

## رفتار آب عبوری از ستون‌های حاوی لایه‌های رس مونتموریلونایت

رضا تقدیسی<sup>۱</sup>

سهیلا ابراهیمی<sup>۲\*</sup>

[sohebrahimi@gmail.com](mailto:sohebrahimi@gmail.com)

مهدی ذاکری‌نیا<sup>۳</sup>

سید علیرضا موحدی نائینی<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۳۰

### چکیده

**زمینه و هدف:** در مطالعات هیدرولوژی، حفاظت و مدیریت آب، اطلاع دقیق از میزان ظرفیت آبی خاک‌های مختلف و سرعت نفوذ آب به‌منظور اجرای پروژه‌های آبیاری و زهکشی و کنترل فرسایش خاک در حوضه آبخیز ضروری است. هدف از این آزمایش بررسی تاثیر لایه رسی در انتقال حجم آب عبوری در خاک شن‌لومی است

**روش بررسی:** بدین‌منظور در ستون‌هایی به ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر و قطر ۱۵ سانتی‌متر با بافت شن‌لومی که دارای لایه‌های رسی در داخل ستون به عمق‌های ۱۳ و ۲۰ سانتی‌متر گذاشته شد و تیمارهایی به‌عنوان شاهد بدون لایه رسی در نظر گرفته شد. حجم‌های آب مشخص و یکسانی با غلظت‌های مختلف نمک، به همه ستون‌ها داده شد و نمونه‌گیری حجم آب خروجی از ستون‌ها روزانه انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که لایه رسی به‌خوبی توانسته حجم آب عبوری از ستون را کاهش دهد و با افزایش ضخامت لایه رسی حجم آب عبوری هم به نسبت، کاهش بیش‌تر می‌یابد. نتایج نشان داد با افزایش عمق لایه رسی از شاهد به عمق ۲۰ مقدار آب عبوری اولیه در غلظت ۱۳ میلی‌اکی‌والان ۱۶ درصد و در غلظت ۲۰ میلی‌اکی‌والان ۳۵ درصد کاهش یافته است.

**بحث و نتیجه‌گیری:** عملکرد متفاوت موجود به دلیل وجود لایه رس با ضخامت متفاوت و بوده است. بافت رس به‌دلیل ریز بودن و تراکم‌پذیری زیاد می‌تواند باعث تأخیر در حرکت آب در خاک شود که از این‌کند شدن انتقال می‌توان برای جلوگیری از حرکت شیرابه‌ها و آلودگی‌ها به اعماق خاک و آلوده کردن آب‌های زیرزمینی استفاده کرد. به‌نظر می‌رسد با تغییر عمق لایه رسی هدایت آب نفوذی به لایه‌های زیرین بخصوص در مناطق حساس و کاربردی را بتوان کنترل کرد.

**واژه‌های کلیدی:** لایه‌رسی، نفوذ آب، خاک شن‌لومی.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران. \* (مسئول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.

۴- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران.

## **Behavior of Water through Soil Columns Containing Montmorillonite Clay Layers**

**Reza Taghdisi**<sup>1</sup>

**Soheila Ebrahimi**<sup>2\*</sup>

[sohebrahimi@gmail.com](mailto:sohebrahimi@gmail.com)

**Mehdi Zakerinia**<sup>3</sup>

**Seyed Alireza Movahedi Naeeni**<sup>4</sup>

Admission Date: June 7, 2017

Date Received: April 19, 2017

### **Abstract**

**Background and Objective:** In studies related to hydrology, water conservation and management, accurate information of the water capacity in different soils for measuring water infiltration, drainage and erosion control is essential in order to launch irrigation projects in watersheds. The purpose of this study is to evaluate the effect of clay layers in the transfer of water through loamy sand.

**Method:** Soil columns with a height of 150 cm and a diameter of 15 cm, were filled with clay layers to depths of 13 and 20 cm. Then the same volume of water with different salt concentrations was added to all columns. Also water sampling was carried out on a daily basis.

**Findings:** Results showed that the layer clay could reduce the volume of water passing through the columns and by increasing the thickness of the clay layer, the ratio of passed water decreased. The results showed that by increasing the depth of the clay layer in the control treatment to a depth of 20, the amount of water at a concentration of 13 mEq and 20 mEq decreased by 16 and 35 percent.

