فصل‌نامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی

۴: ۳ (۱۵)، پائیز ۱۳۹۳، ۸۴-۷۲

تغییر میزان نرخ پاشمان در شدت‌ها و مدت‌های مختلف بارندگی در خاک‌های مارنی

۱. سمیه سلطانی گردفرامرزی

۲. نفیسه قزل سفلو

۳. مهدی بروغنی

نویسنده مسئول: استادیار دانشگاه اردکان، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، ssoltani@ardakan.ac.ir

دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه اردکان

دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم دریایی و منابع طبیعی تربیت مدرس

چکیده

فرسایش پاشمانی نخستین مرحله در فرآیند فرسایش شناخته شده که نتیجه‌ی بمباران سطح خاک بوسیله‌ی قطره‌های باران است. جدا شدن ذرات خاک توسط قطره‌های باران و انتقال ذرات جدا شده توسط رواناب، دو فرآیند پایه‌ای فرسایش خاک می‌باشند. در این پژوهش به بررسی تاثیر مقادیر گوناگون شدت بارش بر روی مقدار فرسایش پاشمانی در سه مدت زمان بارندگی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه با استفاده از باران ساز مدل FEL3 در آزمایشگاه بر روی خاک مارن پرداخته شد. پس از کالیبراسیون باران‌ساز و توزین نمونه‌ها در آون، نمونه‌ها در زیر باران شبیه‌سازی شده با شدت‌های ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر بر ساعت برای مدت های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که بین مقادیر مختلف شدت و مدت بارندگی بر افزایش میزان فرسایش پاشمانی اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اما اثر متقابل دو فاکتور شدت و مدت بر میزان پاشمان اختلاف معنی‌دار نداشت. با تداوم بارندگی، میزان پاشمان در شدت‌های مختلف به دنبال تخریب خاکدانه ها افزایش یافت به گونه‌ای که در شدت ۱۲۰ میلی متر در ساعت و زمان ۳۰ دقیقه بیشترین میزان پاشمان مشاهده شد. هم چنین نتایج نشان داد که در مدت زمان ۲۰ دقیقه از شروع بارش در هر سه شدت، بدلیل ایجاد لایه سطحی از آب بر روی خاک، هر چند میزان فرسایش پاشمانی افزایش پیدا کرده است اما این افزایش معنی‌دار نبود.

