Gonbad Kavous University

Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment

Online ISSN: 2981-0280

Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

The effect of Badland erosion on the loss of organic matter and changes in some soil properties in dry areas of Khuzestan province (Shoushtar Darb Khazineh basin)

Kamran Mohsenifar[1*], Ali Helfi[2], Ebrahim Panahpour[1]

[1]Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

[2] Master degree, Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 28 January 2024

Received in revised form 29 April 2024

Accepted 10 June 2024

Published online 15 Aguset 2024

Keywords: Electrical conductivity, Soil texture, Porosity, Leaching

ABSTRACT

Objective: The purpose of this research is to investigate the effect of Badland erosion on the loss of soil nutrients and soil properties in Khuzestan province. For this purpose, the studied basin was divided into two parts under protection and without protection in the protected part, watershed management activities such as terrace construction, the revitalization and distribution of vegetation, and chapari dams were built, and no protection works were performed in the erosion part.

Methods: In each of the two regions, two 200-meter-long transects were used to sample the soil surface (0-10 cm) at 50-meter intervals on each transect. Then the samples were transferred to the laboratory and the desired parameters and the amount of soil loss were compared and calculated.

Results: The results showed that the minimum organic matter in the protected soil was 1% while in the erosion zone 0.32%, indicating the erosion of the surface soil and the loss of soil organic matter. Soil protection operations in the studied area caused an increase in organic matter, electrical conductivity, clay, silt, and porosity (67.57, 37.50, 13.39, 12.88, and 10.20 percent) respectively, compared to the erosion area in which the reaction of soil, sand and apparent specific gravity was 2.82%, 100% and 12.12% less than the erosion area, and this statistically meant there was a significant difference between the two areas. The results demonstrated the positive effect of watershed operations on the improvement of the soil condition in the protected area

Conclusions: Due to the reduction of vegetation cover, organic matter, destruction of soil structure, and reduction of stability of soil particles, the soil erodibility index increases.

* Corresponding author, E-mail: mohsenifar@live.com

Cite this article: Mohsenifar, k., Helfi, A., & Panahpour, A. (2024). The effect of Badland erosion on the loss of organic matter and changes in some soil properties in dry areas of Khuzestan province *(Shoushtar Darb Khazineh basin), Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 4(1).

© The Author(s).

Publisher: Gonbad Kavous University.

DOI: http//doi.org/10.22034/nawee.2024.440441.1065

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست
شاپا الکترونیکی: ۰۲۸۰-۲۹۸۱
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

اثر فرسایش هزاردره بر هدررفت مواد آلی و تغییرات برخی خصوصیات خاک مناطق خشک استان خوزستان (حوضه درب خزینه شوشتر)

کامران محسنی‌فر[۱*]، علی حلفی[۲]، ابراهیم پناه‌پور[۱]

[۱] عضو هیات علمی گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
[۲] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۱۱/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۵/۲۰

کلیدواژه‌ها:
هدایت الکتریکی، بافت خاک، تخلخل، آبشویی

چکیده

هدف: هدف از این تحقیق بررسی اثر فرسایش هزاردره بر هدررفت عناصر غذایی خاک و خصوصیات خاک در استان خوزستان است. برای این منظور حوضه مورد مطالعه به دو بخش تحت حفاظت و بدون حفاظت تقسیم شد که در بخش تحت حفاظت آن فعالیت‌های آبخیزداری از قبیل ساخت تراس، احیاء و پراکندگی پوشش گیاهی و سدهای چپری احداث شده است و در بخش فرسایشی کارهای حفاظتی انجام نشده است.

مواد وروش‌ها: در هریک از دو منطقه دو ترانسکت به طول ۲۰۰ متر در روی هر ترانسکت به فواصل ۵۰ متر نمونه‌برداری از سطح خاک (۰-۱۰ سانتی‌متری) انجام شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال و پارامترهای مورد نظر و میزان هدررفت خاک مقایسه و محاسبه شد.

نتایج: نتایج نشان داد که حداقل مواد آلی در خاک حفاظت‌شده، یک درصد و در منطقه فرسایشی ۰/۳۲ درصد است که نشان‌دهنده فرسایش خاک سطحی و از دست رفتن مواد آلی خاک است. عملیات حفاظت خاک در منطقه مورد مطالعه سبب افزایش مواد آلی، هدایت الکتریکی، رس، سیلت و تخلخل به ترتیب (۶۷/۵۷، ۳۷/۵۰، ۱۳/۳۹، ۱۲/۸۸، ۱۰/۲۰ درصد) نسبت به منطقه فرسایشی شد، درصورتی که واکنش خاک، شن و وزن‌مخصوص ظاهری به ترتیب ۲/۸۲، ۱۰۰ و ۱۲/۲۱ درصد کمتر از منطقه فرسایشی است که از نظر آماری بین دو منطقه تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

.**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان‌دهند اثر مثبت عملیات‌های آبخیزداری بر بهبود وضعیت خاک در منطقه حفاظتی است. به‌دلیل کاهش پوشش گیاهی، ماده آلی، تخریب ساختمان خاک و کاهش پایداری خاکدانه‌ها، شاخص فرسایش‌پذیری خاک در افزایش داشته است.

[*] نویسنده مسئول: E-mail: mohsenifar@live.com

استناد: محسنی فر، کامران؛ حلفی، علی؛ پناه پور، ابراهیم.(۱۴۰۳). اثر فرسایش هزاردره بر هدررفت مواد آلی و تغییرات برخی خصوصیات خاک مناطق خشک استان خوزستان (*حوضه درب خزینه شوشتر*)، *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۴ (۱).

http//doi.org/10.22034/nawee.2024.440441.1065

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.

