این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.---, Issue ----, ----- -----

Investigation of the Effect of Livestock Grazing Intensity on Soil Carbon and Nitrogen Sequestration and Environmental Implications in the Sarsaru Rangelands, Khash

Morteza Saberi[1*], Rasool Khatibi[2], Vahid Karimian[3]

1. Corresponding Author, *Associate Professor, Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.*

Email: *Mortezasaberi@uoz.ac.ir* ***ORCID:*** *https://orcid.org/0000-0003-1596-9714*

2. *Assistant Professor, Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.*

3. *Assistant Professor, Nature Engineering Department, Faculty of Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran.*

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: ----------
Revised: ----------
Accepted: ----------

Keywords:
Grazing management, Soil depth, carbon stock, Rangeland ecosystems carbon, drylands.

ABSTRACT

Soil carbon sequestration has become increasingly important as one of the most effective strategies for reducing greenhouse gas emissions and mitigating climate change. This study aimed to investigate the effects of livestock grazing intensity on soil carbon and nitrogen storage in the Sarsaru rangelands of Khash County, which are characterized by arid and unique ecological conditions. Soil samples were collected under three treatments: no grazing, light grazing, and heavy grazing, at three depths (0–30, 30–60, and 60–90 cm). The measured parameters included pH, electrical conductivity, bulk density, organic carbon, total nitrogen, carbon storage, and nitrogen storage. The results indicated that carbon and nitrogen storage in the ungrazed area were significantly higher than in areas under light and heavy grazing. Specifically, in the 0–30 cm layer, carbon storage was 11.35, 8.73, and 5.34 t/ha, and nitrogen storage was 1.87, 1.69, and 1.01 t/ha under no, light, and heavy grazing, respectively. Heavy grazing caused the greatest reduction in carbon and nitrogen stocks at all depths, whereas light grazing had a lesser effect. Additionally, bulk density increased with depth in all sites (from 1.39 to 1.62 g/cm³), and electrical conductivity increased significantly in deeper layers, particularly under heavy grazing. These changes reflect the impact of livestock grazing on soil structure and quality, potentially reducing microbial activity and carbon and nitrogen fixation processes. Therefore, optimal management of grazing intensity is essential to maintain soil carbon and nitrogen stocks, enhance fertility, and ensure the stability of rangeland ecosystems in drylands. The findings highlight the importance of reducing grazing pressure and preserving vegetation cover to prevent soil degradation and control erosion. Such practices improve soil biological function and increase the resilience of rangelands to climatic stress.

آماده انتشار (بدون شماره مجله)

How to Cite: Last Name, Initial., Last Name, Initial., & Last Name, Initial. (2021). Title of paper. *Journal of Natural Environmental Hazards*, -- (--), ----.

© The Author/Authors

DOI: 0000000000000000000

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Given the increasing importance of carbon sequestration as an effective solution for reducing greenhouse gases and the direct role of grazing management in soil carbon and vegetation function, it is essential to investigate the effect of livestock grazing intensity on carbon and nitrogen sequestration in rangelands of arid regions, including Khash County, which has unique ecological conditions. In addition to affecting nutrient storage, livestock grazing intensity can lead to structural changes in vegetation and soil, potentially causing environmental hazards such as soil erosion, biodiversity loss, and ecosystem degradation. This study aims to better understand the ecological and management mechanisms associated with livestock grazing and assess the risks and consequences of changes in grazing intensity, in order to provide effective solutions for maintaining and increasing carbon and nitrogen storage in rangelands while promoting the sustainability of natural resources.

DATA AND METHODOLOGY

In order to investigate the effect of livestock grazing intensity on soil carbon and nitrogen storage, sampling was conducted in three areas, including ungrazed, light grazing, and heavy grazing. Samples were collected in June 2023 using a random systematic approach. At each site, six 100-meter transects were established with intervals of about 50 meters—three transects parallel to the slope direction and three transects perpendicular to it. Along each transect, 10 two-meter plots were sampled with an interval of 10 meters. Soil was collected from three depths of 0 to 30, 30 to 60, and 60 to 90 cm, and composite samples were prepared for each depth and area. In total, 54 soil samples were transferred to the laboratory, and their physical and chemical properties, including texture, acidity, electrical conductivity, bulk density, organic carbon, and total nitrogen, were measured. After confirming the normality of the data and homogeneity of variance, one-way analysis of variance and Duncan's multiple range test were used at a significance level of 5% to compare the means.

