بررسی تاثیر شدت و مدت بارندگی بر مولفه‌های رواناب و رسوب (مطالعه موردی: اراضی دیم حوزه آبخیز کوهدشت)

روح الله بساطی ضرونی [۱*]، افسانه عالی نژادیان بید آبادی [۲]، رضا بیات [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک، دانشگاه لرستان، (*ruhollah.basati@gmail.com*)

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، (*alinejadian@yahoo.com*)

۳- مربی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیز داری، (*bayat52@gmail.com*)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر شدت و مدت بارندگی بر پتانسیل تولید رسوب و رواناب در اراضی دیم حوزه آبخیز کوهدشت صورت پذیرفت. آزمایش‌ها در ترانسکت‌های با طول تقریبی ۶ متر در اراضی با شیب ۵ درصد، شدت‌های ۵۰، ۷۰، ۹۰ میلی متر در ساعت، مدت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه و در سه تکرار توسط شبیه ساز باران کامفورت با سطح پلات ۶۲۵ سانتی‌متر مربع انجام شد. مشاهدات حاکی از این است که بیشترین درصد ضریب رواناب و وزن رسوب در هر سه پایه زمانی و سه شدت بارش مربوط به شدت ۹۰ و مدت ۱۵ دقیقه و کمترین آن مربوط به شدت ۷۰ و مدت ۱۰ است و در شدت ۵۰ میلی-متر در ساعت در هر سه پایه زمانی هیچ روانابی تولید نشد. میانگین آستانه شروع رواناب نیز با افزایش شدت به صورت نزولی کاهش می یابد. نتایج حاصل از بررسی داده‌ها نشان می‌دهد، به طور کلی با افزایش شدت و مدت بارندگی آستانه شروع رواناب کاهش، و نتیجه آن حجم رواناب و رسوب تولید شده افزایش می یابد اما میزان تاثیر شدت بارش نسبت به مدت آن در تولید رسوب و رواناب بیشتر است و همچنین تغییرات در میزان رواناب بیشتر از رسوب است.

واژه های کلیدی:آستانه رواناب، رواناب و رسوب، حوزه آبخیز کوهدشت، شبیه ساز باران.

