

## بررسی اثر رطوبت‌های قبلی خاک بر مقادیر رواناب و رسوب با استفاده از باران شبیه‌سازی شده

عزیز ارشم<sup>۱\*</sup>، علی محمد آخوندعلی<sup>۲</sup> و عبدالکریم بهنیا<sup>۲</sup>

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری هیدرولوژی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، پست الکترونیک: azizarsham@yahoo.com

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز

تاریخ پذیرش: ۸۸/۰۱/۳۰

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۱۹

### چکیده

یکی از عوامل مؤثر در ایجاد رواناب و تولید رسوب، شرایط رطوبتی خاک قبل از شروع بارندگی است. در این مطالعه هدف تعیین اثرهای خصوصیات خاک و بارش در سطوح مختلف رطوبتی خاک بر میزان رواناب و رسوب می‌باشد. در این راستا سه نوع خاک با بافت سنگین، سبک و متوسط با کاربری زراعی در استان خوزستان انتخاب گردید. به طوری که هر ۳ نمونه خاک پس از انتقال به آزمایشگاه در چهار سطح رطوبتی هواخشک، بین هواخشک و ظرفیت زراعی، ظرفیت زراعی و نزدیک به اشباع و دو شیب ۵ و ۱۵ درصد در قالب ۲۴ تیمار مختلف (شامل ۳ نوع خاک، ۴ سطح رطوبتی و ۲ شیب) در معرض بارشی با شدت ثابت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت قرار گرفتند. مقادیر رواناب و رسوب برای سه زمان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه استخراج گردید. تمام آزمایشها در یک فلوم  $0/1 \times 1 \times 1$  متری و توسط باران شبیه‌سازی شده انجام گردید. نتایج نشان می‌دهد که در ۱۰ دقیقه اول بین تیمارهای آزمایشی بیشترین اختلافات وجود دارد. بنابراین مقایسه بین ضریب رواناب تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که حداکثر ضریب رواناب در هر سه تداوم نسبت به حداقل آن ۲ تا ۵ برابر افزایش داشته است. در حالی که در خاکهای مورد بررسی با افزایش رطوبت تا ظرفیت زراعی به ترتیب بافت سبک، متوسط و سنگین به ترتیب کمترین تا بیشترین ضریب رواناب را داشته‌اند و در حالت نزدیک به اشباع، روند افزایشی رواناب در بافت سنگین کند شده و کمتر از بافت متوسط می‌شود. بطور کلی رسوب تولیدی نیز با روند تولید رواناب همخوانی دارد. اما خاک متوسط در رطوبت‌های نزدیک به اشباع دارای رسوب تولیدی بسیار بالایی می‌باشد. به طوری که مقایسه نتایج برای دو شیب ۵ و ۱۵ درصد اختلاف محسوسی را برای ضریب رواناب نشان نمی‌دهد. اما افزایش میزان رسوب تولیدی در شیب ۱۵ درصد نسبت به شیب ۵ درصد تفاوت چشمگیری دارد.

واژه‌های کلیدی: رطوبت قبلی، بافت خاک، تداوم بارش، ضریب رواناب، رسوب، خوزستان.

### مقدمه

مطالعات متعددی در ارتباط با فرایندهای هیدرولوژیکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام شده است (Yair, et al., 1985 & Lavee, 1988؛ Abrahams et al., 1988؛ Martinez-Mena). این مطالعات نشان می‌دهند که تولید

واکنش هیدرولوژیکی آبخیز به یک رویداد بارش تحت تأثیر متقابل عواملی است که تولید رواناب را کنترل می‌کنند (Castillo et al., 2003). در طول دو دهه گذشته

زمانی که رطوبت بیشتری دارند کمترین مقدار فرسایش مشاهده شده است، در حالی که در خاکهای با مواد آلی زیاد کمترین مقدار فرسایش در شرایط هواخشک بوده است. (Le Bissonais *et al.*, 1995). نتایج مشابهی در ارتباط با نقش رسها توسط Bazzoffia (1988) و Mbagwu & نیز بدست آمده است. بنابراین وجود منافذ متعدد و ارتباطات توسعه یافته تر میان این منافذ در خاکهای رسی از دلایل مقاومت بیشتر آنها در برابر ایجاد رواناب و فرسایش می باشد (Calvo-Cases *et al.*, 2003). در خاکهای خشک که این منافذ با هوا پر شده اند وقوع بارش، رواناب بیشتری ایجاد خواهد نمود (et al., 1998). در بعضی مطالعات علاوه بر بافت خاک نقش کانی‌های مختلف و مواد آلی نیز در ارتباط با رطوبت بررسی شده است (Truman *et al.*, 1990؛ et 1994). این محققان بیان می کنند که رسهای غیرتورم پذیر حاوی هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم، مقاومت بیشتری در مقابل تخریب و فرسایش دارند. وجود میزان اندکی کانی‌های تورم پذیر در بافت خاک، قابلیت تولید رواناب را تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش داده است (Stern *et al.*, 1991). وجود رطوبت قبلی در شرایط مختلف خاک ممکن است تأثیرات متضادی را بر فرایند تولید رواناب داشته باشد. به بیان دیگر، میزان کم رطوبت خاک و بنابراین فشار منفی منافذ خاک، چسبندگی را افزایش داده و در نتیجه برداشت خاک را توسط نیروی برشی رواناب و انرژی قطره باران کاهش می دهد (Romkens *et al.*, 1997). برعکس همین میزان کم رطوبت، قبل از یک واقعه بارش ممکن است باعث افزایش شکستن و نشست خاکدانه‌ها بدلیل خروج هوا در شرایط خیس شدگی ناگهانی شود که برداشت آنها را توسط