آماده انتشار (بدون شماره مجله)

RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of variance revealed that livestock grazing intensity significantly affected soil physical and chemical properties. In the ungrazed area, surface layer carbon storage (0–30 cm) measured 11.35 t/ha with nitrogen at 1.87 t/ha, decreasing to 6.05 and 0.87 t/ha, respectively, at the 60–90 cm depth. Under light grazing, carbon storage declined from 7.38 to 9.02 t/ha (surface to deeper layers) while nitrogen decreased from 1.69 to 0.81 t/ha. The peak carbon storage (6.08 t/ha) in the heavy grazing site was observed in the middle layer (30–60 cm), with surface nitrogen storage at 1.01 t/ha decreasing to 0.56 t/ha at 60–90 cm. Bulk density increased with depth (1.39–1.62 g/cm^3) in all sites, while electrical conductivity was high at depths of 60 to 90 cm, particularly under heavy grazing.

These findings demonstrate that reduced grazing intensity enhances soil carbon and nitrogen retention, whereas heavy grazing drastically depletes both. The vertical stratification pattern—higher surface concentrations gradually decreasing with depth—underscores the critical role of grazing management in soil health. Researchers have reported that the absence of grazing in rangelands has positive effects on carbon sequestration and have confirmed this trend (Gao et al., 2007; Wang et al., 2025; Zhou et al., 2024). These findings highlight that optimal grazing management is essential for preserving soil reserves and sustaining the productivity of rangeland ecosystems (Chen et al., 2022).

CONCLUSION

The present findings indicate that livestock grazing intensity plays a decisive role in changes in soil organic carbon and total nitrogen storage across the soil layers of the Sarsaro rangelands in Khash county. Reducing grazing intensity, especially through grazing removal, leads to increased soil organic

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

matter accumulation and nitrogen storage in both surface (0-30 cm) and subsurface (30-90 cm) layers, which can lead to improved microbial activity, increased carbon and nitrogen fixation, and improved soil fertility. Conversely, the destruction of vegetation cover due to heavy grazing led to a reduction of organic matter input and intensified erosion, significantly reducing soil carbon and nitrogen storage at all depths. The increase in soil bulk density caused by heavy grazing confirms high soil density and reduced pore space, which in turn limits water permeability, soil ventilation, and microbial activity, affecting biogeochemical processes of nutrient fixation. This degradation process reduces the soil's potential for carbon dioxide absorption and weakens the function of soil carbon storage, which can accelerate greenhouse gas emissions and exacerbate climate change. Similarly, reducing soil nitrogen storage has consequences such as reduced fertility, reduced biodiversity, and weakened rangeland ecosystem stability. These results are consistent with previous studies that have reported the destructive effects of overgrazing on the physical, chemical, and soil biological properties (Wang et al., 2024) and the reduction of the carbon storage capacity of rangeland ecosystems (Moameri et al., 2024). Accordingly, implementing careful and optimal management of livestock grazing with the aim of reducing grazing pressure, maintaining vegetation cover, and preventing soil compaction is of vital importance for maintaining soil quality and reducing environmental risks. These approaches help improve the health of rangeland ecosystems and increase their resilience to climate pressures.

ETHICAL CONSIDERATIONS

Conflict of Interest Statement: The authors declare **that there is no** conflict of interest.

Ethical Statement: This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.

آماده انتشار (بدون شماره مجله)

ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the financial support provided by the University of Zabol (Grant code: IR-UOZ-GR-8721) for this research.

REFERENCES

References [in Persian]

References [in English]

Chen, L., Baoyin, T., & Xia, F. (2022). Grassland management strategies influence soil C, N, and P sequestration through shifting plant community composition in semi-arid grasslands of northern China. *Ecological Indicators*, 34, 1–12.

Gao, Y. H., P. Luo, N. Wu, H. Chen & G. X. Wang, 2007. Grazing intensity impacts on carbon sequestration in an alpine meadow on the eastern Tibetan Plateau. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(6): 642–647.

