

اثر مدیریت اراضی بر فرسایش پذیری خاک-مطالعه موردی بخشی از حوزه‌ی آبخیز زاینده رود

الهه کرمی^۱، شجاع قربانی دشتکی^۲ و بیژن خلیلی مقدم^{۳*}

۱- دانش آموخته گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۲- استاد علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۳- دانشیار علوم خاک، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۷ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۹/۲۴	هدف از این مطالعه بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر فرسایش پذیری خاک در بخشی از حوزه آبخیز زاینده رود بوده است. بدین منظور، برخی از ویژگی‌های خاک شامل توزیع اندازه ذرات خاک، درصد سنگریزه، جرم ویژه ظاهری، نفوذپذیری نيمرخ خاک، کد ساختمان و کد نفوذپذیری، ماده آلی، کربنات کلسیم، میانگین وزنی قطر خاکدانه و مقاومت برشی لایه سطحی خاک اندازه‌گیری گردید. فرسایش پذیری خاک با استفاده از یک دستگاه شبیه‌ساز باران جهت اعمال بارندگی با شدت (30 mm h^{-1}) به مدت ۳۰ دقیقه در پلاتی با مساحت 0.25 m^2 و شیب ۹٪ در دو کاربری مرتع و مرتع تخریب شده اندازه‌گیری گردید. تجزیه آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گردید که در آن تاثیر بافت و تغییر کاربری اراضی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد کلاس بافت خاک تاثیر معنی‌داری بر فرسایش پذیری خاک در سطح احتمال ۵ درصد نداشته و تغییرات فرسایش پذیری منطقه تحت تاثیر کاربری اراضی بوده است. میانگین فرسایش پذیری خاک در کاربری مرتع $0.05 (\text{ton h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1})$ و در مرتع تخریب شده $0.09 (\text{ton h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1})$ به دست آمد. براساس نتایج به دست آمده از توابع انتقالی مربوط به هر کاربری مشاهده شد که ذرات رس و شن درشت ($R^2=0.86$) در کاربری مرتع و مقاومت برشی لایه سطحی و کد نفوذپذیری ($R^2=0.90$) در کاربری مرتع تخریب شده در سطح ۵ درصد نسبت به سایر ویژگی‌های خاک برای توجیه رفتار فرسایش پذیری خاک مناسب‌تر می‌باشند.
کلمات کلیدی: مدیریت اراضی، فرسایش پذیری، مقاومت برشی سطحی خاک، شبیه ساز باران	
* عهده دار مکاتبات Email: moghaddam623@yahoo.ie	

مقدمه

فرسایش خاک فرایندی است که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال دهنده به مکان دیگری حمل می‌شوند. فرسایش خاک در ایران ۲۵ مگاگرم در هکتار برآورد شده است که این مقدار ۴ برابر متوسط جهانی است (۱).

یکی از عوامل تشدید این فرآیند، افزایش تغییر کاربری اراضی از مرتع به کشاورزی دیم می‌باشد، به طوری که سرعت فرسایش خاک ۴۰۰ مترمربع در هر ثانیه برآورد شده است. افزون بر این، مدیریت نادرست در مراتع و فعالیت‌های انسانی غیر اصولی از جمله چرای بیش از حد و نابهنگام دام، سوزاندن بوته‌ها و فعالیت‌های خاکورزی سبب فرسایش این اراضی شده است. از جمله پیامدهای تخریب اراضی می‌توان به کاهش پوشش گیاهی و از بین رفتن خاک سطحی اشاره کرد (۲۳).

یکی از مهم‌ترین اثرات پوشش گیاهی موجود در مراتع کاهش حجم رواناب و فرسایش خاک است؛ بنابراین با انتخاب کاربری متناسب با استعداد مراتع و انتخاب سیستم‌های مدیریتی کارآمد تا حد زیادی می‌توان ویژگی‌های خاک را بهبود بخشید و از این طریق می‌توان حساسیت خاک به فرسایش را طی تغییرات زمانی بارندگی کاهش داد؛ زیرا بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک تاثیر بسزایی در استقرار پوشش گیاهی و در نتیجه کاهش فرسایش خاک دارد (۱۴).

فرسایش خاک بر اساس رابطه جهانی فرسایش خاک (USLE) تحت تاثیر عواملی مانند فرسایش‌پذیری باران، فرسایش‌پذیری خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی است. فرسایش‌پذیری خاک بیان کمی و کیفی حساسیت ذاتی ذرات یک خاک به جدا شدن و انتقال توسط عوامل فرسایشی می‌باشد (۲۷). مقدار عامل فرسایش‌پذیری از مقدار هدررفت خاک از کرت استاندارد در واحد عامل فرسایش‌پذیری باران به دست می‌آید.

کرت استاندارد یا کرت واحد عبارت است از زمینی با شیب ۹ درصد، عرض ۱/۸۳ و طول ۲۲/۱ متر که در

جهت شیب شخم خورده و سطح آن بدون پوشش گیاهی و بقایای آن است و هیچگونه عملیات حفاظتی در آن انجام نگرفته و کشت و کار در جهت ردیف‌های شیب است. برای به‌دست آوردن فرسایش‌پذیری خاک نیاز به اندازه‌گیری مستقیم این پارامتر در شرایط استاندارد تحت شرایط باران طبیعی می‌باشد. از آنجایی که اندازه‌گیری مستقیم فرسایش‌پذیری خاک در شرایط باران طبیعی بسیار پرهزینه و وقتگیر است، امروزه در مطالعات فرسایشی برای به‌دست آوردن آن از باران شبیه‌سازی شده استفاده می‌کنند (۱۱، ۳۰، ۳۱، ۳۳). همچنین پژوهش‌هایی چند با هدف ایجاد روابطی بین فرسایش‌پذیری و ویژگی‌هایی از خاک که به راحتی قابل اندازه‌گیری باشند و بتوانند میزان حساسیت خاک به فرسوده شدن را به صورت کمی بیان نمایند، انجام شده است.

زنتز و میلر^۱ (۳۲) در کوه‌های آند در شمال آمریکا، فرسایش‌پذیری خاک را در ۲۴ نقطه از این خاک‌ها تحت باران شبیه‌سازی شده بررسی کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که با بهبود ساختمان خاک و نفوذپذیری توسط ماده آلی و افزایش چسبندگی ذرات و پایداری ساختمان خاک به وسیله ذرات رس، فرسایش‌پذیری خاک کاهش یافت.

نتایج مطالعه اسواد و ابوفعید^۲ (۸) در ارتباط با فرسایش‌پذیری و تاثیر بافت خاک بر آن روی سه نوع خاک در لیبی نشان داد که بین فرسایش‌پذیری خاک با شن متوسط، شن درشت و شن خیلی درشت همبستگی معنی‌دار منفی و بین شن ریز، شن خیلی ریز با فرسایش‌پذیری همبستگی معنی‌دار مثبت وجود داشت.