مکانی رواناب بسیار غیریکنواخت می باشد و اینکه عوامل کنترل کننده رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک متفاوت از آنهایی هستند که هیدرولوژی مناطق مرطوب را تنظیم می کنند (de wit, 2001). در مناطق خشک و نیمه خشک علاوه بر تغییرپذیری زمانی و مکانی در بارش، شرایط سطحی از جمله خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی منطقه از مهمترین عوامل تأثیرگذار در رواناب تولیدی می باشند. در این مناطق وجود رطوبت قبلی در خاک نیز نقش کلیدی در ارتباط بارش - رواناب بعهده دارد. در مناطق یادشده رطوبت خاک در مدت زمان زیادی از سال بسیار کم و نزدیک به هوا خشک است ولی در بارشهای شدید و فصلی به یکباره بالا خواهد رفت. بنابراین در نظر گرفتن این شرایط در بررسی‌ها، از پیچیدگی‌های مطالعات در این مناطق می باشد. به طوری که نقش میزان رطوبت قبلی حوضه و به عبارت دیگر تأثیر شرایط رطوبتی حوضه در لحظه شروع بارندگی، در ایجاد رواناب تابع عوامل متعددی از جمله خصوصیات خاکهای حوضه، زمین شناسی، فیزیوگرافی، هیدرولوژی، پوشش گیاهی، آب و هوا و عوامل انسانی می باشد که هر یک از این عوامل تابعی از مجموعه عوامل دیگر می باشد (Burns *et al.*, 2001).

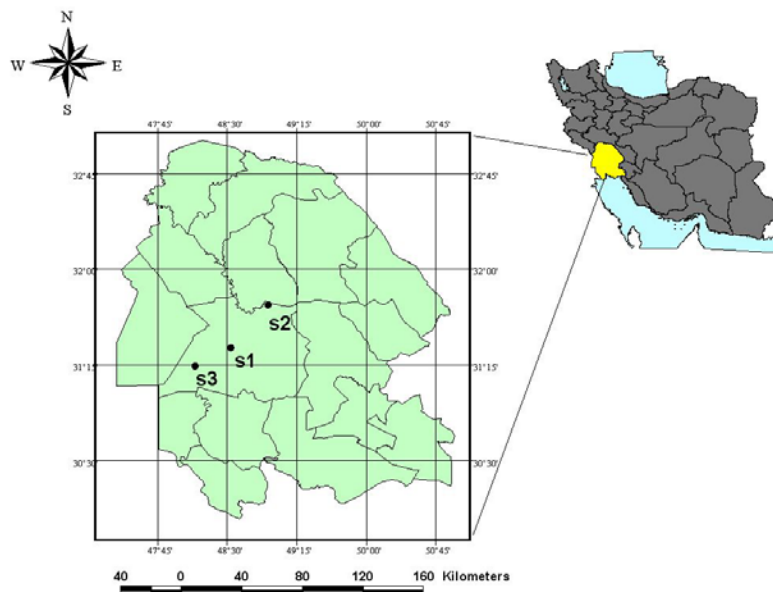
اهمیت رطوبت اولیه خاک در تولید رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک توسط عده‌ای از محققان بررسی شده است. در حالی که در بعضی مطالعات کاهش ظرفیت نفوذ خاک بدلیل افزایش میزان رطوبت، عامل اصلی تولید رواناب بیان شده است (Cerda, 1997؛ et al., 2005). بعضی محققان تأثیر بافت و رطوبت اولیه خاک را در تولید رواناب بررسی کرده اند (Malik *et al.*, 1987). در خاکهایی با درصد رس بالا

مناطق خشک و نیمه خشک توزیع اندازه ذرات نقش مهمی در تولید رواناب دارد (محمود آبادی و همکاران، ۱۳۸۶)، بنابراین با بررسی نقشه پراکنش خاکها در استان، نمونه‌هایی با بافت متفاوت و بطور مشخص سه بافت سنگین (S۱)، سبک (S۲) و متوسط (S۳) انتخاب شدند. نمونه‌ها از عمق لایه شخم (۲۵ سانتی متری) برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل گردیدند و بافت و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها اندازه‌گیری گردید. شکل (۱) موقعیت نقاط نمونه‌برداری را در استان خوزستان نشان می‌دهد.

تأثیر قطره باران و در نتیجه انتقال آنها را به جریانهای سطحی افزایش می‌دهد (Rudolph *et al.*, 1997). در تحقیق حاضر، هدف تعیین اثرهای خصوصیات خاک (شرایط رطوبتی پیشین و بافت) و بارش (مدت تداوم بارش) بر تولید رواناب و رسوب در خاکهای مختلف و دو شیب متفاوت، در یک بارش با شدت ثابت توسط دستگاه باران‌ساز می‌باشد.

