



## تأثیر تراکم خاک بر روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی در دو نوع خاک

سودا شعبانی<sup>۱</sup>، کامران زینال زاده<sup>۲\*</sup>، الناز رضایی اباجلو<sup>۳</sup>.

مشخصات نویسنده اول

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه  
(Email: ssevdaa.shabani137223@gmail.com)

۲\* - نویسنده مسئول، دانشیار، دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه  
رایانامه (k.zainalzadeh@urmia.ac.ir)

۳ - دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه  
(Email: e\_rezayi2010@yahoo.com)

### چکیده

شناخت خصوصیات هیدرولوژیکی خاک‌ها، در تشخیص و فهم بسیاری از فرآیندهای طبیعی حائز اهمیت است. از جمله این فرایندها می‌توان به نفوذ و رواناب اشاره نمود. در این تحقیق، به منظور بررسی تأثیر تراکم خاک روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی خاک، آزمایش روی ۶ تیمار، ۳ تیمار در بافت لوم شنی و ۳ تیمار در بافت رسی انجام گرفت. با استفاده از نفوذسنج دیسک، سرعت های نفوذ پایدار در سطح خاک، در شش مکش متوالی ۱۵، ۱۰، ۶، ۳، ۱ و ۰.۳ سانتی متر روی تیمارهای تحقیق اندازه‌گیری شد. با برازش معادله فیلیپ روی داده های نفوذ اندازه گیری شده در مکش های مختلف با استفاده از نرم افزار متلب، ضرایب معادله نفوذ S و A برآورد شد. شاخص آماره ای  $R^2$  در هر ۶ تیمار مورد آزمایش، بیشتر از ۰.۹ برآورد شد و RMSE در سه تیمار لوم شنی در بازه ۰.۰۱ تا ۰.۰۲ سانتی متر و برای تیمارهای رسی تقریباً برابر با ۰.۰۳ سانتی متر شد. نتایج تحقیق نشان داد خصوصیات هیدرولیکی خاک بسیار متأثر از ساختمان خاک هستند و تراکم در بازه‌ی مکشی ۰ تا ۳- تأثیر بیشتری بر روی هدایت هیدرولیکی و فاکتور جذب داشت.

واژگان کلیدی: هدایت هیدرولیکی خاک، تراکم، معادله نفوذ فیلیپ، نفوذسنج دیسک

### مقدمه

خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک روی فرایندهای هیدرولوژیکی خاک تأثیر می‌گذارد. به عبارتی، هرگونه تغییر در خصوصیات هیدرولیکی خاک، خصوصیات هیدرولوژیکی خاک را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. پارامترهای هیدرولیکی در مبحث کشاورزی، افزایش میزان باروری خاک، رشد و نمو گیاه، انجام فرآیند های فیزیکی،