**Discussion and Conclusion:** Different performances were due to the thickness of clay layer. Because of the small clay texture and high compressibility, the movement of water in the soil can be delayed. This feature can be used to prevent the movement of leachate and pollution into the soil and contaminate groundwater. It seems that by changing the depth of the clay layer, the conductivity can be controlled in sensitive areas.

**Keywords:** Clay Layer, Water Penetration, Loamy Sand Soil.

---

1- M.Sc. Graduate, Physics and Protection of Soil, Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, Iran

2- Assistant Professor, Member of the Department of Soil Science, Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, Iran. \*(Corresponding Author)

3- Associate Professor, Member of the Department of Water Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, Iran

4- Associate Professor, Member of the faculty of the Department of Soil Science, Member of the Department of Soil Science, Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, Iran

## مقدمه

فهم رفتار پیچیده حرکت در محیط متخلخل از مباحث کلیدی در مسایل حفاظت منابع آب و خاک به شمار می‌رود. در این راستا با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و بالا رفتن سطح زندگی، نیاز به بررسی مسایل زیست‌محیطی در کشاورزی لازم به نظر می‌رسد. در شرایط آب‌وهوایی ایران یکی از عمده‌ترین موانع افزایش تولید، عدم استفاده بهینه از منابع آب می‌باشد. از این رو استفاده بهینه از منابع آب به‌عنوان محور اصلی توسعه بایستی مورد توجه قرار گیرد (۱). به علت رشد جمعیت جهان و محدودیت منابع آب، آبیاری در کشاورزی باید در جهت تولید محصول بیشتر با میزان آب کم‌تر حرکت کند. فهم حرکت آب در خاک می‌تواند کمک بسیاری در راستای این چالش نماید. از سویی دیگر خاک‌ها توانایی خوبی در حذف و پالایش انواع آلاینده‌ها، از جمله آلاینده‌های موجود در شیرابه و زباله از خود نشان می‌دهند. ویژگی‌های خاک، نوع شیرابه یا سیال گذرنده و مواد موجود در آن از جمله مواردی هستند که بر کارایی خاک در تصفیه شیرابه تأثیر می‌گذارند (۷). همه زباله‌ها و آلودگی‌هایی که در نتیجه فعالیت انسان به محیط‌زیست منتهی شوند، آلاینده هستند، صرفه‌نظر از این‌که غلظت آن‌ها باعث ایجاد تخریب مهمی در محیط‌زیست گردد سرعت حرکت آلاینده‌ها به سمت آب‌های زیرزمینی بستگی به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آلاینده، بارندگی، آبیاری و عمق آب زیرزمینی دارد. اگر چه همه عوامل فوق‌الذکر بر سرعت حرکت آلاینده‌ها در داخل خاک موثر هستند اما پارامترها و مشخصات فیزیکی خاک به‌عنوان بزرگ‌ترین معضل در زمینه حفاظت منابع آب‌های زیرزمینی است و در این میان تشخیص محل و فرآیندهایی که عامل انتقال آلاینده‌ها به داخل سیستم‌های جریان آب زیرزمینی هستند از اهم مسایل به‌شمار می‌آید (۲). مطالعه بر روی انتقال و حرکت املاح در محیط متخلخل از دهه‌های پیش آغاز شده‌است. در سال‌های اخیر منابع علمی منتشرشده در مورد آلودگی محیط‌زیست و عواقب آن برای جوامع بشری، گیاهان و حیوانات، افزایش چشمگیری یافته‌است (۳). علاقمندی عمومی نیز به همین نسبت فزونی یافته و به موازات آن مطالعات در

خصوص طبیعت محیط متخلخل (توزیع اندازه خلل و فرج، خاکدانه) و عملکرد فیزیکی و شیمیایی این محیط بر پدیده‌هایی چون پخشیدگی، انتشار، دفع‌آنیونی، جذب یا فرایندهای تبادل و اثرات کاربردی روش‌های کنترل و پیشگیری، در حال گسترش می‌باشد (۸). دانشمندان بسیاری الگوی پخش آب در خاک را اندازه‌گیری یا به صورت عددی در آبیاری زیرسطحی و سطحی شبیه‌سازی نموده‌اند (۴). با توجه به اینکه اندازه‌گیری پارامترهای خاک و آب هزینه بر و زمان بر است، لذا پیش بینی و شبیه‌سازی این پارامترها با استفاده از مدل‌سازی، سبب کاهش هزینه‌ها در بخش مدیریت آب می‌گردد (۸).