### مواد و روشها

در این مطالعه سه نوع خاک با کاربری زراعی در استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که در



شکل ۱- موقعیت استان خوزستان در کشور ایران و نقاط نمونه‌برداری خاک در استان

شیب‌پذیر از جنس آهن گالوانیزه به ابعاد ۱×۱×۰/۱ متر می‌باشد. ضریب یکنواختی بارش در شبیه‌ساز مورد استفاده در سطح فلوم بین ۹۰ تا ۹۶ درصد است و میانگین حجمی قطر قطرات (d50) شبیه‌ساز مورد استفاده

برای انجام این تحقیق، از شبیه‌ساز باران<sup>۱</sup> موجود در آزمایشگاه فرسایش خاک مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور استفاده شده است. این دستگاه دارای فلوم

1 - Rainfall Simulator

محاسبه شد و این میزان بوسیله آبپاش به آرامی و به نحوی که روانابی ایجاد نگردد، به خاک اضافه می‌شد. برای کنترل و اطمینان از دستیابی به رطوبت مورد نظر، قبل از هر آزمایش میزان رطوبت ۹ نقطه در سطح پلات توسط دستگاه TDR تعیین می‌گردید. هر تیمار (تلفیق ۳ نوع خاک با ۴ سطح رطوبتی) در دو شیب ۵ و ۱۵ درصد در معرض بارشی با شدت ثابت ۸۰ میلی‌متر بر ساعت قرار گرفت و در مجموع ۲۴ آزمایش انجام شد. برای رسیدن به شدت بارش و شیب مورد نظر نیز، زاویه نوسان نازل تنظیم شده و با استفاده از جک دستی زاویه شیب مناسب به فلوم داده می‌شد. در هر آزمایش نمونه‌گیری از رواناب حاوی رسوب و جریان زهکش از انتهای فلوم انجام می‌شد. فواصل زمانی نمونه‌گیری از لحظه شروع رواناب با توجه به میزان رواناب تولیدی هر ۲ تا ۵ دقیقه یکبار بود. مدت هر آزمایش نیز با توجه به نوع خاک و سطوح رطوبتی جهت جمع‌آوری داده‌های موردنظر، بین ۳۰ تا ۴۵ دقیقه ادامه یافت. نمونه‌های رواناب حاوی رسوب هر مرحله نمونه‌گیری، جمع‌آوری و پس از خشک نمودن در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد و اندازه‌گیری و حذف آب اضافی، میزان رواناب و بار رسوب در پایه‌های زمانی بارش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه استخراج گردید.

### نتایج

نتایج اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد استفاده در این مطالعه در جدول (۱) آورده شده است. همچنین نتایج آزمایشهای شبیه‌سازی بارش در جدول (۲) نشان داده شده است. به طوری‌که آزمایشها برای دو شیب ۵ و ۱۵ درصد تکرار شده‌اند. بررسی داده‌ها نشان

حدود ۱/۵ میلی‌متر می‌باشد. انرژی جنبشی در واحد سطح به ازای هر میلی‌متر بارندگی ۱۵/۱۲۵ ژول بر مترمربع در میلی‌متر باران محاسبه شده است (اسدی، ۱۳۸۴) و دارای یک نازل نوسانی است که با تغییر زاویه چرخش نازل بین ۲۰ تا ۳۶۰ درجه که توسط سیستم کنترل الکتریک انجام می‌شود، شدت‌های مختلف بارندگی قابل شبیه‌سازی است. به طوری‌که سیستم حاضر با فشار ثابت ۰/۰۴ مگاپاسکال کار کرده و ارتفاع نازل آن از سطح خاک ۴ متر است.

در تحقیق حاضر در واقع تأثیر وجود رطوبت قبلی در خاکهای مختلف و تداوم‌های متفاوت بارش بر میزان رواناب و رسوب در دو شیب مختلف مدنظر بوده است. پس از انتقال نمونه‌های خاک به محل انجام آزمایشها، ابتدا تمام نمونه‌ها از الک با اندازه منافذ ۱۰ میلی‌متر عبور داده شده و به ارتفاع ۰/۱ متر در فلوم دستگاه باران‌ساز قرار گرفتند و برای برطرف کردن ناهمواریها، سطح خاک با استفاده از یک غلتک مناسب یکنواخت گردید. لازم به تذکر است که فلوم مورد استفاده از نوع زهکش دار بوده و در کف آن سوراخهایی با قطر ۴ میلی‌متر و با فواصل ۱۰ سانتی‌متر به منظور تخلیه آب نفوذیافته در نظر گرفته شده است. برای جلوگیری از خروج خاک از این سوراخها، از یک لایه اسکاچ در کف فلوم استفاده شده است. در این مطالعه خاکهای قرار گرفته در فلوم کاملاً لخت و فاقد هرگونه پوششی بودند. برای هر نمونه خاک چهار سطح رطوبت قبلی شامل هواخشک، بین هواخشک و ظرفیت زراعی، ظرفیت زراعی و نزدیک به اشباع که طیف تقریباً متنوعی از رطوبت اراضی زراعی را نشان می‌دهند، انتخاب شد. برای دستیابی به سطوح رطوبتی مورد نظر، پس از تهیه منحنی رطوبتی هر خاک، میزان کمبود آب آن

می‌دهد که در شیب ۵ درصد کمترین ضریب رواناب و وزن رسوب در هر سه پایه زمانی مربوط به آزمایش بافت سبک و رطوبت هواخشک به ترتیب با میزان ۷ درصد و ۱۲/۵ گرم بر مترمربع بوده و بیشترین آن مربوط به بافت متوسط در شرایط رطوبتی نزدیک به اشباع با میزان ۹۸ درصد و ۸۵۹۱/۲ گرم بر مترمربع می‌باشد. برای شیب ۱۵ درصد نیز همین شرایط وجود دارد، با این تفاوت که کمترین میزان رسوب مربوط به آزمایش بافت متوسط و شرایط رطوبتی هواخشک می‌باشد. عبارت دیگر، در آزمایش یاد شده به‌رغم ضریب رواناب بیشتر نسبت به شرایط خاک سبک و هواخشک، میزان رسوب کمتری تولید شده است.

