



دانشگاه گواران

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و دوم، شماره دوم، ۱۳۹۴

<http://jwsc.gau.ac.ir>

## بررسی آزمایشگاهی تخریب خاکدانه‌ها و فرسایش پاشمانی در شرایط مختلف شدت و مدت بارندگی در خاک‌های منتخب حوضه دستگل مسجدسلیمان

اشکان یوسفی<sup>۱</sup>، \*احمد فرخیان فیروزی<sup>۲</sup> و بیژن خلیلی مقدم<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز، آستادیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز،

<sup>۲</sup> آستادیار گروه علوم خاک، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۵

### چکیده

**سابقه و هدف:** فرسایش خاک و اثرات مرتبط با آن یکی از مشکلات بزرگ زیست‌محیطی می‌باشد، که اثرات مخرب آن هم در درون منطقه و هم در بیرون منطقه قابل اغماض نیست. شناخت عوامل و فرآیندهای موثر بر فرسایش خاک در یک منطقه در ارائه راهکاری برای حفاظت خاک و محیط زیست سالم ضروری می‌باشد. تخریب خاکدانه یکی از فرآیندهای مهم در فرسایش پاشمانی می‌باشد که باعث جداسازی ذرات خاک و انتقال راحت‌تر این ذرات می‌شود (۲۴). هدف از انجام این پژوهش یافتن ارتباط بین تخریب خاکدانه‌ها و فرسایش پاشمانی در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از دستگاه پاشمانی چندمتغیره بوده است.

**مواد و روش‌ها:** این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار عامل و در سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل مدت زمان بارندگی در چهار سطح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه، شدت بارش در دو سطح ۱/۵ و ۲ میلی‌متر بر دقیقه، شیب در دو سطح ۵ و ۱۵ درصد و کاربری در دو سطح جنگل و کشاورزی (دیم) بود. بدین منظور نمونه‌های خاک را از افق سطحی (A) در دو کاربری حوضه دستگل از زیرحوضه‌های سد شهید عباسپور مسجدسلیمان جمع‌آوری شد. نرخ فرسایش پاشمانی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه پاشمانی چندمتغیره در دو شیب (۵ و ۱۵ درصد) و شدت بارندگی‌های ۱/۵ و ۲ میلی‌متر بر دقیقه اندازه‌گیری شد. همچنین میزان تخریب خاکدانه‌ها با مقایسه میزان میانگین وزنی - قطر خاکدانه‌ها (MWD) قبل و بعد از اعمال تیمارها و میزان پاشمان با جمع‌آوری ذرات پاشمان شده اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** تجزیه و تحلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیانگر این است که تقریباً بیش از ۵۰ درصد ذرات در هر دو کاربری را ذرات سیلت تشکیل می‌دهد، که نشان‌دهنده این است خاک هر دو کاربری مستعد فرسایش می‌باشد. نتایج نشان داد با افزایش مدت زمان بارش، میزان پاشمان و تخریب خاکدانه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0.01$ ). نتایج این پژوهش بیانگر آن است که با افزایش شدت بارندگی، فرسایش پاشمانی و درصد تخریب خاکدانه‌ها به ترتیب ۱/۳ و ۱/۳۳ برابر شد. مقدار فرسایش پاشمانی در دو نوع کاربری کشاورزی و جنگل تفاوت معناداری

\* مسئول مکاتبه: farrokhian@gmail.com

داشتند ( $P < 0/01$ ). میانگین میزان پاشمان و درصد تخریب به ترتیب در نمونه‌های خاک جنگل و کشاورزی، ۲۵/۵۶ و ۲۹/۳۷ گرم بر مترمربع بود. رابطه مثبت معنی‌داری بین فرسایش پاشمانی و تخریب خاکدانه‌ها وجود دارد ( $R^2 = 0/96$ ). نتایج همچنان نشان داد با افزایش مدت زمان بارندگی از ۵ تا ۲۰ دقیقه مقدار فرسایش پاشمانی و تخریب ساختمان خاک افزایش یافت.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که مدت زمان و شدت بارندگی از پارامترهای مهم باران در وقوع فرآیند تخریب خاکدانه‌ها و فرسایش پاشمانی می‌باشد. در زمان‌های ابتدایی بارندگی میزان پاشمان و تخریب خاکدانه‌ها تقریباً کم بود و حداکثر میزان پاشمان و تخریب خاکدانه‌ها در بازه ۱۵-۱۰ دقیقه پس از بارندگی بوده است و پس از آن، پاشمان و تخریب خاکدانه‌ها تقریباً روند ثابتی داشت.

**واژه‌های کلیدی:** پایداری خاکدانه‌ها، فرسایش پاشمانی، شبیه‌ساز باران، حوضه دشتگل

### مقدمه

به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار رطوبت خاک، قدرت قطرات باران برای تخریب خاکدانه افزایش می‌یابد (۲۳). همچنین افزایش شدت بارندگی باعث می‌شود قطرات درشت‌تر با انرژی بیشتری به ذرات خاک برخورد کنند در نتیجه میزان فرسایش پاشمانی به مراتب بیشتر خواهد بود (۱۶). واعظی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی میزان پاشمان در زنجان که با شدت ۴۰ میلی‌متر در ساعت و در بازه‌های زمانی ۷/۵ دقیقه‌ای انجام شد دریافتند که پاشمان تا ۴۵ دقیقه افزایش و پس از آن افزایش معنی‌داری حاصل نگردید (۲۶). گیبلر و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که در مناطق باز، ارتباط نزدیکی بین میزان تلفات شن و مقدار بارندگی و حداکثر شدت بارندگی وجود دارد. نمونه بارز فرسایش در اراضی زیر پوشش تک درخت است، که دارای لاشبرگ نیست و بارندگی‌های آرام با ریزش بر روی این پوشش سبب ایجاد قطرات درشت می‌شود و قطرات از ارتفاع زیاد سقوط کرده، و به دلیل بالا بودن جرم و سرعت قطره سبب فرسایش پاشمانی در زیر تاج پوشش درخت می‌شود. از این رو روش‌هایی که متکی بر شاخص شدت بارندگی است اهمیت زیادتری نسبت به سایر خصوصیات باران می‌تواند داشته باشند (۱۳).

جدایش ذرات خاک و انتقال این ذرات، با اثر قطرات باران بر روی سطح خاک، شروع‌کننده مکانیسم فرسایش آبی است. میزان جدا شدن ذرات به ویژگی‌های باران مثل انرژی جنبشی، شدت و مدت بارندگی و ویژگی‌های خاک بستگی دارد (۲). یکی از مهم‌ترین اثرات برخورد قطرات باران بر سطح خاک، تخریب خاکدانه‌ها می‌باشد. قطرات باران پس از برخورد با خاک خشک، قسمتی از خاکدانه‌ها و کلوخه‌های خاک را تخریب کرده و خود جذب خاک می‌گردند. برخورد قطرات باران علاوه بر شکستن خاکدانه‌ها، باعث پراکندگی رس‌ها و به دنبال آن تشکیل سله می‌گردد (۱۸، ۲۵).