© نویسندگان

مقدمه

بیش از یک سوم زمین‌های زراعی کره زمین در طول ۵۰ سال اخیر در اثر فرسایش ازبین رفته و پیش‌بینی می‌گردد که این فرسایش با شدت ۱۰ میلیون هکتار در سال ادامه داشته باشد. با در نظر گرفتن افزایش جمعیت ساکنان زمین و وابستگی انسان از یک سو به خاک برای تامین غذا و ثابت بودن سطح کره زمین و خاک و از سوی دیگر روند کاهش ظرفیت تولید غذا، چالش اصلی ساکنان زمین در سال‌های آینده بحران غذا خواهد بود (زیونگ و همکاران ۲۰۲۴). اگرچه فرسایش خاک نیز در طول تاریخ کشاورزی وجود داشته است، اما در سال‌های اخیر بر شدت آن فزوده شده است. بعد از مشکل جمعیت، فرسایش خاک بزرگترین معضل زیست محیطی زمین است (پیمنتل و همکاران ۱۹۹۵). همواره انتظار این بوده است که با به‌کارگیری روش‌های پیشرفته کشاورزی، تولید محصولات افزایش یابد، ولی این افزایش متاسفانه با کاهش حاصلخیزی خاک در اثر فرسایش همراه بوده است. بنابراین فرسایش پیوسته در حال وقوع بوده است و در آینده نیز این پدیده مخرب همچنان ادامه خواهد داشت. امروزه کمتر منطقه‌ای را در سطح زمین می‌توان یافت که در معرض تخریب فرسایش قرار نگرفته باشد (آرتیولا و همکاران ۲۰۰۴).

فرسایش در روی کره خاکی هر ساله میلیون‌ها هکتار از اراضی مرغوب کشاورزی را به کام خود فرو می‌برد و از چرخه تولید خارج می‌سازد. به همین دلیل، امروزه حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقدامات زیربنایی در هر کشور است. اما برای مبارزه و به تبع آن موفقیت در مهار فرسایش خاک ضرورت دارد که اقدام به شناخت و آگاهی از عوامل مؤثر بر فرسایش، دامنه و شدت تاثیر آنها و بالاخره اولویت‌بندی مناطق از نظر شدت فرسایش و تولید رسوب شود. فرسایش خاک که امروزه یکی از مسائل اصلی جهان و به‌خصوص کشورهای در حال توسعه است. از حدود دو قرن پیش توجه اکثر دانشمندان علوم زمین به‌ویژه علوم خاک را به خود جلب کرد و آزمایش‌های متعددی در طی این زمان روی آن صورت گرفته است که نتیجه آن طراحی و توسعه انواع مدل‌های بررسی برای برآورد میزان فرسایش و رسوب بوده است. باید توجه داشت که خاک جزو منابع طبیعی است که اگرچه تجدیدپذیر است، اما چرخه تشکیل آن در شرایط کشور ما به بیش از هزار سال می‌رسد؛ بنابراین خاک از مهمترین و اصلی‌ترین منابع زیربنایی تشکیل جوامع بشری است که از چهار بخش شامل مواد معدنی، آلی، هوا و آب (در شرایط ایده‌آل به ترتیب ۴۵، ۵، ۲۵ و ۲۵ درصد) تشکیل شده است (لال ۲۰۱۸). انواع مختلف فرسایش آبی شناخته‌شده که تحت تاثیر فعالیت‌های بشر روی زمین اتفاق می‌افتد، از جمله این فرسایش‌ها فرسایش گالی است که در زمین‌های حساس به فرسایش بر اثر ازبین رفتن پوشش گیاهی شیارهای خیلی بزرگی در سطح خاک دیده می‌شود و زمانی‌که این شیارها در یک منطقه گسترش زیادی پیدا کند و ابعاد آن بزرگ شود، فرسایش هزاردره[1] ایجاد می‌شود که یکی از فرسایش‌های گسترده در مناطقی است که اغلب در رسوبات و خاک‌هایی حساس به فرسایش تشکیل می‌شوند. این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل ضعف پوشش گیاهی از اهمیت ویژه برخوردار است (لگوات و همکاران ۲۰۰۶).

اگرچه درصد مواد آلی در خاک (بخصوص مناطق خشک و نیمه خشک) کم است، ولی به دلیل اثرات قابل ملاحظه روی خصوصیات مختلف خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و از مهمترین اجزا تشکیل دهنده خاک است که از تجزیه مواد اضافه شده به سطح خاک تشکیل می‌شود. ماده آلی به بخشی از ترکیب خاک که شامل بقایای گیاهان و جانوران در مراحل مختلف تجزیه، سلول‌ها و بافت‌های موجودات خاک، بقایای ریشه گیاهان و میکروب‌های خاک گفته می‌شود که میزان آن در انواع خاک‌ها و

