



محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

مقایسه پایداری خاکدانه در دو اقلیم خیلی مرطوب و نیمه خشک (مطالعه موردی: حوزه‌های آبخیز کسلیان و سعیدآبادچای)

عادل‌علی جانپور شلمانی^{۱*}، علی‌رضا واعظی^۲، محمودرضا طباطبایی^۳^۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران^۲ استاد، گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران^۳ استادیار پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

پایداری خاکدانه یکی از عوامل مؤثر بر حساسیت خاک به فرسایش خاک و تولید روان آب است. در این پژوهش، بررسی اثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکها بر میزان پایداری خاکدانه و مقایسه آن در حوزه‌های آبخیز کسلیان با اقلیم خیلی مرطوب و سعیدآباد چای با اقلیم نیمه-خشک انجام شد. نمونه برداری خاک به روش شبکه بندی در مناطق مختلف حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه انجام شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله پایداری خاکدانه، توزیع اندازه ذرات خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک، واکنش خاک، هدایت الکتریکی خاک، ماده آلی و کربنات کلسیم معادل اندازه گیری شدند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ماده آلی خاک در مقایسه با سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه گیری شده، نقش مؤثرتری در میزان پایداری خاکدانه در هر دو اقلیم خیلی مرطوب و نیمه خشک دارد. همچنین حوزه آبخیز کسلیان به دلیل خاکدانه‌های پایدار در آب (میانگین ۲/۹۶ میلی متر) و مقدار ماده آلی زیاد (۳/۸۱ درصد) در مقایسه با حوزه آبخیز سعیدآباد چای با مقدار خاکدانه‌های پایدار در آب (میانگین ۱/۲۳ میلی متر) و مقدار ماده آلی کم (۰/۷۸ درصد)، دارای مقدار مقاومت خاک بیشتری در مقابل فرسایش آبی و روان آب است.

