

اثر باران اسیدی در فرسایش پذیری جهت‌های اصلی دامنه سازند گچساران (مطالعه موردی: بخشی از حوزه آبخیز کوه گچ شهرستان ایذه)

- ❖ حمزه سعیدیان*؛ استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
- ❖ حمیدرضا مرادی؛ استاد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور، ایران.
- ❖ سادات فیض نیا؛ استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ نادر بهرامی فر؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور، ایران.

چکیده

بارش اسیدی یکی از عوارض زندگی صنعتی است که از نظر جغرافیایی در سال‌های اخیر گسترش وسیعی پیدا کرده و مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. این بارش‌ها اثرات قابل توجهی بر اکوسیستم‌های مختلف کره زمین دارند. در این تحقیق به منظور بررسی حساسیت به رواناب و تولید رسوب نهشته‌های سازند گچساران به بارش اسیدی و تغییر غلظت آن، بخشی از حوزه آبخیز کوه گچ در شهرستان ایذه با مساحت ۱۲۰۲ هکتار انتخاب گردید. این تحقیق به منظور تعیین رواناب و رسوب تولیدی در ۸ نقطه و با ۳ بار تکرار در سازند گچساران در شدت‌های مختلف ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه و در غلظت‌های آب مقطر و اسیدیته ۴ و ۵ در چهار جهت شمالی، جنوبی، شرقی و غربی به کمک دستگاه باران ساز کامفورست انجام شد. به منظور انجام و تحلیل‌های آماری از نرم افزارهای SPSS و EXCEL استفاده گردید. بیشترین میزان رواناب و رسوب در سازند گچساران در شدت‌های ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه مربوط به بارش با اسیدیته ۴ می‌باشد. بارش با اسیدیته ۵ نیز رواناب و رسوب بیشتری نسبت به بارش با آب مقطر نشان داد. نفوذ پذیری نیز در غلظت‌های مختلف بارش اختلاف معنی داری را نشان داد. بیشترین حساسیت به فرسایش و تولید رسوب به بارش اسیدی را نیز دامنه‌های شرقی از خود نشان دادند.

کلید واژگان: باران اسیدی، باران ساز کامفورست، سازند گچساران، فرسایش خاک

۱. مقدمه

هر چند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته است اما در سال‌های اخیر با افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی شدت یافته است [۲۱]. تحلیل و پویایی فرسایش خاک و رواناب به ارزیابی و تعیین روش‌هایی برای کنترل فرسایش کمک می‌کند [۲۵]. روبرت آنگوس اسمیت در سال ۱۸۷۲ برای نخستین بار اصطلاح باران اسیدی را برای تشریح و توصیف طبیعت اسیدی باران‌های باریده شده در شهر منچستر به کار برد. به طور کلی منظور از باران اسیدی، بارانی است که pH آن از ۵/۶ یعنی pH باران طبیعی کمتر باشد [۱۴]. اگرچه باران از خالص‌ترین منابع آبی می‌باشد ولی در هنگام بارش دی‌اکسید کربن اتمسفری را جذب کرده و موجب پیدایش اسید کربنیک می‌گردد و اسید کربنیک تولید شده اسیددیده آب را به ۵/۶ کاهش می‌دهد. اگر اسیددیده آب به پایین تر از ۵/۶ برسد به آن باران اسیدی اطلاق می‌گردد [۶]. از جمله مهمترین ذرات ریز معلق آلاینده سولفات‌ها و نترات‌ها می‌باشند. این‌ها اغلب آلاینده‌های ثانویه هستند که در هوا سپهر و از واکنش مواد طبیعی تشکیل دهنده هوا سپهر و دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای ازت به وجود می‌آیند. این واکنش‌ها به خصوص از نظر تولید اسید سولفوریک و اسید نیتریک در هوا سپهر اهمیت دارند [۳]. اسید سولفوریک جزء عمده بارش‌های اسیدی است و اسید نیتریک سهمی کوچک‌تر ولی رو به تزاید را در باران‌های اسیدی نشان می‌دهد [۱۳]. از جمله اثرات زیست محیطی بارش‌های اسیدی می‌توان به تخریب بناها و برخی ابزارهای انسان [۱۱]، تخریب و کاهش جنگل‌ها [۳۱]، اسیدی شدن محیط‌های آبی [۳]، تاثیر بر گیاهان زراعی [۱۹] اشاره نمود. یکی از تاثیرات مهم باران اسیدی اثر آن بر خاک می‌باشد که از این طریق می‌تواند بر محیط‌های دیگری مثل آب‌های سطحی و زیر زمینی، گیاهان و جانوران تاثیر بگذارند. آزمایش‌های صحرائی مرتبط با فرسایش، حاصل خیزی و رواناب وابسته به وقوع باران‌های طبیعی هستند. باران‌ها به‌خصوص در پایه زمانی

کوتاه مدت غیر قابل پیش‌بینی بوده و غالباً در یک دوره کوتاه اتفاق می‌افتند. باران‌سازها ابزاری ضروری برای بررسی فرآیندهای هیدرولوژیکی [۳۴] و واکنش‌های فرسایش محیط طبیعی هستند و بیش‌ترین کنترل را بر زمان، مکان و چگونگی برداشت داده ممکن می‌سازند. باران‌ساز ابزاری کنترل شده، قابل پیش‌بینی و معتبر است که با آن امکان تکرار باران‌های متعدّد در مدت زمانی کوتاه وجود دارد [۲۳]. در زمینه فرسایش‌پذیری و رسوب زایی نهشته‌ها با استفاده از باران‌ساز، تحقیقات Rienks و همکاران (۱۹۹۹) و Duiker و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد که درصد ماسه خیلی ریز، ماسه ریز، بافت خاک و نسبت سدیم تبادلی مهمترین پارامترهای خاک در فرسایش‌پذیری می‌باشند [۲۴ و ۴]. همچنین در مطالعه‌ای Haregewegn و همکاران (۲۰۰۳) نشان داده شد که تغییرپذیری رسوب‌زایی را به‌طور عمده وابسته به تفاوت در لیتولوژی، پوشش زمین و فعالیت‌های انسانی می‌دانند [۸]. در مطالعه‌ای دیگر ShekAbadi و همکاران (۲۰۰۳) بافت خاک را مهمترین پارامتر در ایجاد رواناب و رسوب در حوزه آبخیز گل‌آباد دانستند [۲۹]. در مطالعه‌ای دیگر Feiznia و Zareh Khoshaghbal (۲۰۰۳) به این نتیجه رسیدند که میزان فرسایش، بیشترین همبستگی را با عامل حساسیت سازند زمین شناسی به فرسایش‌پذیری در حوزه آبخیز لتیان دارد [۵]. در مطالعه‌ای دیگر Persyn و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده شد که در بررسی اثرات محیطی کاربرد کودهای حاصل از مواد آلی (کمپوست) در خاکریزهای بزرگراه‌ها و نواحی جنگلی فاکتورهای فرسایش‌پذیری را محاسبه کردند [۲۰]. در مطالعه‌ای دیگر Kinnell (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که مدل رگرسیونی چند متغیره، و استفاده از باران‌ساز با قطرات تولیدی در حد متوسط، ابزار ارزشمندی برای پیش‌بینی رسوب‌زایی حوضه می‌باشد [۱۲]. در مطالعات Arnaez و همکاران (۲۰۰۷) و Jordan و Martinez-Zavala (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدند که باران‌ساز در مقیاس پلات برای تخمین هدر رفت خاک در مقیاس حوزه آبخیز، مناسب

داشته و از نظر سنگ شناسی مشتمل بر نمک، انیدریت، مارن‌های رنگارنگ آهک و مقداری شیل می‌باشد. سن گچساران میوسن پایینی می‌باشد [۱۱]. به علت اینکه در سازند گچساران صنایع عظیم نفتی وجود دارد و سالانه میلیون‌ها تن مواد گوگردی و آلاینده‌های دیگر وارد جو می‌شود بنابراین نیاز مبرم است که تحقیقات گسترده‌ای بر روی باران اسیدی در این مناطق انجام شود. در این تحقیق سعی بر آن است تا حساسیت نهشته‌های سازند گچساران به فرسایش سطحی نسبت به باران اسیدی بر پایه مطالعات صحرایی، آزمایشگاهی و آمار رسوب ناشی از شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گیرد.

