

بررسی تولید رواناب تحت تأثیر درجه شیب و ویژگی‌های خاک در دامنه‌های مرتعی بدون پوشش گیاهی در منطقه نیمه‌خشک

الهام زنگارکی فراهانی^{۱*}، علیرضا واعظی^۲، محمدمصدق عسکری^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷)

چکیده

رواناب از عوامل مهم فرساینده خاک به‌ویژه در اراضی شیب‌دار است. این مطالعه به‌منظور بررسی تولید رواناب تحت تأثیر درجه شیب و ویژگی‌های خاک در دامنه‌های بدون پوشش گیاهی در شمال غرب ایران، استان زنجان در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۶ انجام گرفت. به این منظور ۹ دامنه با پوشش گیاهی ضعیف و با شیب‌های مختلف شامل: ۶، ۸، ۱۲، ۱۵، ۱۷، ۲۴، ۲۷، ۳۱ و ۳۶ درصد انتخاب و در هر دامنه سه کرت به ابعاد ۱ متر × ۱/۵ متر در اوایل پاییز ۱۳۹۵ احداث گردید. در مجموع تولید رواناب در ۲۷ کرت در طی دوره یکساله مورد بررسی قرار گرفت. دامنه‌های با شیب تندتر، خاک با بافت سبک و سنگریزه‌ای داشته و مقدار ماده آلی و آهک کمتری نسبت به شیب‌های ملایم داشتند. از ۳۲ رخداد بارندگی طی دوره مطالعاتی، تعداد پنج رخداد منجر به تشکیل رواناب در کرت‌ها شد. روند مثبتی بین مقدار تولید رواناب و شدت بارندگی وجود نداشت. این موضوع نشان دهنده نقش ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند محتوای رطوبت اولیه در تولید رواناب در کرت‌ها است. همچنین بین رخدادهای بارندگی که منجر به تولید رواناب در کرت‌ها گردید، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در اراضی با شدت بارندگی کمتر و سرعت نفوذپذیری بیشتر خاک، توان تولید رواناب کمتر بود. تولید رواناب به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر درجه شیب ($r = 0/51$, $p < 0/01$)، ماده آلی ($r = 0/51$, $p < 0/01$) و آهک ($r = 0/51$, $p < 0/01$) قرار داشت. این مطالعه نقش ویژگی‌های خاک و درجه شیب در مقدار تولید رواناب در مراتع را نشان می‌دهد. بنابراین حفظ پوشش گیاهی می‌تواند باعث افزایش حفظ آب و بهبود محتوای ماده آلی و در نتیجه کاهش تولید رواناب شود.

واژه‌های کلیدی: ویژگی‌های خاک، پوشش گیاهی، شدت باران، ماده آلی

زنگارکی فراهانی ا.، واعظی ع.، عسکری م.، ۱۴۰۰. بررسی تولید رواناب تحت تأثیر درجه شیب و ویژگی‌های خاک در دامنه‌های مرتعی بدون پوشش گیاهی در منطقه نیمه‌خشک. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۹، شماره ۴. صفحه: ۱۵-۲۶.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

۲- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

۳- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه زنجان

*پست الکترونیک: Ezangaraki@gmail.com

مقدمه

رواناب از مهم‌ترین عوامل انتقال‌دهنده ذرات خاک به‌ویژه در زمین‌های بدون پوشش است. هنگامی که شدت نفوذ آب در خاک کمتر از شدت بارندگی باشد، بخشی از بارندگی در سطح خاک جمع می‌شود و در صورتی که سطح خاک شیب‌دار باشد، رواناب به وجود می‌آید، این پدیده نقشی مهم در هدررفت خاک و عناصر غذایی خاک دارد (Xue, et al., 2021). بررسی رواناب به‌عنوان یکی از عوامل اصلی فرساینده خاک امری اجتناب‌ناپذیر بوده و در برنامه‌ریزی حفاظت خاک در حوزه‌های آبخیز از اهمیت زیادی برخوردار است (Girmay et al., 2009). حدود یک سوم از کل بارندگی سالانه در ایران (۱۳۰ میلیارد مترمکعب) به‌صورت رواناب از منطقه تحت بارندگی خارج می‌شود (Refahi, 2015). در نواحی خشک و نیمه‌خشک میزان فرسایش خاک به‌دلیل توزیع نامناسب بارندگی طی سال و ضعف پوشش گیاهی بیش‌تر است. مهار فرسایش در این نواحی به‌ویژه در زمین‌های با پوشش گیاهی ضعیف دارای اهمیت است. مطالعات متعددی در ارتباط با فرایندهای هیدرولوژیکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک صورت گرفته است (Vaezi, 2014; Tang et al., 2019) که نشان می‌دهند میزان رواناب از نظر مکانی بسیار غیریکنواخت بوده و عوامل کنترل‌کننده آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک با مناطق مرطوب متفاوت است (de Wit, 2001).

عوامل متعددی در تولید و تشدید رواناب و فرسایش خاک نقش دارند که بسته به شرایط منطقه نقش برخی از این عوامل بارزتر می‌باشد. در این میان می‌توان به عوامل اقلیمی (باران، نگرگ، برف، یخبندان، دما و باد)، کاربری زمین، شیب و ویژگی‌های خاک (بافت، نفوذپذیری، محتوای رطوبت اولیه) (Pérez-Latorre, de Castro & Delgado, 2010) کاربری اراضی و مرفولوژی حوزه (شیب) اشاره کرد (El Kateb et al., 2013). بارندگی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی مؤثر بر رواناب است. به‌طوری‌که اگر شدت بارندگی از نفوذپذیری خاک بیشتر باشد، رواناب تولید خواهد شد. پوشش گیاهی عامل مهم کاهش ضربه قطرات باران بر سطح و سرعت جریان سطحی خاک است (de Almeida et al., 2018; Zhang et al., 2021) وجود پوشش گیاهی حتی به مقدار کم