## مواد و روش‌ها

خاک شنی مورد استفاده در این پژوهش از حاشیه رودخانه روستای زیارت با طول جغرافیایی " ۸ ' ۳۶°۴۲ و عرض جغرافیایی " ۲۹' ۵۴°۲۸ و خاک ریز بافت از استان خراسان شمالی، شهر شیروان (ابتدای خروجی شهر) با طول جغرافیایی " ۴۸' ۳۷°۲۴ و عرض جغرافیایی " ۲۶' ۵۳°۵۷ نمونه برداری گردید. پس از نمونه‌برداری خاک هوا خشک شد و سپس از الک دو میلی‌متری عبور داده‌شد.

## خصوصیات خاک‌های مورد مطالعه

برخی از خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده خاک‌های مورد مطالعه د شده، همان‌طور که مشاهده شد خاک دارای بافت سبک از ۷۵٪ شن و خاک دارای بافت سنگین از ۴۶٪ رس تشکیل شده و از نظر اسیدیته هر دو در محدوده خنثی بودند، هدایت الکتریکی هر دو خاک حاکی از این است که هر دو خاک در محدوده خاک غیرشور بودند.

برای تهیه ستون‌های خاک، از لوله‌های پولیکا با قطر ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۱/۵ متر استفاده شد. لوله‌ها برش داده‌شد و در یک طرف آن درپوش قرار گرفت و در انتهای ستون، منفذ خروجی برای زهکش ایجاد شد. دیواره داخلی ستون را به‌منظور جلوگیری از ایجاد جریان ترجیحی به‌وسیله چسب پوشانده‌شد. برای داشتن خروجی بهتر یک قیف ساده کوچک را توسط توری

رس ۱۳ سانتی متر و تیمار بدون لایه رس بود. در همه ستون‌ها، بار آب بالای ستون‌ها برابر در نظر گرفته شد و این مقدار معادل ۲۰ سانتی متر بود. روزانه دو بار حدود ۸/۳۰ صبح و ۱۷/۳۰ عصر مقدار آب خروجی از ستون‌ها مورد اندازه‌گیری قرار می‌گرفت. پس از مطالعات، بهترین تیمار به کار برده شده با طرح آزمایشی فاکتوریل در غالب CRD (طرح کاملاً تصادفی) تعیین شد و آنالیز آماری با نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

#### یافته‌ها

در این بخش ابتدا نتایج ویژگی‌های خاک‌های مورد آزمون ارایه می‌گردد. سپس ارایه نتایج بدست آمده از داده‌های ستون‌های خاک در زمینه منحنی‌های حجمی زه‌آب تیمارها و پس از مقایسات آماری در هر دو مورد، ارایه گردیده است.

#### نتایج ویژگی‌های خاک‌های مورد آزمون

در این بخش نتایج ویژگی‌های هر دو نوع بافت (خاک سبک مربوط به ستون‌ها و خاک سنگین مربوط به لایه‌ها) خاک ارایه گردیده است.

ریز پوشانده و در انتهای ستون‌ها قرار داده شد و انتهای ستون‌ها را برای خروج آب بهتر، مقداری سنگ ریز و شن درشت قرار داده شد. خاک را کم کم ریخته و پس از هر بار ریختن به وسیله استوانه‌ای آهنی کمی فشرده تا معادل وزن مخصوص ظاهری واقعی خاک برداشت شده گردید. در نمونه‌هایی که لازم بود، لایه رسی در اعماق مورد نظر ستون‌ها لحاظ گردید.



شکل ۱- ستون‌های خاک مورد آزمایش

Figure 1. Soil columns tested

بدین صورت، ۱۸ ستون پر گردید که از نظر لایه رسی دارای سه تیمار شامل تیمار دارای لایه رس ۲۰ سانتی متر، تیمار دارای لایه

#### جدول ۱- ویژگی‌های خاک با بافت سبک

Table 1. Properties of Sandy textured Soil

شاخص اندازه‌گیری شده	بافت	شن	سیلت (درصد)	رس (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب)	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
مقدار اندازه‌گیری شده	شن لومی	۷۵	۱۷	۸	۱/۲۴	۲/۶۲	۷/۲۳	۱/۵۶