کلمات کلیدی: روان آب، خصوصیات شیمیایی خاک، خصوصیات فیزیکی خاک، فرسایش خاک

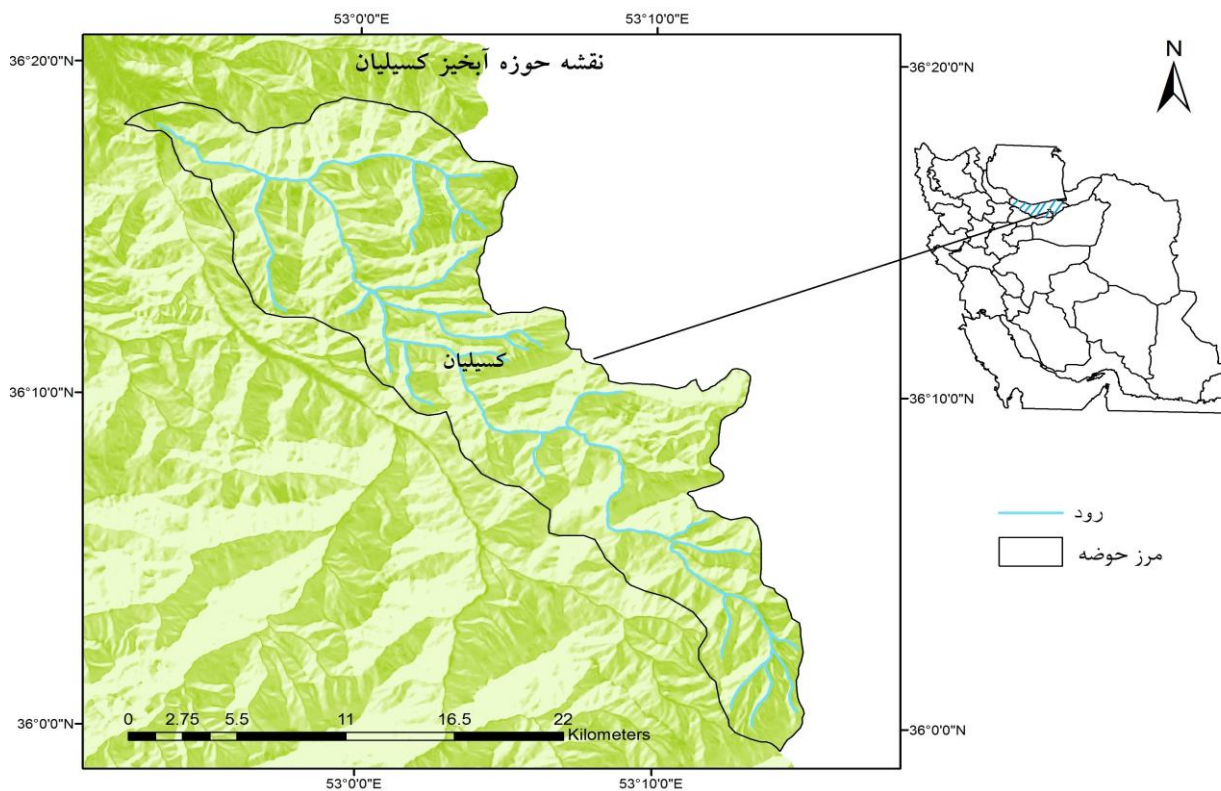
مقدمه

پایداری خاکدانه به عنوان یکی از شاخص‌های فیزیکی ارزیابی ساختمان خاک است که نقش مهمی در فرسایش خاک و تولید روان آب در حوزه‌های آبخیز و در اقلیم‌های متفاوت دارد. به طوری که با افزایش مقدار پایداری خاکدانه، میزان فرسایش پذیری خاک و تولید روان آب کاهش می یابد (Haydu-Houdeshell و همکاران، ۲۰۱۸). پایداری خاکدانه به میزان مقاومت خاک در مقابل نیروهایی که به آن وارد می شود می گویند. این نیروها شامل ضربه قطرات باران، نیروی روان آب، خیس شدن ناگهانی و یا کشت و کار است (Bissonnais و همکاران، ۲۰۱۸). واعظی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی نشان دادند که خاکدانه‌های پایدار در آب در مقابل فرسایش خاک از خود مقاومت نشان داده و خاکهایی با ساختمان خوب از فرسایش-پذیری پایینی برخوردار است. پایداری خاکدانه متأثر از ویژگی‌های خاک از جمله توزیع اندازه ذرات خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک، ماده آلی، کربنات کلسیم معادل و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است (Bissonnais و همکاران، ۲۰۱۸). یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در پایداری خاکدانه، میزان ماده آلی موجود در خاک است. ماده آلی با هم آوری ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌های پایدار، باعث استحکام خاک و مقاومت خاک در مقابل فرسایش خاک خواهد شد (Sarker و همکاران، ۲۰۱۸). در خاک‌های آهکی، کلسیم یک عامل مهم در پایداری خاکدانه است که سرعت نفوذ آب در خاک را افزایش داده و به طور قابل توجهی بر فرسایش پذیری خاک تأثیرگذار است (Vaezi و همکاران، ۲۰۰۸). کربنات کلسیم می تواند مانند ملاتی در بین ذرات خاک رسوب کرده و سبب اتصال ذرات خاک شود (Vargas و همکاران، ۲۰۱۹). از آن جا که اصولاً خاک‌های مناطق با اقلیم‌های متفاوت دارای مقدار فرسایش پذیری متفاوت هستند، هدف از این پژوهش، مقایسه و بررسی میزان پایداری خاکدانه در دو اقلیم خیلی مرطوب و نیمه-خشک و تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مقدار پایداری خاکدانه است.

