

Evaluation of the effect of range enclosure on soil erosion at plots scale (Case study: Sanganeh Soil Conservation Research Site)

Hamzeh Noor^{1*} , Mahmood Arabkhedri² , Ali Dastranj¹ 

¹ Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Department, Khorasan Agricultural and Natural Resources Research Centre, Mashhad, Iran

² Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

Abstract

Introduction

Considering the large extent of the country's rangelands, studying their hydrology and soil erosion is important for choosing management scenarios. Rangeland enclosure is one of the watershed management methods that is used to improve vegetation and also control soil loss. Rangeland's enclosure of the Sanganeh Soil Conservation Research Site (SSCRS) started about 25 years ago, which has led to the improvement of vegetation in most of the slopes compared to the area under livestock grazing. However, vegetation has not been established on some slopes of the enclosure region. This research site has provided suitable conditions for soil erosion studies and assessment of rangeland management measures at the scale of the plot and small watersheds by having erosion plots of different lengths located on slopes with and without vegetation. In this regard, the present research is planned with the aim of determining the effect of rangelands enclosure 1) on soil loss in plots with and without vegetation, and 2) with different lengths.

Material and Methods

In this research, a comparison of soil erosion was made in the area under free livestock grazing (E6) and enclosure watershed with similar conditions (E4). In this regard, six erosion plots with lengths of 5, 10, and 15 m (with areas of 10, 20, and 30 m², respectively) in two vegetation situations (with and without vegetation cover) were selected in each study watershed. After collecting the soil erosion data under 24 natural rainfalls, the effect of plot length and vegetation situation were compared by paired t-test.

Results and Discussion

The results of data analysis indicated that the maximum intensity of 30 minutes is in the range of 2.4 to 32 mm per hour with an average of 0.9 mm per hour. It can be clearly understood from the distribution of precipitation data based on the seasons of the year that the average rainfall of three seasons, spring, autumn and winter, is almost equal. However, the average rain erosion index (EI₃₀) in spring is 3.02 and 4.40 times higher than the corresponding values in autumn and winter, respectively. The reason for this is the occurrence of heavy rains in spring. The comparison of two fields with cover and without cover in the areas of enclosure and under livestock grazing in terms of soil erosion showed that in both areas (with cover and without cover) the amount of soil erosion in the plots under grazing is significantly higher than in enclosure area. So, in similar rainfalls in the region, the soil erosion in the watershed under grazing at different slopes is from a minimum of 282% to a maximum of 550% more than the enclosure watershed. By increasing the length of the plot, soil erosion per unit area decreases. The decreasing trend of specific sediment with the increase in the length of the flow path is mainly due to the decrease in the amount of specific runoff and as a result, it is not possible to move the eroded materials in the plot. In other words, due to the dominance of the surface erosion process and the lack of development of rill erosion in the investigated plots, the re-infiltration of runoff and the deposition of transported materials are the most important reasons for the decreasing relationship between the increase in the length of the plot and erosion per unit area. In both slopes (with and without vegetation), the effect of waterlogging on soil erosion has increased with the increase of the area of the plot. In other words, grazing pasture in 10 m² plots has

reduced soil erosion by 287.7 and 324.6 percent, respectively, in slopes without and with vegetation. Meanwhile, in the plots of 30 m², the reduction of soil erosion was observed by 472.4 and 613.7 percent. On the other hand, in the slopes with vegetation, grazing has a greater effect on reducing soil erosion. In this context, it can be stated that surface erosion and sheet currents are the dominant phenomena of erosion and sediment transport in the studied slopes, therefore, if the roughness and permeability of the soil increases due to the operation of pasture enclosure, it can be expected that the runoff flow in longer routes (from the slope 10 m² to 20 and 30 m²) to increase the amount of material deposition. In this case, enclosure in the domain with a longer length has a greater effect on reducing soil erosion.

Conclusion

SSCRS with erosion plots in different conditions (length, vegetation conditions and pasture management) is a suitable place for scientific research in the field of pasture hydrology. In this research, the effect of plot length and vegetation status on erosion was evaluated using soil erosion data measured in two areas of enclosure and under livestock grazing. The results of this research showed that in both ranges (with and without vegetation), the amount of soil erosion in the plots under grazing is at a significant level of 1% higher than in enclosure region. So, in similar rains in the region, soil erosion in the watershed under grazing in different lengths is at least 282% more than the fenced watershed. Also, the results indicated that soil erosion per unit area decreases with increasing plot length. The decreasing trend of specific sediment with the increase in the length of the flow path is mainly due to the decrease in the amount of specific runoff and as a result, it is not possible to move the eroded materials in the plot. Finally, the results showed that in both fields with and without vegetation, the effect of waterlogging on soil erosion increased with increasing plot length. On the other hand, in the range with vegetation (compared to the range without cover), grazing has a greater effect on reducing soil erosion. The results of the surveys conducted at the SSCRS confirm the sensitivity and fragility of the dry grassland ecosystem in this region on behalf of the country's dry grasslands. In such a way that after a long period of flooding in the region, some slopes still lack vegetation. Therefore, the destruction of vegetation in some areas, especially steep slopes and sensitive formations, may not be easily returned to the original state, and great care must be taken in their management. Because these domains have high erosion and runoff production. Due to the existence of recorded information related to the ideal situation of the region (enclosure region), it is possible to create different grazing systems and evaluate its effects. Finally, it is possible to compare the information obtained from enclosure region, managed grazing and open grazing.

Keywords: Dry rangeland, Length of plot, Management action, Senganeh Soil Conservation Research Site

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: h.noor@areeo.ac.ir

Citation: Noor, H., Arabkhedri, M., & Dastranj, A. (2023). Evaluation of the effect of range enclosure on soil erosion at plots scale (Case study: Sanganeh Soil Conservation Research Site). *Water and Soil Management and Modelling*, 3(2), 66-77.
DOI: 10.22098/mmws.2022.11286.1116
DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.2.5.9

Received: 09 August 2022, Received in revised form: 01 September 2022, Accepted: 01 September 2022, Published online: 01 September 2022

Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 2, pp. 66-77

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





ارزیابی اثر قرق مرتع بر فرسایش خاک در مقیاس کرت (مطالعه موردی: پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه)

حمزه نور^{۱*}، محمود عرب‌خدیری^۲، علی دسترنج^۱

^۱ استادیار، بخش حفاظت خاک و آب‌خیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
^۲ استاد، گروه مهندسی حفاظت آب و خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

