

تأثیر ساختمان خاک بر فرسایش شیاری و بین شیاری در خاک‌های با بافت مختلف

خدیجه سهندی^۱، علی‌رضا واعظی*^۲ و نسرین صادقیان^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه زنجان، ^۲دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه

زنجان و ^۳دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک

چکیده

به طور کلی خاک‌های مناطق نیمه خشک دارای ساختمان ضعیف بوده و به فرآیندهای فرسایش شیاری بسیار حساس هستند. در این مناطق اطلاعات محدودی در ارتباط با نقش وجود ساختمان خاک در فرسایش آبی وجود دارد. در این مطالعه با بکارگیری دستگاه شبیه‌ساز باران به تعیین نقش ساختمان خاک در فرسایش شیاری و بین شیاری در سه بافت خاک مختلف شامل: لوم رسی، لوم سیلتی و شنی پرداخته شد. نتایج نشان داد بین خاک‌ها از نظر فرسایش شیاری و بین شیاری تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($p < 0.01$). بیش‌ترین مقدار فرسایش شیاری و بین شیاری در خاک لوم سیلتی مشاهده شد در حالی که در خاک شنی هیچ رواناب و هدررفت خاکی مشاهده نگردید. در فرسایش بین شیاری بین دو حالت خاک ساختمان‌دار و بدون ساختمان، هیچ اختلاف معنی‌داری یافت نشد. هم‌چنین در فرسایش شیاری خاک لوم رسی بین دو حالت ساختمانی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد که علت آن پایداری خاکدانه بالا در این خاک بود ($p < 0.01$).

واژگان کلیدی: فرسایش خاک، شبیه‌سازی باران، خاک آهکی، پایداری خاکدانه

مقدمه

فرسایش خاک در دامنه‌ها اغلب به صورت شیاری و بین شیاری رخ می‌دهد. فرسایش بین شیاری یا ورقه‌ای شامل ترکیب دو فرآیند عمده یعنی جدا شدن ذرات خاک توسط ضربه قطرات باران و انتقال رسوبات حاصل توسط جریان سطحی است (Lado and Ben-Hure, ۲۰۰۴). این نوع فرسایش خاک همواره تحت تأثیر خصوصیات بارش، توپوگرافی، درجه شیب، خصوصیات خاک (بافت، ساختمان، رس معدنی و ماده آلی) و پوشش گیاهی است (Delamini et al., ۲۰۱۱). این نوع از فرسایش خاک در کنار عامل شیب، شدت باران و پوشش سطح زمین تحت تأثیر خصوصیات خاک قرار دارد. در این میان نقش ساختمان خاک از نظر مقاومت در برابر ضربه قطرات باران و جریان سطحی بارز می‌باشد. اگرچه پیشرفت‌هایی در رابطه با ایجاد رابطه دقیق‌تر بین فرآیندهای فرسایش بین شیاری و شاخص پایداری خاکدانه صورت پذیرفته است (Fox et al., ۱۹۹۸)، هنوز اساس فیزیکی این روابط بدون بررسی باقی مانده است.

فرسایش شیاری شکل غالب فرسایش خاک در اراضی با شیب تند است. این نوع از فرسایش خاک، از جداسازی ذرات و انتقال آن‌ها توسط جریان متمرکز آب روی دامنه، به شکل کانال فرسایش‌پذیر و باریک نمایان می‌شود (Bagnold, ۱۹۶۶). تحقیقات نشان می‌دهد که گسترش فرسایش شیاری به شدت بارندگی، سرعت جریان آب، خصوصیات هیدرولیکی جریان، درجه و طول شیب (Li et al., ۲۰۰۵) و ویژگی‌های خاک (Romero et al., ۲۰۰۷) وابسته است. تاکنون مطالعاتی دقیق در مورد نقش ویژگی‌های ساختمانی خاک بر فرسایش شیاری انجام نگرفته است. با افزایش پایداری خاکدانه‌های سطح خاک به خصوص خاکدانه‌های بزرگ و پایدار (< 0.2 میلی‌متر) سرعت رواناب و هدررفت خاک کاهش می‌یابد (Barthes et al., ۲۰۰۲) و شکسته شدن این خاکدانه‌های پایدار باعث کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب و فرسایش سطح می‌شوند (Levy and Miller, ۱۹۹۷). خاکدانه‌های کوچک دارای تأثیر مثبت بر نگهداری آب خاک هستند و به نظر می‌رسد که شاخص خوبی برای تخریب خاک هستند (Biox Fayos et al., ۲۰۰۱). Govers (۱۹۹۰) بیان می‌کند که خاکدانه‌های پایدار بهتر از خاکدانه‌های ضعیف در برابر فرسایش خاک مقاومت می‌کنند. خاکدانه‌های بزرگ باعث افزایش زبری سطح خاک می‌شوند و این موجب