۲. روش شناسی

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بخشی از حوزه آبخیز کوه گچ شهرستان ایذه در استان خوزستان است که دارای ۱۲۰۲ هکتار مساحت می‌باشد و منطقه کوه گچ دارای مختصات جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۴۷ دقیقه و ۹ ثانیه شرقی و ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه و ۳۲ ثانیه شمالی می‌باشند.

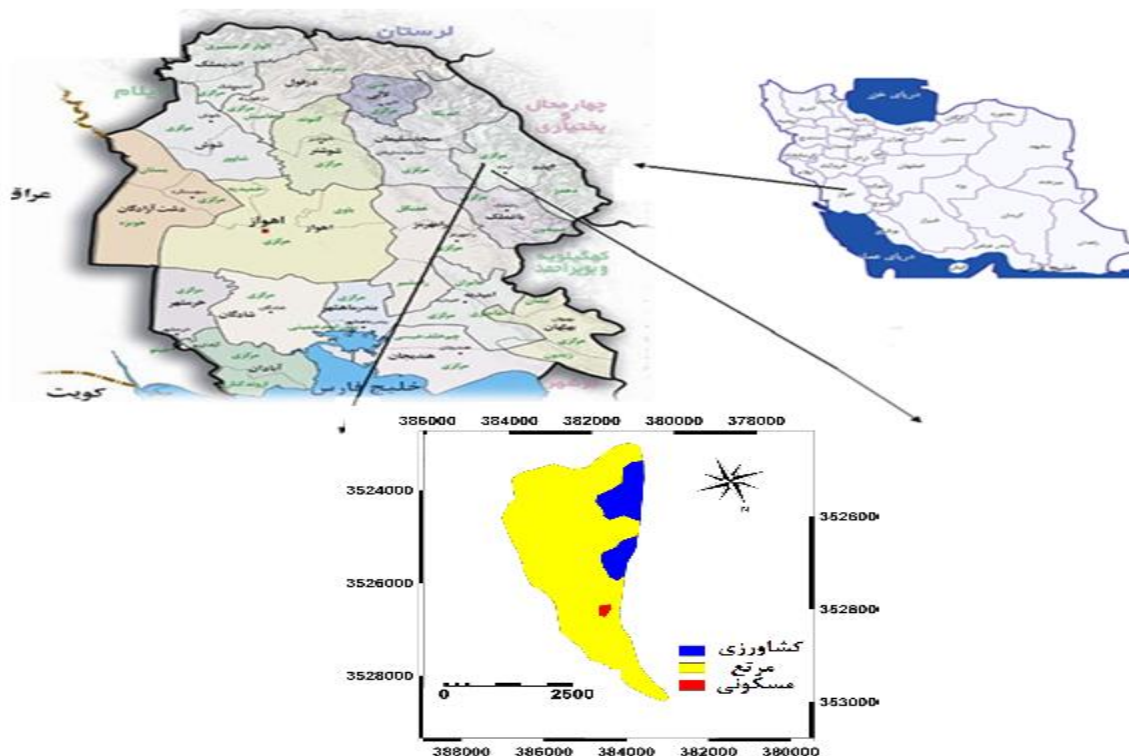
۲.۲. روش تحقیق

برای انجام این تحقیق، نقشه‌های مورد نیاز، نظیر نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین شناسی از سازمان زمین شناسی کشور، جهت دامن، شیب و داده‌های بارش از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. 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 $\text{pH} = 5$ و $\text{pH} = 4$ در دو

است و میزان آسیب‌پذیری خاک‌ها را نشان می‌دهد [۲] و [۹]. در مطالعه‌ای دیگر Hang و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه گرفتند که فرسایش پذیری، با درشتی یا سبکی بافت خاک نسبت معکوس دارد. آنها دریافتند که بیشترین مقدار فرسایش پذیری، مربوط به بافت رس سیلتی و کمترین آن مربوط به خاک سنگریزه دار است [۷]. در مطالعه‌ای دیگر Shabani و همکاران (۲۰۱۴) به این نتیجه رسیدند که بین عامل فرسایش پذیری خاک و درصد شن، شن خیلی ریز، ماده آلی و آهک همبستگی معنی دار وجود دارد. آنها همچنین بیان کردند که گنجاندن درصد کربنات‌ها و شیب در معادله برآورد عامل فرسایش پذیری خاک، باعث بهبود تخمین آن می‌شود [۲۸]. از آنجا که عمده خاک‌های اکثر مناطق جهان قلیایی می‌باشد با بارش باران‌های اسیدی بر روی زمین اسید موجود در آب کمی خنثی گشته و به این ترتیب از قدرت تخریب اسیدی آن کمی کاسته خواهد شد اما در مناطقی که خاک قلیایی می‌شود و یا ضخامت لایه قلیایی خاک کم است، در نتیجه بارش باران اسیدی باعث تجزیه شدن مواد موجود در خاک و در نتیجه آن کاهش خاصیت خاک و سست شدن ذرات خاک و در نهایت باعث فرسایش خاک می‌شود. این پژوهش بر اساس اندازه‌گیری‌های صحرایی تحت شرایط شبیه‌سازی شده بارش اسیدی به منظور تعیین رواناب و رسوب بر روی سازند گچساران انجام گرفت. این سازند از مهمترین سازندهای زمین شناسی زون زاگرس در سنوزوئیک می‌باشند که فرسایش پذیری نسبتاً بالایی دارند. نام این سازند از میدان نفتی گچساران انتخاب شده است که سازند مزبور به خوبی در آن گسترش دارد. برای سازند گچساران یک برش نمونه کامل در سطح زمین وجود ندارد و این به علت داشتن خواص پلاستیکی ناشی از وجود لایه‌های ضخیم نمک و لایه‌های مارنی که موجب دگر شکلی لایه‌ها و بهم ریختگی در سطح زمین و یا نزدیکی سطح زمین می‌شود. سازند گچساران حدود ۱۶۰۰ متر بستر را

ساخته شده توسط مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور استفاده شد.

شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه اندازه‌گیری شد. برای انجام تحقیق از یک دستگاه شبیه ساز باران صحرایی



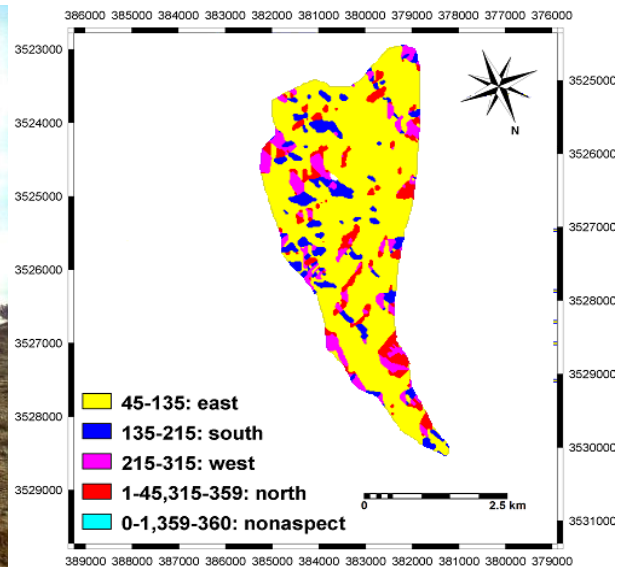
شکل ۱. منطقه مورد مطالعه در استان و ایران

شماره‌گذاری شده به صورت جداگانه نگهداری شد [۱۷]. سپس همین کار، برای ایجاد بارش‌های اسیدی به منظور تولید رواناب و رسوب انجام شد. پس از اتمام آزمایش، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و رسوب موجود در نمونه جدا و پس از خشک نمودن در آون تحت حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد توزین شد. همچنین حجم رواناب خروجی از پلات نیز به وسیله ظرف مدرج اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب، نتایج میزان رسوب و رواناب در فواصل زمانی مناسب برای هر آزمایش حاصل گردید [۲۲]. علاوه بر میزان رواناب و رسوب، میزان نفوذ و شروع رواناب نیز به دست آورده شد. با توجه به هزینه و زمان، حداقل در ۸ سطح (در هر جهت اصلی دو سطح) و هر سطح ۳ بار تکرار برای به کارگیری باران‌ساز با آب معمولی (آب مقطر)

این شبیه ساز به علت رسیدن قطرات باران به سرعت حد در ارتفاع دو متری نصب شد. این شبیه ساز باران برای تعیین خصوصیات فرسایشی خاک، میزان نفوذ آب و همچنین برای تحقیقات خاک مناسب و استفاده از آن به منظور تعیین فرسایش پذیری نهشته‌های سطحی در صحرا روشی استاندارد محسوب می‌گردد [۱۰]. مساحت پلات‌های آزمایشی برابر ۶۲۵ سانتی‌متر مربع و با شیب تقریباً صفر که نماینده جهت‌های اصلی دامنه باشد انتخاب گردید. 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 و رسوب خارج شده از پلات با آب معمولی جمع‌آوری و در ظروف

از نرم افزار SPSS 17 و EXCEL 2007 استفاده گردید. در نهایت میزان تغییرات نفوذ پذیری خاک و شروع رواناب نیز در هر جهت دامنه و در دو شدت مذکور با غلظت های مختلف اسیدیته به دست آورده شد. و همچنین برای مقایسه متغیرها در هر جهت دامنه سازند گچساران در صورت نرمال بودن از t جفتی و در صورت عدم نرمال بودن از آزمون ویلکاکسون استفاده شد.

در سازند گچساران مشخص و به همین تعداد نمونه رسوب 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 برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و به منظور انجام کلیه تجزیه و تحلیل های آماری



شکل ۲. نقشه جهت و محل نصب شبیه ساز باران در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. مشخصات شبیه ساز باران کامفورست مورد استفاده

مشخصات شبیه ساز باران	مشخصات شبیه ساز باران
۱۰ دقیقه	مدت زمان بارش
۱ و ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه	شدت بارش
۲/۹ لیتر	حجم آب مصرفی
۵/۹ میلی متر	قطر قطرات
۰/۱۰۶ گرم	جرم قطرات
۴۹ عدد	تعداد لوله های موئینه
۲۸/۱۹ ژول بر متر مربع در میلی متر	انرژی جنبشی
۹/۲ متر در ثانیه	سرعت حد
۰/۰۶۲۵ متر مربع	مساحت پلات

۳. نتایج

افزایش روزافزون جمعیت جهان موجب شده است که بهره‌برداری و مدیریت پایدار از منابع آب و خاک برای تأمین نیازها مورد توجه قرار گیرد. بنابراین از پیش‌نیازهای اصلی مدیریت منابع آب و خاک، بررسی فرسایش خاک و راه‌کارهای کنترل آن می‌باشد. همچنین بایستی توجه

داشت که باران اسیدی نیز یکی از عواملی است که می‌تواند باعث فرسایش شده و اثرات مخربی بر خاک و همچنین محیط‌زیست داشته باشد. در این تحقیق در هر یک از جهت‌های اصلی دامنه آزمایش‌های شبیه‌سازی باران انجام گرفت تا رواناب و رسوب تولیدی تحت تاثیر باران اسیدی تعیین شود که نتایج آن در جدول‌های ۲ تا ۵ نشان داده شده است.

جدول ۲. مقایسه سطح معنی‌داری پارامترهای موثر در فرسایش در شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در غلظت‌های مختلف بارش در دامنه‌های شمالی سازند گچساران

شدت بارش	غلظت بارش	رسوب	رواناب	شروع رواناب	نفوذ
A	آب مقطر - اسیدپته ۵	۰/۰۰۲ **	۰/۰۴۸ *	۰/۰۴۶ *	۰/۰۴۸ *
A	آب مقطر - اسیدپته ۴	۰/۰۱۶ *	۰/۰۰۳ **	۰/۰۲۸ *	۰/۰۰۳ **
A	اسیدپته ۴ - اسیدپته ۵	۰/۲۱۰	۰/۲۱۳	۰/۱۷۳	۰/۲۱۳
B	آب مقطر - اسیدپته ۵	۰/۰۴۷ *	۰/۰۰۱ **	۰/۷۹۹	۰/۰۰۱ **
B	آب مقطر - اسیدپته ۴	۰/۰۰۹ **	۰/۰۰۲ **	۰/۰۴۶ *	۰/۰۰۲ **
B	اسیدپته ۴ - اسیدپته ۵	۰/۰۰۰ **	۰/۰۲۷ *	۰/۲۲۴	۰/۰۲۷ *

A: شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه B: شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه * سطح معنی‌داری ۵ درصد ** سطح معنی‌داری ۱ درصد

جدول ۳. مقایسه سطح معنی‌داری پارامترهای موثر در فرسایش در شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در غلظت‌های مختلف بارش در دامنه‌های جنوبی سازند گچساران

شدت بارش	غلظت بارش	رسوب	رواناب	شروع رواناب	نفوذ
A	آب مقطر - اسیدپته ۵	۰/۳۴۵	۰/۰۳۵ *	۰/۰۵۸	۰/۰۳۵ *
A	آب مقطر - اسیدپته ۴	۰/۰۴۶ *	۰/۰۸۲	۰/۰۴۶ *	۰/۰۸۲
A	اسیدپته ۴ - اسیدپته ۵	۰/۱۱۶	۰/۱۷۴	۰/۵۹۶	۰/۱۷۴
B	آب مقطر - اسیدپته ۵	۰/۰۰۵ **	۰/۸۰۱	۰/۷۵۳	۰/۸۰۱
B	آب مقطر - اسیدپته ۴	۰/۰۱۳ *	۰/۳۹۵	۰/۶۷۳	۰/۳۹۵
B	اسیدپته ۴ - اسیدپته ۵	۰/۱۰۱	۰/۶۳۲	۰/۰۴۶ *	۰/۶۳۲