در مطالعه‌ای مانیوا و دایکانیا^۳ (۱۶) مشخص نمودند که همبستگی معنی‌داری بین شاخص فرسایش‌پذیری خاک با بافت خاک و ماده آلی وجود دارد؛ زیرا این دو ویژگی تاثیر بسزایی در پایداری خاکدانه و نفوذ آب به

1- Zehetner and Miller

2- El-Asswad and Abufaiad

3- Manyiwa and dikinya

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از مراتع حوزه‌ی آبخیز زاینده رود واقع در استان چهارمحال و بختیاری با موقعیت ۵۰ درجه و ۴۰ دقیقه و ۳۳ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه و ۳ ثانیه شرقی و ۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه و ۴۰ ثانیه شمالی می‌باشد (شکل ۱).

مساحت تقریبی منطقه مورد مطالعه ۲۵۲ کیلومتر مربع است، که متوسط حداقل و حداکثر بلند مدت بارندگی و درجه حرارت در این منطقه به ترتیب ۶۰۰- ۳۳۰ میلی‌متر و ۱۲-۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ارتفاع منطقه بین ۲۱۰۰ تا ۳۱۰۰ متر بالاتر از سطح دریا است؛ بنابراین توپوگرافی منطقه کوهستانی می‌باشد. کاربری اراضی غالب منطقه مرتع و مرتع تخریب شده (۷۲ درصد از مساحت) با ۱۳ درصد کشاورزی و ۱۵ درصد صخره می‌باشد. هم‌اکنون پوشش گیاهی بوته‌ای، علفی و گندمیان پوشش غالب منطقه را تشکیل می‌دهند.

نمونه برداری خاک

نقاط مورد مطالعه در این پژوهش به گونه‌ای انتخاب شدند تا دامنه‌ی وسیعی از ویژگی‌های زودیافت خاک را پوشش داده و از نظر شیب، پوشش گیاهی و اقدام حفاظتی شرایط تقریباً یکسانی داشته، مطابق با استاندارد معادله جهانی فرسایش خاک باشند (۱۸ نمونه در مرتع و ۲۰ نمونه در مرتع تخریب شده). از آنجایی که در این پژوهش عامل طول شیب (L) و بارندگی (R) به صورت شبیه‌سازی شده مورد مطالعه قرار گرفت، فاکتور فرسایش‌پذیری محاسبه شده برای هر نمونه خاک به صورت نسبی به دست آمد؛ همچنین به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌های خاک از لایه سطحی به طور تصادفی برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد.

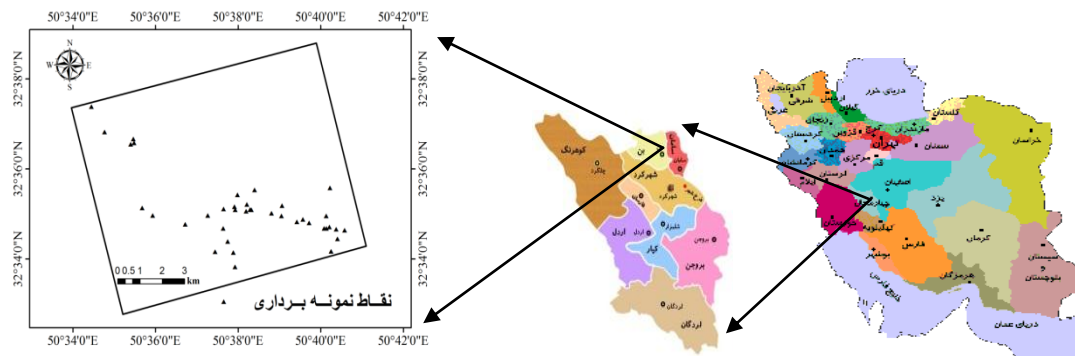
خاک دارند، بنابراین مقاومت ذرات خاک در برابر جدا شدن را افزایش می‌دهند. این پژوهشگران مشاهده کردند که پایداری خاکدانه و ظرفیت نفوذ آب در خاک به عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های موثر بر فرسایش‌پذیری به حساب می‌آیند. هرچه ظرفیت نفوذ خاک زیادتر باشد رواناب حاصل از بارندگی و حساسیت خاک به ضربه قطرات باران کمتر می‌شود.

فرسایش‌پذیری در درجه اول بستگی به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله؛ بافت و ساختمان خاک، پایداری خاکدانه، درصد سنگریزه، جرم ویژه ظاهری و کرنات کلسیم دارد که این ویژگی‌ها به شدت تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی می‌باشند. زو و همکاران^۱ (۳۴) با بررسی اثرات نامطلوب چرای دام بر ویژگی‌های فیزیکی و فرسایش‌پذیری خاک در منطقه‌ای از شمال چین مشاهده نمودند که نمونه‌های مربوط به مسیر حرکت احشام بیشترین جرم ویژه ظاهری و کمترین مقدار را از نظر سرعت نفوذ آب، مقدار رطوبت خاک، مقاومت در برابر آبشویی و خاکدانه‌های پایدار و خاک مربوط به سایت مرتع بدون چرا مناسب‌ترین کیفیت فیزیکی را داشت. این پژوهشگران مشاهده نمودند که ویژگی‌های فیزیکی خاک نقش مهمی بر فرسایش‌پذیری خاک دارد. چرای دام در ویژگی‌های فیزیکی خاک اثر منفی دارد و موجب افزایش فرسایش‌پذیری خاک و در نتیجه فرسایش خاک می‌شود.

با بررسی منابع انجام شده مشخص شد که تاکنون پژوهشی در ارتباط با تاثیر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش‌پذیری خاک در مراتع حوزه آبخیز زاینده رود انجام نشده است. بنابراین اهداف این پژوهش بررسی اثر تغییر کاربری اراضی از مرتع به مرتع تخریب شده بر فرسایش‌پذیری خاک در بخشی از حوزه آبخیز زاینده رود و همچنین بررسی اثر پارامترهای مختلف خاک بر فاکتور فرسایش‌پذیری نسبی خاک می‌باشد.

¹ Zhou and *et al.*

کرمی و همکاران: اثر مدیریت اراضی بر فرسایش پذیری...



شکل (۱) موقعیت استان و منطقه مورد مطالعه
Figure (1) Location of provinces and study areas