مقدمه

موضوع تغییر اقلیم و آثار احتمالی آن بر بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی و زیست محیطی به عنوان یکی از چالش‌های پیش روی می‌باشد بطوری که سازمان‌های بین المللی مختلف همچون کنواسیون تغییر اقلیم سازمان ملل متحد(UNFCC) ، پروتکل کیوتو، هیئت بین الدولی تغییر اقلیم (IPCC) جهت بررسی این موضوع تشکیل شده‌اند(مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۰). تبعات منفی پدیده تغییر اقلیم تا آنجاست که در بین ده عامل تهدیدآمیز بشر در قرن ۲۱ مانند فقر، سلاح‌های هسته‌ای، کمبودغذا و ...، پدیده تغییر اقلیم مقام اول را دارد(کمال و مساح بوانی، ۱۳۸۹). خشکسالی و تغییرات منابع آب از مهمترین پیامدهای تغییر اقلیم می‌باشد. خشکسالی یک پدیده موقت بوده که تحت عنوان انحراف و کمبود مقدار آب در یک منطقه نسبت به میانگین بلند مدت آن منطقه شناخته می‌شود و هر چند سال یک بار با شدت‌های مختلف در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا دیده می‌شود. تغییرات اقلیم خطر فرسایش خاک را افزایش داده و می‌تواند آن را تشدید نماید(تفکری و همکاران، ۱۳۹۰) از این رو بررسی این پدیده‌ها برای مقابله، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع امری ضروری است. آب و خاک از مهمترین منابع طبیعی هر کشور شمرده می‌شوند که نقشی اساسی در توسعه اقتصادی و پیشرفت جوامع دارند اما فرسایش یکی از عواملی است که وجود آب و خاک را به خطر می‌اندازد و همواره برای از بین بردن آنها عمل می‌کند، بنابراین یکی از موارد مهم و اصلی نابودی بسیاری از زمین‌های حاصلخیز و تبدیل آنها به اراضی غیر قابل کشت، پدیده فرسایش خاک است. فرسایش خاک به دلیل داشتن اثرات چند جانبه آشکار و پنهان زیست محیطی و اجتماعی به سرطان زمین شهرت یافته و یکی از فرآیندهای پیچیده و خطر ساز محیطی است. علاوه بر این فرسایش خاک تهدیدی جدی برای محیط زیست، سلامت و رفاه انسان ها بوده و پس از رشد جمعیت دومین چالش زیست محیطی جهان است(زارع خورمیزی و همکاران،۱۳۹۰). با رخ دادن این پدیده و به دنبال آن از دست رفتن مواد غذایی مورد نیاز رشد گیاهان در خاک، نه تنها محصولات کشاورزی کم می‌شود، بلکه کیفیت آنها نیز نامطلوب می‌گردد. همچنین با هدر رفت خاک نه تنها زیستگاه گیاهان از بین می‌رود بلکه ذخیره آب نیز با مشکل رو به رو می‌شود. بنابراین جلوگیری از هدر رفت خاک و ایجاد رواناب نقش مهمی درمدیریت و حفاظت از منابع طبیعی دارد، چرا که به دنبال ایجاد رواناب فرسایش نیز تشدید می شود. رسوب تولید شده در اثر فرسایش خاک، سبب کاهش عمر مفید سدها و دیگر مخازن آب شده و ظرفیت آبگیری آنها را کاهش می‌دهد. براساس مطالعات مرکز آمار ایران(۱۳۹۳) اراضی کشاورزی کشور حدود ۱۶۴۷۷ هزار هکتار است که ۱۴۶۸۷هزار هکتار آن اراضی زراعی بوده و از این مقدار ۸۶۹۰ هزار هکتار که تقریبا ۶۰ درصد کل اراضی زراعی کشور را شامل می‌شود، به اراضی دیم اختصاص دارد. دیم‌کاری به معنی کشت، بدون آبیاری است و به زراعتی گفته می‌شود که با آب باران رشد کند. بارندگی تاثیر بسزایی بر عملکرد این نوع کشت دارد و میزان آن کشت و کار هر منطقه را تأمین می‌کند و در زراعت گندم و جو اهمیت فوق العاده ای دارد لذا باید با برآورد دقیق آثار آن بر اراضی زراعی و پیشنهاد راه‌کار مناسب جهت کاهش فرسایش و افزایش آستانه رواناب آثار سو حاصل آن را به حداقل رساند. در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل شرایط اقلیمی، فرآیند خاکسازی قادر به جبران خاک فرسایش یافته نیست به همین دلیل این اراضی بعد از مدتی حاصلخیزی خود را از دست داده و به صورت اراضی دیم رها شده در می‌آیند. بنابراین لزوم مطالعات جامع و کامل منطقه‌ای در مناطقی که دارای پتانسیل فرسایش‌پذیری و رسوب‌گذاری می‌باشند، امری اجتناب ناپذیر است. مشکل واقعی در این مناطق عدم وجود آمار و اطلاعات کافی در سطح حوضه می‌باشد. این موضوع اهمیت برآورد فرسایش خاک و مقدار رسوب را در سطح این اراضی می‌رساند(کاویان و همکاران، ۱۳۹۲). عوامل اقلیمی یکی از موارد موثر در ایجاد فرسایش خاک است،که از بین آنها شدت و مدت بارندگی در ایجاد فرسایش و رواناب تاثیر زیادی دارند. شدت بارندگی تا حد زیادی تعیین کننده مقدار، نسبت و نوع فرسایش می‌باشد و به دو صورت در تشدید فرسایش اثر می‌گذارد نخست آنکه وقتی شدت زیاد است خاک قدرت جذب آب را ندارد و بیشتر نزولات به صورت هرز آب حرکت می‌کنند و دیگر آنکه هر چه شدت بیشتر باشد قطر قطره باران بیشتر و انرژی جنبشی آن بیشتر خواهد بود(ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۸). طی تحقیقاتی که شریفی و همکاران(۱۳۸۳) برای تعیین آستانه شروع رواناب در شدت‌ها و مدت‌های مختلف در کرت‌های مطالعاتی انجام دادند، دریافتند که متغیرهای موثر در تعیین آستانه شروع

رواناب به ترتیب اهمیت شامل عمق باران، شدت باران، درصد پوشش گیاهی، درصد شن، درصد رس و درصد شیب می‌باشند. نتایج نشان داد که مقدار رواناب به میزان رطوبت اولیه بستگی دارد و هرچه رطوبت اولیه خاک بیشتر باشد، سرعت نفوذ کاهش یافته و میزان رواناب بیشتر شده است. نتایج پژوهش واعضی و همکاران(۱۳۹۰) روی میزان تخریب خاکدانه‌ها در تیمارهای مختلف زمان بارندگی نشان داد میزان تخریب خاکدانه‌ها در لحظات اولیه بارندگی نسبتا کم بود، اما با گذشت زمان به دلیل افزایش رطوبت خاکدانه‌ها میزان چسبندگی ذرات نسبت به هم کاهش یافته و در اثر تداوم ضربه قطرات تخریب آنها افزایش می‌یابد اما در زمان‌های انتهایی به صورت ناچیزی افزایش می‌یابد. دلیل این مسئله این است که در زمان‌های انتهایی بارندگی، لایه سطحی خاکدانه‌ها کاملا تخریب شده و این لایه تخریب یافته از برخورد قطرات باران بر لایه‌های زیرین و تخریب بیشتر آنها خودداری می‌کند. مدت زمان بارندگی از پارامترهای مهم باران در فرسایش پاشمانی می‌باشد و این تغییرات در زمان‌های ابتدایی بارندگی میزان پاشمان تقریبا کم بود، اما با افزایش مدت بارش به دلیل مرطوب شدن خاک، نیروی چسبندگی بین ذرات کاهش یافته و در نتیجه میزان پاشمان و تخریب ذرات افزایش نشان داد، بطوری که حداکثر میزان پاشمان در بازه زمانی ۱۵-۱۰ دقیقه پس از بارش مشاهده شد و پس از آن پاشمان تقریبا روند ثابتی پیدا کرد(یوسفی و همکاران، ۱۳۹۳). پرهمت و همکاران(۱۳۹۴) با ارائه منحنی‌های رابطه حجم رواناب و مساحت حوضه و بررسی ضریب رواناب به این نتیجه رسیدند که شدت بارش از عوامل مهم ایجاد رواناب بوده و با افزایش شدت بارندگی حجم رواناب تولیدی افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش خالدی درویشان و همکاران(۱۳۹۴) نشان داد رواناب تشکل شده تا حد زیادی وابسته به ویژگی‌های بارندگی، خاک و شیب است. ایشان دریافتند افزایش شدت بارش و کاهش ظرفیت آبگیری لایه‌های سطحی خاک موجب افزایش حجم رواناب شده و در ادامه نیروی بیشتری برای کنش و انتقال ذرات خاک دارد. اگرچه افزایش شدت بارندگی در بیشتر خاک‌ها با کاهش دادن نفوذ باعث افزایش رواناب می‌شود اما گاهی می‌تواند با افزایش نفوذ به دلیل عدم تجانس مکانی ویژگی‌های نفوذ لایه سطحی خاک، موجب کاهش رواناب شود.