واژه‌های کلیدی: فرسایش پاشمانی، شدت بارندگی، مدت ، باران ساز FEL3، خاک مارنی

۱- مقدمه

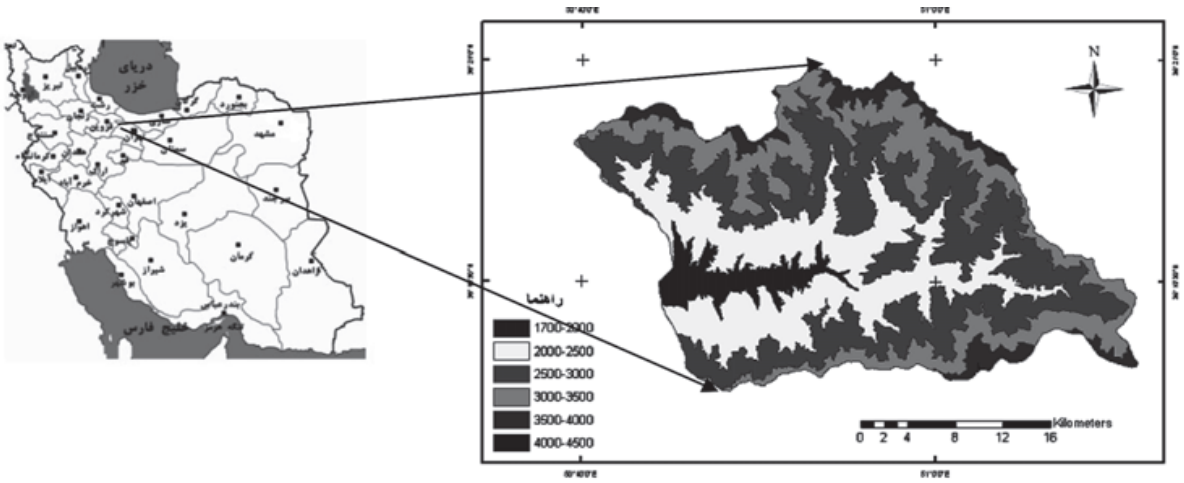
فرسایش خاک فرآیندی است که طی آن جداسازی، انتقال و رسوب ذرات خاک از مکانی به مکان دیگر رخ می دهد (۸). فرسایش آبی یکی از گسترده ترین انواع فرسایش خاک می باشد که تعادل بین نیروی حرکتی آب در سطح و مقاومت خاک را بیان می کند (۱۸). یکی از انواع فرسایش آبی، فرسایش پاشمانی است. فرسایش پاشمانی نخستین مرحله در فرآیند فرسایش شناخته شده که نتیجه‌ی بمباران سطح خاک بوسیله‌ی قطرات باران است (۴، ۱۰، ۱۵ و ۱۶). پژوهش های مختلفی در زمینه فرسایش پاشمانی صورت گرفته است که برخی از آن ها به شرح ذیل می باشد. تاثیر متقابل رس و ماده‌ی آلی را بر پایداری خاکدانه ها در برابر برداشت به وسیله پاشمان در تیمارهای مختلف رطوبتی با استفاده از باران شبیه سازی شده و تحت شدت ۱۲۰ میلیمتر بر ساعت مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده مقاومت خاکدانه ها در برابر قطرات باران دارای رابطه ی معنا داری با محتوای رس و ماده ی آلی در نمونه های خاک می باشد (۱۶). در پژوهشی با استفاده از کاسه‌ی پاشمان و قیف پاشمان به بررسی نقش باران در فرسایش پاشمان پرداخته شد. نتایج نشان داد که مقادیر پاشمان حاصله با استفاده از این وسایل متفاوت به دست آمد و یک الگوی مکانی برای استفاده از هریک از این ابزار تعریف شد. همچنین انرژی جنبشی به عنوان یک پارامتر مهم در اندازه گیری فرسایش پاشمانی معرفی شد که با افزایش مقدار آن میزان فرسایش پاشمانی افزایش پیدا کرد (۶). تاثیر حصیر بافته شده از برگ درخت نخل در کنترل فرسایش پاشمانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان فرسایش پاشمانی و همچنین میانگین ارتفاع در پلات های آزمایشی پوشیده شده از حصیر به ترتیب ۸۹ و ۵۴ درصد کمتر از این مقادیر در پلات های بدون پوشش محافظ بود (۳). مشخصات باران شبیه سازی شده توسط باران ساز نوع چکه‌ای و تاثیر آن بر فرسایش پاشمانی با استفاده از کاسه ی پاشمان بررسی شد. نتایج نشان داد که رابطه ی بین انرژی جنبشی و شدت باران تا شدت ۳۰ میلی متر بر ساعت مشابه باران طبیعی بوده اما در شدت های بیشتر از این مقدار با افزایش شدت باران، انرژی جنبشی کاهش پیدا کرد. دیگر یافته ها از این پژوهش حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین فرسایش پاشمانی خاک و انرژی جنبشی باران شبیه سازی شده دارد (۱). اثر مدت زمان بارش در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه با شدت بارش ۱۱۸/۷۵ میلی متر در ساعت بر خاک شنی مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش مدت زمان بارندگی، فرسایش پاشمانی هم تا دقیقه ۱۵ افزایش یافت و پس از آن تفاوت معنی داری در میزان فرسایش پاشمانی مشاهده نشد (۲). تاثیر سه نوع کاربری اراضی (جنگل، مرتع و کشاورزی) بر فاکتور تخریب خاک با استفاده از شاخص های پایداری خاکدانه، فرسایش پذیری خاک، شاخص تخریب خاک، نرخ فرسایش پاشمانی و چگالی ظاهری خاک را مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل، اختلاف معنی داری بین نرخ فرسایش پاشمانی در کاربردهای مختلف وجود ندارد اما درصد سیلت در کاربری کشاورزی دارای همبستگی مثبت معنی دار، ماده آلی در کاربری مرتع دارای همبستگی منفی معنی‌دار و شاخص فرسایش پذیری خاک در کاربری کشاورزی دارای همبستگی مثبت معنی‌دار با نرخ پاشمان می باشد (۱۳). در مطالعه ای تغییرات زمانی فرسایش پاشمانی در یک خاک مارنی در فواصل زمانی۷/۵ دقیقه بررسی گردید. نتایج نشان داد که در ابتدای بارندگی میزان تخریب بیشتر از پاشمان بود و با تداوم بارندگی، میزان پاشمان نیز به دنبال تخریب خاکدانه ها افزایش یافت و در زمان ۴۵ دقیقه به دلیل تخریب بیشتر خاکدانه ها، سله در سطح خاک نمایان شد. (۱۴). طی مطالعه‌ای فرسایش پاشمانی و رابطه آن با شدت بارندگی در استان کردستان اندازه‌گیری گردید (۹). اثر شدت و مدت زمان بارش بر فرسایش پاشمانی با استفاده از دستگاه پاشمانی چند متغیره مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد که رابطه مثبت معنی داری بین زمان بارندگی و فرسایش پاشمانی وجود دارد. همچنین با افزایش شدت بارش از ۱/۵ به ۲ میلی متر بر دقیقه میزان پاشمان از ۲۳/۸۴ به ۳۱/۱۰ گرم بر متر مربع رسید (۱۷). اثر شدت بارش و شیب بر روی رواناب را بررسی گردید. یافته‌ها نشان داد که با افزایش شدت بارش از ۵۵ به ۱۱۴ میلی متر بر ساعت میزان رواناب به طور قابل ملاحظه ای افزایش پیدا می کند (۵). با توجه به اهمیت فرسایش پاشمانی به عنوان اولین مرحله از فرسایش خاک، همچنین قطره باران به عنوان یکی از مهم ترین عوامل فرساینده خاک که علاوه بر

تخریب سطوح خاک، ذرات خاک را از محل پیدایش آن‌ها جدا کرده و این ذرات در صورت وجود عوامل انتقال مثل رواناب و باد تا مسافت بسیاری حمل می‌شوند، لذا در این پژوهش به بررسی تاثیر شدت ها و مدت های مختلف بارندگی بر میزان فرسایش پاشمانی در خاک مارنی با استفاده از باران ساز مدل FEL3 پرداخته شد.