قرق یکی از روش‌های مدیریتی آب‌خیزداری و احیای زیست‌بوم‌های مرتعی است که به منظور بهبود پوشش گیاهی و نیز مهار فرسایش خاک اعمال می‌شود. مدیریت قرق بخشی از پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه کلات از حدود ۲۵ سال پیش شروع شد که به بهبود پوشش گیاهی در اغلب دامنه‌ها نسبت به منطقه تحت چرای دام‌ها منجر شده است. با این حال، همچنان پوشش گیاهی در برخی از دامنه‌های منطقه قرق مستقر نشده است. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف تعیین اثر قرق مرتع بر فرسایش خاک (۱) در دامنه‌های دارای پوشش و فاقد پوشش (۲) در کرت‌های فرسایشی با طول مختلف، با مقایسه فرسایش خاک دو حوضه کوچک مشابه تحت چرای آزاد دام (E6) و قرق (E4) طی ۲۴ واقعه بارش طبیعی طرح‌ریزی شد. در هر یک از دو حوضه، شش کرت فرسایشی با سه طول ۵، ۱۰ و ۱۵ متر (به ترتیب با مساحت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مترمربع) در دو وضعیت پوشش (دارای پوشش و فاقد پوشش) انتخاب شد. سپس، اثر طول کرت و وضعیت پوشش گیاهی بر فرسایش خاک به روش t جفتی مقایسه شدند. نتایج نشان داد که در بارش‌های مشابه، فرسایش خاک در کرت‌های چرای شده از حداقل ۲۸۲ درصد تا حداکثر ۵۵۰ درصد بیش‌تر از کرت‌های تحت قرق است. همچنین در هر دو دامنه با و بدون پوشش گیاهی اثرگذاری قرق بر فرسایش خاک با افزایش طول کرت، بیش‌تر شده است. به گونه‌ای که در کرت‌های با طول ۵، ۱۰ و ۱۵ متر متوسط کاهش فرسایش خاک در منطقه قرق به ترتیب ۳۰۵/۵، ۳۶۳/۵ و ۵۴۲/۵ درصد به دست آمد. بنابراین با افزایش طول جریان، اثرگذاری قرق مرتع بر کاهش فرسایش خاک بیش‌تر شده است. از سوی دیگر در دامنه دارای پوشش گیاهی، قرق مرتع اثر نسبی بیش‌تری بر کاهش فرسایش خاک داشته است. به گونه‌ای که کاهش فرسایش خاک در دامنه‌های دارای پوشش و فاقد پوشش منطقه قرق به ترتیب ۴۳۳/۶ و ۳۵۶/۵ درصد کم‌تر از منطقه تحت چرای دام‌ها بود. در صورت رفع موانع اجتماعی، اجرای قرق موقت و کنترل چرای دام اثر معناداری بر حفظ خاک به عنوان بستر تولید دارد.

واژه‌های کلیدی: اقدام مدیریتی، پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه، طول کرت، مراتع خشک

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: h.noor@areeo.ac.ir

استناد: نور، حمزه، عرب‌خدیری، محمود، و دسترنج، علی (۱۴۰۲). ارزیابی اثر قرق مرتع بر فرسایش خاک در مقیاس کرت (مطالعه موردی: پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه). *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۲)، ۶۶-۷۷.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11286.1116

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.2.5.9

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۸، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۲، شماره صفحه ۶۶ تا ۷۷

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

فرسایش خاک از مهم‌ترین معضلات محیط‌زیستی در سراسر جهان است. این پدیدهٔ سوء می‌تواند خسارت‌های محیطی و اقتصادی جبران‌ناپذیری را بر اکوسیستم و شرایط مدیریتی حاکم بر آن وارد نماید (Noor et al., 2020). در ایران، فرسایش آبی در بیش از ۱۲۰ میلیون هکتار از مناطق کوهستانی و دشت‌های بین آن‌ها پدیده غالب فرسایشی است. برآوردهای مختلفی از مقدار فرسایش در ایران وجود دارد و هنوز اجماع کاملی در این خصوص حاصل نشده است. حال آن‌که فزونی مقدار فرسایش در ایران از حد مجاز مورد توافق همگان است (Arabkhedri, 2014). زیست‌بوم‌های مرتعی، حدود نیمی از سطح کشور را تشکیل می‌دهند (Mesdaghi, 2015)، تخریب پوشش گیاهی مراتع و عدم مدیریت صحیح در آن‌ها موجب مشکلات محیط‌زیستی و افزایش مخاطرات طبیعی در کشور شده است. در این میان مدیریت چرای دام و در مواردی قرق مراتع و ممنوعیت موقت چرا، باعث بهبود وضعیت پوشش گیاهی مراتع شده و از سوی دیگر موجب مهار رواناب و فرسایش خاک در منطقه می‌شود (Noor et al., 2020; Jalilian et al., 2021; Saeediyan and Moradi, 2022).

با توجه به اهمیت فرسایش خاک در زیست‌بوم‌های مرتعی، تاکنون تحقیقات متعددی به ارزیابی اثر قرق و چرای دام بر خصوصیات خاک و پوشش گیاهی پرداخته‌اند. Ghodosi et al. (2007) به ارزیابی تأثیر قرق مرتع در کاهش و مهار فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزهٔ آبخیز سد شهید رئیس علی دلواری در محدودهٔ شهرستان دشتستان استان بوشهر پرداختند. در این تحقیق به دلیل عدم وجود داده‌های مشاهداتی، از روش‌های شماره منحنی و MPSIAC استفاده شد. نتایج ایشان دلالت بر کاهش حدود ۱۸ و ۱۷۰ درصدی به ترتیب رواناب و فرسایش خاک در منطقهٔ قرق نسبت به منطقهٔ چرای آزاد داشت. Bartley et al. (2010) اثر مدیریت چرا بر میزان رسوب تولیدی در مقیاس حوزهٔ آبخیز در کشور استرالیا را غیرمعمول ارزیابی نمودند. دلیل آن تأمین رسوب از مناطق با پوشش کم‌تر از ۱۰ درصد در منطقهٔ قرق شده، عنوان نمودند. نتایج ایشان نیز نشان داد که ۹۷ درصد رسوب‌دهی از کم‌تر از سه درصد مساحت حوضه تأمین شده است. (Sadeghi et al., 2010) تغییرپذیری میزان تولید رسوب از تیمارهای مرتعی قرق کوتاه‌مدت و چرای آزاد در مراتع بیلاقی کدیر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که فرسایش خاک از کرت‌های دو تیمار، مؤید اختلاف معنادار میانگین آن‌ها در سطح اعتماد بیش از ۹۵ درصد بود. هم‌چنین ایشان وزن و غلظت رسوب از تیمار چرای آزاد را به‌طور متوسط ۱/۶۲ برابر میزان وزن و غلظت رسوب در تیمار قرق کوتاه‌مدت گزارش نمودند. (Sanjari et al., 2010) اثر مدت تناوب چرا در

کویزلبند بر تولید رواناب و رسوب را بررسی نمودند. نتایج ایشان نشان داد که میزان رواناب و رسوب‌دهی در چرای تناوبی و چرای آزاد تفاوت معناداری دارند.

