



بررسی تولید رواناب در خاک‌های با بافت مختلف با استفاده از شبیه‌ساز باران

علی‌رضا واعظی^۱، مجتبی کرد^۲ و محمد حسین مهدیان^۳
۱-دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، ۲-دانشجوی دکتری گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، ۳-استاد پژوهش سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی

چکیده

تولید رواناب یکی از فرآیندهای پیچیده و مهم است که متغیرهای متعددی از جمله ویژگی‌های خاک در آن دخالت دارند. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات رواناب در بافت‌های مختلف خاک (لوم شنی، لوم و لوم رسی) در منطقه نیمه خشک در استان زنجان در سال ۱۳۹۳ انجام گرفت. خاک‌ها در داخل فلوم فرسایشی به ابعاد ۱۶۰ سانتی‌متر طول، ۶۵ سانتی‌متر عرض و ۳۰ سانتی‌متر عمق ریخته شد و در معرض باران با شدت ۱۴۰ mmh گرفتند. خاک‌ها از نظر زمان آغاز رواناب ($p < 0.0001$) و ارتفاع رواناب ($p < 0.0001$) در خاک لوم رسی کمترین زمان آغاز رواناب (۳۲/۱۱ دقیقه) و بیشترین ارتفاع رواناب (۳۸/۲۳ میلی‌متر) مشاهده شد. خاک لوم شنی کمترین ارتفاع رواناب (۱۴/۶ میلی‌متر) را نشان داد که می‌تواند به دلیل هدایت هیدرولیکی بیشتر آن باشد.

واژه‌های کلیدی: بافت خاک، فلوم، زمان آغاز رواناب

مقدمه

رواناب از عوامل مهم انتقال دهنده ذرات خاک از بستر اولیه می‌باشد. تشکیل رواناب نتیجه آن بخش از نزولات آسمانی وارد شده بر سطح خاک می‌باشد که در خاک نمی‌تواند نفوذ یابد. بررسی تولید رواناب و رسوب یکی از فرآیندهای اصلی و مهم فرسایش و هدررفت خاک بوده که آگاهی از عوامل مؤثر بر آن امری ضروری به نظر می‌رسد (Girmay et al., ۲۰۰۹). یکی از موضوعات مهم و قابل توجه در بحث مدیریت آبخیزها و حفاظت خاک، کاهش میزان و شدت رواناب سطحی است تا از این طریق بتوان فرسایش خاک را نیز مهار کرد. میزان رواناب تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله میزان بارش، شدت باران، درصد پوشش گیاهی، بافت خاک و ساختمان آن، ماده آلی، رطوبت اولیه خاک و شرایط پستی و بلندی زمین قرار دارد (Perez-Latorre et al., ۲۰۱۰). با فرض یکسان بودن شرایط سطح، بارندگی و پوشش گیاهی، مهمترین عامل در نفوذ آب باران به خاک و همچنین تشکیل رواناب، بافت خاک و رطوبت اولیه خاک است (Huang et al., ۲۰۱۳). نتایج پژوهش‌ها نشان داد بین درصد سیلت با میزان رواناب رابطه مثبتی وجود دارد و بر این اساس با افزایش درصد سیلت با اندازه‌های بین دو تا ۵۰ میکرون، میزان رواناب و فرسایش پذیری خاک به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. با افزایش میزان رس تولید رواناب و هدررفت خاک افزایش می‌یابد، در حالی که بخش‌ها منجر به کاهش تولید رواناب و هدررفت خاک می‌گردد (Duiker, ۲۰۰۱). نتایج تحقیقات بیانگر نقش مهم‌تر سنگریزه سطحی نسبت به سنگریزه درون خاک از نظر تولید رواناب بود (محمود آبادی و همکاران ۱۳۸۵). مطالعه تغییرات مکانی رواناب در بخشی از خاک‌های آهکی ناحیه نیمه‌خشک در شمال غربی ایران نشان داد که آهک در کنار شن درشت و ماده آلی به عنوان عامل مهم مؤثر بر تولید رواناب می‌باشد (واعظی و همکاران، ۱۳۸۶).