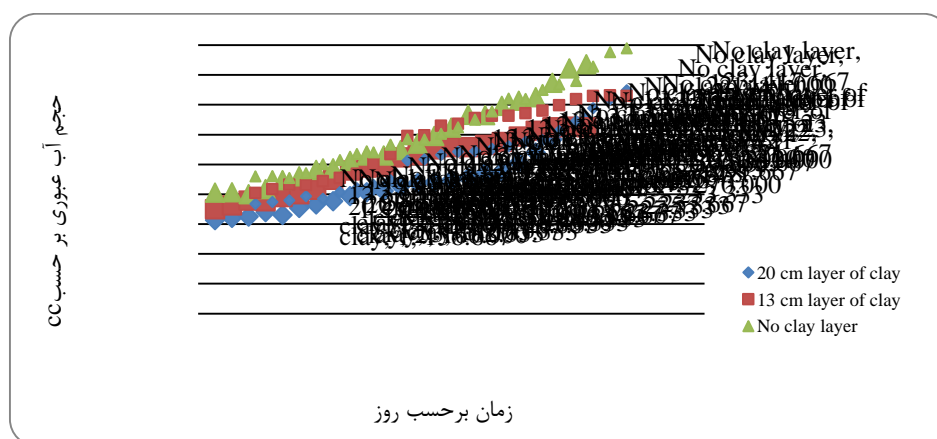
جدول ۲ - ویژگی های خاک با بافت سنگین

Table 2. Properties of clay textured soil

شاخص اندازه گیری شده	بافت	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب)	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
مقدار اندازه گیری شده	رسی	۲۰	۳۴	۴۶	۱/۳	۲/۶۵	۷/۳۵	۲/۲

خروجی مربوط به تیمار دارای لایه رس ۲۰ سانتی متر بود که در نتیجه وجود قطر لایه رس در این تیمار بود که به دلیل وجود منافذ ریز در خود توانسته بود مقدار زه آب کمتری از خود عبور داده و در تیمارها اختلاف ایجاد کند. کمترین حجم زه آب خروجی مربوط به ستون بدون لایه رسی بوده که به دلیل وجود بافت سبک زه آب بیش تری نسبت به ستون های دارای بافت رسی، عبور داده است.

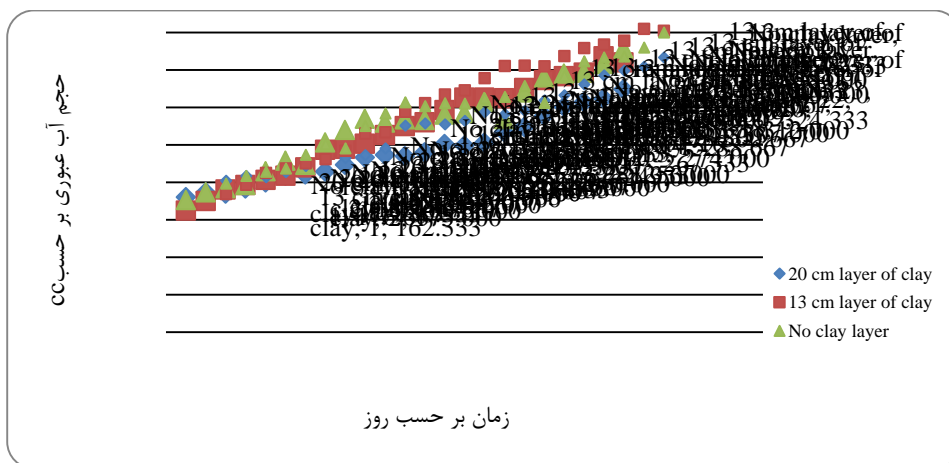
نتایج بدست آمده از داده های ستون های خاک (منحنی های حجمی زه آب تیمارها) و ارایه مقایسات آماری نتایج بدست آمده از داده های ستون های خاک (منحنی های حجمی زه آب تیمارها): در این بخش، از خروجی زه آب ستون های بدون لایه رسی و حاوی لایه های رسی متفاوت برای ترسیم منحنی در دو تیمار ۱۳ و ۲۰ میلی اکی والان استفاده شد و در طول زمان آزمایش خروجی زه آب، مورد اندازه گیری قرار گرفت. همان طور که در نمودار مشاهده می شود کمترین حجم زه آب



شکل ۲- حجم زه آب خروجی در ستون های بی و با لایه های مختلف رسی تغذیه شده با غلظت ۱۳ میلی اکی والان کلرید

