فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰

۱۳۱-۱۴۴

مقاله پژوهشی

اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری خاک نسبت به بارش های اسیدی

حمزه سعیدیان[۱]* و حمیدرضا مرادی[۲]

[۱] بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

[۲] گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرّس، مازندران، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۸

سعیدیان، ح. و ح.ر. مرادی. ۱۴۰۰. اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری خاک نسبت به بارش‌های اسیدی. فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۴): ۱۳۱-۱۴۴.

سابقه و هدف: مقدار نفوذپذیری خاک به اندازه حفره‌ها، غلظت مایع و نیروی کشش سطحی بستگی دارد. در واقع عامل‌هایی که بر تخلخل اولیه مؤثرند، در میزان نفوذپذیری نیز مؤثر می‌باشند. نتایج به‌دست آمده از تحقیق‌های مختلف نشان می‌دهد که میزان نفوذپذیری خاک در اولویت تحقیق‌های مختلف قرار گرفته است. در ایران نیز تحقیق‌های مختلفی در مورد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ارتباط آن با میزان نفوذپذیری انجام شده است. این پژوهش براساس اندازه گیری‌های صحرایی نفوذ تحت شرایط شبیه سازی شده باران به‌منظور تعیین میزان نفوذ و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش نسبت به بارش‌های اسیدی روی سازندهای آغاجاری و گچساران انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش به‌منظور تعیین اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری خاک نسبت به بارش‌های اسیدی در نهشته‌های سازند گچساران و آغاجاری به‌دلیل وجود مواد آلاینده نفتی و آلودگی هوا، بخشی از حوزه آبخیز کوه گچ و مرغا شهرستان ایذه با مساحت ۱۲۰۲ و ۱۶۰۹ هکتار انتخاب گردید. سپس نمونه برداری میزان نفوذپذیری خاک در ۱۶ نقطه و با سه بار تکرار در کاربری مرتع و در جهت‌های شمالی، جنوبی، شرقی و غربی سازندهای گچساران و آغاجاری در شدت‌های مختلف بارش ۱ و ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه و در بارش‌های آب مقطر، اسیدیته چهار و پنج با استفاده از دستگاه باران ساز کامفورست انجام شد.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که در سازند آغاجاری، اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش و همچنین شدت بارش به‌طور جداگانه دارای بیشترین حساسیت و همچنین جهت دامنه به‌طور جداگانه دارای کمترین حساسیت در نفوذپذیری خاک نسبت به باراش های اسیدی می‌باشند. ولی سازند گچساران، در مجموع نسبت به بارش‌های اسیدی تغییر پذیری یکنواختی از خود نشان داد و کمابیش در هر سه غلظت بارش یاد شده، اثرهای مثبتی در جهت دامنه و شدت بارش و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش از خود نشان داد. همچنین با افزایش میزان آغشته شدن خاک به باران‌های اسیدی میزان تخلل خاک افزایش یافت که این امر به سبب این نوع آلودگی بر مواد اصلی تشکیل

* Corresponding Author: *Email Address*: H.saeediyan@areeo.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.2021.37016
http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1400.19.4.9.7

دهنده خاک و شستشوی پیوندهای خاک است. البته جهت دامنه نیز به‌دلیل اینکه در هر دو سازند آغاجاری و گچساران میزان متفاوتی از رس‌ها وجود دارد بنابراین به تأثیرپذیری نفوذ خاک به بارش‌های اسیدی بیشتر دامن می‌زند و همچنین وجود مواد آلی مختلف در جهت‌های اصلی دامنه بویژه در دامنه‌های شمالی و شرقی به مراتب وضعیت پیچیده‌تری را در تغییرات بار الکتریکی ایجاد می‌کند که نیاز به تحقیق‌های بیشتر برای درک کردن این مکانیسم پیچیده را الزامی می‌کند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی با افزایش میزان درجه اسیدی و افزایش مدت زمان نفوذ، ویژگی‌های خاک دچار تغییرات شده که از جمله این تغییرات می‌توان به ویژگی‌های مقاومتی و ظرفیت باربری خاک اشاره کرد که در این میان جهت دامنه نیز به‌دلیل داشتن میزان رس و مواد آلی متفاوت سبب تأثیرپذیری بیشتر بارش اسیدی در میزان نفوذپذیری خاک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جهت دامنه، سازندهای آغاجاری و گچساران، نفوذپذیری خاک، باران اسیدی