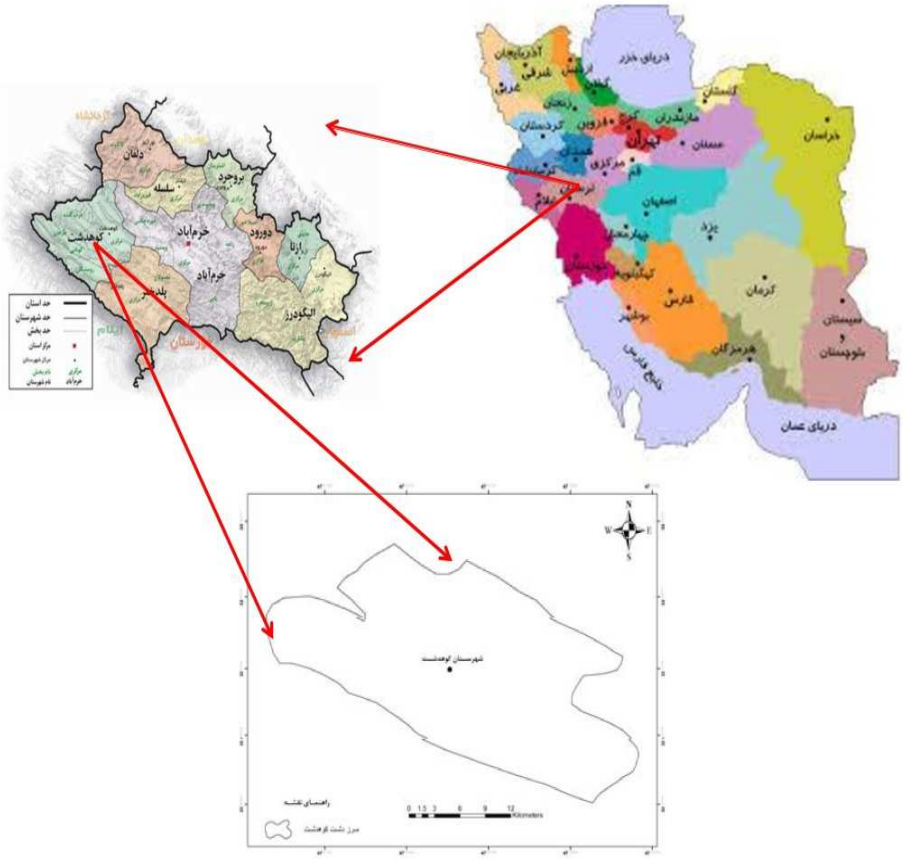
کارنیلی و بن اشر[1](1993) چهار حوزه در آریزونای[2] آمریکا با شبیه سازی رواناب با این نتیجه رسیدند که آستانه شروع رواناب تابعی از متوسط بافت خاک هر حوزه است. نتیجه تحقیقات نشان داد خاک‌های رسی کمترین آستانه و خاک‌های شنی بالاترین آستانه شروع رواناب را داشتند. لاوی و همکاران[3](1994) در پژوهش خود درباره پاسخ خاک نسبت به تولید رواناب و فرسایش توسط شبیه ساز باران دریافتند که تغییرات بیشتر یا کمتر رواناب و رسوب با مقدار بارندگی سالیانه رابطه خطی دارد. نتیجه تحقیقات پونس و شتی[4] (1995) تایید می‌کند که آستانه شروع رواناب به اقلیم بستگی دارد و مقدار آن در مناطق نیمه خشک بیشتر از مناطق نیمه مرطوب است براین اساس آنها نتیجه‌گیری کردند که حداکثر رواناب بسته به اقلیم فرق می کند و مقدار آن در مناطق نیمه خشک بیش از مناطق مرطوب فصلی است. طی پژوهشی که مارتینز و همکاران[5](1998) بر روی اثر ویژگی‌های بارش بر واکنش هیدرولوژیک خاک‌های متفاوت داشتند به این نتیجه رسیدند که شدت بارش پارامتر عمده کنترل کننده رواناب در حوزه‌های با بافت خاک ریزدانه، نفوذپذیری کم و پوشش گیاهی تنک بود در حالیکه در خاک‌های درشت بافت تر، نفوذپذیر و با پوشش گیاهی متراکم‌تر مجموع بارش با رواناب ارتباط بیشتری داشت. در تحقیقی دیگر که آزولاینو و بن-هور[6](2006) با هدف بررسی تاثیر شدت بارندگی و شیب بر هدر رفت خاک انجام دادند مشاهده کردند که در شدت بارندگی ۱۲ میلی‌متر بر ساعت افزایش شیب تغییر معنی داری روی افزایش تولید رسوب ایجاد نکرده است در حالی که در شدت ۶۰ میلی‌متر بر ساعت باعث افزایش نمایی هدر رفت خاک خواهد شد. با توجه به مطالعات صورت گرفته در داخل و خارج کشور در زمینه رواناب و رسوب و اهمیت مسئله خشکسالی و رابطه