## 3rd Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

شیمیایی و بیولوژیکی، خصوصیات حیاتی خاک محسوب می‌شوند (کارکی و همکاران، ۲۰۱۸). پارامترهای هیدرولیکی به دلیل اینکه جزء فیزیکی خاک محسوب می‌شوند، در طراحی و ارزیابی سیستم های آبیاری و زهکشی و مدل سازی روابط آب - خاک بسیار مورد توجه هستند (باگارللو و همکاران، ۲۰۰۵). از مهمترین این خصوصیات می‌توان به ارتباط بین هدایت هیدرولیکی و مکش (منحنی هدایت هیدرولیکی) اشاره کرد. در مدل سازی پدیده های هیدرولوژیکی، شناخت این خصوصیات و عوامل موثر بر آنها ضروری است. بیان کمی ویژگی های هیدرولیکی خاک در بسیاری از مطالعات مربوط به جریان در محیط های متخلخل، که از مدلهای عددی برای شبیه سازی حرکت آب و املاح استفاده می‌کنند، ضروری است، هدایت هیدرولیکی خود یکی از این ویژگی های کلیدی در چرخه آب است (هاسلر و همکاران، ۲۰۱۴). در بسیاری از مدل های انتقال آب و املاح، برای حداقل رساندن خطا در محاسبات، فرض می‌کنند که مشخصات سطحی خاک با گذر زمان ثابت است. در حالی که عواملی همچون فعالیت های انسانی، ماشین آلات کشاورزی، باد و سایر عوامل در تغییرات سطحی خاک تاثیر بسزایی دارد (هو و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از اثرات منفی بهره برداری بیش از حد از زمین های کشاورزی تغییر در اندازه و نحوه توزیع ذرات ساختمان خاک می‌باشد (نگی و همکاران، ۲۰۱۸). تراکم یکی از مهمترین عواملی است که باعث تغییر خصوصیات هیدرولیکی خاک می‌شود. ارزیابی کمی اثرات تراکم در بهبود روش های مدیریتی کشاورزی ضروری است. مهمترین پیامدهای تراکم شامل: افزایش جرم مخصوص ظاهری، کاهش تخلخل، تغییر شکل منافذ و نحوه توزیع اندازه ی ذرات است (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۱) که بستگی به میزان ریزدانه گی، نوع خاک، وضعیت رطوبت، موقعیت خاکبرداری و سیستم برداشت خاک دارد (میلر و همکاران، ۲۰۰۲). ایجاد تغییرات در این ویژگی های پایه، سبب تغییر در میزان نگهداشت آب و همچنین هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود، که این موضوع به نوبه ی خود باعث کاهش میزان نفوذ آب به خاک و آب قابل ذخیره برای استفاده گیاهان می‌شود. در نتیجه، تراکم خاک می‌تواند اثرات جدی بر روی کیفیت خاک و محیط زیست داشته باشد. جرم مخصوص ظاهری خاک از پارامترهای مهم بررسی تراکم خاک به شمار می‌رود که در اثر تراکم به میزان قابل ملاحظه ای افزایش می‌یابد (سیلنون و همکاران، ۲۰۰۳). در اثر تراکم، هندسه ساختمان خاک دستخوش تغییرات می‌شود (شوارتز و همکاران، ۲۰۰۳). در سال های اخیر کاربرد نفوذسنج دیسک مکشی، برای اندازه گیری ویژگی های هیدرولیکی خاک مورد توجه پژوهشگران متعددی قرار گرفته است (لاتورره و همکاران، ۲۰۱۳). از مزیت های عمده ی این دستگاه میتوان به حداقل بهم خوردگی سطح خاک، در هنگام اندازه گیری اشاره کرد (رینولدز و همکاران، ۱۹۹۵). هدایت هیدرولیکی غیراشباع به دست آمده از نفوذسنج دیسک به صورت سنتی از تحلیل وودینگ در حالت پایدار محاسبه می‌شود. همچنین، تخمین پارامترهای هیدرولیکی با حل عددی معادله های جریان و بهینه سازی پارامترها به روش حل معکوس یکی از روش های مرسوم به شمار می‌رود. نفوذ آب به داخل خاک از فرآیندهای مهم در چرخه هیدرولوژیکی محسوب می‌گردد. روند نفوذ آب به داخل خاک توسط عوامل زیادی از جمله: سطح خاک، بافت و ساختار خاک، رطوبت و پوشش گیاهی، ماده آلی، ژئومورفولوژی، خصوصیات بارندگی و اقلیمی، زبری سطح خاک یا

## 3<sup>rd</sup> Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

تراکم، اندازه و سطح پایداری سنگدانه‌ها، هدایت هیدرولیکی و وجود لایه های غیرقابل نفوذ، کنترل می شود (محمدی و کاویان، ۲۰۱۵؛ موریدلی و همکاران، ۲۰۱۸). کلیشادی و همکاران (۲۰۱۴) نفوذ آب در شرایط غیراشباع را در ۵ مکش متوالی، به ترتیب ۱۵، ۱۰، ۵ و ۲ سانتی متر در ۱۰۰ نقطه توسط نفوذسنج دیسک اندازه گیری کردند. نتایج آن ها نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع به طور معنی داری متاثر از بافت خاک نمی باشد. هدف از این تحقیق، برآورد ضریب جذب معادله فیلپ و مقدار هدایت هیدرولیکی دو نوع خاک مختلف با استفاده از داده های اندازه گیری شده نفوذسنج دیسک می باشد.