کاهش سرعت جریان و فرسایش خاک می‌گردد. بنابراین منافذ بین خاکدانه‌ها باعث افزایش سرعت نفوذپذیری و کاهش رواناب می‌شوند. تحقیقات Martinz و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که خاکدانه‌های پایدار می‌توانند جدایش پذیری ذرات خاک توسط ضربه قطرات باران و انتقال آن‌ها توسط جریان زمینی و هم‌چنین تشکیل سله و اندوده سطحی را کاهش دهند. Yan و همکاران (۲۰۰۸) پایداری خاکدانه را به عنوان جایگزینی مناسب برای پارامتر فرسایش بین‌شیاری مورد مطالعه قرار دادند اما با توجه به عدم وجود آزمایشات کنترل شده تأثیر عملیات عدم خاکدانه‌سازی بر فرسایش بین‌شیاری فاقد توجه بود. با این حال تلاش‌های کمی برای تعیین روابط بین تخریب خاکدانه‌ها و شدت فرسایش صورت گرفته است. با توجه به اهمیت این دو نوع از فرسایش خاک و نقش ساختمان خاک در آن‌ها در این پژوهش به بررسی تأثیر وجود و عدم وجود ساختمان بر میزان فرسایش بین‌شیاری و شیاری پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پروژه سه کلاس بافت خاک (شن، لوم سیلتی، لوم رسی) از نقاط مختلف استان زنجان به عنوان منطقه نیمه‌خشک جمع‌آوری شد. نمونه‌ها از الک ۱۰ میلی‌متری عبور داده و هوا خشک شدند. هر نمونه در دو حالت ساختمان‌دار و بدون ساختمان بررسی شد. یک شدت باران (۵۰ میلی‌متر بر ساعت) به مدت ثابت ۶۰ دقیقه اعمال و سه نوع فرسایش در سه تکرار بررسی شدند. برای مطالعه فرسایش ورقه‌ای و شیاری فلومی به ابعاد ۱ متر در ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر با شیب ۹ درصد تهیه شد. در انتهای هر قسمت فلوم، رواناب و رسوب در داخل سطل‌های مدرج جمع‌آوری شدند. به منظور مطالعه فرسایش ورقه‌ای، نمونه‌های خاک را به داخل فلوم ریخته و سطح آن صاف شد. جهت مطالعه فرسایش شیاری نمونه دیگری از خاک را در داخل فلوم ریخته و سطح آن به طور دستی شیاردار شد (شکل ۲).



(ب)



(الف)

شکل ۲- نمایی از داخل فلوم جهت مطالعه فرسایش شیاری (الف) و فرسایش ورقه‌ای (ب)

نمونه‌های خاک تهیه شده به مدت ۶۰ دقیقه زیر دستگاه شبیه‌ساز باران قرار گرفته و پس از اتمام ۶۰ دقیقه رواناب و رسوب جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد. بعد از این که آزمایش مربوط به خاک ساختمان‌دار به اتمام رسید، نمونه دیگری از همان خاک را با کوبیدن از بین برده و آزمایش مجدداً تکرار شد. در طول آزمایش زمان شروع رواناب برای هر قسمت فلوم ثبت شد. حجم کل مخلوط رواناب و و جرم کل مخلوط نیز به دست آمدند. برای اندازه‌گیری فرسایش ورقه‌ای نیز جرم خاک فرسایش یافته از سطح خاک و برای تعیین فرسایش شیاری، جرم خاک فرسایش یافته از داخل شیار تعیین شدند.

وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار، در فرسایش بین‌شیاری و شیاری بین حالت‌های خاک ساختمان‌دار و بدون ساختمان، با استفاده از آزمون مقایسه میانگین به روش آزمون تی مورد بررسی قرار گرفت. در تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸

استفاده شد. هم‌چنین، مقایسه فرسایش بین‌شیاری و شیاری در حالت ساختمان‌دار در سه خاک مورد بررسی با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

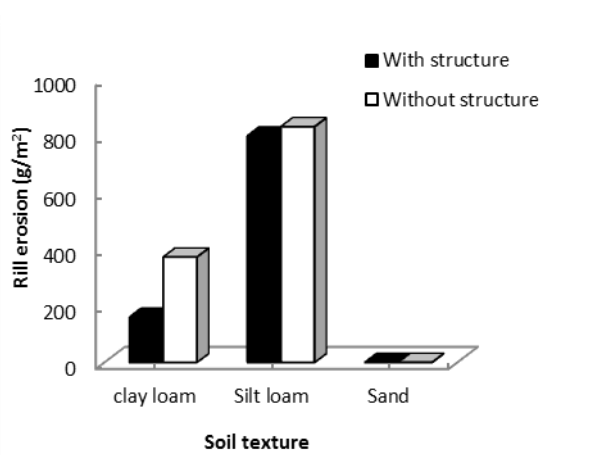
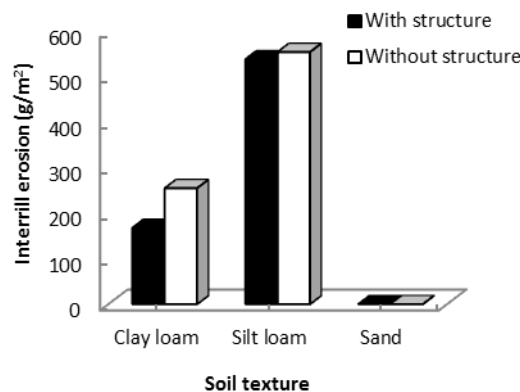
نتایج مقایسه فرسایش بین‌شیاری و شیاری در حالت خاک ساختمان‌دار در سه خاک مورد بررسی نشان داد که تفاوت معنی‌دار در مقدار فرسایش بین‌شیاری و شیاری بین سه خاک شنی، لوم سیلتی و لوم رسی وجود دارد ($p < 0.01$) (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه فرسایش بین‌شیاری و شیاری در حالت ساختمان‌دار در خاک‌های با بافت مختلف

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
فرسایش بین‌شیاری	۴۵۲۵۴۷/۶۷۶	۲	۲۲۶۲۷۳/۸۳۸	۱۶۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
فرسایش شیاری	۱۰۶۸۴۲۶/۸۶۲	۲	۵۳۴۲۱۳/۴۳۱	۱۴۰/۸۵۶	۰/۰۰۰