1 Karnieli .and Ben-Asher
2 arizona
3 Levy et al
4 Ponce and Shetty
5 Martinez et al
6 Assouline and Ben-Hur

آن با میزان بارندگی و همچنین تاثیر تغییرات اقلیمی بر ایجاد بارش‌های شدید و رگباری، لازم است اثرات این بارش‌ها بر رواناب و هدر رفت خاک بطور دقیق‌تری بررسی شود. لذا این تحقیق با هدف برآورد بهینه میزان رواناب و رسوب تحت تاثیر تغییرات شدت و مدت بارندگی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در حوزه آبخیز کوهدشت که یکی از زیر حوزه‌های رودخانه کشکان در جنوب غربی استان لرستان می باشد انجام شد. مساحت این حوزه حدود ۴۵۶۰۰ هکتار که ۱۹۹۲۰ هکتار آن به کاربری دیم اختصاص دارد. تقریبا تمامی اراضی زراعی حوزه در دشت‌های مسطح آبرفتی واقع شده است که جنس خاک آهکی و بافت آن نیز از نوع رسی می‌باشد. حوزه آبخیز کوهدشت بین طول‌های جغرافیایی ۴۷°۲۷ تا ۴۷°۴۹ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۳°۱۳ تا ۳۳°۳۸ شمالی واقع شده است. ارتفاع بلندترین نقطه در این حوزه آبخیز در شمالی‌ترین قسمت حوزه۱۹۳۶ متر از سطح دریا و کمترین آن در خروجی حوزه۱۱۴۰ متر می‌باشد(چمن پیراو همکاران، ۱۳۸۸). آب و هوای منطقه مدیترانه‌ای بوده و دارای زمستان‌های نسبتا سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و معتدل می‌باشد. بیشترین و کمترین دما۴۳ و منفی ۱۷درجه سلیسیوس است. میزان بارندگی متوسط سالانه۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد(کرمیان و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۱-موقعیت منطقه مطالعاتی حوضه آبخیز کوهدشت در ایران و استان لرستان

ویژگی‌های دستگاه باران‌ساز

دستگاه باران‌ساز صحرایی مورد استفاده در این تحقیق در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور طراحی و ساخته شده است. این دستگاه دارای اندازه پلات ۲۵×۲۵ سانتی‌متر و بر مبنای نمونه استاندارد موجود در دانشگاه واخنینگن[۷] هلند طراحی گردیده. از این باران‌ساز برای تعیین خصوصیات فرسایشی خاک، میزان نفوذ آب و همچنین تحقیقات حفاظت خاک و تعیین فرسایش پذیری نهشته‌های سطحی در صحرا استفاده می‌شود. دستگاه قابل حمل بوده و امکان استفاده از آن را در طبیعت بر روی خاک دست نخورده و طبیعی فراهم است و به این منظور استفاده از آن در صحرا روش استاندارد محسوب می‌گردد. باران‌ساز مورد استفاده از سه قسمت، آبپاش با قابلیت تنظیم فشار برای تولید بارش استاندارد، پایه برای آب پاش و قاب فلزی که نمونه خاک مورد آزمایش در داخل آن قرار می‌گیرد، تشکیل شده است(آزموده و همکاران، ۱۳۸۹).

