

رطوبتی، بافت خاک.

مقدمه

رواناب عامل مهم انتقال ذرات خاک و تولید رسوب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. رواناب هنگامی رخ می‌دهد که سرعت بارندگی بیش‌تر از سرعت نفوذ آب به خاک باشد [۷]. تخریب خاک در اثر باران و به دنبال آن کاهش تخلخل درشت خاک منجر به کاهش سرعت نفوذ آب به خاک می‌شود. این پدیده منجر به تولید رواناب، فرسایش خاک و در نتیجه تولید رسوب می‌شود [۴۶]. تولید رواناب به عوامل مختلفی مانند شدت بارندگی، درجه شیب، پوشش گیاهی، استفاده از اراضی، ساختمان و نفوذپذیری خاک وابسته است [۵۰]. رطوبت اولیه خاک متغیری پویا است که نقشی مهم در بسیاری از فرآیندها در سطح حوزه آبخیز از جمله نفوذپذیری خاک و تولید رواناب [۲۱] و رسوب دارد. هر چه میزان رطوبت اولیه خاک بیش‌تر باشد، سرعت نفوذ آب به خاک بیش‌تر کاهش یافته و رواناب سریع‌تر تولید شده و در نتیجه میزان فرسایش خاک بیش‌تر خواهد بود [۲۰]. میزان رطوبت اولیه خاک به شدت و تداوم بارش قبلی، ویژگی‌های خاک، و شدت تبخیر و تعرق بستگی دارد [۲۱]. در خاک‌هایی که سرعت نفوذ بالا می‌باشد، رواناب هنگامی رخ می‌دهد که شدت بارش یا رطوبت اولیه خاک به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالا باشد. در خاک‌های با نفوذپذیری پایین، رواناب حتی در شدت بارش‌های پایین نیز تولید می‌شود [۱۳].

پژوهش‌های مختلفی در مورد اثر رطوبت اولیه خاک بر فرآیند تولید رواناب و هدررفت خاک انجام گرفته است. لوک و همیلتون [۳۳] نشان دادند که هدررفت خاک در بافت‌های لوم‌سیلتی و لومی تحت باران شبیه‌سازی شده با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت، رابطه‌ای معنی‌دار با رطوبت اولیه خاک داشت ($p < 0.05$). آیورسوالد [۲] نشان داد که هدررفت خاک موقعی که رطوبت اولیه خاک از ۱۰ به ۳۰ درصد افزایش داشت، ۸۰ درصد کاهش یافت. که این امر را به دلیل کاهش شکنندگی و پاشمان با افزایش میزان رطوبت اولیه و حفظ بیشتر زبری سطح اولیه خاک بیان نمود. بررسی‌های لی بیسیوناس و همکاران [۳۱] در خاک‌های لسی کشت شده نشان دادند که در خاک‌هایی با رطوبت هوا خشک و رطوبت مزرعه، سرعت رواناب به‌ترتیب ۳۰ و ۷۰ درصد بود. چودھاری و همکاران [۱۴] نشان دادند که پس از گذشت ۲۴ ساعت از اعمال باران با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت، با اعمال دومین بارش روی همان خاک، فرسایش خاک ۷۰

تاثیر مقدار رطوبت اولیه خاک بر تولید رواناب و هدررفت خاک در بافت‌های مختلف، تحت باران شبیه‌سازی شده

مهران بهتری^۱ و علیرضا واعظی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۸

چکیده

مقدار رطوبت خاک سطحی، نقشی مهم و مؤثر در تولید رواناب و هدررفت خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد. به‌همین منظور آزمایشی با هدف تعیین اثر رطوبت اولیه بر رواناب و هدررفت خاک در دو بافت خاک (لومی، لوم‌رس‌شنی) در زمینی بکر در محدوده دانشگاه زنجان با چهار سطح رطوبت اولیه (یک، چهار، هفت و ۱۰ روزه) انجام شد. آزمایش صحرائی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ابعاد کرت (۸۰ × ۶۰ سانتی‌متر) با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران انجام گرفت. برای هر خاک ۱۲ کرت در دامنه‌ای با شیب یکنواخت هفت درصد احداث شد. کرت‌ها تحت باران شبیه‌سازی شده با شدت ۵۵ میلی‌متر بر ساعت و تداوم ۳۰ دقیقه‌ای قرار گرفتند. نتایج نشان داد که، تفاوت معنی‌داری از نظر مقدار رواناب بین خاک‌های مطالعاتی وجود داشت ($p < 0.01$) که این موضوع متأثر از مقدار رطوبت اولیه در خاک‌ها بود. تفاوتی معنی‌دار در خاک لومی از نظر مقدار هدررفت خاک بین سطوح رطوبتی اولیه مشاهده نشد ($p < 0.05$)، خاکدانه‌های با رطوبت اولیه بالا در این خاک در مقابل جداسازی بوسیله قطرات باران مقاومت کردند، در حالی‌که این تغییرات در بین سطوح رطوبتی اولیه خاک لوم‌رس‌شنی معنی‌دار بود ($p < 0.05$)، که به مقدار اندک ماده آلی و مقدار بیشتر رس، مرتبط بود. برخلاف انتظار، رابطه‌ای معنی‌داری ($p < 0.05$) بین هدررفت خاک و تولید رواناب، تحت سطوح رطوبتی در خاک‌ها مشاهده نشد.

کلید واژه‌ها: رطوبت اولیه خاک، کرت رواناب، سطوح

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه زنجان
۲. نویسنده مسئول و دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه زنجان، پست الکترونیک: vaezi.alireza@gmail.com

درصد و رواناب ۸۴ درصد افزایش معنی دار نسبت به باران اول نشان داد ($p < 0.05$). وی و همکاران [۵۲] در سیستم‌های کشت نواری چندگانه^۱ نشان دادند که مکش برابر ۳۰- کیلو پاسکال (ظرفیت زراعی)، حد آستانه رطوبت اولیه خاک بود که باعث به وجود آمدن رواناب در فصول بارانی شد. ورمانگ و همکاران [۵۱] با بررسی رواناب و رسوب در خاکدانه‌های یک خاک لوم سیلتی در سه سطح رطوبت اولیه (۰/۰۴، ۰/۱۲ و ۰/۱۹ حجمی) نشان دادند که رواناب و هدررفت خاک از تیمار با رطوبت اولیه بالا کم‌ترین بود. این موضوع به دلیل ثبات نسبی خاکدانه‌ها در رطوبت بالا و در نتیجه تأثیر کم‌تر بر کاهش نفوذ در اوایل بارندگی بود. در رطوبت اولیه پایین به دلیل تشکیل بیش‌تر سله، تولید رواناب نیز بیش‌تر بود. ترومن و همکاران [۴۸] نشان دادند که با افزایش رطوبت اولیه از ۱/۱ به ۱۰/۱ درصد در خاک شنی لومی، رواناب بیش از ۶۰ درصد و سرعت حداکثر رواناب بیش از ۶۲ درصد افزایش و رسوب تا ۵۹ درصد کاهش یافت. مو و همکاران [۳۶] اثر شدت بارش و درجه شیب را بر رواناب و محتوی رطوبت خاک با استفاده از باران شبیه‌ساز بررسی کردند. نتایج نشان داد که ضریب رواناب با افزایش شدت بارش و شیب در هر مرحله‌ی رویشی افزایش یافت. آنها همچنین رابطه بین ضریب رواناب و رطوبت اولیه‌ی خاک را به صورت چند متغیره و غیرخطی به دست آوردند.