بیش‌ترین مقدار فرسایش بین‌شیاری (۵۳۶/۷۷ گرم بر متر مربع) و شیاری (۷۹۷/۵۸ گرم بر متر مربع) در خاک لوم سیلتی اتفاق افتاد در حالی که در خاک شنی هیچگونه نشانه‌ای از فرسایش بین‌شیاری و شیاری مشاهده نشد. خاک لوم سیلتی از یکسو دارای فراوانی زیاد ذرات سیلت (۵۳/۶ درصد) بود و از سوی دیگر دارای خاکدانه‌های ناپایدار بود. این دو موضوع در کنار هم موجب شد تولید رواناب در این خاک بیش‌تر شده و به دلیل انتقال پذیری آسان ذرات سیلت (۱۹۷۸ Wischmeier and Smith,)، فرسایش نیز در آن افزایش پیدا کند. بررسی‌های Maquaire و همکاران (۲۰۰۳) نیز نشان داد که با افزایش درصد ذرات سیلت مقدار فرسایش افزایش پیدا می‌کند. نتایج برخی تحقیقات نیز نشان می‌دهد که هرچه پایداری خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد فرسایش و تخریب خاک کاهش می‌یابد (Mbagwu et al., ۲۰۰۳; Belaid et al., ۲۰۱۵). مطالعات Hoyos و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان داد پایداری خاکدانه و نفوذپذیری از ویژگی‌های مهم مؤثر بر فرسایش پذیری خاک هستند. خاک شنی نیز به دلیل وجود ذرات شن بالا که قابلیت انتقال کم دارند و هم‌چنین نفوذپذیری بالا که منجر به عدم تولید رواناب شده است، فرسایش ناپذیر بود. هم‌چنین مطالعات واعظی و همکاران (۱۳۸۸) حاکی از آن بود که بین فرسایش‌پذیری خاک با شن، سیلت، پایداری خاکدانه و نفوذپذیری خاک همبستگی منفی معنی‌دار وجود داشت و سیلت برخلاف سایر ویژگی‌ها اثر مثبت بر فرسایش‌پذیری خاک گذاشت.

نتایج هم‌چنین نشان داد که در فرسایش بین‌شیاری در هیچ یک از خاک‌ها، بین حالت‌های خاک ساختمان‌دار و بدون ساختمان تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (شکل ۱)، به این دلیل که در این نوع فرسایش خاک عامل اصلی انتقال ذرات خاک جریان ضعیف سطحی بوده و این امر موجب انتقال انتخابی ذرات شده (Morgan, ۱۹۸۶) و در نتیجه حجم کم‌تری از ذرات خاک فرسایش یافته‌اند. در صورتی که در فرسایش شیاری این تفاوت تنها در خاک لوم رسی معنی‌دار بود ($p < 0.01$) و علت آن را می‌توان به پایداری ساختمان بالا نسبت داد (۰/۵۲ میلی‌متر) (جدول ۲).



(ب)

(الف)

شکل ۱- مقایسه فرسایش شیاری (الف) و بین شیاری (ب) در سه خاک مورد مطالعه در دو حالت خاک ساختمان‌دار و بدون ساختمان

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی سه خاک مورد بررسی

پایداری خاکدانه در آب (mm)	فراوانی خاکدانه (%)	چگالی ظاهری (g/cm ³)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	
۰/۵۲	۳۳/۲۵	۱/۹۶	۳۷/۵	۳۵/۶	۲۶/۸۸	لوم رسی
۰/۳۱	۴۹/۹۷	۱/۶	۱۲/۵	۵۳/۶	۳۳/۹	لوم سیلتی
۰	۰	۱/۸۴	۵	۷/۷۵	۸۷/۲۵	شن

منابع

رفاهی، ح.ق.، ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران.
واعظی، ع.، بهرامی، ح.، صادقی، ح. ر. و مهدیان م. ح. ۱۳۸۸. نمودگرافی جدید برای برآورد عامل فرسایش پذیری (K) در بخشی از خاک های نواحی نیمه خشک در شمال غربی ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۹، صفحه‌های ۶۹ تا ۸۰.

Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A.C. and Soriano-Soto, M.D. 2001. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*. 44(1): 47-67.

Bagnold, R.A. 1966. An approach to the sediment transport problem. General Physics Geological Survey, Prof. paper.

Barthes, B. and Roose, E. 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena*. 47(2): 133-149.