در پژوهشی والتا و همکاران (۲۰۰۶) اعلام داشتند قطرات باران پس از برخورد با سطح خاک به دلیل ضربه مکانیکی خود باعث تخریب خاکدانه، ایجاد سله، کاهش نفوذپذیری خاک و در نتیجه افزایش فرسایش خاک می‌شود. خصوصیات مانند شدت بارندگی، مقدار رطوبت پیشین خاک، خصوصیات هیدرولیکی خاک، شیب زمین و روش‌های مدیریتی بر تخریب خاکدانه‌ها اثر می‌گذارند (۲۷). در آزمایشی روز-سینوگا (۲۰۱۰) با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران به بررسی میزان تخریب خاکدانه‌ها پرداختند و

## مواد و روش‌ها

حوضه دشتگل در قسمت شمال شرق و در حدود ۵۵ کیلومتری شهرستان مسجدسلیمان در استان خوزستان قرار دارد. این حوضه از نظر مختصات جغرافیایی در موقعیت ۴۹ درجه و ۲۶ دقیقه و ۴۵ ثانیه شرقی تا ۴۹ درجه و ۳۳ دقیقه و ۱۳ ثانیه شرقی و ۳۲ درجه و ۱۰ دقیقه و ۳ ثانیه شمالی تا ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه و ۱۵ ثانیه شمالی واقع شده و از زیرحوضه‌های سد شهید عباسپور است. رژیم رطوبتی منطقه *Ustic* و رژیم حرارتی *Hyperthermic* می‌باشد. بر اساس گزارش‌ها ایستگاه‌های هواشناسی، اقلیم منطقه بر حسب طبقه‌بندی آمبرژه در منطقه نیمه‌خشک معتدل قرار دارد. منطقه از نظر اقلیمی، دارای میزان بارندگی سالانه ۵۷۵/۵ میلی‌متر در سال است. حداکثر درجه حرارت مطلق سالانه ۵۰/۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت مطلق سالانه ۵/۵- سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت سالیانه ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۶).

در این مطالعه دو نمونه خاک، یک نمونه خاک جنگلی و کشاورزی از افق سطحی (افق A) انتخاب گردید. نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافته و پس از هوا خشک شدن به دو قسمت تقسیم گردیدند. یک قسمت برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلف از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و قسمت دیگر آن، برای اندازه‌گیری میزان فرسایش پاشمانی و درصد تخریب خاکدانه از الک ۸ میلی‌متری عبور داده شد. علت استفاده از الک ۸ میلی‌متری، بررسی دقیق میزان تخریب خاکدانه‌ها تحت تأثیر بارندگی بود.

برای اندازه‌گیری بافت خاک از روش هیدرومتری (۱۲)، میزان اسیدیته خاک با استفاده از pH متر، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (EC متر)، درصد کربنات کلسیم با استفاده از روش خشتی‌سازی اسیدکلریدریک ۱

علاوه بر قدرت تخریب و فرساینده‌گی باران، خصوصیتی از خاک مانند ماده آلی نیز بر این عوامل مؤثر می‌باشد. یافته‌های پژوهشی در مورد ارتباط بین ماده آلی خاک و میزان رواناب و فرسایش مشخص می‌کند که ماده آلی موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و خاک، مانع فروپاشی خاکدانه و در نتیجه باعث کاهش فرسایش و رواناب می‌شود (۹). اکو و مایدوگوری (۱۹۹۱) بیان نمودند که میزان جدایش خاک به‌طور معنی‌داری با افزایش ماده آلی خاک و اندازه خاکدانه، کاهش می‌یابد. مواد آلی خاک به‌دلیل تولید خاکدانه‌های پایدار و بهبود ساختمان خاک، در کاهش هدررفت خاک نقش به‌سزایی ایفاء می‌کنند (۸). کینجوان و همکاران (۲۰۰۸) نیز در مطالعه فرسایش پاشمانی در خاک‌های مختلف چین دریافتند که خاکدانه‌های دارای محتوای ماده آلی بالا، دارای حداقل مقدار فرسایش پاشمانی می‌باشند (۲۱).

پژوهش‌ها در زمینه تأثیر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش پاشمانی بسیار محدود است و بیش‌تر پژوهش‌ها در مورد رواناب و انواع دیگر فرسایش‌ها صورت گرفته است. قابل‌توجه است که در ایران پژوهش محدودی در رابطه با تأثیر کاربری اراضی بر میزان فرسایش پاشمانی صورت گرفته است از جمله ساعدی و همکاران (۲۰۱۳) در چهارمحال و بختیاری و رضایی‌پاشایی و همکاران (۲۰۱۲) در شمال کشور، میزان فرسایش پاشمانی در سه کاربری اراضی مجاور هم شامل جنگل، مرتع و کشاورزی را مورد بررسی قرار دادند و آن‌ها اختلاف معنی‌داری بین فرسایش پاشمانی در کاربری‌های مختلف نیافتند (۲۴، ۲۲). هدف از انجام این پژوهش، بررسی ارتباط بین تخریب خاکدانه‌ها و فرسایش پاشمانی در شرایط مختلف مدت زمان بارندگی، شدت بارندگی در خاک‌های منتخب از حوضه دشتگل مسجدسلیمان با استفاده از دستگاه پاشمانی چندمتغیره است.

مختلف بر روی خاک‌های دست‌خورده و دست‌نخورده اندازه‌گیری نمود.

برای بررسی اثر مدت زمان بارندگی بر تخریب خاکدانه و فرسایش پاشمانی، میزان پایداری خاکدانه و ذرات پاشمان شده در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه با دو شدت بارندگی ۱/۵ و ۲ میلی‌متر بر دقیقه و در دو نمونه خاک از کاربری جنگل و کشاورزی (دیم) انجام شد. میزان پاشمان هم با جمع‌آوری ذرات پاشمان شده به دست آمد و طبق رابطه ۱ (پارلاک، ۲۰۱۰) محاسبه گردید (۲۰).

$$D = \frac{M}{A} \quad (1)$$

که در آن،  $D$  فرسایش پاشمانی (گرم/مترمربع)،  $M$  میزان ذرات پاشمان شده (گرم) و  $A$  سطح استوانه (مترمربع) است.

پس از اعمال هر تیمار بارندگی، جهت اندازه‌گیری میانگین وزنی - قطر خاکدانه‌ها (MWD) و ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها در برابر آب از روش الک تر استفاده شد. در این پژوهش از یک سری الک که به ترتیب از قطر بزرگ به کوچک بر روی هم قرار گرفتند و شامل الک ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ میلی‌متر بود، استفاده شد. مقدار ۵۰ گرم خاک هوا خشک که از الک ۸ میلی‌متری عبور داده شده بود، به صورت تدریجی با آب اشباع کرده و بر روی الک بالایی قرار داده می‌شود (۱۵) و با استفاده از رابطه ۲ میانگین وزنی - قطر خاکدانه‌ها محاسبه گردید.

$$MWD = \sum_i^n W_i \bar{X}_i \quad (2)$$

که در آن،  $MWD$  میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (میلی‌متر)،  $\bar{X}_i$  میانگین قطر خاکدانه‌ها روی هر الک  $W_i$  میانگین وزن خاکدانه‌ها روی هر الک به وزن کل خاکدانه‌های خاک و  $n$  تعداد الک است.

نرمال (۱) و درصد کربن آلی از روش تر (۲۸) استفاده گردید.