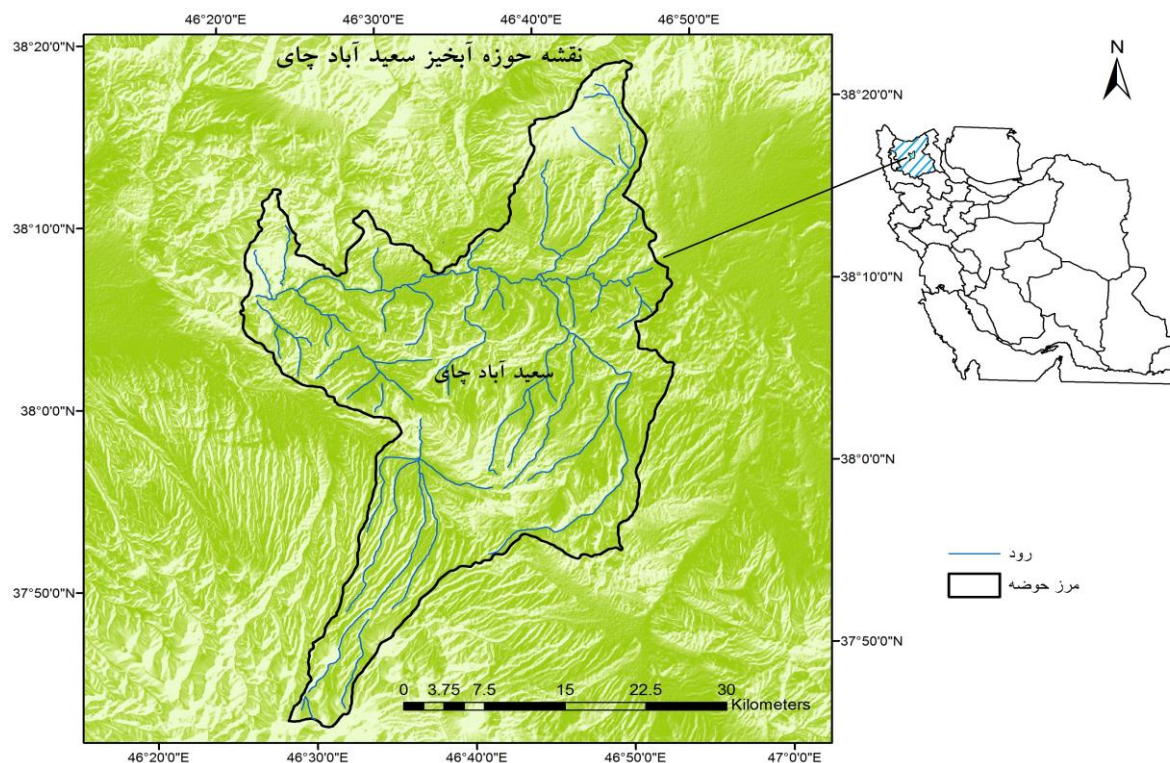
مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر مقایسه پایداری خاکدانه با استفاده از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکها در دو حوزه آبخیز کسلیان و سعید آباد چای انجام شد. حوزه آبخیز کسلیان، دومین حوضه معرفی است که توسط وزارت نیرو در ایران تأسیس شده است. این حوضه معرف بخش کوچکی از قسمت‌های کوهستانی و جنگلی شمالی البرز محسوب می شود که در استان مازندران بین عرض‌های جغرافیایی شمالی ۵۸° ۳۵' تا ۱۹° ۳۶' و طول‌های جغرافیایی شرقی ۵۳° ۵۲' تا ۱۵° ۵۳' واقع شده است (شکل ۱). اقلیم منطقه اقلیم منطقه براساس روش دومارتن از نوع خیلی مرطوب است. متوسط