مقدمه

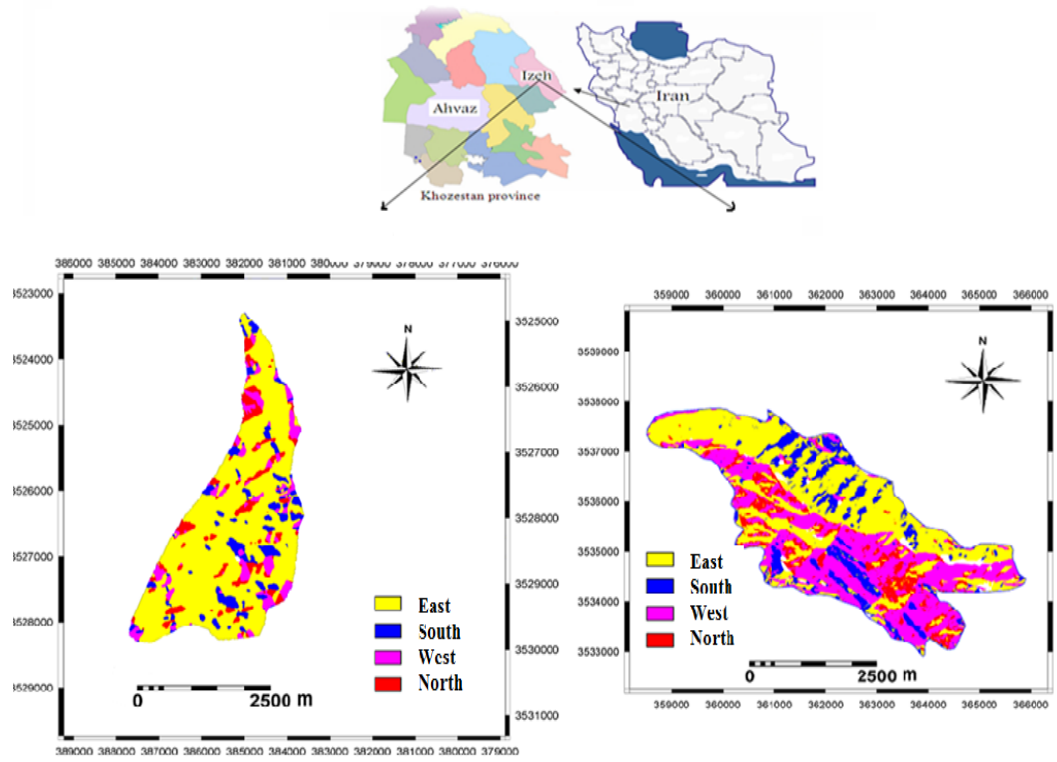
باران اسیدی به‌دلیل توسعه سریع اقتصاد و مصرف انرژی یک مشکل محیط زیستی جهانی محسوب می‌شود. باران اسیدی می‌تواند آب را اسیدی کند و جنگل‌ها را از بین ببرد و زندگی آبزیان را نابود کند و تولید جنگل را کاهش دهد. برخی مطالعات نشان داده‌اند که باران بسیار اسیدی حتی می‌تواند سبب رانش زمین شود (Zhang and Mcsaveney, 2018). آب باران به‌طور طبیعی، مشکل بهداشتی از نظر مواد شیمیایی ندارد مگر اینکه آلودگی بسیار شدید هوا در منطقه وجود داشته باشد (Beiderwieden *et al*., 2005). پیش‌بینی می‌شود که حدود ۵/۵ میلیارد نفر از جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ در منطقه‌های دارای کمبود آب در حد متوسط تا شدید زندگی کنند (Appan, 1999; Chaoliang *et al*., 2004). اگرچه باران از خالص ترین منابع آبی می‌باشد ولی در هنگام بارش دی اکسیدکربن اتمسفری را جذب کرده و موجب پیدایش اسید کربنیک می‌گردد و اسید کربنیک تولید شده اسیدیته آب را به ۵/۶ کاهش می‌دهد. اگر اسیدیته آب به پایین‌تر از ۵/۶ برسد به آن باران اسیدی اطلاق می‌گردد (Gupta, 2009). این طریق اسیدی شدن باران به‌طور طبیعی در طبیعت انجام می‌شود و بسیار مفید می‌باشد. آنچه از باران اسیدی که برای طبیعت مضر است مربوط به فعالیت‌های بشر است که منجر به تولید سولفات‌ها و نیترات‌های مختلف و در نهایت سبب ایجاد اسید سولفوریک و اسید نیتریک در آب باران می‌شود که موجب ایجاد باران اسیدی مصنوعی خطرناکی می‌گردد که حاصل فعالیت‌های اشتباه بشر در طبیعت می‌باشد. از جمله اثرهای محیط زیستی بارش‌های اسیدی می‌توان به تخریب بناها و برخی ابزارهای انسان (Kanazu *et al*., 2001)، تخریب و کاهش جنگل‌ها (Tomlinson, 2003)، اسیدی شدن محیط‌های آبی(Botkin and Keller, 2003) ، تأثیر بر گیاهان زراعی (Pell *et al*., 1987) اشاره نمود. اسید سولفوریک جزء عمده بارش‌های اسیدی است و اسید نیتریک سهمی کوچک‌تر ولی رو به تزاید را در باران‌های اسیدی نشان می‌دهد (Manahan, 1992). بیشتر خاک‌ها تغییرات متفاوتی در شکستگی‌های خاکی، منافذ بزرگ و همچنین منافذ درون خاکدانه نشان می‌دهند که این تغییرات می‌تواند به‌طور معنی‌داری روی حرکت آب در خاک با ایجاد سرعت‌های مختلف در جریان اثر بگذارد (Gerke and Van Genuchten, 1993; Jarvis, 1998). نفوذ پذیری یکی از ویژگی‌های فیزیکی خاک است که اهمیت خاص داشته و در آن عامل‌های مختلفی از قبیل بافت و ساختمان خاک، رطوبت اولیه، مقدار ماده آلی، مقدار مواد

جامد معلق در آب نظیر رس و سیلت، دمای آب و خاک، فشردگی و وجود درزها و ترک‌های خاک مؤثر می‌باشند (Baybourdi, 1983). آگاهی از ویژگی‌های نفوذپذیری خاک از اطلاعات اساسی مورد نیاز برای انجام یک طرح کارآمد است (Machiwa *et al.*, 2006). Rehg *et al.* (2005) به بررسی فرایند کورشدگی حاصل از تجمع رسوب‌های معلق در بستر رودخانه و در نتیجه کاهش نفوذپذیری پرداختند و نقش تغییرات کاربری در حوضه بالادست و افزایش بار معلق رودخانه و اثرهای آن در کاهش تبادل آبی را مورد بررسی قرار دادند. Siriwardene *et al.* (2007) مدلی جهت تبیین میزان کورشدگی سیستم‌های نفوذ رواناب در آبخیزهای شهری ارائه کردند و همچنین، میزان کورشدگی ایجاد شده در فیلترهای به‌کار رفته در این سیستم‌ها را کمّی نمودند. بررسی Bai *et al.* (2013) در منطقه‌های ماندابی ساحلی تبدیل شده به کشت در چین نشان داد که در اثر تغییر کاربری مقدار جرم مخصوص ظاهری و شوری خاک افزایش و در مقابل مقدار ماده آلی و رطوبت خاک کاهش یافت. Zeng Cui *et al.* (2019) به بررسی درک اثر ریشه گیاه و سایر ویژگی‌های خاک بر میزان نفوذ آن و شناسایی عامل اصلی مؤثر بر میزان نفوذ خاک پرداختند. نتایج نشان داد که ریشه‌های خوب می‌تواند به افزایش مواد آلی خاک و تشکیل منافذ خاک و در نتیجه پتانسیل نفوذ بیشتر خاک نسبت به محتوای آب خاک در طول بازسازی پوشش گیاهی کوتاه مدت در منطقه‌های نیمه خشک بیانجامد. این پژوهش براساس اندازه گیری‌های صحرایی نفوذ تحت شرایط شبیه سازی شده باران به‌منظور تعیین میزان نفوذ و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش نسبت به بارش‌های اسیدی روی دو سازند آغاجاری و گچساران انجام گرفت. در هر دو این سازندها صنایع عظیم نفتی وجود دارد که سالانه هزاران تن گوگرد و دی اکسیدکربن وارد هوا می‌کنند و می‌تواند سبب تولید باران اسیدی شود. بنابراین بررسی نقش باران اسیدی در میزان نفوذپذیری خاک در این نواحی ضرورت پیدا می‌کنند. این سازندها از مهمترین سازندهای زمین شناسی زون زاگرس در سنوزوئیک[1] می‌باشند که فرسایش پذیری به‌نسبت بالایی دارند. سازند آغاجاری با حدود ۲۹۶۶ متر بستر از نظر سنگ شناسی دارای تناوب ماسه سنگ‌های آهکی قهوه‌ای تا خاکستری و مارن‌های قرمز رنگ با رگه‌های ژیپس و بالاخره سیلت سنگ‌های قرمز رنگ می‌باشد. این سازند حد فاصل پلیوسن و میوسن را تشکیل می‌دهد. سازند گچساران حدود ۱۶۰۰ متر بستر را داشته و از نظر سنگ شناسی شامل نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ آهک و مقداری شیل می‌باشد. سن گچساران میوسن پایینی می‌باشد(Ahmadi, 1999). درضمن سازند گچساران دارای حساسیت بالایی نسبت به فرسایش و رسوب می‌باشد (Fathizadeh *et al.*, 2016).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه‌های مورد مطالعه، بخشی از حوزه آبخیز مرغا و کوه گچ شهرستان ایذه در استان خوزستان است که به‌ترتیب دارای ۱۶۰۹ و ۱۲۰۲ هکتار مساحت می‌باشند. منطقه مرغا در محدوده طول جغرافیایی ´۳۰ °۴۹ تا ´۳۵ °۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۵۵ °۳۱ تا ´۵۸ °۳۱ شمالی و منطقه کوه گچ دارای مختصات جغرافیایی ″۲۷ ´۴۵ °۴۹ تا ″۹ ´۴۷ °۴۹ شرقی و ″۲۷ ´۵۰ °۳۱ تا ″۳۲ ´۵۳ °۳۱ شمالی می‌باشند.