[1] Bad land

بر حسب شرایط حاکم متفاوت است (دول هدگز ۲۰۰۱). عوامل مختلفی روی مقاومت خاک در برابر فرسایش آب موثر است. مواد آلی باعث چسبندگی ذرات خاک و جلوگیری از فرسایش می‌شود. آهک از یک سو با افزایش pH موجب می‌شود گروه‌های هیدروکسیل سطح رس‌ها بیشتر یونیزه شوند و در نتیجه بار منفی بیشتری تولید شود و از سوی دیگر وجود کاتیون کلسیم در هماوری رس‌ها و پایداری آن‌ها مؤثر است. افزایش نسبت جذب سدیم، پایداری خاکدانه‌ها را کاهش و درنتیجه باعث افزایش میزان فرسایش می‌شود. به‌طوری‌که چن و همکاران. (۲۰۱۳) در مطالعه تجربی ویژگی‌های فرسایش خاک در شالیزارهای سیل‌زده شمال تایوان نشان داد هرچه مقدار رس در خاک بیشتر باشد، به دلیل چسبندگی بیشتر باعث کاهش فرسایش خاک می‌شود. یزی و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی فرسایش خندقی و اثرات آن بر هدروری خاک و عملکرد محصول در سه دهه در شمال غربی اتیوپی نشان داد، حجم کل خاک ازدست‌رفته از ۱۰ هکتار و ۲۲ گالی در سه دهه ۳۴۰،۹۵۷ تن است که در نتیجه زمین‌های مولد کشاورزی را به زمین غیرمولد تبدیل کرده است. دس و همکاران (۲۰۲۳) در برآورد مقدار خاک فرسایش یافته در اراضی فرسایشی گالی و بدلند هند نشان داد علت فرسایش لایه‌ها لاتریتی با پوشش آبرفتی و یا بدون پوشش است، به‌طوری‌که شروع و گسترش شیارها و خندق‌ها در نواحی غیرلاتریتی نسبت به سایر قسمت‌ها سریع‌تر است. مانینگ و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی اثر فرسایش آبی روی هدر رفت کربن آلی و نیتروژن کل در خاک‌های کشاورزی از مدل رگرسیون خطی چندگانه استفاده کرد و نشان داد در خاک های رسی تا ۳۵٪ تخلیه کربن آلی سالانه ناشی از رواناب را تشکیل می‌دهد.

زیونگ و همکاران (۲۰۲۴) در بررسی تغییر حاصلخیزی خاک در اثر فرسایش در چین نشان داد مقدار هدررفت عناصر غذایی بالای ۷۰ درصد است. همین‌طور نشان داد که اقدامات کنترلی فرسایش روی حفظ عناصر غذایی موثر بوده است. ابدالا و همکاران (۲۰۲۴) در بررسی کاهش کربن آلی و نیتروژن خاک از طریق فرسایش ناشی از مسیر حرکت حیوانات در علفزارهای کوهستانی افریقا نشان داد که از دست دادن پوشش گیاهی که توسط چرای گاو و زیر پا گذاشتن پوشش گیاهی صورت می‌گیرد، منجر به از دست دادن حاصلخیزی خاک سطحی (همبستگی مثبت (r=۰/۹۴)) و در معرض جدا شدن و حمل‌ونقل ناشی از فرسایش شیاری و ورقه‌ای می‌شود.

هدف از این تحقیق بررسی اثر فرسایش هزاردره بر هدررفت مواد آلی و تغییرات خصوصیات خاک شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، وزن مخصوص ظاهری و بافت خاک در مناطق خشک استان خوزستان است.

مواد و روش‌ها

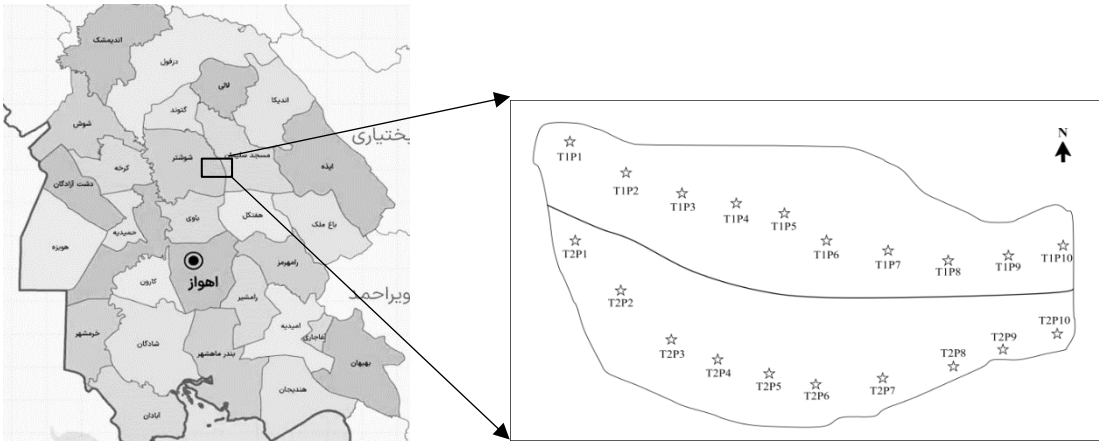
موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه مورد مطالعه، حوضه درب خزینه در جنوب غربی کشور و در استان خوزستان در شهرستان‌های شوشتر، مسجد سلیمان و رامهرمز قرار گرفته است. موقعیت جغرافیایی آن ″۵۸ ′۴۵ °۴۸ الی ″۱۳ ′۱۸ °۴۹ طول شرقی و ″۴۲ ′۳۷ °۳۱ الی ″۶ ′۶ °۳۲ عرض شمالی است. مساحت آن ۶۶۶۸۵ هکتار (۶۶۶/۸۵ کیلومتر مربع) و حوضه در ۴۵ کیلومتری اهواز (قسمت شرقی شهر شوشتر) قرار گرفته و در مجموع به ۲۴ واحد هیدرولوژیکی (زیر حوضه) تقسیم‌بندی شده است. تمام آبراهه‌های حوضه به رودخانه گرگر(شاخه‌ای از کارون) می‌ریزند. این حوضه فاقد یک خروجی بوده و شبکه هیدروگرافی آن طوری است که هر یک از زیر حوضه‌ها به چند خروجی منتهی می‌گردد. حداکثر ارتفاع آن ۶۰۴ متر و حداقل ارتفاع ۲۶ متر از سطح دریا است. وسعت اراضی کم ارتفاع (دشت) بیش از نیمی از مساحت حوضه را شامل می‌شود. و تخریب اراضی زراعی در این محدوده در اثر فرسایش‌های

خندقی (گالی) و هزاردره به‌صورت گسترده و در مسیر جاده اهواز شوشتر مشاهده می‌شود. جنس لایه‌های زمین‌شناسی حوضه مورد مطالعه حساس و شامل رسوبات کواترنری است که به‌دلیل بهره‌مندی از ذرات ریزدانه از حساس‌ترین تشکیلات در برابر فرسایش به حساب آمده و پتانسیل تولید رسوب زیادی دارد. استقرار سازند آغاجاری در بالادست این مجموعه رسوبی، باعث بروز استعداد سیل‌خیزی در حدمتوسط تا بالایی برای این منطقه شده است. این حوضه از تشکیلات زمین‌شناسی متعلق به دوران‌های سوم و چهارم شامل سازندهای آغاجاری، میشان، بختیاری و کواترنری شکل گرفته که با بررسی وضعیت هر کدام از آن‌ها می‌توان به چگونگی فرسایش حوضه دست یافت.