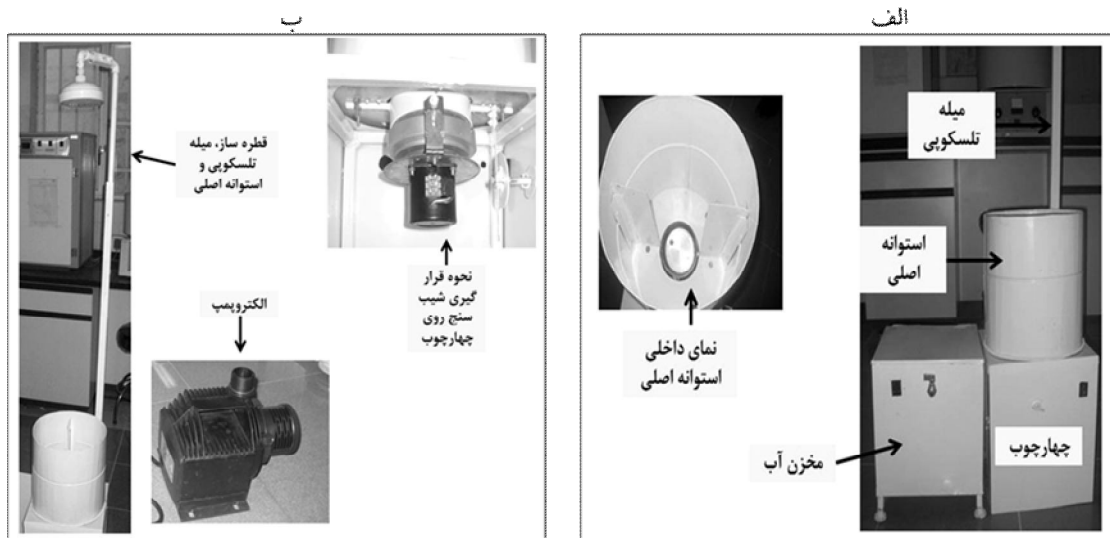
برای اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی، دستگاه پاشمانی چندمتغیره طراحی و ساخته شده است (شکل ۱). این دستگاه از سیستم شبیه‌ساز باران، تأمین شیب و حرکت چرخشی نمونه تشکیل شده است. سیستم شبیه‌سازی باران شامل پمپ الکتریکی به ارتفاع هیدرولیکی ۳ متر و دبی ۱ لیتر بر دقیقه، لوله‌های تلسکوپی با ارتفاع قابل تغییر از ۱/۵ تا ۳ متر، شیر کنترل‌کننده دبی و نازل می‌باشد. به منظور ایجاد همپوشانی کامل باران با نمونه خاک با توجه به ابعاد سیلندر حاوی نمونه (۱۰×۱۰ سانتی‌متر طبق الگوی مورگان، ۱۹۸۱) قطر نازل ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (۱۹). از سیستم تأمین شیب برای تولید شیب مدنظر و زاویه دادن به استوانه حاوی نمونه و از سیستم حرکت چرخشی نمونه (به وسیله یک دستگاه الکتروموتور) برای این که قطرات باران به یک نقطه اثبات نکنند، استفاده شد. این دستگاه همچنین دارای دو استوانه شامل استوانه اصلی و استوانه نمونه می‌باشد. استوانه اصلی، استوانه‌ای به ارتفاع و قطر ۳۰ سانتی‌متر است که استوانه نمونه با قطر ۱۰ سانتی‌متر داخل آن قرار می‌گیرد و فرسایش حاصل از باران ایجاد شده توسط این استوانه جمع‌آوری می‌شود. این استوانه توسط دو تیغه به دو بخش بالای شیب و پایین شیب تقسیم شده است که می‌تواند پاشمان در بالادست و پایین‌دست شیب را تفکیک کند. در کف استوانه اصلی در هر یک از بخش‌های بالای شیب و پایین شیب، سوراخ‌هایی تعبیه شده که خاک پاشمان شده حاصل در بالادست و پایین‌دست شیب را به طور مجزا جمع‌آوری می‌کنند. بنابراین با این دستگاه می‌توان، نرخ کل فرسایش پاشمانی، فرسایش پاشمانی بالادست شیب و پایین‌دست شیب را در شیب و شدت بارندگی

آزمایش شامل مدت زمان بارندگی در چهار سطح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه، شدت بارندگی در دو سطح ۱/۵ و ۲ میلی متر بر دقیقه، نوع خاک در دو سطح نمونه خاک جنگل و نمونه خاک کشاورزی بود. محاسبات آماری نتایج به وسیله نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن مشخص شد، همچنین برای رسم نمودارها و اشکال از برنامه Excel نسخه ۲۰۱۰ استفاده شد.

با مقایسه میانگین وزنی - قطر خاکدانه‌ها قبل و بعد از اعمال هر تیمار، میزان تخریب خاکدانه‌ها طبق رابطه ۳ به دست آمد.

$$(3) \quad \text{درصد تخریب خاکدانه‌ها} = \frac{\text{قطر متوسط خاکدانه قبل از باران} - \text{قطر متوسط خاکدانه بعد از باران}}{\text{قطر متوسط خاکدانه قبل از باران}} \times 100$$

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گردید. عوامل



شکل ۱- دستگاه پاشمانی چندمتغیره، الف: میله تلسکوپی، چهارچوب، استوانه اصلی و نمای داخلی از نحوه قرارگیری استوانه نمونه‌گیری در داخل استوانه اصلی، ب: الکتروپمپ، قطره‌ساز میله تلسکوپی و استوانه اصلی و نحوه قرارگیری شیب سنخ روی چهارچوب.

Figure 1. Multiples splash set. A: telescopic rod, framework, Interior view of the main cylinder and the placement of cylindrical sample in main cylinder. B: Electro pump, Dropper of telescopic rod, main cylinder and inclinometer placement on the framework.

می‌دهد، که نشان‌دهنده این است خاک هر دو کاربری مستعد فرسایش می‌باشد. درصد کربن آلی نمونه خاک جنگل و کشاورزی به ترتیب ۰/۷ و ۲/۰۵ درصد می‌باشد و میانگین وزنی قطر خاکدانه به ترتیب ۲/۰۵ و ۱/۱۳ میلی متر است که این مطلب بیانگر این است که میزان کربن آلی و پایداری خاکدانه در خاک جنگل بیش تر از خاک کشاورزی است و از پایداری مناسبی

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. بر اساس این نتایج، خاک منطقه در کاربری جنگل دارای بافت لوم سیلتی و در کاربری کشاورزی دارای بافت لوم رس سیلتی است و بیش از ۵۰ درصد ذرات در هر دو نمونه را سیلت تشکیل

برخوردار است (۱۰). همچنین با توجه به درصد آهک و هدایت الکتریکی می‌توان نتیجه گرفت که خاک‌ها در گروه خاک‌های آهکی و غیرشور قرار

دارند. میزان گچ در خاک جنگل ۱/۴۶ و در خاک کشاورزی ۲/۱۸ است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌های مورد استفاده.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil samples.