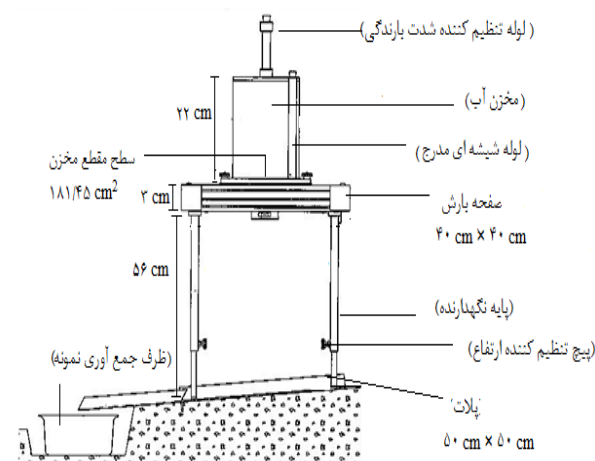
اندازه‌گیری فرسایش پذیری نسبی خاک

به منظور بررسی فرسایش‌پذیری نسبی خاک بر اساس معادله جهانی فرسایش خاک در صحرا، از یک دستگاه شبیه‌ساز باران استفاده شد. شبیه‌ساز باران مورد استفاده در این پژوهش از سه قسمت کلی (۱) مخزن آب و صفحه، (۲) پایه‌های نگهدارنده و (۳) پلات فلزی تشکیل شده است (شکل ۲). ظرفیت کل این دستگاه جهت اعمال بارندگی ۱۲ لیتر می‌باشد. سطح آب موجود در دستگاه توسط لوله شیشه‌ای مدرج که در کنار مخزن تعبیه شده قابل مشاهده و کنترل است. صفحه بارش، صفحه‌ای شیشه‌ای و مربعی شکل با ارتفاع ۳ سانتی‌متر و مساحت ۰/۱۶ مترمربع است که از ۱۰۰ روزنه با قطر ۰/۳ میلی‌متر تشکیل شده است و زیر مخزن آب قرار دارد. پس از کالیبره نمودن دستگاه، شدت بارندگی مورد نظر از طریق تغییر ارتفاع لوله تعبیه شده روی سر مخزن تنظیم می‌شود. این دستگاه ۴ پایه فلزی به ارتفاع ۵۶ سانتی‌متر برای نگهداری مخزن و صفحه بارش دارد که دو پایه آن دارای پیچ تنظیم کننده ارتفاع است. پیچ‌های تنظیم کننده به هنگام تراز کردن دستگاه روی پلات آزمایشی در شیب مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد. پلات آزمایشی، از یک صفحه مربعی شکل با مساحت ۰/۲۵ مترمربع از جنس آلومینیوم تشکیل شده است که یک صفحه دوزنقه‌ای شکل جهت جمع‌آوری و هدایت رواناب حاصل از بارش در جلو

این پلات قرار گرفته است (شکل ۲). شدت بارندگی استفاده شده در این دستگاه بر اساس حداکثر شدت بارندگی نیم ساعته دوره ۱۰ ساله منطقه (I_{30}) بود که پس از کالیبره کردن دستگاه به آن اعمال شد. بارندگی به مدت نیم ساعت با شدت ۳۰ میلی‌متر بر ساعت در ۳۸ نقطه مجزا در کاربری‌های مرتع و مرتع تخریب شده در شیب ۹٪ پس از اطمینان از تراز بودن دستگاه در نقطه مورد نظر شبیه‌سازی گردید. جهت به‌دست آوردن حجم رواناب و میزان هدررفت خاک در هر بارندگی، چاله‌ای زیر دهانه پلات حفر گردید و یک ظرف پلاستیکی در داخل آن قرار داده شد و زمان شروع رواناب یادداشت گردید (شکل ۲). رواناب جمع‌آوری شده در ظرف پلاستیکی توسط استوانه مدرج اندازه‌گیری شد و حجم رواناب به‌دست آمد؛ سپس این رواناب به مدت ۲۴ ساعت در آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، خشک گردید و میزان هدررفت خاک محاسبه شد. با استفاده از (معادله ۱) فرسایش‌پذیری بر حسب (تن ساعت بر مگاژول میلی‌متر) به‌دست آمد:

$$(L, S, C, P=1) \Rightarrow K = \frac{A}{R} \quad (1)$$

که در آن: K عامل فرسایش‌پذیری خاک بر حسب (تن ساعت بر مگاژول میلی‌متر)، A هدررفت خاک (تن بر هکتار سال) و R عامل فرسایش‌پذیری باران (مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت سال) است.



شکل (۲) شمایی از دستگاه شبیه ساز باران مورد استفاده در این پژوهش
Figure (2) Rainfall simulator device used in this study

مقدار عامل فرساینده گی باران (R) نیز بر اساس شاخص فرساینده گی باران ($R=EI_{30}$) به روش ویشمایر و اسمیت^۱ (۲۹) به دست آمد. E انرژی جنبشی کل یک رخداد باران بر حسب مگاژول در هکتار است و از (معادله ۲) محاسبه شد:

مقدار عامل فرساینده گی باران (R) نیز بر اساس شاخص فرساینده گی باران ($R=EI_{30}$) به روش ویشمایر و اسمیت^۱ (۲۹) به دست آمد. E انرژی جنبشی کل یک رخداد باران بر حسب مگاژول در هکتار است و از (معادله ۲) محاسبه شد:

$$i=1nKE.d100 \quad (۲)$$

که در آن: KE انرژی جنبشی باران به ازای ارتفاع باران بر حسب (ژول بر مترمربع) در سانتی متر باران و d ارتفاع بارندگی در i امین زمانی که شدت بارندگی طی مدت بارندگی یکسان می باشد بر حسب (سانتی متر) است. مقدار KE نیز از (معادله ۳) به دست آمد:

$$KE = ۲۱۰/۳ + ۸۷ \log_{10} I \quad (۳)$$

که در آن: I شدت بارندگی بر حسب (سانتی متر بر ساعت) می باشد.

ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک

توزیع اندازه ذرات خاک به روش پیپت^۲ (۹)، درصد سنگریزه خاک به روش حجمی و وزنی، درصد رطوبت خاک به روش وزنی، جرم ویژه ظاهری به روش سیلندر^۳ (۳)، پایداری خاکدانه بر اساس میانگین وزنی قطر

که در آن: k_{fs} هدایت آبی اشباع مزرعه بر حسب (LT^{-1}) ، q_s سرعت نفوذ شبه پایدار بر حسب (LT^{-1}) ، a شعاع حلقه بر حسب (L)، H ارتفاع آب داخل حلقه بر سطح خاک بر حسب (L)، d عمق نفوذ حلقه به داخل خاک بر حسب (L)، $C_1=0/۳۱۶\pi$ و $C_2=0/۱۸۴\pi$ ثابت های بدون بعد و نیمه تجربی هستند و برای $d \geq ۳cm$ و $H \geq ۵ cm$ به کار می روند (۳۷). α^* پارامتر طول خلل و فرج درشت خاک بر حسب (L^{-1})

4- Angers and Mehuys
5- Nelson and Sommer
6- Goh and *et al.*
7- Bouwer

1- Wischmeier and Smith
2- Gee and Bauder
3- Blake and Hartge

بافت خاک بر فرسایش پذیری خاک نیز با استفاده از آزمون مشابهی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور شناسایی مهم ترین عوامل موثر بر فرسایش پذیری خاک از توابع انتقالی خاک به روش رگرسیون خطی چند متغیره (Regression Multiple Linear) در نرم افزار آماری Statistica/6 استفاده شد. فرسایش پذیری به عنوان متغیر وابسته و سایر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت، ساختمان، پایداری خاکدانه، درصد سنگریزه، جرم ویژه ظاهری، هدایت هیدرولیکی اشباع، کربن آلی، کربنات کلسیم، مقاومت برشی به عنوان متغیرهای مستقل در مدل رگرسیون خطی چند متغیره وارد شدند.