#### بحث

براساس نتایج بدست آمده تغییرات ضریب رواناب و رسوب در پایه‌های زمانی مختلف (شکل ۲) نشان‌دهنده افزایش مقادیر یادشده با طولانی‌تر شدن مدت زمان بارش می‌باشند. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تفاوت از نظر تولید رواناب و رسوب در دقایق اول (۱۰ دقیقه اول) دیده می‌شود. اما در پایه‌های ۲۰ و ۳۰ دقیقه این مقادیر به هم نزدیکتر می‌شوند که با نتایج اسکندری و چرخابی (۱۳۸۲) نیز مطابقت دارد. Bryan (2000) کاهش نفوذپذیری خاک با گذشت زمان از شروع بارش را دلیلی برای توضیح این وضعیت می‌داند. مقایسه بین ضریب رواناب برای رطوبتهای مختلف در سه نوع خاک (شکل ۲) نشان می‌دهد که بطور کلی با افزایش رطوبت، میزان رواناب افزایش یافته است. به نحوی که اختلاف بین کمترین و بیشترین ضریب رواناب بین دو حالت هواخشک و نزدیک به اشباع بین ۲ تا ۵ برابر

می‌باشد. عبارت دیگر، زمانی که بارش روی خاک مرطوب انجام شده است میزان رواناب ۲ تا ۵ برابر حالتی است که همان بارش روی خاک خشک انجام شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که ضریب رواناب ناشی از رطوبتهای نزدیک به اشباع در تمام خاکها تقریباً یکسان می‌باشد و این میزان برای هر ۳ تداوم بارش افزایش می‌یابد که دلیل آن کاهش نفوذپذیری بدلیل پر شدن منافذ خاک می‌باشد. بنابراین روند تغییرات ضریب رواناب برای سه نوع خاک مورد مطالعه در سطوح رطوبتی مختلف (شکل ۲) نشان می‌دهد که در رطوبتهای قبل از اشباع بافت سبک، متوسط و سنگین به ترتیب کمترین تا بیشترین رواناب را داشته‌اند و این روند افزایشی برای خاکهای مختلف با هم مشابه می‌باشد؛ اما روند یاد شده برای خاک سنگین و در رطوبتهای بالا، به‌ویژه شیب ۵ درصد تا حدودی کندتر می‌شود و منحنی رواناب آن پایین‌تر از دو خاک دیگر قرار می‌گیرد. این یافته با مطالعات Bissonais Le et al., (1995) که بیان می‌کنند در خاکهای رسی زمانی که رطوبت بیشتری دارند، کمترین رواناب مشاهده شده است، همخوانی دارد. به اعتقاد Calvo-Cases et al., (2003) خاک سنگین بدلیل وجود منافذ توسعه‌یافته‌تر و ظرفیت نگهداری بیشتر آب در خاک، رواناب کمتری ایجاد کرده است. روند کلی تغییرات رواناب در شیب‌های بالاتر و بارش طولانی دستخوش تغییر می‌شود بشکلی که اختلاف مقادیر رواناب بافت سبک با سایر بافتها بیشتر می‌شود.

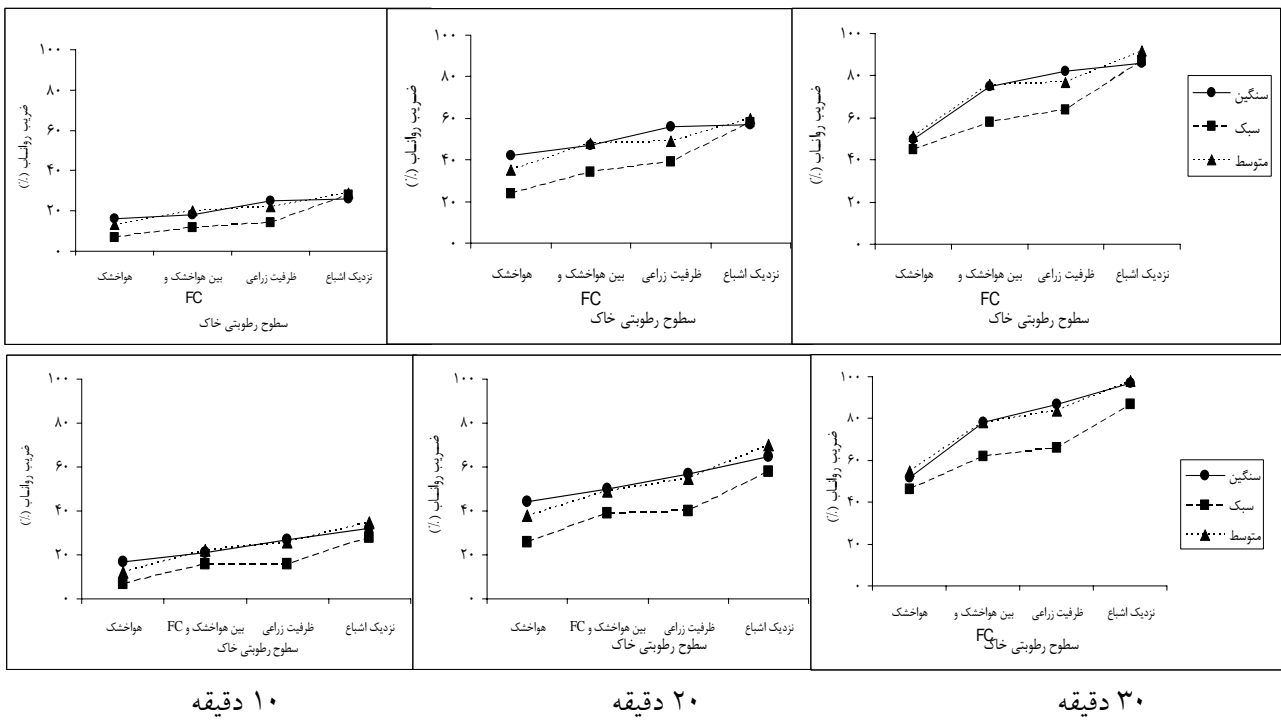
به طوری که روند تولید رسوب در این خاکها (شکل ۳) تا حدود زیادی با روند تولید رواناب مشابه می‌باشد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد مطالعه