عامل مهم کنترل رواناب است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل بارندگی اندک و توزیع غیر یکنواخت آن طی سال، پوشش گیاهی روی سطح دامنه‌ها بسیار ضعیف و غیر دائمی است که با این وجود نقش مهمی در کاهش رواناب دارد. از بین بردن پوشش گیاهی به دلایل متعدد از جمله تغییر کاربری زمین و چرای شدید، باعث تولید رواناب و فرسایش خاک در این دامنه‌ها می‌شود و نمونه‌های بارز این شرایط در مراتع ضعیف واقع در شیب‌های تند رخ می‌دهد. این عرصه‌ها به‌دلیل شیب زیاد و خاک غیربارور برای زراعت دیم مناسب نیستند. چنین دامنه‌هایی که به زراعت دیم تبدیل شده‌اند، تنها در سال‌های پر باران قابل کشت هستند ولی در سال‌های کم باران بازده اقتصادی نداشته و رها می‌شوند. اراضی رها شده بدون پوشش طبیعی بوده و محل تشدید رواناب در حوزه‌های آبخیز هستند (Cerdà et al., 2018).

شیب یکی از ویژگی‌های مهمی است که همبستگی بالایی با تولید رواناب و فرسایش خاک دارد. هر چه شیب حوزه بیشتر باشد، ماندگاری آب روی خاک و فرصت نفوذ آب به خاک کم می‌شود، در نتیجه مقدار رواناب افزایش می‌یابد (Zhang et al., 2010). باید در نظر داشت که نقش شیب زمین در فرسایش برحسب خصوصیات خاک متفاوت است. تأثیر شیب بر تولید رواناب در خاک‌های نفوذپذیر کاهش می‌یابد زیرا آب پیش از سرعت گرفتن به داخل خاک نفوذ می‌کند (Rafahi, 2015). یکی از دلایل افزایش فرسایش در شیب‌های تند نسبت به شیب‌های ملایم، کاهش نفوذپذیری و افزایش حجم رواناب در آن‌ها می‌باشد (Ekwue & Harrilal, 2010). پژوهش‌های متعددی در زمینه تأثیر درجه شیب زمین بر هدررفت آب و خاک انجام شده است (Geng, Zheng & Liu, 2010; Fu et al., 2011; Cui et al., 2015; Lowe et al., 2021) بررسی تأثیر شیب بر رواناب و هدررفت خاک با استفاده از شبیه‌ساز باران در مناطق تپه‌ماهوری فلات لسی چین نشان داد که با افزایش شیب از صفر تا ۳۰ درجه، رواناب و هدررفت خاک افزایش می‌یابد (Cheng, Ma & Cai, 2008). برخی از پژوهشگران نیز نتایج متفاوتی از تأثیر شیب زمین بر رواناب ارائه داده‌اند. همچنین، بررسی‌ها نشان داد که افزایش شیب از پنج تا ۳۰ درصد، تأثیر

به دست آمد. دامنه‌های مطالعاتی در منطقه‌ای به وسعت ۱/۵ هکتار انتخاب شدند و در کنار تفاوت آنها از نظر درجه شیب، تفاوت‌هایی نیز از نظر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک وجود داشت (جدول ۱). میانگین ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۶۰۹ متر می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک بر اساس اطلاعات نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی کشور به ترتیب زیریک و مزیک است. بر اساس داده‌های بلندمدت ایستگاه سینوپتیک زنجان، متوسط درجه حرارت سالانه ۱۱/۷ درجه سلسیوس است. منطقه مورد مطالعه بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن دارای اقلیم سرد و خشک است. بارندگی‌ها اغلب در ماه‌های آبان و اردیبهشت رخ می‌دهد که مقدار بارندگی از نوع برف حدود ۳/۲۱ درصد کل بارندگی سالانه را شامل می‌شود. منطقه دارای دامنه‌های مرتعی دارای پوشش گیاهی ضعیف و اغلب گونه‌های گیاهی از نوع بوته‌های رز ایرانی یا ورک (*Rosa Persica*) از خانواده *Rosaceae* است. این اراضی از خاک‌های غیر بارور برخوردار بوده و در صورت تغییر کاربری در آنها، تنها در دوره‌های تر سالی امکان کشت دیم وجود داشته در غیر اینصورت در بیشتر سال‌ها به صورت بدون پوشش رها می‌شود. دلیل اصلی انتخاب دامنه‌های مورد مطالعه، درجات مختلف شیب که امکان استقرار کرت‌های مورد نظر در آنها فراهم باشد، بود.

پیاده‌سازی کرت‌های فرسایشی

واحدهای آزمایشی کرت‌های فرسایشی با عرض ۱ متر و مساحت ۱/۵ متر مربع بودند که در راستای شیب در سه تکرار طرح کاملاً تصادفی احداث گردیدند. مجموعاً ۲۷ کرت در نه دامنه با شیب متفاوت احداث شدند. با توجه به غیریکنواختی شیب در طول دامنه امکان احداث کرت‌های بزرگ با طول بیشتر فراهم نبود. هدر رفت آب تحت باران‌های طبیعی طی دوره یک‌ساله (از ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای هدایت آسان‌تر رواناب و رسوب به داخل مخازن جمع‌آوری رواناب و رسوب دیوار ضلع پایینی هر کرت از جنس ورق گالوانیزه به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر (Ngetich *et al.*, 2014) به صورت مثلثی ساخته شد. طول کرت‌ها در ضلع راست و چپ کرت برابر با ۱/۳ متر و در مرکز کرت برابر با ۱/۶ متر بود. در وسط ضلع دوزنقه‌ای شکل مجرای برای خروج رواناب و رسوب از کرت آزمایشی تعبیه شد که

اندکی برافزایش شدت رواناب دارد (Sheridan, So & Loch, 2003). علاوه بر موارد گفته‌شده بافت خاک عاملی بسیار مؤثر بر تولید رواناب است (Vilayvong, Yasufuku & Ishikura, 2016). با وجود آن که خاک‌های شنی نسبت به خاک‌های رسی تخلخل کمتری دارند، عمده تخلخل آن‌ها شامل منافذ درشت است (Blanco-Canqui & Lal, 2010). همچنین مقدار تولید رواناب تحت تأثیر خصوصیات شیمیایی خاک نیز قرار می‌گیرد و در مطالعه‌ها نشان داده شد که ماده آلی و آهک به‌عنوان عوامل مهم و مؤثر بر تولید رواناب در خاک‌های نواحی نیمه‌خشک است (Hasanzadeh, AR & MH., 2013).