به طور کلی بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، که عوامل متعددی در تولید رواناب نقش دارند. شناخت این عوامل می‌تواند، در ارائه پیشنهادها مدیریت و کمی نمودن تغییرات رواناب و هدررفت خاک و شناخت خصوصیات مختلف خاک بر وقوع آن نقش اساسی ایفا نماید. میزان رواناب در یک سطح را می‌توان تحت باران طبیعی یا باران شبیه‌سازی شده اندازه‌گیری کرد. از آنجا که اندازه‌گیری میزان رواناب تحت شرایط باران طبیعی، زمانبر و پرهزینه می‌باشد (Sheridan et al., ۲۰۰۸)، شبیه‌ساز باران به عنوان ابزاری در پژوهش‌های هدررفت خاک و فرآیندهای مربوط به آن به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پژوهش به منظور بررسی زمان آغاز و میزان تولید رواناب در خاک‌هاب با بافت مختلف در منطقه نیمه خشک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تولید رواناب در خاک‌های مختلف مطالعه‌ای آزمایشگاهی در شدت باران ۴۰ میلی‌متر در ساعت با دو تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه خاک با بافت مختلف (لوم شنی، لوم رسی و لوم) با استفاده از شبیه‌ساز باران انجام گرفت. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. برای این منظور درصد ذرات معدنی خاک به روش هیدرومتر (Gee and Bauder, ۱۹۸۶)، جرم مخصوص ظاهری به روش سینلندر (Culley, ۱۹۹۳) و جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر (Ameketa et al., ۱۹۸۶) تعیین شدند. پایداری خاکدانه بر اساس میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار^{۲۲} (MWD) به روش الک تر (Ameketa et al., ۱۹۸۶) با استفاده از سری الک‌ها (۸، ۶، ۴، ۲، ۱، ۰/۶ و ۰/۲۵ میلی‌متر) به مدت یک دقیقه با توان ۲۰ دور در دقیقه (واعظی و

^{۲۲} Mean Weight Diameter



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - فیزیک خاک و رابطه آب، خاک و گیاه

همکاران، ۱۳۹۳) تعیین گردید. انتخاب این مدت به دلیل پایداری بسیار پایین خاکدانه‌های مورد بررسی بود. هدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار ثابت (Bouwer and Jackson, ۱۹۷۴) اندازه‌گیری شد. واکنش خاک در گل اشباع با استفاده از pH متر و هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شدند. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش استات سدیم یک نرمال در $pH = 2/8$ اندازه‌گیری شد. درصد سدیم تبادل (ESP) با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Chapman and Pratt, ۱۹۷۸)، ماده آلی به روش والکی-بلاک (Nelson and Sommers, ۱۹۸۲)، آهک به صورت کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک یک نرمال (Jackson, ۱۹۶۷) و گچ نیز به روش استون (Jackson, ۱۹۶۷) در هر یک از بافت‌های خاک اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برداشته شد. خاک‌ها به فلوم^{۲۵}‌های فلزی منتقل شدند. در زمان ریختن خاک در داخل فلوم سعی گردید تا جرم مخصوص ظاهری خاک داخل فلوم با ایجاد تراکم یکنواخت با جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه مشابه باشد. از فلوم‌های فلزی به طول ۱۶۰ سانتی‌متر، عرض ۶۵ سانتی‌متر و عمق ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. جهت یکنواختی پلات‌های آزمایشی اقدام به حذف سنگریزه از سطح خاک گردید. اطراف فلوم‌ها با استفاده از ورق‌های گالوانیزه مسدود شد. در انتهای هر فلوم تجهیزات جمع‌آوری رواناب و رسوب شامل قیف و مخازن نصب گردید و زمان آغاز رواناب و حجم رواناب اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون چولگی و کشیدگی و تحلیل هیستوگرام فراوانی داده‌ها بررسی شد. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها بین بافت‌های خاک براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. برای تحلیل‌های آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