الف) نقشه جهت منطقه مرغا (سازند آغاجاری) ب) نقشه جهت منطقه کوه گچ (سازند گچساران)

شکل ۱- موقعیت منطقه‌های مورد مطالعه روی نقشه استان و ایران

Fig. 1- Location of the study regions in Khuzestan Province and Iran

روش انجام تحقیق

برای انجام تحقیق از یک دستگاه شبیه ساز باران صحرایی ساخته شده توسط مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور استفاده شد. این شبیه ساز به‌دلیل رسیدن قطره‌های باران به سرعت حد در ارتفاع دو متری نصب شد. این شبیه ساز باران برای تعیین ویژگی‌های فرسایشی خاک، میزان نفوذ آب و همچنین برای تحقیقات خاک مناسب و استفاده از آن به‌منظور تعیین فرسایش پذیری نهشته‌های سطحی در صحرا روشی استاندارد محسوب می‌گردد (Kamphorst, 1987). مساحت پلات-های آزمایشی برابر ۶۲۵ سانتی‌متر مربع و با شیب کمابیش صفر که نماینده جهت‌های اصلی دامنه باشد، انتخاب گردید. برای انجام این تحقیق، میزان فرسایش خاک به روش پلات‌های آزمایشی در چهار جهت اصلی (شمالی، جنوبی، شرقی و غربی) همراه با بارش با آب معمولی (آب مقطر) در دو شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه و آب اسیدی محتوی اسید سولفوریک، اسید نیتریک با pH = ۵ و pH = ۴ در دو شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه اندازه‌گیری شد. پس از آماده نمودن محل آزمایش و نصب و تنظیم باران‌ساز، شیر مخزن را باز نموده و به محض مشاهده ریزش باران از صفحه ریزش، کرنومتر روشن گردید. در مدت زمان ۱۰ دقیقه میزان رواناب خارج شده از پلات با آب معمولی جمع‌آوری و در ظروف شماره‌گذاری شده به‌صورت جداگانه نگهداری شد (Morady and Saidian., 2010). سپس همین کار، برای ایجاد بارش‌های اسیدی به‌منظور تولید رواناب انجام شد. حجم رواناب خروجی از پلات نیز بوسیله ظرف مدرج اندازه‌گیری شد و از بارش‌های ایجاده شده پلات کسر شد تا میزان نفوذپذیری خاک به‌دست آید. بدین ترتیب، نتایج میزان نفوذپذیری در فاصله‌های زمانی مناسب برای هر

آزمایش حاصل گردید. با توجه به هزینه و زمان، حداقل در ۸ سطح (در هر جهت اصلی دو سطح) و هر سطح ۳ بار تکرار برای به‌کارگیری باران‌ساز با آب معمولی (آب مقطر) در سازند آغاجاری مشخص و به همین تعداد نمونه نفوذ برداشته شد. سپس ۸ سطح دیگر با ۳ بار تکرار برای به کارگیری باران ساز با آب اسیدی در غلظت اسیدیته ۴ و سپس ۸ سطح دیگر با ۳ بار تکرار برای به کارگیری باران ساز با آب اسیدی در غلظت اسیدیته ۵ در همین سازند انجام شد. سپس به همین تعداد نمونه نفوذپذیری خاک نیز در سازند گچساران انجام شد. در مجموع ۱۶ نقطه برای غلظت بارش با آب مقطر و ۱۶ نقطه برای بارش با اسیدیته ۵ و ۱۶ نقطه برای بارش با اسیدیته ۴، برای انجام میزان نفوذپذیری خاک در هر دو سازند انجام شد. سپس برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و به‌منظور انجام کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش نسبت به بارش‌های اسیدی در سازندهای آغاجاری و گچساران از نرم افزار SPSS نسخه شماره ۲۰ و EXCEL 2010 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری سازندهای گچساران و آغاجاری نسبت به بارش‌های اسیدی در جدول‌های ۱ تا ۶ نشان داده شده است.

جدول ۱- اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری سازند گچساران در بارش با آب مقطر

Table 1. Interactive effect of slope aspect and precipitation intensity on permeability of Gachsaran formation during distilled water precipitation

متغیر مطالعاتی Study variable	منبع تغییرات Source of variations	مجموع مربعات Sum squares	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F محاسبه‌ای Calculated F	سطح معنی‌داری Significance
میزان نفوذپذیری Permeability	جهت دامنه Slope aspect	24645.08	12322.54	6.39	0.004
	شدت بارش Precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	جهت دامنه و شدت بارش Slope aspect and precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	خطا Error	84788.5	1927.01	-	-

جدول ۲- اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری در سازند گچساران در بارش با اسیدیته ۵

Table 2. Interactive effect of slope aspect and precipitation intensity on permeability of Gachsaran formation during pH=5 precipitation

متغیر مطالعاتی Study variable	منبع تغییرات Source of variations	مجموع مربعات Sum squares	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F محاسبه‌ای Calculated F	سطح معنی‌داری Significant
میزان نفوذپذیری Permeability	جهت دامنه Slope aspect	64187.2	32093.6	7.41	0.002
	شدت بارش Precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	جهت دامنه و شدت بارش Slope aspect and precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	خطا Error	190503.2	4329.61	-	-