Moameri, M., Ghorbani, A., Dadjou, F., Biswas, A., & Varasteh, F. (2024). Soil and plant attributes under grazing exclusion in semi-steppic semi-arid rangelands, Iran. *Arid Land Research and Management*, 38(3), 343–361.

Wang, X., Zhou, C., Zuo, S., Ji, Y., Liu, W., & Huang, D. (2024). Heavy grazing reduces soil bacterial diversity by increasing soil pH in a semi-arid steppe. *PeerJ*, 12, e17031. https://doi.org/10.7717/peerj.17031

Wang, Y., Ju, X., Wu, Q., & Han, G. (2025). Effects of grazing intensity on microbial diversity at different soil depths in desert steppe soils. *Agronomy*, 15(1), 124.

Zhou, S., Dong, Y., Yang, H., Yang, S., Julihaiti, A., Liu, Z., ... & Wang, Y. (2024). Effects of grazing exclusion on soil properties, fungal community structure, and diversity in different grassland types. *Ecology and Evolution*, 14(3), e11056

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ----، شماره ----، --------

بررسی اثر شدت چرای دام بر ترسیب کربن و نیتروژن خاک و پیامدهای زیست‌محیطی در مراتع سرسارو، خاش

مرتضی صابری[1]*، رسول خطیبی[2]، وحید کریمیان[3]

۱. دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران **(نویسنده مسئول)**

ایمیل: Mortezasaberi@uoz.ac.ir / **ORCID:** https://orcid.org/0000-0003-1596-9714

۲. استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج. یاسوج، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۵

تاریخ پذیرش : --/--/--

واژه‌های کلیدی:
مدیریت چرا، عمق خاک، ذخیره کربن، اکوسیستم‌های مرتعی، حاصلخیزی خاک.

چکیده

ترسیب کربن خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای کاهش گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییرات اقلیمی اهمیت فزاینده‌ای یافته است. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر شدت چرای دام بر ذخیره کربن و نیتروژن خاک در مراتع سرسارو شهرستان خاش، با شرایط اقلیمی خشک و اکولوژیکی خاص، انجام شد. نمونه‌برداری خاک در سه تیمار بدون چرا، چرای سبک و چرای شدید از سه عمق صفر تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر صورت گرفت و پارامترهای اسیدیته، هدایت الکتریکی، جرم مخصوص ظاهری، کربن آلی، نیتروژن کل، ذخیره کربن و ذخیره نیتروژن اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد ذخیره کربن و نیتروژن در منطقه بدون چرا به طور معناداری بالاتر از مناطق تحت چرای سبک و چرای شدید بود به طوری که ذخیره کربن در لایه صفر تا ۳۰ سانتیمتر به ترتیب برابر با ۱۱/۳۵، ۸/۷۳ و ۵/۳۴ تن در هکتار و ذخیره نیتروژن به ترتیب ۱/۸۷، ۱/۶۹ و ۱/۰۱ تن در هکتار گزارش شد. چرای شدید بیشترین کاهش ذخایر کربن و نیتروژن را در همه عمق‌ها موجب شده و چرای سبک اثر کمتری داشت. همچنین، جرم مخصوص ظاهری خاک در تمام سایت‌ها با افزایش عمق از ۱/۳۹ به ۱/۶۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب افزایش یافت و هدایت الکتریکی در لایه‌های عمیق‌تر، به ویژه در چرای شدید، افزایش معناداری داشت. این تغییرات نشان‌دهنده تأثیر چرای دام بر ساختار و کیفیت خاک است که می‌تواند فعالیت میکروبی و فرآیندهای تثبیت کربن و نیتروژن را کاهش دهد. بنابراین، مدیریت بهینه شدت چرای دام برای حفظ ذخایر کربن و نیتروژن خاک، افزایش حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم‌های مرتعی در مناطق خشک، ضروری است. یافته‌ها بر اهمیت کاهش فشار چرای دام و حفظ پوشش گیاهی تأکید می‌کنند تا از تخریب خاک جلوگیری و روند فرسایش مهار شود. این رویکردها بهبود عملکرد زیستی خاک و افزایش مقاومت مراتع در برابر فشارهای اقلیمی را تضمین می‌کنند.