### مواد و روش ها

#### آماده سازی تیمارها

در این تحقیق از دو نوع بافت خاک رس و لوم شنی که از دو منطقه مختلف واقع در دشت نازلو، حوضه آبریز دریاچه ارومیه، ایران تهیه شده بودند، استفاده گردید. در تعیین بافت خاک، برای ذرات درشت دانه خاک مانند شن، از آزمایش الک و ریز دانه مانند لای، از آزمایش هیدرومتری استفاده گردید. روش هیدرومتری بر پایه ی قانون استوکر اندازه گیری و براساس سیستم طبقه بندی وزارت کشاورزی آمریکا و مثلث بافت خاک (USDA) تعیین شد. خاک های مورد آزمایش پس از خشک شدن در معرض هوا، از الک ۲ میلیمتر عبور داده شدند. جدول (۱) مشخصات خاک های مورد آزمایش را نشان می دهد.

جدول ۱- مشخصات بافت های خاک مورد مطالعه

بافت	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
رس	۴۱،۴	۳۹،۱	۱۹،۵
لوم شنی	۱۸،۳	۲۵،۹	۵۵،۸

برای تهیه تیمارها، ۶ جعبه چوبی در ابعاد ۳۰\*۴۰\*۴۰ سانتی متر ساخته شد و سوراخ هایی در کف جعبه ها به منظور تسهیل در تخلیه آزاد آب ایجاد گردید. ۳ جعبه برای ۳ تیمار، به ترتیب تیمار ۱ خاک لوم شنی با تراکم کاهشی، تیمار ۲ خاک لوم شنی با تراکم اصلاح شده و تیمار ۳ خاک لوم شنی با تراکم استاندارد اختصاص داده شد. همچنین، ۳ جعبه ی دیگر از بافت خاک رسی که به ترتیب برای تیمار ۴ با تراکم کاهشی و تیمار ۵ تراکم اصلاح شده و تیمار ۶ تراکم استاندارد در نظر گرفته شد. برای تراکم، از وزنه ۲/۵ کیلوگرمی با رهاسازی از ارتفاع ۳۰ سانتی متری استفاده شد. در تراکم کاهشی، سه لایه خاک و هر لایه خاک با ۱۵ ضربه (میلر و همکاران، ۲۰۰۲) در تراکم استاندارد، سه لایه خاک هر لایه خاک با ۲۵ ضربه، و در تراکم اصلاح شده، پنج لایه خاک هر لایه خاک با ۲۵ ضربه متراکم شدند (بایرام و بهمنی، ۱۳۹۴). در هر جعبه، لایه به

## 3<sup>rd</sup> Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

لایه با ضخامت حدود ۱۰ سانتیمتر خاک ریخته شد و وزنه تراکم، از ارتفاع ۳۰ سانتی متری، به تعداد تعیین شده رها گردید. با تهیه نمونه های دست نخورده با ظروف نمونه گیر از جنس پلکسی، با قطر ۵ سانتیمتر و ارتفاع ۵ سانتیمتر، جرم مخصوص ظاهری هر تیمار تعیین گردید. پس از محاسبه جرم مخصوص ظاهری درصد تخلخل کل خاک نیز به کمک رابطه (۱) محاسبه شد:

$$f = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad (1)$$

$\rho_b$ : جرم مخصوص ظاهری ( $\text{gr/cm}^3$ ),  $\rho_s$ : جرم مخصوص حقیقی ( $\text{gr/cm}^3$ ) و  $f$ : تخلخل خاک (بدون بعد) است.

### آزمایش نفوذسنج دیسک

در این تحقیق، برای اندازه گیری خصوصیات هیدرولیکی خاک از دستگاه نفوذسنج دیسک با قطر دیسک ۲۰ سانتیمتر استفاده شد. سطح خاک هر تیمار به آرامی و با استفاده از کاردک تا حدودی صاف گردید. سپس کمی شن از قبل تهیه شده بر روی سطحی با قطر ۲۰ سانتیمتر به ضخامت کمتر از ۵ میلیمتر ریخته شد. سطح ماسه ریخته شده تراز گردید و دیسک نفوذسنج بر روی آن قرار گرفت. پایه دستگاه، در جوار دیسک و همسطح با دیسک قرار گرفت. اندازه گیری های نفوذ برای مکش های ۱۵-، ۱۰-، ۶-، ۳-، ۱- و صفر سانتیمتر به ترتیب از ۱۵- تا صفر سانتیمتر قرائت شد. وقتی سه قرائت شدت افت آب، در مخزن آب نفوذسنج دیسک ثابت شد جریان پایدار در نظر گرفته شد. آنالیز داده های بدست آمده از نفوذسنج دیسک براساس معادله وودینگ (۱۹۶۸) در شرایطی که آب به صورت یک منبع دایره ای به صورت سه بعدی، مرز نامحدود، جریان پایدار و یکنواخت به خاک وارد شود، صورت گرفت.