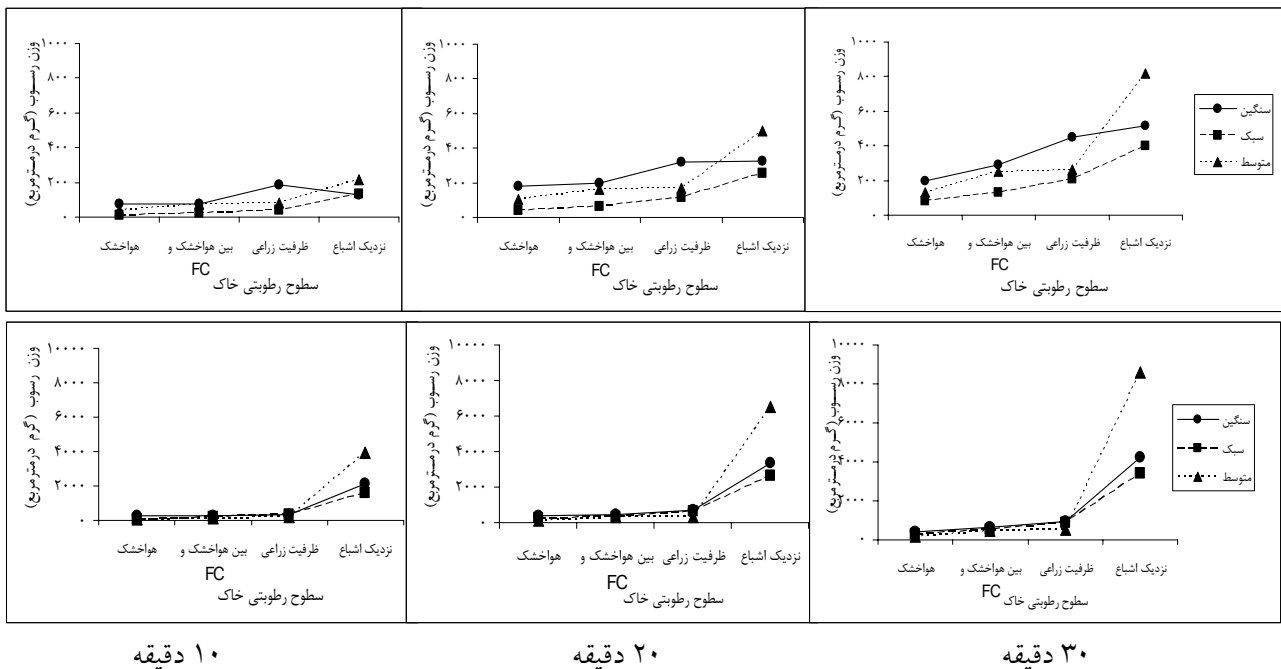
خصوصیت نوع خاک	بافت	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	وزن مخصوص (g/cm <sup>3</sup> )	نفوذپذیری (Cm/h)	EC (Mm/cm)	آهک (%)	کلسیم (Meq/l)	سدیم (Meq/l)
خاک سنگین	Si.C.L	۱۸	۴۲	۴۰	۱/۳۵	۱/۵۵	۴/۱	۴۹	۱۳/۶	۱۸
خاک سبک	S.L	۷۲	۱۸	۱۰	۱/۴۷	۶/۶۳	۲/۳	۵۴	۱۲/۴	۲/۸
خاک متوسط	Si.L	۲۴	۵۲	۲۴	۱/۴۵	۳/۴۳	۱۲/۴	۵۳	۴۵/۲	۶۵

جدول ۲- مقادیر ضریب رواناب و وزن رسوب برای شرایط مختلف خاکها در سه پایه زمانی بارش (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه)