پتاسیم

Figure 2. The volume of drainage water in columns without and with different layers of clay fed with potassium chloride concentration 13 mEq



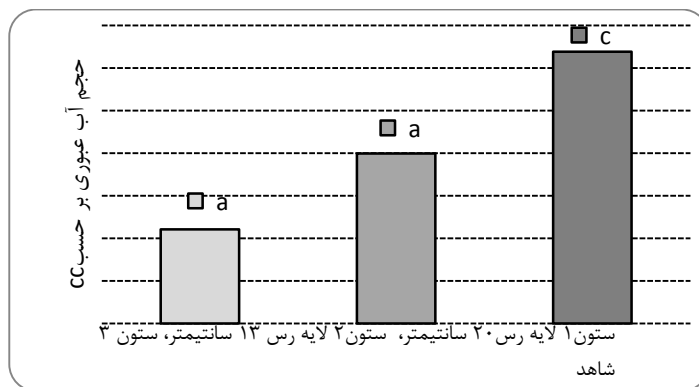
شکل ۳- حجم زه آب خروجی در ستون‌های بی و با لایه‌های مختلف رسی تغذیه‌شده با غلظت ۲۰ میلی‌اکی‌والان کلرید

پتاسیم

Figure 3. The volume of drainage water in columns without and with different layers of clay fed with potassium chloride concentration 20 mEq

توکی در سطح ۰/۰۵ تیمارها مورد ارزیابی قرار گرفت، همان‌طور که در شکل ۴ و جدول ۳ مشاهده می‌شود، هر چند بین ستون‌های دارای لایه رس در بخش حجم زه‌آب خروجی اختلاف معنی‌داری در (P > ۰/۰۵) موجود نبود، ولی بین ستون‌های دارای لایه رسی و شاهد اختلاف معنی‌دار بود.

نتایج مقایسات تیمارها با توجه به نتایج بدست آمده از داده‌های ستون‌های خاک در این قسمت تیمارها از نظر داده‌های آماری حجم زه‌آب خروجی با یکدیگر مقایسه شدند. مقایسه حجمی زه‌آب تیمارهای با و بدون لایه رسی در غلظت ۱۳ میلی‌اکی‌والان، با استفاده از آزمون



شکل ۴- نسبت حجم خروجی آب در ستون‌های با و بدون لایه رسی تغذیه‌شده با غلظت ۱۳ میلی‌اکی‌والان نمک

Figure 4. The ratio of the volume of water output in columns with and without clay layer feed with salt concentration of 13 mEq

درد (P < ۰/۰۵)، با افزایش غلظت بین تیمارهای دارای لایه رس اختلاف معنی‌داری به وجود آمده است که نشان‌دهنده تأثیر غلظت بر لایه رس در میزان زه‌آب خروجی است.

در بررسی نتایج مقایسه حجمی در غلظت ۲۰ میلی‌اکی‌والان، داده‌های تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح ۰/۰۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. همان‌طور که در شکل ۵ و جدول ۳ مشاهده می‌شود بین تیمارها در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری وجود



شکل ۵- نسبت حجم خروجی آب در ستون های با و بدون لایه رسی تغذیه شده با غلظت ۲۰ میلی اکی والان نمک

Figure 5. The ratio of the volume of water output in columns with and without clay layer feed with salt concentration of 20 mEq

جدول ۳- مقایسه میانگین حجم خروجی زه آب در غلظت ۱۳ و ۲۰ میلی اکی والان

Table 3. Mean comparison for volume of drainage water in concentrations of 13 and 20 mEq

فاقد لایه رسی	لایه رسی ۱۳ سانتی متر	لایه رسی ۲۰ سانتی متر	
b ۳۰۳/۷۹	a ۲۷۹/۹۲	a ۲۶۲/۱۲	تغذیه با ۱۳ میلی اکی والان نمک
c ۳۲۴/۱۹	b ۲۷۰/۵۶	a ۲۴۰/۹۲	تغذیه با ۲۰ میلی اکی والان نمک