در ایران نیز پژوهش‌هایی هر چند محدود در مورد اثر رطوبت اولیه بر تولید رواناب در خاک‌های مختلف انجام گرفته است. کوچک زاده و بهمنی [۲۸] نشان دادند که در خاک رسی در یک شدت بارش یکسان (دو تا شش میلی‌متر بر ساعت) با افزایش مقدار رطوبت اولیه خاک (از مکش ۱۰۰۰- تا ۵۰۰۰- سانتی‌متر)، زمان شروع رواناب افزایش یافت. اُرشم و همکاران [۳۹] نشان دادند که با افزایش رطوبت اولیه تا ظرفیت زراعی، بافت‌های سبک و سنگین به ترتیب کم‌ترین ضریب رواناب (۳۹ درصد) تا بیش‌ترین مقدار (۵۴ درصد) تحت باران شبیه‌سازی شده (۸۰ میلی‌متر بر ساعت) را نشان دادند. رسوب تولیدی نیز با روند تولید رواناب همخوانی داشت. آزموده و همکاران [۳] نشان دادند که کاربری جنگل نسبت به کاربری‌های زراعی و باغی به دلیل داشتن مقادیر بالای رطوبت اولیه خاک (۴۱ درصد)، بیش‌ترین حجم رواناب (۱/۳۱۹ لیتر) را تحت باران شبیه‌سازی شده (۱۲۰ میلی‌متر بر ساعت) داشت. همچنین همبستگی معنی‌دار مثبت بین درصد رطوبت اولیه رواناب وجود داشت ($r = 0.82$).

رطوبت اولیه خاک عامل فیزیکی بسیار مهم است که در اغلب فرایندها همچون نفوذپذیری، رواناب، هدررفت خاک نقش اساسی ایفاء می‌نماید. نقش این عامل در رابطه با تولید جریان‌های سطحی بسیار حائز اهمیت می‌باشد، با این وجود در اغلب مدل‌های فیزیکی فرسایش به عنوان عاملی مهم وارد نشده است. در مباحث مرتبط به رواناب بیش‌تر به مدل‌سازی رواناب براساس ویژگی‌های حوزه

آبخیز پرداخته شده است و اثر رطوبت اولیه در کنار سایر ویژگی‌های حوزه آبخیز مورد بررسی قرار نگرفته است. در مورد تأثیر رطوبت اولیه خاک بر تولید رسوب نیز تحقیقات گسترده‌ای در داخل کشور صورت نپذیرفته است و بیش‌تر بررسی‌ها سطوح رطوبت اولیه خاک و تعداد رخداد‌های باران به کار گرفته شده کم‌تر و اغلب بر روی خاک‌های دست خورده و در شرایط آزمایشگاهی انجام گرفته است. بنابراین در تحقیق حاضر از ۱۲ سطح رطوبتی برای هر خاک و نیز از پنج رخداد بارش ۳۰ دقیقه‌ای، یعنی مجموعاً ۱۲۰ بارش (۵×۲۴) بهره برده شد. به‌طور کلی مشخصات باران‌ها و ویژگی‌های خاک‌ها به‌ویژه از نظر نفوذپذیری در بسیاری از مناطق نیمه‌خشک متفاوت از سایر مناطق اقلیمی است. در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک مشابه با بسیاری از مناطق کشور، به دلیل ضعف پوشش گیاهی و ساختمان ناپایدار خاک، وقوع بارش‌های فصلی اغلب منجر به بروز رواناب‌های زیاد و در نتیجه هدررفت زیاد خاک می‌شود. این پژوهش برای کمی کردن اثرات محتوای رطوبتی اولیه خاک بر تولید رواناب و هدررفت خاک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

دامنه مطالعاتی

آزمایش در زمینی بکر و دست‌نخورده در محدوده دانشگاه زنجان، در مختصات جغرافیایی واقع بین ۲۵' ۳۵" تا ۱۵' ۳۷" عرض شمالی و ۱' ۴۷" تا ۵۲' ۴۹" طول شرقی در سال ۱۳۹۰ انجام گرفت (شکل ۱). متوسط بارندگی منطقه مطالعاتی، در دوره آماری ۳۳ ساله (۱۳۸۵-۱۳۵۲) ۳۰۹ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه ۲۳/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن خشک می‌باشد [۲۳]. مطابق اندازه‌گیری شیب به‌وسیله شیلنگ تراز، زمین مورد نظر دارای شیب تقریباً یکنواخت هفت درصد بود که در محدوده شیب غالب منطقه قرار داشت. علت بررسی موضوع تحت شرایط طبیعی زمین این بود که بررسی تأثیر رطوبت اولیه بر نفوذ و رواناب تحت شرایط آزمایشگاهی به دلیل به هم خوردگی شدید ساختمان خاک و عدم فراهم آوردن عمق مناسب از خاک برای بررسی اهمیت نفوذ بر رواناب دارای محدودیت‌ها و خطاهای زیادی می‌باشد.

قابل ذکر است که تغییرات بافت خاک در زمین مطالعاتی مشهود بود. برای بررسی این موضوع، نمونه‌برداری از ۱۵ نقطه از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر در طول شیب در نقاط مختلف زمین انجام گرفت و توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری [۹] با استفاده از هگزامتافسفات سدیم تعیین شد. اجزاء شن به تفکیک شن بسیار ریز، ریز، متوسط، درشت و بسیار درشت با استفاده از الک‌های مختلف (۰/۰۵، ۰/۱۵، ۰/۲۵، ۰/۵، یک و دو میلی‌متر) نیز تعیین شد [۱۹]. بر این اساس در منطقه مورد مطالعه دارای دو نوع خاک با بافت لومی و لوم‌رسی شنی شناسایی شد. پیش از احداث کرت‌ها، جرم مخصوص

1. Alley cropping system

2. Hose balance method

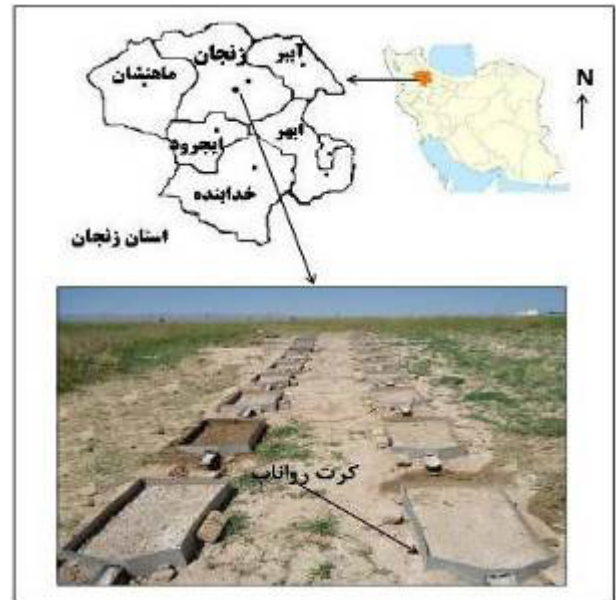
ظاهری (D_p) به وسیله سیلندر در صحرا اندازه‌گیری شد [۱۵].

برداشت و رطوبت اولیه آن‌ها پیش از اعمال باران به‌روش جرمی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. اعمال این فواصل زمانی بر اساس نتیجه یک پیش‌آزمایش روی کرت‌ها بود تا امکان دستیابی به یکنواختی در توزیع رطوبت [۳۲] و بروز تفاوت قابل ملاحظه بین کرت‌ها از نظر رطوبت انتخاب شود. از سوی دیگر، هدف، مطالعه‌ی تعداد بیش‌تری از سطوح رطوبتی اولیه خاک بود تا بتوان میزان تولید رواناب و هدررفت خاک را در دامنه وسیع‌تری از مقادیر رطوبت اولیه مورد ارزیابی قرار داده و کمی نمود.