(Riahi and Raisi, 2012) پتانسیل معدنی شدن نیتروژن خاک تحت سه مدیریت مرتع شامل الف (قرق، ب) چرای تحت کنترل (ج) چرای آزاد (مفرط) در مجاورت یکدیگر در سه منطقهٔ سبزکوه (۱۸ سال قرق)، بروجن (۲۳ سال قرق) و شیدا (دو سال قرق) در استان چهارمحال و بختیاری را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که مدیریت مرتع در منطقهٔ بروجن باعث افزایش معنادار معدنی شدن نیتروژن در مرتع تحت قرق بین ۳/۳ تا ۳/۵ برابر، در مقایسه با مرتع تحت چرای مفرط شد. Khaledi (2016, 2018) Darvishan et al. به ارزیابی تولید رواناب و هدررفت خاک از کرت‌های تحت چرای دام و قرق شده در حوزهٔ آبخیز زوجی خامسان پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که کاهش متغیرهای حجم و ضریب رواناب، غلظت رسوب، فرسایش خاک و رسوب‌دهی رگبار پس از اعمال قرق به ترتیب برابر ۱۵/۶۸، ۶/۱۳، ۱۶/۶۷، ۲۴/۳۷ و ۲۱/۴۳ درصد نسبت به منطقهٔ چرای آزاد است. (Liu et al., 2017) اثر قرق مرتع در منطقهٔ Xilin Gol چین را بر خصوصیات خاک و پوشش گیاهی بررسی نمودند. مشخص شد که وزن مخصوص در منطقهٔ قرق و چرای آزاد به ترتیب ۱/۳۸ و ۱/۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. Noor et al. (2020) اثر قرق مرتع بر رسوب‌دهی آبخیزهای کوچک با مساحت‌های ۱/۰ و ۱/۱ هکتار در پایگاه تحقیقاتی سنگانه را مد نظر قرار دادند. ایشان برای این منظور، رواناب و رسوب در مقیاس رگبار در خروجی حوضه‌های کوچک مربوط به ۵۶ رگبار طی دورهٔ ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ را جمع‌آوری نمودند. نتایج ایشان نشان داد که اثر قرق بر فرایندهای هیدرولوژیک دارای تغییرات فصلی و سالانه است، به گونه‌ای که بیشینه و کمینهٔ اختلاف بین تیمارها به ترتیب در فصل‌های بهار و زمستان مشاهده شده است. (Bogunovic et al., 2022) به بررسی اثر مدیریت چرا (قرق، چرای متوسط و چرای شدید) بر خاک، فرسایش و ویژگی‌های گیاهی در کرواسی پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که در مقیاس کرت چرای شدید بالاترین مقدار کوبیدگی خاک و فرسایش را در پی دارد. این در حالی است که در چرای متوسط، بیش‌ترین تراکم و کیفیت گیاهان مشاهده شده است. ایشان رفتار چرای گاو را عامل ایجاد وضعیت مناسب گیاهی در چرای متوسط گزارش نمودند. (Noor and Arabkhedri, 2022) به برآورد نسبت تحویل رسوب در اراضی مرتعی شکرکلات سنگانه پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که نسبت تحویل رسوب برای حوضه‌های مورد بررسی ۴۲/۲، ۴۱/۵ و ۳۹/۷ درصد است. هم‌چنین، Shi et al. (2022) اثر درصدهای مختلف پوشش گیاهی (صفر، ۲۰، ۴۰ و

در سال ۱۳۸۵ تعداد شش حوضه کوچک با مساحت بین ۱۴۶۷/۵ مترمربع الی ۱۶۹۱۶/۵ مترمربع در پایگاه سنگانه انتخاب و در خروجی هر یک مخازن جمع‌آوری رواناب و رسوب احداث شد. در این میان پنج حوضه قرق بوده (E1 تا E5) و یک حوضه خارج از منطقه قرق و تحت چرای آزاد دام‌های روستاییان (E6) قرار دارد. آبخیز تحت چرای آزاد در نزدیکی روستای سنگانه بوده و در نتیجه به‌صورت مداوم تحت چرای دام‌ها قرار می‌گیرد (Rangavar, 2008).

بررسی وضعیت پوشش گیاهی پایگاه سنگانه نشان می‌دهد که علی‌رغم قرق ۲۵ ساله، برخی از دامنه‌های پرشیب متشکل از شیل‌ها، پوشش گیاهی بسیار کمی دارند. به‌عبارتی، قرق منطقه توانسته است که پوشش گیاهی را در مناطقی که سابقاً نیز پوشش گیاهی داشته‌اند، بهبود دهد. در مقابل، برخی از دامنه‌های پرشیب که عموماً دارای فرسایش بالایی نیز هستند طی دوره قرق و به‌صورت طبیعی افزایش پوشش گیاهی نداشته‌اند. شکل ۲ نمونه‌ای از این دامنه‌های بدون پوشش گیاهی در منطقه قرق شده و تحت چرای دام را نشان می‌دهد.

۲-۲- روش پژوهش

در این پژوهش مقایسه فرسایش خاک در منطقه تحت چرای آزاد دام (E6) و یک حوضه قرق با شرایط مشابه (E4) صورت پذیرفت. در جدول ۱ مهم‌ترین مشخصات این دو حوضه ارائه شده است. تیپ غالب گیاهی در آبخیز تحت قرق نسبی *Bromus tectorum* و *Artemisia diffusa* است. همچنین در آبخیز تحت چرای دام، تیپ غالب پوشش گیاهی *Artemisia Poa bolbosa diffuse* و *Carex stenopyla* است.

به‌منظور مقایسه اثر قرق مرتع بر فرسایش خاک از داده‌های ثبت شده کرت‌های مستقر در منطقه قرق و تحت چرای دام‌ها استفاده شد. همان‌گونه که در معرفی منطقه بیان شد، در هر دو بخش قرق و تحت چرای دام، دامنه‌های فاقد پوشش گیاهی وجود دارد. این دامنه‌ها فاقد گونه‌های چندساله بوده و به‌ندرت (کم‌تر از پنج درصد) گیاه یک‌ساله در آن‌ها رشد می‌کند. در این راستا، در هر یک از حوضه‌های قرق و تحت چرای دام‌ها، سه دسته کرت فرسایشی با طول ۵، ۱۰ و ۱۵ متر (به‌ترتیب با مساحت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ مترمربع) در دو وضعیت (دارای پوشش و فاقد پوشش) انتخاب شدند. لازم به توضیح است که انتخاب این طول کرت‌ها به‌دلیل وجود هم‌زمان آن‌ها در دو دامنه (دارای پوشش و فاقد پوشش) در حوضه قرق و چرای دام بود. از سوی دیگر کرت‌های منتخب دارای بیش‌ترین تعداد داده نیز هستند و در پژوهش‌های پیشین در منطقه مورد مطالعه نیز استفاده شده‌اند (Noor and Arabkhedri, 2022). در هر حوضه شش کرت و

۶۰ درصد) و شدت‌های مختلف بارش (۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر در دقیقه) را بر فرسایش خاک و تولید رواناب مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که کم‌ترین مقدار رواناب و فرسایش خاک در شدت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه و در پوشش گیاهی ۶۰ درصد مشاهده شده است.

جمع‌بندی سوابق پژوهش نشان‌دهنده آن است که اغلب مطالعات اثر قرق مرتع بر فرسایش خاک، در مقیاس کرت صورت گرفته است. با این حال نحوه اثرگذاری این اقدام مدیریتی در کرت‌های فرسایشی با طول مختلف و همچنین مستقر در دامنه‌های دارای پوشش و فاقد پوشش به‌ندرت مورد توجه قرار گرفته است. بخش عمده‌ای از پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه کلات از حدود ۲۵ سال پیش تاکنون قرق است. بررسی‌های میدانی نشان داده است که برخی از دامنه‌ها که اغلب پرشیب و دارای سازند شیل هستند، بعد از گذشت حدود ربع قرن از اعمال قرق، فاقد پوشش گیاهی دائمی می‌باشند. این پایگاه تحقیقاتی با دارا بودن کرت‌های فرسایشی با طول‌های مختلف مستقر در دامنه‌های دارای پوشش و فاقد پوشش، شرایط مناسبی را برای مطالعات فرسایش خاک و ارزیابی اقدامات مدیریتی مرتع در مقیاس دامنه و آبخیزهای کوچک فراهم کرده است. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف تعیین اثر قرق مرتع بر فرسایش خاک (الف) در دامنه‌های با و بدون پوشش گیاهی و (ب) در کرت‌های فرسایشی با طول مختلف، در پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه کلات طرح‌ریزی شده است.