روش کار

حوضه مورد مطالعه شامل دو بخش تحت حفاظت و فرسایشی است و چون از نظر زمین‌شناسی و فیزیوگرافی در یک واحد همگن قراردارد، نقاط انتخابی نزدیک به هم انتخاب شدند. مطالعه به‌صورت میدانی و روش و نحوه اجرای آن از طریق اندازه‌گیری و مطالعه میزان برخی خصوصیات خاک و کربن آلی در دو منطقه نام‌برده صورت و در راستای آن آزمایشات مربوطه انجام گرفت. در هریک از دو منطقه دو ترانسکت[2] به طول ۲۰۰ متر اجرا و در روی هر ترانسکت به فواصل ۲۰ متر نمونه برداشت شد. در ابتدا با دستگاه GPS موقعیت مکانی نقاط روی زمین مشخص و سپس از عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام شد. برای برداشت نمونه‌های دست‌خورده با استفاده از مته خاک‌شناسی از سه نقطه به صورت برداشت از رأس مثلث، نمونه‌برداری و نمونه‌ها ترکیب و به‌عنوان نمونه مرکب برای هر عمق انتخاب شد. برای تهیه نمونه دست‌نخورده به‌منظور تعیین پارامتر وزن مخصوص ظاهری از مرکز هر مثلث نمونه‌برداری شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال و پارامترهای مورد نظرکه شامل مواد آلی خاک، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، وزن مخصوص ظاهری و درصد اجزا شن، سیلت و رس اندازه‌گیری و میزان هدررفت مقایسه و محاسبه شد(شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری شده در دو ترانسکت (T1, T2)

[2] Transect

اندازه‌گیری خصوصیات کیفی و شیمیایی خاک

نمونه‌های خاک برداشت‌شده به میزان یک کیلوگرم در دو منطقه حفاظت‌شده و فرسایشی در مجموع ۲۰ نمونه به آزمایشگاه منتقل شد و پس از هواخشک‌کردن کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری (مش ۱۰) عبور داده شد. سپس برخی از خصوصیات فیزیکی خاک شامل بافت خاک به روش هیدورمتری (گی ار ۲۰۰۲) وزن مخصوص ظاهری به روش استوانه و آون (گی بایدر ۱۹۸۶) و نیز برخی خصوصیات شیمیایی خاک شامل pH در گل اشباع، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک (رگیونال سالینیتی ۱۹۵۴) میزان عناصر غذایی ازت، فسفر (گی بادر ۱۹۸۶) و پتاسیم تبادلی با آمونیوم یک مولار (کنودسن و همکاران ۱۹۸۳) و کربن آلی خاک (والکلی بلک ۱۹۳۴)، اندازه‌گیری شد. سپس آنالیز داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS(۲۷) در سطح یک و پنج درصد انجام شد و به کمک این نرم‌افزار وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار میزان مواد آلی و واکنش خاک، هدایت الکتریکی، بافت خاک، تخلخل و وزن مخصوص ظاهری خاک بین دو منطقه شاهد و نمونه با احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد بررسی شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

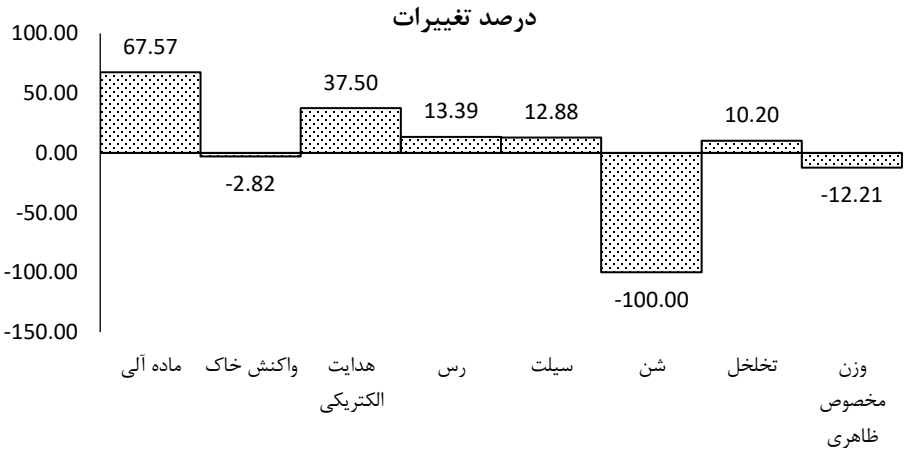
نتایج نشان داد مواد آلی، هدایت الکتریکی، رس، سیلت و تخلخل در منطقه حفاظت شده بیشتر از خاک منطقه فرسایشی است (جدول ۱) درصورتی که واکنش خاک، شن و وزن مخصوص ظاهری در منطقه حفاظت شده کمتر از منطقه فرسایشی است که از نظر آماری بین دو منطقه تفاوت معنی‌دار وجود دارد. حداقل مواد آلی در خاک حفاظت شده یک درصد است؛ درصورتی‌که در منطقه فرسایشی ۰/۳۲ درصد به‌دست آمد که نشان‌دهنده فرسایش خاک سطحی و از دست رفتن مواد آلی خاک است. نتایج به‌دست آمده در منطقه حفاظت‌شده نشان داد که خاک‌های این کاربری غیرشور (حداکثر ۰/۳۴ دسی زیمنس بر متر)، واکنش خاک خنثی که حداکثر به ۷/۳ می‌رسد، ماده آلی بالا و به ۱/۲ درصد و وزن مخصوص ظاهری کم (حداکثر ۱/۵۳ گرم بر سانتیمتر مکعب) و بافت خاک سیلتی لوم است.