شیب	بافت خاک	ضریب رواناب (درصد)			وزن رسوب (گرم در مترمربع)		
		۱۰ دقیقه	۲۰ دقیقه	۳۰ دقیقه	۱۰ دقیقه	۲۰ دقیقه	۳۰ دقیقه
		۱۶	۴۲	۵۰	۱۷۸/۴	۷۴/۱	۱۹۹/۱
	سنگین	۱۸	۴۷	۷۵	۱۹۹/۶	۷۴/۹	۲۸۹/۵
		۲۵	۵۶	۸۲	۳۲۰/۳	۱۸۵/۸	۴۵۲/۸
		۲۶	۵۷	۸۶	۳۲۵/۵	۲۲۵/۴	۵۱۵/۶
		۷	۲۴	۴۵	۴۱/۸	۱۲/۵	۸۰/۱
۵%	سبک	۱۲	۳۴	۵۸	۶۱/۹	۲۰/۷	۱۲۹/۸
		۱۴	۳۹	۶۴	۱۱۸/۹	۴۱/۵	۲۰۶/۷
		۲۸	۵۸	۸۷	۲۵۴/۱	۱۳۴/۵	۴۰۱/۶
		۱۳	۳۵	۵۱	۱۰۴/۳	۴۲/۶	۱۳۱/۸
	متوسط	۲۰	۴۸	۷۶	۱۶۴	۷۳/۶	۲۵۴/۷
		۲۲	۴۹	۷۷	۱۶۹/۵	۷۸/۷	۲۶۴/۷
		۲۹	۶۰	۹۲	۵۰۱/۷	۲۱۴/۳	۸۲۱/۳
		۱۷	۴۴	۵۲	۳۸۰/۲	۲۶۲/۷	۴۰۱/۹
	سنگین	۲۱	۵۰	۷۸	۴۵۶/۱	۲۶۴/۹	۶۴۰/۱
		۲۷	۵۷	۸۷	۷۲۰/۴	۳۴۷/۸	۹۴۰/۹
		۳۲	۶۵	۹۷	۳۳۸۰/۵	۲۱۵۹/۲	۴۲۳۶/۳
		۷	۲۶	۴۶	۲۴۲/۴	۶۸/۹	۳۰۹/۱
۱۵%	سبک	۱۶	۳۹	۶۲	۳۴۱/۴	۱۹۱/۷	۵۴۸/۶
		۱۶	۴۰	۶۶	۶۱۸/۱	۳۳۴/۹	۸۸۸/۱
		۲۸	۵۸	۸۷	۲۶۳۳/۲	۱۵۹۲/۲	۳۳۹۹/۵
		۱۲	۳۸	۵۵	۱۳۷/۱	۵۳/۲	۱۹۸/۷
	متوسط	۲۲	۴۹	۷۸	۳۲۶/۵	۱۶۵/۱	۴۹۰/۷
		۲۶	۵۵	۸۴	۳۳۵/۹	۱۷۶/۸	۵۵۵/۵
		۳۵	۷۰	۹۸	۶۵۴۲/۴	۳۹۶۴/۱	۸۵۹۱/۲



شکل ۲- تأثیر مقادیر رطوبت قبلی در خاکهای مختلف بر میزان رواناب در سه تداوم بارش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه برای شیب ۵٪ (بالا) و ۱۵٪ (پایین)



شکل ۳- تأثیر مقادیر رطوبت قبلی در خاکهای مختلف بر مقادیر رسوب تولیدی در سه تداوم بارش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه برای شیب ۵٪ (بالا) و ۱۵٪ (پایین)

مقایسه نتایج برای دو شیب ۵ و ۱۵ درصد نشان می‌دهد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین رواناب تولیدی در این دو شیب وجود ندارد. به طوری که در مورد اثر شیب بر میزان رواناب اعتقاد عمومی بر این است که با افزایش شیب شدت رواناب افزایش می‌یابد، علت آن نیز کاهش فرصت نفوذ عنوان شده است. اما در این مطالعه چنین روندی مشاهده نشده است. محققانی نظیر Sheridan *et al.*, 2003 و Castillo *et al.*, (2003) نیز چنین نتایجی را ارائه داده‌اند. آنها بیان می‌کنند که هیچ ارتباط معنی‌داری بین شیب و تولید رواناب در خاکهای مناطق خشک وجود ندارد. به اعتقاد ارشم (۱۳۷۵) کوتاه بودن طول پلات مورد استفاده در این مطالعه باعث می‌شود که شیب تأثیر خود را نشان ندهد. به نحوی که عدم وجود اختلاف قابل ملاحظه در مقادیر ضریب رواناب در شیب‌های مختلف در مطالعاتی که توسط پلاتهای کوچک انجام می‌شود بدان معناست که نوسانهای جریان رواناب بیشتر از آنکه تابع تغییر شیب باشند، بستگی به نوع خاک و شدت بارندگی دارد.

بنابراین روند تولید رسوب نیز در دو شیب ۵ و ۱۵ درصد مشابه می‌باشد؛ اما میزان رسوب تولیدی در شیبهای ۱۵ درصد بیش از ده برابر می‌باشد. به اعتقاد Le (1992) singer & Bissonais افزایش سرعت رواناب در این حالت و بیشتر شدن قدرت کنش ذرات، مهمترین دلیل این پدیده می‌باشد.

به هر حال جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد که با طولانی‌تر شدن زمان بارش مقادیر ضریب رواناب و وزن رسوب خاکها افزایش می‌یابد و اختلاف این مقادیر در زمانهای ابتدای بارش نسبت به پایه‌های بعدی بیشتر است. این یافته با نتایج Wangemann *et al.*, (2000) نیز