طراحی دستگاه شبیه‌ساز باران

به‌منظور بررسی اثر رطوبت اولیه خاک بر رواناب و هدررفت خاک یک دستگاه شبیه‌ساز باران طراحی و استفاده شد (شکل ۲). طی دهه‌های اخیر، پیشرفت‌های چشمگیری در امر تحقیقات مربوط به فرسایش در جهان به وجود آمده و روش‌های آسان و دقیقی برای اندازه‌گیری فرسایش آبی ابداع شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از دستگاه‌های شبیه‌ساز باران می‌باشد. در این روش، با استفاده از مقدار و شدت باران، انرژی قطرات باران و رواناب سطحی، میزان خاک شسته شده، برآورد می‌شود [۴۵]، همچنین به‌دلیل تفاوت در شدت بارندگی و اندازه قطرات محدودیت‌های فراوانی در باران‌های طبیعی وجود دارد و به‌کارگیری باران‌های شبیه‌سازی شده امکان ایجاد شرایط یکنواخت از نظر شدت بارش و تکرارپذیری را فراهم می‌آورد [۵۲]. برای این منظور دستگاه شبیه‌ساز باران به‌طریقه بار ثابت^۱ براساس تجزیه و شدت‌های بارندگی منطقه در دانشگاه زنجان طراحی و ساخته شد. باران‌ساز مورد استفاده، طوری طراحی گردید که به راحتی قابل حمل و نقل باشد. این باران‌ساز برای تعیین خصوصیات فرسایشی خاک، میزان نفوذ آب و همچنین تحقیقات حفاظت خاک مناسب بوده و استفاده از آن به‌منظور تعیین فرسایش‌پذیری در صحرا روشی استاندارد محسوب می‌شود [۲۴]. معیارهای مهم برای شبیه‌سازی باران شامل: سرعت برخورد قطرات به سطح زمین با سرعت حد، زاویه برخورد عمودی قطرات با سطح خاک، شدت باران یکنواخت بر تمام سطح مورد آزمایش، قابلیت تولید مجدد الگوهای بارش، قابلیت حمل و بردن آسان دستگاه شبیه‌ساز به صحرا می‌باشد [۸].

بررسی آمار ۱۰ ساله (سال ۱۳۹۰-۱۳۸۰) ایستگاه قلتوق در منطقه نشان داد که شدت بارندگی در محدوده پنج تا ۱۰۰ میلی‌متر بر ساعت با تداوم سه تا ۶۰ دقیقه قرار دارد. از آنجا که انتخاب شدت‌های پایین موجب بروز غیریکنواختی توزیع باران در سطح صفحه بارش می‌شد و از سوی دیگر تأثیری بارز بر تولید رواناب در سطوح مختلف رطوبتی نداشت، شدت و مدت بارندگی برای کلیه آزمایش‌های شبیه‌سازی باران در این پژوهش، ثابت و به ترتیب برابر با ۵۵ میلی‌متر بر ساعت و با تداوم ۳۰ دقیقه‌ای انجام شد. دستگاه شبیه‌ساز مذکور دارای صفحه بارش به ابعاد 70×90 سانتی‌متر و متشکل از ۴۵۰ نازل که به فاصله سه سانتی‌متری از هم



شکل ۱- نقشه کلی منطقه و موقعیت کرت‌های آزمایشی مستقر (60×80 سانتی‌متر) در زمین بکر به‌منظور اندازه‌گیری رواناب و هدررفت خاک

Figure 1- General map area and established experimental plots (60×80 cm) in the intact ground to measure runoff and soil loss

استقرار کرت‌های آزمایشی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در دو نوع خاک (لومی و لومرس‌سنی) با چهار سطح رطوبتی هر کدام در سه تکرار در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی اجرا شد. پیش از ایجاد کرت‌ها به‌منظور رفع ناهمواری سطح و ایجاد شرایطی مشابه با شرایط کشتزارهای دیم، ابتدا زمین در جهت شیب شخم زده شد. برای حذف تأثیر علف‌ای‌هرز بر جذب رطوبت خاک، سطح زمین از پوشش گیاهی حذف شد. کرت‌های فرسایشی از صفحات گالوانیزه با ضخامت 0.5 میلی‌متر به شکل مستطیل با ابعاد 60×80 سانتی‌متر و عمق 25 سانتی‌متر احداث شدند. برای هر بافت خاک، 12 قطعه کرت برای پیاده‌سازی چهار سطح رطوبت اولیه در سه تکرار به فاصله 0.5 متر در راستای شیب ایجاد شدند. در قسمت پایین دست کرت، لوله و مخزنی برای جمع‌آوری رواناب و هدررفت خاک تعبیه شد (شکل ۱).

اعمال سطوح رطوبتی

برای ایجاد چهار سطح رطوبتی، خاک داخل کرت‌ها به‌روش ثقلی با آب اشباع شد و بلافاصله سطح آنها با پلاستیک سیاه پوشانیده شد [۳۲]. در فواصل زمانی یک، چهار، هفت و ۱۰ روز پس از اشباع‌سازی، نمونه‌هایی از خاک داخل کرت‌ها با استوانه فلزی

رسوبات، آب خالص رویی به آرامی تخلیه و رسوبات ته‌نشین شده توسط کاغذ صافی (Wattman, 42) جدا و برای خشک کردن به آن منتقل شدند. در ادامه، نمونه‌های رسوب به مدت ۲۴ ساعت در آن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن شدند و در نهایت غلظت رسوب (برحسب گرم بر لیتر) و هدررفت خاک (برحسب گرم بر متر مربع) تعیین شدند [۲۵ و ۴۵].

نمونه برداری خاک و اندازه‌گیری ویژگی‌های آن

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف خاک، پیش از اعمال باران‌ها، از خاک هر کرت (مجموعاً ۲۴ کرت) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک، نمونه‌های دو کیلوگرمی برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک برداشت و به آزمایشگاه منتقل و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک برای هر یک از کرت‌ها و تیمارهای مورد مطالعه تعیین و اندازه‌گیری شد. درصد سنگریزه (دو تا هشت میلی‌متر) به روش وزنی [۲۷]، جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر [۱۰]، میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) به روش الک تر با استفاده از مجموعه الک‌های ۰/۲۵، ۰/۵، یک، دو، ۴/۷۵ و بزرگتر از شش میلی‌متر [۳۰] به مدت یک دقیقه، هدایت هیدرولیکی به روش بار ثابت [۳۵]، pH خاک در گل اشباع با استفاده از pH متر، شوری خاک در عصاره اشباع با استفاده از EC متر [۱۲]، درصد کربن آلی خاک به روش والکلی-بلک^۱ [۱۸]، کربنات کلسیم معادل به روش روش خنثی‌سازی اسید^۲ [۱۷]، درصد گچ خاک به روش استون^۳ [۱۱] اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین برای تعیین نسبت سدیم قابل تبادل (ESR)^۴ بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر از طریق رابطه تجربی (۱) استفاده شد [۴].

(۱)

$$ESR = \frac{100 ESP}{1 + ESP}$$

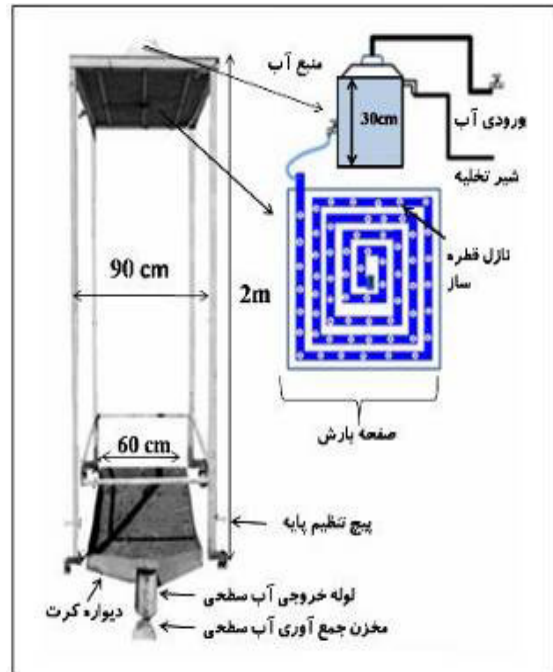
که در آن: ESP^۵ درصد سدیم قابل تبادل برحسب میلی‌اکی والان بر لیتر می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

نرمال بودن توزیع آماری داده‌ها با رسم نمودار هیستوگرام و تحلیل چولگی و کشیدگی داده‌ها بررسی شد. تأثیر بافت خاک (لومی و لوم‌رس‌شنی) و رطوبت اولیه آن بر رواناب و هدررفت خاک به روش تجزیه واریانس با استفاده از آزمون دانکن بررسی شد [۲۲ و ۴۵]. تفاوت دو بافت خاک از نظر ویژگی‌های مختلف با استفاده از آزمون t جفتی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ بررسی شد [۶]. روابط رواناب و نیز هدررفت خاک با رطوبت اولیه خاک با بررسی توابع خطی به دست آمد.