در زمینه تولید رواناب در شیب‌های مختلف، مطالعاتی انجام‌گرفته است. اما بیشتر تحقیقات به صورت آزمایشگاهی و در فلوم با استفاده از باران ساز انجام شده است و همچنین تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در کنار شیب به‌طور هم‌زمان در دامنه‌های طبیعی تحت باران‌های طبیعی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. تاکنون مطالعاتی محدودی در اراضی مرتعی بدون پوشش در مناطق نیمه‌خشک انجام گرفته است. از این رو این پژوهش با هدف بررسی تأثیر شیب بر روی تولید رواناب دامنه‌های طبیعی با شیب‌های مختلف با بافت‌های مختلف در منطقه نیمه‌خشک استان زنجان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد بررسی

این پژوهش در نه دامنه با شیب‌های متفاوت (۶، ۸، ۱۲، ۱۵، ۱۷، ۲۴، ۲۷، ۳۱، ۳۶) واقع در محدوده اراضی مرتعی دانشگاه زنجان انجام گرفت. دامنه‌های مورد مطالعه بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۱/۰۱۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۱/۰۳ دقیقه شمالی و بین طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴/۴۹ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۴/۵۲ دقیقه شرقی قرار گرفته است. برای تعیین درصد شیب زمین‌ها، اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای شیب به‌وسیله شلنگ تراز تعیین و فاصله زمینی آن دو نقطه با متر مستقیم اندازه‌گیری شد. سپس بر اساس این دو داده، فاصله افقی دو نقطه محاسبه شد و از نسبت اختلاف ارتفاع بر فاصله افقی، مقدار شیب زمین

(Vaezi *et al.*, 2008). پس از هر رخداد باران طبیعی منجر به رواناب، حجم رواناب داخل مخازن در انتهای کرت‌ها جمع‌آوری و با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد.

برای جلوگیری از ورود و خروج رواناب، پیرامون کرت‌ها با پشته‌های خاکی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر بسته شدند. در انتهای هر کرت لوله پلیکا با قطر ۱۰ سانتی‌متر و مخزنی درپوش دار با حجم ۶۰ لیتر قرار داده شد



شکل ۱- تصویری از کرت‌های مطالعاتی
Figure 1. Image of study plots

اندازه‌گیری رواناب

پس از هر رخداد باران طبیعی منجر به رواناب، برای تعیین حجم رواناب تولید شده در هر کرت، ابتدا حجم مخلوط رواناب داخل ظرف پایین دست هر کرت در صحرا با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد (Girmay *et al.*, 2009). با تعیین حجم رواناب هر نمونه، حجم کل رواناب هر کرت به دست آمد. عمق رواناب در هر رخداد از تقسیم حجم رواناب بر مساحت کرت آزمایشی به دست آمد. میانگین رواناب در هر رخداد باران، از متوسط مقدار رواناب در سه کرت به دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد. تجزیه واریانس بین دامنه‌ها از نظر ویژگی‌های خاک و تولید رواناب با استفاده از آزمون ANOVA و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام شد. از ماتریس همبستگی نیز به منظور تعیین رابطه بین ویژگی‌های خاک، شیب و رواناب استفاده شد.

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دامنه‌ها

برای آگاهی از ویژگی‌های خاک دامنه‌ها، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین شدند. نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از مجاور هر کرت در نه دامنه برداشت شد. در نمونه‌های خاک، توزیع اندازه ذرات (شن، سیلت و رس) به روش هیدرومتری در دو زمان (۴۴ ثانیه و ۸ ساعت) (Day, 1965)، ماده آلی خاک به روش والکلی-بلک (Nelson & Sommers, 1982)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی به‌وسیله اسید کلریدریک یک نرمال (Jones, 2001)، واکنش خاک به‌وسیله pH سنج اندازه‌گیری شد. همچنین چگالی ظاهری (BD) با استفاده از سیلندر فلزی به قطر ۴/۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۵ سانتی‌متر در صحرا (Blake & Hartge, 1986)، درصد سنگریزه درون خاک سطحی (قطر ۲ تا ۸ میلی‌متر) و قطعات سنگی به روش وزنی (Gee & Bauder, 1986)، نفوذ از روش تک استوانه (Reynolds *et al.*, 2000) و متوسط اندازه خاکدانه بر اساس میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) با روش الک خشک اندازه‌گیری گردید. همچنین پوشش سنگی سطح خاک به روش تصویربرداری و آنالیز با نرم افزار GIS تعیین شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک دامنه‌ها

خاک‌های مورد مطالعه به‌طور میانگین ۱۵/۴۰ درصد آهک داشتند که بر این اساس در گروه خاک‌های آهکی (بیش از ۱۰ درصد کربنات کلسیم معادل، FAO, 2006) قرار می‌گیرند. تجزیه واریانس کل ویژگی خاک‌ها بین دامنه‌های مورد بررسی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها از نظر ویژگی‌های خاک مورد بررسی وجود دارد در واقع تفاوت در درجه شیب بین دامنه‌ها همراه با تغییر ویژگی‌های خاک نیز است (جدول ۱).