A: شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه B: شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه * سطح معنی‌داری ۵ درصد ** سطح معنی‌داری ۱ درصد

جدول ۴. مقایسه سطح معنی‌داری پارامترهای موثر در فرسایش در شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در غلظت‌های مختلف بارش در دامنه‌های شرقی سازند گچساران

شدت بارش	غلظت بارش	رسوب	رواناب	شروع رواناب	نفوذ
A	آب مقطر - اسیدپته ۵	۰/۰۰۴ **	۰/۹۱۶	۰/۲۰۸	۰/۹۱۶
A	آب مقطر - اسیدپته ۴	۰/۰۰۸ **	۰/۱۳۸	۰/۰۰۵	۰/۱۳۸
A	اسیدپته ۴ - اسیدپته ۵	۰/۳۱۶	۰/۲۰۷	۰/۰۲۱ *	۰/۲۰۷
B	آب مقطر - اسیدپته ۵	۰/۰۰۵ **	۰/۳۷۷	۰/۱۱۶	۰/۳۷۷
B	آب مقطر - اسیدپته ۴	۰/۰۰۹ **	۰/۰۰۴ **	۰/۰۲۸ *	۰/۰۰۴ **
B	اسیدپته ۴ - اسیدپته ۵	۰/۳۹۴	۰/۰۰۷ **	۰/۰۴۶ *	۰/۰۰۷ **

A: شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه B: شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه * سطح معنی‌داری ۵ درصد ** سطح معنی‌داری ۱ درصد

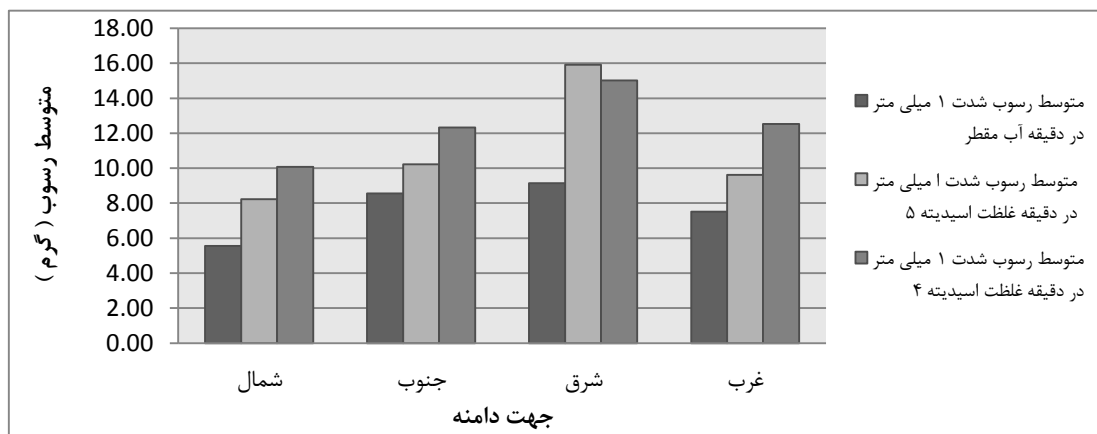
جدول ۵) مقایسه سطح معنی‌داری پارامترهای موثر در فرسایش در شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در غلظت‌های مختلف بارش در دامنه‌های غربی سازند گچساران

شدت بارش	غلظت بارش	رسوب	رواناب	شروع رواناب	نفوذ
A	آب مقطر - اسیدیته ۵	۰/۱۲۷	۰/۰۶۵	۰/۱۱۶ *	۰/۰۶۵
A	آب مقطر - اسیدیته ۴	۰/۰۱۳ *	۰/۰۹۳	۰/۰۲۸ *	۰/۰۹۳
A	اسیدیته ۴ - اسیدیته ۵	۰/۰۱۳ *	۰/۲۷۸	۰/۲۴۹	۰/۲۷۸
B	آب مقطر - اسیدیته ۵	۰/۰۰۷ **	۰/۰۲۶ *	۰/۸۹۳	۰/۰۲۶ *
B	آب مقطر - اسیدیته ۴	۰/۰۱۸ *	۰/۰۰۶ **	۰/۰۲۷ *	۰/۰۰۶ **
B	اسیدیته ۴ - اسیدیته ۵	۰/۳۳۹	۰/۰۱۱ *	۰/۰۲۸ *	۰/۰۱۱ *

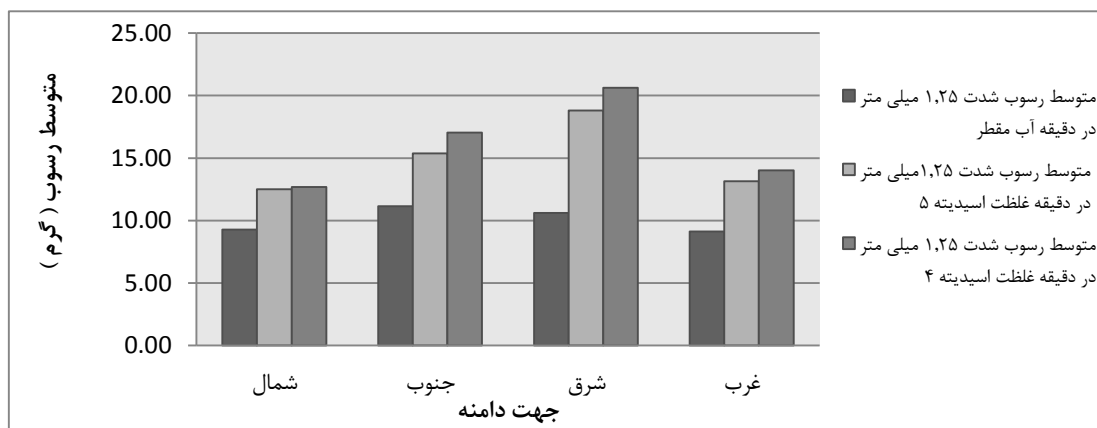
A: شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه B: شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه * سطح معنی داری ۵ درصد ** سطح معنی داری ۱ درصد

۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در بارش‌های مختلف باران اسیدی نشان داده شده است.

یکی از اثرات مهم باران اسیدی، تولید رسوب می باشد که نتایج اثر بخشی باران اسیدی در تولید رسوب در این تحقیق در شکل‌های ۳ و ۴ و در شدت‌های بارش ۱ و