1. Walkley-Black
2. Acid neutralization method
3. Acetone
4. Exchangeable sodium ratio
5. Exchangeable sodium percentage

در ارتفاع دو متر نصب شده بودند، قرار داشتند. یکی از معیارهای شبیه‌سازی مطلوب باران، توزیع مناسب اندازه قطرات است [۳۴]، قطر قطرات تولیدی در باران شبیه‌سازی شده یکنواخت و برابر با ۲/۱۷ میلی‌متر بود. در شبیه‌سازهای باران، سرعت برخورد قطرات با سطح خاک تابعی از اندازه، ارتفاع بارش و سرعت اولیه قطرات است [۳۴]، که این سرعت برای این شبیه‌ساز باران، ۶/۲۶ متر بر ساعت بود. هم‌چنین انرژی جنبشی باران پارامتری اساسی برای اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی است که به شدت بارندگی بستگی دارد [۳۴]. مقدار این انرژی برای شبیه‌ساز باران به کار برده شده در این پژوهش ۲۷۶/۱۹ ژول بر مترمربع بر سانتی‌متر باران بود.



شکل ۲- اجزای دستگاه شبیه‌ساز باران طراحی شده و کرت رواناب و هدررفت خاک

Figure 2- Components of designed rainfall simulator and runoff and soil loss plot

اعمال باران‌های شبیه‌سازی شده

هر رخداد باران در چهار فاصله زمانی (یک، چهار، هفت و ۱۰ روزه پس از عمل اشباع‌سازی)، بر کرت‌ها اعمال و در هر رخداد میزان رواناب و هدررفت خاک در مخزن انتهایی هر کرت جمع‌آوری شد. سپس حجم رواناب در فاصله زمانی یک، دو، سه، چهار، پنج، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه از آغاز بارندگی اندازه‌گیری شد [۵۲]. از مخلوط جمع شده در مخزن انتهایی هر کرت، نمونه‌ای همگن با حجم ۵۰۰ میلی‌لیتری برای تعیین مقدار رواناب و هدررفت خاک تولید شده، تهیه شد. غلظت رسوب و هدررفت خاک به روش تخلیه آبرویی و ته‌نشینی و رسوب‌گذاری مواد [۴۴] در نمونه‌ها تعیین شدند. برای این کار پس از گذشت حدود ۴۸ ساعت و ته‌نشینی

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

جدول ۱ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی و مقایسه آماری تفاوت آن‌ها در دو بافت خاک را نشان می‌دهد. خاک‌ها از نظر ماده آلی فقیر (کم‌تر از یک درصد) بوده، با این وجود دارای مقدار نسبتاً زیادی کربنات کلسیم معادل و گچ بودند. هر دو خاک دارای درصد سنگریزه فراوانی (۲۳ تا ۲۴ درصد) بوده و پایداری خاکدانه‌ها در آب نسبتاً پایین بود. خاک‌ها دارای تفاوتی معنی‌دار از نظر توزیع اندازه ذرات، جرم مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی اشباع، pH، هدایت الکتریکی (EC) و ماده آلی بودند. خاک لومی در کنار آن که دارای جرم مخصوص ظاهری بیشتری

از خاک لوم‌رس‌شنی می‌باشد، محتوای ماده آلی بیشتری نیز دارد. وجود ماده آلی در خاک مانع از فروپاشی خاکدانه و افزایش پایداری آن، افزایش ظرفیت نگهداری آب و نفوذپذیری خاک، و ممانعت از تشکیل سله در سطح خاک می‌شود [۵].

تأثیر بافت خاک بر رطوبت اولیه، رواناب و هدررفت خاک

جدول ۲ تجزیه واریانس اثر بافت خاک (لومی و لوم‌رس‌شنی) بر رطوبت اولیه، رواناب و هدررفت خاک را نشان می‌دهد. بین خاک‌ها تفاوتی معنی‌دار از نظر رطوبت اولیه ($p < 0.05$) و تولید رواناب ($p < 0.01$) وجود داشت در حالی که از نظر هدررفت خاک تفاوتی معنی‌دار ($p < 0.05$) بین خاک‌ها مشاهده نشد. میزان خطای ذکر شده در جدول ۲ نشان دهنده معیار کمترین مربعات می‌باشد،

جدول ۱- ویژگی‌های خاک‌های مورد بررسی

Table 2- Characteristics of study soils

Soil texture بافت خاک	Soil properties ویژگی‌های خاک	
Sandy Clay Loam لوم‌رس‌شنی	Loamy لومی	
57.35 ^a	36.64 ^b	شن (درصد) (% Sand)
19.49 ^b	42.50 ^a	سیلت (درصد) (% Silt)
23.16 ^a	20.86 ^b	رس (درصد) (% Clay)
23.11 ^{ns}	24.02 ^{ns}	سنگریزه (درصد) (% Gravel)
1.25 ^b	1.32 ^a	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب) Bulk density (g/cm ³)
0.50 ^b	0.79 ^a	هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی‌متر بر ساعت) Saturated hydraulic conductivity (cm/h)
2.42 ^{ns}	2.15 ^{ns}	پایداری خاکدانه (میلی‌متر) (Aggregate stability (mm))
7.51 ^b	7.87 ^a	pH
1.03 ^b	1.22 ^a	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical Conductivity (dS/m)
0.64 ^b	0.94 ^a	ماده آلی (درصد) (% Organic matter)
13.55 ^{ns}	13.86 ^{ns}	کربنات کلسیم معادل (درصد) Equivalent calcium carbonate (%)
15.36 ^{ns}	15.10 ^{ns}	گچ (درصد) (% Gypsum)
3.44 ^{ns}	3.24 ^{ns}	

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر بافت خاک بر مقدار رطوبت اولیه، تولید رواناب و هدررفت خاک

Table 3- Analysis of variance the effect of soil texture on the initial moisture content, runoff generation and soil loss

Mean squares میانگین مربعات			درجه آزادی Degrees of freedom	منابع Source
هدررفت خاک (گرم بر متر مربع) Soil loss (gr/m ²)	رواناب (میلی‌متر) Runoff (mm)	رطوبت اولیه (درصد) Initial moisture (%)		
17.3 ^{ns}	98.98 ^{**}	6.64 [*]	1	بافت خاک Soil texture
10.17	1.54	1.12	22	خطا Error

** و ***: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns: بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار هستند.

*, **: Indicate a significant difference at the probability level respectively at 5 and 1 percent and ns: indicate not significantly different.

یعنی انحراف عمودی هر نقطه را از خط بیان و بهترین خط تطبیقی را ارائه می‌دهد که بایستی حداقل مقدار را دارا باشد. که این میزان در رطوبت اولیه خاک حداقل (۱/۱۲) و در هدررفت خاک حداقل (۱۰/۱۷) است.