جدول ۳- اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری در سازند گچساران در بارش با اسیدیته ۴

Table 3. Interactive effect of slope aspect and precipitation intensity on permeability of Gachsaran formation during pH=4 precipitation

متغیر مطالعاتی Study variable	منبع تغییرات Source of variations	مجموع مربعات Sum squares	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F محاسبه‌ای Calculated F	سطح معنی داری Significant
میزان نفوذپذیری Permeability	جهت دامنه Slope aspect	20527.7	10263.8	2.66	0.081
	شدت بارش Precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	جهت دامنه و شدت بارش Slope aspect and precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	خطا Error	169645.5	3855.58	-	-

جدول ۴- اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری در سازند آغاجاری در بارش با آب مقطر

Table 4. Interactive effect of slope aspect and precipitation intensity on permeability of Aghajari formation during distilled water precipitation

متغیر مطالعاتی Study variable	منبع تغییرات Source of variations	مجموع مربعات Sum squares	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F محاسبه‌ای Calculated F	سطح معنی‌داری Significant
میزان نفوذپذیری Permeability	جهت دامنه Slope aspect	10833.54	5416.7	2.31	0.110
	شدت بارش Precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	جهت دامنه و شدت بارش Slope aspect and precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	خطا Error	102762.2	1335.5	-	-

جدول ۵- اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری در سازند آغاجاری در بارش با اسیدیته ۵

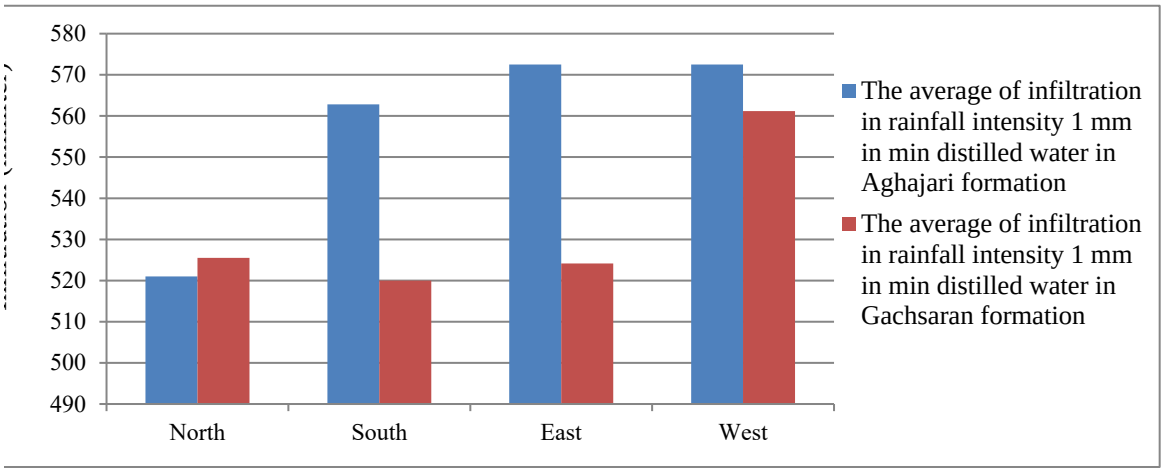
Table 5. Interactive effect of slope aspect and precipitation intensity on permeability of Aghajari formation during pH=5 precipitation

متغیر مطالعاتی Study variable	منبع تغییرات Source of variations	مجموع مربعات Sum squares	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F محاسبه‌ای Calculated F	سطح معنی‌داری Significant
میزان نفوذپذیری Permeability	جهت دامنه Slope aspect	19955	9977.5	2.48	0.095
	شدت بارش Precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	جهت دامنه و شدت بارش Slope aspect and precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	خطا Error	176822.08	4018.68	-	-

جدول ۶- اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش در میزان نفوذپذیری در سازند آغاجاری در بارش با اسیدیته ۴

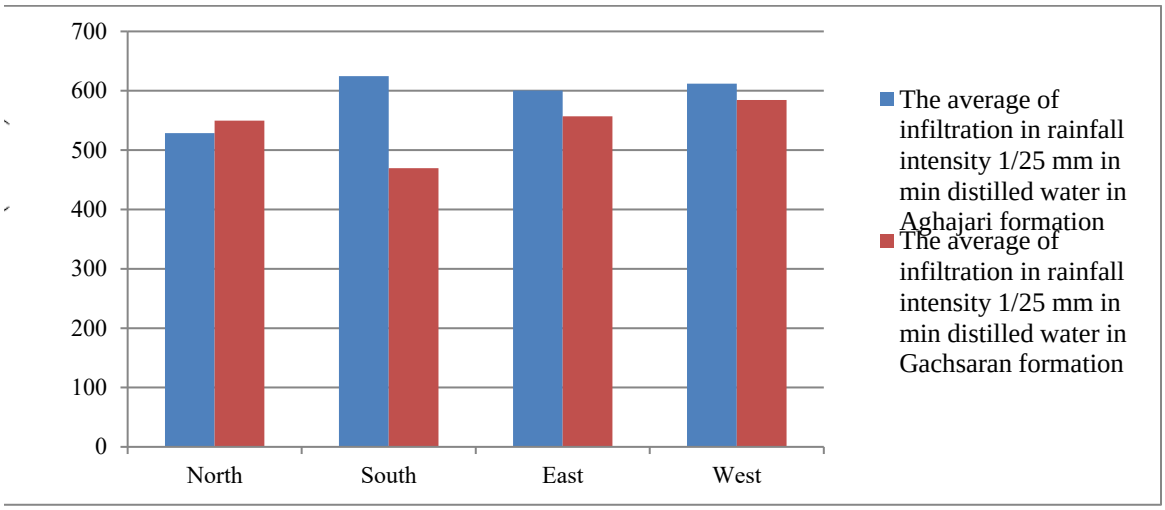
Table 6. Interactive effect of slope aspect and precipitation intensity on permeability of Aghajari formation during pH=4 precipitation

متغیر مطالعاتی Study variable	منبع تغییرات Source of variations	مجموع مربعات Sum squares	میانگین مربعات Mean squares	مقدار F محاسبه‌ای Calculated F	سطح معنی‌داری Significant
میزان نفوذپذیری Permeability	جهت دامنه Slope aspect	28229.7	14114.85	4.44	0.017
	شدت بارش Precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	جهت دامنه و شدت بارش Slope aspect and precipitation intensity	0.000	0	0	0.000
	خطا Error	139629.2	3173.39	-	-