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دامنه‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به میانگین درصد ذرات شن (۶۰/۱۸)، سیلت (۲۲/۰۶) و رس (۱۲/۷۶) به‌طور کلی بافت خاک دامنه‌های مورد بررسی در کلاس لوم شنی و لوم رس شنی قرار دارند. خاک‌ها دارای مقادیر نسبتاً زیادی سنگریزه (۱۵/۸۹)، مقادیر کمتر ماده آلی (حداکثر ۰/۸۷ درصد) و فراوانی پایین رس (بین ۱۰ تا ۲۵ درصد) هستند. همچنین

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دامنه‌های مورد بررسی

Table 1. Physicochemical properties of the studied soils

Physicochemical properties	Mean	MIN	MAX	df	Mean Square
Sand(%)	60.18	50	68	8	99.78**
Silt(%)	22.66	16	30	8	47.10**
Clay(%)	16.75	10	25	8	88.42**
Gravel(%)	15.98	7.23	25.01	8	40.83*
Rock cover (%)	19.84	16	25.33	8	57.31**
K _s (cm.h)	1.33	0.76	1.81	8	0.70**
Bulk density(g cm ⁻³)	1.40	1.38	1.43	8	0.001**
MWD _{Dry} (mm)	0.11	0.03	0.21	8	0.006**
OM(%)	0.73	0.55	0.87	8	0.02**
CaCO ₃ (%)	15.40	12.72	20.72	8	22.97**

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر شیب بر ویژگی‌های خاک و رواناب

Table 2. Analysis of variance, effect of slope on soil characteristics & runoff

Physicochemical properties	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Sand(%)	798.32	8	99.78**	230286.57	.000
Silt(%)	376.94	8	47.10**	8428.42	.000
Clay(%)	707.34	8	88.42**	19943.91	.000
Gravel(%)	590.57	8	40.83*	246074.06	.000
Rock (%)	456.13	8	57.01**	20859.60	.000
K _s (cm.h)	5.65	8	0.70**	649.03	.000
Bulk density(g cm ⁻³)	0.00	8	0.001**	6.75	.000
MWD(mm)	0.05	8	0.006**	5.67	.000
OM(%)	0.40	8	0.02**	0	.000
CaCO ₃ (%)	183.82	8	22.97**	248157.94	.000
Runoff	182.168	8	22.77	12.15	.000

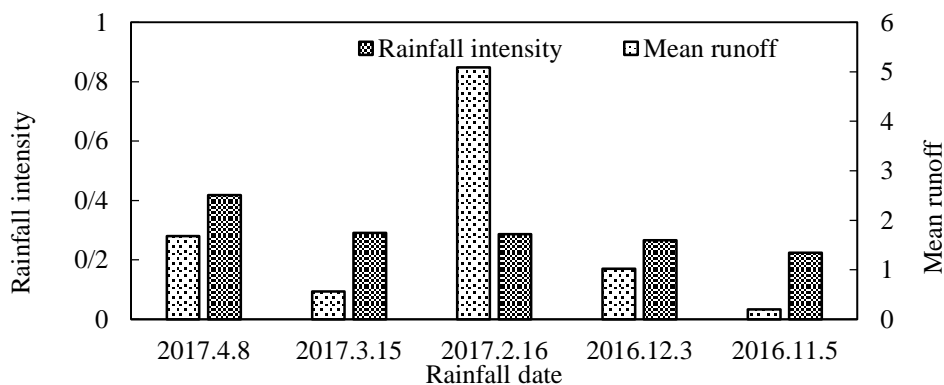
تغییرات رواناب در دامنه‌ها

۱۳۹۵/۸/۱۳ تا ۱۳۹۶/۲/۱۶)، تعداد پنج رخداد منجر به تشکیل رواناب در کرت‌ها شد که ویژگی آن‌ها در جدول ۴ آمده است. ویژگی رخدادهایی که منجر به رواناب گردیدند، همراه با مقدار رواناب در جدول ۳ آمده است. این رخدادها مربوط به ماه‌های آبان، آذر، بهمن، اسفند و

داده‌های باران (ارتفاع، مدت و شدت) در هر رخداد بارندگی از ایستگاه باران‌نگاری دانشگاه زنجان واقع در حداقل ۴۰۸ و حداکثر ۱۲۰۷ متری از دامنه‌ها گرفته شد. از ۲۹ رخداد بارندگی طی دوره مطالعاتی (از

میلی‌متر در شیب ۸ درصد مشاهده شد. زیرآب‌داری و واعظی (۲۰۱۶) در دامنه‌هایی با شیب‌های مختلف نشان دادند که بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع باران منجر به رواناب به ترتیب ۲/۳۱ و ۱/۲ میلی‌متر و بیش‌ترین و کم‌ترین شدت باران منجر به رواناب به ترتیب ۲/۸۱ و ۱/۲۶ میلی‌متر بر ساعت بود (Zarrinabadi & Vaezi, 2016).

فروردین بود. بیش‌ترین ارتفاع باران منجر به رواناب، ۱۵/۲۸ میلی‌متر و کم‌ترین آن ۷/۹ میلی‌متر بود و بیش‌ترین و کم‌ترین شدت بارندگی به ترتیب ۲/۵ و ۱/۳ میلی‌متر بر ساعت بود. البته شدت پایین بارندگی‌ها یکی از دلایل اصلی عدم وقوع رواناب در بسیاری از رخدادهای باران بود. بیش‌ترین ارتفاع تولید رواناب ۵/۸۷ میلی‌متر در شیب ۳۶ درصد و کم‌ترین آن ۱/۶۵



شکل ۲- ویژگی باران‌های منجر به رواناب در دامنه‌های مطالعاتی طی سال ۱۳۹۵-۱۳۹۶
Figure 2. Characteristics of rainfalls leading to runoff in the study plots (from 2016-2017)

داری بین دامنه‌ها در تولید رواناب در سطح ($p < 0.01$) مشاهده شد. تخریب ساختمان خاک در اثر بارندگی عاملی است که نفوذ آب باران به خاک را محدود کرده و منجر به تولید رواناب می‌شود.

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس بین دامنه‌ها از نظر تولید رواناب را برای هر یک از رگبارها نشان می‌دهد. به جز رگبار نخست که تولید رواناب در زمین‌ها در سطح ($p < 0.05$) معنی‌دار بود، در سایر رگبارها تفاوت معنی-

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس رواناب برای هر رخداد و کل رخدادهای

Table 3. Analysis of runoff variance for each event and total events

Rainfall date	df	Mean Square	F	Sig.
2016.11.5	8	947.59	3.79	0.009
2016.12.3	8	226.31	5.29	0.002
2017.2.16	8	190.15	3.75	0.001
2017.3.15	8	800.37	8.43	0.000
2017.4.8	8	205.81	4.19	0.006
Mean	8	104.60	44.57	0.000

در خاک‌ها به شدت افزایش می‌یابد که باعث افزایش فرسایندهای جریان آب می‌گردد. پژوهش‌های انجام‌شده در شمال چین نیز نشان داد که با افزایش شیب از ۵ به ۲۵ درجه، تولید رواناب به دلیل کاهش میزان نفوذ و افزایش تشکیل سله افزایش یافته است (Cheng, Ma & Cai, 2008).