$$Q_\Psi = (\pi r^2 K(\Psi) + 4r\phi_\Psi) \quad (2)$$

$Q_\Psi$ : سرعت نفوذ حجمی جریان پایدار برای یک مکش معین مثلاً  $\Psi$  ( $\text{cm}^3/\text{s}$ ),  $r$ : شعاع صفحه متخلخل گرد (دیسک)

$K_\Psi$  ( $\text{cm}$ ): هدایت هیدرولیکی در  $\Psi$  ( $\text{cm/s}$ ) است.  $\Psi$ : پتانسیل جریان ماتریکس است که بصورت زیر تعریف می شود:

$$\phi_\Psi = \int_{\Psi_i}^{\Psi} K(\Psi) d\Psi \quad (3)$$

$\Psi_i$ : مکش اولیه در خاک و واحد آن ( $\text{cm}$ ) است همچنین (لگسدن و جینس، ۱۹۹۳) راه حل جبری رابطه (۲) را به صورت فشار - هدایت هیدرولیکی رابطه گاردنر به کار بردند.

$$K(\Psi) = K_{fs} \exp(ah) \quad (4)$$

## 3<sup>rd</sup> Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

که در رابطه (۴)،  $\alpha$ : کاپیلاریته ماکروسکوپیک ( $1/cm$ ) نامیده میشود. که برای هر خاک مقدار آن ثابت فرض میشود. اگر  $\Psi < 0$  باشد خواهیم داشت  $K(\Psi) = K_{fs}$

### معادله نفوذ فیلپ

فیلپ (۱۹۵۷) با استفاده از معادله ریچاردز و حل نیمه تحلیلی آن در حالت یک بعدی، معادله ای برای نفوذ آب به خاک به صورت افقی و عمودی (رابطه (۵)) به شکل زیر ارائه داد:

$$I = St^{0.5} + At \quad (5)$$

که در معادله مذکور  $I$ : نفوذ تجمعی ( $cm$ )،  $A$ : ضریب ثابت مربوط به آبگذری ( $cm/min$ )،  $S$ : ضریب ثابت مربوط به جذب آب ( $cm/min^{1/2}$ ) و  $t$ : زمان نفوذ از شروع ( $min$ ) می باشد. در این تحقیق برازش مدل ها از طریق رگرسیون خطی و با استفاده از برنامه Matlab انجام گردید.

### نتایج و بحث

برخی از خصوصیات فیزیکی خاک های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است:

جدول ۲- ویژگی های فیزیکی خاک مورد مطالعه

تخلخل	رطوبت	جرم مخصوص ظاهری ( $g/cm^3$ )	تیمار
۰,۴۴	۰,۰۸	۱,۴۸	تیمار ۱
۰,۴۳	۰,۰۴	۱,۵۰	تیمار ۲
۰,۴۲	۰,۰۹	۱,۵۳	تیمار ۳
۰,۵۲	۰,۰۹	۱,۲۷	تیمار ۴
۰,۴۹	۰,۱۵	۱,۳۱	تیمار ۵
۰,۵۰	۰,۱۷	۱,۳۲	تیمار ۶

بررسی نتایج جدول ۲ نشان داد تیمار ۱ و تیمار ۴ در اثر تراکم کاهشی (سه لایه هر لایه ۱۵ ضربه)، دارای کمترین جرم مخصوص ظاهری است. تیمار ۳ و تیمار ۶ با توجه به مقادیر جرم مخصوص ظاهری، دارای بیشترین تراکم هستند. درویش پسند و همکاران (۱۳۹۲); رضا و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند، هر چه میزان تراکم در یک خاک افزایش یابد (خاک متراکم تر شود)، میزان جرم مخصوص ظاهری نیز افزایش خواهد یافت. همانطور که در جدول ۲ قابل مشاهده است با افزایش تعداد ضربات وارد شده به خاک، جرم مخصوص ظاهری در تیمار ۲ و ۳ نسبت به تیمار ۱ افزایش یافت. این تغییرات در تیمارهای مربوط به خاک رسی هم قابل مشاهده است. همچنین تیمار ۱ با داشتن جرم مخصوص ظاهری ۱,۴۸ دارای تخلخل ۰,۴۴

## 3<sup>rd</sup> Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

است و اما تیمار ۲ با جرم مخصوص ظاهری ۱,۵۰ دارای تخلخل ۰,۴۳ است. با مقایسه تیمارهای دیگر نیز مشاهده شد، با افزایش جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کاهش می‌یابد.