۲- مواد و روش

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز طالقان از زیر حوزه های مهم حوزه آبخیز سفید رود می باشد که در دامنه جنوبی رشته کوههای البرز در بخش شمال شرقی در فاصله ۱۰۰ کیلومتری از شهر تهران واقع شده است. این حوزه از شمال به حوزه آبخیز الموت، از جنوب به زیاران و صمغ آباد و از شرق به بخشی از حوزه آبخیز کرج و از غرب به حوزه آبخیز شاهرود محدود می‌گردد که عمده نزولات آن ناشی از رژیم مدیترانه‌ای با یک ماکزیمم اصلی در اواخر زمستان و اوایل بهار و یک ماکزیمم فرعی در فصل پاییز است. این رژیم آب و هوایی دارای یک فصل نسبتاً طولانی و خشک نیز در تابستان می‌باشد. منطقه دارای کوهستان‌های بسیار مرتفع و در بعضی موارد صعب العبور است و مرتفع ترین آنها در حدود کوه‌های نزارکوه در شمال حوزه با ارتفاع بیش از ۴۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریا واقع گردیده است. سازندهای مارنی با گسترش زیاد در نواحی زاگرس، ایران مرکزی و البرز، سطح وسیعی از کشور را به خود اختصاص داده‌اند (۷). مارن ها سازندهایی هستند که به دلیل دارا بودن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاص، در اغلب مناطق خشک و نیمه خشک از پوشش گیاهی بسیار فقیری برخوردار بوده و استقرار پوشش گیاهی بر روی آنها با محدودیت های متعددی همراه است. این سازندها در مقایسه با سایر سازندهای زمین شناسی، دارای میزان فرسایش زیادی می باشد. نمونه خاک مارنی از این منطقه از عمق ۱۰ سانتیمتری سطح خاک برداشت و در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۱) نشان داده شده است. بافت خاک مورد استفاده در این تحقیق بر طبق روش هیدرومتری، لومی تعیین شد که دارای ۱۸ درصد رس ، ۳۳ درصد شن و ۴۹ درصد لای بود. جدول (۱) خصوصیات خاک مورد آزمایش را نشان می‌دهد.



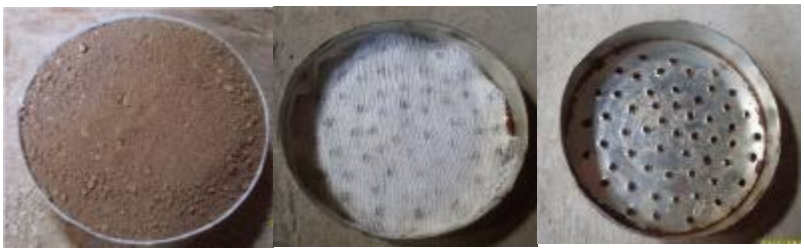
شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران، استان البرز

جدول ۱: ویژگی‌های خاک مورد آزمایش

بافت خاک	کربن آلی	آهک	هدایت الکتریکی	اسیدیته (PH)	سدیم	پتاسیم	کلسیم	کلر	بیکربنات
	درصد	درصد	بر حسب ds/m		بر حسب میلی اکی والان در لیتر				
لومی	۰/۱۵۴	۲۰/۰۷	۱/۵۴	۸/۵۶	۳/۴۸	۰/۳۷	۹/۱۲	۷	۳/۲۵

۲-۲ روش تهیه نمودن نمونه‌ها

به منظور انجام آزمایش‌ها از کاسه‌های پاشمان استفاده گردید که بر اساس کاسه‌های پاشمان مورگان (۱۹۷۸) طراحی و ساخته شده اند. این کاسه‌ها دارای ارتفاع ۲/۵ سانتی‌متر و قطر ۱۰ سانتی متر و مساحت ۷۸/۵ سانتی متر مربع می‌باشند. در قسمت پایین کاسه حفره های کوچکی به منظور زهکشی آب نفوذ یافته در خاک تعبیه شده است (۱۱). جهت جلوگیری از خارج شدن خاک از منافذ کاسه، قبل از پر کردن ظروف یک تکه باند استریل (پارچه توری و منفذ دار) در انتهای آن قرار داده شد. سپس کاسه‌های پاشمان با نمونه‌های خاکی که هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متر عبور کرده‌اند پر شد و برای مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد گذاشته شد تا نمونه‌های خاک کاملاً خشک شود. پس از خشک شدن نمونه‌های خاک، وزن اولیه‌ی آن‌ها اندازه‌گیری گردید و برای هر تیمار ۳ تکرار مورد آزمایش قرار گرفت. شکل (۲) نمایی از کاسه پاشمان مورد استفاده در آزمایش‌ها را نشان می دهد.



شکل ۲: نمایی از کاسه پاشمان مورد استفاده

۲-۳ اجرای آزمایش‌ها

پس از کالیبراسیون باران‌ساز و توزین نمونه‌های خشک شده، نمونه‌ها در زیر باران شبیه‌سازی شده با شدت های ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر بر ساعت برای مدت های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. بعد از اتمام بارش، نمونه‌ها برای مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن ثانویه‌ی آن‌ها محاسبه شود. میزان فرسایش پاشمانی در واحد زمان و واحد سطح را، نرخ فرسایش پاشمانی می‌نامند و بر اساس رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود (۴). نرخ فرسایش پاشمانی برای هر تیمار، از میانگین سه تکرار آزمون شده برای آن تیمار، بدست آمد.

$$S = \frac{Dt_2 - Dt_1}{(t_2 - t_1)A} \quad (۱)$$

S= نرخ پاشمان بر حسب گرم بر دقیقه در مترمربع

Dt_1 و Dt_2= رسوب تولید شده در بین زمان‌های t_1 و t_2 بر حسب گرم

t_1 و t_2 = زمان بارش بر حسب دقیقه

A= سطح کاسه‌ی پاشمان به مترمربع.