نتایج و بحث

بر اساس رده بندی خاک آمریکا، بافت خاک غالب این منطقه لوم سیلتی، لوم رسی، لوم رسی سیلتی و لوم بود (جدول ۱). تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که اثر کلاس بافت خاک بر متوسط فرسایش پذیری خاک معنی دار (جدول ۱) نمی باشد. این امر نشان می دهد که متوسط فرسایش پذیری مستقل از بافت خاک منطقه و عمدتاً تحت تاثیر کاربری اراضی می باشد. همچنین در این منطقه میانگین ویژگی های زمان شروع رواناب، هدررفت خاک و حجم رواناب تحت تاثیر بافت خاک قرار نگرفت.

می باشد و با توجه به نوع بافت و ساختمان خاک برآورد می گردد (۳۳). از دستگاه پره برشی برای اندازه گیری مقاومت برشی لایه رویین در شرایط خاک اشباع پس از اتمام بارندگی در سطح پلات استفاده شد. روش کار بدین صورت بود که پره برشی در داخل خاک تا جایی که پره ها کاملاً در خاک قرار بگیرد وارد می شود؛ سپس شروع به دوران پره برشی در جهت عقربه های ساعت می کند و تا برش (گسیختگی) خاک، ادامه می یابد که حدود ۵ تا ۱۰ ثانیه طول می کشد. حداکثر تنش وارده روی صفحه مدرج در بالای پره برشی ثبت می گردد. این وسیله قادر به اندازه گیری تنش های بین ۰ تا ۱۰۰ کلو پاسکال می باشد (۱۳).

تجزیه و تحلیل آماری:

در اولین مرحله نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام گرفت. از آنالیز واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین ها به کمک آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد جهت بررسی اثر کاربری اراضی بر فرسایش پذیری خاک و سایر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت، ساختمان، پایداری خاکدانه، درصد سنگریزه، جرم ویژه ظاهری، هدایت هیدرولیکی اشباع، کربن آلی، کربنات کلسیم، مقاومت برشی، استفاده گردید. علاوه بر این اثر کلاس

جدول (۱) مقایسه میانگین تاثیر کلاس بافت خاک بر فرسایش پذیری و دیگر ویژگی های خاک

Table (1) Mean comparisons of soil textural class influence on soil erodibility and other soil properties

کلاس بافت Soil texture	K (ton.h/MJ.mm)	Soil loss (ton/h.year)	Volume of runoff (cm ³)	Runoff time (min)
لوم سیلتی (۱۳ تکرار) Silty loam (13)	0.06 ^a	0.23 ^a	243 ^a	9.8 ^a
لوم رسی (۷ تکرار) Clay loam (7)	0.08 ^a	0.27 ^a	214 ^a	8.8 ^a
لوم رسی سیلتی (۱۰ تکرار) Silty clay loam (10)	0.06 ^a	0.22 ^a	211 ^a	9.6 ^a
لوم (۸ تکرار) Loam (8)	0.09 ^a	0.30 ^a	249 ^a	7.4 ^a

اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد است.

numbers followed by similar letters in each column are not significantly different at $p < 0.05$

میانگین ذرات مستعد به فرسایش مانند سیلت را نسبت به کاربری مرتع کاهش داده است. درصد سنگریزه کل در کاربری‌های مرتع و مرتع تخریب شده به ترتیب بین ۸۲/۱۳ - ۸/۵۳ و ۷۱/۴۷ - ۱۴/۰۶ درصد متغیر می‌باشد که نشان می‌دهد منطقه مورد مطالعه از نظر درصد سنگریزه دارای تغییرات زیادی می‌باشد؛ ولی این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقدار متوسط کربنات کلسیم در کاربری‌های مرتع و مرتع تخریب نشده به ترتیب ۱۵/۶۸ و ۱۸/۱۳ بود که با تغییر کاربری اراضی از مرتع به مرتع تخریب شده، درصد آهک افزایش یافت (جدول ۳). این تفاوت نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود.

تاثیر کاربری اراضی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

خلاصه آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در کاربری اراضی مرتع و مرتع تخریب شده در (جدول ۲ و ۳) آورده شده است. تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین اجزاء شن (شن خیلی درشت، شن درشت، شن متوسط، شن ریز)، سیلت (ریز و متوسط، درشت) و رس در دو کاربری مشاهده نشد. این نتیجه نشان می‌دهد که خاک‌های انتخاب شده در بین کاربری‌های مختلف ذاتا مشابه می‌باشند. متوسط کل ذرات سیلت در مرتع تخریب شده و مرتع به ترتیب ۴۷/۴۵۲ و ۵۳/۴۷۶ درصد می‌باشد. این نشان می‌دهد، فرسایش زیاد در کاربری مرتع تخریب شده، مقدار

جدول (۲) خلاصه آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیر کاربری اراضی

Table (2) Summary of statistics (maximum, minimum, average and coefficient of variations, CV) for soil chemical and physical properties among land uses

پارامتر (Parameter)	مرتع تخریب شده (۲۰ نمونه)				مرتع (۱۸ نمونه)			
	Degraded pasture (20)				Pasture (18)			
	Ave	Min	Max	CV	Ave	Min	Max	CV
پ-هاش (pH)	7.73 ^a	7.15	8.03	2	7.65 ^a	7.16	7.93	2
قابلیت هدایت الکتریکی (EC (dS m ⁻¹))	0.24 ^b	0.11	0.37	38	0.33 ^a	0.26	0.45	17
رس (%) Clay	27.08 ^a	20.55	35.25	14	26.23 ^a	19.57	41.89	23
سیلت ریز و متوسط (F&M Silt (%))	36.80 ^a	22.48	55.24	22	41.33 ^a	13.68	57.64	27
سیلت درشت (Co Silt (%))	10.64 ^a	6.24	17.98	33	12.13 ^a	5.02	19.57	35
شن خیلی ریز (VF Sand (%))	5.19 ^a	0.85	9.28	34	3.36 ^b	0.14	6.67	56
شن ریز (F Sand (%))	10.13 ^a	0.40	17.51	46	8.36 ^a	2.31	20.97	68
شن متوسط (M Sand (%))	4.78 ^a	0.31	8.41	47	3.97 ^a	1.14	10.00	64
شن درشت (Co Sand (%))	5.01 ^a	0.38	9.09	46	4.36 ^a	1.17	9.66	50
شن بسیار درشت (VCo Sand (%))	4.86 ^a	1.05	9.54	49	4.49 ^a	1.51	14.95	70
سنگریزه >۶ میلی‌متر (Gravel<6mm)	26.09 ^a	7.66	58.69	66	29.13 ^a	4.47	73.79	72
سنگریزه ۴-۶ میلی‌متر (Gravel4-6mm)	2.87 ^a	1.47	5.03	38	2.36 ^a	0.26	5.77	60
سنگریزه ۲-۴ میلی‌متر (Gravel2-4mm)	9.24 ^a	4.60	16.51	41	7.33 ^a	1.74	17.95	600
سنگریزه وزنی کل (TWGravel)	38.46 ^a	14.06	71.47	45	38.96 ^a	8.53	82.13	55
سنگریزه حجمی (%) (Volume Gravel)	6.00 ^a	2.00	10.00	35	5.96 ^a	1.00	10.00	47
سنگریزه سطحی (%) (Surface Gravel)	7.20 ^a	2.00	20.00	77	12.42 ^a	2.00	30.00	79

اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند

Figures followed by similar letters in each row are not significantly different at $p < 0.05$

جدول (۳) خلاصه آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیر کاربری اراضی
 Table(3) Summary of statistics (maximum, minimum, average and coefficient of variations, CV) for soil chemical and physical properties among land uses

پارامتر (Parameter)	مرتع تخریب شده (۲۰ نمونه)				مرتع (۱۸ نمونه)			
	Degraded pasture (20)				Pasture (18)			
	Ave	Min	Max	CV	Ave	Min	Max	CV
کربنات کلسیم (%) CaCO ₃	18.13 ^a	5.50	41.75	69	15.68 ^a	5.65	42.50	65
کربن آلی (%) OC	0.83 ^a	0.16	1.16	40	1.48 ^b	1.18	1.94	170
مقاومت برشی (kPa) Surface shear strength (SS)	16.00 ^a	10.00	25.00	33	20.59 ^b	10.00	30.00	30
میانگین وزنی قطر خاکدانه (mm) MWD	0.18 ^a	0.10	0.47	51	0.19 ^b	0.08	0.44	41
جرم ویژه ظاهری (g/cm ³) Bd	1.52 ^a	1.42	1.64	4	1.38 ^b	1.24	1.60	80
کد ساختمان Structure code	2.80 ^a	2.00	3.00	14	2.92 ^a	2.00	3.00	9
رطوبت اولیه (%) Moisture	6.35 ^a	3.09	10.61	35	8.99 ^b	3.73	12.86	30
هدایت هیدرولیکی اشباع (cm/h) Kf _s	3.75 ^a	0.71	12.42	80	5.56 ^a	1.10	15.77	91
کلاس نفوذپذیری Infiltration Class (cm/h)	3.13 ^a	2.00	4.00	23	2.78 ^a	1.00	4.00	34

اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند

Figures followed by similar letters in each row are not significantly different at $p < 0.05$

نشان می‌دهد میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های خاک در کاربری مرتع اندکی بالاتر از میانگین آن در مرتع تخریب شده می‌باشد؛ ولی این تفاوت در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نشد (جدول ۳). به طور کلی بررسی میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به روش الک تر در هر دو کاربری نشان داد که خاک‌های مورد مطالعه پایداری اندکی در برابر آب داشته و از این رو مقاومت کمتری در برابر عوامل فرساینده مانند باران دارند. جرم ویژه ظاهری خاک به طور معنی داری (در سطح احتمال ۵ درصد) در کاربری مرتع تخریب شده بیشتر از مرتع بود (جدول ۳). میانگین این ویژگی در مرتع تخریب شده و مرتع به ترتیب ۱/۵۲ و ۱/۳۸ گرم بر سانتی متر مکعب بود. انجام عملیات کشت و کار در کاربری مرتع تخریب شده احتمالاً یکی از دلایل افزایش جرم ویژه ظاهری خاک در این کاربری است. نتایج مطالعه مومیوند و مصدقی (۲۰) نیز این مطلب را تایید می‌کند. فشار به خاک باعث تخریب ساختمان خاک و خرد شدن خاکدانه‌ها می‌شود که این ذرات ریز در خلل و فرج خاک جای می‌گیرند و موجب افزایش جرم ویژه

کربن آلی خاک (درصد) و مقاومت برشی لایه سطحی (کیلوپاسکال) در کاربری‌های مرتع و مرتع تخریب شده به ترتیب مقادیر متوسط ۱/۴۸ - ۰/۸۳ و ۲۰/۵۹ - ۱۶ را به خود اختصاص دادند. تفاوت معنی داری (در سطح احتمال ۵ درصد) بین مقدار کربن آلی و مقاومت برشی لایه سطحی خاک مرتع و مرتع تخریب شده وجود دارد. در مرتع، به دلیل پوشش گیاهی با تراکم زیادتر، مقدار ماده آلی و مقاومت برشی سطحی خاک نسبت به مرتع تخریب شده دارای مقدار میانگین بیشتری بود. این در حالیست که در مرتع تخریب شده احتمالاً چرای زود هنگام و بیش از حد دام‌ها باعث کاهش پوشش گیاهی، ماده آلی و مقاومت برشی در این کاربری گردیده است (۱۳). نتایج مطالعه خلیل مقدم (۱۳) در منطقه زاگرس نشان داد که کاهش سطح مقاومت برشی خاک و ماده آلی در مرتع تخریب شده در مقایسه با مرتع ممکن است به دلیل تخریب خاکدانه‌ها و کاهش کربن آلی و شبکه ریشه‌ای باشد. میانگین وزنی قطر خاکدانه در کاربری مرتع و مرتع تخریب شده به ترتیب ۰/۱۹ و ۰/۱۸ میلی‌متر بود. این

فرسایش پذیری خاک در این کاربری شد. ارتباط منفی ماده آلی با فرسایش پذیری، با نتایج بسیاری از محققان از جمله کی^۱ (۱۲)؛ دویکر و همکاران^۲ (۷)؛ و کلیک^۳ (۵) تایید گردیده است. خاک‌هایی که مقاومت برشی زیادی دارند، در اثر ضربه قطرات باران کمتر متلاشی می‌شوند و از این رو با افزایش مقاومت برشی خاک، نیروهای چسبندگی بین ذرات خاک بیشتر می‌گردد و قطرات باران نمی‌توانند بر نیروی مقاومت خاک غلبه و ذرات خاک را جدا کنند، از این رو حساسیت خاک به فرسایش کاهش می‌یابد (۶).

تاثیر کاربری اراضی بر هدررفت خاک و ویژگی‌های رواناب

همان‌طور که در نتایج (جدول ۴) مشاهده می‌شود تاثیر کاربری اراضی بر هدررفت خاک در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. هدررفت خاک در مرتع و مرتع تخریب شده به ترتیب $4/73 - 7/76$ تن بر هکتار می‌باشد که مقدار حداقل و حداکثر آن در هر دو کاربری دامنه وسیعی دارد و به همین ترتیب شامل $8/90 - 1/76$ و $16/75 - 2/76$ تن بر هکتار است. نتایج مطالعات رانگو و تیسسن^۴ (۲۵) نشان داد که تبدیل مرتع به زمین کشاورزی در طی ۱۶ سال باعث از دست رفتن ۹۲٪ خاک سطحی شد. زمان شروع رواناب در کاربری مرتع و مرتع تخریب شده به ترتیب $8/57 - 9/73$ دقیقه می‌باشد که در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشد. دلیل کمتر بودن زمان شروع رواناب در کاربری مرتع نسبت به مرتع تخریب شده را می‌توان به بیشتر بودن درصد رطوبت در این کاربری (مرتع) ربط داد.