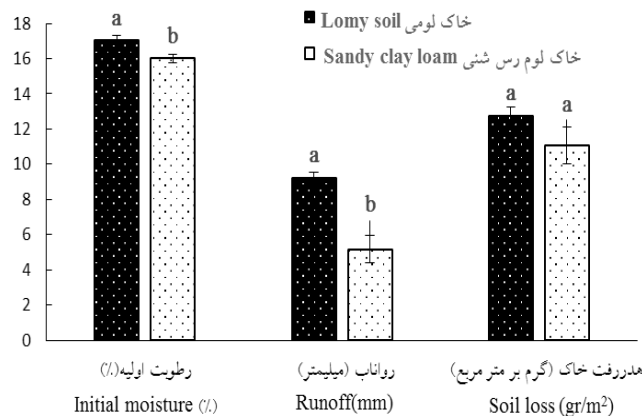
شکل ۳ مقایسه میانگین بین دو نوع خاک لومی و لومرسنی را نشان می‌دهد. بر این اساس میانگین مقدار رطوبت اولیه خاک (در فواصل زمانی یک، چهار، هفت و ۱۰ روز پس از اشباع‌سازی) در خاک لومی ۱۷/۰۶ درصد و در خاک لومرسنی ۱۶/۰۱ درصد بود. که در سطح ۵ درصد رابطه معنی دار با یکدیگر نشان دادند. در خاک لومی به دلیل درصد ماده آلی بالاتر [۲۹] و از طرفی به دلیل بالا بودن مقدار شن در خاک لومرسنی، تخلخل ریز در این خاک کاهش یافته و از طرفی چون ذرات شن بر روی سطح ویژه تأثیر بسیار کمی دارند، بنابراین سبب نگهداری رطوبت کمتری در این خاک شد [۴۳]. در کل می‌توان چنین گفت که خاک لومی به دلیل ماده آلی بیشتر و از سوی دیگر به دلیل تخلخل ریز، قدرت نگهداری آب بیشتری نسبت به خاک لومرسنی از خود نشان داد. کینگ و استارک [۲۶] بیان نمودند که توزیع اندازه ذرات تأثیر زیادی بر مقدار واقعی رطوبت اولیه و ظرفیت نگهداشت خاک دارد.

میانگین تولید رواناب در خاک لومی و لومرسنی رابطه معنی دار در سطح ۱ درصد از خود نشان داد. میزان تولید رواناب در دو خاک لومی و لومرسنی به ترتیب ۹/۲۳ و ۵/۱۷ میلی‌متر بود. دلیل بالا بودن میزان رواناب تولیدی در خاک لومی به دلیل بالا بودن میزان رطوبت اولیه در این خاک بود. با افزایش رطوبت اولیه خاک، سرعت نفوذ کاهش یافته و بخش نسبتاً بیشتری از باران به رواناب تبدیل شد. محققان زیادی به تأثیر چشم‌گیر بافت خاک بر تولید رواناب اشاره کرده‌اند [۵۲ و ۱۳]. مارتینز و همکاران [۳۵] بیان نمودند که خاک‌های ریزبافت با نفوذپذیری پایین (کم‌تر از پنج میلی‌متر بر ساعت) و مواد آلی اندک (کم‌تر از ۰/۵ درصد)، ضریب رواناب بالاتر (۹ درصد) و آستانه شروع رواناب پایین‌تری (سه تا

شش میلی‌متر) نسبت به خاک‌های درشت بافت دارند. میزان تولید هدررفت خاک در دو نوع خاک رابطه معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. با این وجود میزان هدررفت خاک در خاک لومی بالاتر از میزان هدررفت در خاک لومرسنی بود. این امر به دلیل میزان رواناب بالای تولیدی در این خاک بود. نفوذپذیری خاک مهم‌ترین ویژگی خاک است که بر تولید رواناب اثر می‌گذارد. رواناب نیز عامل اصلی انتقال ذرات و تولید رسوب است. پس رطوبت اولیه با تأثیر بر نفوذ و در نتیجه تولید رواناب بر هدررفت خاک اثر می‌گذارد [۴۸].

تأثیر رطوبت اولیه خاک بر تولید رواناب

نتایج نشان داد که تولید رواناب در هر دو خاک به شدت تحت تأثیر رطوبت اولیه خاک قرار دارد (شکل ۴). بر اساس نتایج، بین مقدار رواناب و مقدار رطوبت اولیه رابطه‌ای معنی‌دار هم در خاک لومی ($p < 0/01$ و $R^2 < 0/05$) و هم در خاک لومرسنی ($p < 0/05$ و $R^2 < 0/42$) وجود داشت. با افزایش مقدار رطوبت اولیه در هر دو خاک، تولید رواناب افزایش قابل توجهی داشت. وابستگی رواناب به رطوبت اولیه در خاک لومی بیش‌تر از خاک لومرسنی بود. رطوبت اولیه خاک تأثیر زیادی بر هر دو فرآیند شکسته شدن خاکدانه‌ها و فرسایش خاک در خاک لومی داشت. بعد از شکسته شدن خاکدانه‌ها در اثر ضربه قطرات باران، جزء رس موجود در خاکدانه‌های این خاک آزاد شده و پراکنش یافته است، زیرا که ذرات رس به آسانی بوسیله جریان‌های سطحی به نسبت ذرات سیلت و شن انتقال پیدا می‌کنند. این ذرات در منافذ خاک رسوخ کرده و باعث بند آمدن این منافذ گشته و این امر در ادامه بارش‌های بعدی سبب کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب سطحی در این خاک را به دنبال داشته است [۴۷]. رابطه مثبت بین رطوبت اولیه خاک با میزان رواناب با یافته‌های کاستیلو و همکاران [۱۳]، وهابی و نیکنامی [۴۹] همخوانی دارد. دفرشا و همکاران [۱۶] بیان کردند که سرعت رواناب در زمینی با شیب نه درصد بین دو خاک لومی و لومرسنی تحت شرایط



شکل ۳- مقایسه میانگین میزان رطوبت اولیه، تولید رواناب و هدررفت خاک در دو بافت خاک لومی و لومرسنی

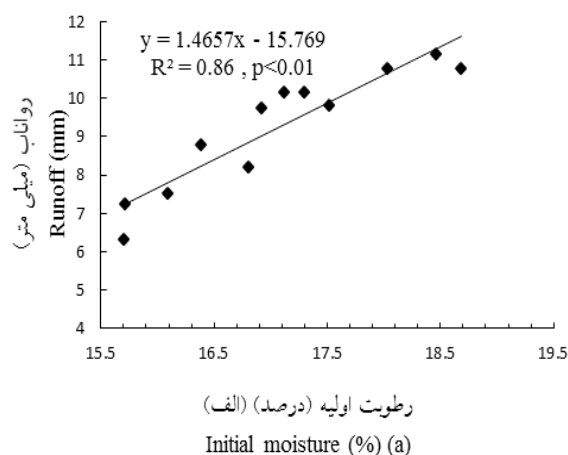
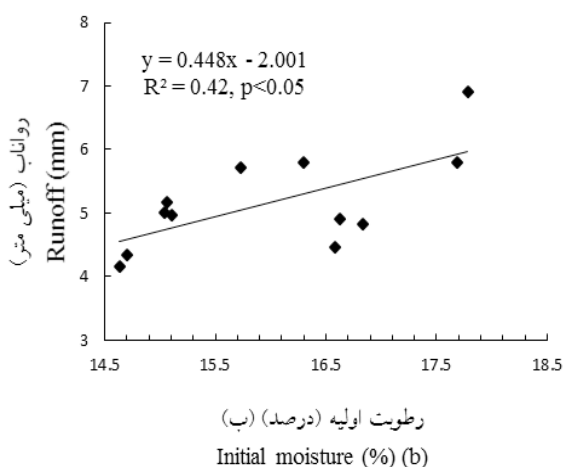
Figure 3- Mean comparison of the initial moisture content, runoff generation and soil loss in two soil texture loamy and sandy clay loam

رطوبت اولیه بالا باعث جداشدگی بیشتر این ذرات شده و مقدار هدررفت خاک بیشتری را نسبت به خاک لومی سبب شد. نتایج مشابهی توسط بلانکو و ل [۷] نیز در این زمینه گزارش شده است. اگرچه افزایش رطوبت اولیه خاک، افزایش تولید رواناب را در هر دو خاک به دنبال داشت اما تأثیر رطوبت اولیه بر هدررفت خاک در خاک لومرسنی بیش تر از تأثیر آن بر تولید رواناب بود. عباسی و همکاران [۱] نیز نشان دادند که همبستگی رطوبت پیشین با میزان رسوب می تواند متفاوت باشد. این حال دفشا و همکاران [۱۶] بیان کردند عملکرد رسوب در خاک لومرسنی مستقل از رطوبت اولیه بوده در حالی که افزایش رطوبت اولیه از رطوبت هوا خشک به مرطوب در خاک لومی باعث کاهش رسوب از ۱/۲ کیلوگرم بر متر مربع بر ساعت به یک کیلوگرم بر متر مربع بر ساعت شد.