۲-۴ باران ساز مدل FEL3

باران ساز مدل FEL3 یک باران ساز صفحه گردان است که توزیع خوبی از اندازه قطرات باران و انرژی جنبشی حاصل از آن ایجاد می کند. این دستگاه از دو بخش تشکیل شده است: باران ساز و بخش اندازه گیری دستگاه که در کنار آن قرار دارد. جریان آب به یک نازل آب عمودی که ارتفاع قابل تنظیم دارد هدایت می شود. میزان جریان آب در نازل ها قابل تنظیم است و فشار جریان نیز به وسیلع اشل قابل خواندن است. یک دیسک چرخنده وجود دارد که آب نازل ها به وسیله آن می بارد. نیروی لازم برای چرخش دیسک از یک موتور برقی تامین می شود. دیسک از دو صفحه گرد (دایره ای) تشکیل شده است که هر کدام سه روزنه دارند و با زاویه ۴۰ درجه نسبت به هم قرار گرفته اند. اگر این دیسک ها طوری به هم محکم شوند که روزنه ها در یک راستا قرار بگیرند وضعیت زاویه ۴۰ درجه ایجاد می شود. این زاویه از ۵ تا ۴۰ درجه (فواصل ۵ تایی) قابل تغییر است. زاویه روزنه ها از روی یک اشل مقیاس بر روی دستگاه قابل خواندن است. آبی که از طریق نازل با استفاده از دیسک های گردان باریده می شود ، قسمت اضافی آن در یک مخزن جمع می شود و توسط یک لوله پلاستیکی به مخزن آب باز می گردد. سرعت چرخش دیسک ها از طریق دکمه ای بر روی جعبه کنترل قابل تنظیم است. علاوه بر این ها، لوازم آزمایشی خاصی برای انجام آزمایش طراحی شده اند. به عنوان مثال یک صفخه نوسان کننده وجود دارد که شیب آن قابل تنظیم است. ابعاد باران ساز مدل FEL3 به ارتفاع ۲/۶۵ متر، عرض ۲/۳ متر و طول ۱/۶ متر است. در این پژوهش برای کالیبراسیون شبیه ساز باران مدل FEL3 دو آزمایش به ترتیب زیر انجام شد. ۱-ارزیابی تغییرات شدت و یکنواختی شدت بارش به وسیله افزایش درجه دیسک (درجه دیسک از ۵ تا ۴۰ درجه قابل تغییر است). ۲- اندازه گیری قطر قطرات و توزیع آن ها به منظور ارزیابی اندازه دهانه دیسک بر روی توزیع بارندگی.

۲-۵ تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها در محیط نرم‌افزاری Excel برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS 21 استفاده شد. در نخستین مرحله، تست عادی بودن داده‌ها با بهره‌گیری از آزمون شاپیرو- ویلک و به منظور تشخیص پراکندگی داده ها از آزمون همگونی واریانس لون استفاده شد. سپس میزان تاثیر و معنی‌داری مقادیر مختلف شدت بارندگی و زمان بر مقدار فرسایش پاشمانی در بافت خاک مورد نظر با استفاده از مقایسه‌ی میانگین‌ها و روش آنالیز واریانس یکطرفه و بررسی همزمان دو فاکتور شدت و مدت بر میزان فرسایش با بکارگیری آنالیز واریانس دوطرفه مورد سنجش قرار گرفت. به منظور مطالعه تاثیر هر یک از شدت‌ها و مدت‌های بارش به صورت جداگانه آنالیز واریانس یک طرفه انجام شد. تمام محاسبات آماری در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد.

۳- نتایج

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری مقادیر مختلف میزان پاشمان در خاک با بافت مارنی با شدت‌های بارندگی ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی متر در ساعت و زمان های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه بیانگر آن است که بین شدت‌های مختلف بارندگی و زمان های مورد نظر از لحاظ افزایش میزان پاشمان اختلاف معنی‌دارآماری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. در حالی که اثر متقابل دو فاکتور شدت و مدت بر میزان پاشمان اختلاف معنی داری را نشان نمی دهد (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج آنالیز واریانس دو طرفه روی دو فاکتور شدت و مدت های مختلف بارندگی

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات	sig	F
شدت بارش	۲۰۲۳/۰۴۱	۲	۱۰۱۱/۵۲۰	۰/۰۰**	۶۰/۲۶۸
مدت بارش	۱۹۴۵	۲	۱۷۴/۳۶۰	۰/۰۱**	۱۰/۳۸۵
شدت بارش× مدت بارش	۵۴۱	۴	۶/۱۳۶	۰/۸۳۰ ns	۰/۳۶۶
خطا	۱۶/۷۸۴	۱۸	۳۰۲/۱۰۶	–	–

ns: فاقد سطح معنی داری

** دارای اختلاف معنی‌داردر سطح ۹۵ درصد

۳-۱ تاثیر شدت بارش

همانطور که جدول (۳) نشان می دهد با افزایش شدت بارندگی از ۶۰ به ۱۲۰ میلیمتر بر ساعت مقدار تلفات پاشمان، طبق انتظار افزایش یافت. برای مثال در مدت زمان ۱۰ دقیقه مقدار تلفات پاشمان از ۴۶/۲ گرم در شدت ۶۰ میلیمتر بر ساعت به ۶۸/۳۹ گرم در شدت ۱۲۰ میلیمتر بر ساعت رسیده است. چون با افزایش شدت بارندگی، انرژی جنبشی و تعداد قطراتی که با سطح خاک برخورد می کنند، افزایش می یابد در نتیجه میزان فرسایش پاشمانی نیز افزایش می یابد. یافته-های (۵)، نتایج آزمایش را تائید می‌کند.

جدول ۳: نتایج مقایسه میانگین کل شدت ها و زمان های بارش

میانگین ± انحراف معیار			
شدت	زمان ۱۰	زمان۲۰	زمان ۳۰
۶۰	۴۶/۲±۳/۹۶^{a}	۵۱/۰۶±۳/۹۶^{a}	۵۳/۸۵±۳/۹۶^{a}
۹۰	۵۴/۳±۳/۱۵^{a}	۵۷/۳۹±۳/۱۵^{ab}	۶۵/۰۷±۳/۱۵^{b}
۱۲۰	۶۸/۳۹±۲/۸۱^{a}	۶۹/۹۱±۲/۸۱^{ab}	۷۶/۰۶±۲/۸۱^{b}

* اعداد با حروف مشترک، بدون اختلاف معنی‌داردر سطح ۹۵ درصد هستند.