### تحلیل داده های نفوذسنج دیسک

داده‌های آزمایشی ابتدا با استفاده از حل تحلیلی وودینگ آنالیز شدند رابطه (۲). پارامترهای برازشی  $\alpha$  و  $K_s$ ، با استفاده از نرم افزار Matlab، با رگرسیون غیرخطی و با استفاده از سرعت های نفوذپذیری در مقابل مکش های متفاوت، بدست آمدند. طبق نتایج بدست آمده از نرم افزار Matlab هر ۶ تیمار دارای معیار ضریب تبیین ( $R^2 > 0.90$ ) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) در تیمارهای ۱ تا ۳ در بازه ۰,۰۱ تا ۰,۰۲ سانتی متر و در تیمارهای ۴ تا ۶ برابر با ۰,۰۳ سانتی متر بدست آمد که نشان میدهد برازش در تیمارهای ۱ تا ۳ بهتر از تیمارهای ۴ تا ۶ است. جدول ۳ مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع را در مکش های صفر تا ۱۵- برای ۶ تیمار مورد آزمایش نشان می‌دهد:

جدول ۳- مقادیر هدایت هیدرولیکی غیر اشباع،  $K(h)$ ، (سانتی متر بر ثانیه)

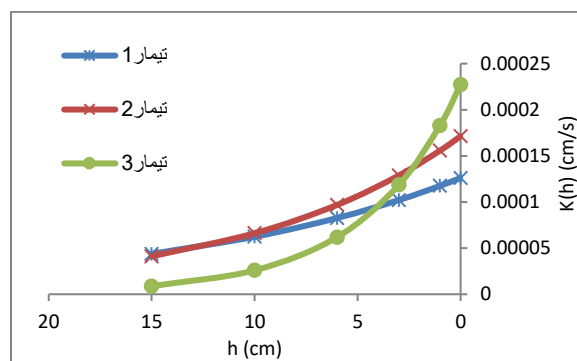
	مکش (سانتیمتر)					
	۰	-۱	-۳	-۶	-۱۰	-۱۵
تیمار ۱	۰,۰۰۰۱۲۶	۰,۰۰۰۱۱۷	۰,۰۰۰۱۰۲	۰,۰۰۰۰۸۲۶	۰,۰۰۰۰۶۲۳	۰,۰۰۰۰۴۳
تیمار ۲	۰,۰۰۰۱۷۱	۰,۰۰۰۱۵۵	۰,۰۰۰۱۲۸	۰,۰۰۰۰۹۶۸	۰,۰۰۰۰۶۶۲	۰,۰۰۰۰۴۱
تیمار ۳	۰,۰۰۰۲۳	۰,۰۰۰۱۸۳	۰,۰۰۰۱۲	۰,۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۲۶	۰,۰۰۰۰۸۸
تیمار ۴	۰,۰۰۰۲۵۸	۰,۰۰۰۱۷۶	۰,۰۰۰۰۸۲۱	۰,۰۰۰۰۲۶۰	۰,۰۰۰۰۵۶۴	۰,۰۰۰۰۰۸۳
تیمار ۵	۰,۰۰۰۲۸۷	۰,۰۰۰۲۷۳	۰,۰۰۰۲۴	۰,۰۰۰۲۱۰	۰,۰۰۰۱۷۰	۰,۰۰۰۱۳۱
تیمار ۶	۰,۰۰۰۱۲۹	۰,۰۰۰۰۹۸	۰,۰۰۰۰۵۷۵	۰,۰۰۰۰۲۵۶	۰,۰۰۰۰۰۸۷۰	۰,۰۰۰۰۰۲۲۶

با مقایسه جدول ۲ و جدول ۳ میتوان نتیجه گرفت، ایجاد تراکم و افزایش جرم مخصوص ظاهری باعث کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع شده است. در مکش های کم (۰ تا ۵- سانتی متر) با افزایش تراکم هدایت هیدرولیکی کاهش چشمگیری نسبت به مکش های پایتتر داشت. همچنین در اثر تراکم با کاهش مکش آب از ۱۵- به

