مواد زاید جامد شهرداری اصفهان و معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان به‌دلیل حمایت‌های مالی طرح تشکر می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. بدو، ک. و ع. امیدی. ۱۳۸۶. تأثیر شیرابه مصنوعی در ضریب نفوذپذیری خاک رسی محل مدفن زباله شهرستان ارومیه. مجله علوم و تکنولوژی ۳۱ (ب-۵): ۵۳۵-۵۴۵.

۲. طباطبایی س. ح. و م. شایان نژاد. ۱۳۸۸. *مبانی مهندسی آبیاری*. انتشارات دانشگاه شهرکرد.

۳. قنبری ا.، ج. عابدی کوپایی و ج. طایی سمیرمی .۱۳۸۵. اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده شهری روی عملکرد و کیفیت

گندم و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه سیستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴: ۵۹-۷۴.

۴. ناظم، ز. ۱۳۸۶. بررسی امکان تصفیه زمینی شیرابه کمپوست کارخانه کود آلی اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان.

۵. ولی نژاد، م.، ب. مصطفی زاده و س. ع. میرمحمدی میبدی. ۱۳۸۱. اثر پساب تصفیه شده شاهین شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان۹(۱): ۱۰۳ – ۱۱۵.

6. Abedi- Koupai, J., M. Afyuni, B. Mostafazadeh and M.R. Bagheri. 2001. Influence of Treated Wastewater and Irrigation Systems on Soil Physical Properties in Isfahan Province. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID- CIID. September 19-20, 2001. Seoul, Korea.
7. Alizadeh, A., M. E. Bazari, S. Velayati, M. Hasheminia and A. Yaghmai. 2001. Using Reclaimed Municipal Wastewater for Irrigation of Corn. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. September 19-20, 2001. Seoul, Korea.
8. APHA. 1995. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. Amer. Pub. Health Assoc., Washington D.C.
9. Francisca, F.M. and D.A. Glatstein. 2010. Long term hydraulic conductivity of compacted soils permeated with landfill leachate. Appl. Clay Sci. 49:187–193.
10. Gharaibeh, M.A., N.I. Eltaif and B. Al-Abdullah. 2007. Impact of field application of treated wastewater on hydraulic properties of vertisols. Water Air Soil Poll. 184: 347–353.
11. Jacob, P. H and U. Forstner. 1999. Concept of subaqueous capping of contaminated sediments with using natural and modified zeolite. J. Water. Res. 33: 2083-2087.
12. Kaya, A and S. Durukan. 2004. Utilization of bentonite-embedded zeolit as clay liner, Appl .Clay. Sci. 25: 83-91.
13. Klute, A., 1986. Methods of soil analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed., Soill Sci. Sco. Amer. J., Madison, WI, USA.
14. Lado, M., A. Paz and M. Ben-Hur. 2004. Organic matter and aggregate size interactions in saturated hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Amer. J. 68: 234–242.
15. Lee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis, PP. 383-411. *In*: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1 (2nd ed.), Agron. Mongr. 9, ASA and SSSA, Madison, WS, USA.
16. Levy, G.J., A. Rosenthal, J. Tarchitzky, I. Shainberg, and Y. Chen. 1999. Soil hydraulic conductivity changes caused by irrigation with reclaimed waste water. J. Environ. Qual. 28, 1658–1664.
17. Mahmoud, M., M. Janssen, N. Haboub, A. Nassour and B. Lennartz. 2010. The impact of olive mill wastewater application on flow and transport properties in soils. Soil & Till. Res. 107:36–41.
18. Mathan, K.K. 1994. Studies on the influence of long-term municipal sewageeffluent irrigation on soil physical properties. Bioresour. Technol. 48: 275–276.
19. Nayak, S., B.M. Sunil and S. Shrihari. 2007. Hydraulic and compaction characteristics of leachate-contaminated lateritic soil. Eng. Geol. 94:137–144.
20. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1987. Total carbon, organic carbon and organic matter, *In*: Page, A. L., Miller, R. H. and D. K., Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part2, Chemical and Microbiological properties (2nd ed.), Agronomy. No 9. ASA, SSSA, Madison. USA.
21. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1991. Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and Biological Properties. (2nd ed.), Soil Sci. Soc. Amer. J. 1159 PP.
22. Tabatabaei, S. H., P. Najafi and H. Amini. 2007. Assessment of change in soil water content properties irrigated with industrial sugar beet wastewater. Pakistan J. Biol. Sci. 10: 1649-1654.
23. Tarchitzky, J., Y. Golobati, R. Keren and Y. Chen. 1999. Wastewater effects on montmorillonite suspensions and hydraulic properties of sandy soil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 63: 554–560.
24. Tzanakakis, V.A., N.V. Paranychianakis, P.A. Londra and A.N. Angelakis. 2011. Effluent application to the land: Changes in soil properties and treatment potential. Ecol. Eng. 37: 1757– 1764.
25. Vandevivere, P. and P. Baveye. 1992. Saturated hydraulic conductivity reduction caused by aerobic bacteria in sand columns. Soil Sci. Soc. Amer. J. 56, 1–13.
26. Viviani, G. and M. Iovino. 2004. Wastewater reuses effects on soil hydraulic conductivity. J. Irrig. Drain. Eng. 130: 476–484.
27. Zupanc, V. and M. Z. Justin. 2010. Changes in soil characteristics during landfill leachate irrigation of Populus deltoides. Waste Manage. 30: 2130–2136.

Effect of Compost's Leachate on some Physical and Hydraulic Characteristics of Soil Enriched by Zeolite

S. M. J. Mirzaei[1], S. H. Tabatabaei[1]*, M. Heidarpour[2] and P. Najafi[3]

(Received : Feb. 14-2012 ; Accepted : Aug. 7-2012)

Abstract

There chemical and organic matter content in garbage leachate that may affect soil physical and hydraulic properties. The main objective of this study was to evaluate the influences of the leachate of Isfahan Organic Fertilizer Factory (IOFF) on some soil physical and hydraulic properties in a soil chemically enriched by Zeolite. The treatments include two soil textures (clay loam and sandy loam) and three levels of zeolite (0, 5 and 10 percent). The treatments were applied on lysimeters scale. The results showed that irrigation with the leachate caused a reduction of infiltration and hydraulic conductivity in the clay loam soil. The hydraulic conductivities in clay loam soil without zeolite (B0) before and after irrigation with leachate were 1.73 and 0.36 m/day, respectively. In contrast, there were no changes in the sandy loam soil's infiltration and hydraulic conductivity. The hydraulic conductivities in the sandy loam soil with 5 percent zeolite (A5) before and after irrigation with leachate were 3.17 m/day. Furthermore, zeolite had a decreasing effect on those processes. The results show that irrigation with leachate caused reduction of bulk density in two types of soil and all levels of zeolite.

Keywords: Bulk density, Hydraulic conductivity, Infiltration, Leachate and Zeolite.

1. Dept. of Water Eng., College of Agric., Shahrekord Univ., Shahrekord, Iran.
2. Dept. of Water Eng., College of Agric., Isf. Univ. Technol., Isfahan, Iran.
3. Dept. of Soil Sci., College of Agric., Khorasgan Branch, Islamic Azad Univ., Khorasgan Branch, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: tabatabaie@agr.skr.ac.ir