شکل۲- نحوه‌شبیه سازی باران در منطقه مورد مطالعه

روش نمونه برداری وتجزیه آزمایشگاهی

پس از بازید کلی و شناسایی منطقه، ترانسکت‌هایی به طول تقریبی ۶ متر انتخاب شدند سپس آن را اشباع کرده تقریبا ۲۴ ساعت فرصت داده شد تا خاک در رطوبت ظرفیت مزرعه قرار گیرد و نصب پلات باران‌ساز با کمترین مشکل و خطا همراه باشد. علاوه بر این در هر بار نمونه برداری، از خاک کنار هر ترانسکت (معمولا از نقاط مختلف) برای اندازه‌گیری بافت، شوری، pH، درصد ماده آلی و میزان عناصر غذایی نمونه ای تهیه می‌شد. عملیات صحرایی در شیب ۵ درصد، در سه شدت بارندگی(۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر بر ساعت)، سه مدت (۵، ۱۰و ۱۵ دقیقه) و در ۳ تکرار انجام شد. برای اینکه بتوان تنها متغیرهای کمی مد نظر را در میزان روان آب و فرسایش خاک دخالت داد میکرو توپوگرافی و شرایط سطحی هر پلات در تمامی آزمایشات شبیه سازی باران ثابت و یکسان در نظر گرفته شد. بعد از هر دوره بارش زمان شروع رواناب یادداشت و حجم رواناب آب نیز با اندازه‌گیری مستقیم توسط استوانه مدرج تعیین شد. پس از انتقال نمونه‌های رواناب به آزمایشگاه و عبور دادن آنها از کاغذ صافی واتمن۴۰ رسوب باقی مانده روی صافی توسط آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد خشک و توزین گردید. نمونه‌های خاک پس از برداشت خشک گردیده و پس از عبور از الک ۲

7- Wageninngen

میلی‌متری به آزمایشگاه منتقل شدند. بافت خاک از روش هیدرومتری(هسه[8]، 1971)، درصد کربن آلی خاک از روش والکی و بلک[9](ولکی و بلک، 1934) و وزن مخصوص ظاهری نیز به وسیله سیلندر فلزی بلاک[10](1986) محاسبه گردید. شوری و اسیدیته خاک در سوسپانسیون۱به۲و توسط دستگاه EC متر و pH متر اندازه‌گیری شدند. ازت کل توسط کجدال، فسفر توسط اسپکتروفتومتر و پتاسیم به وسیله فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند(پیج[11]، 1992).

نتایج و بحث

نتایج آزمایش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مطالعاتی در جدول(۱) آورده شده. بررسی اولیه نتایج نشان می‌دهد که بیشترین درصد ضریب رواناب و وزن رسوب در هر سه پایه زمانی و سه شدت بارش مربوط به آزمایش با شدت ۹۰ و مدت ۱۵ دقیقه و کمترین آن مربوط به شدت ۷۰ و مدت ۱۰ است و در شدت ۵۰ میلی متر در ساعت در هر سه پایه زمانی ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه هیچ روانابی تولید نشد که احتمال می‌رود به علت شدت کم، آب حاصل باران فرصت کافی برای نفوذ در خاک را داشته است.
براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق تغییرات ضریب رواناب و رسوب در شدت‌ها و پایه‌های زمانی مختلف نشان دهنده افزایش مقادیر یادشده با طولانی‌تر شدن مدت و شدت بارش می‌باشد. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تفاوت از نظر تولید رواناب و رسوب در دقایق اولیه شروع رواناب (۵ دقیقه دوم)دیده می‌شود و در پایه‌های زمانی۱۰ تا۱۵ دقیقه این مقادیر اختلاف چندانی ندارند که با نتایج اسکندری و چرخابی(۱۳۸۲) نیز مطابقت دارد. علاوه بر این تحقیق در سطح پلاتی با ابعاد کوچک(۲۵×۲۵ سانتی متر) انجام شده و نیروی برشی رواناب آنقدر افزایش نمی‌یابد که بتواند بر نیروی مقاومت حاصل از جرم مخصوص ذرات خاک غلبه کرده و آنها را انتقال دهد(یوسفی فرد و همکاران، ۱۳۸۶). برایان[12](2000) نیز کاهش نفوذپذیری خاک با گذشت زمان از شروع بارش را دلیلی برای توضیح این وضعیت می داند.
باران یکی ازعوامل تخریب خاک وکاهش نفوذپذیری خاک است. ضربه قطرات باران برسطح خاک باعث قرارگیری ذرات ریز دربین ذرات درشت شده وکاهش نفوذپذیری لایه‌ی سطحی رادر پی دارد(تارچیزکی وهمکاران[13]، 1984).در بارش‌های شدید، مقدار بالای رواناب باعث رقیق شدن آب و پایین آمدن غلظت مواد می گردد اما مقدار کل مواد به دلیل حجم بالای رواناب افزایش خواهد یافت(خزایی و همکاران، ۱۹۹۳). شدت رواناب با گذشت زمان افزایش یافته و سپس به مقدار ثابتی می رسد. دلیل رسیدن به حالت ثابت تشکیل سله در اثر برخورد قطرات باران با سطح خاک و تخریب ساختمان و در نهایت کاهش نفوذپذیری خاک می باشد(موری و سینگر[14]، 1990). چن و همکاران[15](1980) براساس داده های مشاهده شده رواناب، منحنی رواناب را به سه قسمت تقسیم کردند: ۱- مرحله اول شروع بارندگی تا نقطه شروع اولین قطرات رواناب. ۲- مرحله افزایش رواناب که با تداوم بارندگی سریعا میزان رواناب افزایش می یابد، در این مرحله سله در سطح خاک در خال تشکیل شدن است. ۳- مرحله ثبات رواناب، که سله روی سطح خاک تشکیل شده است و شدت رواناب به حد ثابتی می رسد.