MWD (mm)	گچ Gypsum (%)	pH	EC (dSm <sup>-1</sup> )	آهک Lime (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	بافت Soil texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	نوع خاک Soil type
1.13	2.2	7.1	3.2	46.1	0.7	لوم رس سیلتی (SCL <sup>1</sup> )	32	50	18	کشاورزی (Agriculture)
2.05	1.5	7.2	1.2	45.1	2.05	لوم سیلتی (SL <sup>2</sup> )	14	52	34	جنگل (Forest)

1. Silty clay loam, 2. Silty loam

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای مورد مطالعه.

Table 2. Analysis of variance (ANOVA) of the factors.

فرسایش پاشمانی Splash erosion	تخریب خاکدانه Aggregate breakdown	درجه آزادی df	منبع تغییر CV
**126.43	0.156**	1	شدت بارندگی (rainfall intensity)
3099.18**	0.328**	3	مدت زمان (time duration)
348.03**	0.062**	1	کاربری (land use)
29.51*	0.028*	3	شدت × مدت (rainfall intensity × time duration)
77.85*	0.01*	1	شدت × کاربری (rainfall intensity × land use)
44.58*	0.006 <sup>ns</sup>	3	مدت × کاربری (time duration × land use)
13.43 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	3	مدت × شدت × کاربری (time duration × rainfall intensity × land use)

شدت بارندگی، مدت زمان و کاربری‌های مختلف در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. همچنین اثرات متقابل هر سه تیمار با یکدیگر برای

خلاصه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ آمده است. این جدول نشان می‌دهد که میزان فرسایش پاشمانی و تخریب خاکدانه‌ها در

فرسایش پاشمانی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شدند.

شکل ۲ (A) بیانگر مقایسه میانگین اثر نوع خاک و میزان پاشمان ذرات خاک را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲ (A) مشاهده می‌شود که میانگین میزان فرسایش پاشمانی بین نمونه خاک‌های جنگل و کشاورزی تفاوت معنی‌داری دارند. میانگین میزان پاشمان در خاک‌های کشاورزی و جنگل به ترتیب ۲۹/۳۷ و ۲۵/۵۶ گرم بر مترمربع است. یکی از علل کاهش میزان پاشمان در نمونه خاک جنگل نسبت به خاک کشاورزی، با توجه به این که میزان گچ و آهک تقریباً در هر دو نوع خاک برابر بوده است را می‌توان به دلیل وجود ماده آلی بیش‌تر در خاک جنگلی نسبت به کشاورزی بوده است. ماده آلی با ایجاد پوششی آب‌گریز در اطراف خاکدانه‌ها باعث کاهش سرعت نفوذ آب به درون خاکدانه‌ها و افزایش مقاومت آن‌ها در برابر تنش‌های ناشی از خیس شدن می‌شود. کینجوان و همکاران (۲۰۰۸) نیز در مطالعه فرسایش پاشمانی در خاک‌های مختلف چین دریافتند که خاکدانه‌های دارای محتوای ماده آلی بالا، دارای حداقل مقدار فرسایش پاشمانی می‌باشند (۲۱). آزموده و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که با تغییر کاربری از جنگل به زراعت و باغ، میزان فرسایش به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (۴). رضایی‌پاشایی و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که تفاوت معنی‌داری بین سه کاربری جنگل، مرتع و کشاورزی در میزان پاشمان وجود ندارد (۲۲). شکل ۲ (B) بیانگر رابطه بین تخریب خاکدانه‌ها و نوع خاک در کاربری‌های مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۲ (B) ملاحظه می‌گردد، میانگین میزان تخریب خاکدانه بین نوع خاک جنگلی و کشاورزی تفاوت معنی‌داری دارند. میانگین میزان تخریب خاکدانه‌ها در خاک کشاورزی و جنگل، به ترتیب ۳۱ و ۲۶ درصد شده

است. علت تخریب بیش‌تر خاکدانه‌ها در کشاورزی نسبت به جنگل، وجود فعالیت‌های کشاورزی و تردد ادوات کشاورزی می‌باشد. خرمالی و همکاران (۲۰۰۹) نیز اعتقاد دارند که تلفات شدید ماده آلی، افزایش محتوای سیلت، کاهش فعالیت میکروبی و کاربرد ماشین‌آلات سنگین فاکتور اصلی برای کاهش پایداری خاکدانه‌ها به دنبال جنگل‌زدایی می‌باشد (۱۷). مطالعات نشان داده‌اند که خاک‌های با پایداری بالاتر خاکدانه‌ها، احتمالاً پایداری بالاتری برای تخریب و فرسایش خاک دارند.

اثر شدت بارندگی بر میانگین میزان فرسایش پاشمانی در شکل ۲ (C) نشان داده شده است که میزان فرسایش پاشمانی بین دو شدت بارندگی‌های ۱/۵ و ۲ میلی‌متر بر دقیقه تفاوت معنی‌داری دارند. به‌طوری‌که میانگین میزان پاشمان در شدت بارندگی‌های ۱/۵ و ۲ میلی‌متر بر دقیقه به ترتیب ۲۳/۸۴ و ۳۱/۱۰ گرم بر مترمربع می‌باشد. یکی از دلایل آن این است که با افزایش شدت بارندگی، تعداد قطراتی که در واحد زمان با سطح خاک برخورد می‌کنند، افزایش می‌یابد در نتیجه آن نیز میزان فرسایش پاشمانی افزایش می‌یابد. همچنین افزایش شدت بارندگی باعث می‌شود قطرات درشت‌تر با انرژی بیش‌تری به ذرات خاک برخورد کنند در نتیجه میزان فرسایش پاشمانی به مراتب بیش‌تر خواهد بود. فرناندز و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی میزان فرسایش پاشمانی و رابطه آن با انرژی جنبشی و شدت بارندگی نشان دادند که شدت بارندگی با فرسایش پاشمانی در ارتباط است و با افزایش آن، میزان پاشمان افزایش می‌یابد (۱۱). همچنین شکل ۲ (D) رابطه بین تخریب خاکدانه‌ها و شدت بارندگی را نشان می‌دهد که با افزایش شدت بارندگی، میانگین تخریب خاکدانه‌ها از ۲۴ درصد در شدت ۱/۵ به ۳۲ درصد در شدت ۲ میلی‌متر بر دقیقه رسید. چون با

بارندگی، فرسایش پاشمانی هم تا ۱۵ دقیقه افزایش یافت و پس از آن تفاوت معنی‌داری در میزان فرسایش پاشمانی تا ۲۵ دقیقه مشاهده نشد (۳) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