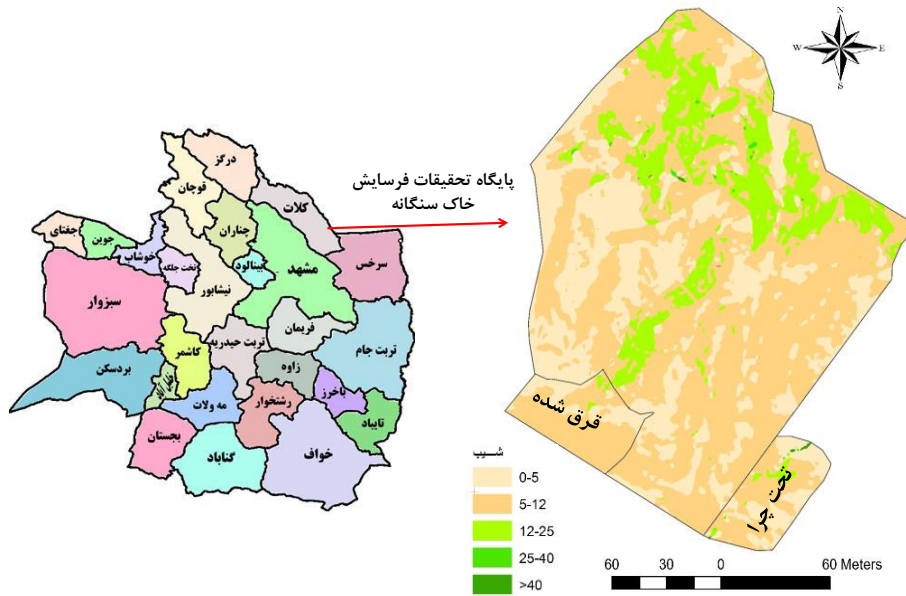
۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه به مساحت حدود ۳۰ هکتار در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرق مشهد در سال ۱۳۷۵ به‌منظور اندازه‌گیری و مطالعه فرسایش خاک و ارزیابی عوامل موثر بر آن تاسیس شد. ریخت‌شناسی منطقه اغلب به‌صورت تپه‌ماهوری و متوسط ارتفاع آن ۶۶۰ متر از سطح آب‌های آزاد است. بافت خاک منطقه مورد مطالعه در محدوده لوم شنی تا لوم رسی شنی است. سنگ‌ریزه موجود در سطح خاک تا ۴۰ درصد متغیر بوده و میزان هدایت الکتریکی ۸-۱۰ دسی‌زیمنس بر متر است (Rangavar, 2008). پوشش گیاهی حدود ۶۰ درصد شیب‌های شمالی را تشکیل می‌دهد. پوشش گیاهی در دامنه‌های جنوبی ضعیف و متوسط پوشش گیاهی در آن‌ها حدود ۲۰ درصد است. متوسط بارندگی سالانه پایگاه بر اساس آمار ۱۰ ساله باران‌نگارهای پایگاه کم‌تر از ۱۸۰ میلی‌متر است (Rangavar, 2008; Noor et al., 2021; Noor and Arabkhedri, 2021). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی را نشان می‌دهد.

چرا) اطلاعات کرت‌های مستقر در دامنه‌های دارای پوشش گیاهی و فاقد پوشش گیاهی بر اساس طول آن‌ها (۵، ۱۰ و ۱۵ متر) تفکیک شد.

در مجموع ۱۲ کرت برای این پژوهش استفاده شد. در ادامه لازم است دسته‌بندی آن‌ها از نظر موقعیت و خصوصیت کرت‌ها صورت پذیرد. در این راستا داده‌ها بر اساس قرق و تحت چرا بودن منطقه دسته‌بندی شدند. سپس در هر منطقه (قرق و تحت



شکل ۱- موقعیت آبخیزهای کوچک مورد بررسی در پایگاه تحقیقات سنگانه کلات و استان خراسان رضوی
Figure 1- Location of small watersheds in Sanganeh research site and Razavi Khorasan Province



شکل ۲- دامنه‌های بدون پوشش گیاهی در منطقه قرق شده (الف) و تحت چرای دام (ب)
Figure 2- Slopes without vegetation in the enclosure area (a) and under grazing (b)

جدول ۱- مهم‌ترین مشخصات حوضه‌های مورد مطالعه

Table 1- The most important characteristics of the studied watersheds

کد حوضه	مساحت (مترمربع)	محیط (متر)	شیب متوسط حوضه (درصد)	زمین‌شناسی	نحوه مدیریت
E4	11996	482	35	شیل و ماسه سنگ	قرق
E6	10397	412	31	شیل و ماسه سنگ	چرای آزاد

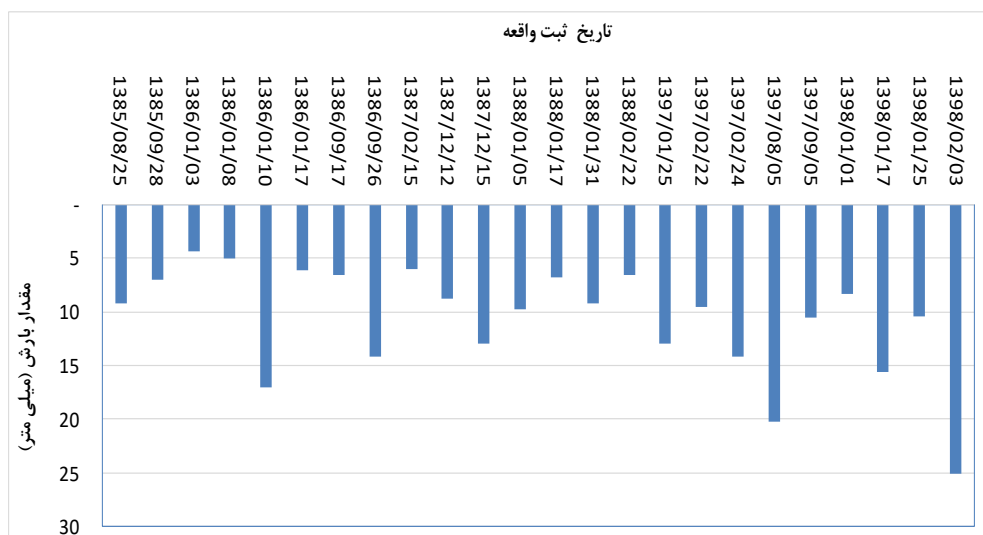
طول‌های مختلف کرت و دامنه‌های با پوشش و بدون پوشش گیاهی، داده‌های فرسایش خاک با استفاده از آماره‌های توصیفی و آزمون t-جفتی بررسی و تحلیل شدند (Ghoddousi et al.,

داده‌های فرسایش خاک برای ۲۴ رویداد از کرت‌های فرسایشی مورد نظر طی دوره‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸ و ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸، جمع‌آوری شد. در نهایت برای مقایسه اثر قرق و چرا،

۳- نتایج و بحث

شکل ۳ مقدار بارندگی برای ۲۴ واقعه مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد. حداکثر، حداقل و میانگین بارندگی این رویدادها به ترتیب ۲۵/۰، ۴/۴ و ۱۰/۷ میلی‌متر است که نشان‌دهنده تنوع شرایط ایجاد فرسایش و تولید رسوب در منطقه مورد بررسی می‌باشد.

لازم به توضیح است که داده‌های فرسایش ویژه (فرسایش در واحد سطح) از طریق تقسیم مقدار کل فرسایش هر واقعه در مساحت کرت (Noor et al., 2018)، محاسبه و مورد استفاده در مقایسات بین تیمارهای مختلف، قرار گرفت. از آنجایی که این تحقیق در بارش‌های طبیعی انجام شده است، اطلاعات مقدار بارش، حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای و همچنین شاخص فرساینده‌گی باران (EI30) نیز محاسبه و تحلیل شدند.