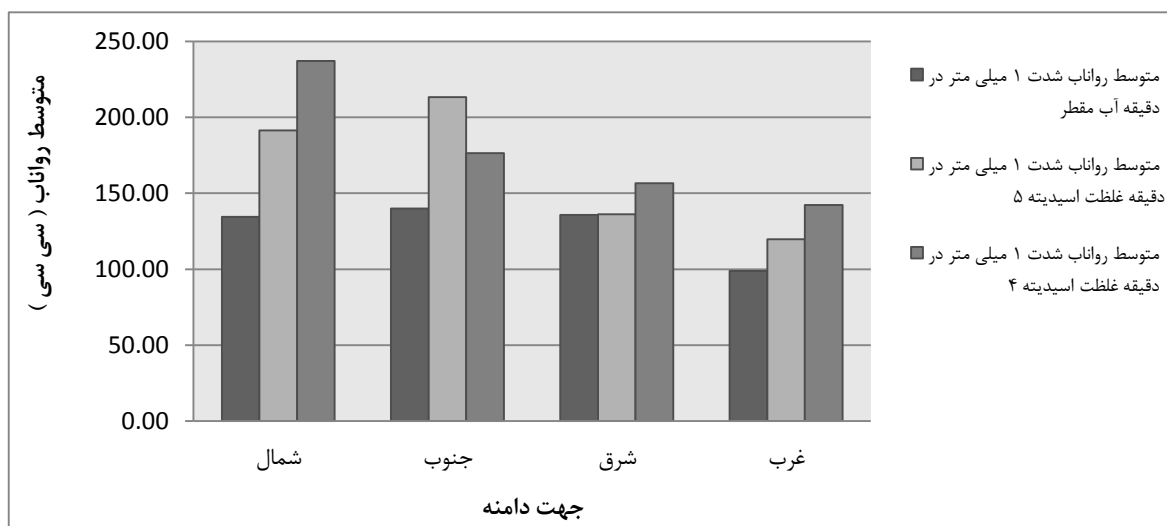
شکل ۳. مقایسه تغییرات رسوب در غلظت‌های مختلف بارش اسیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف دامنه



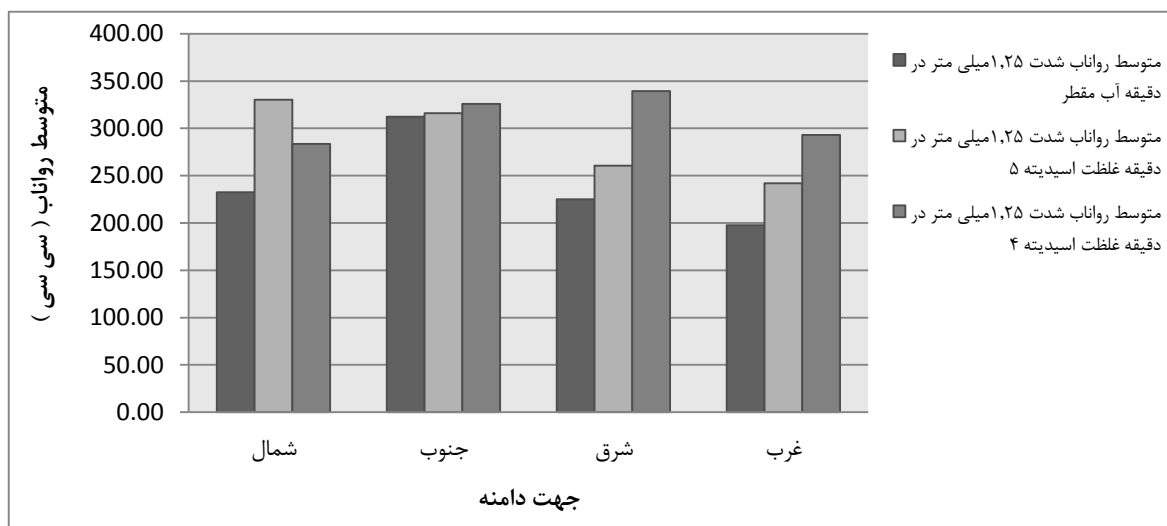
شکل ۴. مقایسه تغییرات رسوب در غلظت‌های مختلف بارش اسیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف دامنه

۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در بارش‌های مختلف باران اسیدی نشان داده شده است.

یکی دیگر از اثرات مهم باران اسیدی، تولید رواناب می‌باشد که نتایج اثر بخشی باران اسیدی در تولید رواناب در این تحقیق در شکل‌های ۵ و ۶ و در شدت‌های بارش



شکل ۵. مقایسه تغییرات رواناب در غلظت‌های مختلف بارش اسیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف دامنه



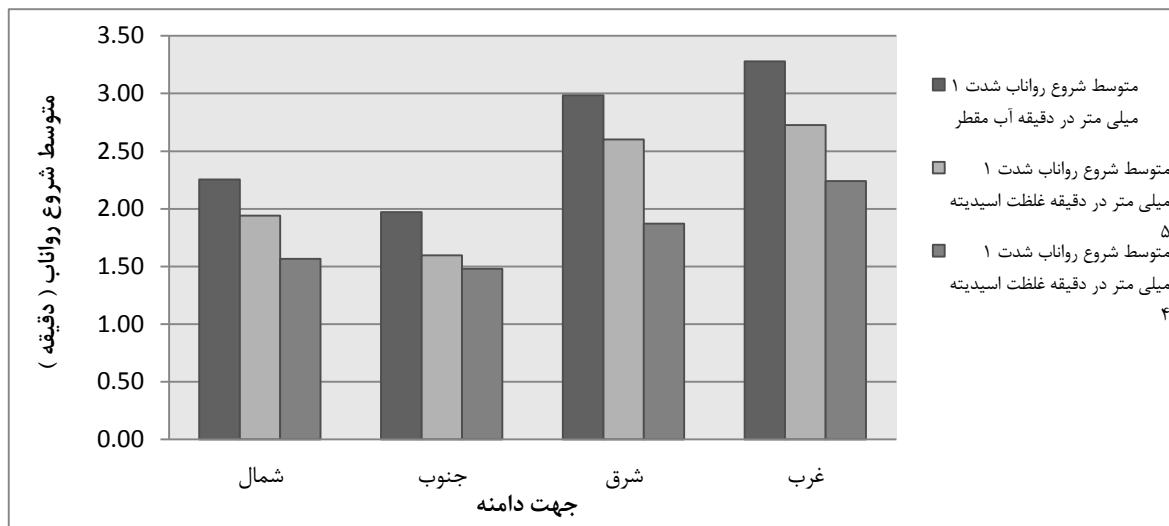
شکل ۶. مقایسه تغییرات رواناب در غلظت‌های مختلف بارش اسیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف دامنه

شکل‌های ۷ و ۸ و در شدت‌های بارش ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در بارش‌های مختلف باران اسیدی نشان داده شده است.

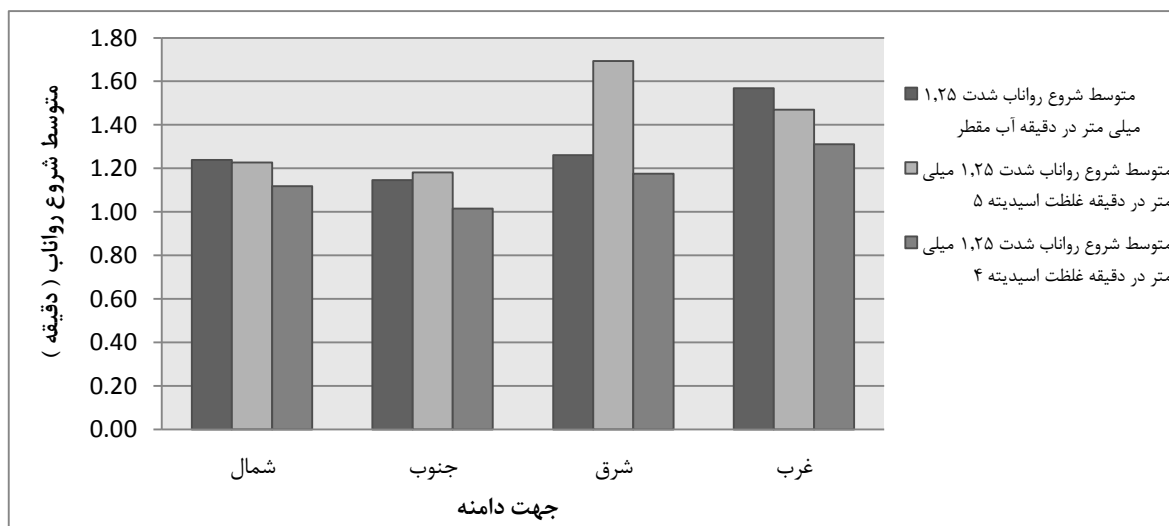
یکی دیگر از اثرات مهم باران اسیدی، تاثیر آن در شروع آستانه رواناب می‌باشد که نتایج اثر بخشی باران اسیدی در شروع آستانه رواناب در این تحقیق در

شکل های ۹ و ۱۰ و در شدت های بارش ۱ و ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه در بارش های مختلف باران اسیدی نشان داده شده است.