اثر متقابل دوگانه عوامل شدت بارندگی، مدت زمان بارندگی و نوع خاک با یکدیگر بر فرسایش پاشمانی شکل ۳ (A, B, C) و تخریب خاکدانه‌ها شکل ۳ (D, E) نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۳ (A) مشخص است تفاوت معنی‌داری بین میانگین فرسایش پاشمانی خاک‌های جنگلی و کشاورزی در سطح شدت بارندگی ۲ میلی‌متر بر دقیقه وجود دارد. اما در سطح شدت بارندگی ۱/۵ میلی‌متر بر دقیقه بین دو نوع خاک اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. نتایج این پژوهش، با نتایج بردوسکی (۲۰۱۳) که به مطالعه اثر شیب و شدت بارندگی بر پاشمان ذرات پرداخت نیز مطابقت دارد (۵). نتایج این مطالعه همچنین نشان داد در همه سطوح مدت زمان بارندگی تفاوت معنی‌داری بین میانگین فرسایش پاشمانی شدت بارندگی‌های ۱/۵ و ۲ میلی‌متر بر دقیقه وجود دارد (شکل ۳، B). اثر متقابل نوع خاک و مدت زمان بارندگی در شکل ۳ (C) نشان داده شده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها به‌وسیله آزمون دانکن نشان داد که در زمان‌های ابتدایی (۵ و ۱۰ دقیقه) بارندگی به‌علت خشک بودن خاک، تفاوتی در میزان پاشمان بین دو نوع خاک مشاهده نشده است، اما با گذشت زمان این تفاوت معنی‌دار شد به‌طوری‌که حداکثر میزان پاشمان در هر دو خاک جنگلی و کشاورزی، بین ۱۰ تا ۱۵ دقیقه پس از شروع بارندگی رخ داد و پس از این زمان تقریباً میزان پاشمان به‌صورت ثابتی افزایش پیدا کرد. ساعدی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی میزان پاشمان در سه کاربری (مرتع، دیم و آبی) نشان دادند که با افزایش شدت بارندگی از ۲/۵ و ۳/۵ میلی‌متر بر دقیقه وزن خاک پاشمان یافته به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (۲۳)، فرناندز

افزایش شدت بارندگی، انرژی جنبشی قطرات بارانی که با سطح خاک برخورد می‌کنند، افزایش می‌یابد به دنبال آن، میزان فرسایش پاشمانی و تخریب خاکدانه‌ها، نیز افزایش می‌یابد.

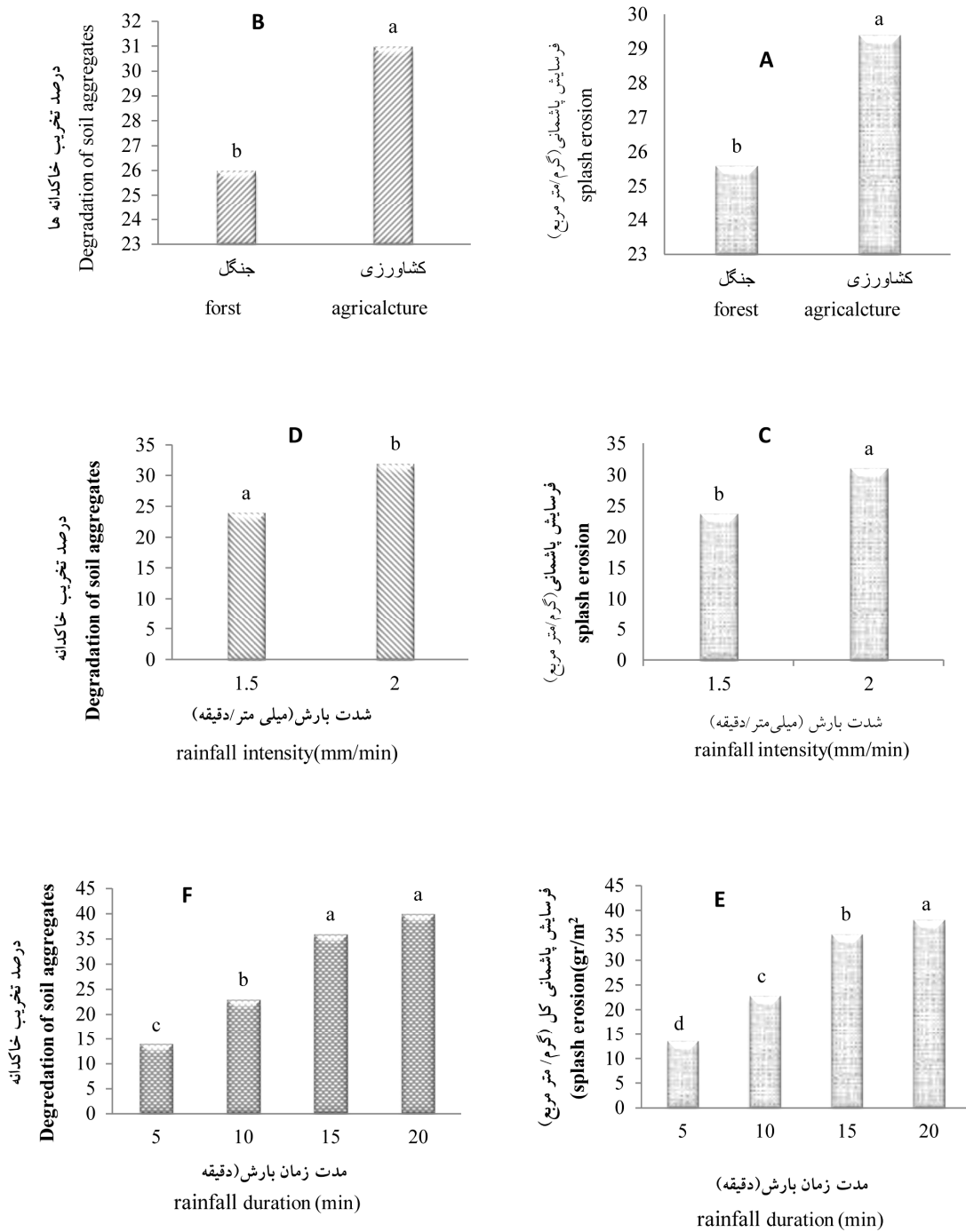
تأثیر تداوم بارندگی را بر میزان پاشمان شکل ۲ (E) و تخریب خاکدانه‌ها (شکل ۲، F) مشخص است که میانگین میزان فرسایش پاشمانی بین مدت زمان‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود دارد، ولی میانگین تخریب خاکدانه‌ها بین مدت زمان‌های ۱۵ و ۲۰ دقیقه معنی‌دار نشد. در حقیقت تداوم بارندگی از پارامترهای مهم باران است که نقش بسیار مهمی در میزان تخریب خاکدانه‌ها و پاشمان ذرات دارد. همان‌طور که شکل ۲ (E) نشان داده شده است میانگین میزان پاشمان ذرات خاک در ۲۰ دقیقه به‌ترتیب ۲/۸، ۱/۶۷ و ۱/۰۸ برابر زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه بوده است که نشان‌دهنده این است با افزایش مدت زمان بارندگی، میزان پاشمان افزایش یافته است. همان‌طور که در شکل ۲ (F) ملاحظه می‌گردد میانگین میزان تخریب ذرات در ۲۰ دقیقه به‌ترتیب ۲/۶۹، ۱/۷ و ۱/۱۱ برابر زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه بوده است. که نشان می‌دهد با افزایش مدت زمان بارندگی، میزان تخریب خاکدانه‌ها افزایش یافته است. با افزایش مدت زمان بارندگی، به‌دلیل افزایش رطوبت خاکدانه‌ها، میزان چسبندگی ذرات نسبت به هم کاهش یافته و در اثر تداوم ضربه قطرات باران، تخریب آن‌ها افزایش یافت. میزان تخریب خاکدانه‌ها در زمان‌های انتهایی به‌صورت ناچیزی افزایش یافت، دلیل این مسأله این است که در زمان‌های انتهایی لایه سطحی خاک کاملاً تخریب شده و از برخورد قطرات باران به لایه‌های زیرین جلوگیری می‌کند. آراوگان (۲۰۱۱) در پژوهشی در نیجریه، به بررسی اثر مدت زمان بارندگی در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه با شدت بارندگی ۱۱۸/۷۵ میلی‌متر در ساعت بر فرسایش پاشمانی پرداختند. آن‌ها دریافتند با افزایش مدت زمان