رطوبت هوا خشک و مرطوب اختلافی معنی دار داشت ($p < 0.01$) طوری که سرعت رواناب تحت شرایط رطوبت هوا خشک و مرطوب در خاک لومی به ترتیب ۶۲/۲ و ۳۹/۴ میلی متر بر ساعت و در خاک لومرسنی به ترتیب ۴۷/۳ و ۵۹/۹ میلی متر بر ساعت بود.

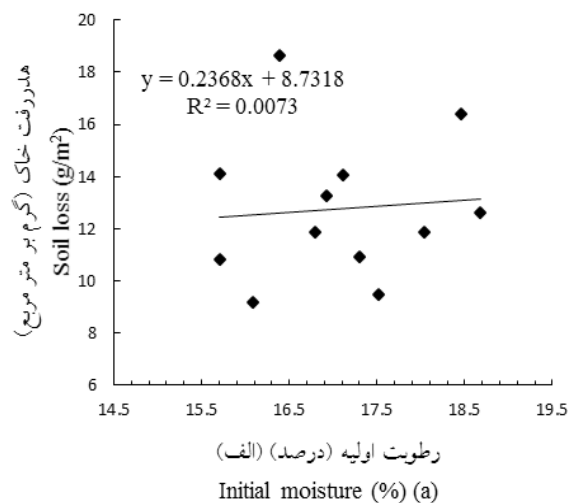
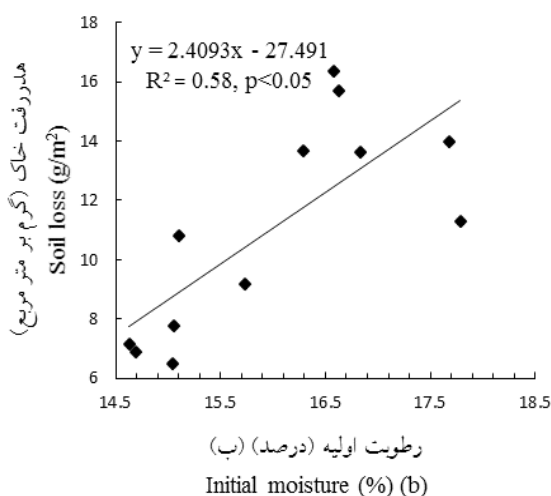
تأثیر رطوبت اولیه خاک بر هدررفت خاک

براساس نتایج شکل ۵، هدررفت خاک تنها در خاک لومرسنی رابطه ای معنی دار با مقدار رطوبت اولیه خاک داشت ($p < 0.05$) و ($R^2 < 0.58$). با وجود آن که مقدار رطوبت اولیه در خاک لومرسنی پایین تر از خاک لومی بود، لیکن تغییرات رطوبت اولیه در خاک لومرسنی اثری قابل توجه بر تغییرات هدررفت خاک داشت. در خاک لومرسنی با افزایش رطوبت اولیه، هدررفت خاک افزایش یافت. در خاک لومرسنی به دلیل مقدار کمتر ماده آلی و مقدار بیش تر رس نسبت به خاک لومی، برخورد قطرات باران به ذرات با



شکل ۴- تأثیر مقدار رطوبت اولیه خاک بر تولید رواناب در خاک های لومی (الف) و لومرسنی (ب)

Figure 4- The effect of initial soil moisture content on runoff generation in loamy (a) and sandy clay loam (b) soils



شکل ۵- تأثیر مقدار رطوبت اولیه خاک بر مقدار هدررفت خاک در خاک های لومی (الف) و لومرسنی (ب)

Figure 5- The effect of initial soil moisture content on the amount of soil loss in loamy (a) and sandy clay loam (b) soils

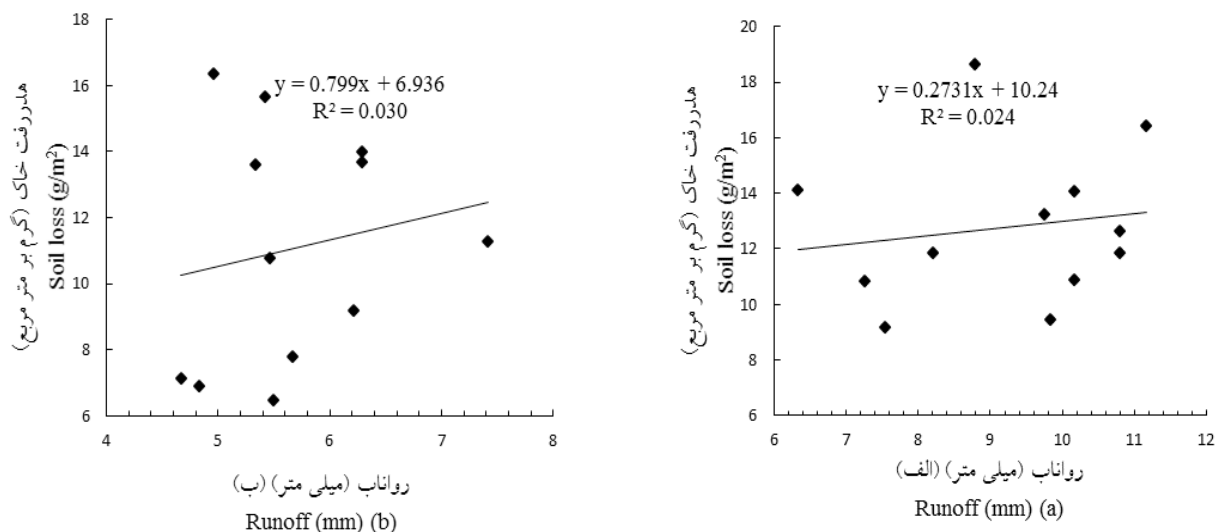
رابطه بین هدررفت خاک و رواناب

بر اساس نتایج به دست آمده مقدار هدررفت هیچ یک از خاک‌های مطالعاتی تحت تأثیر رواناب قرار نگرفتند (شکل ۶). در خاک لومی با وجود آن که مقدار رواناب به شدت تحت تأثیر رطوبت اولیه قرار گرفت، اما تأثیر رطوبت اولیه بر مقدار هدررفت خاک نسبتاً کمتر بود. از این رو رابطه بین آن دو در این خاک معنی‌دار نبود ($p < 0.05$). این موضوع به دلیل پایداری نسبی خاک لومی در برابر باران بود. با افزایش رطوبت خاک و کاهش ظرفیت نفوذ آب باران در خاک لومی، تولید رواناب بیش‌تر شد اما به دلیل ثبات نسبی خاکدانه‌ها و مقاومت نسبتاً بالای سطح خاک به دلیل دارا بودن میزان کربنات کلسیم معادل، هدررفت خاک افزایش کمتری پیدا کرد. در خاک‌هایی که رواناب زیادی تولید می‌شود، ایجاد لایه رواناب روی سطح خاک مانع برخورد مستقیم قطرات باران بر سطح خاک و کاهش سرعت جدا شدن ذرات خاک در اثر نیروی قطرات باران و در نتیجه کاهش هدررفت خاک می‌شود. نتایج مشابهی توسط پویسن و لاوی [۴۱] که روی تأثیر اندازه و تلفیق مالچ مصنوعی بر روی رواناب و هدررفت خاک حاصل از فرسایش بین شیاری با بارندگی شبیه‌سازی شده کار می‌کردند گزارش شده است. در خاک لوم‌رس‌شنی نیز از آنجا که روند افزایش رواناب و هدررفت خاک با افزایش رطوبت اولیه مشابه یکدیگر نبود، رابطه‌ای معنی‌دار بین هدررفت خاک و رواناب مشاهده نشد ($p > 0.05$). در واقع در خاک لوم‌رس‌شنی با افزایش رطوبت اولیه، هدررفت خاک نسبت به رواناب به مراتب بیش‌تر شد، طوری که غلظت رسوب در این خاک به مراتب بیش‌تر از خاک لومی بود. افزایش بار رسوب در جریان سطحی نشان از ناپایداری ساختمان در خاک لوم‌رس‌شنی بود. راموس و همکاران [۴۲] با