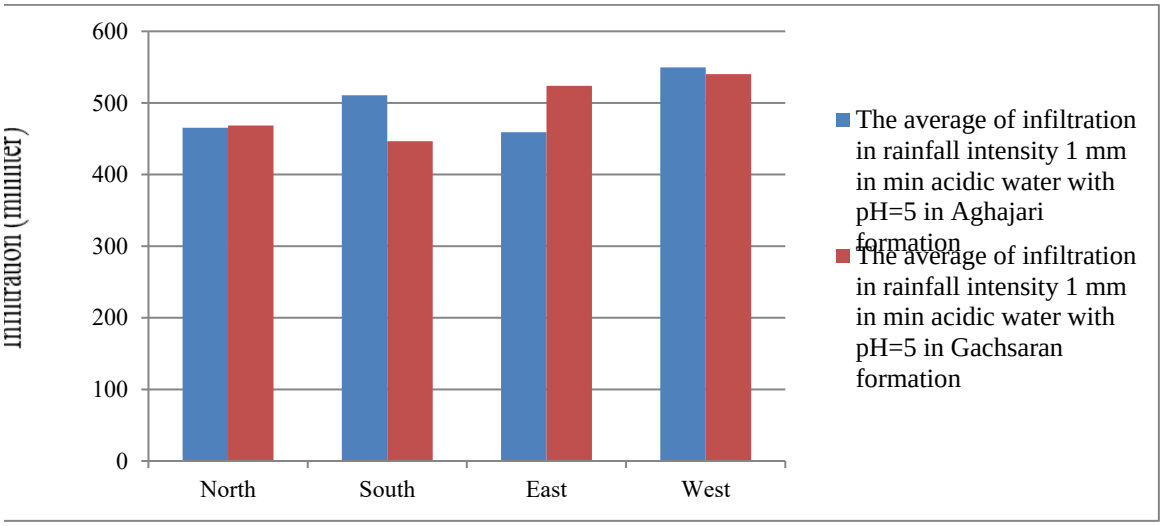
شکل ۲ – متوسط نفوذ در شدت ۱ میلی متر در دقیقه در بارش با آب مقطر

Fig. 2- The average infiltration in 1 mm per minute intensity in precipitation with distilled water



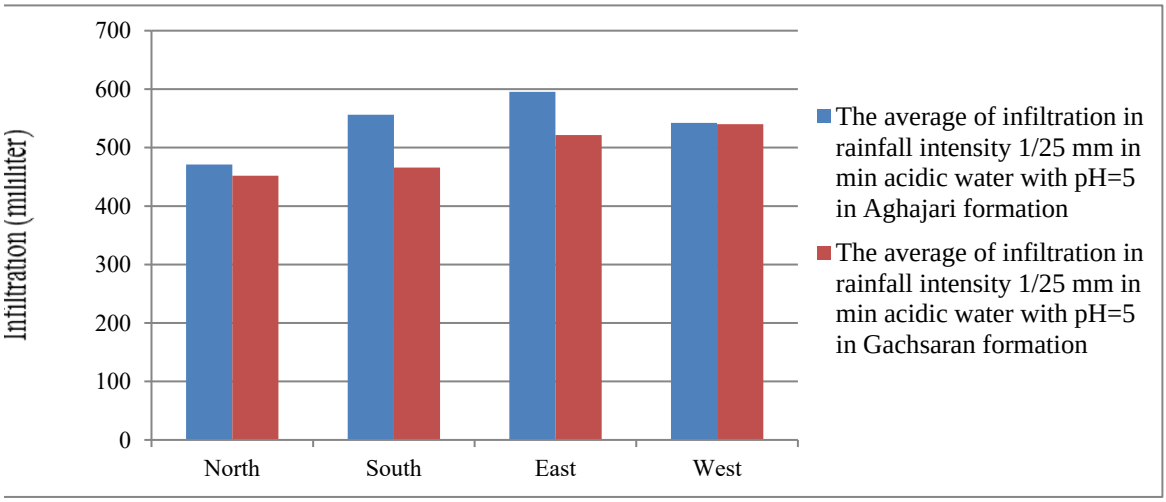
شکل ۳ – متوسط نفوذ در شدت ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه در بارش با آب مقطر

Fig. 3- The average infiltration in 1.25 mm per minute intensity in precipitation with distilled water



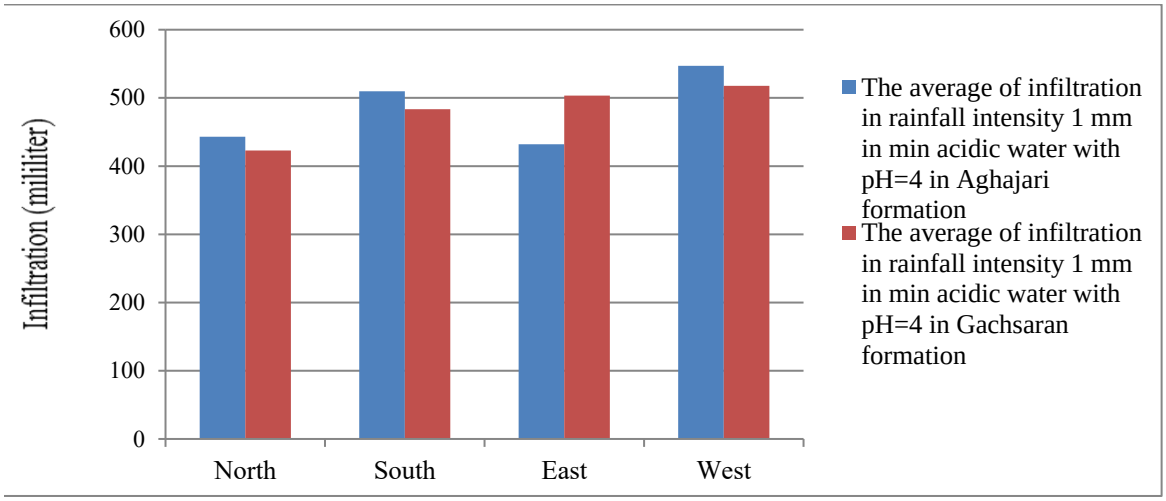
شکل ۴ – متوسط نفوذ در شدت ۱ میلی متر در دقیقه در بارش با اسیدیته ۵

Fig. 4- The average of infiltration in 1 mm per minute intensity in precipitation with pH=5