در شدت ۵۰ میلی متر در ساعت حتی در مدت ۱۵ دقیقه هیچ روانابی ایجاد نشد درحالی که در شدت ۷۰ در مدت ۱۰ دقیقه ۲۴۴ لیتر بر متر مربع رواناب تولید شد که نشان دهند تاثیر بیشتر شدت بارندگی نسبت به مدت آن در تولید رواناب و رسوب می‌باشد. بررسی‌های کوموودلاسالا[16](2013)در ایتالیا نیز نشان داد که۲۶ تا۶۰ درصد از کل باران بسته به شدت و مدت آن تبدیل به

[8].Hesse
[9].Walkley and Black
[10].Blak
[11].page
[12].Bryan
[13].Tarchitzky et al
[14].Moore and Singer
[15].Chen et al
[16].Cuomo and Della Sala

رواناب خواهد شد و در باران با شدت۱۰۰-۲۰۰ میلی‌متر بر ساعت زمان شروع رواناب تقریبا از ابتدای بارندگی بود و در باران با شدت۱۰-۲۰ میلی‌متر بر ساعت این زمان به۳ساعت می رسد.

داده های مربوط به آستانه شروع رواناب در جدول(۲) نشان دهنده این است که در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت در پایه های زمانی مختلف روانابی ایجاد نشد اما در شدت بارندگی ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر این آستانه روند نزولی داشته که نشان دهنده کاهش آستانه رواناب با افزایش شدت بارش می‌باشد. وی و همکاران[17](2014) بیان کردند که افزایش ۱/۸ برابری شدت باران، کاهش ۷۰ درصدی زمان شروع رواناب و افزایش ۹ تا۱۶ برابری دبی رواناب را در پی داشت. به طور کلی نتایج نشان دهند تاثیر بیشتر شدت بارش در ایجاد رواناب رسوب و کاهش آستانه رواناب نسبت به مدت بارش می باشد. با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده میزان رسوب در پایه های زمانی مختلف اختلاف چندانی ندارند در حالی که تغییرات میزان رواناب بسیار بیشتر می باشد. در مدت ۱۰ دقیقه شدت ۷۰ میلی متر بر ساعت میزان رسوب و رواناب به ترتیب ۶/۶۳ و ۲۴۴ می‌باشد اما در همین مدت، در شدت ۹۰ میلی‌متر بر ساعت ۸/۳۶ و ۹۰۴ بدست آمده که نشان دهنده تاثیر بیشتر خصوصیات باران بر میزان رواناب نسبت به رسوب است. ویژگی های فیزیکی و شیمایی خاک نیز از عوامل تاثیرگذار بر قابلت فرسایش خاک و تولید رسوب می باشند. همانطوری که در جدول(۱) ملاحضه می گردد خاک مورد بررسی دارای درصد ماده آلی پایین و درصد سیلت فراوان است که همگی از عوامل تاثیرگذار در افزایش پتانسیل فرسایش خاک می‌باشند. پرهمت و همکاران(۱۳۹۴) در آزمایشی مشابه به این نتیجه رسیدند که شدت بارش از عوامل مهم ایجاد رواناب و فرسایش خاک بوده و با افزایش شدت بارندگی حجم رواناب تولیدی نیز افزایش می‌یابد. یوسفی و همکاران(۱۳۹۳) نیز طی آزمایشی که به منظور بررسی فرسایش در شرایط مختلف مدت زمان بارندگی، درصد شیب و کاربری‌های مختلف انجام دادند به این نتیجه رسیدند که مدت زمان بارندگی ازپارامترهای مهم باران در فرسایش می‌باشد و این تغییرات درزمان‌های ابتدایی بارندگی میزان فرسایش تقریبا کم بود اما با افزایش مدت بارش به دلیل مرطوب شدن خاک، نیروی چسبندگی بین ذرات کاهش یافته و در نتیجه میزان پاشمان و تخریب ذرات افزایش نشان داد، بطوری که حداکثرمیزان فرسایش در بازه زمانی ۱۵-۱۰ دقیقه پس از بارش مشاهده شد و پس از آن فرسایش تقریبا روند ثابتی داشت. از طرفی نتایج پژوهش خالدی درویشان و همکاران(۱۳۹۴) نیز نشان می‌دهد که رواناب شکل گرفته تا حد زیادی وابسته به ویژگی‌های بارندگی، خاک و شیب است.