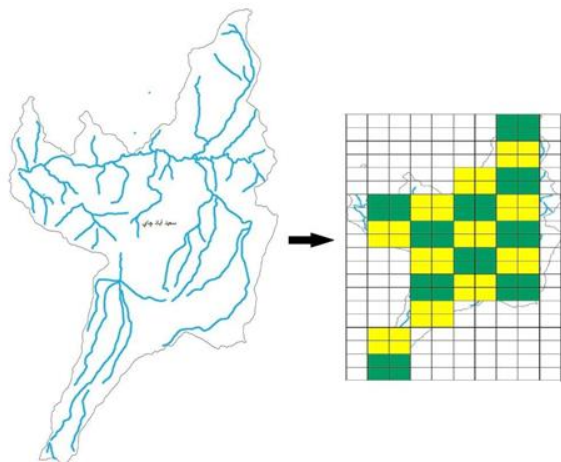
بارندگی سالیانه حوزه آبخیز کسلیان ۸۵۴/۸ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه، ۱۴/۷ درجه سانتی‌گراد است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۶). حوزه آبخیز سعیدآباد چای یکی از حوضه‌های دامنه‌ی شمالی توده‌ی کوهستانی سهند است که در منطقه‌ی شمال غرب کشور در استان آذربایجان شرقی قرار دارد. این حوضه بین عرض‌های جغرافیایی شرقی ۲۸° ۴۶' تا ۴۰° ۴۶' و عرض‌های شمالی ۴۷° ۳۷' تا ۱° ۳۸' واقع شده است (شکل ۲). اقلیم منطقه براساس روش دومارتن از نوع نیمه‌خشک است. متوسط بارندگی سالیانه حوضه ۲۸۱/۸ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه، ۱۳/۶ درجه سانتی‌گراد است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۶). در این پژوهش برای انجام مطالعات خاک، نمونه‌برداری خاک به روش شبکه‌بندی در مناطق مختلف حوزه‌های آبخیز کسلیان و سعیدآباد چای انجام شد. تعداد ۲۰ تا ۲۵ شبکه مطالعاتی برای هر حوضه در نظر گرفته شد. انتخاب شبکه‌ها به گونه‌ای است که از پراکندگی جغرافیایی خوبی برخوردار باشند (شکل‌های ۳ تا ۴). از هر شبکه سه نقطه از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر مورد نمونه‌برداری خاک قرار گرفت. نمونه‌های خاک به دو صورت (دست خورده و دست‌نخورده) تهیه شد. در نمونه‌های دست خورده، پس از هوا خشک شدن، خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده می‌شود و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل آن در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در نمونه‌های خاک، پایداری خاک‌دانه‌های خاک با روش‌های الک خشک و الک تر (واعظی و همکاران، ۱۳۹۳)، توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، جرم مخصوص ظاهری خاک با روش سیندر فلزی (Culley, 1993)، واکنش خاک در گل اشباع با استفاده از pH متر، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با استفاده از EC متر، ماده آلی به روش سوزاندن مرطوب (Nelson and Sommers, 1982) و کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (Jakson, 1967) اندازه‌گیری شدند. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۷ و تجزیه آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.



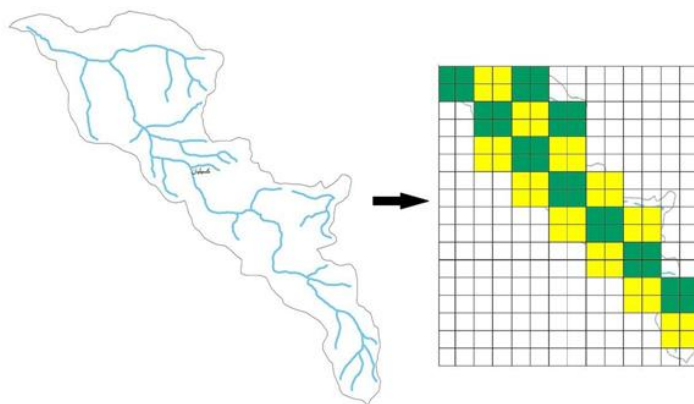
شکل ۱. نقشه حوزه آبخیز کسلیان



شکل ۲. نقشه حوزه آبخیز سعیدآباد چای



شکل ۴. نقاط نمونه‌برداری انتخابی در حوزه آبخیز سعید آباد چای



شکل ۳. نقاط نمونه‌برداری انتخابی در حوزه آبخیز کسلیان

نتایج و بحث

در جدول ۱ مشخصات آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز کسلیان آورده شده است. بر اساس میانگین درصد ذرات معدنی خاک‌های مورد بررسی، بافت خاک غالب منطقه لوم و لوم رسی است. خاک‌های مورد مطالعه دارای واکنش اسیدی (به‌طور میانگین ۶/۵۷) و شوری کم (به‌طور میانگین ۰/۶۰ دی‌زیمنس بر متر) است. همچنین به دلیل بالا بودن مقدار ماده آلی (به‌طور میانگین ۳/۸۱ درصد)، پایداری خاک‌دانه‌ها به روش الک تر (به‌طور میانگین ۲/۹۶ میلی‌متر) و روش الک خشک (به‌طور میانگین ۷/۰۸ میلی‌متر) زیاد است. واعظی و همکاران (۱۳۸۹) ماده آلی، ذرات معدنی و کربنات کلسیم معادل را از عوامل مؤثر بر پایداری خاک‌دانه و نفوذپذیری آب در خاک دانسته‌اند.