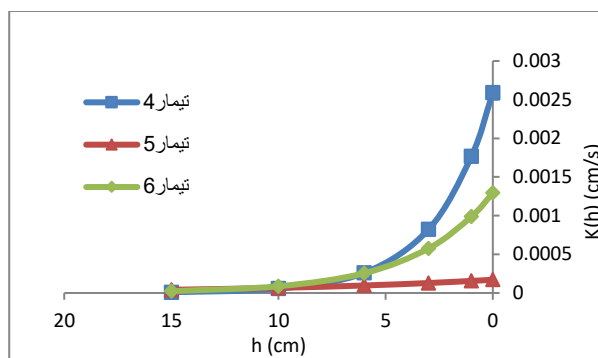


3<sup>rd</sup> Iranian National Conference on Hydrology  
17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

سمت صفر سانتی متر، میزان هدایت هیدرولیکی در همه‌ی تیمارها، چند برابر افزایش یافت. به طوری‌که در هر تیمار بیشترین مقدار هدایت هیدرولیکی مربوط به پتانسیل صفر (هدایت هیدرولیکی اشباع) و کمترین مقدار در ۱۵- سانتی متر دیده شد. با توجه به جدول (۳) و بررسی تیمارها، به دلیل اختلاف اندک در جرم مخصوص ظاهری تیمارها، هدایت هیدرولیکی تیمارها تقریباً نزدیک بهم بدست. شکل‌های ۱ و ۲ منحنی هدایت هیدرولیکی را برای ۶ تیمار نشان می‌دهد:



شکل ۱: منحنی هدایت هیدرولیکی ۳ تیمار بافت لوم شنی (cm/s)



شکل ۲: منحنی هدایت هیدرولیکی ۳ تیمار بافت رسی (cm/s)

همانطور که در شکل ۱ و ۲ نیز قابل مشاهده است، روند تغییر هدایت هیدرولیکی از پتانسیل صفر سانتی متر به طرف ۱۵- سانتی متر سیر نزولی دارد. به طوری‌که بیشترین هدایت هیدرولیکی مربوط به حالت اشباع خاک است و به طرف مکش‌های بیشتر نمودارها نزولی تر میشوند. اما مطابق شکل در بین مکش‌های صفر تا ۵- شیب نمودارها بیشتر از مکش‌های ۶- تا ۱۵- است. به طوری‌که بین مکش‌های ۱۰- تا ۱۵- نمودارها ثابت شده اند. جدول ۴، ضرایب A و S معادله نفوذ فیلپ را ارائه می‌دهد، اعداد داخل پرانتز مربوط به آبگذری A و مقادیر بیرون پرانتز مربوط به جذب معادله نفوذ فیلپ است.

## 3<sup>rd</sup> Iranian National Conference on Hydrology 17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

جدول ۴- ضریب جذب آب (سانتی متر بر جذر دقیقه) و ضریب مربوط به آبگذری (عدد داخل پرانتز) (سانتی متر بر دقیقه)