- Belaïd, H., and Habaieb, H. 2015. Soil aggregate stability in a Tunisian semi-arid environment with reference to fractal analysis. *Journal of Soil Science and Environmental Management*. 6 (2): 16-23.
- Dlamini, P., Orchard, C., Jewitt, G., Lorentz, S., Titshall, L., and Chaplot, V. 2011. Controlling factors of sheet erosion under degraded grasslands in the sloping lands of KwaZulu-Natal, South Africa. *Agricultural water management*. 98(11):1711-1718.
- Fox, D.M. and Le Bissonnais, Y. 1998. Process-based analysis of aggregate stability effects on sealing, infiltration, and interrill erosion. *Soil Science Society of America Journal*. 62: 717-724.
- Govers, G. and Poesen, J. 1988. Assessment of the interrill and rill contributions to total soil loss from an upland field plot. *Geomorphology*. 1(4): 343-354.
- Hoyos, N. 2005. Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical Watershed of the Colombian Andes. *Catena*, 63: 85-108.
- Lado, M. and Ben-Hur, M. 2004. Soil mineralogy effects on seal formation, runoff and soil loss. *Applied Clay Science*. 24(3): 209-224.
- Levy, G. J. and Miller, W. P. 1997. Aggregate stabilities of some Southeastern US soils. *Soil Science Society of America Journal*. 61(4): 1176-1182
- Li, P., Li, Z., Zheng, L. and Lu, K. 2005. Comparisons of dynamic mechanics of soil erosion and sediment yield by runoff on Loess slope. *J Soil Water Conserv*. 19: 66-69.
- Maquaire, O., J.P. Malet, A. Remaitre, J. Locat, S. Klotz and J. Guillon. 2003. Instability conditions of Marly hillslopes: towards landsliding or gullyng? The case of the Barcelonnette Basin, South East France. *Engineering Geology*. 70: 109-130.
- Mbagwu, J. 2003. Aggregate stability and soil degradation in the tropics. *Invited Presentations College on Soil Physics*. 245-252.
- Martinez-Mena, M., Deeks, L.K. and Williams, A.G. 1999. An evaluation of a fragmentation fractal dimension technique to determine soil erodibility. *Geoderma*. 90: 87-98.
- Morgan, R. P. C. 1986. Soil degradation and soil erosion in the loamy belt of northern Europe. In *Seminar on land degradation due to hydrological phenomena in hilly areas: impact of change of land use and management*, Cesena (Italy). 9-11
- Romero, C.C., Stroosnijder, L. and Baigorria, G.A. 2007. Interrill and rill erodibility in the northern Andean Highlands. *Catena*. 70(2): 105-113.
- Wischmeier W. H., and Smith D. D. 1978. *Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning*. Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning.
- Yan, F.L., Shi, Z.H., Li, Z.X. and Cai, C.F. 2008. Estimating interrill soil erosion from aggregate stability of ultisols in subtropical China. *Soil and Tillage Research*. 100: 34-41.

Effect of soil structure on rill and interrill erosion in soils with difference soil texture

Kh. Sahandi^a, A. R. Vaezi^{*b} and N. Sadeghian^c

^a Former M.Sc. student, Dept. of Soil Sciences, Zanjan University, Iran, ^b Assistant Prof., Dept. of Soil Sciences, Zanjan University and ^c Student of Ph. D, Dept. of soil Sciences, Zanjan University, Iran

Abstract

Soils in semi-arid regions are weakly aggregated and are very susceptible to water erosion processes. There is little information on the role of the presence of soil structure in water erosion in these areas. This study was carried out to determine the magnitude of soil structure in rill and interrill erosion in three soil textures including clay loam, silt loam and sand using rainfall simulator. The results indicated that significant difference exist among the soils in rill and interrill erosion ($P < 0.01$). Silt loam appeared the highest rill and interrill erosion while sand didn't show any runoff and soil loss during the sets. No significant difference was found in interrill erosion between two soil structure conditions; with aggregates and without aggregates in the soils. Clay loam showed obvious difference in rill erosion between the two soil structure conditions which was associated with higher aggregate stability in this soil ($P < 0.01$).

Keywords: Soil erosion, rain simulation, calcareous soil and aggregate stability