آماده انتشار (پذیرش شماره مجله)

استناد: نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام؛ و نام خانوادگی، نام (۱۴۰۰). عنوان مقاله. *مخاطرات محیط طبیعی*، -- (--)، ----

© نویسنده/ نویسندگان

DOI: 00000000000000000000000000

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

مقدمه

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن (CO_2) به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین گازهای گلخانه‌ای، عامل مؤثر در تغییرات اقلیمی و گرم شدن زمین محسوب می‌شود و سهم قابل توجهی، حدود نیمی از افزایش دمای کره زمین را به خود اختصاص داده است (Zellweger et al., 2022). در سال‌های اخیر، به منظور کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو، تلاش‌های متعددی برای جذب و ترسیب کربن صورت گرفته است. ترسیب کربن فرآیندی است که هم در گیاهان و هم در خاک اتفاق می‌افتد. در گیاهان، از طریق فتوسنتز، دی‌اکسیدکربن اتمسفری جذب و به زی‌توده گیاهی تبدیل می‌شود، در حالی که در خاک، میکروارگانیسم‌ها با تثبیت دی‌اکسیدکربن، به ویژه به صورت کربنات‌های معدنی، در این فرآیند نقش ایفا می‌کنند. با توجه به هزینه‌های بالای روش‌های مصنوعی پالایش کربن، ترسیب طبیعی آن در زی‌توده گیاهی و خاک به عنوان روشی ساده، اقتصادی و مؤثر برای کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای، به ویژه CO_2 اتمسفری، مورد توجه قرار گرفته است (Hossein Jafari & Sadeghinia, 2023).

مراتع از مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی به شمار می‌روند و نقش اساسی در چرخه جهانی کربن دارند. هرچند میزان ترسیب کربن و نیتروژن آن‌ها در واحد سطح چندان بالا نیست، اما به دلیل وسعت گسترده، سهمی قابل توجه در ذخایر جهانی دارند، به‌گونه‌ای که حدود ۳۰ درصد کربن آلی خاک و نزدیک به ۱۰ درصد زی‌توده خشکی زمین در این اکوسیستم‌ها جای گرفته است (Challenge et al., 2022). به همین دلیل، مراتع ظرفیت بالایی برای جذب و ذخیره کربن و نیتروژن دارند (Liu et al., 2021; Xiaohong et al., 2023). افزایش ذخایر کربن خاک، به‌ویژه در پاسخ به مدیریت‌های بوم شناختی، به‌عنوان راهبردی مؤثر برای کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری مورد توجه قرار گرفته است (Ordibehesh et al., 2023). ترسیب کربن در خاک به‌طور عمده تحت تأثیر ویژگی‌های گیاهی، عملیات احیایی، شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک، نوع پوشش گیاهی و شیوه‌های مدیریتی از جمله چرای دام قرار دارد (Fattahi et al., 2020). مدیریت چرا، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریتی در مراتع، می‌تواند از طریق کنترل فشار دام، بهبود ترکیب پوشش گیاهی و افزایش زیتوده، بر فرآیند ترسیب کربن در خاک و گیاه تأثیرگذار باشد (Asgari & Alinejad, 2024). در مطالعه‌ای بر روی رویشگاه‌های جنگلی کهگیلویه و بویراحمد برآورد شد که ذخایر کربن در خاک، لاشبرگ و پوشش گیاهی بیش از ۱۵۹ تن در هکتار است و مناطق فاقد چرای دام، بیشترین میزان ترسیب کربن را نشان دادند (Askari et al., 2021). اکوسیستم‌های مرتعی، با توجه به تنوع زیستی، نوع گونه‌های گیاهی، مدیریت مراتع و شرایط اقلیمی، توان متفاوتی در ترسیب کربن دارند (John, 2022). تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی از جمله شدت چرای دام، می‌تواند ساختار و عملکرد اکوسیستم‌ها و به‌ویژه چرخه کربن را تحت تأثیر قرار دهد (Fattahi et al., 2020). بررسی‌های مختلف نشان داده‌اند که شدت چرا نقش کلیدی در تغییر میزان ترسیب کربن و نیتروژن خاک دارد. محققان در مراتع بیجار گزارش کرده‌اند که با افزایش شدت چرا، میزان کربن ذخیره‌شده در خاک، زی‌توده و لاشبرگ کاهش می‌یابد (Joneidi et al., 2016). بیشترین میزان کربن و نیتروژن در مناطق اصلاح‌شده و کمترین مقدار در مناطق با چرای شدید ثبت شده است (Mohammadi-Samani et al., 2022). در مراتع شهرستان مهران، شدت بالای چرای دام منجر به کاهش معنی‌دار کربن آلی، ماده آلی، نیتروژن و فعالیت میکروبی خاک شد (Hematizad et al., 2025). همچنین، در مراتع قوشچی ارومیه، قرق مراتع در مقایسه با چرای دام موجب افزایش معنی‌دار کربن آلی و نیتروژن شده است (Souri et al., 2023). شدت چرای دام تأثیر مستقیمی