تأثیر شیب و ویژگی‌های خاک بر تولید رواناب

بین مقدار رواناب و درصد شیب همبستگی معنی‌داری ($p < 0.01$) مشاهده شد (جدول ۵). مقدار رواناب با افزایش درجه شیب در خاک‌های مورد بررسی افزایش یافت که از دلایل آن می‌توان به افزایش حجم و سرعت جریان‌های سطحی، نیروی اصطکاک ذرات و کاهش فرصت نفوذ آب باران اشاره کرد، در نتیجه تولید رواناب

جدول ۴. ویژگی‌های رخدادهای باران و تولید رواناب طی سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶

Table 4: Characteristics of rainfall events and runoff production during the period (from 2016-2017)

Rainfall date	Rainfall intensity (mm h ⁻¹)	Duration of rainfall (h)	Runoff(mm)
2016.11.3	1.34	5.94	0.20
2016.12.1	0.19	3.84	-
2016.12.2	1.59	6.00	1.02
2016.12.11	0.13	2.92	-
2016.12.15	0.97	5.80	-
2016.12.19	0.38	5.02	-
2016.12.28	0.83	5.74	-
2017.1.15	0.27	4.70	-
2017.1.22	0.30	4.76	-
2017.1.27	0.48	1.12	-
2017.2.1	0.51	5.35	-
2017.2.9	0.53	5.39	-
2017.2.11	0.31	4.80	-
2017.2.13	1.72	6.01	5.09
2017.2.14	0.78	5.70	-
2017.3.7	0.93	5.81	-
2017.3.11	1.74	6.03	0.56
2017.3.14	0.98	5.84	-
2017.3.21	1.88	6.06	-
2017.3.28	1.02	5.83	-
2017.4.7	2.50	6.1	1.68
2017.4.11	0.53	5.39	-
2017.4.16	0.27	4.73	-
2017.4.29	0.68	5.61	-
2017.4.30	0.75	5.72	-
2017.5.1	0.15	3.13	-
2017.5.3	1.36	5.97	-
2017.5.4	0.22	4.31	-
2017.5.6	0.73	5.67	-

خاک‌ها از نظر تولید رواناب تفاوتی اساسی وجود دارد و رابطه‌ای قوی معنی‌دار بین تولید رواناب و شیب در خاک‌ها مشاهده شد (Vaezi, Kord & Mahdian, 2017). اما نمی‌توان گفت که تولید رواناب فقط به شیب دامنه وابسته است چرا که جدول ماتریس همبستگی نیز نشان می‌دهد که همبستگی رواناب با برخی ویژگی‌های خاک چه بسا قویتر از همبستگی با شیب است.

بین شیب دامنه و برخی ویژگی‌های خاک (شن، رس، سنگریزه، پوشش سنگی سطح، چگالی ظاهری، نفوذ، ماده آلی و آهک) همبستگی معنی‌دار وجود دارد. با افزایش شیب دامنه، مقدار شن، سنگریزه و سنگ افزایش می‌یابد در حالی که مقدار رس، ماده آلی و آهک کاهش پیدا می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که دامنه‌هایی

نتایج بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش خاک در بلژیک نیز نشان داد که بین درصد شیب با رواناب و فرسایش خاک همبستگی مثبتی وجود دارد (Wu *et al.*, 2018). محققین دلایل افزایش رواناب با افزایش شیب را ناشی از تمایل آب برای جاری شدن و کم شدن ذخیره چالاب در اثر افزایش شیب گزارش نمودند (Zhao *et al.*, 2014). زرین‌آبادی و واعظی (۲۰۱۶) با بررسی میزان رواناب تحت تأثیر تغییر کاربری در دامنه‌های با شیب مختلف در مراتع با پوشش ضعیف در منطقه نیمه‌خشک نشان دادند که رابطه مثبت و معنی‌داری بین رواناب و درصد شیب وجود دارد (Zarrinabadi & Vaezi, 2016). پژوهش‌های انجام‌شده بر تأثیر شیب سطح بر حجم رواناب در خاک‌های مختلف نشان می‌دهد که بین

ماده آلی نیز همبستگی منفی و معنی‌داری ($p < 0/01$) وجود دارد. در شیب‌های تند، وقوع رواناب زیاد و فرسایش خاک باعث می‌شود خاک حاصلخیز سطحی که ماده آلی بیشتری دارد فرسایش یابد (Aytenew & Gebrekidan, 2015; Bekele, Aticho & Kissi, 2018). همچنین هتر و همکاران نیز بیان کردند خاک‌هایی که ماده آلی کمتری دارند از ساختمان ضعیفی برخوردارند و نفوذپذیری آنها کم بوده و تولید رواناب و فرسایش آن‌ها بیشتر است (Hattar, Taimeh & Ziadat, 2010).