شدت ۶۰ میلی متر در ساعت

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری در مقادیر مختلف میزان فرسایش پاشمانی در خاک مارنی با شدت بارندگی ۶۰ میلی‌متر در ساعت بیان‌گر آن است که بین مقادیر مختلف پاشمان و زمان بارندگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است (جدول ۴). همچنین با افزایش زمان بارش، میزان فرسایش پاشمانی افزایش پیدا کرده است به گونه ای که میزان پاشمان در زمان ۳۰ دقیقه ۱۶/۵ درصد بیشتر از زمان ۱۰ دقیقه بوده است. همانطور که نتایج مقایسه میانگین ها به روش دانکن نشان می دهد، در شدت بارش ۶۰ میلیمتر بر ساعت، هر چند با افزایش زمان بارش میزان فرسایش پاشمانی افزایش پیدا کرده است، اما این افزایش معنی‌دارنبوده است (جدول ۳). با توجه به اینکه با گذشت زمان عمق لایه آب سطحی بر روی خاک افزایش می یابد، قطرات باران مستقیماً به سطح خاک برخورد نکرده و در نتیجه میزان پاشمان کمتر افزایش می یابد. در این شدت بارش، بیشترین میزان فرسایش پاشمانی در زمان ۳۰ دقیقه به میزان ۶۸/۳۹ گرم مشاهده گردید (جدول ۳).

شدت ۹۰ میلی متر در ساعت

تجزیه و تحلیل آماری مقادیر مختلف میزان فرسایش پاشمانی در خاک مارنی با شدت بارندگی ۹۰ میلی‌متر در ساعت نشان می دهد که بین مقادیر مختلف پاشمان و زمان بارش تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۵).

جدول ۴: نتایج آنالیز واریانس یک طرفه در شدت ۶۰ میلی متر در ساعت

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات	F	sig
زمان بارش	۸۹/۸۵۷	۲	۴۴/۹۲۸	۱/۹۰۶	۰/۲۲۹ ns
خطا	۱۴۱/۴۱۵	۶	۲۳/۵۶۹	–	–
کل	۲۳۰۷/۵۴۱	۹	–	–	–

ns: بدون سطح معنی داری

هم چنین زمان های مختلف بارندگی در افزایش میزان فرسایش پاشمانی موثر بوده است. به طوری که بیشترین میزان پاشمان در زمان ۳۰ دقیقه مشاهده گردید و میزان پاشمان نسبت به زمان ۱۰ دقیقه به میزان حدود ۲۰ درصد افزایش داشته است. همانطور که نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد، بین میزان پاشمان در زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه، به دلیل وجود لایه آب بر سطح خاک اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید، درحالی که با افزایش مدت بارندگی به ۳۰ دقیقه و تاثیر بیشتر شدت بارندگی نسبت به وجود لایه آب سطحی، اختلاف معنی‌دار بین میزان پاشمان مشاهده گردید.

جدول ۵: نتایج آنالیز واریانس یک طرفه در شدت ۹۰ میلی متر در ساعت

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی(df)	میانگین مربعات	F	sig
زمان بارش	۱۸۴/۳۳۹	۲	۹۲/۶۹	۶/۱۹۲	۰/۳۵ ns
خطا	۸۹/۳۱۶	۶	۱۴/۸۸۶	–	–
کل	۳۱۵۲۰/۱۰۹	۹	–	–	–

ns : بدون سطح معنی داری

شدت ۱۲۰ میلی متر بر ساعت

نتایج جدول (۶) نشان می دهد که بین مقادیر مختلف پاشمان و زمان بارندگی در شدت ۱۲۰ میلیمتر بر ساعت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. نتایج حاکی از آن است که زمان های مختلف بارندگی در افزایش میزان فرسایش پاشمانی تاثیر دارد. مدت زمان بارش ۳۰ دقیقه دارای بیشترین میزان پاشمان در خاک مورد نظر می باشد (۷۶/۰۷ گرم) به طوریکه میزان پاشمان در زمان ۳۰ دقیقه نسبت به زمان ۱۰ دقیقه به میزان ۱۱/۲ درصد افزایش داشته است. بین میزان تلفات پاشمان در زمان ۱۰ و ۳۰ دقیقه بارش اختلاف معنی‌دار مشاهده شد در حالی که در زمان ۲۰ دقیقه همانند شدت ۶۰ و ۹۰ میلی متر بر ساعت بدلیل ایجاد لایه سطحی از آب، اختلاف معنی‌داردر مقدار پاشمان وجود نداشته است (جدول ۳).