شکل ۳- مقدار بارندگی ثبت شده در وقایع منتخب در پژوهش حاضر

Figure 3- The amount of rainfall recorded in the selected events in the current research

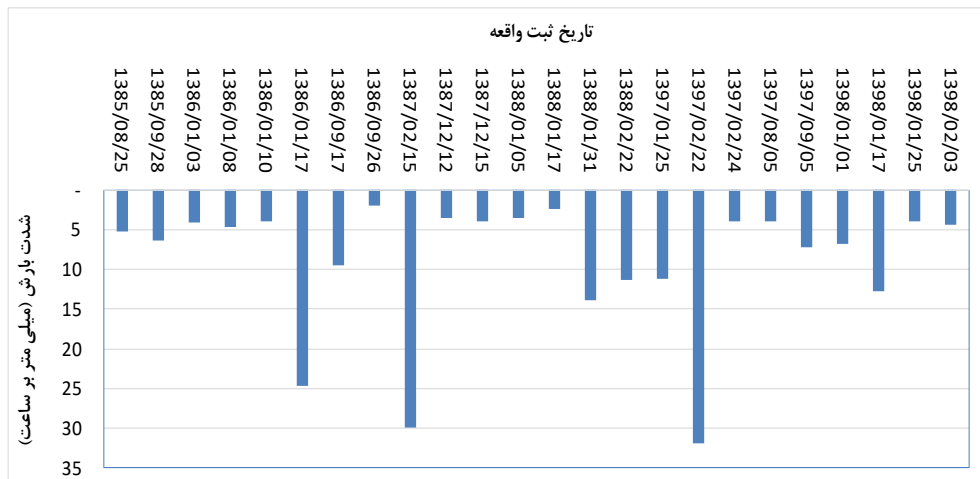
متناظر در فصل‌های پاییز و زمستان است. دلیل این موضوع وقوع بارش‌های شدید در فصل بهار می‌باشد (شکل ۴).

۳-۱- مقایسه اثر قرق در مقیاس کرت

در این بخش از پژوهش، مقایسه دو دامنه دارای پوشش و فاقد پوشش در محدوده‌های قرق و تحت چرای دام از نظر فرسایش خاک صورت پذیرفت که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در هر دو دامنه (دارای پوشش و فاقد پوشش) میزان فرسایش خاک در کرت‌های تحت چرا در سطح معنادار یک درصد بیش‌تر از منطقه قرق است. به طوری که در بارش‌های مشابه در منطقه، فرسایش خاک در آبخیز تحت چرا در شیب‌های مختلف از حداقل ۲۸۲ درصد تا حداکثر ۵۵۰ درصد بیش‌تر از آبخیز قرق شده است. در این زمینه Sadeghi et al. (2010) افزایش ۱۶۲ درصدی و Khaledi Darvishan et al. (2016) افزایش ۱۲۱ درصدی میزان فرسایش خاک در کرت‌های تحت چرا نسبت به کرت‌های قرق را گزارش نمودند.

علاوه بر مقدار کل، میزان بارندگی در واحد زمان (شدت بارندگی) نیز از اهمیت بالایی در فرسایش خاک و انتقال رسوب برخوردار است. در این میان حداکثر بارش ۳۰ دقیقه‌ای توسط پژوهش‌گران پیشین به‌عنوان شاخص مهم در فرسایش خاک مورد توجه قرار داشته است. در این زمینه Gholami et al. (2010) و Fazliand Noor (2013) به نقش مهم خصوصیات باران به‌ویژه حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای در فرسایش خاک از کرت‌های فرسایشی اشاره داشته‌اند. شکل ۴ حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای این وقایع را نشان می‌دهد.

نتایج بررسی داده‌ها دلالت بر آن داشت که حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای در دامنه ۲/۴ تا ۳۲/۰ میلی‌متر در ساعت با میانگین ۹/۰ میلی‌متر در ساعت قرار دارد. تقسیم‌بندی داده‌های بارش بر اساس فصل‌های سال در جدول ۲ ارائه شده است. از این جدول به‌وضوح می‌توان فهمید که میانگین بارش سه فصل بهار، پاییز و زمستان تقریباً برابر می‌باشد. حال آن‌که میانگین شاخص فرساینده‌گی باران (EI30) در فصل بهار به ترتیب ۳/۰۲ و ۴/۴۰ برابر بیش‌تر از مقادیر



شکل ۴- مقدار حداکثر شدت ۳۰ دقیقه ثبت شده در وقایع منتخب در پژوهش حاضر
Figure 4- Maximum intensity of 30 min recorded in selected events in this research

جدول ۲- خصوصیات وقایع بارندگی منتخب در فصل‌های مختلف در پایگاه تحقیقاتی سنگانه
Table 2- Characteristics of selected rainfall events in different seasons in Sanganeh research site

تعداد داده‌ها	EI30	متوسط شدت ۳۰ دقیقه‌ای بارش (میلی متر بر ساعت)	میانگین بارش (میلی متر)	شاخص	دوره زمانی
24	12.39	9.01	10.70		کل دوره
15	16.12	10.89	10.46		بهار
0	0.00	0.00	0.00		تابستان
6	5.34	5.73	11.30		پاییز
3	3.68	3.80	10.90		زمستان

جدول ۳- مقایسه کرت‌های دارای پوشش و فاقد پوشش در دو حوضه قرق و تحت چرای دام از نظر فرسایش خاک
Table 3- Comparison of the plots with and without vegetation in the two watersheds of exclosure and under livestock grazing in terms of soil erosion

سطح معناداری	میانگین فرسایش خاک (گرم بر مترمربع)		مساحت (مترمربع)	وضعیت پوشش
	چرا	قرق		
**	2.0	0.6	10	دارای پوشش
**	1.4	0.4	20	
**	1.1	0.2	30	
**	14.4	5.1	10	بدون پوشش
**	8.9	2.9	20	
**	5.1	1.1	30	

** وجود اختلاف معنادار در سطح ۱ درصد بین تیمار قرق و چرای دام با طول کرت و وضعیت پوشش متناظر

نیروی برشی رواناب موجب کاهش رشد و توسعه شیارها شده و در ترسیب مواد نقش مهمی دارند (Martinez et al., 2017). همچنین، در دامنه‌های فاقد پوشش گیاهی نیز قرق اثر کاهنده‌ای بر فرسایش خاک داشته است. در این زمینه می‌توان بیان نمود که حرکت دام‌ها در دامنه‌های فاقد پوشش گیاهی باعث به هم خوردگی خاک و همچنین متراکم شدن آن می‌شود (Green and Kauffman, 1995; Liu et al., 2017; Gharemakher et al., 2018)، بنابراین، افزایش فرسایش خاک در این دامنه‌ها (منطقه تحت چرای دام) نسبت به مناطق فاقد پوشش گیاهی محدوده قرق، مشاهده شده است. در مجموع Ghodosi et al. (2007)، (Sadeghi et al. (2010)، Khaledi Darvishan et

در این رابطه می‌توان تأثیر قرق در کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب را به افزایش تراکم پوشش گیاهی در اثر عدم چرای دام و بهبود وضعیت نفوذپذیری خاک به دلیل عدم لگدکوبی خاک توسط دام‌ها در پهنه قرق نسبت داد. این نتایج نشان می‌دهد که فرسایش خاک و تولید رسوب در مقیاس کرت تحت تأثیر پوشش گیاهی و نحوه مدیریت و بهره‌برداری از آن است. پوشش گیاهی با کاهش سرعت رواناب، نگهداری و نفوذ مقداری از بارش، جلوگیری از برخورد مستقیم قطرات باران، تثبیت خاک توسط ریشه‌ها، بهبود ساختمان و خصوصیات شیمیایی خاک باعث کاهش فرسایش می‌شود (Zuazo et al., 2008). علاوه بر این پوشش گیاهی با ایجاد زبری و تقلیل

میزان فرسایش در محدوده قرق و چرا به ترتیب ۱/۱ و ۵/۱ گرم بر مترمربع (افزایش نسبی ۴۷۲/۴ درصد) می‌باشد. در حالی که در کرت‌های ۳۰ متر مربعی دارای پوشش گیاهی میزان فرسایش در محدوده قرق و چرا به ترتیب ۰/۱۸ و ۱/۱۰۸ گرم بر متر مربع (افزایش نسبی ۶۱۳/۷ درصد) ثبت شده است.