خاک‌ها از نظر ماده آلی فقیر (۰/۳۱-۷۴/۰) و دارای حدود ۱۰ درصد آهک و حدود هشت درصد گچ بودند. با توجه به وجود مقدار کربنات کلسیم معادل (با حدود ۱۰ درصد کربنات کلسیم معادل)، خاک‌های مورد بررسی در گروه خاک‌های آهکی قرار داشتند. بررسی اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک‌ها نشان می‌دهد که خاک‌ها دارای درجه شوری پایین و در محدوده واکنش خنثی می‌باشند. جرم مخصوص ظاهری خاک‌ها در خاک لومرسی کمترین مقدار (۳۱/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و در خاک لوم شنی بیشترین (۴۴/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود. (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی بافت خاک

| ویژگی‌های خاک | لوم شنی | لوم | لومرسی |
|--|---------|-------|--------|
| شن (%) | ۱۲/۷۱ | ۶۰/۳۶ | ۲۵/۴۱ |
| سیلت (%) | ۵۰/۱۶ | ۵۷/۴۳ | ۶۳/۲۱ |
| رس (%) | ۳۸/۱۲ | ۸۳/۱۹ | ۱۲/۳۷ |
| جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$) | ۴۴/۱ | ۳۷/۱ | ۳۱/۱ |
| میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار (mm) | ۲۶/۰ | ۷۴/۰ | ۵۷/۰ |
| هدایت هیدرولیکی اشباع (cmh^{-1}) | ۷۳/۳ | ۷۸/۲ | ۸۲/۱ |
| درصد سدیم تبادل | ۴۶/۸ | ۹۲/۷ | ۸۶/۹ |
| ماده آلی (%) | ۸۷/۰ | ۰۳/۱ | ۷۴/۰ |
| آهک (%) | ۷۸/۹ | ۲۳/۱۱ | ۴۷/۱۰ |
| گچ (%) | ۵۶/۷ | ۲۷/۸ | ۶۷/۹ |

بافت خاک‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری از نظر حجم رواناب تولیدی با هم نشان دادند (جدول ۲). نتایج نشان داد خاک لوم رسی کمترین زمان آغاز رواناب را در بین خاک‌های مورد مطالعه دارد و اختلاف بین خاک‌ها از نظر زمان آغاز رواناب معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد خاک لوم رسی با زمان ۳۲/۱۱ دقیقه کمترین زمان شروع رواناب را داشته و در خاک لوم شنی زمان شروع رواناب به ۱۵/۳۵ دقیقه رسید که بیشترین زمان شروع رواناب بود (شکل ۱- الف). نتایج به دست آمده با نتایج نیسن و ورمسچ (۲۰۱۰) همخوانی دارد. پایین بودن هدایت هیدرولیکی خاک لوم رسی نسبت به خاک‌های لوم و لوم شنی (جدول ۱) می‌تواند دلیل اصلی این موضوع باشد که سبب ظهور سریع‌تر رواناب در این خاک و پایین بودن سرعت نفوذ آب آن نسبت به خاک‌های دیگر مورد آزمایش گردید. با توجه به ثابت بودن شدت باران، می‌توان نتیجه گرفت تغییر ویژگی رواناب ناشی از تغییر خصوصیات خاک بوده است. براساس نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن، بالاترین میزان تولید رواناب با حجم ۵۳/۲۶ لیتر در خاک لوم رسی بود (شکل ۱- ب). این موضوع به دلیل پایین بودن هدایت هیدرولیکی اشباع و تخریب سریع‌تر و بیشتر ساختمان در اثر ضربه قطرات باران بوده است. در اثر پاشمان ذرات ریز و نفوذ آنها به داخل منافذ درشت، تخلخل خاک کاهش می‌یابد و حاصل این پدیده کاهش نفوذپذیری، کاهش زمان آغاز رواناب و در نهایت افزایش میزان رواناب در خاک لوم رسی نسبت به دو خاک دیگر