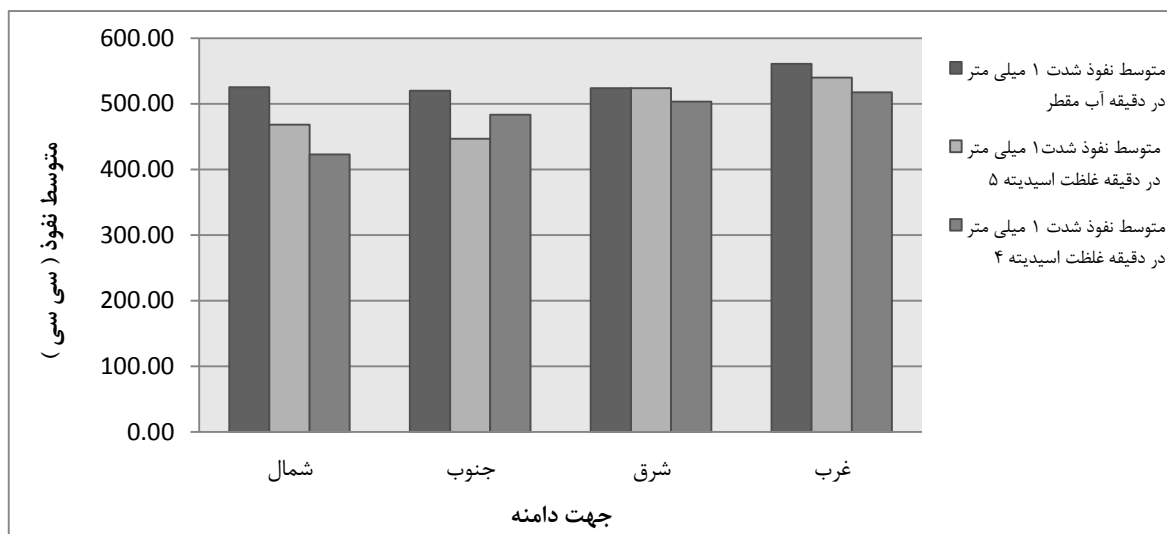
یکی دیگر از اثرات مهم باران اسیدی، تاثیر آن در میزان نفوذ پذیری خاک می باشد که نتایج اثر بخشی باران اسیدی در میزان نفوذ پذیری خاک در این تحقیق در



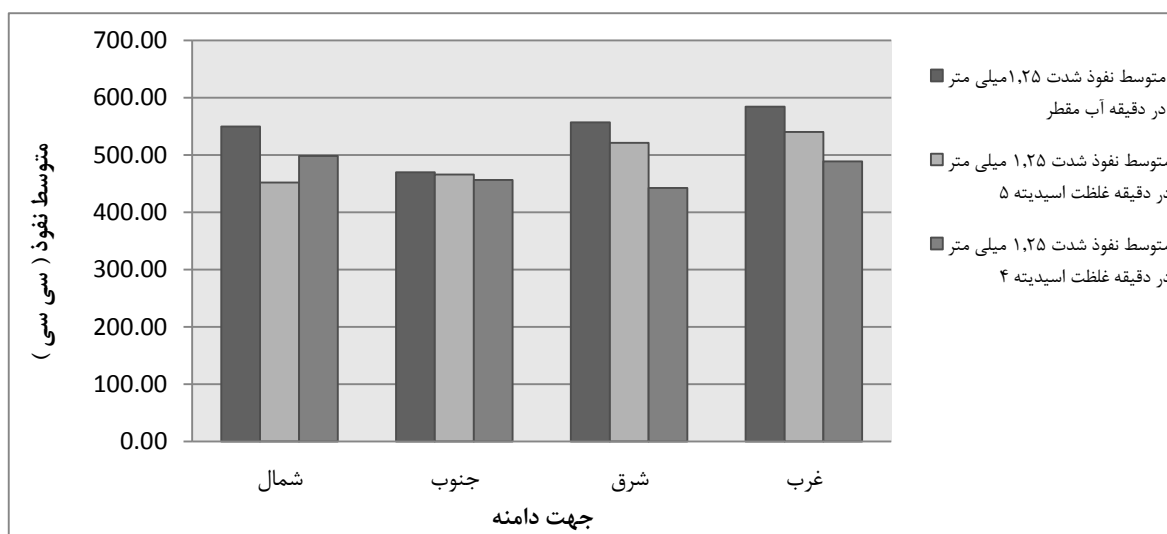
شکل ۷. مقایسه تغییرات شروع رواناب در غلظت های مختلف بارش اسیدی در شدت ۱ میلی متر در دقیقه در جهت های مختلف دامنه



شکل ۸. مقایسه تغییرات شروع رواناب در غلظت های مختلف بارش اسیدی در شدت ۱/۲۵ میلی متر در دقیقه در جهت های مختلف دامنه



شکل ۹. مقایسه تغییرات نفوذ در غلظت‌های مختلف بارش اسیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف دامنه



شکل ۱۰. مقایسه تغییرات نفوذ در غلظت‌های مختلف بارش اسیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف دامنه

در دقیقه اختلاف معنی‌داری مابین رسوب تولیدی بوسیله آب مقطر و اسیدیته ۵ در سطح ۵ درصد و همچنین آب مقطر و اسیدیته ۴ و همچنین بین بارش با اسیدیته ۵ و اسیدیته ۴ در سطح ۱ درصد مشخص شد. از نظر میزان رواناب و نفوذپذیری نیز بین بارش با آب مقطر و اسیدیته

۴. بحث و نتیجه گیری

در دامنه‌های شمالی سازند گچساران در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه بین بارش با آب مقطر و غلظت‌های اسیدیته ۴ و ۵ اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد در تولید رسوب نشان داده شد و در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر

تولیدی در بارش با آب مقطر و اسیددیده ۵ در سطح ۱ درصد و همچنین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۴ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داده شد. از نظر میزان رواناب و نفوذپذیری نیز در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد ولی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه بین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۵ در سطح ۵ درصد و همچنین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۴ در سطح ۱ درصد و همچنین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۵ و اسیددیده ۴ اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد (جدول ۵). در مجموع بارش با آب مقطر فرسایش بسیار کمتری نسبت به بارش اسیدی ایجاد می‌کند که علت آن به وجود حالت بافری آهک در این سازند بر می‌گردد این سازند دارای درصد آهک بالایی است [۲۶] که خاک را مقاوم می‌کند که با نتایج تحقیق [۲۸] مطابقت دارد. ولی وقتی بارش اسیدی بر روی این خاک می‌بارد آهک توسط اسید خنثی می‌شود و در نتیجه ذرات خاک به راحتی از هم جدا می‌شوند و باعث تولید رواناب و رسوب زیادی می‌گردد. میزان تاثیر باران اسیدی بر خاک به نوع و خواص آن خاک بستگی دارد. حساسیت خاک‌ها نسبت به باران اسیدی توسط چند عامل تعیین می‌شود که مهمترین آن‌ها عبارتند از: وجود یا نبود کربنات در نیمرخ خاک، ظرفیت کلی بافری یا ظرفیت تبادل کاتیونی خاک که عمدتاً توسط محتوای رس و مواد آلی خاک تعیین می‌شود و سیستم مدیریتی که بر خاک اعمال می‌شود، خواه در آن زراعت صورت گیرد و کود دهی انجام شود و خواه به وسیله سیلاب تجدید شود [۱۳، ۱۶، ۳۰، ۳۲، ۳۳]. باران اسیدی منجر به افزایش تبادل میان یون هیدروژن و کاتیون‌هایی مانند پتاسیم، منیزیم و کلسیم در خاک می‌شود. این کاتیون‌ها در خاک تجزیه می‌شوند و می‌توانند به سرعت در محلول خاک همراه با سولفات باران اسیدی شسته شوند. در سازند گچساران به علت اینکه از نمک و انیدرید و مارن‌های رنگارنگ و مقداری شیل تشکیل شده است بنابراین

۵ در سطح ۵ درصد و همچنین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۴ در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داده شد و در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه مابین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۵ در سطح ۱ درصد و همچنین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۴ در سطح ۱ درصد و همچنین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۵ در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۲). در دامنه‌های جنوبی سازند گچساران در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه در رسوب تولیدی در بارش با آب مقطر و اسیددیده ۴ اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داده شد ولی در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه بارش با آب مقطر و اسیددیده ۵ در سطح ۱ درصد و همچنین بین آب مقطر و اسیددیده ۴ اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داده شد. از نظر میزان رواناب و نفوذ پذیری نیز بین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۵ در سطح ۵ درصد در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری نشان داده شد و در بقیه موارد اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۳). در دامنه‌های شرقی سازند گچساران و در شدت بارش ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه رسوب تولیدی با بارش آب مقطر و اسیددیده ۵ در سطح ۱ درصد و همچنین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۴ در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند و در بقیه موارد اختلافی معنی‌داری دیده نشد. میزان رواناب تولیدی و نفوذ پذیری در بارش با آب مقطر و اسیددیده ۴ و همچنین بارش با اسیددیده ۵ و اسیددیده ۴ اختلاف معنی‌داری را در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سطح ۱ درصد نشان دادند و در بقیه موارد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). در دامنه‌های غربی سازند گچساران در میزان رسوب تولیدی در شدت بارش ۱ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری مابین بارش با آب مقطر و اسیددیده ۴ و همچنین بارش با اسیددیده ۵ و اسیددیده ۴ در سطح ۵ درصد نشان داده شد و در شدت بارش ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه از نظر میزان رسوب

شمالی به علت اینکه سنگ بستر گچی بسیار نزدیک سطح خاک می باشد و دارای درصد گراول بیشتری نسبت به سایر دامنه‌ها می باشد. بنابراین به مرور زمان دارای خاکی محکم و غیر قابل انتقال می شود در نتیجه فرسایش کمتر می شود. میزان رواناب نیز در دامنه‌های جنوبی و شمالی دارای حساسیت بیشتری نسبت به بارش‌های اسیدی ولی دارای تغییرات تقریباً یکسان و نسبت به دامنه‌های غربی و شرقی رواناب بیشتری را تولید کردند که با نتایج تحقیق [۲۷] مطابقت دارد. که به همان بستر گچی سنگی نزدیک سطح خاک اشاره دارد. بنابراین مقادیر تولید رواناب و رسوب نسبت به بارش‌های اسیدی در همه دامنه‌های اصلی به واسطه تولید و تکامل خاک و وجود سخت لایه‌ها و همچنین پوشش گیاهی و نیز دریافت سطوح متفاوت انرژی خورشیدی متفاوت بوده است. در نهایت آب یکی از عوامل اصلی در هوازگی سنگ‌ها و فرسایش خاک می باشد و مسلماً وقتی که pH آب از آب‌های معمولی کمتر می شود، شدت هوازگی و فرسایش بیشتر خواهد شد. بنابراین باران اسیدی دارای نقش آبی و سریعی در تولید رواناب و رسوب دارد که در این تحقیق به خوبی نشان داده شد. احتمالاً دلیل اصلی فرسایش پذیری بالای سازند گچساران [۱۷] در جاهایی که آلاینده‌های نفتی و آلودگی هوا در این سازند بیشتر می‌باشد، باران اسیدی با غلظت بیشتر می‌باشد و در مناطقی از سازند گچساران که از مناطق نفتی فاصله بیشتری دارند باران اسیدی با غلظت کمتر می‌تواند باعث فرسایش شود. در این تحقیق به خوبی نشان داده شد که اثر باران اسیدی بر خاک و تولید رواناب و رسوب در شدت‌های مختلف بارش بیش از حد تصور است. بیشترین میزان رواناب و رسوب در سازند گچساران در شدت‌های ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه مربوط به بارش با اسیدیت ۴ می باشد. بارش با اسیدیت ۵ نیز رواناب و رسوب بیشتری نسبت به بارش با آب مقطر نشان داد.

حساسیت به بارش اسیدی به مراتب بیشتر می شود که باعث حل شدن گچ موجود در سازند و تجزیه شدن مواد موجود در خاک و در نتیجه آن کاهش خاصیت خاک و سست شدن ذرات خاک و شسته شدن خاک می‌گردد. که در این تحقیق به خوبی نشان داده شد. به نظر می‌رسد که علت اصلی این امر، افزایش غلظت H^+ در محلول خاک به علت تاثیر باران اسیدی است یعنی به علت افزایش غلظت H^+ در محلول خاک، مقداری از آن جذب سطح کلئیدها شده و به جای آن کاتیون‌های دیگر وارد فاز محلول خاک می‌گردند. در غلظت اسیدیت ۴ به علت اینکه بارش اسیدی باعث حل شدن سریع گچ شده و در نتیجه خلل و فرج خاک مسدود می‌شود بنابراین میزان نفوذ پذیری کاهش پیدا می‌کند و باعث فرسایش و تولید رواناب و رسوب بیشتری در این سازند شده است که با افزایش شدت بارش به ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه این حالت تشدید می‌شود. در نتیجه بارش اسیدی دارای تاثیر آبی روی خاک می‌باشد ولی در صورتیکه تداوم نداشته باشد به علت وجود حالت بافری آهک در خاک باعث تغییر بافت خاک نمی‌شود. دامنه‌های شرقی در دو شدت بارش مذکور در سازند گچساران به علت اینکه تحت تاثیر سایه می‌باشند و در صورتی که سایه فراهم باشد پوشش گیاهی در این سازند به صورت پراکنده و در نتیجه ماده آلی ضعیفی ایجاد می‌شود و به مرور زمان در این دامنه‌ها خاک بصورت نرم و قابل انتقال در می‌آید که با نتایج [۱۵] مطابقت دارد. علت دیگر به اسیدیت بالای خاک در دامنه‌های شرقی بر می‌گردد. در سازند گچساران به علت وجود ساختمان ریز بافت، با افزایش pH فرسایش پذیری افزایش می‌یابد. وقتی pH افزایش می‌یابد از درصد آلومینیوم اشباع کم شده و کاتیون‌ها بازی زیاد می‌شوند و در خاک‌های با هدایت الکتریکی پایین باعث پراکندگی ذرات خاک می‌گردد [۱۸]. بنابراین دارای فرسایش بیشتری نسبت به سایر دامنه‌ها می‌باشد. و در دامنه‌های