در ارتباط با میزان تولید رسوب (شکل ۳) یافته‌ها نشان می‌دهند که بطور کلی با بالا رفتن رطوبت خاک، رسوب تولیدی نیز افزایش می‌یابد، اما این افزایش در سطوح رطوبتی مختلف بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ برابر می‌باشد. در این میان حالت اشباع افزایش قابل ملاحظه‌ای را نسبت به سایر رطوبت‌ها نشان می‌دهد. این روند بخصوص با طولانی‌تر شدن زمان بارش و افزایش شیب محسوس‌تر می‌شود. Rudolph *et al.*, (1997) بیان می‌کنند که کاهش نفوذپذیری و افزایش عمق رواناب در این وضعیت، قدرت جداسازی ذرات خاک توسط رواناب را بالا برده و رسوب تولیدی را افزایش می‌دهد. این روند به نوع خاک و فرسایش‌پذیری آن بستگی دارد. بطوری که در بافت سبک بدلیل وجود ذرات درشت‌تر، مقاومت بیشتری نسبت به فرسایش و تولید رسوب از خود نشان می‌دهد و در رطوبتهای مختلف کمترین رسوب تولیدی را به خود اختصاص می‌دهد. اما در بافتهای سنگین و متوسط بدلیل فرسایش‌پذیری بیشتر، با افزایش ارتفاع رواناب، میزان رسوب تولیدی نیز بالاتر می‌رود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در بافت سنگین با افزایش رطوبت رسوب تولیدی بطور تقریباً یکنواختی متناسب با میزان رواناب افزایش می‌یابد؛ اما روند غیرعادی مربوط به بافت متوسط می‌باشد که در رطوبت‌های بالا مقادیر رسوب قابل ملاحظه‌ای را ایجاد کرده است. بدین ترتیب در بین خصوصیات خاک، خصوصیات فیزیکی آن نقش مهمی در فرسایش‌پذیری و همچنین تولید رسوب دارند و در این میان بافت یکی از مهمترین این خصوصیات می‌باشد (Barthes *et al.*, 1999). بنابراین غالبیت ذرات در حد سیلت و نیز درصد املاح و شوری بالا در خاک مورد مطالعه می‌تواند از دلایل احتمالی این پدیده باشد.



## منابع مورد استفاده

- ارشم، ع، ۱۳۷۵. مقایسه رواناب و رسوب سازندهای مختلف زمین‌شناسی با استفاده از دستگاه باران‌ساز (مطالعه موردی حوزه آبخیز ابوالقارس). پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۲۷۴ ص.
- اسدی، ح، ۱۳۸۴. بررسی فرایندها و تئوریهای پایه‌ای مدل‌های فرایندی فرسایش خاک، رساله دکتری گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۲۴۰ ص.
- اسکندری، ذ. و چرخابی، ا.م. ۱۳۸۲. تأثیر طول مدت بارش بر تولید رواناب و رسوب، مجموعه مقالات هشتمین همایش علوم خاک ایران، رشت ۱۳۸۴ صفحات ۸۲۹–۸۳۱.
- محمود آبادی، م.، رفاهی، ح.م. و چرخابی، ا. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر تولید رواناب و رسوب با استفاده از شبیه‌ساز باران، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی ۸ (۲)، ۱–۱۶.
- Abrahams, A.D., Parsons, A.J. and Luk, S.H. 1988. Hydrologic and sediment responses to simulated rainfall on desert hillslopes in southern Arizona. *Catena* 15, 103–107.
- Barthes, B., Asseline, A.J. and Roose E. 1999. Relationship Between soil erodibility and topsoil aggregate stability in a cultivated Mediterranean high land, soil. *Sci. plant anal.* 30, 1929-1938.
- Bryan, R.B. 2000. Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope, *Geomorphology* 32, 385-415.
- Burns, D.A., McDonnell, J.J., Hooper, R.P., Peters, N.E., Freer, J., Kendall, C., and Beven, K.J. 2001. Quantifying contributions to storm runoff through end-member mixing analysis and hydrologic measurements at the Panola Mountain Research Watershed (Georgia, USA). *Hydrological Processes* 15, 1903–1924.
- Calvo-Cases, A., Boix-Fayos, C. and Imeson, A.C. 2003. Runoff generation, sediment movement and soil water behaviour on calcareous (limestone) slopes of some Mediterranean environments in southeast Spain, *Geomorphology* 50, 269–291.
- 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* 284, 114–130.

همخوانی دارد. یکسان شدن ضریب رواناب در رطوبتهای نزدیک به اشباع در تمام خاکها حکایت از این مطلب دارد که در رطوبتهای بالا بین خاکهای مختلف تفاوت چشمگیری از نظر ضریب رواناب وجود ندارد. (2008) *et Pappas al.*, نیز در مطالعات خود چنین مطلبی را عنوان کرده‌اند. تغییرات در افزایش رسوب تولیدی با افزایش رطوبت خاک که به‌ویژه در حالت اشباع تفاوت قابل ملاحظه‌ای با سایر رطوبتها دارد، دلایل متعددی می‌تواند داشته باشد. (1991) *Stern et al.*, تشکیل سله سطحی، شکسته‌شدن خاکدانه‌ها و تأثیر آن بر میزان جدایش ذرات خاک از یک طرف و حضور فرایندهای ناشی از رواناب از طرف دیگر را از دلایل ایجاد الگوهای متنوع تغییرات رسوب عنوان کرده‌اند. به طوری که میزان رواناب و رسوب تولیدی در خاکهای مختلف نیز حکایت از اهمیت خصوصیات بافتی در این ارتباط دارد. به‌گونه‌ای که مقادیر یاد شده با درصد سیلت خاکها رابطه مستقیم نشان می‌دهند. (1999) *Barthes et al.*, نیز در نتایج خود به چنین موضوعی اشاره کرده‌اند. همچنین نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تغییر شیب اثر قابل ملاحظه‌ای بر روند تولید رواناب و رسوب نداشته است. این یافته در گذشته نیز توسط محققان دیگری از جمله (2003) *et al.*, Castillo و نیز (2001) *Burns et al.*, بیان شده است. از آنجایی که در زمینه تأثیر رطوبتهای قبلی خاک بر میزان رواناب و رسوب در کشور تحقیقات زیادی در شرایط مختلف (از نظر کاربریهای اراضی، پوشش گیاهی و غیره) انجام نشده است، از این رو، انجام مطالعات بیشتری در سایر مناطق، با لحاظ کردن فاکتورهای اثرگذار، جهت تعیین محدوده تغییرات ضریب رواناب به منظور دستیابی به راهکارهای عملی حفاظت خاک، ضرورت دارد.