^{۲۵} Flume

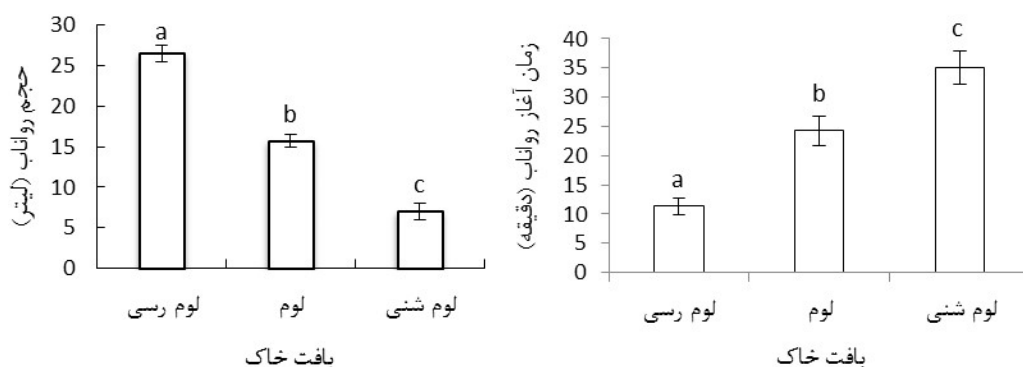


چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - فیزیک خاک و رابطه آب، خاک و گیاه

مورد آزمایش بود که با نتایج به دست آمده از پژوهش‌های واعظی و همکاران (۱۳۸۷) و وهابی و مهدیان (۲۰۰۸) مطابقت دارد. اگر چه جزء رس خاک می‌تواند به خاکدانه‌سازی و افزایش پایداری ساختمان خاک و کاهش میزان هدررفت خاک کمک نماید (Kirkby et al., ۲۰۱۰) ولی به نظر می‌رسد مقدار رس به تنهایی در خاک‌های مورد مطالعه برای تثبیت خاکدانه‌ها در برابر تخریب ناشی از قطرات باران کافی نمی‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر بافت خاک بر حجم و زمان آغاز رواناب

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | سطح معنی داری |
|------------------|------------|--------------|----------------|---------------|
| زمان آغاز رواناب | ۲ | ۱۳۰/۲۸۴۷ | ۵۶۵/۱۴۲۳ | ۰۰۰/۰ |
| خطا | ۲۷ | ۴۵۷/۷۵۸ | ۰۹۱/۲۸ | |
| حجم رواناب | ۲ | ۲۴۴/۱۹۲۱ | ۶۲۲/۹۶۰ | ۰۰۰/۰ |
| خطا | ۲۷ | ۴۳۶/۱۱۵ | ۲۷۵/۴ | |



شکل ۱- مقایسه زمان آغاز رواناب (الف) و حجم رواناب در خاک‌های مورد بررسی (ب)

خاک‌های دارای درصد بالای شن، به دلیل داشتن سرعت نفوذ آب بیشتر، رواناب کمتری تولید می‌کنند. به طوری که خاک‌های ریزدانه به دلیل دارا بودن ویژگی چسبندگی و تخلخل کم، دارای نفوذپذیری کم و در نتیجه حجم رواناب بیشتری می‌باشند (Santos et al., ۲۰۰۳).

منابع

- واعظی، ع. بهرامی، ح. صادقی، س. ح. و مهدیان، م. ح. ۱۳۸۷. تغییرات مکانی روان آب در بخشی از خاک‌های آهکی ناحیه نیمه خشک در شمال غربی ایران، مجله علوم و کشاورزی منابع طبیعی، ۱۵ (۵): ۲۲۵-۲۱۳.
- واعظی، ع. اکبری، س. و محمدی، م. ح. بررسی فرایندهای فرسایش بارانی در خاکدانه‌ها تحت شرایط آزمایشگاهی در خاک‌های آهکی شمال غرب زنجان، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۵ (۱): ۹۴-۸۷.
- محمودآبادی، م. چرخابی، ا. ح. و رفاهی، ح. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر تولید رواناب و رسوب با استفاده از شبیه‌ساز باران. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۸ (۲): ۱۶-۱.
- Amezketta, E. Singer, M. J. and Le Bissonnais. Y. ۱۹۹۶. Testing a new procedure for measuring water-stable aggregation. Soil Science Society of America Journal, ۶۰ (۵): ۸۸۸-۸۹۴.
- Bouwer, H. and Jackson, R. D. ۱۹۷۴. Determining soil properties. pp: ۶۱۱-۶۲۷. In: J. Van. Schilfgaard. (ed). Drainage for Agriculture. ASA Monograph Number ۱۷, Madison, WI.
- Chapman, H. D. and Pratt. P. F. ۱۹۷۸. Methods of analysis for soils, plants and waters. Division of agricultural sciences. University of California. United State of America.
- Culley, J. L. B. ۱۹۹۳. Density and compressibility, pp: ۵۲۹-۵۴۰. In: M. R. Carter (ed.) soil sampling and methods of analysis. Lewis published in United State of America.