	-۱	-۳	-۶	-۱۰	-۱۵	
تیمار ۱	۰,۰۰۰۴۶ (۰,۰۰۰۱۳۳)	۰,۰۰۰۳۰۱ (۰,۰۰۰۱۲۶)	۰,۰۰۰۲۳۴ (۰,۰۰۰۱۱۹)	۰,۰۰۰۱۸۱ (۰,۰۰۰۱۰۹)	۰,۰۰۰۰۹۰۳ (۰,۰۰۰۰۸۴)	
تیمار ۲	۰,۰۰۰۲۱ (۰,۰۰۰۰۸۱)	۰,۰۰۰۱۵ (۰,۰۰۰۱۰۱)	۰,۰۰۰۱۳۲ (۰,۰۰۰۰۶۷)	۰,۰۰۰۰۹۳۵ (۰,۰۰۰۰۳۸)	۰,۰۰۰۰۳۵۳ (۰,۰۰۰۰۹۲)	
تیمار ۳	۰,۰۰۰۰۳ (۰,۰۰۰۰۲)	۰,۰۰۰۱۹۱ (۰,۰۰۰۰۶۸۴)	۰,۰۰۰۱۵۸ (۰,۰۰۰۰۵۵)	۰,۰۰۰۱۰۵ (۰,۰۰۰۰۵۴۱)	۰,۰۰۰۰۳۰۷ (۰,۰۰۰۰۴۰۵)	
تیمار ۴	۰,۰۰۰۲۳۷ (۰,۰۰۰۴۸۲)	۰,۰۰۰۱۸۳ (۰,۰۰۰۵۲۸)	۰,۰۰۰۱۰۳ (۰,۰۰۰۱۴۸)	۰,۰۰۰۰۲۴۴ (۰,۰۰۰۰۴۶۴)	۰,۰۰۰۰۲۰۸ (۰,۰۰۰۰۲۶۹)	
تیمار ۵	۰,۰۰۰۰۷۶ (۰,۰۰۰۱۳۹)	۰,۰۰۰۰۵۰۲ (۰,۰۰۰۰۶۲)	۰,۰۰۰۰۳۴۰ (۰,۰۰۰۰۱۵۶)	۰,۰۰۰۰۳۲۰۲ (۰,۰۰۰۰۰۸۹)	۰,۰۰۰۰۰۵۹ (۰,۰۰۰۰۰۴۰۸)	
تیمار ۶	۰,۰۰۰۰۵۸۸ (۰,۰۰۰۱۲۷)	۰,۰۰۰۰۲۳۰ (۰,۰۰۰۰۵۴۹)	۰,۰۰۰۰۱۷۰ (۰,۰۰۰۰۴۰)	۰,۰۰۰۰۰۹۳ (۰,۰۰۰۰۱۲۵)	۰,۰۰۰۰۰۶۷۹ (۰,۰۰۰۰۰۴۷)	

بررسی جدول مذکور نشان می دهد روند تغییرات A و S مانند هدایت هیدرولیکی است و با افزایش مکش میزان ضریب S کاهش می یابد. میتوان بیان کرد تراکم تاثیر زیادی روی خصوصیات هیدرولیکی در بافت های خاک مورد مطالعه داشته است. هرگونه تغییر در خصوصیات هیدرولیکی، پارامترهای دیگر خاک از جمله شرایط هیدرولوژیکی خاک را تحت تاثیر قرار می دهد.

### نتیجه گیری

در این تحقیق، آماره  $R^2$  در هر ۶ تیمار مورد آزمایش، بیشتر از ۰,۹ برآورد شد و RMSE در سه تیمار لوم شنی در بازه ی ۰,۱ تا ۰,۲ سانتی متر و برای تیمارهای رسی برابر با ۰,۳ سانتی متر شد. نتایج این تحقیق نشان داد





**3rd Iranian National Conference on Hydrology**  
17-19 Sep. 2019- University of Tabriz

جرم مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی و فاکتور جذب بسیار متاثر از ساختمان خاک هستند. به طوریکه تراکم در مکش های ۰ تا ۵- تاثیر چشمگیری بر روی هدایت هیدرولیکی و پارامتر جذب داشت.