جدول ۱. مشخصات آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز کسلیان

ویژگی	کمینه	بیشینه	میانگین	ضریب تغییرات
شن (%)	۱۶/۱۴	۴۰/۰۷	۲۸/۶۷	۰/۲۷
سیلت (%)	۳۶/۱۰	۵۹/۷۱	۴۴/۰۵	۰/۱۳
رس (%)	۲۱/۸۳	۳۵/۴۵	۲۷/۲۹	۰/۱۵
پایداری خاکدانه به روش الک تر (mm)	۲/۱۴	۳/۸۱	۲/۹۶	۰/۱۸
پایداری خاکدانه به روش الک خشک (mm)	۵/۳۵	۸/۳۴	۷/۰۸	۰/۱۴
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۱۵	۱/۲۳	۱/۱۹	۰/۰۲
واکنش خاک	۵/۵۰	۷/۴۰	۶/۵۷	۰/۰۹
هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۰/۳۴	۰/۹۸	۰/۶۰	۰/۳۰
ماده آلی (%)	۲/۵۶	۵/۳۱	۳/۸۱	۰/۲۳
کربنات کلسیم معادل (%)	۴/۶۱	۲۰/۲۱	۸/۷۶	۰/۴۲

جدول ۲ مشخصات آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز سعیدآباد چای را نشان می‌دهد. فراوانی ذرات معدنی خاک‌های مورد مطالعه به‌طور میانگین شامل ۴۳/۰۲ درصد شن، ۲۷/۹۸ درصد سیلت و ۲۹/۰۰ درصد رس است. براساس میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به روش الک تر (به‌طور میانگین ۱/۲۳ میلی‌متر) و روش الک خشک (به‌طور میانگین ۲/۴۲ میلی‌متر)، خاک‌های منطقه دارای پایداری کم هستند. همچنین مقدار ماده آلی خاک‌ها کم (۰/۷۸ درصد) است. Nzeyimana و همکاران (۲۰۱۷) ماده آلی خاک را از مهم‌ترین عوامل در پایداری خاکدانه و کاهش فرسایش‌پذیری خاک دانستند. از آن‌جا که در مناطق نیمه‌خشک ایران پوشش سطحی ناچیز و مقدار ماده آلی خاک کم است، فرسایش سطحی ناشی از قطرات باران و روان‌آب بسیار شایع است (سکوئی اسکویی، ۱۳۸۶). در این مناطق پوشش کم ماده آلی به‌دلیل تابش خورشیدی، رطوبت کم خاک و بهره‌برداری نامناسب از خاک است. بنابراین خاک‌های مناطق نیمه‌خشک به‌دلیل فقر ماده آلی فاقد ساختمان خوب و پایدار هستند و به‌خصوص در مناطقی با شیب زیاد فرسایش آبی و تولید روان‌آب زیاد است (Zethof و همکاران، ۲۰۱۹). خاک‌های مورد بررسی دارای واکنش قلیایی (به‌طور میانگین ۷/۷۶) و میانگین شوری ۱/۵۶ دسی‌زیمنس بر متر است. همچنین میانگین کربنات کلسیم معادل خاک‌های منطقه زیاد (۱۵/۶۴ درصد) است. با وجود مقدار زیاد کربنات کلسیم خاک‌های منطقه، مقدار پایداری خاکدانه‌ها کم است. بنابراین در این پژوهش نتیجه می‌شود که در خاک‌های مناطق نیمه‌خشک کمبود ماده آلی نقش مهم‌تر و مؤثرتری در میزان پایداری خاکدانه در مقایسه با مقدار کربنات کلسیم معادل خاک و سایر خصوصیات اندازه‌گیری شده دارد. نیک‌پور و همکاران (۱۳۹۰)، ملائی رنانی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در تحقیقات خود به نتیجه مشابهی دست یافتند.