جدول ۱- برخی آماره‌های توصیفی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی در منطقه حفاظت شده و فرسایشی

شاخص	واحد	حفاظت شده				فرسایشی			
		میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
ماده آلی	%	۱/۱۱	۱	۱/۲	۰/۰۷	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۴۰	۰/۰۳
واکنش خاک	-	۷/۱	۶/۸	۷/۳	۰/۱۹	۷/۳	۶/۹	۷/۶	۰/۲۷
هدایت الکتریکی	dS/m	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۳۴	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۰۳
رس	%	۲۲/۴	۲۱	۲۴	۱/۱۴	۱۹/۴	۱۸	۲۰	۰/۸۹
سیلت	%	۶۵/۲	۶۳	۶۸	۱/۹۲	۵۶/۸	۵۵	۵۸	۱/۳
شن	%	۱۰/۸	۹	۱۳	۱/۶۴	۲۱/۶	۲۰	۲۳	۱/۱۴
تخلخل	%	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۰۳	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۵۲	۰/۰۴
وزن مخصوص ظاهری	g/cm^3	۱/۳۱	۱/۲۰	۱/۵۳	۰/۱	۱/۴۷	۱/۲۷	۱/۵۳	۰/۱۱

واکنش خاک

میانگین واکنش خاک در دو منطقه حفاظت‌شده و فرسایشی به ترتیب ۷/۱ و ۷/۳ بود که تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان دادند (جدول ۱). بر اثر فرسایش بدلند ۲/۸۲ درصد واکنش خاک افزایش پیدا کرد (شکل ۲). افزایش واکنش خاک در منطقه فرسایشی نسبت به منطقه تحت حفاظت ممکن است به‌دلیل کوددهی و انجام عملیات تجدید پوشش گیاهی باشد (مولومبا و همکاران ۲۰۰۸). پایین بودن pH در منطقه تحت حفاظت ممکن است به‌دلیل وجود لاشبرگ و بقایای گیاهی باشد که سبب فعالیت بیشتر میکرواورگانیسم‌ها وتجزیه آنها شده که ضمن ترشح موادی که حالت اسیدی را دارند باعث کاهش واکنش خاک در این اراضی است (زیونگ و همکاران ۲۰۲۴). با توجه به این‌که بقایای گیاهی و جانوری در اثر تجزیه شدن به دلیل داشتن اسیدآمینه، یون آمونیوم یون هیدروژن را خارج و به‌جای یون هیدروژن یک یون آمونیوم جذب می‌نماید که یون هیدروژن آزاد شده باعث اندکی کاهش در مقدار pH خاک شده است. وجود خاصیت بافری در خاک‌ها نیز مانع از تغییرات و کاهش شدید pH خاک می‌گردد (آبدالا و همکاران ۲۰۲۴).



شکل ۲- درصد تغییرات خصوصیات مورد بررسی در حوضه مورد مطالعه نسبت به منطقه فرسایشی

هدایت الکتریکی

میانگین هدایت الکتریکی در دو منطقه حفاظت شده و فرسایشی به ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۱۵ دسی زیمنس بر متر است که تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داد (**Error! Reference source not found.**). این نتایج با یافته‌های مانینن و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد که انجام عملیات‌های آبخیزداری و اعمال کشت و کار و کوددهی سبب افزایش در مقدار رسانایی الکتریکی خاک در منطقه حفاظت‌شده همچنین جاری شدن رواناب در منطقه فرسایشی به علت کمبود پوشش گیاهی و بالا بودن حجم آب جاری‌شده سبب شست‌وشوی خاک و کاهش شوری در منطقه نسبت به منطقه حفاظت‌شده گردیده است.

وزن مخصوص ظاهری

میانگین مقادیر وزن مخصوص ظاهری خاک در دو منطقه حفاظت‌شده و فرسایشی به ترتیب ۱/۳۳ و ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب است که نشانگر تأثیر متفاوت شرایط حفاظتی و کاربری دو منطقه مورد مطالعه است (**Error! Reference source not found.**). در اثر فرسایش ۱۲/۲۱ درصد وزن مخصوص ظاهری افزایش پیدا کرد (**شکل ۲**). نتایج نشان داد وزن مخصوص ظاهری خاک نقش مؤثر در کاهش نفوذپذیری خاک و در نتیجه افزایش رواناب دارد.