### بحث و نتیجه گیری

مختلف به خوبی توانسته در انتقال در حجم آب عبوری تاثیر بسزایی داشته باشد و با افزایش ضخامت مقدار حجم آب عبوری را کاهش دهد، که این امر در شرایطی که ما شاهد آلودگی آب های زیر زمینی هستیم می تواند بسیار مفید باشد به عبارتی با هزینه کم مصرف شده از آلودگی این آب ها جلوگیری به عمل آید و یا حداقل روند آلودگی را کاهش دهد. تنها معضل ممکن تورم رس خواهد بود که تحقیقات نشان داده است می توان با استفاده از موادی همچون آهک این تاثیر منفی را خنثی کرده و از لایه های رسی به صورت کارآمدتری استفاده شود. اسمعیلی و همکاران بر روی تاثیر لایه رسی بر انتقال املاح با استفاده از آهک نتیجه گرفتند که حضور لایه رسی بسیار می تواند به تنهایی موثر باشد و آهک در جلوگیری از انتقال تاثیر مثبت دارد جلوگیری از تورم رس باعث کاهش دامنه خمیری این خاک می شود که دلیل اثر مثبت آهک بر روی جلوگیری از انتقال املاح در خاک است (۶).

امروزه از لایه های رسی برای جلوگیری از انتقال شیرابه های زباله و املاح به آب های زیر زمینی استفاده می شود. نتایج نشان داد با افزایش زمان مقدار حجم آب خروجی افزایش می یابد ولی حضور لایه رس باعث تاخیر انتقال آب در طول تیمارهای حاوی لایه رس نسبت به تیمار بدون لایه رس می شود. در تیمارهای دارای غلظت ۱۳ میلی اکی والان مقدار حجم آب در دو ستون دارای ۱۳ و ۲۰ سانتی متر با یکدیگر تفاوت معناداری نداشتند ولی هر دو تیمار با تیمار بدون لایه رس اختلاف معناداری دارند. در غلظت ۲۰ میلی اکی والان هر سه تیمار (دارای لایه رس و بدون لایه رس) با یکدیگر اختلاف معناداری دارند، که ساختار فیزیکی رس باعث این تاخیر در حرکت رس می شود. بدو و همکاران بر روی لاینرهای که شامل لایه رس و لایه رسی بر روی سیلت و لایه سیلنتی، انجام دادند به این نتیجه رسیدند که لایه های رسی به خوبی می توانند از حرکت و انتقال آب و شیرابه زباله ها جلوگیری کنند (۵). در این آزمایش حضور لایه های رسی در ضخامت های

- systems. *Journal of Science and Technology, Transaction B* 28(B5): 559-572.
6. EsmailiVaraki M., Khayat kholghi V., and Shafei M. 2005. Suggesting an intelligent model to estimate the groundwater level fluctuations of an alluvial aquifer using artificial neural network. *The first International Conference on Water Resources Management, Tehran, Iran Water Resources Association for Science and Engineering, Faculty of Tehran University*, pp.245-276.
  7. Kaboli, A., Ebrahimi, S and Davari, M. 2019. Pilot study of soil electrical conductivity, acidity, N and Ni parameters in AQ-Qala landfill leachate in soil columns with different texture, *J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(1)*, 255-260. DOI: 10.22069/jwsc.2019.11939.2648.
  8. Akhavan S, Ebrahimi S, Navabian M, Shabanpour M, Mojtahedi A, Movahedi Naeini A. Significance of physicochemical factors in the transmission of *Escherichia coli* and chloride. *Environ. Health eng. manag.* 2018; 5 (2):115-122.

## Reference

1. Ababaei, B., Saraei Tabriz, M., Farhadi Bansuleh, B., Sohrabi, T., and Mirzai, F. 1391. Calibration of CERES-Barley model using reverse modeling method under low irrigation conditions. *Protection of water and soil resources* (3). 48-37
2. Abbasi, F., Jacques, D., Simunek, J., Feyen, J., and van Genuchten, M.T.h. 2003. Inverse estimation of the soil hydraulic and solute transport parameters from transient field experiments: heterogeneous soil. *Trans. ASAE.* 46: 4. 1097-1111
3. Gardenas, A., Hopmans, J.W., Hanson, B.R., and Simunek, J. 2005. Two dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro irrigation. *Agric. Water Manage.* 74: 219-42
4. Lazarovitch, N., Warrick, A.W., Furman, A., and Simunek, J. 2007. Subsurface water distributions from drip irrigation described by moment analysis. *Vadose Zone J.* 6: 116-123.
5. Badv K., and Mahooti A.A. 2004. Advective-diffusive and hydraulic trap modeling in two and three-layer soil