۴- نتیجه‌گیری

پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه کلات با دارا بودن کرت‌های فرسایشی در شرایط مختلف (طول، شرایط پوشش گیاهی و مدیریت مرتع) محل مناسبی برای پژوهش‌های علمی در زمینه هیدرولوژی مرتع است. در این پژوهش با استفاده از داده‌های فرسایش خاک اندازه‌گیری شده در دو منطقه قرق و تحت چرای دام به ارزیابی اثر طول کرت و وضعیت پوشش گیاهی بر فرسایش پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو دامنه (دارای پوشش و فاقد پوشش گیاهی) میزان فرسایش خاک در کرت‌های تحت چرا در سطح معنادار یک درصد بیش‌تر از منطقه قرق است. به طوری که در بارش‌های مشابه در منطقه، فرسایش خاک در آبخیز تحت چرا در طول‌های مختلف حداقل ۲۸۲ درصد بیش‌تر از آبخیز قرق شده است. همچنین نتایج دلالت بر آن داشت که با افزایش طول کرت از فرسایش خاک در واحد سطح کاسته می‌شود. روند کاهشی رسوب ویژه با افزایش طول مسیر جریان، به طور ویژه به دلیل کاهش میزان رواناب ویژه و در نتیجه عدم امکان جابجایی مواد یافته در کرت است. در نهایت نتایج نشان داد که در هر دو دامنه دارای پوشش و فاقد پوشش گیاهی، اثرگذاری قرق بر فرسایش خاک با افزایش طول کرت، بیش‌تر شده است. از سوی دیگر در دامنه دارای پوشش گیاهی (در مقایسه با دامنه‌های فاقد پوشش)، قرق مرتع اثر بیش‌تری بر کاهش فرسایش خاک داشته است.

نتایج بررسی‌های انجام شده در پایگاه سنگانه کلات تاییدکننده حساسیت و شکنندگی زیست‌بوم مراتع خشک این منطقه به نمایندگی از مراتع خشک کشور می‌باشد. به گونه‌ای که با گذشت مدت زمان زیادی از قرق منطقه، برخی از دامنه‌ها هنوز فاقد پوشش گیاهی می‌باشند. بنابراین تخریب پوشش گیاهی در برخی از مناطق به ویژه دامنه‌های پرشیب و سازندهای حساس ممکن است به سادگی قابل بازگشت به حالت اولیه نباشد و در مدیریت آن‌ها باید دقت فراوانی نمود. زیرا این دامنه‌ها دارای فرسایش و تولید رواناب بالایی هستند. با توجه به وجود اطلاعات ثبت شده مربوط به وضعیت ایده‌آل منطقه (منطقه قرق)، امکان ایجاد سیستم‌های چرای مختلف و ارزیابی اثرات آن فراهم می‌باشد. در نهایت امکان مقایسه اطلاعات حاصل از منطقه قرق، چرای مدیریت شده و چرای آزاد فراهم می‌شود.

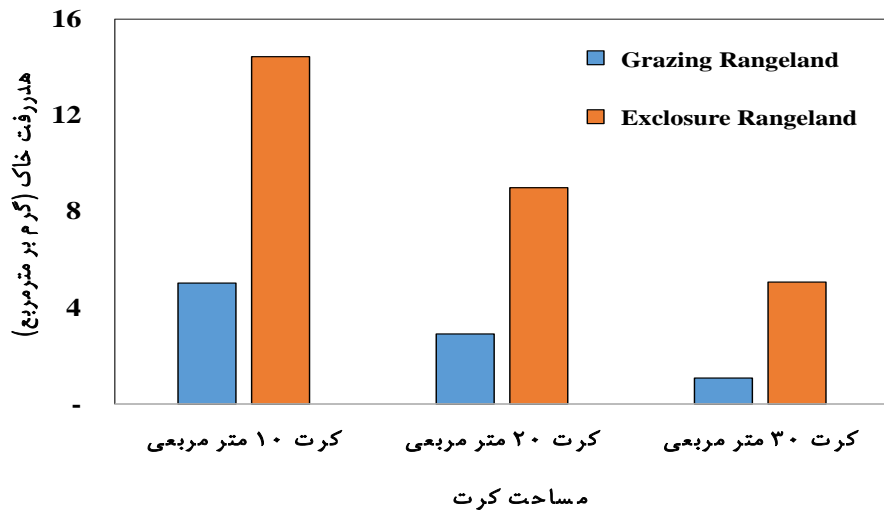
Pilon et al. و Sanjari et al. (2010) al. (2016, 2018) (2017) اثر قرق بر میزان فرسایش خاک در مناطق مورد بررسی‌شان را معنادار گزارش نمودند.

۳-۲- اثر قرق در کرت‌های فرسایشی با طول مختلف

شکل‌های ۵ و ۶ تغییرات فرسایش خاک در کرت با طول مختلف را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش طول کرت از فرسایش خاک در واحد سطح کاسته می‌شود. روند کاهشی رسوب ویژه با افزایش طول مسیر جریان، به طور ویژه به دلیل کاهش میزان رواناب ویژه و در نتیجه عدم امکان جابجایی مواد فرسایش یافته در کرت است. به عبارتی در کرت‌های مورد بررسی به دلیل غالب بودن فرآیند فرسایش سطحی و عدم توسعه شیارها در آن‌ها نفوذ مجدد رواناب و ترسیب مواد در حال حمل، مطابق یافته‌های سایر پژوهش‌گران (Van Asadzadeh et al., 2013; Joel et al., 2002; Bagarello et al., 2000; de Giesen et al., 2000; al., 2018) از مهم‌ترین دلایل رابطه کاهنده بین افزایش طول کرت و فرسایش در واحد سطح هستند.