آماده انتشار (بدون شماره صفحه)

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

بر ارزش اقتصادی ترسیب کربن دارد، به‌طوری‌که مناطق با چرای سبک، بیشترین میزان ترسیب و ارزش اقتصادی را نشان می‌دهند (Mofidi Chelan et al., 2021).

در یک مطالعه، شدت‌های مختلف چرای دام اثر منفی معناداری بر کربن خاک نشان دادند (Jafari et al., 2016). نتایج یک فراتحلیل جامع بر ۹۵ مطالعه علمی نشان می‌دهد که چرای شدید با کاهش کربن آلی، زی‌توده میکروبی و فعالیت آنزیم‌های کلیدی خاک ارتباط نزدیکی دارد. همچنین مشخص شد که تأثیر چرای دام بر چرخه کربن، به‌مراتب قوی‌تر از چرخه نیتروژن و فسفر است (Xu et al., 2023). محققان در پژوهشی تأثیر شدت چرای دام بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در اعماق مختلف یک اکوسیستم استپی بیابانی را بررسی کردند و نشان دادند که چرای شدید منجر به فشردگی بیشتر خاک، کاهش تخلخل و ماده آلی، و افزایش شوری و اسیدیته می‌شود. این تغییرات ساختار خاک را تخریب کرده، و حاصلخیزی آن را کاهش می‌دهد و بر پایداری اکوسیستم اثر منفی دارد. نتایج مطالعه بر اهمیت مدیریت پایدار چرای دام به‌منظور حفظ خصوصیات کلیدی خاک در اکوسیستم‌های شکننده بیابانی تأکید دارد (Wang et al., 2025; Mofidi Chelan et al., 2012). چرای دام، به‌ویژه زمانی که فراتر از ظرفیت مرتع انجام شود، یکی از مهم‌ترین اختلالات اکولوژیکی در اکوسیستم‌های مرتعی محسوب شده و باعث تخریب ساختار خاک، فشردگی سطحی، کاهش نفوذپذیری آب، فرسایش، افت ماده آلی و تنزل حاصلخیزی می‌شود (Wang et al., 2025; Niknahad Gharmakher et al., 2017). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که شدت چرای دام یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر چرخه کربن و نیتروژن است و چرای شدید موجب کاهش کربن آلی، ماده آلی، نیتروژن و زی‌توده گیاهی می‌شود. بر این اساس، مدیریت پایدار چرای دام نقش کلیدی در حفظ حاصلخیزی خاک، پایداری اکوسیستم‌های مرتعی و افزایش ترسیب کربن دارد.

آماده انتشار (بدون شماره و مجلد)

با توجه به اهمیت فزاینده ترسیب کربن به‌عنوان راهکاری مؤثر در کاهش گازهای گلخانه‌ای و نقش مستقیم مدیریت چرا در عملکرد کربن خاک و پوشش گیاهی، بررسی تأثیر شدت چرای دام بر ترسیب کربن و نیتروژن در مراتع مناطق خشک از جمله مراتع سرسارو شهرستان خاش که دارای شرایط اکولوژیکی ویژه‌ای است، امری ضروری به شمار می‌آید. شدت چرای دام علاوه بر تأثیر بر ذخیره عناصر غذایی، می‌تواند منجر به تغییرات ساختاری در پوشش گیاهی و خاک شده و پیامدهای مخاطرات زیست‌محیطی نظیر فرسایش خاک، کاهش تنوع زیستی و تخریب اکوسیستم را به دنبال داشته باشد. این مطالعه با هدف شناخت دقیق‌تر سازوکارهای اکولوژیکی و مدیریتی مرتبط با چرای دام و ارزیابی پیامدهای مخاطراتی ناشی از تغییرات در شدت چرا انجام شده است تا بتوان راهکارهایی مؤثر برای حفظ و افزایش ذخیره کربن و نیتروژن در مراتع و ارتقای پایداری منابع طبیعی ارائه داد.