بررسی همبستگی جداگانه بین رواناب و آهک نیز نشان داد که با افزایش آهک، مقدار رواناب به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و همبستگی منفی با رواناب ($p < 0/01$) دارد. خاکدانه‌ها هنگام جذب آب به‌آسانی متلاشی نمی‌شوند و به این دلیل اندازه منافذ خاک کاهش نمی‌یابد (Bybord, 1993). از این رو آهک با افزایش سرعت نفوذ آب به خاک در کاهش رواناب مؤثر است. واعظی و همکاران نیز گزارش کردند که تغییرات آهک با افزایش شیب رابطه معنی‌دار دارد (Vaezi, A.R. et al., 2008). این پژوهش نشان داد آهک و ماده آلی عوامل مهم و تأثیرگذاری بر تولید رواناب در خاک‌های موردبررسی بودند. نتایج سایر تحقیقات نیز نشان می‌دهد که آهک از عوامل مهم در پایداری خاکدانه در خاک‌های نواحی نیمه‌خشک بوده (Hasanzadeh, AR & MH., 2013) و با افزایش نفوذپذیری می‌تواند در کاهش رواناب مؤثر باشد که با نتایج این تحقیق هم‌سوئی دارد (Ajwa & Trout, 2006). نتایج تجزیه رگرسیونی میان رواناب و متغیرهای مؤثر بر آن (شیب و ویژگی‌های خاک) نشان داد که شیب دامنه مهمترین عامل مؤثر بر تولید رواناب در دامنه‌های مختلف است به‌طوری که رابطه خطی معنی‌دار بین تولید رواناب سطحی و شیب دامنه وجود دارد ($p < 0/01$) و $R^2 = 0/60$ (جدول ۶).

که شیب بیشتری دارند، اغلب بافت شنی و سنگریزه ای دارند که بیانگر انتقال ذرات ریز مانند رس در اثر فرسایش از سطح است. وجود بافت درشت و سنگریزه ای موجب افزایش چگالی ظاهری خاک می‌شود. چنین دامنه‌هایی اغلب محتوای ماده آلی و آهک کمتری داشته و ساختمان خاک ضعیفی دارند. دامنه‌های شیب‌دار همچنین مستعد تولید رواناب هستند به‌طوری‌که همبستگی مثبت معنی‌دار بین تولید رواناب و شیب دامنه وجود دارد (Wei, Chen & Fu, 2009). نتایج پژوهش‌های تامسون و کولا نشان داد که با افزایش درجه شیب، مقدار ماده آلی خاک کاهش می‌یابد (Thompson & Kolka, 2005). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در شیب‌های بالا به دلیل فرسایش زیاد و شرایط ناپایدار، مقدار ماده آلی نسبت به شیب‌های پایین‌تر، کمتر است (Kavian, Azmoodeh & Solaimani, 2014). در حالی که در شیب‌های کم به دلیل پایداری بودن شرایط و با توجه به بهبود شرایط رشد، مقدار ریشه و بقایای گیاهی افزایش یافته و بر غنی‌تر شدن خاک از نظر ماده آلی می‌افزاید. در این راستا، مور و همکاران (۱۹۹۳) دلیل بالا بودن مقدار ماده آلی در شیب‌های کمتر را، شرایط پایدار این قسمت‌ها بیان کردند (Moore et al., 1993).

همبستگی معنی‌داری بین رواناب با سنگریزه، پوشش سنگی سطح، چگالی ظاهری، هدایت هیدرولیکی اشباع، ماده آلی و کربنات کلسیم معادل وجود دارد. در مطالعات پیشین به نقش بازدارنده سنگریزه سطحی در تولید رواناب اشاره شده است (Poesen & Lavee, 2011; Tetegan & et al., 1994) اما در این پژوهش سنگریزه موجود در خاک سطحی (لایه صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) در دامنه‌هایی که شیب بیشتری داشتند، زیاد بود و این دامنه‌ها حساسیت بیشتری در تولید رواناب داشتند. این موضوع بواسطه نقش شیب در افزایش فراوانی ذرات درشت دانه در خاک و کاهش ماندگاری آب باران بر روی خاک است. بین رواناب و

جدول ۵- نتایج همبستگی بین ویژگی‌های خاک، شیب و رواناب (در ۲۷ کرت مطالعاتی)

Table 5. Correlation matrix between soil properties, slope and runoff (in 27 study plots)

	Sand	Silt	Clay	Gravel	Rock	Ks	BD	MWD	OM	CaCO ₃	Slope	Runoff
Sand	1											
Silt	-0.42**	1										
Clay	-0.75**	-0.37	1									
Gravel	0.66**	-0.32	-0.47*	1								
Rock	0.55**	-0.08	-0.52**	0.63**	1							
Ks	-0.85**	0.33	0.66**	-0.72**	-0.84**	1						
BD	0.53**	-0.09	-0.50**	0.56**	0.73**	-0.78**	1					
MWD	-0.24	0.15	0.15	-0.10	-0.16	0.15	0.11	1				
OM	-0.55**	0.33	0.34	-0.63**	-0.62**	0.82**	-0.69**	0.09	1			
CaCO ₃	-0.61**	0.04	0.61**	-0.46**	-0.93**	0.49**	-0.28	0.50**	0.51**	1		
Slope	0.68**	-0.07	-0.67**	0.66**	0.92**	-0.83**	-0.62**	-0.31	-0.85**	-0.78**	1	
Runoff	0.51**	-0.08	-0.50**	0.61**	0.80**	-0.73**	0.64**	0.33	-0.59**	-0.69**	0.77**	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

جدول ۶- تجزیه رگرسیون خطی بین عامل رواناب و شیب

Table 6. Linear regression analysis between runoff factor and slope

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Constant	2.305	.792		2.911	.007
slope	.222	.036	.775	6.141	.000

تولید رواناب با کاهش مقدار ماده آلی، آهک و نفوذپذیری خاک دامنه افزایش می‌یابد. به‌طور کلی این پژوهش نشان می‌دهد که تولید رواناب در دامنه‌های مرتعی بدون پوشش از یک سو تحت تأثیر درجه شیب دامنه و از سوی دیگر تحت تأثیر ویژگی‌های خاک دامنه قرار دارد. با تغییر در شیب دامنه، ویژگی‌های خاک نیز تغییر یافته، حساسیت به تولید رواناب تفاوت پیدا می‌کند. نظر به این که اصلاح شیب دامنه و برخی ویژگی‌های ذاتی خاک مانند بافت امکان‌پذیر نیست، تقویت ماده آلی خاک برای بهبود شرایط فیزیکی خاک و کاهش رواناب ضروری است. بنابراین در خاک‌های مناطق نیمه‌خشک با حفظ و بهره‌برداری مناسب از پوشش گیاهی در زمین‌های شیب‌دار می‌توان در بهبود محتوای ماده آلی خاک گام برداشت.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات شیب دامنه و ویژگی‌های خاک بر تولید رواناب انجام گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تولید رواناب و شیب دامنه وجود دارد. با افزایش شیب دامنه به دلیل کاهش فرصت ماندگاری آب روی خاک، تولید رواناب بیشتر می‌شود. همچنین مقدار تولید رواناب تحت تأثیر ویژگی‌های خاک دامنه قرار گرفت. با تغییر شیب دامنه، بسیاری از ویژگی‌های خاک مانند توزیع اندازه ذرات، سنگریزه، چگالی ظاهری، ماده آلی، آهک، ساختمان و نفوذپذیری دچار تغییر می‌شود. در دامنه‌های با شیب زیاد، مقدار شن، سنگریزه، پوشش سنگی سطح و سنگ افزایش و در مقابل مقدار رس، ماده آلی، آهک و نفوذپذیری کاهش می‌یابد. این موضوع به نوبه خود بر حساسیت خاک به تولید رواناب اثر می‌گذارد.