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود در هر دو دامنه دارای پوشش و فاقد پوشش اثرگذاری قرق بر فرسایش خاک با افزایش مساحت کرت، بیش‌تر شده است. به عبارتی قرق مرتع در کرت‌های ۱۰ متر مربعی باعث کاهش ۲۸۷/۷ و ۳۲۴/۶ درصدی فرسایش خاک به ترتیب در دامنه‌های بدون و با پوشش گیاهی شده است. این در حالی است که در کرت‌های ۳۰ متر مربعی، کاهش فرسایش خاک به میزان ۴۷۲/۴ و ۶۱۳/۷ درصد مشاهده شده است. از سوی دیگر در دامنه دارای پوشش گیاهی، قرق مرتع اثر بیش‌تری بر کاهش فرسایش خاک داشته است. در این زمینه می‌توان بیان نمود که فرسایش سطحی و جریان‌های ورقه‌ای در دامنه‌های مورد بررسی، پدیده غالب فرسایشی و انتقال رسوب هستند، بنابراین در صورت افزایش زبری و بهبود نفوذپذیری خاک در اثر عملیات قرق مرتع، می‌توان انتظار داشت جریان رواناب در مسیرهای طولانی‌تر (از دامنه ۱۰ مترمربعی به دامنه‌های ۲۰ و ۳۰ متر مربعی) مقدار ترسیب مواد بیش‌تر شود. در این حالت قرق در دامنه با طول بیش‌تر اثرگذاری بیش‌تری بر تقلیل فرسایش خاک دارد.

با این حال باید توجه داشت که مقایسه بالا به صورت نسبی (نسبت فرسایش محدوده تحت چرا به محدوده قرق) صورت گرفته است. در صورتی که مقدار افزایش فرسایش خاک مد نظر قرار گیرد، مطمئناً دامنه‌های فاقد پوشش گیاهی دارای مقدار فرسایش بالایی بوده و در صورت تردد دام (برای رسیدن به بخش‌های دارای پوشش گیاهی) در آن‌ها مقدار فرسایش اضافه شده، بسیار بیش‌تر از دامنه‌های دارای پوشش گیاهی خواهد بود. برای مثال در کرت‌های ۳۰ متر مربعی بدون پوشش گیاهی



شکل ۵- مقایسه کرت‌های بدون پوشش گیاهی در دو منطقه قرق و تحت چرای دام
Figure 5- Comparison of plots without vegetation in two areas of exclosure and under grazing



شکل ۶- مقایسه کرت‌های با پوشش گیاهی در دو منطقه قرق و تحت چرای دام
Figure 6- Comparison of plots with vegetation in two areas of exclosure and under livestock grazing

جدول ۴- درصد افزایش میزان فرسایش خاک کرت‌های فرسایش تحت چرای دام نسبت به قرق
Table 4- Soil loss growth of erosion plots in the grazing area compared to the exclosure

مساحت کرت (متر مربع)	۱۰	۲۰	۳۰
وضعیت پوشش گیاهی			
فاقد پوشش گیاهی	287.8	309.4	472.4
دارای پوشش گیاهی	324.6	364.1	613.7

مدیریت آب و خاک، (۲)۱، ۶۰-۷۴.
doi:10.22098/mmws.2021.9231.1028
رنگ‌آور، عبدالصالح (۱۳۸۷). مکانیابی مناطق مناسب احداث کرت‌های استاندارد رواناب و رسوب در استان خراسان رضوی. پروژه تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۶۵ صفحه.
ریاحی، مریم، و رئیسی، فائز (۱۳۹۱). پتانسیل معدنی شدن نیتروژن خاک در اکوسیستم مرتعی تحت چرای آزاد و قرق دراز مدت در

منابع

اسدزاده، فرخ، گرجی، منوچهر، واعظی، علیرضا، سکوتی، رضا، و شرفاء، مهدی (۱۳۹۱). اثرات ابعاد کرت بر تولید رواناب تحت رخدادهای منفرد باران طبیعی. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۳(۴)، ۳۳۵-۳۴۲.
doi:10.22059/ijswr.2013.35352
جلیلیان، شادی، نینیوا، سید پدram، و جلیلیان، شبنم (۱۴۰۰). معرفی گونه‌های گیاهی مناسب مهار فرسایش شیاری. مدل‌سازی و

- آبخیز، (۲)۱۲، ۵۱۳-۵۰۵
doi:10.22092/ijwmse.2019.115049.1343
- نور، حمزه، رجائی، سیدحسین، باقریان کلات، علی، و صدیق. رضا (۱۳۹۷). ارزیابی تاثیر مقیاس زمانی و مکانی بر رسوبدهی حوضه‌های کوچک در منطقه سنگانه. *ترویج و توسعه آبخیزداری*، (۲۱)۶، ۳۷-۴۲.
- نور، حمزه، و عرب‌خدری، محمود (۱۳۹۹). تاثیرپذیری رواناب و فرسایش خاک اندازه‌گیری شده از تغییر طول و جهت دامنه تحت بارش‌های طبیعی در یک منطقه خشک. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، (۲۲)۱۱، ۲۵۴-۲۶۲.
doi:10.52547/jwmr.11.22.254
- نور، حمزه، و عرب‌خدری، محمود (۱۴۰۱). برآورد فرسایش خاک و نسبت تحویل رسوب با استفاده از مدل RUSLE در پایگاه تحقیقات حفاظت خاک سنگانه. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، (۱)۳، ۴۲-۵۳.
doi:10.22098/mmws.2022.11085.1098
- نیک‌نهاد، حمید، آق‌تابای، عبدالباسط، و اکبرلو، موسی (۱۳۹۶). بررسی اثرات قرق بر برخی خصوصیات، فرسایش‌پذیری و ترسیب کربن خاک (مطالعه موردی: مراتع بزداغی-خراسان شمالی). *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، (۴)۲۴، ۷۰۸-۷۱۸.
doi:10.22092/ijdr.2017.114058
- اقلیم‌های مختلف. *علوم آب و خاک*، (۵۹)۱۶، ۱۸۳-۱۹۸.
doi:20.1001.1.24763594.1391.16.59.14.7
- سعیدیان، حمزه، و مرادی، حمیدرضا (۱۴۰۱). مقایسه رواناب و رسوب سازندهای گچساران و آغاچاری تحت شبیه‌سازی باران در کاربری‌های مختلف اراضی. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، (۲)۲، ۵۵-۶۸.
doi:10.22098/mmws.2022.9802.1065
- صادقی، سیدحمیدرضا، محمدپور، کبریا، و دیانتی تیلکی، قاسمعلی (۱۳۸۹). تغییرپذیری میزان تولید رسوب از تیمارهای مرتعی قرق کوتاه‌مدت و چرای آزاد در مراتع بیلاقی کدیر. *مرتع*، (۳)۴، ۴۸۴-۴۹۳.
- عرب‌خدری، محمود (۱۳۹۳). مروری بر عوامل موثر بر فرسایش آبی خاک در ایران. *مدیریت اراضی*، (۱)۳، ۱۷-۲۶.
doi:10.22092/lmj.2014.100081
- قدوسی، جمال، توکلی، محمد، خلخالی، سیدعلی، و سلطانی، محمدجعفر (۱۳۸۶). ارزیابی تاثیر قرق مرتع در کاهش و مهار فرسایش خاک و تولید رسوب. *پژوهش و سازندگی*، (۳)۱۹، ۱۳۶-۱۴۲.
doi:10.22098/mmws.2022.11286.1116
- مصداقی، منصور (۱۳۹۴). مرتعداری در ایران. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۳۲۸ صفحه.
- نور، حمزه، باقریان کلات، علی، و عباسی، علی‌اکبر (۱۳۹۹). ارزیابی تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز کوچک تحت چرای آزاد و قرق. مطالعه موردی: منطقه سنگانه کلات. *مهندسی و مدیریت*