جدول ۶: نتایج آنالیز واریانس یک طرفه در شدت ۱۲۰ میلی متر در ساعت

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی(df)	میانگین مربعات	F	sig
زمان بارش	۹۸/۹۶۲	۲	۴۹/۴۸۱	۴/۱۶۰	۰/۷۴ ns
خطا	۷۱/۳۷۵	۶	۱۱/۸۹۶	-	-
کل	۴۶۱۲۰/۵۴۶	۹	-	-	-

ns : بدون سطح معنی داری

۳-۲ تاثیر مدت بارش

از آنجا که مقدار رطوبت خاک در زمان های مختلف طی مدت بارندگی تغییر می‌کند، بنابراین می توان انتظار داشت که میزان تخریب خاکدانه ها در زمان های مختلف بارندگی متفاوت باشد. در این بخش به منظور مطالعه تاثیر هر یک از مدتهای بارش بر میزان پاشمان به صورت جداگانه آنالیز واریانس یک طرفه و میانگین کل شدت ها و زمان ها طبق روش دانکن انجام شد و تاثیر زمان های بارش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش مدت بارش در هر یک از سه شدت، فرسایش پاشمانی افزایش یافته که در شدت ۱۲۰ میلیمتر بر ساعت و مدت زمان ۳۰ دقیقه به حداکثر خود (۷۶/۰۶ گرم) رسیده است. زیرا در ابتدای بارندگی به علت خشک بودن خاک و تاثیر اندک ضربه قطرات باران، میزان پاشمان کم است و با افزایش زمان بارندگی میزان پاشمان افزایش می یابد. چون تداوم بارندگی از پارامترهای مهم باران است که نقش بسیار مهمی در میزان تخریب خاکدانه ها و پاشمان ذرات دارد. نتایج (۱۴) یافته‌های تحقیق را تائید می‌کند.

جدول ۷: نتایج مقایسه میانگین کل شدت ها و زمان های بارش

	میانگین ± انحراف معیار		
تیمار	شدت ۶۰	شدت ۹۰	شدت ۱۲۰
زمان ۱۰ دقیقه	۴۶/۲۰±۲/۵۴^{a}	۵۴/۳۰±۲/۵۴^{b}	۶۸/۳۹±۲/۵۴^{c}
زمان ۲۰ دقیقه	۵۱/۰۶±۳/۴۱^{a}	۵۷/۲۹±۳/۴۱^{b}	۶۹/۹۱±۳/۴۱^{b}
زمان ۳۰ دقیقه	۵۳/۸۵±۳/۹۲^{a}	۶۵/۰۷±۳/۹۲^{b}	۷۶/۰۶±۳/۹۲^{c}

* اعداد با حروف مشترک، بدون اختلاف معنی‌داردر سطح ۹۵ درصد هستند.

مدت زمان ۱۰ دقیقه

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری در مقادیر مختلف میزان فرسایش پاشمانی در خاک مارنی با شدت بارندگی ۶۰ ، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر در ساعت در زمان ۱۰ دقیقه بیان‌گر آن است که بین مقادیر مختلف پاشمان و مدت بارندگی در هر سه شدت مورد نظر تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول۷ و ۸). این نتایج حاکی از تاثیر مدت های مختلف بارندگی در افزایش میزان فرسایش پاشمانی بوده است. بیشترین میزان پاشمان در شدت ۱۲۰ میلیمتر در ساعت بوده است. به طوری که میزان پاشمان در شدت ۱۲۰ میلی متر بر ساعت نسبت به شدت ۶۰ میلی متر بر ساعت به میزان ۴۸ درصد افزایش داشته است.

جدول ۸: نتایج آنالیز واریانس یک طرفه در زمان ۱۰ دقیقه

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی(df)	میانگین مربعات	F	sig
مدت بارش	۷۵۶/۰۵۱	۲	۳۷۸/۰۲۵	۳۸/۹۳۹	۰/۰۰**
خطا	۵۸/۲۴۹	۶	۹/۷۰۸	–	–
کل	۲۹۳۴۲/۶۳۶	۹	–	–	–

** دارای اختلاف معنی‌داردر سطح ۹۵ درصد

مدت زمان ۲۰ دقیقه

بین مقادیر مختلف پاشمان و مدت بارندگی ۲۰ دقیقه در هر سه شدت بارش ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر در ساعت، تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۹). هم چنین در شدت بارندگی ۶۰ میلی‌متر در ساعت، تفاوت معنی‌داری با شدت بارندگی ۹۰ و ۱۲۰ میلی متر در ساعت مشاهده شد ولی اختلاف معناداری بین شدت ۹۰ و ۱۲۰ میلیمتر در ساعت وجود نداشت (جدول۷). افزایش ۳۷ درصد میزان پاشمان در شدت ۱۲۰ میلی متر بر ساعت نسبت به شدت ۶۰ میلی متر بر ساعت نشان می دهد که میزان پاشمان در شدت ۱۲۰ میلی متر بیشترین مقدار می باشد.

جدول ۹: نتایج آنالیز واریانس یک طرفه در زمان ۲۰ دقیقه

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی(df)	میانگین مربعات	F	sig
مدت بارش	۶۰۶/۵۶۹	۲	۳۰۳/۲۸۴	۱۶/۰۹۴	۰/۰۰۴**
خطا	۱۱۳/۰۶۸	۶	۱۸/۸۴۵	–	–
کل	۳۲۸۳۸/۲۵۰	۹	–	–	–

** دارای اختلاف معنی‌داردر سطح ۹۵ درصد

مدت زمان ۳۰ دقیقه

نتایج حاصل از بررسی آماری نشان داد که بین مقادیر مختلف میزان پاشمان با شدت بارندگی ۶۰ و ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر در ساعت با مدت بارندگی ۳۰ دقیقه تفاوت معنی‌دار وجود دارد (جدول ۷ و۱۰). زمان ۳۰ دقیقه با شدت ۱۲۰ میلی متر در ساعت دارای بیشترین نرخ فرسایش پاشمانی می باشد چون تداوم بارندگی و شدت آن نقش بسیار مهمی در میزان تخریب خاکدانه ها و پاشمان ذرات دارد. در این مدت و با شدت ۱۲۰، میزان پاشمان نسبت به شدت ۶۰ میلی متر برساعت ۴۱/۲۰ درصد افزایش داشته است.