- Ritsema, C.J., Nieber, J.L., Dekker, L.W. and Steenhuis, T.S. 1998. Stable or unstable wetting fronts in water repellent soils - effect of antecedent soil moisture content, *Soil & Tillage Research* 47, 111-123.
- Romkens, M.J.M., Prasad, S.N. and Helming, K. 1997. Effect of negative soil water pressures on sediment concentration in runoff. In: Wang, S.S.Y., Langendoen, E.H., Shields, F.D. (Eds.), *Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision*. The University of Mississippi, Oxford, MS, pp. 1002-1007.
- Rudolph, A., Helming, K. and Diestel, H. 1997. Effect of antecedent water content and rainfall regime on microrelief changes. *Soil Technol.* 10, 69-81.
- Sheridan, G.J. and Rosewell, C.J. 2003. An improved Victorian erosivity map, *Aust. J. Soil Res.* 41, 141-149.
- Stern, R., Ben-Hur, M. and Shainberg, I. 1991. Clay mineralogy effect on rain infiltration, seal formation and soil losses. *Soil Sci.* 152, 455-462.
- Truman, C.C., Bradford, J.M. and Ferris, J.E. 1990. Antecedent water content and rainfall energy influence on soil aggregates breakdown, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1385-1392.
- Wangemann, S.G., Kohl, R.A. and Molumeli, P.A. 2000. Infiltration and percolation influenced by antecedent soil water content and air entrapment. *Trans. ASAE* 43:1517-1523.
- Yair, A. and Lavee, H. 1985. Runoff generation in arid and semiarid zones. In: Anderson, M.G., Burt, T.P. (Eds.), *Hydrological Forecasting*, Wiley, New York.
- Cerda, A. 1997. Seasonal changes of the infiltration rates in a Mediterranean scrubland on limestone, *J. Hydrol.* 198, 209-225.
- de Wit, A. 2001. Runoff controlling factors in various sized catchments in a semiarid Mediterranean environment in Spain, PhD Thesis, Universiteit Utrecht, 240 pp.
- Kim, H.J., Sidle, R.C. and Moore, R.D. 2005. Shallow lateral flow from a forested hillslope: Influence of antecedent wetness. *Catena* 60, 293-306.
- 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.
- Le Bissonnais, Y. and Singer, M.J. 1992. Crusting, runoff and erosion response to soil water content and successive rainfalls. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 1898-1903.
- Malik, R.S., Butter, B.S., Anlauf, R. and Richter, J. 1987. water penetration into soils with different textures and initial moisture contents, *Soil Science* 144(6), 389-393.
- MartoAnez-Mena, M., Williams, A.G., Ternan, J.L. and Fitzjohn, C. 1998. Role of antecedent soil water content on aggregates stability in a semi-arid environment, *Soil & Tillage Research* 48, 71-80.
- Mbagwu, J.S.C. and Bazzoffia, P. 1988. Stability of microaggregates as influenced by antecedent moisture content, organic waste amendment and wetting and drying cycles, *CATENA* 15 (6), 565-576.
- Pappas, E.A., Smith, D.R., Huang, C., Shuster, W.D. and Bonta, J.V. 2008. Impervious surface impacts to runoff and sediment discharge under laboratory rainfall simulation, *Catena* 72, 146-152.
- Reichert, J.M. and Norton, L.D. 1994. Aggregate stability and rain-impacted sheet erosion of air-dried and rewetted clayey surface soils under intense rain, *Soil Science* 158(3), 159-169.

## Effect of soil antecedent moisture contents on runoff and sedimentation values with simulated rainfall method

Orsham, A.<sup>1\*</sup>, Akhund ali, A.M.<sup>2</sup> and Behnia, A.<sup>2</sup>

1\*- Corresponding Author, post-graduate Faculty of Hydrology Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran,  
Email: azizarsham@yahoo.com

2-Associate professor, Faculty of Hydrology Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Received:09.03.2009

Accepted:19.04.2009

### Abstract

Antecedent soil moisture is one of runoff and sedimentation crucial factors affected by parameters such as soil properties, topographic-, climatic-, and coverage circumstances etc. The work aimed at determining effects of soil properties and rainfall on runoff and sediment load at various antecedent moisture levels. Heavy, medium and light textured field soils were selected, exposed to a constantly intensified 80mm/hr rainfall under air-dried, air-dried to field capacity point, field capacity point and nearly saturated conditions, and two slopes of 5 and 15%. Recording runoff and sedimentation values every 2-5 min; populated values were calculated within 10, 20 and 30 min. intervals. All experiments were carried out with simulated rainfall technique in a 1×1×0.1m flume. Treatments showed most significant differences within first 10min. decreased with increasing rainfall duration. Maximum runoff coefficients increased as 2-5 folds as minimum ones with all durations. When moisture increased to field capacity point, light, medium and heavy textured soils had the lowest to the highest values of runoff coefficient, respectively. Under nearly saturated condition, increasing runoff trend decelerated with heavy textured soils and decreased to a lesser extent as compared to medium textured samples. Also, sedimentation process was consistent with runoff fluctuations. Medium textured soils showed a significant level of sedimentation under nearly saturated conditions. Runoff coefficients were unnoticeably different with 5 and 15% slopes; however, a more significant sedimentation increase occurred with 15% slope.

**Keywords:** antecedent moisture, soil texture, rainfall duration, runoff coefficient, sediment, rainfall simulator, Khuzistan