References

- Arabkhedri, M. (2014). A review on major water erosion factors in Iran. *Land Management*, 2(1), 17-26. doi:10.22092/lmj.2014.100081 [In Persian]
- Asadzadeh, F., Gorgi, M., Vaezi, A., Sokouti, R., & Mirzaee, S. (2013). Effect of plot size on measured runoff and sediment yield from natural rain-storms. *Water and Soil Resources Conservation*, 43(4), 335-342. doi:10.22059/ijswr.2013.35352 [In Persian]
- Bagarello, V., Ferro, V., Keesstra, S., Comino, J.R., Pulido, M., & Cerdà, A. (2018). Testing simple scaling in soil erosion processes at plot scale. *Catena*, 167, 171-180. doi:10.1016/j.catena.2018.04.035
- Bartley, R., Wilkinson, S.N., Hawdon, A.A., Abbott, B.N., & Post, D.A. (2010). Impacts of improved grazing land management on sediment yields. Part 2: Catchment response. *Journal of Hydrology*, 389(3), 249-259. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.05.002
- Bogunovic, I., Kljak, K., Dugan, I., Grbeša, D., Telak, L.J., Duvnjak, M., Kisic, I., Kapović Solomun, M., & Pereira, P. (2022). Grassland management impact on soil degradation and herbage nutritional value in a temperate humid environment. *Agriculture*, 12, 2-19. doi:10.3390/agriculture12070921
- Fazli, S., & Noor, H. (2013). Storm-wise sediment yield prediction using hillslope erosion model in semi-arid abundant lands. *Soil and Water Research*, 8, 42-48.
- Ghoddousi, J., Tavakoli, M., Khalkhali, S.H., & Soltani, M.J. (2007). Assessing effect of rangeland exclusion on control and reduction of soil erosion rate and sediment yield. *Pajouhesh and Sazandegi*, 19(3), 136-142. doi:10.22098/mmws.2022.11286.1116 [In Persian]
- Green, D.M., & Kauffman, J.B. (1995). Succession and livestock grazing in a northeastern Oregon riparian ecosystem. *Rangeland Ecology and Management*, 48(4), 307-313.
- Jalilian, Sh., Nainiva, S.P., & Jalilian, Sh. (2021). Introducing suitable plant species for rill erosion control. *Water and Soil Management and Modeling*, 1(2), 60-74. doi:10.22098/mmws.2021.9231.1028 [In Persian]
- Joel, A., Messing, I., Seguel, O., & Casanova, M. (2002). Measurement of surface water runoff from plots of two different sizes. *Hydrological Processes*, 16, 1467-1478. doi:10.1002/hyp.356
- Khaledi Darvishan, A., Gholami, L., Ghorghi, J.H., Spalević, V., Kord, A.K., & Amini, H.M. (2016). Effect of enclosure on runoff, sediment concentration and soil loss in erosion plots.

- AGROFOR International Journal*, 1(1), 49-57. doi:10.7251/AGRENG1601049D
- Khaledi Darvishan, A., Ghorghi, J.H., Kord, A.K., Amini, H.M., Gholami, L., Karamzadeh, A., Bahmani, A., & Saeidi, F. (2018). Effect of enclosure on runoff, sediment concentration and soil loss in erosion plots in Khamsan representative watershed of Kurdistan province. *Water and Soil Conservation*, 24(6), 243-255. doi:10.22069/jwsc.2018.11325.2566
- Liu, J., Wu, J., Su, H., Gao, Z., & Wu, Z. (2017). Effects of grazing exclusion in Xilin Gol grassland differ between regions. *Ecological Engineering*, 99, 271-281. doi:10.1016/j.ecoleng.2016.11.041
- Martinez, G., Wetz, M., Pierson, F.B., Spaeth, K.E., & Pachepsky, Y. (2017). Scale effects on runoff and soil erosion in rangelands: observations and estimations with predictors of different availability. *Catena*, 151, 161-173. doi:10.1016/j.catena.2016.12.011
- Mesdaghi, M. (2015). *Rangeland management in Iran*. Astane Ghods Publication, Imam Reza University, 156 pages. [In Persian]
- Niknahad, H., Aghtabaye, A., & Akbarlou, M. (2017). Effects of grazing enclosure on some soil physical and, its erodibility and carbon sequestration (Case study: Bozdaghin rangelands, North Khorasan, Iran). *Range and Desert Research*, 24(4), 708-718. doi:10.22092/ijdr.2017.114058 [In Persian]
- Noor, H., & Arabkhedri, M. (2020). The Influence of hillslope length and direction on runoff and soil loss under natural rainfall in an arid region. *Watershed Management Research*, 11 (22), 254-262. [In Persian]
- Noor, H., & Arabkhedri, M. (2022). Prediction of soil erosion and sediment delivery ratio using rusle at sanganeh soil conservation station. *Water and Soil Management and Modelling*, 3(1), 42-53. doi:10.52547/jwmr.11.22.254 [In Persian]
- Noor, H., Bagherian Kalat, A., & Abbasi, A. (2020). Evaluation of sediment yield under open grazing and enclosure micro-watersheds, case study: Sanganeh area of Kalat. *Watershed Engineering and Management*, 12(2), 505-513. doi:10.22092/ijwmse.2019.115049.1343 [In Persian]
- Noor, H., Rajaei, S.H., Bagherian Kalat, A., & Sedigh, R. (2018). Analyzing temporal and spatial scale effect on sediment yield of micro-watershed in Sanganeh area. *Extension and Development of Watershed Management*, 6(21), 37-42. [In Persian]
- Pilon, C., Moore, P.A., Pote, D.H., Pennington, J.H., Martin, J.W., & Brauer, D.K. (2017). Long-term effects of grazing management and buffer strips on soil erosion from pastures. *Environmental Quality*, 46(2), 364-372. doi:10.2134/jeq2016.09.0378
- Rangavar, A. (2008). Investigation and comparison of runoff and soil loss between experimental plots and small catchments in order to use in watershed areas scale. Research Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 165 pages [In Persian]
- Riahi, M., & Raiesi, F. (2012). Potential soil n mineralization in rangeland ecosystems with long-term free grazing and ungrazing regimes in different climates. *Water and Soil Science*, 16(59), 183-198. doi:10.1001.1.24763594.1391.16.59.14.7 [In Persian]
- Sadeghi, S.H.R., Mohammadpour, K., & Dianatitilaki, G.A. (2010). Sediment yield variability in free grazing and short term enclosure treatments in Kodir summer rangeland. *Rangeland*, 4(3), 484-493. [In Persian]
- Saeediyani, H. & Moradi, H. (2022). Comparing of the runoff and sediment of different land uses in Gachsaran and Aghajari formations under rain simulation. *Water and Soil Management and Modelling*, 2(2), 55-68. doi:10.22098/mmws.2022.9802.1065 [In Persian]
- Sanjari, G., Yu, B., Ghadiri, H., Ciesiolka, C.A., & Rose, C.W. (2010). Effects of time-controlled grazing on runoff and sediment loss. *Soil Research*, 47(8), 796-808.
- Shi, P., Li, P., Li, Z., Sun, J., Wang, D., & Min, Z. (2022). Effects of grass vegetation coverage and position on runoff and sediment yields on the slope of Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management*, 259, 107231. doi:10.1016/j.agwat.2021.107231
- Van de Giesen, N.C., Stomph, T.J., & De Ridder, N. (2000). Scale effects of hortonian overland flow and rainfall-runoff dynamics in a west african catena landscape. *Hydrological Processes*, 14, 165-175. doi:10.1002/(SICI)1099-1085(200001)14:1%3C165::AID-HYP920%3E3.0.CO;2-1
- Zuazo, V.H.D., & Pleguezuelo, C.R.R. (2008). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(1), 65-86. doi:10.1051/agro:2007062