- Duiker, S.W., Flanagan, D.C., and Lal, R. ۲۰۰۱. Erodibility and Infiltration characteristics of fire major soils of southwest Spain. *Catena*, ۴۵: ۱۰۳-۱۲۱.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. ۱۹۸۶. Particle-size analysis, pp: ۳۸۳-۴۱۱. In: A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part ۱. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Girmay, G., Sing, B. R., Nyssen, J., and Borrosen, T., ۲۰۰۹. Runoff and sediment associated nutrient losses under different land uses in Tigray, Northern Ethiopia, *Journal of Hydrology*, ۳۷۶: ۷۰-۸۰.
- Huang, J., Wu, P., and Xining, Z. ۲۰۱۳. Effects of rainfall intensity, underlying surface and slope gradient on soil infiltration under simulated rainfall experiments, *Catena*, ۱۰۴: ۹۳-۱۰۲.
- Jackson, M. L. ۱۹۶۷. *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall of India, Private Limited. New Delhi.
- Santos, F.L., Reis, J.L., Martins, O.C., Castanheria, N.L., and Serralherio, R.P. ۲۰۰۳. Comparative assessment of infiltration, runoff and erosion of sprinkler irrigation soils. *Biosystems Engineering*, ۸۶(۳): ۳۵۵-۳۶۴.
- Kirkby, M. J. and Morgan, R. P. ۲۰۱۰. *Soil erosion*. John Wiley and Sons. New York.
- Klute, A. ۱۹۸۶. *Methods of soil analysis*, Agron. ۹. Part ۱. American Society of Agronomy. Madison, WI, United State of America.
- Nelson, D. W., and Sommers, L. E. ۱۹۸۲. Total carbon, organic carbon, and organic matter. pp: ۵۳۹-۵۷۹. In: A. L. Page (ed.) *Methods of soil analysis*. Part ۲. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Nyssen, J., and Vermeersch, D. ۲۰۱۰. Slope aspect affects geomorphic dynamics of coal mining spoil heaps in Belgium. *Geomorphology*. ۱۲۳(۱-۲): ۱۰۹-۱۲۱.
- Perez-Latorre, F.J., Castro, L.D., and Delgado, A. ۲۰۱۰. A comparison of two variable intensity rainfall simulators for runoff studies. *Soil and Till. Res.* ۱۰۷: ۱۱-۱۶.
- Sheridan, G. J.; H. B. So, and R. J. Loch. ۲۰۰۳. Improved slope adjustment function for soil erosion prediction. *Aust. J. Soil Res.* ۴۱: ۱۴۸۹-۱۵۰۸.
- Vahabi, J., and Mahdian, M.H. ۲۰۰۸. Rainfall simulation for the study of the effects of efficient factors on runoff rate. *Current Sci.* ۹۵: ۱۴۳۹-۱۴۴۵.

Abstract

Runoff production is one of the most complex processes that can be influenced by different factors, particularly soil properties. This study was conducted to investigate the runoff production in different soil texture (sandy loam, loam and clay loam) of a semi arid region in zanzan, ۲۰۱۴. The soil were poured into erosion flume (۶۵ cm × ۱۶۰ cm in dimensions with ۳۰ cm depth) and were exposed to simulated rainfall with ۴۰ mmh^{-۱} in intensity. Signification differences were found among the soils in runoff initiation ($p < ۰.۰۰۰$) and runoff height ($p < ۰.۰۰۰$). clay loam appeared the lowest runoff initiation (۱۱.۳۲ min) and highest runoff height (۲۳.۳۸ mm). Sandy loam showed the lowest runoff height (۶.۱۴ mm) which can be related to the bigger saturated hydraulic conductivity.