References

- Ajwa H.A. and Trout T.J. 2006. Polyacrylamide and water quality effects on infiltration in sandy loam soils. *Soil Science Society of America Journal*, 70(2): 643–650.
- de Almeida W.S., Panachuki E., de Oliveira P.T.S., da Silva Menezes R., Sobrinho T.A. and de Carvalho D.F. 2018. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil and Tillage Research*, 175: 130–138.
- Aytenew M. and Gebrekidan H. 2015. Effect of slope gradient and management practices in

- selected soil chemical and physical properties of Dawja Watershed East Gojjam Zone, Ethiopia. *Haramaya University*.
- Bekele A., Aticho A. and Kissi E. 2018. Assessment of community based watershed management practices: emphasis on technical fitness of physical structures and its effect on soil properties in Lemo district, Southern Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 7(1)
- Blake G.R. and Hartge K.H. 1986. Bulk density, In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd Ed. Agronomy Monograph, 9. American Society of Agronomy, Madison, WI*, 363-375.
- Blanco-Canqui H. and Lal R. 2010. Principles of soil conservation and management. *Principles of Soil Conservation and Management*, 1-617.
- Bybordi M. 1993. *Principals of Irrigation Engineering. Sixth Edition. Tehran University Publication*. (In Persian)
- Cerdà A., Rodrigo-Comino J., Novara A., Brevik E.C., Vaezi A.R., Pulido M., Giménez-Morera A., et al. 2018. Long-term impact of rainfed agricultural land abandonment on soil erosion in the Western Mediterranean basin. *Progress in Physical Geography*, 42(2): 202-219.
- Cheng Q., Ma W. and Cai Q. 2008. The relative importance of soil crust and slope angle in runoff and soil loss: A case study in the hilly areas of the Loess Plateau, North China. *GeoJournal*, 71(2): 117-125.
- Cui B., Zhang Y., Xu X. and Wang Y. 2015. Study on sediment yield law and characteristics of erosion sediment in artificial simulated rainfall condition. *Chin J Soil Water Conserv*, 43-45.
- Day P. 1965. Particle Fractionation and Particle-Size Analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling, (methodsofsoilana)*. 545-567.
- Ekwue E.I. and Harrilal A. 2010. Effect of soil type, peat, slope, compaction effort and their interactions on infiltration, runoff and raindrop erosion of some Trinidadian soils. *Biosystems Engineering*, 105 (1): 112-118.
- FAO. 2006. Guidelines for Soil Description. Food and Agriculture Organization of the United Nations,. Disease Management and Health Outcomes,(1).
- Fu B., Liu Y., Lü Y., He C., Zeng Y. and Wu B. 2011. Assessing the soil erosion control service of ecosystems change in the Loess Plateau of China. *Ecological Complexity*, 8(4): 284-293.
- Gee G.W. and Bauder J.W. 1986. Laser particle size analysis. 383-411.
- Geng X., Zheng F. and Liu F. 2010. Effect of rainfall intensity and slopem gradient on soil erosion process on purple soil hill slopes. *Journal of Sedimentary Research*, 50-55.
- Girmay G., Singh B.R., Nyssen J. and Borrosen T. 2009. Runoff and sediment-associated nutrient losses under different land uses in Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Hydrology*, 376(1-2): 70-80.
- Hasanzadeh H., AR V. and MH. M. 2013. Runoff variations in the soil textures samples in the plot scale under the same rainfall events. *Journal of Soil and Water Research*, 44(3): 245-254. (In Persian)
- Hattar B.I., Taimah A.Y. and Ziadat F.M. 2010. Variation in soil chemical properties along toposequences in an arid region of the Levant. *Catena*, 83(1): 34-45.
- Jones E.P. 2001. Circulation in the Arctic Ocean. *Polar Research*, 20(2): 139-146.
- El Kateb H., Zhang H., Zhang P. and Mosandl R. 2013. Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: A field experiment in Southern Shaanxi Province, China. *Catena*, 105: 1-10.
- Kavian A., Azmoodeh A. and Solaimani K. 2014. Deforestation effects on soil properties, runoff and erosion in northern Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(5): 1941-1950.
- Lowe M.-A., McGrath G., Leopold M. 2021. The impact of soil water repellency and slope on runoff and erosion. *Soil and Tillage Research* 205, 104756.
- Moore I.D., Gessler P.E., Nielsen G.A. and Peterson G.A. 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 57(2): 443-452.
- Nelson D.W. and Sommers L.E. 1982. Bulk density, In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd Ed. Agronomy Monograph, 9. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc., Madison*, pp. 539-579.
- Ngetich K.F., Mucheru-Muna M., Mugwe J.N., Shisanya C.A., Diels J. and Mugendi D.N. 2014. Length of growing season, rainfall temporal distribution, onset and cessation dates in the