داده‌ها و روش‌ها

مراتع آبخیز سرسارو در استان سیستان و بلوچستان و در فاصله ۳۰ کیلومتری شمال شهرستان خاش واقع شده است. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده طول جغرافیایی ۶۱°۸′ تا ۶۱°۲۰′ شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸°۲۵′ تا ۲۸°۳۲′ شمالی قرار دارد. وسعت کل آبخیز برابر با ۶۶،۷۸۹ کیلومتر مربع (معادل ۶۶۷۸۹ هکتار) است و بیشینه ارتفاع آن به ۲۴۸۷/۶ متر و کمینه ارتفاع در خروجی آبخیز برابر با ۱۴۳۹ متر می‌باشد (شکل ۱). بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، این منطقه دارای اقلیم بیابانی گرم است و طبق روش دومارتن، اقلیم خشک و معتدل را داراست. میانگین بارش سالانه آبخیز حدود ۱۴۹/۶ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن برابر با ۱۸/۶ درجه

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

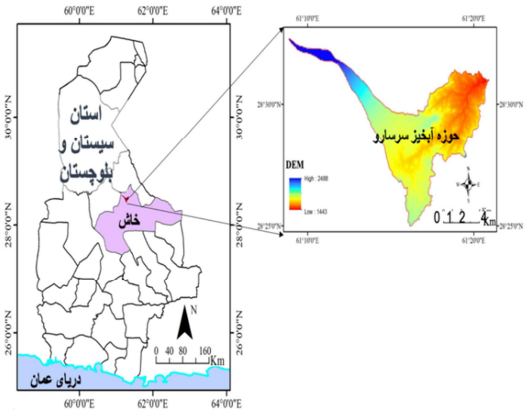
سانتی‌گراد گزارش شده است. پوشش گیاهی منطقه در فلور بلوچ جای می‌گیرد و به دلیل بارندگی کم، توزیع نامنظم بارش، شرایط نامطلوب خاک و مدیریت نامناسب چرای دام، درصد پوشش گیاهی آبخیز کمتر از ظرفیت بالقوه آن می‌باشد.

نمونه‌برداری خاک

جهت بررسی تأثیر شدت چرای دام بر ذخیره کربن و نیتروژن خاک، در مراتع سرسارو شهرستان خاش، مناطقی با شدت‌های مختلف چرا انتخاب شدند. پس از انتخاب مناطق مورد مطالعه، نمونه‌برداری به روش تصادفی سیستماتیک در خرداد ماه ۱۴۰۲ انجام شد. از روش آماری برای تعیین تعداد پلات و از روش تجربی برای تعیین اندازه پلات استفاده شد (Arzani & Abedi, 2015). سپس با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه، برای هر سایت ۶ ترانسکت ۱۰۰ متری (سه تا در جهت شیب و سه تا عمود بر جهت شیب) با فواصل تقریبی ۵۰ متر، استقرار گردید و در طول هر ترانسکت ۱۰ پلات ۲ در ۲ متری با فواصل ۱۰ متر، برداشت شد. داخل هر پلات فهرست همه گونه‌های موجود، درصد تاج پوشش، لاشبرگ، سنگ و سنگریزه، خاک لخت ثبت گردید.