**منابع**

- بایرام م و بهمنی الف، ۱۳۹۴. تأثیر نوع خاک و وضعیت تراکم بر منحنی مشخصه رطوبتی خاک. نشریه ی حفاظت منابع آب و خاک، سال چهارم، شماره چهارم، صفحه های ۶۶ تا ۷۷.
- درویش پسند، ز، صیاد، غ.ع، شریعتی، م. و منصوری، ی. ۱۳۹۲. اثر تردد ماشین آلات کشاورزی بر ویژگیهای متوسط و درش هدایت کننده آب در خاک با استفاده از نفوذسنج صفحه ای. نشریه ی پژوهش های آب و خاک. جلد ۲۰، شماره ۵، ۲۰۷ تا ۲۲۰.
- Bagarello V, Iovino M and Tusa G, 2000. Factors affecting measurement of the near saturated soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal* 64:1203-1210.
- Baker L and Ellison D, 2008. Optimisation of pedotransfer functions using an artificial neural network ensemble method. *Geoderma* 144:212-224.
- Hassler SK, Lark RM, Zimmermann B and Elsenbeer H, 2014. Which sampling design to monitor saturated hydraulic conductivity. *European Journal of Soil Science* 65 (6): 792-802.
- Hu W, Shao M, Wang Q, Fan J and Horton R, 2009. Temporal change of soil hydraulic properties under different land uses. *Geoderma* 149:355-366.
- Karki J, Mandal UK, Chidi C L, Dahal J, Khanal NR and Pantha RH, 2018. An analysis of hydraulic properties of soil based on soil texture in Chiti areas of Lamjung district in Nepal. *The Geographical Journal of Nepal* 11:63-76.
- Kelishadi H, Mosaddeghi MR and Ayoubi S, 2014. Near-saturated soil hydraulic propertis as influenced by land use management in Koohrang region of central Zagros, Iran. *Geoderma* 213:426-434.
- Latorre B, Moret-Fernández D and Pena C, 2013. Estimate of soil hydraulic properties from disc infiltrometer three-dimensional infiltration curve: theoretical analysis and field applicability. *Procedia Environmental Sciences* 19:580 – 589.
- Logsdon S and Jaynes D, 1993. Methodology for determining hydraulic conductivity with tension infiltrometers. *Soil Science Society of America Journal* 57: 1426-143..
- Miller JJ, Sweetland NJ and Chang C, 2002. Hydrological properties of a clay loamsoil after longterm cattle manure application. *Hournal of Environmental Quality* 31:989-996.
- Mohamadi MA and Kavian A, 2015. Effects of rainfall patterns on runoff and soil erosion in field plots. *International Soil and Water Conservation Research* 3(4):281-273.
- Morbidelli R, Saltalippi C, Flammini A and Govindaraju RS, 2018. Roleofslope on infiltration: Areview. *Journal of Hydrology* 557:878–886.
- Nagy V, Surda P, Lichner L, Kovacs A and Milics G, 2018. Impact of soil compaction on water content in sandy loam soil under sunflower. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 4:416-420.
- Philip J R, 1969. Theory of infiltration. *Advances in Hydro Science* 9:215-296.
- Raza W, Yousaf S, Niaz A, Rashed MK and Hussain I, 2005. Subsoil compaction effects on soil properties, nutrient uptake and yield of maize fodder. *Pakistan Journal of Botany* 37:933-940.
- Reynolds WD and Elrick DE, 1991. Determination of hydraulic conductivity using a tension in infiltration. *Soil Science Society of America Journal* 55: 633-639.



**3<sup>rd</sup> Iranian National Conference on Hydrology**  
*17-19 Sep. 2019- University of Tabriz*

- Richard G, Cousin I, Sillon, J F, Bruand A and Guérif J, 2001. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties. *European Journal of Soil Science* 52: 49–58.
- Schwartz RC, Evett SR and Unger PW, 2003. Soil hydraulic properties of cropland compared with reestablished and native grassland. *Geoderma* 116:47-60.
- Sillon J F, Richard G and Cousin I, 2003. Tillage and traffic effects on soil hydraulic properties and evaporation. *Geoderma* 116: 29–46.
- Simunek J and M Th van Genuchten, 1996. Estimating unsaturated soil hydraulic properties from tension disk infiltrometer data by numerical inversion. *Water Resources Research* 32(9): 2683-2696.
- Wooding RA, 1968. Steady infiltration from large shallow circular pond. *Water Resources Research* 4:1259-1273.

## **Effect of soil compaction on physical and hydrological properties in two types of soil**

### **Abstract**

Recognition the hydrological properties of soils is important in identifying and understanding many natural processes. Among these processes can be referred to infiltration and runoff. In this study, in order to investigate the effect of soil compaction on soil physical and hydrological characteristics, experiments were conducted on 6 treatments, 3 treatments on sandy loam texture and 3 treatments on clay texture. Using Disc infiltrometer, sustained infiltration rates on the soil surface were measured at six consecutive suction of 1,3,6,10,15 and zero cm on the studied treatments. The fitting coefficients S and A were estimated by fitting the Philip equation to the infiltration data measured at different suctions using Matlab software.  $R^2$  index in all 6 treatments was estimated to be greater than 0.9 and RMSE index in three sand loam treatments was greater than 0.01 and for clay treatments was approximately 0.03. These results showed the hydraulic properties of the soil, are highly influenced by soil structure and the impact in the suction range of 0 to -5 had more effect on the hydraulic conductivity and absorption factor.

**Keywords:** Soil Hydraulic Conductivity, Compaction, Philip Infiltration Equation, Disc infiltrometer.