ظاهری خاک می‌گردند (۱۷). طی تغییر کاربری اراضی مرتعی به مرتع فقیر به دلیل کاهش تراکم پوشش گیاهی، میزان ماده آلی کاهش و فشردگی خاک افزایش می‌یابد (۲۶). هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در کاربری مرتع $1/49$ برابر مرتع تخریب شده بود و تفاوت معنی‌داری با هم در سطح ۵ درصد ندارند. این نتیجه می‌تواند به دلیل عدم تفاوت معنی‌دار بین میزان سنگریزه کل در دو کاربری باشد. میزان سنگریزه در این دو کاربری زیاد است و هدایت هیدرولیکی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد.

تاثیر کاربری اراضی بر فرسایش پذیری خاک

بر اساس نتایج آماری (جدول ۴) توانایی کاربری‌های مورد مطالعه از لحاظ پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک کاملاً متفاوت بود. به طوری که میانگین فرسایش‌پذیری در مرتع و مرتع تخریب شده به ترتیب بین $0/35 - 0/07$ و $0/19 - 0/03$ (تن ساعت بر مگاژول میلی‌متر) متغیر می‌باشد که این میزان اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. این نتیجه نشان می‌دهد متوسط فرسایش‌پذیری خاک تحت تاثیر کاربری اراضی می‌باشد. احتمالاً این میزان اختلاف به علت تاثیر عواملی همچون تغییر در ویژگی‌های خاک تحت تاثیر تغییر کاربری است؛ زیرا ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تاثیر پوشش گیاهی و ماده آلی خاک بهبود یافته و از این رو فرسایش‌پذیری خاک را کاهش می‌دهند؛ بنابراین یکی از دلایل افزایش حساسیت خاک در مرتع تخریب شده را می‌توان به کاهش پوشش گیاهی بر اثر فعالیت‌های خاکورزی، چرای مفرط و سوزاندن بوته‌ها نسبت داد (۲۸). وجود مقادیر کم ماده آلی و مقاومت برشی در خاک مرتع تخریب شده منجر به افزایش فرسایش‌پذیری خاک شده است. همان‌طور که گفته شد، فرسایش‌پذیری خاک تحت تاثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قرار دارد. وجود مقادیر کم ماده آلی و مقاومت برشی در خاک مرتع تخریب شده منجر به افزایش

1- Kay

2- Duiker and *et al.*

3- Celik

4- Ronggui and Tiessen

جدول (۴) خلاصه آماری فرسایش پذیری خاک، هدررفت خاک و ویژگی‌های رواناب تحت تاثیر کاربری اراضی
 Table (4) Summary of statistics (maximum, minimum, average and coefficient of variations, CV) for soil erodibility, soil loss and runoff properties among land uses

پارامتر (Parameter)	مرتع تخریب شده (۲۰ نمونه)				مرتع (۱۸ نمونه)			
	Degraded pasture (20)				Pasture (18)			
	Ave	Min	Max	CV	Ave	Min	Max	CV
حجم رواناب (میلی لیتر) Volume of runoff (ml)	268.60 ^a	3.00	620.00	75	187.21 ^a	25.00	630.00	88
زمان شروع رواناب (دقیقه) Runoff time (min)	9.73 ^a	4.00	20.00	57	8.57 ^a	4.00	17.00	44
هدررفت خاک (تن بر هکتار)	7.76 ^a	2.76	16.75	60	4.73 ^b	1.76	8.90	44
Soil loss (ton/h.year) فرسایش پذیری (تن ساعت بر مگاژول میلی‌متر) K (ton.h/MJ.mm)	0.09 ^a	0.03	0.19	60	0.05 ^b	0.02	0.10	44

اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند

Figures followed by similar letters in each row are not significantly different at $p < 0.0$

همچنین افزایش مقاومت برشی خاک (۱۳) دارند موجب کاهش فرسایش پذیری خاک می‌شوند؛ همچنین ذرات رس به علت داشتن نیروی چسبندگی زیاد مقاومت برشی بیشتری دارند (۱۳)، بنابراین با افزایش درصد رس، مقاومت برشی خاک افزایش و حساسیت ذرات خاک به فرسایش کاهش می‌یابد. علاوه بر رس، درصد ذرات شن درشت نیز بیشترین تاثیر را بر میزان فرسایش پذیری خاک داشتند. ذرات شن درشت در خاک بر خلاف رس موجب کاهش پایداری خاکدانه‌ها و پیوند بین ذرات (۲۲)، تضعیف ساختمان خاک و نتیجتاً افزایش فرسایش پذیری و هدررفت خاک طی بارندگی می‌شوند (۱۸). بر اساس ضرایب استاندارد رگرسیونی به دست آمده در کاربری مرتع تخریب شده (جدول ۵)، کد نفوذپذیری به همراه مقاومت برشی بیشترین تاثیر را بر فرسایش پذیری خاک دارند. مقاومت برشی دارای رابطه معنی‌دار منفی و کد نفوذپذیری دارای رابطه معنی‌دار مثبت در سطح احتمال ۵ درصد با فرسایش پذیری خاک است.

حجم رواناب در کاربری مرتع و مرتع تخریب شده به ترتیب ۱۸۷/۲۱ و ۲۶۸/۶۰ میلی‌لیتر بود که در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشد. عدم تفاوت معنی‌دار در حجم رواناب تولید شده را می‌توان به مشابه بودن مقدار بارش و بافت و عدم تفاوت معنی‌دار در درصد سنگریزه و هدایت هیدرولیکی در هر دو کاربری ربط داد. هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بیانگر نفوذ آب به خاک در شرایط اشباع می‌باشد و از این رو در حجم رواناب تولید شده موثر است؛ به طوری که هرچه ورود آب به خاک در شرایط اشباع بیشتر باشد، سبب می‌شود که قسمت بیشتری از بارندگی به داخل خاک نفوذ نماید و رواناب کمتری ایجاد شود.

توابع انتقالی مربوط به فرسایش پذیری خاک

ضرایب رگرسیونی مربوط به کاربری اراضی مرتع (جدول ۵) نشان داد که شن درشت و رس در بین سایر پارامترها، بیشترین تاثیر را بر فرسایش پذیری خاک دارند. فرسایش پذیری با درصد رس خاک دارای رابطه معنی‌دار منفی و با درصد شن درشت دارای رابطه معنی‌دار مثبت می‌باشد. ذرات رس به دلیل تاثیری که در تشکیل خاکدانه‌های پایدار و مقاوم در خاک و