استفاده از باران شبیه‌سازی شده در آزمایشگاه، میزان هدررفت خاک را بین ۰/۱ تا ۱/۵ کیلوگرم بر مترمربع بر ساعت گزارش کردند. آن‌ها دلیل کم بودن میزان هدررفت خاک تولیدی را بکر بودن خاک و انجام نگرفتن هیچ فعالیت زراعی بیان نمودند. ورمانگ و همکاران [۵۱] نیز بیان نمودند که اثر خالص رطوبت اولیه خاک بر هدررفت خاک به‌خوبی روشن نبوده و زمانی که رطوبت اولیه بالا باعث افزایش یا کاهش معنی‌دار رواناب می‌شود، مقدار هدررفت خاک دارای پیچیدگی‌های بیش‌تری می‌شود. بررسی‌های نورمحمدی و همکاران [۳۸] در حوزه آبخیز مرتعی در دره‌شهر نیز نشان داد که تولید رسوب با هیچ کدام از متغیرهای رواناب (حجم، سرعت و ارتفاع رواناب) همبستگی معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری کلی

رطوبت نگه داشته شده در خاک و مقدار رواناب ($p > 0.01$) بر خلاف هدررفت خاک تفاوتی چشمگیر بین دو خاک لومی و لوم‌رس‌شنی نشان داد. با افزایش رطوبت اولیه در هر دو خاک تولید رواناب افزایش چشمگیری نشان داد. که این افزایش در خاک لومی بیشتر از خاک لوم‌رس‌شنی بود. که این امر به دلیل بالا بودن میزان رطوبت اولیه در این خاک بود. در خاک لوم‌رس‌شنی با افزایش رطوبت اولیه، افزایش معنی‌داری در هدررفت خاک مشاهده شد ($p > 0.05$). در حالی که در خاک لومی این تأثیر معنی‌دار ($p > 0.05$) نبود. خاکدانه‌های با رطوبت اولیه پایین‌تر در خاک لوم‌رس‌شنی، قابلیت بیشتری برای پراکنش نسبت به خاکدانه‌های با رطوبت اولیه بالای خاک لومی از خود نشان دادند. بر اساس نتایج رابطه‌ای معنی‌دار بین مقدار هدررفت خاک و تولید رواناب در هیچ یک



شکل ۶- رابطه بین مقدار هدررفت خاک و تولید رواناب در رطوبت اولیه‌های مختلف در خاک‌های لومی (الف) و لوم‌رس‌شنی (ب)
Figure 6- Relationship between the amount of soil loss and runoff generation in the various initial soil moisture in loamy (a) and sandy clay loam (b) soil

9. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*. 54:464-465.

10. Buczek, B. and Geldart, D. 1986. Determination of the density of porous particles using very fine dense powders. *Powder Technology*. 45(2): 173-176.

11. Burt, R. 2009. Soil survey field and laboratory methods manual. Soil Survey Investigations, Report No. 51. Lincoln, Nebraska.

12. Carter, M. R. and Gregorish, E. G. 2008. Soil sampling and methods of analysis. CRC Press. p.1224.

13. Castillo, V. M. Gomez-Plaza, A. and Martinez-Mena, M. 2003. The role of antecedent soil water content in the runoff response of semiarid catchments: a simulation approach. *Journal of Hydrology*. 248: 114-130.

14. Choudhary, M. A. Lal, R. and Dick, W. A. 1997. Long-term tillage effects on runoff and soil erosion under simulated rainfall for a central Ohio soil. *Soil & Tillage Research*. 42: 175-184.

15. Cresswell, H. P. and Hamilton, G. J. 2002. Bulk density and pore space relations. In 'Soil physical measurement and interpretation for land evaluation: A laboratory handbook'. (Eds N. J. Mc Kenzie, H. Cresswell and K. Coughlan.) CSIRO Publishing: Melbourne. pp. 35-58.

16. Defersha, M. B. Quraishi, S. and Melesse, A. 2011. The effect of slope steepness and antecedent moisture content on interrill erosion, runoff and sediment size distribution in the highlands of Ethiopia. *Hydrology and Earth System Sciences*. 15: 2367-2375.

17. Fenton, G. Helyar, K. R. and Orchard, P. 1993. Soil acidity and liming. NSW Agriculture Agfact AC 19.

18. Gelman, F. Binstock, R. and Halicz, L. 2012. Application of the Walkley-Black titration for the organic carbon quantification in organic rich sedimentary rocks. *Fuel*. 96: 608-610.

19. Hazelton, P. and Murphy, B. 2007. Interpreting soil test results. CSIRO publishing, p. 169.

20. Hongsong, C. Mingyan, S. and Kelin, W. 2006. Effects of initial water content on hill slope rainfall infiltration and soil water redistribution. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 25: 24-31.

21. Jain, M. K. Kothyari, U. C. and RangaRaju, K. G. 2004. A GIS based distributed rainfall-runoff model. *Journal of Hydrology*. 299: 107-135.

از خاک‌ها مشاهده نگردید ($p > 0.05$). پایداری نسبی خاک لومی در برابر باران موجب شد تولید رواناب بیش‌تر شود اما هدررفت خاک افزایش چشمگیری پیدا نکند. در خاک لوم‌رس‌شنی با افزایش رطوبت اولیه، هدررفت خاک نسبت به رواناب به مراتب بیش‌تر شد و از این رو رابطه‌ای معنی‌دار بین هدررفت خاک و رواناب مشاهده نشد. این پژوهش نشان داد که تولید رواناب و هدررفت خاک به یک اندازه تحت تأثیر رطوبت اولیه خاک قرار نمی‌گیرند و این تفاوت عمدتاً به پایداری ساختمان خاک بستگی دارد. با افزایش پایداری ساختمان خاک، تأثیر افزایش رطوبت اولیه بر افزایش تولید رواناب به مراتب بیش‌تر از تأثیر آن بر هدررفت خاک می‌باشد. در خاک دارای ساختمان ضعیف، نقش رطوبت اولیه در هدررفت خاک بیش‌تر از نقش آن در تولید رواناب می‌باشد.

منابع

1. Abbasi, M. Najafineja, A. Berdi Sheikh, V. and Azim Mohseni, M. 2017. Investigating land use and slope effects on soil Properties, runoff and sediment using rainfall simulator case study of Kechik watershed in Golestan province. *Quarterly journal of Environmental Erosion Research*. 4(24): 104-124.

2. Auerswald, K. 1993. Influence of initial moisture and time since tillage on surface structure breakdown and erosion of a loessial soil. *Catena*. 24: 93-101.

3. Azmoodeh, A. Kaviani, A. Soleimani, K. and Vahabzadeh, G. 2010. Comparing runoff and soil erosion in forest, dry farming and garden land uses soil using rainfall simulator. *Journal of Water and Soil*. 24(3): 490-500.

4. Benton Jones, Jr. J. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press. p. 363.

5. Bhupinderpal, S. Hedley, M. J. Saggari, S. and Francis, G. S. 2004. Chemical fractionation to characterize changes in sulphur and carbon in soil caused by management. *Eur. J. Soil Sci*. 55: 79-90.

6. Bihanta, M. R. and Zare chahuki, M. A. 2008. Principles of statistics of natural resources. Tehran University Press, 300p.

7. Blanco, H. and Lal, R. 2008. Principles of soil conservation and management. Publication: Springer Science, p.42-45.

8. Blanquies, J. Scharff, M. and Hallock, B. 2003. The design and construction of a rainfall simulator. International Erosion Control Association (IECA), 34th annual conference and expo. Las Vegas, Nevada.