جدول ۲. مشخصات آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز سعیدآباد چای

ویژگی	کمینه	بیشینه	میانگین	ضریب تغییرات
شن (%)	۱۳/۰۵	۶۸/۲۳	۴۳/۰۲	۰/۳۵
سیلت (%)	۱۷/۶۷	۵۱/۳۹	۲۷/۹۸	۰/۳۳
رس (%)	۱۴/۱۰	۴۰/۰۷	۲۹/۰۰	۰/۲۶
پایداری خاکدانه به روش الک تر (mm)	۰/۸۹	۲/۱۶	۱/۲۳	۰/۲۶
پایداری خاکدانه به روش الک خشک (mm)	۱/۷۸	۳/۶۷	۲/۴۲	۰/۲۳
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۱۵	۱/۳۴	۱/۲۳	۰/۰۵
واکنش خاک	۷/۴۰	۸/۲۰	۷/۷۶	۰/۰۳
هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۰/۶۸	۴/۵۲	۱/۵۶	۰/۷۶
ماده آلی (%)	۰/۱۷	۱/۷۰	۰/۷۸	۰/۵۶
کربنات کلسیم معادل (%)	۷/۰۱	۱۸/۶۷	۱۵/۶۴	۰/۱۹

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که ماده آلی خاک در مقایسه با سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شده، نقش مؤثرتری در میزان پایداری خاکدانه در هر دو اقلیم خیلی مرطوب و نیمه‌خشک دارد. در حوزه آبخیز کسلیان با اقلیم خیلی مرطوب به‌دلیل خاکدانه‌های پایدار، مقدار



ماده آلی زیاد و پوشش گیاهی مطلوب موجود در منطقه، مقدار مقاومت خاک در برابر فرسایش آبی و روان آب زیاد است. در صورتی که در حوزه آبخیز سعیدآباد چای با اقلیم نیمه خشک، به دلیل پایداری کم خاک‌دانه‌ها، وجود مقدار ماده آلی کم خاک و بارش به صوت رگبار در فصولی که پوشش گیاهی مناسب بر روی سطح زمین وجود ندارد، نفوذپذیری آب در خاک کاهش یافته و به دنبال آن روان آب و فرسایش آبی افزایش می‌یابد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که برای افزایش مقدار پایداری خاک‌دانه و کاهش مقدار روان آب و فرسایش آبی در مناطق نیمه خشک اقدامات حفاظتی خاک از جمله استفاده صحیح از اراضی، شخم مناسب در زمین‌های شیب‌دار و افزایش ماده آلی خاک با پوشش‌هایی مانند کاه و کلش انجام گیرد.