جدول۱- نتیجه آزمایش‌های خاک منطقه مطالعاتی

ویژگی های خاک	OM (%)	T.N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	PH	EC (ds/m)	ρb (gr/cm^3)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
	./۳۹	./۰۸۶	۹/۹۰	۱۰۰	۷/۶۴	./۴۶۷	۱/۲۷	۳۰	۴۸	۲۲

[17].Wei et al

جدول۲- میانگین رسوب و رواناب و آستانه شروع رواناب در شدت‌ها و مدت‌های مختلف

متغییر	میانگین رسوب (گرم بر متر مربع)			میانگین رواناب (لیتر بر متر مربع)			آستانه شروع رواناب (دقیقه)		
مدت / شدت	۵	۱۰	۱۵	۵	۱۰	۱۵	۵	۱۰	۱۵
۵۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۷۰	-	۶/۶۳	۷/۲۴	-	۲۴۴	۳۶۰	-	۶:۳۱	۶:۵۷
۹۰	-	۸/۶۳	۸/۸۲	-	۹۰۴	۱۲۱۲	-	۴:۵۳	۵:۳۷

نتیجه‌گیری

مشکلات و معضلات حاصل از خشکسالی و پدیده تغییر اقلیم بر کسی پوشیده نیست و یکی از آثار این پدیده در حوضه فرسایش خاک و آب است. وقوع سیلاب های مخرب، بارش های رگباری و شدید، کاهش پوشش گیاهی، هدر رفت خاک و آب و کاهش منابع آب، کاهش بازده اقتصادی اراضی کشاورزی و رها شدن این اراضی توسط کشاورزان و کاهش امنیت غذایی تنها گوشه ای از مشکلات به وجود آمده تحت تاثیر این پدیده است. نکته قابل توجه‌ی که درخصوص اراضی زراعی وجود دارد اینکه خاک این اراضی بدلیل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و توپوگرافی از حساسیت بالایی به فرسایش‌پذیری برخوداراند لذا اعمال مدیریت نامناسب و بهره برداری غیر اصولی از این اراضی آنها را در معرض نابودی قرار خواهد داد. باران مهمترین متغییر تعین کننده در شرایط خشکسالی است که بر فرسایندگی خاک تاثیرگذار است و از آنجا که بطور مستقیم قابل کنترل نیست، باید با به کارگیری انواع عملیات حفاظتی علاوه بر جلوگیری از برخورد قطرات پر انرژی باران با سطح خاک و تخریب خاکدانه نفوذ و ذخیره بیشترآب درخاک موثر می‌باشد. تقویت پوشش گیاهی، افزایش مواد آلی و افزایش مالچ سطحی ازجمله راه‌کارهایی هستند که برای کاهش اثر ضربه قطرات باران و افزایش نفوذ آب به خاک موثر می‌باشند.

فهرست منابع

ابراهیمی ه، نصر آزادانی آ، رمضانی ب، جدی مصطفی لو آ، ۱۳۸۸، بررسی رابطه بارش و رواناب در حوضه آبخیز سد برنجستانک، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران(مدیریت پایدار بلایای طبیعی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

آزموده ع، کاویان ع، سلیمانی ک، وهاب زاده ق، ۱۳۸۹، مقایسه میزان رواناب و فرسایش در خاک‌های تحت پوشش کاربری‌های جنگل، زراعی و باغ با استفاده از شبیه ساز باران، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴ ، (شماره ۳)، مرداد - شهریور ۱۳۸۹ ،صفحات۴۹۰-۵۰۰.

اسکندری ذ، چرخابی ا ح، ۱۳۸۴، تأثیر طول مدت بارش بر تولید رواناب و رسوب، مجموعه مقالات هشتمین همایش علوم خاک ایران، رشت۱۳۸۴، صفحات۸۲۹-۸۳۱.

پر همت ج، عباسی ع ا، خوشبزم ال، ۱۳۹۳، بررسی رابطه ضریب رواناب و شدت بارش در اراضی مرتعی (مطالعه موردی: سنگانه کلات)، سامانه های سطوح آبگیر باران – ۱۳۹۳، دوره ۲ (شماره۱)، صفحات ۶۱ تا۶۷.

چمن پیرا غ ر، زهتابیان غ ر، قدوسی ج، ۱۳۸۸، ارزیابی اقتصادی-اجتماعی پخش سیلاب بر آبخوان کوهدشت(استان لرستان)، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، کرج، انجمن آبخیزداری ایران.

خالدیان ح، شاهویی س ص، ۱۳۸۹، اندازه گیری فرسایش پاشمانی و رابطه آن با شدت بارندگی در استان کردستان، مجله پژوهش آب ایران، سال چهارم(شماره ششم).

خالدی درویشیان ع، صادقی س ح ر، همایی م، و عرب خدری م، ۱۳۹۴، متاثر بودن رواناب و ضریب فرسایش از شدت بارش و رطوبت خاک پیشین در قطعه فرسایش آزمایشگاهی. مجله تحقیقات آب(شماره ۱۵).

تفکری م ج، مطیعی ه، مساح بوانی ع، عبدالله پور م، ۱۳۹۰، ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر فرسایش حوضه رودخانه سردابرود، پنجمین همایش تخصصی مهندسی مجیط زیست.

زارع خورمیزی م، نجفی نژاد ع، نورا ن، کاویان ع، ۱۳۹۰، اثر شیب و خصوصیات خاک بر رواناب و هدر رفت خاک با استفاده از شبیه ساز باران، حوزه آبخیز چهل چای استان گلستان، مجله پژوهشهای حفاظت آب و خاک، جلد نوزدهم(شماره دوم).