و همکاران (۲۰۱۰) نتایج مشابهی گزارش دادند. اثر متقابل شدت و مدت زمان بارندگی بر تخریب خاکدانه‌ها در شکل ۳ (E) نشان داده شده است (۱۱). این شکل بیانگر این نکته است که با بیش‌تر شدن شدت بارندگی، قدرت تخریب‌پذیری ذرات خاک نیز بیش‌تر شد، بدین صورت که نسبت تخریب خاکدانه‌ها در شدت ۲ به ۱/۵ میلی‌متر بر دقیقه در بازه‌های زمانی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه به‌ترتیب ۱/۹، ۱/۳۵، ۱/۳۲ و ۱/۱۹ می‌باشد. این مطلب نشانگر این است در زمان‌های اولیه بارندگی با افزایش شدت بارندگی، نسبت تخریب ذرات بسیار بیش‌تر از زمان‌های انتهایی می‌باشد زیرا در زمان‌های انتهایی بارندگی، لایه سطحی خاک در اثر ضربه قطرات باران کاملاً تخریب شده بود. جین و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که با افزایش مدت زمان بارندگی در خاک‌های مختلف میزان پایداری خاکدانه‌ها کاهش می‌یابد، که این کاهش پایداری در خاک‌های رسی نسبت به خاک‌های رسی شنی بیش‌تر بود (۱۴). بررسی هم‌زمان اثر شدت بارندگی و نوع خاک بر میزان تخریب خاکدانه‌ها در شکل ۳ (E) نشان داده شده است. با افزایش شدت بارندگی از ۱/۵ به ۲ میلی‌متر بر دقیقه، پایداری خاکدانه‌ها در هر دو نوع خاک جنگل و کشاورزی به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیدا کرد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد در هر کدام از شدت بارندگی‌ها، بین خاک‌های جنگل و کشاورزی اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. درصد تخریب خاکدانه‌ها در خاک جنگلی، با افزایش شدت بارندگی ۱/۳۶ برابر و در کشاورزی ۱/۲۹ برابر شد. از دلایل افزایش تخریب خاکدانه‌ها در خاک کشاورزی، می‌توان به وجود فعالیت‌های کشت و کار و کمبود ماده آلی در این خاک‌ها نسبت به خاک جنگلی اشاره کرد. وجود فعالیت‌های کشت و کار و ادوات کشاورزی باعث خرد شدن خاکدانه‌ها و کاهش میانگین وزنی - قطر (MWD) خاکدانه‌ها می‌شود که این امر خود سبب

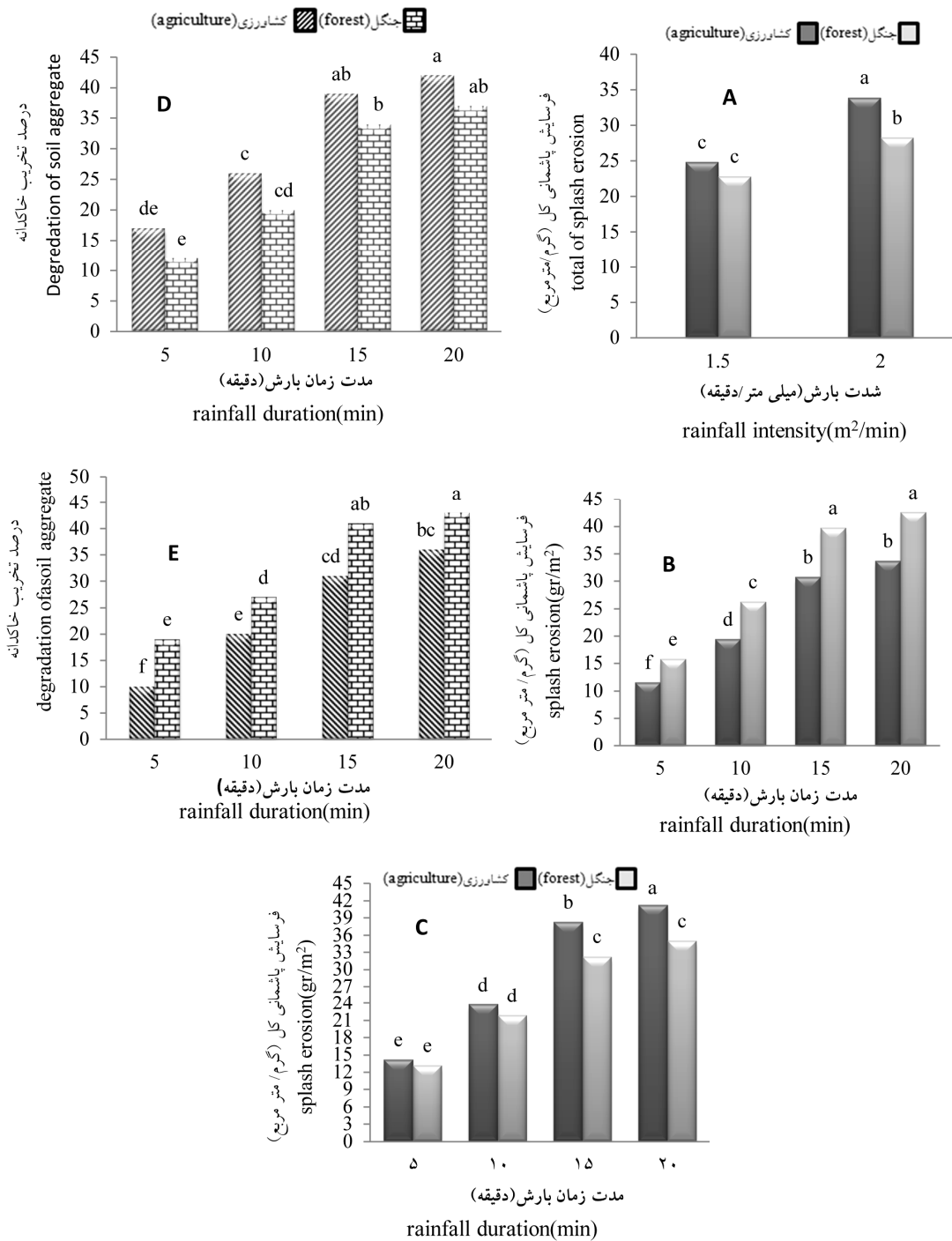
کاهش پایداری خاکدانه‌ها و مستعد شدن خاک در برابر فرسایش می‌شود. یکی از دلایل بیش‌تر شدن نسبت تخریب ذرات در خاک جنگلی در مقایسه با کشاورزی با افزایش شدت بارندگی، را می‌توان به خرد شدن خاکدانه‌ها بزرگ و تبدیل آن‌ها به خاکدانه‌ها ریز بر شمرد. واعظی و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تخریب خاکدانه‌ها در دو خاک بکر و کشاورزی در زنجان دریافتند که میزان تخریب در خاک کشاورزی بیش از خاک بکر بوده است (۲۵). یافته‌های پژوهش دوبرین سایگین و ارپول (۲۰۱۲) در ترکیه نیز نشان داد که با افزایش شدت بارندگی، میزان تخریب ذرات در کاربری کشاورزی در مقایسه با کاربری‌های جنگل و مرتع بیش‌تر بوده است که با نتایج این پژوهش‌ها مطابقت دارد (۷).