جدول ۲- مقایسه فاکتورهای آزمایشی در منطقه حفاظتی و فرسایشی

منطقه مورد مطالعه	ماده آلی	واکنش خاک	هدایت الکتریکی	رس	سیلت	شن	تخلخل	وزن مخصوص ظاهری
	%	-	dS/m	%				g/cm3
حفاظتی	۱/۱۱^{a}	۷/۱^{a}	۰/۲۴^{a}	۲۱/۸^{a}	۵۶/۸^{a}	۱۹/۲^{a}	۰/۴۹^{a}	۱/۴۷^{a}
فرسایشی	۰/۳۶^{b}	۷/۳^{b}	۰/۱۵^{b}	۱۰/۸^{b}	۶۵/۲^{b}	۲۲/۴^{b}	۰/۴۴^{b}	۱/۳۳^{b}

(حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت آماری در سطح ۵ درصد است)

ماده آلی

میانگین مقدار ماده آلی در دو منطقه حفاظت شده و فرسایشی به ترتیب ۱/۱۱ و ۰/۳۶درصد بود که تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان دادند (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های آبدالا و همکاران (۲۰۲۴) همسویی دارد که بیان کرده است، تغییر کشت و کار و افزایش پوشش گیاهی موجب افزایش مواد آلی خاک و در منطقه حفاظت شده نسبت به منطقه فرسایشی شده است. از طرفی نتایج، افزایش مواد آلی در اراضی تحت حفاظت را نسبت به اراضی تحت فرسایش بیشتر نشان داده است. گنزالز و تجادا (۲۰۰۸) در مطالعات خود به این نکته اشاره کردند که بخش قابل توجهی از کربن آلی خاک توسط فرایند فرسایش و به‌صورت محلول همراه با رواناب از دسترس خارج خواهد شد. قسمت عمده هوموس معمولاً در لایه سطحی خاک قرار دارند، بنابراین فرسایش سطحی بر اثر رواناب مقدار قابل توجهی هوموس را با خود حمل می‌کند. در نتیجه بر میزان مواد آلی در مناطق فرسایش یافته مؤثر است. سیتز و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که وجود ماده آلی در خاک ظرفیت نگهداری آب، تخلخل و در نتیجه نفوذپذیری را افزایش می‌دهد. هم‌چنین مشخص شد که همبستگی معنی‌دار مثبتی بین وزن مخصوص ظاهری خاک و میزان روان آب وجود دارد. آدکالیو و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعات خود به همبستگی معنی‌دار مثبت بین وزن مخصوص ظاهری خاک و رواناب اشاره کرد. با توجه به تعریف وزن مخصوص ظاهری و از آن‌جایی که جرم ذرات خاک همواره ثابت است، می‌توان نتیجه گرفت که هر عاملی که بر روی حجم کل توده خاک اثر بگذارد، بر روی وزن مخصوص ظاهری خاک نیز اثر می‌گذارد. عوامل متعددی مانند بافت، ساختمان، میزان ماده آلی، نوع کاربری و تغییر سیستم‌های مدیریتی بر آن مؤثر هستند. به مقدار موادآلی، بافت، تخلخل و درجه تکامل ساختمان خاک بستگی دارد، به‌گونه‌ای‌که با کاهش مقدار وزن مخصوص ظاهری ماده آلی، تخریب ساختمان خاک افزایش می‌یابد (زهیو و همکاران ۲۰۲۴). در مطالعه صورت گرفته میزان وزن مخصوص ظاهری در منطقه حفاظتی بیشتر است که این امر ممکن است به دلیل تسطیح این اراضی برای کشت گونه‌های سازگار درجهت کاهش فرسایش و هدر رفت و فرسایش باشد.

بافت خاک

مطالعه میانگین درصد رس، سیلت و شن در دو منطقه حفاظت‌شده و فرسایشی مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان ندادند. بر اثر فرسایش هزاردره اگرچه درصد ذرات شن صددرصد (شکل ۲) نسبت به خاک فرسایشی افزایش داشته است، ولی بافت خاک تغییری نکرد. بافت خاک بیان‌کننده مقادیر نسبی گروه اندازه‌های ذرات در خاک است (آرتیالا ۲۰۰۴). خواصی از جمله استحکام، نفوذپذیری، سهولت عملیات زراعی مانند شخم در یک منطقه ممکن است با بافت خاک ارتباط مستقیم داشته باشد (دو و همکاران ۲۰۲۲). همچنین بافت خاک می‌تواند بر آبشویی هم تاثیر گذار باشد. نتایج نشان داد کاهش درصد رس و سیلت و افزایش درصد شن در منطقه فرسایشی نسبت به منطقه حفاظت شده است که دلیل اختلاف فوق ناشی از اثر فرسایش و هدررفت ذرات ریز خاک در منطقه فرسایش یافته و نقش مثبت عملیات‌های آبخیزداری در حفاظت از خاک و کاهش هدر رفت و بهبود وضعیت بافت خاک است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که درصد شن همبستگی معنی‌دار منفی با رواناب و همبستگی معنی‌دار مثبت با میزان فرسایش دارد و همبستگی معنی‌دار منفی بین مقدار رس و فرسایش وجود دارد (چن و همکاران ۲۰۱۳). حساسیت به تشکیل فرسایش خندقی در خاک بسته به نوع بافت خاک متفاوت است به‌طوری‌که افزایش میزان شن در خاک، منجر به کاهش حساسیت خاک‌ها به فرسایش خندقی و در خاک‌های با مقادیر زیادی از ذرات رس و سیلت به خاطر افزایش درصد اشباع و نفوذپذیری کم تشکیل فرسایش خندقی بیشتر قابل انتظار است (میسداک و همکاران ۲۰۰۲). به‌دلیل کوچک‌نبودن ذرات سیلت هرچه مقدار خاصیت چسبندگی و اندازه نسبتا سیلت یک خاک بیشتر باشد، میزان فرسایش‌پذیری آن هم بیشتر است؛ به‌طوری‌که مشاهده شده است که خاک‌ها حاوی ۴۰ تا ۶۰ درصد سیلت فرسایش‌پذیرترین خاک‌ها هستند. گزارش-های متفاوتی در مورد رابطه مقدار فرسایش و رس وجود دارد. به‌طورکلی افزایش میزان رس به‌دلیل خاصیت چسبندگی رس، معمول فرسایش‌پذیری خاک را کاهش می‌دهد. در حالی که تانگ و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که افزایش میزان رس همواره منجر به افزایش پایداری خاکدانه‌ها نمی‌شود و تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی و مینرالوژیکی رس‌ها هم هست. هم‌چنان‌که یدیگوی و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش‌های خود مشاهده کردند با افزایش میزان رس میزان فرسایش‌پذیری افزایش می‌یابد و دلیل این امر را مربوط به حضور کانی انبساط پذیر اسمکتیت درخاک نسبت دادند. واکیندیکی و بنهور (۲۰۰۲) گزارش کردند که در خاک‌های دارای بیش از ٪۲۰ رس، ذرات رس به صورت یک عامل سیمانی‌کننده عمل کرده و باعث افزایش پایداری ساختمان خاک در برابر ضربه قطره باران و کاهش حساسیت به تشکیل اندوده سطحی می‌شود. . نتایج به‌دست‌آمده با یافته-های چن و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد.