- Kenyan highlands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 188: 24–32.
- Pérez-Latorre F.J., de Castro L. and Delgado A. 2010. A comparison of two variable intensity rainfall simulators for runoff studies. *Soil and Tillage Research*, 107(1): 11–16.
- Poesen J., and Lavee H. 1994. Rock fragments in top soils: significance and processes. *Catena*, 23(1):1-28.
- Refahi H. 2015. Water erosion and conservation, 7th Edition.
- Reynolds W. D., Bowman B. T., Brunke R. R., Drury C. F., and Tan C. S. 2000. Comparison of tension infiltrometer, pressure infiltrometer, and soil core estimates of saturated hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 64 (2): 478–484.
- Sheridan G.J., So H.B. and Loch R.J. 2003. Improved slope adjustment functions for soil erosion prediction. *Australian Journal of Soil Research*, 41(8): 1489–1508.
- Tang M., Zhao X., Gao X., Zhang C., Wu P., Li H., Ling Q. et al. 2019. Characteristics of soil moisture variation in different land uses in a small catchment on the loess plateau, China. *Journal of Soil and Water Conservation*, 74(1): 24–32.
- Tetegagan M., Nicoullaud B., Baize D., Bouthier A. and Cousin I. 2011. The contribution of rock fragments to the available water content of stony soils: Proposition of new pedotransfer functions. *Geoderma*, 165(1): 40-49.
- Thompson J.A. and Kolka R.K. 2005. Soil carbon storage estimation in a forested watershed using quantitative soil-landscape modeling. *Soil Science Society of America Journal*, 69(4): 1086–1093.
- Vaezi A.R., Sadeghi S.H., Bahrami H.A. and Mahdian M. 2008. Spatial variations of runoff in a part of calcareous soils of semi-arid region in North West of Iran. *J. Agric. Sci. Nat. Resour*, 15, 213–225.
- Vaezi A., Kord M. and Mahdian M.H. 2017. Temporal variability of runoff production under slope gradients in different soil. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48(1): 77–85. (In Persian)
- Vaezi A.R. 2014. Modeling runoff from semi-arid agricultural lands in northwest Iran. *Pedosphere*, 24(5): 595–604.
- Vaezi A.R., H.A. B., S.H.R. S. and Mahdian M.H. 2008. Evaluating Erosivity Indices of the USLE, MUSLE, RUSLE and USLE-M Models in Soils of a Semi-Arid Region in Northwest of Iran. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering. 2(4): 25–97. (In Persian)
- Vilayvong K., Yasufuku N. and Ishikura R. 2016. Rainfall-induced soil erosion and sediment sizes of a residual soil under 1D and 2D rainfall experiments. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 218: 171–180.
- Wei W., Chen L. and Fu B. 2009. Effects of rainfall change on water erosion processes in terrestrial ecosystems: A review, *Progress in Physical Geography*, 33(3): 307–318.
- de Wit A. 2001. Runoff controlling factors in various sized catchments in semi-arid Mediterranean environment in Spain. *Nederlandse Geografische Studies*, 284: 201–203.
- Wu L., Peng M., Qiao S. and Ma X. yi. 2018. Effects of rainfall intensity and slope gradient on runoff and sediment yield characteristics of bare loess soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(4): 3480–3487.
- Xue D., Zhou J., Zhao X., Liu C., Wei W., Yang X., Li Q., Zhao Y. 2021. Impacts of climate change and human activities on runoff change in a typical arid watershed, NW China. *Ecological Indicators* 121, 107013.
- Zarrinabadi E. and Vaezi A. 2016. Runoff and soil loss as affected by land use change and plough direction in poor vegetation cover pastures. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(1): 87–98. (In Persian)
- Zhang X., Feng J., Gao Y. and Liu N. 2010. Influences of slope on runoff and concentration and solute transport under different rainfall intensities. *Bull Soil Water Conserv*, 30(2): 119–123.
- Zhang X., Song J., Wang Y., Deng W., Liu Y. 2021. Effects of land use on slope runoff and soil loss in the Loess Plateau of China: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 755, 142418.
- Zhao X., Huang J., Gao X., Wu P. and Wang J. 2014. Runoff features of pasture and crop slopes at different rainfall intensities, antecedent moisture contents and gradients on the Chinese Loess Plateau: A solution of rainfall simulation experiments. *Catena*, 119: 90–96.

Runoff Production under the Influence of Slope and Soil Characteristics in Pastures without Vegetation Cover in Semi-Arid Region

Elham Zangaraki Farahani ^{1*}, Alireza Vaezi ², Mohammad sadegh Askari ³

(Receive: April 2020 Accept: June 2021)

Abstract

Runoff is an important factor influencing soil erosion in slope lands. This study was carried out to investigate runoff production as affected by slope gradient and soil properties in pastures without vegetation cover in Zanjan province during 2017-2018. Nine pastures with slope gradients of 6, 8, 12, 15, 17, 24, 27, 31 and 36% were considered and three plots with 1.0 m × 1.5 m in dimensions were installed in each slope on early autumn 2017. Runoff production was measured in twenty seven plots for a one-year period. The steep slopes have coarse soil textures, low organic matter and low lime content as compared to gentle slopes. Out of thirty two rainfalls, five events caused runoff at the plots. There was no positive trend between runoff production and rainfall intensity, indicating the role of soil conditions such as initial water content in controlling runoff at the plots. Significant difference was found among rainfall events in runoff production. Lower runoff production potential in the lands was associated with lower rainfall intensities and higher soil infiltration rate. Runoff production was significantly affected both slope gradient ($r= 0.51$, $p< 0.01$), organic matter ($r= -0.69$, $p< 0.01$), and lime content ($r= -0.59$, $p< 0.01$). This study indicates the role of soil properties and slope gradient in runoff production in the pastures. Therefore, maintaining vegetation cover can increase water retention and improve organic matter content, resulting in a decrease in runoff production.

Keywords: Soil Characteristics, Vegetation cover, Rainfall intensity, Organic matter content

Zangaraki Farahani E., Vaezi A., Askari M. 2022. Runoff production under the influence of slope and soil characteristics in pastures without vegetation cover in semi-arid region. *Applied Soil Research*. 9(4):15-26.

1. M.Sc. Graduated, Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

2. Full Professor of Soil Science, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan

3. Assistant professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

* Corresponding Author Email: Ezangaraki@gmail.com