شکل ۴ رابطه بین فرسایش پاشمانی و تخریب خاکدانه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌گردد، رابطه مثبت معنی‌داری ( $R^2=0/96$ ) و ( $P<0/01$ ) بین فرسایش پاشمانی و تخریب خاکدانه‌ها وجود دارد. برای تخریب خاکدانه‌ها، باید نیروی قطرات باران بر نیروی مقاومت ذاتی خاکدانه‌ها غلبه کند. با افزایش میزان تخریب خاکدانه‌ها به‌دلیل جدا شدن ذرات از هم و کاهش چسبندگی بین ذرات، میزان پاشمان افزایش یافت. پایداری خاکدانه‌ها از عوامل مؤثر بر میزان پاشمان شدن ذرات خاک در اثر برخورد قطرات باران می‌باشد. کینجوان و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی میزان فرسایش پاشمانی در مناطق مختلف چین به این نتیجه رسیدند که خاک‌هایی با پایداری خاکدانه و ساختمان خوب، حداقل فرسایش پاشمانی را دارا هستند (۲۱). واعظی و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی فرآیند تخریب خاکدانه‌ها و فرسایش پاشمانی در خاک‌های مارنی به این نتیجه رسیدند که رابطه مثبتی بین میزان تخریب خاکدانه‌ها و فرسایش پاشمانی وجود دارد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۲۵).



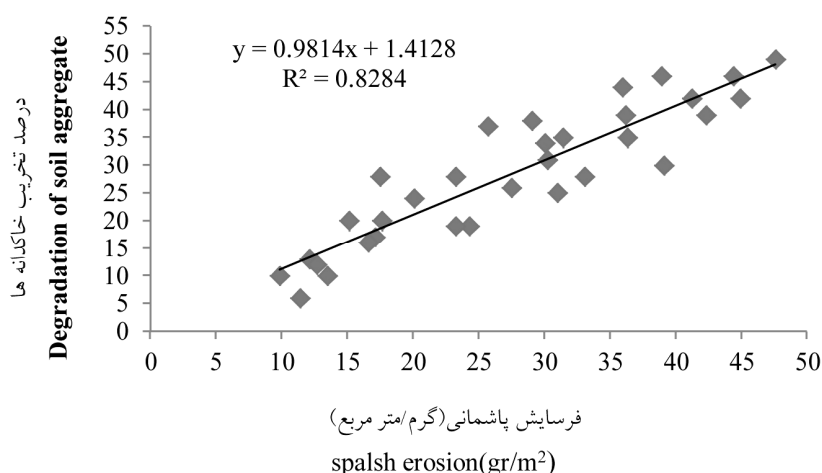
شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر نوع خاک، شدت و مدت بارندگی بر نرخ فرسایش پاشمانی و تخریب خاکدانه‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد.

Figure 2. Comparison of the effect of soil type, rainfall intensity and duration on splash erosion and soil aggregates degradation using compare means test-Duncan.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل شدت بارندگی، مدت زمان بارش و کاربری با یکدیگر بر فرسایش پاشمائی (A, B, C) و تخریب خاکدانه‌ها (D, E) با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد.

Figure 3. Comparison of the interaction of rainfall intensity, rainfall duration and land use on splash erosion (A, B, C) and soil aggregate degradation (D, E) using compare means test-Duncan.



شکل ۴- رابطه بین درصد تخریب خاکدانه‌ها و مقدار فرسایش پاشمانی.

Figure 4. The relationship between the percentage soil aggregates degradation and splash erosion.

پاشمان و تخریب خاکدانه‌ها در بازه ۱۰-۱۵ دقیقه پس از بارندگی بوده است و پس از آن، پاشمان و تخریب خاکدانه‌ها تقریباً روند ثابتی داشت. نتایج همچنین نشان داد با افزایش شدت بارندگی، به دلیل افزایش نیروی قطرات باران، تخریب خاکدانه‌ها و فرسایش پاشمانی افزایش معنی‌داری پیدا کرد. در ارتباط با اختلاف معنی‌دار پاشمان و تخریب خاکدانه‌ها در خاک‌های مختلف با توجه به این‌که میزان آهک، گچ و هدایت الکتریکی تقریباً در دو نوع خاک برابر بود (مواد مادری مشابه) می‌توان به وجود ساختمان پایدارتر و ماده آلی بیش‌تر در خاک جنگلی نسبت به کشاورزی اشاره کرد.

### نتیجه‌گیری

این پژوهش به منظور بررسی آزمایشگاهی تخریب خاکدانه‌ها و فرسایش پاشمانی در شرایط مختلف مدت زمان بارندگی، شدت بارندگی و نوع خاک در خاک‌های منتخب حوضه دشتگل مسجده سلیمان صورت گرفت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که مدت زمان و شدت بارندگی از پارامترهای مهم باران در وقوع فرآیند تخریب خاکدانه‌ها و فرسایش پاشمانی می‌باشد. در زمان‌های ابتدایی بارندگی میزان پاشمان و تخریب خاکدانه‌ها تقریباً کم بود. با افزایش زمان بارندگی به دلیل مرطوب شدن خاک، نیروی چسبندگی بین ذرات کاهش یافت و در نتیجه میزان پاشمان و تخریب ذرات افزایش یافت به طوری که حداکثر میزان

### منابع

- Allison, L., and Moodie, D. 1965. Carbonates, P 1379-1396. In: C.A. Black et al. (eds), Methods of Soil Analysis. Part 2, American Society Agronomy.
- Angulo, S., Begueria, A., Navas, J., and Machin, L. 2012. Splash erosion under natural rainfall on three soil types in NE Spain. *Geomorphology*. 38: 44. 175-176.
- Arowoogun, E. 2011. The influence of rainfall duration on splash produced from a loamy sand soil. Master's thesis. Department of agricultural engineering in partial fulfillment Abeokuta ogun state.