References

- [1] Ahmadi, H. (2007). Applied Geomorphology, Vol 1 (Water Erosion), Fifth Edition, Tehran University Press, 714 pp. (In Persian)
- [2] Arnaez, J., Lasanta, T., Ruiz-Flano, P. and Ortigosa, L. (2007). Factors Affecting Runoff and Erosion under Simulated Rainfall in Mediterranean Vineyards. *Soil and Tillage Research*, 93, 324-334.
- [3] Botkin, D. B. and Keller, A. (2003). *Environmental Science*, 4th Ed. John Wiley and Sons, pp. 485-519.
- [4] Duiker, S.W., Flanagan, D.C. and Lal, R. (2001). Erodibility and Infiltration Characteristics of Five Major Soils of Southwest Spain. *Catena*, 45(2), 103-121.
- [5] Feiznia, S. and Zareh Khoshaghbal, M. (2003). Investigating the Sensitivity of Geological Formations to Erosion and Sediment Production in Latian Watershed. *Iran Natural Resources Journal*, 56 (4), 365-381. (In Persian)
- [6] Gupta, P. K. (2009). *Laboratory Analysis Methods in Environmental Studies*, Translation by Maryam Shapouri, Babak Ghaednaya, Maryam Mir Sahsan, Arash Haghshenas and Fereidoun Ofi, Islamic Azad University of SAVADKOU Branch, 496 pp.
- [7] Hang, J. J., Lin, C. P. and Wang, Y. M. (2013). Determination of soil erodibility index for Taiwan mountainous area. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, Department of Civil Engineering, National Pingtung University of Sciences and of Science and Technology, 5(17), 4343-4348.
- [8] Haregewegn, N., Poesen, J., Nyssen, J., Verstraeten, G., Vente, J., Govers, G., Deckers, S. and Igwe, C.A. (2003). Erodibility of Soils of the Upper Rainforest Zone, Southeastern Nigeria. *Land Degradation and Development*, 14, 323-334.
- [9] Jordan, A. and Martinez-Zavala, L. (2008). Soil Loss and Runoff Rates on Unpaved Forest Roads in Southern Spain after Simulated Rainfall. *Journal of Forest Ecology and Management*, 255, 913-919.
- [10] Kamphorst, A. (1987). A Small Rainfall Simulator for the Determination of Soil Erodibility. *Netherlands journal of agricultural science*, 35, 407-415.
- [11] 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.
- [12] Kinnell, P.I.A. (2005). Sediment Transport by Medium to Large Drops Impacting Flows at Subterminal Velocity. *Journal of Soil Science Society of America*, 69 (3), 902-905.
- [13] Manahan, A. (1992). *Environmental Chemistry*, Translated by Jafar Nowroozi and Saeed Ferdowsi, Scientific Publication of Islamic Azad University, 727 pp.
- [14] Manahan, S. E. (2005). *Environmental Chemistry*, CRC Press, 763 pp.
- [15] Manyiwa, T. and Dikinya, O. (2013). Using universal soil loss equation and soil erodibility factor to assess soil erosion in Tshesebe villag, Northeast Botswana. *African Journal of Agricultural Research*, 30, 4170 - 4178.
- [16] McFee, W.W. (1980). Sensitivity of Soil Regions to Long-term Acid Precipitation, In: Shriner, D.S., CR. Richmond and S.E. Lindberg eds. *Atmospheric Sulfur Deposition*, Ann Arbor Science, Michigan, pp. 495-506.
- [17] 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*, No 4, 11: 1-11.
- [18] Norton, D., Shainberg, I., Cihacek, L. and Edwards, J.H. (1999). Erosion and Soil Chemical Properties. *Soil Water Conservation Society*, pp. 39-56.
- [19] 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, *Environ. Exp. Bot.* v. 27, 6-14.
- [20] Persyn, R.A., Glanville, T.D., Richard, T.L., Laflen, J.M. and Dixon, P.M. (2004). Environmental Effects of Applying Composted Organics to New Highway Embankments: Part 1, Interrill Runoff and Erosion, *Transactions of the ASAE*, 47(2), 463-469.

- [21] Pimentel, D. and Kounang, N. (1998). Ecology of Soil Erosion in Ecosystems of Disturbed Ground. 1, 416-426.
- [22] Raisian, R. (2005). Investigation of the Amount of Erosion and Sediment in the Gregak Area Using Rain Simulation. Soil and Watershed Management Institute, Applied Design, 156 pp.
- [23] Richson, R. J. (1995). Experiment Techniques for Erosion Studies: Rainfall Simulation, Institute of Water and Environment, Cranfield University, UK, 49 pp.
- [24] Rienks, S.M., Botha, G.A. and Hughes, J.C. (1999). Some Physical and Chemical Properties of Sediments Exposed in a Gully (Donga) in Northern KwaZulu-Natal, South Africa and Their Relationship to the Erodibility of the Colluvial Layers. *Catena*, 39, 11-31.
- [25] Roose, E. (1996). Land Husbandry-Components and Strategy, FAO Soils Bulletin No. 70, Food and Agricultural of the United Nations, Rome.
- [26] 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 Gach and Margha watersheds of izeh township). *Journal of Watershed Management*, Volume 5, No. 9, spring and summer. (In Persian)
- [27] Scott Munro, D. and Hung L.J. (1997). Rainfall, Evaporation and Runoff Responses to Hillslope Aspect in the Shenchong Basin. *Catena*, 29, 131-144.
- [28] Shabani, F., Kumar, L. and Esmaeili, A. (2014). Improvement to the prediction of the USLE K factor. *Geomorphology*, 204, 229 - 234.
- [29] SheklAbadi, M., Khademi. H. and Charkhabi. A. (2003). Runoff Production in Soils with Different Materiel in Golabad Abad Ardestan Watershed. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 7 (2), 85-101.
- [30] Smith, W.H. (1981). Air Pollution and Forests, Interaction between Contaminants and Forest Ecosystems, Springer Verlag, 379 pp.
- [31] Tomlinson, G. H. (2003). Acidic deposition, nutrient leaching and forest growth. *Biogeochemistry*, v. 65, 51-81.
- [32] Wiklander, L. (1973). The Acidification of Soil by Aacid Precipitation. *Grundforbattring*, V.25, 155-164.
- [33] Wiklander, L. (1980). Interaction between Cations and Anions Influencing Adsorption and leaching, In: Hutchinson, T.C. and Havas, M. (eds.) *Effect of Acid Precipitation on Terrestrial ecosystems*, Plenum Press, New York, pp. 239-254.
- [34] Wilcox B. P. and Wood M. K. (1986). A Hand Portable Single Nozzle Rainfall Simulator Designed for Use on Steep Slopes. *Journal of Range Management*, 39 (4), 375-377.