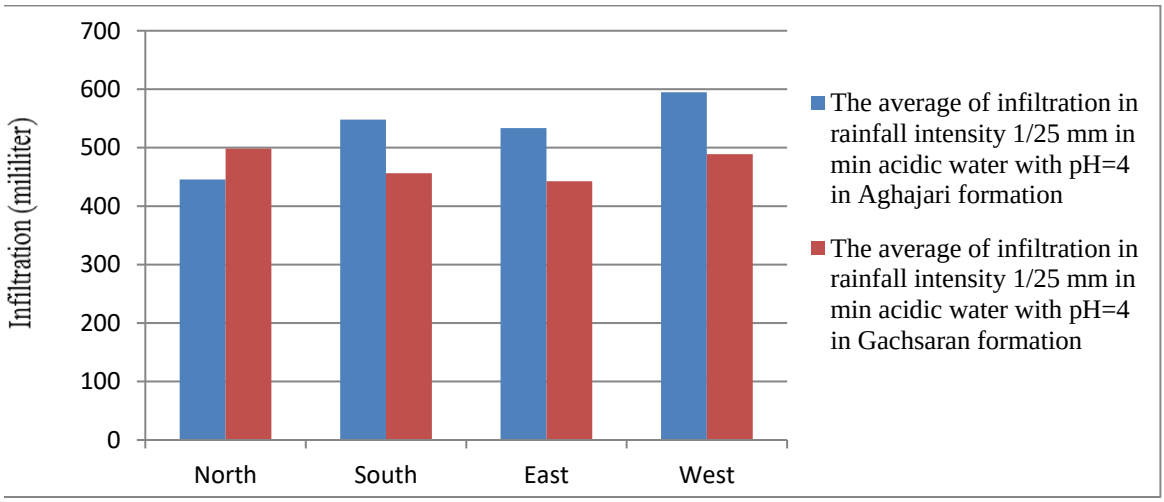
شکل ۵ – متوسط نفوذ در شدت ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه در بارش با اسیدیته ۵

Fig. 5- The average of infiltration in 1.25 mm per minute intensity in precipitation with pH=5



شکل ۶ – متوسط نفوذ در شدت ۱ میلی متر در دقیقه در بارش با اسیدیته ۴

Fig 6. The average of infiltration in 1 mm per minute intensity in precipitation with pH=4



شکل ۷ – متوسط نفوذ در شدت ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه در بارش با اسیدیته ۴

Fig. 7- The average of infiltration in 1.25 mm per minute intensity in precipitation with pH=4

بررسی اثر متقابل جهت‌های دامنه و شدت‌های بارش اسیدی به‌صورت محدود در ایران و دنیا انجام شده است. بنابراین در این تحقیق به فرآیندهای پیچیده‌ای که جهت دامنه و شدت بارش و همچنین کیفیت بارش روی حرکت آب در خاک دارد، پرداخته شده است که به نوبه خود تحقیقی کم نظیر می‌باشد که البته انجام این فرایندها روی سازندهای گچساران و آغاجاری که از فرسایش پذیرترین سازندهای موجود در کشور می‌باشند این تحقیق را به مراتب مهمتر می‌کند. در سازند آغاجاری در بارش با آب مقطر، جهت دامنه دارای اثر معنی‌دار آماری در میزان نفوذپذیری خاک نداشت. ولی شدت بارش و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش دارای اثر معنی‌دار آماری در میزان نفوذپذیری خاک می‌باشند. در سازند آغاجاری در بارش با اسدیته پنج، جهت دامنه دارای اثر معنی دار آماری در میزان نفوذپذیری خاک نداشت. ولی شدت بارش و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش دارای اثر معنی‌دار آماری در میزان نفوذپذیری خاک می‌باشند. در سازند آغاجاری در بارش با اسدیته چهار، جهت دامنه و شدت بارش و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش دارای اثر معنی‌دار آماری در میزان نفوذپذیری خاک می‌باشند. در سازند آغاجاری، جهت دامنه در بارش با آب مقطر و اسیدیته پنج، اثرهای خیلی کمی در میزان نفوذپذیری خاک داشتند. دلیل آن این است که در بحث کیفیت آب بارش و تأثیر آن در خاک، شروع تحول در خاک از اسیدیته پنج به پایین‌تر می‌باشد، یعنی هر چقدر از اسیدیته پنج عبور کرده و بارش به سمت اسیدیته چهار و پایین‌تر پیش برود واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی خاک به کیفیت آب باران بیشتر می‌شود که در این تحقیق در بحث نفوذپذیری خاک اثرهای خود را به خوبی نشان داد. البته وجود رس زیاد در سازند آغاجاری و همچنین ماده آلی کمی که در این سازند و جهت‌های مختلف دامنه بویژه جهت‌های شمالی و شرقی وجود دارد به اثر بخشی بیشتر اسیدیته آب دامن می‌زند (Saeediyan *et al*., 2014). به‌دلیل اینکه رس و ماده آلی در اسیدیته بالاتر یعنی قلیایی‌تر دارای بار منفی می‌باشند و در حدود اسیدیته چهار تا چهار و نیم تا حدودی خنثی شده و از حدود اسیدیته چهار به پایین دارای بار مثبت می‌شوند این تغییرات در بار منفی ماده آلی و رس می‌تواند منجر به تحولات مختلفی در میزان رسوبدهی سازند و حتی رواناب و در نهایت میزان نفوذپذیری خاک شود که در این تحقیق به‌خوبی نشان داده شد و با نتایج تحقیق Lado *et al*. (2004) که ابراز داشتند نفوذپذیری خاک با افزایش میزان رس، کاهش می‌یابد، مطابقت دارد و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش و همچنین شدت بارش دارای بیشترین حساسیت و جهت دامنه دارای کمترین حساسیت در نفوذپذیری خاک نسبت به کیفیت آب باران می‌باشند. در اسیدیته-های پایین، مقدار ماده آلی بار وابسته به اسیدیته را در همه خاک‌ها کنترل می‌کند (Duquette and Hendershat, 1993). در این سازند با افزایش اسیدیته باران باریده شده به چهار، هر سه عامل جهت دامنه و شدت بارش و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش، تأثیر پذیری معنی‌دار آماری نسبت به نفوذپذیری خاک از خود نشان دادند که به وجود رس و ماده آلی و تأثیر پذیری آن‌ها نسبت به بارش‌های اسیدی برمی‌گردد. در سازند گچساران در بارش با آب مقطر، جهت دامنه و شدت بارش و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش دارای اثر معنی دار آماری در میزان نفوذپذیری خاک می‌باشند. در سازند گچساران در بارش با اسدیته پنج، جهت دامنه و شدت بارش و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش نیز دارای اثر معنی‌دار آماری در میزان نفوذپذیری خاک می‌باشند. در سازند گچساران در بارش با اسیدیته چهار، جهت دامنه دارای اثر معنی‌دار آماری در میزان نفوذپذیری خاک نداشت. خاک‌هایی که از نظر نفوذپذیری دارای محدودیت هستند، بخش کمتری از باران را در خود نفوذ داده و در نتیجه رواناب و رسوب بیشتری تولید می‌کنند که با نتایج تحقیق Mandal *et al*. (2007) مطابقت دارد. ولی شدت