منابع

- سازمان هواشناسی کشور. ۱۳۹۶. سال‌نامه آماری برای حوزه‌های آبخیز ایران.
- سکوتی اسکویی، ر. ۱۳۸۶. ارزیابی مدیریت پایدار اراضی بر اساس شاخص‌های خاک و کاربری اراضی با استفاده از فناوری‌های سنجش از راه دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸، ۱۰۹-۱۱۸.
- ملائی زنانی، م.، بشری، ح.، بصیری، م. و مصدقی، م. ر. ۱۳۹۳. ارزیابی پایداری ساختمان خاک به روش الکترون در برخی از مکان‌های مرتعی استان اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۸ (۷۰)، ۱۲۱-۱۳۲.
- نیک‌پور، م.، محبوبی، ع. ا.، مصدقی، م. ر. و صفادوست، آ. ۱۳۹۰. بررسی اثر ویژگی‌های ذاتی خاک بر پایداری ساختمان خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، ۱۵ (۵۸)، ۸۵-۹۶.
- واعظی، ع. ر.، اکبری، س. و محمدی، م. ح. ۱۳۹۳. بررسی فرآیندهای فرسایش بارانی در خاک‌دانه‌ها تحت شرایط آزمایشگاهی در خاک‌های آهکی شمال غرب زنجان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۵ (۱)، ۸۷-۹۴.
- واعظی، ع. ر.، بهرامی، ح. ع.، صادقی، ح. ر. و مهدیان، م. ح. ۱۳۸۹. برآورد عامل فرسایش‌پذیری (K) با استفاده از مدل RUSLE در بخشی از خاک‌های ناحیه نیمه خشک در شمال غربی ایران. مجله پژوهشی حفاظت آب و خاک، ۷ (۳)، ۱۰۵-۱۲۴.
- Bissonnais, Y. L., Prieto I., Roumet C., Nespoulous, J., Metayer, J., Huon, S., Villatoro, M. and Stokes, A. 2018. Soil aggregate stability in Mediterranean and tropical agro-ecosystems: effect of plant roots and soil characteristics. *Plant and Soil*, 424 (1-2), 303-317.
- Culley, J. L. B. 1993. Density and compressibility. *Soil sampling and methods of analysis*. pp: 529-539.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*, 5 (1), 383-411.
- Haydu-Houdeshell, C. A., Graham, R. C., Hendrix, P.F., Peterson, A. C. 2018. Soil aggregate stability under chaparral species in southern California. *Geoderma*. 310: 201-208.
- Jackson, M. L. 1967. *Soil chemical analysis*, Prentice-Hall of India, Private Limited, New Delhi.
- Nelson, D. W. and Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoil2)*. pp: 539-579.
- Nzeyimana, I., Hartemink, A. E., Ritsema, C., Stroosnijder, L., Lwanga, E. H. and Geissen, V. 2017. Mulching as a strategy to improve soil properties and reduce soil erodibility in coffee farming systems of Rwanda. *Catena*, 149, 43-51.
- Sarkera, T. C., Incerti, G., Spaccini, R., Piccolo, A., Mazzoleni, S. and Bonanomi, G. 2018. Linking organic matter chemistry with soil aggregate stability: Insight from ¹³C NMR spectroscopy. *Soil Biology and Biochemistry*. 117, 175-184.
- Vaezi, A. R., Sadeghi, S. H. R., Bahrami, H. A. and Mahdian, M. H. 2008. Modeling the USLE K-factor for calcareous soils in northwestern Iran. *Geomorphology*, 97, 414-423.
- Vargas, G., Verdejo, J., Rivera, A., Suárez, D., Youton, C., Celis-Diez, J. L., Bissonnais, Y. L., Dovletyarova, E. A. and Neaman, A. 2019. The effect of four calcium-based amendments on soil aggregate stability of two sandy topsoils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 182 (2), 159-166.
- Zethof, J. H. T., Cammeraat, E. L. H. and Nadal-Romero, E. The enhancing effect of afforestation over secondary succession on soil quality under semiarid climate conditions. *Science of The Total Environment*. 652, 1090-1101.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation
Comparison of soil aggregate stability in two very humid and semi-arid regions (Case Study: Kasilian and Said Abad Chai watersheds)

Adele Alijanpour Shalmani^{1*}, Ali Reza Vaezi², MahmoudReza Tabatabaei³

¹Ph.D. Student, Soil Science. Department, University of Zanjan, Zanjan, Iran

² Full Professor, Soil Science. Department, University of Zanjan, Zanjan, Iran

³ Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

Soil aggregate stability is one of the factors affecting soil sensitivity to soil erosion and runoff production. In this research, the effect of physical and chemical properties of soil aggregate stability and its comparison in the watershed of Kasilian watershed with a very humid climate and Said Abad Chai watershed with semi-arid climate was done. Soil sampling was done by gridding method in different areas of watersheds. Physical and chemical properties of soil such as soil aggregate stability, distribution of soil particle size, bulk density, soil reaction, soil electrical conductivity, organic matter and calcium carbonate equivalent were measured. The results of this study showed that the soil organic matter compared to other physical and chemical properties of soil has a more effective role in the soil aggregate stability in both two very humid and semi-arid regions. Also, Kasilian watershed due to stable aggregates in water (average 2.96 mm) and high amount of organic matter (3.81 %) compared to Said Abad Chai watershed with the amount of stable aggregates in water (mean 1.32 mm) and low amount of organic matter content (0.78%) has higher soil resistance to soil erosion and runoff.

Keywords: Runoff, soil chemical properties, soil erosion, soil physical properties

* Corresponding author: adele.alijanpour@gmail.com