بر اساس داده‌های برداشت‌شده، سایت بدون چرا دارای بیشترین تنوع گیاهی بود. گونه‌های شاخص این منطقه شامل Zygophyllum eurypterm، Artemisia santolina، Astragalus squarrosus، Gymnocarpus decander، Acanthophyllum squarrosum و Scariola orientalis بوده و مجموع پوشش گیاهی ۲۵ درصد بدست آمد (شکل ۲). در منطقه با چرای سبک، تنوع گونه‌ای کاهش یافت و ترکیب پوشش به سمت گونه‌های مقاومتر به چرا متمایل گردید. گونه‌های شاخص شامل Hammada salicornia، Peganum harmala، Cousinia sp، Zygophyllum eurypterum و Scariola orientalis بودند و درصد پوشش گیاهی به ۱۸ درصد رسید (شکل ۳). در ادامه چرای شدید، کمترین غنای گونه‌ای ثبت گردید. گونه‌هایی نظیر اسپند (Peganum harmala) و هزار خار (Cousinia stocksii) که مقاوم و کم‌ارزش مرتعی هستند غالب بودند که حضور آن‌ها معمولاً به‌عنوان شاخصی از تخریب پوشش گیاهی و افت وضعیت مرتع در اثر چرای بی‌رویه شناخته می‌شود (شکل ۴).

آماده انتشار (بدون شماره مجله)



شکل ۱: موقعیت مراتع آبخیز سرسارو در استان و کشور

شکل ۲: منطقه بدون چرا

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

شکل ۳: منطقه تحت چرای سبک

شکل ۴: منطقه تحت چرای شدید

برای نمونه‌برداری خاک به‌منظـور تعیـین ویژگی‌های خاک برای هر منطقه (بدون چرا، چرای سبک و چرای شدید)، از ابتدا، وسط و انتهای هر ترانسکت بعد از کنار زدن لاشبرگ‌ها، با حفر پروفیل از عمق صفر تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا۹۰ سانتیمتر نمونه خاک برداشت شد. سپس سه نمونه برداشت شده از هر ترانسکت (شش ترانسکت و در نهایت شش نمونه برای هر منطقه و عمق مشخص) با هم مخلوط و یک نمونه مرکب تهیه شد. در مجموع تعداد ۵۴ نمونه خاک جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد نظربه آزمایشگاه انتقال یافت. مشخصه‌های خاک شامل بافت با استفاده از هیدرومتری بایکاس، اسیدیته خاک به روش عصاره گیری اشباع و pH متر، هدایت الکتریکی با عصاره گل اشباع و Ec متر، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه (Shahbazi et al., 2024)، کربن آلی و نیتروژن به ترتیب با روش اکسیداسیون دی کرومات والکی و بلاک و روش کجلدال (Kamali et al., 2022) اندازه گیری شدند. پس از محاسبه کربن آلی و نیتروژن خاک، میزان ترسیب کربن و نیتروژن در خاک بر اساس روش (MacDicken, 1997) محاسبه شد.

آماده انتشار (ویرایش شماره مجله)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از انجام مطالعات آزمایشگاهی، نرمال بودن داده‌ها با آزمون Kolmogrove- Smirnov و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS و تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA) تحلیل شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک در منطقه بدون چرا

نتایج تجزیه واریانس بین سه عمق مورد مطالعه نشان می‌دهد که تمامی خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک در منطقه بدون چرا از جمله اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، جرم مخصوص ظاهری، ذخیره کربن و ذخیره نیتروژن، تفاوت‌های معناداری بین گروه‌های مورد بررسی داشتند (جدول ۱).

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

جدول ۱: تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک در منطقه بدون چرا

ویژگی‌های خاک		درجه آزادی	میانگین مربعات	F
اسیدیته	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۴۷	۷۰/۹۸ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۱	
هدایت الکتریکی	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۱۳	۲۱/۵۰ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۱	
کربن آلی	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۱۹	۱۵۹/۰۳ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۰	
نیتروژن کل	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۰۱	۱۱۲/۳ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۰	
جرم مخصوص ظاهری	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۴۳	۲۶/۸ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۲	
ذخیره کربن	بین گروه‌ها	۲	۲۵/۴۲	۶۹/۹ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۳۶	
ذخیره نیتروژن	بین گروه‌ها	۲	۱/۰۰	۶۴/۳ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۱۶	