جدول ۱۰: نتایج آنالیز واریانس یک طرفه در زمان ۳۰ دقیقه

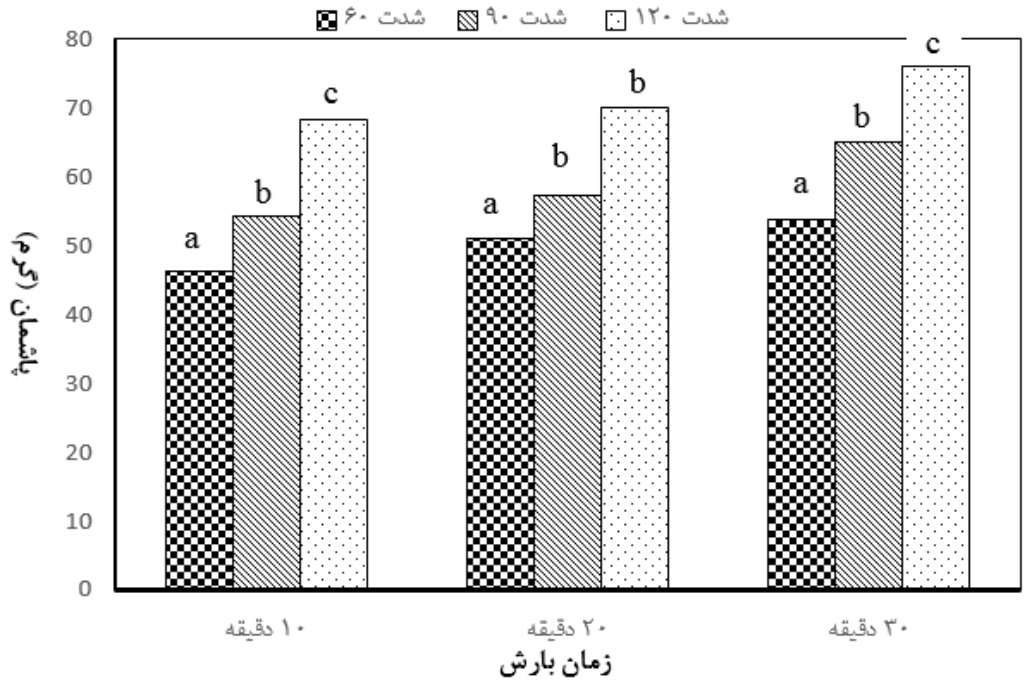
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی(df)	میانگین مربعات	F	sig
مدت بارش	۷۳۹/۷۳۰	۲	۳۶۹/۸۶۵	۱۵/۹۸۹	۰/۰۰۴**
خطا	۱۳۸/۷۹۶	۶	۲۳/۱۳۳	–	–
کل	۳۸۸۹۷/۰۲۷	۹	–	–	–

** دارای اختلاف معنی‌داردر سطح ۹۵ درصد

۴- بحث و نتیجه‌گیری

مهم‌ترین خصوصیات بارندگی که در قدرت فرسایندگی آن موثر است شدت و مدت بارندگی می باشد. هرچه شدت بارندگی بیشتر باشد قطرات باران بزرگتر می‌شود. بزرگ بودن قطرات باران از سوئی جرم و از سوی دیگر سرعت سقوط قطرات را افزایش می دهد که در نتیجه به انرژی جنبشی بیشتری منجر می شود. شدت بارندگی در صورتی سبب فرسایش شدید می شود که مدت زمان نسبتا طولانی باشد (۱۲). تحقیقات نشان می دهد که میزان پاشمان به شدت و مدت بارندگی بستگی دارد. در این تحقیق نیز نتیجه غیر قابل انتظار نبوده است. نتایج بررسی همزمان شدت و مدت زمان بارندگی در میزان پاشمان ذرات خاک نشان داد که با افزایش زمان و شدت بارش، میزان فرسایش پاشمانی افزایش پیدا کرده است که با نتایج مطالعات (۹، ۱۴ و ۱۷) همخوانی دارد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش شدت بارش میزان پاشمان افزایش یافته است و اختلاف بین شدت ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ (میلی متر بر ساعت) معنی‌دارمی باشد. علاوه بر این، با افزایش میزان شدت از ۶۰ به ۱۲۰ میلی متر بر ساعت و زمان از ۱۰ به ۳۰ دقیقه بیشترین نرخ فرسایش اتفاق افتاد (از ۴۶/۲ گرم به ۷۶/۰۶ گرم) و میزان پاشمان حدوداً ۶۵ درصد افزایش یافت (شکل ۳). نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر آن است که در مدت بارش کوتاه با شدت بارندگی کم، پاشمان کمتر و با افزایش میزان شدت و مدت زمان بارندگی، میزان پاشمان نیز افزایش می یابد. به نظر می رسد به علت خشک بودن خاک در ابتدای بارش و تاثیر اندک ضربه قطرات باران، میزان پاشمان کم بوده و با افزایش زمان بارندگی میزان پاشمان افزایش یافته است.

نکته قابل ذکر دیگر از این تحقیق اینکه در مدت زمان ۲۰ دقیقه از شروع بارش در هر سه شدت، بدلیل ایجاد لایه سطحی از آب بر روی خاک، هر چند میزان فرسایش پاشمانی افزایش پیدا کرده است اما این افزایش معنی‌دار نبوده است. با توجه به اینکه مارن ها فرسایش پذیری بالایی دارند و در سطح وسیعی از کشور بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک که دارای بارش هایی با شدت بالا و پوشش گیاهی ضعیف واقع شده اند، لذا مطالعه در زمینه فرسایش پذیری مارن ها بخصوص فرسایش پاشمانی که اولین مرحله از فرسایش می باشد از اهمیت بالایی برخوردار است.