34. Mahmoodabadi, M. and Arabkhedri, M. 2011. Rainfall and erosion simulation laboratory soil conservation and watershed management research institute: characteristics, capabilities and applications. *Irrigation & Water*. 1(3):1-11.
35. Martinez-Mena, M. Albaladejo, J. and Castillo, V. M. 1998. Factors influencing surface runoff generation in a Mediterranean semi-arid environment: Chicamo watershed, SE Spain. *Hydrological Processes*. 12: 741-754.
36. Mc Kenzie, N. J. and Cresswell. H. P. 2002. Selecting a method for hydraulic conductivity. In "Soil physical measurement and interpretation for land evaluation: A laboratory handbook". CSIRO publishing. P: 90-107.
37. Mu, W. F. Yu, C. Li, Y. Xie, J. Tian, J., and Zhao, N. 2015. Effects of rainfall intensity and slope gradient on runoff and soil moisture content on different growing stages of spring maize. *Water*. 7(6): 2990-3008.
38. Noormohammadi, F. Sadeghi, S. H. R. Soufi, M. and Yasrebi, B. 2009. Assesment of relationship between important runoff parameters and gully erosion in Darehshahr rangeland watershed. *Rangeland Journal*. 3(3): 533-545.
39. Orsham, A. Akhund Ali, A. and Behnia, A. 2010. Effect of soil antecedent moisture contents on runoff and sedimentation values with simulated rainfall method. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 16(4): 445-455.
40. Perez-Latorre, F. J. De Castro, L. and Delgado, A. 2010. A comparison of two variable intensity rainfall simulators for runoff studies. *Soil & Tillage Research*. 107: 11-16.
41. Poesen, J. W. A and Lavee, H. 1991. Effect of size and incorporation of syntactic mulch on runoff and sediment yield from interrills in a laboratory study with simulated rainfall. *Soil Tillage Resource*. 21: 209-223.
42. Ramos, M. C. Nacci, S. and Pla, I. 2000. Soil sealing and its influence on erosion rates for some soils in the Mediterranean area. *Soil Science*. 165: 398-403.
43. Rawls, W. J. and Brakensiek, D. L. 1989. Estimation soil water retention from soil water properties. *Trans. ASAE*. 108: 166-171.
44. Sadeghi, S. H. R. Bashari Seghaleh, M. and Rangavar, A. S. 2013. Plot sizes dependency of runoff and sediment yield estimates from a small watershed. *Catena*. 102: 55-61.
45. Sadeghi, S. H. R., Mohamadpour, K., and Dianati Tilki, Gh. A. 2010. Variability of sediment yield from treatments of
22. Jordán-López, A. Martinez-Zavala, L. and Bellinfante, N. 2009. Impact of different parts of unpaved forest roads on runoff and sediment yield in a Mediterranean area. *Journal Science Total Environmental*. 407: 937-944.
23. Kalantari, M. Abbasi, A. Shirvani, M. 2008. Land monitoring of Zanjan Province. Programming branch of Zanjan Province government.
24. Kamphorst A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility, Netherlands. *Journal of Agriculture Science*. 35: 407-415.
25. Khazayi, M. Sadeghi, S. H. R. and Mirnia, S. Kh. 2011. Hydrological effects of forest surface disturbance, a case study. *Iran. Journal. Forest*. 3 (2): 145-155.
26. King, B. A. and Stark, J. C. 2000. Spatial variability considerations in interpreting soil moisture measurements for irrigation scheduling. University of Idaho, College of agriculture and life sciences. BUL, 837.
27. Klute, A. 1986. Methods of soil analysis, part I, physical and mineralogical methods. SSSA publisher, Madison, Wisconsin.
28. Kouchakzadeh, M. and Bahmani, A. 2004. The effect of soil matric potential and rainfall intensity on runoff initiation time in soil surface. Secound National Conference on Soil and water resources. May 12-13, University of Shiraz.
29. Krull, E. S. Skjemstad, J. O. and Baldock, J. A. 2005. Functions of soil organic matter and the effect on soil properties. CSIRO published. p: 129.
30. Lax. A. Diaz, E. Costillo, V. and Albaladejo, J. 1994. Reclamation of physical and chemical properties of a salinized soil by organic amendment. *Arid Soil Research Rehabilitation*. 8: 9-17.
31. Le Bissonnais, Y. Renaux, B. and Delouche, H. 1995. Interactions between soil properties and moisture content in crust formation, runoff and interrill erosion from tilled loess soils. *Catena*. 25: 33-46.
32. Liu, H. Lei, T. W. Zhao, J. Yuan, C. P. Fan, Y. T. and Qu, L. Q. 2011. Effects of rainfall intensity and antecedent soil water content on soil infiltrability under rainfall conditions using the runoff-on-out method. *Journal of Hydrology*. 396: 24-32.
33. Luk, S. H. and Hamilton, H. 1986. Experimental effect of antecedent moisture and soil strength on rainwash erosion of two luvisols. *Geoderma*. 37: 29-43.

49. Vahabi, J. and Nikkami, D. 2008. Assessing dominant factors affecting soil erosion using a portable rainfall simulator. *Inter. J. Sed. Res.* 23: 375-385.
50. Vahabi, J. and Mahdian, M. H. 2008. Rainfall simulation for the study of the effects of efficient factors on runoff rate. *Current Science.* 95(10): 1439-1445.
51. Vermang, J. Demeyer, V. Cornelis, W. M. and Gabriels, D. 2009. Aggregate stability and erosion response to antecedent water content of a loess soil. *Soil Science Society of American Journal*, 73(3): 718-726.
52. Wei, L. Zhang, B. and Wang, M. 2007. Effects of antecedent soil moisture on runoff and soil erosion in alley cropping systems. *Agriculture Water Management.* 94: 54-62.
- short-time nongrazing and open grazing in Kadir rangeland. *Range. J. Sci. Res. J. Iran. Range. Manage. Soc.* 4 (3): 484-493.
46. Santos, F. L. Reis, J. L. Martins, O. C. Castanheira, N. L. and Serralheiro, R. P. 2003. Comparative assessment of infiltration, runoff and erosion of sprinkler irrigated soils. *Biosystems Engineering.* 86(3): 355-364.
47. Stakland, S. K. 2010. Effect of mica content on surface infiltration of soils in northwestern Kern County, California. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree Utah State University.
48. Truman, C. C. Potter, T. L. Nuti, R. C. Franklin, D. H. and Bosch, D. D. 2011. Antecedent water content effects on runoff and sediment yields from two coastal plain ultisols. *Agricultural Water Management.* 98: 1189-1196.

*Abstract***Effect of Initial Moisture on Runoff Generation and Soil Loss in Different Soil Textures under Simulated Rainfall Condition**M. Behtari¹ and A. R. Vaezi²

Received:2015/04/09 Accepted : 2016/06/16

The surface soil moisture content has an important and effective role in runoff generation and soil loss, especially in the arid and semiarid regions. For this purpose, an experiment to determine the effect of initial moisture on runoff and soil loss in two soil texture of loamy, sandy clay loam in intact land in the vicinity of the University of Zanjan was performed with four initial moisture levels (one, four, seven and 10 days). Field experiment as factorial in randomized block design was carried out in plot scale (60*80cm) using a rainfall simulator. Twelve plots for each soil were installed on a uniform slope of seven percent and accordingly exposed to simulated rainfall with intensity of 55 mmh⁻¹ for 30 min. The results showed that, significant difference was found in runoff generation ($p < 0.01$) among initial soil moisture levels in each soil, that this issue was affected by the initial moisture content in the soils. No significant difference was observed in soil loss between the initial moisture levels in loamy soil ($p > 0.05$), high initial moisture aggregates in this soil resisted versus detachment by raindrops, while these changes were significant among the soil moisture levels of the sandy clay loam soil ($p < 0.05$), which was associated with a small amount of organic matter and more clay. Contrary to expectation, there was no significant relationship ($p > 0.05$) between soil loss and runoff generation under moisture levels in soils.

Keywords: *Initial soil moisture, Runoff plot, Moisture levels, Soil texture*

1. Graduate M.Sc. of Soil Science, University of Zanjan, Zanjan,

2. Associate Professor of Soil Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran[†] E-mail: Corresponding author Email : vaezi.alireza@gmail.com.