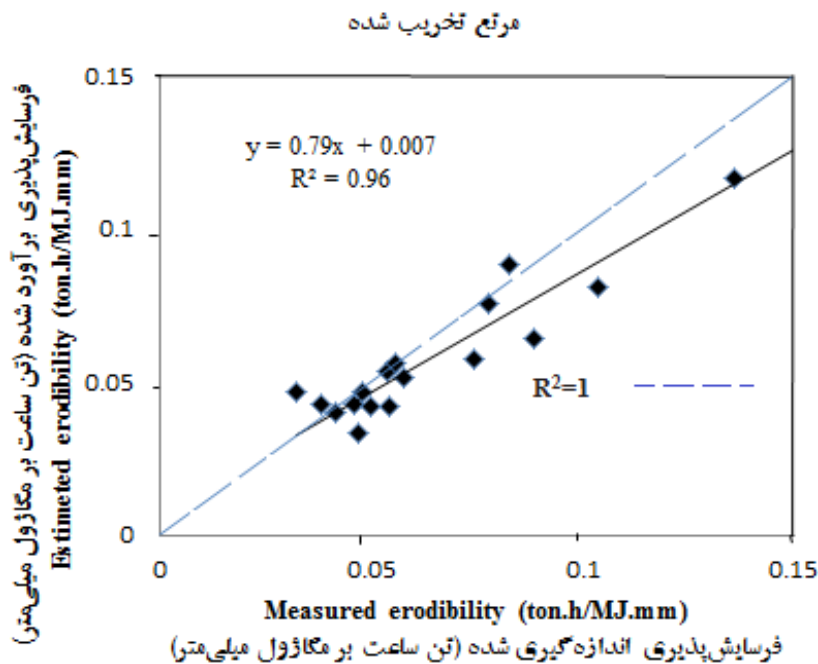
جدول (۵) معادلات رگرسیونی مربوط به فرسایش پذیری نسبی خاک تحت تاثیر کاربری اراضی
Table(5) Regression equations related to soil erodibility among land uses

کاربری Landuse	معادلات رگرسیونی Regression equation	R ²
مرتع Pasture	$K_p = 0/001 - Clay + 0/02 OC + 0/004 Cosand$	0.86
مرتع تخریب شده Degraded pasture	$K_{dp} = 0/004 - SSS + 0/004 - Strucode + 0/003 Stoneeye + 0/02 Infilcode$	0.90
کل Total	$K_T = 0/003 - SSS + 0/003 Gravel_{2-4} + 0/01 + Infilcode + 0/03 - Strucode$	0.75

K_p: فرسایش پذیری نسبی در مرتع، K_{dp}: فرسایش پذیری نسبی در مرتع تخریب شده، K_T: فرسایش پذیری نسبی در کل منطقه، Clay: رس، OC: کربن آلی، Co sand: شن درشت، SSS: مقاومت برشی، Strucode: کد ساختمان، Stoneeye: سنگریزه سطحی، Infilcode: کد نفوذ پذیری، Gravel₂₋₄: سنگریزه ۲-۴ میلی متر

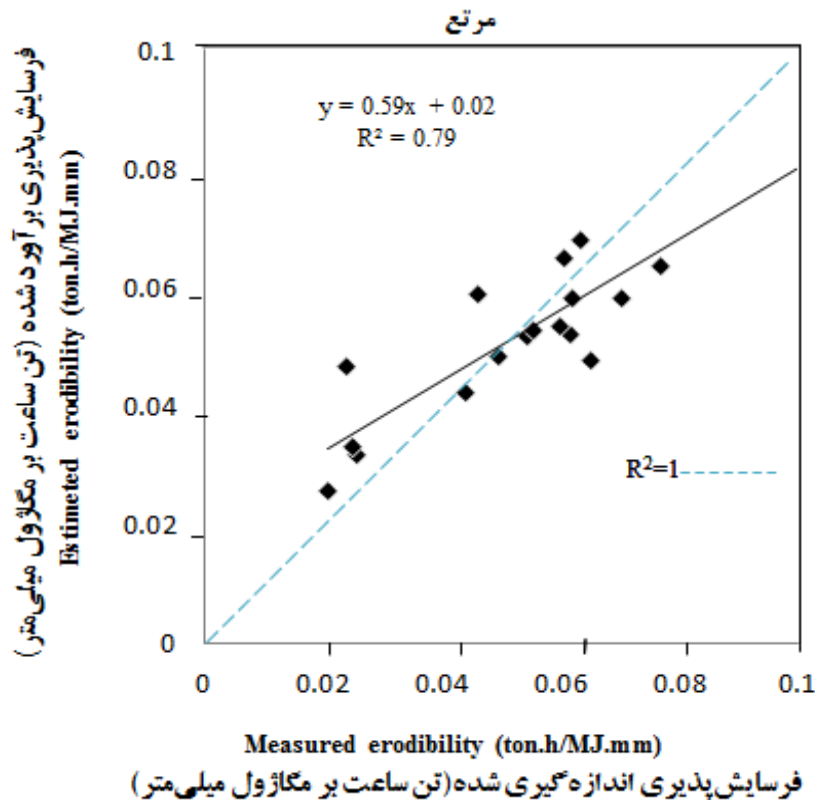
خاک غلبه و ذرات خاک را جدا کنند. در پژوهش‌هایی که تاکنون انجام شده است از مقاومت برشی به عنوان شاخصی برای فرسایش پذیری خاک استفاده شده است (۱۵). در شکل (۲) و (۳) مقادیر فرسایش پذیری اندازه گیری شده در مقابل مقادیر فرسایش پذیری برآورد شده به ترتیب در دو کاربری مرتع تخریب شده و مرتع نشان داده شده است.

بدون در نظر گرفتن نوع کاربری اراضی نیز مقاومت برشی از نظر میزان درجه تاثیر عوامل موثر بیشترین تاثیر را بر فرسایش پذیری خاک دارد. خاک‌هایی که مقاومت برشی بالایی دارند، در اثر ضربه قطرات باران کمتر متلاشی می‌شوند و از این رو با افزایش مقاومت برشی خاک، نیروهای چسبندگی بین ذرات خاک بیشتر می‌گردد و قطرات باران نمی‌توانند بر نیروی مقاومت



شکل (۳) مقادیر فرسایش پذیری برآورد شده و اندازه گیری شده در کاربری مرتع تخریب شده
Figure (3) Amounts of estimated and measured erodibility in degraded pasture land uses

کریمی و همکاران: اثر مدیریت اراضی بر فرسایش پذیری...



شکل (۴) مقادیر فرسایش پذیری برآورد شده و اندازه گیری شده در کاربری مرتع
Figure (4) Amounts of estimated and measured erodibility in pasture land uses

نتیجه گیری

تخریب شده احتمالاً به دلیل چرای زودهنگام و بیش از حد دام‌ها در این کاربری است. کاربری مرتع دارای بهترین شرایط از نظر ویژگی‌های خاک و در نتیجه کمترین فرسایش‌پذیری خاک می‌باشد. این ممکن است به خاطر حفظ مواد آلی از طریق کنترل چرای بیش از حد دام‌ها باشد. مقایسه اثر ویژگی‌های مورد بررسی خاک بر فرسایش‌پذیری خاک نشان داد که مقاومت برشی لایه سطحی از دیگر پارامترها برای پایش رفتار فرسایش‌پذیری خاک مناسب‌تر می‌باشد.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که فرسایش‌پذیری قابل توجهی در این منطقه با ماده آلی و پوشش گیاهی کم، رخ داده است، به طور متوسط، فرسایش‌پذیری خاک در منطقه مورد مطالعه به طور معنی‌داری تحت تاثیر کاربری اراضی و مستقل از کلاس بافت خاک این منطقه می‌باشد. فرسایش‌پذیری خاک در کاربری مرتع تخریب شده نسبت به کاربری مرتع بیشتر بود که این به بیشتر بودن جرم ویژه ظاهری خاک، کمتر بودن مقدار ماده آلی و مقاومت برشی سطحی در خاک‌های این کاربری مربوط می‌شود. مقدار ماده آلی کم در مرتع