بارش و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش نیز دارای اثر معنی‌دار آماری در میزان نفوذپذیری خاک می‌باشند. در سازند گچساران به‌دلیل اینکه دارای میزان رس با دامنه تغییرات ۱۱/۶۷ تا ۳۲/۶۷ درصد در جهت‌های اصلی دامنه و همچنین میزان ماده آلی خیلی کم با دامنه تغییرات ۰/۵۹ تا ۱/۰۱ درصد در جهت‌های اصلی دامنه می‌باشد، بنابراین سازند گچساران در مجموع نسبت به بارش‌های اسیدی تغییر پذیری مناسبی از خود نشان داد و کمابیش در هر سه غلظت بارش یاده شده اثرات مثبتی نسبت به جهت دامنه و شدت بارش و اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش از خود نشان داد ولی در مجموع روال طبیعی داشت و تغییرات محسوسی از خود نشان نداد که به همان اثرات میزان رس و ماده آلی و تغییراتی که در بار منفی آن‌ها در اسیدیته‌های مختلف ایجاد می‌شود بر می‌گردد که با نتایج تحقیق Zeng Cui *et al.* (2019) که نشان دادند با افزایش مواد آلی خاک و تشکیل منافذ خاک، پتانسیل نفوذ خاک بیشتر می‌شود مطابقت دارد و همچنین با نتایج Pidwirny (2006) که معتقد است ماده آلی سبب افزایش نفوذپذیری می‌شود نیز هم‌خوانی دارد. این تحقیق می‌تواند پلی باشد تا تحقیق‌های بیشتری روی تغییرات بار منفی رس‌ها و ماده آلی در خاک‌های مختلف صورت گیرد و دقیق‌تر مشخص شود که چه اندازه این تغییرات می‌تواند در میزان تولید رسوب و رواناب و در نهایت میزان نفوذپذیری خاک تأثیر داشته باشد. به‌طور کلی با افزایش میزان درجه اسیدی و افزایش مدت زمان نفوذ، ویژگی‌های خاک دچار تغییرات شده که از جمله این تغییرات می‌توان به ویژگی‌های مقاومتی و ظرفیت باربری خاک اشاره کرد. همچنین با افزایش میزان آغشته شدن خاک به باران‌های اسیدی میزان تخلل خاک افزایش یافت که این امر به سبب این نوع آلودگی بر مواد اصلی تشکیل دهنده خاک و شستشوی پیوندهای خاک است. البته جهت دامنه نیز به‌دلیل اینکه در هر دو سازند آغاجاری و گچساران دارای میزان متفاوتی از رس‌ها به‌دلیل فرسایش و میزان شستشویی متفاوتی که از ابتدای دامنه تا پایین آن بویژه در سازند آغاجاری ایجاد می‌شود (Morady and saidian, 2010) . به تأثیرپذیری نفوذ خاک به بارش‌های اسیدی بیشتر دامن می‌زند و همچنین وجود مواد آلی مختلف در جهت‌های اصلی دامنه بویژه در دامنه‌های شمالی و شرقی به مراتب وضعیت پیچیده‌تری را در تغییرات بار الکتریکی ایجاد می‌کند که نیاز به تحقیق‌های بیشتر برای درک کردن این مکانیسم پیچیده را الزامی می‌کند.

نتیجه‌گیری

در سازند آغاجاری، اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش و همچنین شدت بارش به طور جداگانه دارای بیشترین حساسیت و همچنین جهت دامنه نیز دارای کمترین حساسیت در نفوذپذیری خاک نسبت به باراش های اسیدی می‌باشند. ولی سازند گچساران، در مجموع نسبت به بارش‌های اسیدی تغییر پذیری یکنواختی از خود نشان داد و کمابیش در هر سه غلظت بارش یاد شده، اثرات مثبتی در جهت دامنه و شدت بارش هر کدام جداگانه و همچنین اثر متقابل جهت دامنه و شدت بارش از خود نشان داد. به‌طور کلی با افزایش میزان درجه اسیدی و افزایش مدت زمان نفوذ، ویژگی‌های خاک دچار تغییرات شده که از جمله این تغییرات می‌توان به ویژگی‌های مقاومتی و ظرفیت باربری خاک اشاره کرد که در این میان جهت دامنه نیز به‌دلیل داشتن میزان رس و مواد آلی متفاوت موجب تأثیرپذیری بیشتر بارش اسیدی در میزان نفوذپذیری خاک می‌شود و به مراتب وضعیت پیچیده‌تری را در تغییرات بار الکتریکی ماده آلی و رس ایجاد می‌کند که پژوهش‌های جامع‌تر و جزئی‌تر برای درک کردن رفتارهای پیچیده تغییرات بار الکتریکی ماده آلی و رس نسبت به بارش‌های اسیدی را ضروری می‌کند.

پی‌نوشت‌ها

[1] Cenozoic

منابع

Ahmadi, H., 1999. Applied Geomorphology, Tehran University Press, Tehran, Iran.

Appan A., 1999. A dual-mode system for roof water for non-potable uses. Affordabble Roofwater Harvesting in the humid Tropics. In Proceedings of the *9th* Intranational Rainwater Catchment Systems Association Conference, 6th-9th July, Petrolina, Brazil. pp. 317-321.

Bai J., Xiao R., Zhang K., Gao H., Cui B. and Liu X., 2013. Soil organic carbon as affected by land use in young and old reclaimed regions of a coastal estuary wetland. China. Soil Use and Management. 29(1), 57-64.

Baybourdi, M., 1983. Principles of Irrigation Engineering. Tehran University Press, Tehran, Iran.

Beiderwieden, E., Wrzesinsky, T. and Klemm, O., 2005. Chemical characterization of fog and rainwater collected at the eastern Andes cordillera. Hydrology and Earth System Sciences Discussions. 863-885.

Botkin, D.B. and Keller, A., 2003. Environmental Science. 4th Ed. John Wiley and Sons. USA.

Chaoliang, K., Liang, C. and Ming, W., 2004. Feasibility of Collecting Rainwater at NTU. Nayang Technological. 4, 12-13.