تخلخل

به‌طور متوسط تخلخل خاک در منطقه حفاظتی و فرسایشی به‌ترتیب ۴۹ و ۴۴ درصد است که از نظر آماری تفاوت معنی‌دار است(جدول ۲). با انجام عملیات حفاظتی در حوضه مورد مطالعه سبب افزایش خلل و فرج خاک و افزایش نفوذپذیری آن شده است. ذرات خاک با اشکل و ابعاد متفاوت خود هنگامی که کنار همدیگر قرار می‌گیرند، بسته به نوع استقرار آن‌ها منافذ ریز و درشتی بین آن‌ها به وجود می‌آید. منافذ درشت خاک که آب را در مکش‌های کم هدایت می‌کنند، در مقایسه با منافذ ریز خاک به راحتی توسط فشردگی خاک در اثر عملیات مختلف زراعی و حرکت روی خاک از بین می‌روند و در نتیجه جریان آب به داخل خاک و جذب عناصر غذایی توسط گیاه کاهش پیدا می‌کند (تو و همکاران ۲۰۱۱). بیشترین تخلخل خاک در لایه صفر تا ۱۵

سانتی‌متری خاک است که مستقیما تحت تاثیر فرسایش قرار می‌گیرد و نفوذپذیری خاک را کاهش می‌دهد (یوشی و همکاران ۲۰۰۶؛ مهر و همکاران ۲۰۱۸). با انجام عملیات حفاظتی و اضافه شدن مواد آلی در خاک سطحی سبب افزایش مقاومت خاکدانه‌ها شده و ذرات خاک را به هم چسبانده و ذرات درشت‌تر بوجود می‌آورد که فضای بین خاکدانه‌ها افزایش و در نتیجه حرکت آب به خاک را آسان می‌کند (وانگ و همکاران ۲۰۱۳).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد در مقایسه منطقه حفاظت‌شده و فرسایشی مواد آلی، هدایت الکتریکی، رس، سیلت و تخلخل در منطقه حفاظت شده بیشتر از خاک منطقه فرسایشی است که از نظر آماری بین دو منطقه تفاوت معنی‌دار وجود دارد، ولی برای بافت خاک بین دو منطقه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد که علت آن را به ذاتی بودن خصوصیات سنگ مادر در دو منطقه می‌توان نسبت داد. براساس این نتایج، مشخص شد که فرسایش از جمله فرسایش هزاردره که به‌طور گسترده‌تری نسبت به سایر اشکال فرسایشی در منطقه مشاهده می‌شود، تأثیر به‌سزایی در کاهش درصد ماده آلی، رس و سیلت و نیز افزایش درصد ذرات شن، اسیدیته خاک نسبت به مناطق حفاظت‌شده داشته است. مقدار مواد آلی خاک اثر مثبتی بر تخلخل خاک و ظرفیت آب قابل استفاده گیاه دارد و فرسایش‌پذیری خاک را کاهش می‌دهد و خاک‌های شـــنی اثر ضربه قطره باران را بهتر کاهش می‌دهند و به‌دلیل داشـــتن سرعت نفوذ آب بیشتر، رواناب و فرسایش کمتری را موجب می‌شـــوند. به‌دلیل انجام عملیات‌های حفاظتی برای ماده آلی، هدایت الکتریکی، رس، سلیت و تخلخل به ترتیب ۶۷/۵۷، ۳۷/۵۰، ۱۳/۳۹، ۱۲/۸۸، ۱۰/۲۰ درصد (**شکل ۲**) نسبت به منطقه فرسایشی افزایش پیدا کرد. واکنش خاک، شن و وزن‌مخصوص ظاهری به ترتیب ۲/۸۲، ۱۰۰ و ۱۲/۲۱ درصد (**شکل ۲**) نسبت به منطقه فرسایشی کاهش پیدا کرد. نتایج نشان داد عملیات‌های آبخیزداری اثر مثبت بر بهبود وضعیت خاک در منطقه مورد مطالعه به‌خصوص افزایش ماده آلی را دارند. عوامل متعددی در تولید رواناب و هدررفت خاک نقش دارد. شناخت این عوامل می‌تواند در ارایه پیشنهادهای مدیریتی و کمی نمودن تغییرات رواناب و هدررفت خاک مفید واقع شود.