4. Azmoode, A., Kavian, A., Soleymani, K., and Ghorbanzadeh, V. 2010. Comparing runoff and soil erosion in forest, dry Farming and garden land uses soils using rainfall simulator. *J. Water Soil.* 24: 3. 500-490. (In Persian)
5. Brodowski, R. 2013. Soil detachment caused by divided rain power from raindrop parts splashed downward on a sloping surface. *Catena.* 105: 52-61.
6. Department of Natural Resources and Watershed Khuzestan. 2012. Basin Watershed Implementation Plan revision studies combining detailed report Dashtgoli Masjed Soleiman city. (In Persian)
7. Deviren Saygins, S., and Erpul, G. 2012. Interactive assessment of the splash erosion and aggregate breakdown mechanism for the soils of different semi-arid land uses. *Geophysical Research Abstract.* 14: 65-78.
8. Ekwue, E.I., and Maidugury, N. 1991. The effects of soil organic matter content. Rainfall duration and aggregate size on soil detachment. *Soil Technology.* 4: 197-207.
9. Emadi, M., Baghernejad, M., and Memarian, H.M. 2009. Effect of land-use change on soil fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soils in northern Iran. *Land Use Policy.* 26: 452-457.
10. Emadodin, I., Reiss, S., and Rudolf Bork, H. 2009. A study of the relationship between land management and soil aggregate stability (Case study: Near Albersdorf, northern-Germany). *ARPN J. Agric. Biol. Sci.* 4: 48-53.
11. Fernandez-Raga, M., Fraile, R., Keizer, J.J., Tiejero, M.E.V., Castro, A., Palencia, C., Calvo, A.I., Koenders, J., and Marques, R. 2010. The kinetic energy of rain measured with an optical disdrometer: An application to splash erosion. *Atmospheric Research.* 96: 225-240.
12. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-Size Analysis, P 383-411. A. Klute (eds), *Ins: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods.* American Society of Agronomy, Madison, WI.
13. Geibler, C., Kuhn, P., Bohnke, M., Bruelheide, H., Shi, X., and Scholten, T. 2010. Splash erosion potential under tree canopies in subtropical SE China. *Catena.* 91: 85-93.
14. Jin, G., Dong, Y.S., Qi, Y.C., Liu, W.G., and An, Z.S. 2013. Characterizing variations in soil particle size distribution along a grass-desert shrub transition in the ordos plateau of inner Mongolia, China. *Land Degradation and Development.* 24: 2. 141-146.
15. Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution, P 425-442. In: A. Klute (eds), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods, 2<sup>nd</sup> Edition,* Agronomy Monograph No. 9, Soil Science Society of America, Madison, WI.
16. Khaledian, H., and Shahoowi, S. 2010. Splash erosion measurement and its relationship to rainfall Intensity in Kordestan province. *Iran. J. Water Res.* 4: 6. 24-19. (In Persian)
17. Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, S., Srinivasarao, Ch., and Wani, S.P. 2009. Role of deforestation and hill slope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 134: 178-189.
18. Mengistu, B., Defersha, A., and Melesse, M. 2012. Effect of rainfall intensity, slope and antecedent moisture content on sediment concentration and sediment enrichment ratio. *Catena.* 90: 47-52.
19. Morgan, R.P.C. 1981. Field measurement of Splash Erosion. *Erosion and Sediment Transport Measurement Proceeding of the Florence Symposium,* IAHS Pub.
20. Parlak, M., and Ozaslan Parlak, A. 2010. Measurement of splash erosion in different cover crops. *Turk. J. Field Crop.* 15: 2. 169-173.
21. Qinjuan, C.H., Qiangguo, C., and Wenjun, M. 2008. Comparative study on rain splash erosion of representative soils in China. *China Geography. Science.* 18: 2. 155-161.
22. Rezaei Pashaie, M., Kavian, A., and Vahabzadeh, Gh. 2012. Experimental study of splash erosion and its relation with some soil properties in three adjacent land uses (A Case Study: Kasilian Watershed). *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Science.* 15: 58. 269-257. (In Persian)

23. Ruiz-Sinoga, J.D., and Romero Diaz, A. 2010. Soil degradation factors along a Mediterranean pluviometric gradient in southern Spain. *Geomorphology*. 118: 3. 359-368.
24. Saedi, T., Shrfā, M., and Khalili Moghaddam, B. 2013. The Soil shears strength and aggregate stability as an indicator of splash erosion. Master's thesis, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University. (In Persian)
25. Shahbazi, A., Sarmadian, F., Refahi, H., and Gorji, M. 2005. Effect of polyacrylamide on some physicochemical characteristics of the soil and the emergence of rapeseed amide in erosion and runoff on the sodic soils. *Iran. J. Agric. Sci.* 36: 5. 1103-1112. (In Persian)
26. Vaezi, A., Rostami, A., and Mohammadi, M. 2011. Temporal variations of aggregate breakdown and particles splash in a marl soil under simulated rainfall. *J. Soil Sci. (Soil and Water)*. 25: 4. 361-171. (In Persian)
27. Valettea, S., Prevosta, L., and Lucasa, L. 2006. SODA project: A simulation of soil surface degradation by rainfall. *Gilles Computers and Graphics*. 30: 494-506.
28. Walkly, A., and Black, I.A. 1934. An examination of digestion methods for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic and titration. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 37: 29-38.



## **Experimental investigation of the aggregate breakdown and splash erosion in different conditions duration and rainfall intensity in selected soil of Dashtegol watershed of Masjed Soleyman**

**A. Yusefi<sup>1</sup>, \*A. Farrokhian Firouzi<sup>2</sup> and B. Khalili Moghaddm<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

Received: 09/05/2013; Accepted: 04/25/2014

### **Abstract**

**Background and Objectives:** One of the major problems of soil erosion and related environmental impacts are damaging both within the region and outside the region is not negligible. Understanding the factors and processes affecting soil erosion and soil conservation strategy for the region to provide a healthy environment is essential. One of the most important processes in splash erosion is aggregate breakdown and producing the detached particles which are more easily transportable (24). This study was carried out to find the relationship between aggregate breaking down and splash erosion in laboratory conditions with Multiple Splash Set (MSS).

**Materials and Methods:** The experiment was conducted as factorial based on completely randomized design with three replicates. The treatments were including duration of rainfall at levels (5, 10, 15 and 20 minute), rainfall intensity at two levels (1.5 and 2 mm.min<sup>-1</sup>) and two type of land use (forest and agriculture). Soil samples were collected from surface horizon (A) of each land uses for physico-chemical analyses. Soil properties including amount of organic matter, gypsum, CaCO<sub>3</sub>, particle size distribution and aggregate stability were measured. Soil aggregate stability index (mean weight diameter, MWD) were measured before treatment and compared with after treatment. The rates of splash erosion were measured using multivariate samples set (MSS). Splash erosion was measured by collecting the splashed particle.

**Results:** Analyses of the physical and chemical characteristics indicate that almost 50 percent of the particles in both land use is silt particles, which indicates the soil is susceptible to erosion. The results showed that with increasing rainfall duration and intensity the amount of splash erosion and aggregate breaking down were significantly increased ( $P < 0.01$ ). The results indicated with increasing rainfall intensity from 1.5 to 2 mm mim<sup>-1</sup> splash erosion and aggregate breakdown increased 1.3 and 1.33 times. The amounts of splash erosion in two land uses were significantly different ( $P < 0.01$ ). The mean of splash erosion in agricultural and forest land uses was 29.37 and 25.56 g m<sup>-2</sup> respectively. The results showed a significant positive correlation between splash erosion and aggregate breaking down ( $R^2 = 0.96$ ). The results also demonstrated splash erosion and aggregate breakdown increased significantly by increasing rainfall duration from 5 to 20 minutes. Conclusion: According to the results can be concluded that rainfall duration and intensity are important parameters to the process of splash erosion and degradation of soil aggregates. At the beginning time, splash erosion and breaking down of soil aggregate was low. The maximum amount of splash and aggregate breaking down in the range of 10-15 minutes after the rain, and then splash and breaking down was almost constant trend.

**Keywords:** Aggregate stability, Dashtegol watershed, Rainfall simulation, Splash erosion

---

\* Corresponding Author; Email: farrokhian@gmail.com