شریفی ف، صفار پور ش، ایوب زاده س ع، ۱۳۸۳، ارزیابی مدل رایانه ای AWBM ۲۰۰۲ در شبیه سازی فرآیند های هیدرولوژیکی تعدای از حوضه های آبخیز ایران، مجله پژوهش و سازندگی، (شماره ۶۳).

کاویان ع، عسکریان ر، جعفریان جلودار ز، بهمنیار م ع، ۱۳۹۲، اثر خصوصیات خاک بر تولید رواناب و رسوب در مقیاس مزرعه (مطالعه موردی بخشی از اراضی کشاورزی اطراف شهرستان ساری)، نشریه دانش آب و خاک ، جلد ۲۳ (شماره ۴)، صفحات ۴۵ تا ۵۷.

کرمیان ر، اونق م، پیامنی ک، ۱۳۸۷، برنامه مدیریت حوضه آبخیز کوهدشت لرستان با آمایش سرزمین، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، دوره ۱۵(شماره۲)، صفحات ۱۸۳ تا ۱۹۲.

کمالی ع، مساح بوانی ع، ۱۳۸۹، تاثیر تغییر و نوسانات اقلیمی بر رواناب حوضه با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی، نشریه آب و خاک،۹۲۰-۹۳۱.

مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی سرشماری عمومی کشاورزی کل کشور-۱۳۹۳.

مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی، ۱۳۹۰، بررسی عوامل خشکسالی‌های اخیر کشور با تاکید بر پیامدها و الزامات مدیریت کارآمد، بهمن ماه ۱۳۹۰.

واعظی ع، رستمی ع، محمدی م ح، ۱۳۹۰، تغییرات زمانی فرآیندهای پاشمانی در خاک مارنی تحت باران شبیه ساز شده، مجله پژوهش‌های خاک(علوم آب و خاک) ، جلد ۲۵، شماره ۴.

یوسفی ا، فرخیان فیروزی ا، خلیلی مقدم ب، ۱۳۹۳، ارزیابی تغییرات زمانی فرسایش پاشمانی در شیب‌های مختلف و کاربری‌های کشاورزی و جنگل، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال سوم(شماره سوم).

Assouline s, and Ben-Hur m, 2006, Effect of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil Surface sealing. Catena, 66:211-220.

Bryan R B, 2000,Soil erodibility and processes ofwater erosion on hillslope,Geomorphology 32, 385-٤١٥.

Blak c r, 1986,Bluk density, Pp. in: methods of soil analysis, Part 1, 2 ed. Am. Soc. Agron. Inc, madison, wi.

Celik I, 2005, Land-use Effects on Oganic Matter and Physical Properties of Soil in a Southern Mediterranean Highland of Turkey, Soil & Tillage Research, 83: 270-277.

Chen Y , Tarchitzky J, Brouwer J, Morin j, and Banin a, 1980, Scanning electron microscope observation on soilcrust and their formation, J Soil Sci. 130: 49-55.

Cuomo S, and Della Sala M, 2013, Rainfall-induced infiltration, runoff and failure in steep unsaturated shallow soil deposits, Engineering Geology 162: 118-127.

Fu B J, Meng Q H, Qiu Y, Zhao W W, Zhang Q J, and Davidson D A, 2004, Effects of Land use on Soil Erosion and Nitrogen Loss in the Hilly area of the Loess Plateau, China, Land Degradation & Development 15: 87-96

Gomez j a, and Nearing M A, 2005, Runoff and sediment losses from rough and smooth soil surfaces in a laboratory experiment.Catena, (59): 253-266.

Hesse P R, 1971, A text book of soil chemical analysis, John Murray, London.

Karnieli A, and Ben-Asher j, 1993, A Daily Runoff Simulation in Semi-arid Watersheds Based on Deficit Calculations, J Hydrology, 149: 9-25.

Levy G j, Levin j, and Shainberg I,1994, Seal formation and interrill erosion. soil Seal formation and interrill erosion, 58: 203-209.

Martinez M,1998, Factors Influencing Surface Runoff Generation in a Mediteranean Semi-arid Environment: Chicamo Watershed Spain. 12(5): 741-745.

Methods of Soil Analysis.Part 4, Physical methods, Soil Science Society of America, Madison, Visconsin,usa.

Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd edition, Agron, Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison,USA.

Moore, C. P. and M. J. Singer. 1990. Crust formation effects on soil erosion processes. Soil Sci. Soc. Amer, J, 54: 1117-1123.

Page A L, 1992, Methods of Soil Analysis, ASA and SSSA Pub, Madison, WI.

Ponce V M, and Shetty a v, 1995, A Conceptual Model of Catchments Water Balance: 2Application of Runoff and Base flow Modeling, J Hydrology, 173:41-50.

Tarchitzky J, Banin A, Morin J, and Chen Y, 1984, Nature formation and effects of soil crusts formed by water drop impact, Geoderma, 33, 135-155.

Walkley A, Black C A, 1934, An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of chromic acid titration method, Soil Science, 33:29-38.

Wei W, Jia F, Yang L, Chen L, Zhang H, and Yu Y, 2014,Effects of surficial conditionand rainfall intensity on runoff in a loess hilly area, China, Journal of Hydrology, 513: 115-126.