References

Abdalla, K., Van Wyk, A., Benitez-Nelson, C., Hill, T. 2024. Soil organic carbon and nitrogen reduction through cattle-path induced erosion in montane grasslands, KwaZulu-Natal, *South Africa. CATENA*, *236*, 107741. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107741

Adekalu, K. O., Olorunfemi, I. A., Osunbitan, J. A. 2007. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresource Technology*, *98*(4), 912-917. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.02.044

Artiola, J. F., Pepper, I. L., Brusseau, M. L. 2004. Environmental Monitoring and Characterization. In (pp. 410). *Academic Press*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-064477-3.50024-2

Chen, S.K., Chen ,Y.R., Peng, Y.H. 2013. Experimental study on soil erosion characteristics in flooded terraced paddy fields. *Paddy and Water Environment*, *11*(1), 433-444. https://doi.org/10.1007/s10333-012-0334-2

Das, P., Saha, T. K., Mandal, I., Debanshi, S., Pal, S .2023 .Evolution of rills and gullies in lateritic badland region of Indian Rarh tract. *Journal of Earth System Science*, *132*(1), 7. https://doi.org/10.1007/s12040-022-02009-6

Devol, A. H., Hedges, J. I. 2001. Organic Matter and Nutrients in the Mainstem Amazon River. In M. E. McClain, R. Victoria, & J. E. Richey (Eds.), *The Biogeochemistry of the Amazon Basin* (pp. 0). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780195114317.003.0018

Du, X., Jian, J., *Du, C., Stewart, R. D. 2022. Conservation management decreases surface runoff and soil erosion. International Soil and Water Conservation Research, 10(2), 188-196. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.08.001*

Gee, G. W., Bauder, J. W. 1986. Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America, *American Society of Agronomy*. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.frontmatter

Gee, G. W., Or, D. 2002. Particle-size analysis. in Mehtods of Soil Analysis.

Knudsen, D., Peterson, G .A., Pratt, P. F. 1983. Lithium, Sodium, and Potassium. *In Methods of Soil Analysis* (pp. 225-246). https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c13

Lal, R. 2018. Soil Quality and Food Security: The Global Perspective. In (pp. 3-16). https//:doi.org/10.1201/9780203739266-1

Legout, C., Leguedois, S., Le Bissonnais, Y. 2005. Aggregate Breakdown Dynamics under Rainfall Compared with Aggregate Stability Measurements. *European Journal of Soil Science - EUR J SOIL SCI*, 56, 225-238. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2004.00663.x

Manninen, N., Kanerva, S., Lemola, R., Turtola, E., Soinne, H. 2023. Contribution of water erosion to organic carbon and total nitrogen loads in agricultural discharge from boreal mineral soils. *Science of The Total Environment, 905*, 167300. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167300

Misdaq, M. A., Berrazzouk, S., Benkirane, F., Elhebil, A. 2002. The influence of the lithology and depth on water recharge of wells in two Moroccan Atlantic coastal regions by using solid state nuclear track detectors and radon as a natural tracer. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* - J RADIOANAL NUCL CHEM, *252*, 139-143. https://doi.org/10.1023/A:1015208425681

Mohr, H., Draper, S., White, D. J., Cheng, L. 2018. The influence of permeability on the erosion rate of fine-grained marine sediments. Coastal Engineering, *140*, 124-135. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2018.04.013

Mulumba, L. N., Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, *98*(1), 106-111. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2007.10.011

Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R. 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*, *267*(5201), 1117-1123. http://www.jstor.org/stable/2886079

Regional Salinity, L. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S .Dept. of Agriculture .

Seitz, S., Goebes, P., Puerta, V. L., Pereira, E. I. P., Wittwer, R., Six, J., van der Heijden, M. G. A., Scholten, T. 2018. Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agronomy for Sustainable Development*, *39. 4(1)*. https://doi.org/10.1007/s13593-018-0545-z

Tang, X., Qiu, J., Xu, Y., Li, J., Chen, J., Li, B., Lu, Y. 2022. Responses of soil aggregate stability to organic C and total N as controlled by land-use type in a region of south China affected by sheet erosion. *CATENA*, *218*, 106543. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106543

Tejada, M., Gonzalez, J. L. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. *Geoderma*, *14. 325-334*, *5(3).* https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.03.020.

Tu, T., Mitani, Y., Ikemi, H., Matsuki, H. 2011. Human Impacts on Erosion and Deposition in Onga River Basin, Kyushu, Japan. Memoirs of the Faculty of Engineering, *Kyushu University*, *71*, 47-65 .

Udeigwe, T. K., Wang, J. J., Zhang, H. 2007. Predicting Runoff of Suspended Solids and Particulate Phosphorus for Selected Louisiana Soils Using Simple Soil Tests. *Journal of Environmental Quality*, *36*(5), 1310-1317. https://doi.org/https://doi.org/10.2134/jeq2006.0314.

Wakindiki, I. I. C., Ben-Hur, M. 2002. Soil Mineralogy and Texture Effects on Crust Micromorphology, Infiltration, and Erosion. *Soil Science Society of America Journal*, *66*(3), 897-905. https://doi.org/https://doi.org/12136/sssaj2002.8970

Walkley, A., Black, I. A. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, *37*, 29-38. https://doi.org/10.1097/0001069.

Wang, B., Zheng, F., Römkens, M. J. M., Darboux, F. 2013. Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences. *Geomorphology*, *187*, 1-10. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.01.018

Xiong, J., Wu, H., Wang, X., Ma, R., Lin, C. 2024. Response of soil fertility to soil erosion on a regional scale: A case study of Northeast China. *Journal of Cleaner Production*, *434*, 140360. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140360

Yazie, T ,.Mekonnen, M., Derebe, A. 2021. Gully erosion and its impacts on soil loss and crop yield in three decades, northwest Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, *7*(4), 2491-2500. https://doi.org/10.1007/s40808-020-01018-y

Yu, D., Shi, X. 2006. Relationships Between Permeability and Erodibility of Cultivated Acrisols and Cambisols in Subtropical China1. *Pedosphere*, *16*, 304-311. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(06)60056-8

Zhou, S., Li, P., Zhang, Y. 2024. Factors influencing and changes in the organic carbon pattern on slope surfaces induced by soil erosion. *Soil and Tillage Research*, *238*, 106001. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106001