شکل ۳: نتایج حاصل از شدت و مدت بارش بر میزان پاشمان

۵- مآخذ

1. Abd Elbasit, M. A., Yasuda, H., Salmi, A., & Anyoji, H. (2010). Characterization of rainfall generated by dripper-type rainfall simulator using piezoelectric transducers and its impact on splash soil erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, *35*(4), 466-475.
2. Arowoogun, E. O. (2011). The Influence of rainfall Duration on Splash Produced from A Loamy sand soil. *Department of agricultural engineering in partial fulfillment Abeokuta ogun state*.
3. Bhattacharyya, R., Fullen, M. A., Davies, K., & Booth, C. A. (2010). Use of palm-mat geotextiles for rainsplash erosion control. *Geomorphology*, *119*(1), 52-61.
4. Cheng, Q., Cai, Q., & Ma, W. (2008). Comparative study on rain splash erosion of representative soils in China. *Chinese Geographical Science*, *18*(2), 155-161.
5. Donjadee, S., & Chinnarasri, C. (2012). Effects of rainfall intensity and slope gradient on the application of vetiver grass mulch in soil and water conservation. *International Journal of Sediment Research*, *27*(2), 168-177.
6. Fernández-Raga, M., Fraile, R., Keizer, J. J., Teijeiro, M. E. V., Castro, A., Palencia, C. & Marques, R. L. D. C. (2010). The kinetic energy of rain measured with an optical disdrometer: an application to splash erosion. *Atmospheric Research*, *96*(2), 225-240.
7. Feyzniya, S., Heshmati, M., & Ghodosi, J. (2007). Study the ravine erosion Marl Aghajary in Ghasre Shirin area. *Journal of Construction in Natural Resources*. 74: 32-40. (In Persian).
8. Julien, P. Y. (2010). *Erosion and sedimentation*. Cambridge University Press.
9. Khalediyan, H., & Shahoie. S. (2010). Splash erosion measurement and its relation to rainfall intensity in Kordestan province. *Iranian Journal of Water research*. 4: 6. 19-24. (In Persian).
10. Leguédois, S., Planchon, O., Legout, C., & Le Bissonnais, Y. (2005). Splash projection distance for aggregated soils. *Soil Science Society of America Journal*, *69*(1), 30-37.
11. Morgan, R. P. C. (1978). Field studies of rain splash erosion. *Earth Surface Processes*, *3*(3), 295-299.
12. Refahi, H. (2006). *Water erosion and its control*. Tehran University Press. (In Persian).
13. Rezaie pasha, M. (2011). *Study of the land use type effect on soil Destruction in Kasilian Watershed*, M.S. Theses, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian).
14. Vaezi, A., Rostami, A. & Mohammadi, M. (2012). Time Changes of degradation and splash erosion in marl soils under rainfall simulator. *Journal of soil researches*, 25(4):361-371. (In Persian)
15. Van Dijk, A. I. J. M., Bruijnzeel, L. A., & Eisma, E. H. (2003). A methodology to study rain splash and wash processes under natural rainfall. *Hydrological Processes*, *17*(1), 153-167.
16. Wuddivira, M. N., Stone, R. J., & Ekwue, E. I. (2009). Clay, organic matter, and wetting effects on splash detachment and aggregate breakdown under intense rainfall. *Soil Science Society of America Journal*, *73*(1), 226-232.
17. Yousefi, A., Farokhiyan Firozi, A., & Khalil Moghadam, B. (2013). Effect of intensity and duration of rainfall on splash erosion using multivariate rainfall simulator. *Second National Conference on Agriculture for Sustainable Development and Healthy Environment.* (In Persian).

18. Zheng, F. L. (2005). Effects of accelerated soil erosion on soil nutrient loss after deforestation on the Loess Plateau. *Pedosphere*, *15*(6), 707-715.

HORMOZGAN UNIVERSITY

Quarterly Journal of
ENVIRONMENTAL EROSION RESEARCH
2014 autumn **Vol. 4: 3 (15), 72-84**

CHANGE OF SPLASH EROSION RATE IN RAINFALL DIFFERENT DURATION AND INTENSITY ON MARL SOILS

1	Soltani-Gerdefaramarzi, S.*	Corresponding Author, Assistant professor, Department of Rangeland & Watershed Management, Ardakan University, ssoltani@ardakan.ac.ir
2	Ghezelseflu, N.	Graduated student of Watershed Management, Department of Rangeland & Watershed Management, Ardakan University,
3	Boroghani, M.	PhD student, Department of Watershed Management, Collage of Natural Resource, Tarbeyat Modares University

Abstract
Splash erosion is recognized as the first stage in the process of erosion that results in bombardment of the soil's surface with rain drops. Two basic processes in soil erosion are the dispersion of soil particles by rain drops and the changes caused to the soil's structure, which are then moved by runoff. In this research, the effect of various rainfall intensity (60, 90 and 120 mm/hr) on the amount of splash erosion at three rain durations (10, 20 and 30 minute) by the use of laboratory generated rain (FEL3) were analyzed. Experiments were undertaken with marl soil. According to the results, there was significant difference between rain intensity and durations and increased splash erosion. However the interaction effect of rain intensity and duration, were not statistically significant. The statistical analyzes showed when rain duration increased from 10 to 30 minute, the splash erosion enlarged in various rainfall intensity due to destruction of soil aggregates. The most of splash erosion was observed in rain intensity 120 mm/hr and rain duration 30 minute. Also, in rain duration 20 minute with each three rain intensities, due to existence of surface water layer, although splash erosion increased but that was not statistically significant.

Keywords: Splash erosion, Rain intensity, Duration, Rainfall simulator, Marl soil