Duquette, M. and Hendershat., W., 1993. Soil surface charge evaluation by back-titration I. Theory and method development. Soil Science Society of America Journal. 57, 1222-1228.

Fathizadeh, H, Karimi, H. and Tavakoli, M., 2016. The Role of Sensitivity to Erosion of Geological Formations in Erosion and Sediment Yield (Case study: Sub-Basins of Doiraj river in ilam province). Journal of Watershed Management. 7, 13. (In Persian with English Abstract).

Gerke, H.H. and Van Genuchten, M.Th., 1993. A dual-porosity model for simulating the preferential movement of water and solutes in structured porous media. Water Resource Research. 29 (2), 305-319.

Gupta, P. K., 2009. Laboratory Analysis Methods in Environmental Studies. Islamic Azad University Press, Tehran, Iran.

Jarvis, N.J., 1998. Modeling the Impact of Preferential Flow on Non-point Source Pollution. Ann Arbor Press, Chelsea, Mich.

Kamphorst, A., 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. Netherland's journal of Agricultural Science. 35, 407-415.

Kanazu, T., Matsumura, T., Nishiuchi, T. and Yamamoto, T., 2001. Effect of simulated acid rain on deterioration of concrete. Water, Air and Soil Pollution. 130, 1481-1486.

Machiwa, D., Mandan, K. and Mal, B.C., 2006. Modeling infiltration and quantifying spatial soil variability in a watershed of kharagpur. India Biosystems Engineering. 95, 4, 569 – 582.

Manahan, A., 1992. Environmental Chemistry. Scientific Publication of Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Mandal, U.K., Bhardwaj, A.K., Warrington, D.N., Goldstein, D., Bartal, A. and Levy, G.J., 2007. Changes in soil hydraulic conductivity, runoff, and soil loss due to irrigation with different types of saline-sodic water. Geoderma. 144, 509-516.

Morady, H.R. and Saidian, H., 2010. Comparing the most important factors in the erosion and sediment production in different land uses. Journal of Environmental Science and Engineering. 11, 1-11.

Pell, E. J., Arny C.I. and Pearson, N.S., 1987. Impact of simulated acid precipitation on quantity and quality of a field grown potato crop. *Environmental* and Experimental *Botany*. 27, 6-14.

Pidwirny, M., 2006. Infiltration and soil water storage, Fundamentals of physical geography. Cengage Learning Press, Canada.

Rehg, K.R., Packman, A.I. and Ren, J., 2005. Effect of suspended sediment transport on streambed clogging. Hydrological Processes. 19, 413-427.

Saeediyan, H., Moradi, H.R., Feiznia, S. and Bahramifar, N., 2014. The role of main slope aspects on some soil physical and chemical properties (case study: Gachsaran and Aghajari formations of Kuhe Gagh and Margha watersheds of Izeh township). Journal of Watershed Management. 5, 9. (In Persian with English abstract).

Siriwardene, N.R., Deletic, T.D. and Fletcher, T.D., 2007. Clogging of stormwater gravel infiltration system and filters: insight from a laboratory study. Water Research. 41, 1433-1440.

Tomlinson, G.H., 2003. Acidic deposition, nutrient leaching and forest growth. Biogeochemistry. 65, 51-81.

Zhang, M. and Mcsaveney, M.J., 2018. Is air pollution causing landslides in China?. Earth and Planetary Science Letters. 481, 284-289.

Zeng, Cui., Gao-Lin, Wu., Huang, Ze. and Liu, Yu., 2019. Fine roots determine soil infiltration potential than soil water content in semi-arid grassland soils. Journal of Hydrology. 578, 124023.

Environmental Sciences Vol.19 / No.4 / Winter 2022

131-144

Original Article

Interactive effect of slope aspect and rainfall intensity on soil permeability compared to acidic rainfalls

Hamzeh Saeediyan[1*] and Hamid Reza Moradi[2]

[1] Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran

[2] Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resource, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received: 2020.12.02 Accepted: 2021.08.30

Saeediyan, H. and Moradi, H.R., 2022. Interactive effect of slope aspect and rainfall intensity on soil permeability compared to acidic rainfalls. Environmental Sciences. 19(4): 131-144

Introduction: The amount of soil permeability depends on the size of the holes, concentration of liquid, and surface tensile force. In fact, factors affecting the initial porosity are also effective in permeability. The results of different research show that soil permeability has been prioritized in different researches. In Iran, various research has been conducted on soil physical and chemical properties and their relationship with permeability. This study was conducted based on infiltration field measurements under simulated rainfall conditions in order to determine the penetration rate and interaction effect between slope aspect and intensity of precipitation relative to acidic precipitation on Aghajari and Gachsaran formations.

Material and methods: In this study, in order to determine the interactive effect between slope aspect and rainfall intensity in soil permeability compared to acidic precipitation in the deposits of Gachsaran and Aghajari formations due to the existence of petroleum pollutants and air pollution, a part of Gypsum and Margha watersheds of Izeh city with an area of 1202 and 1609 hectares, respectively, were selected. Then, soil permeability was sampled at 16 points with three replicates in rangeland land use in the northern, southern, eastern, and western aspects of Gachsaran and Aghajari formations at different rainfall intensities of 1 and 1.25 mm/min and in precipitation of distilled water, as well as the acidity of 4 and 5 were performed using Kamphorst rain simulator.

Results and discussion: The results showed that in Aghajari formation, the interaction effect of slope aspect and rain intensity, as well as rainfall intensity had the highest sensitivity and slope aspect had the lowest

[*] Corresponding Author: *Email Address*: H.saeediyan@areeo.ac.ir

sensitivity to soil permeability compared to acid rains. However, the Gachsaran formation showed uniformity changes compared to acidic precipitation and showed positive effects on slope aspect and rain intensity and interactive effect of slope aspect and rain intensity in almost all three concentrations. In addition, by increasing the amount of soil permeated with acid rains, the amount of soil porosity increased, this case was due to this type of contamination on the main ingredients of soil and washing soil bonds. Of course, slope aspect different amounts of clays in both Aghajari and Gachsaran formations, is more influenced by soil permeability than acidic precipitations. The existence of different organic matter in the main aspects of the slopes, especially in the northern and eastern slope aspects, creates a more complex situation in electrical charge changes, which necessitates further research to understand this complex mechanism.

Conclusion: In general, by increasing the acidic degree and increasing the penetration time, soil properties were changed, including the resistance characteristics and bearing capacity of the soil, which in turn, due to the amount of clay and different organic matter, caused more influence of acidic precipitation on soil permeability.

Keywords: Slope aspect, Aghajari and Gachsaran formation, Soil infiltration, Acidic rain.