منابع

1. Abbaszadeh Afshar, F., Ayoubi, S., and Jalalian, A. 2010. Soil redistribution rate and its relationship with soil organic carbon and total nitrogen using ¹³⁷Cs technique in a cultivated complex hillslope in western Iran. *International Journal of Environmental Research*, 101: 606-614.
2. Angers, D.A., and Mehuys, G.R. 1993. Aggregate stability to water. In Cartner, M.R (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science. Lewis Pub., Boca Raton, Canada. pp: 651-657.
3. Blake, G.R., and Hartge, K.H. 1986. Bulk density. In Klute, A (Ed.), *Methods of soil analysis part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. pp: 363-375.
4. Bouwer, H. 1986. Intake rate: Cylinder infiltrometer. In Klute, A (Ed.), *Methods of Soil Analysis part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. pp: 341-345.
5. Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a Southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil and Tillage Research*, 83: 270-277.
6. Coote, D.R., Malcolm-mcgovern, C.A., Wall, G.J., Dickinson, W.T., and Rudra, R.P. 1988. Seasonal variation of erodibility indices based on shear strength and aggregate stability in some Ontario soils. *Canadian Society of Soil Science Journal*, 68: 405-416.
7. Duiker, S.W., Flanagan, D.C., and Lal, R. 2001. Erodibility and infiltration conditions using the runoff on out method. *Journal of Hydrology*, 396: 24-32.
8. El-Asswad, R.M., and Abufaied, A.F. 1994. The erodibility of three Libyan soil types in relation to their physical and chemical properties. *Journal of Arid Environments*, 26: 129-134.
9. Gee, G.W., and Bauder, w.j. 1980. Particle-size analysis. In Klute, A (Ed.), *Methods of Analysis part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. PP: 363-375.
10. Goh, T.B., Arnaud, R.J.St., and Mermut, A.R. 1993. Carbonates. In Cartner M.R. (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science. Lewis Pub., Boca Raton, Canada. PP: 177-185.
11. Hasan zadeh, h. 2012. Study of soil erodibility in soil different textures by using simulated rain. Master thesis in soil Science. Zanzan university, Iran. pp: 189. (In Persian with English abstract)
12. Kay, B.D. 2000. Soil Structure. In: Sumner E.M. (ed.) *Handbook of Soil Science*. Boca Raton London. New York. Washington. pp: 229-264.

13. Khalilmoghadam, B., Afyuni, M., Abbaspour, K.C., Jalalian, A., Dehghani, A.A., and Schulin, R. 2009. Estimation of surface shear strength in Zagros region of Iran- A comparison of artificial neural networks and multiple-linear regression models. *Geoderma*, 153: 29-36.
14. Kosmas, C., Gerontidis, S.t., and Marathianou, M. 2000. The effect of land use change on soils and vegetation over various lithological formations on Lesbos (Greece). *Catena*, 40: 51-68.
15. Luk, S.H., and Hamilton, H. 1986. Experimental effects of antecedent moisture and soil strength on rainwash erosion of two luvisols, Ontario. *Geoderma*, 37: 29-43.
16. Manyiwa, T., and dikinya, O. 2013. Using universal soil loss equation and soil erodibility factor to assess soil erosion in Tshesebe village, north east Botswana. *African Journal of Agricultural Research*, 8: 4170-4178.
17. Marti, M. 1983. Effects of soil compaction and lime on yield and soil parameters on three silty clay loam soils in south eastern Norway. *Scientific Reports of Agricultural University of Norway Journal*, 24: 1-28.
18. Martinez-Zavala, L., Jordan, Lopez, A., and Bellinfante, N. 2008. Seasonal variability of runoff and soil loss on forest road backslopes under simulated rainfall. *Catena*, 74: 73-79.
19. Moloodi, Z. 2000. Determination of erodibility factor for six soil series in Badgah area (Fars province) by a rainfall simulator. Master of science in irrigation and drainage engineering, Shiraz university, Iran. 124 p. (in Persian with English abstract)
20. Moomivand, A., and Mosaddeghi, M.R. 2014. Effect different levels of grazing on amount erosion and sediment in Tuyserkan city pastures (Hamedan province). *Articles collection of national congress of soil and environment. Monitoring and soil quality management, Orumiye university, Iran.* pp: 247-250.
21. Nelson, D.W., and Sommer, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In Page A.L (Ed.), *Methods of soil analysis* (2nded). American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. pp: 539-579.
22. Pohl, M., Stroude, R., Buttler, A., and Rixen, C. 2011. Functional traits and root morphology of alpine plants. *Annals of Botany journal*, 108: 537-545.
23. Ravi, S., Breshears, D.D., Huxman, T.E., and D'Odoric, P. 2009. Land degradation in drylands: Interactions among hydrologic-aeolian erosion and vegetation dynamics. *Geomorphology Journal*, 116: 236-245.
24. Reynolds, W.D., and Elrick, D.E. 1990. Poned infiltration from a single ring: I. Analysis of steady flow. *Soil Science Society of America Journal*, 54: 1234-1241.
25. Ronggui, Wu., and Tiessen, H. 2002. Effect of landuse on soil degradation in Alpine grassland soil, China. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1648-1655.

26. Stavi, I., and Lal, R. 2011. Variability of soil physical quality and erodibility in a water-eroded cropland. *Catena*, 84: 148-155.
27. Vaezi, A., Bahrami, H., Sadeghi, H., and Mahdian, M.H. 2008. Determining the estimating error of USLE erodibility factor in calcareous soils of Northwestern Iran. *Journal of water and soil (science and agriculture industry)*, 22(2): 61-71. (in Persian with English abstract)
28. Wei, W., Chen, L., Fu, B., Huang, Zhilin., Wu, D., and Gui, L. 2007. The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area, China. *Journal of Hydrology*, 335: 247-258.
29. Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. *Agriculture Handbook USDA*, pp: 62.
30. Yang, S., Lianyou, L., Ping, Y., and tong, C. 2005. A review of soil erodibility in water and wind erosion research. *Journal of Geographical Sciences*, 2: 167-176.
31. Yu, D.S., and Shi , X.Z. 2000. Quantification relationship between soil permeability of upland and soil erodibility in hilly red soil region. *Acta Pedologica Sinica*, 37: 316-322.
32. Zehetner, F., and Miller, W.P. 2006. Erodibility and runoff-infiltration characteristics of volcanic ash soils along an altitudinal climosequence in the Ecuadorian Andes. *Catena*, 65: 201-213.
33. Zhang, K.L., Shu, A.P., Xu, X.L., Yang, Q.K., Yue, B. 2008. Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. *Journal of Arid Environments*, 72: 1002-1011.
34. Zhou, Z.C., Gan, Z.T., Shangguan, Z.P., and Dong, Z.B. 2010. Effects of grazing on soil physical properties and soil erodibility in semiarid grassland of the Northern Loess Plateau. *Catena*, 82: 87-91.