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک در منطقه بدون چرا نشان می‌دهد که اسیدیته خاک با افزایش عمق کاهش یافته است، به‌طوری که بالاترین مقدار در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر (۷/۷۲) و کمترین در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر (۷/۴۷) مشاهده شد. هدایت الکتریکی در لایه‌های عمیق‌تر افزایش یافته و بیشترین مقدار در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر ثبت شده است. کربن آلی و نیتروژن خاک به ترتیب در عمق سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) بیشترین مقدار و در لایه‌های زیرین کاهش معناداری داشته‌اند. همچنین، جرم مخصوص ظاهری با افزایش عمق افزایش یافته و از ۱/۳۹ در سطح به ۱/۶۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب در عمق ۶۰ تا ۹۰ رسیده است. ذخیره کربن نیز با کاهش عمق کاهش یافته و بیشترین مقدار در لایه سطحی ثبت شده است. ذخیره نیتروژن در عمق سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) به‌طور معناداری بیشتر از لایه‌های زیرین بود. این الگوها نشان‌دهنده تمرکز بیشتر مواد آلی و عناصر مغذی در لایه‌های سطحی خاک و کاهش تدریجی آنها با افزایش عمق است (جدول ۲).

آماده انتشار (بدون شماره صفحه)

جدول ۲: مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک در منطقه بدون چرا

ویژگی‌های خاک	عمق		
	۳۰-۰	۶۰-۳۰	۹۰-۶۰
اسیدیته	^{a}۷/۷۲	^{b}۷/۵۶	^{c}۷/۴۷
هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	^{b}۰/۴۷	^{b}۰/۵۰	^{a}۰/۵۹
کربن آلی (%)	^{a}۰/۲۷	^{b}۰/۲۰	^{c}۰/۱۱
نیتروژن (%)	۰/^{a}۰۴۵	^{b}۰/۱۹	^{b}۰/۱۸
جرم مخصوص ظاهری($g\ cm^{3}$)	^{c}۱/۳۹	^{b}۱/۴۸	^{a}۱/۶۲
ذخیره کربن (تن در هکتار)	^{a}۱۱/۳۵	^{b}۹/۲۵	^{c}۵/۶۰
ذخیره نیتروژن (تن در هکتار)	^{a}۱/۸۷	^{b}۰/۸۷	^{b}۰/۸۷

حروف متفاوت در هر ردیف نشاندهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($p<0.05$).

ویژگی‌های خاک در منطقه با چرای سبک

در منطقه چرای سبک، تجزیه واریانس نشان داد که اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک تفاوت معناداری ندارند، اما کربن آلی، نیتروژن کل، جرم مخصوص ظاهری، ذخیره کربن و ذخیره نیتروژن تحت تأثیر چرای سبک به طور

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

معناداری تغییر کردند. این نتایج نشان می‌دهد که چرای سبک بیشترین تأثیر را بر ذخایر کربن و نیتروژن خاک داشته و سایر ویژگی‌های خاک نسبت به آن پایدارتر باقی می‌مانند (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک در منطقه چرای سبک

ویژگی‌های خاک		درجه آزادی	میانگین مربعات	F
اسیدیته	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۰۸	۰/۲۸ ns
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۲۹	
هدایت الکتریکی	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۰۷	۳/۲ ns
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۲	
کربن آلی	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۱۶	۱۵۶/۰۳ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۰	
نیتروژن کل	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۰۱	۳۲۷/۰ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۰	
جرم مخصوص ظاهری	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۴۴	۲۶/۷ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۲	
ذخیره کربن	بین گروه‌ها	۲	۲۹/۲۰	۱۵۸/۰۶ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۱۸	
ذخیره نیتروژن	بین گروه‌ها	۲	۰/۷۸	۳۹۳/۹ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۲	

**،* به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد، ns اختلاف معنی دار وجود ندارد.

آماده انتشار (پذیرش شماره مجله)

در منطقه چرای سبک، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک تفاوت معناداری بین عمق‌های مختلف نشان ندادند و در محدوده ثابتی باقی ماندند. اما کربن آلی و نیتروژن کل به طور معنی‌داری در لایه سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) بیشتر از لایه‌های زیرین بودند و با افزایش عمق کاهش یافتند. جرم مخصوص ظاهری خاک نیز به طور معناداری با افزایش عمق افزایش یافت. ذخیره کربن و ذخیره نیتروژن نیز تفاوت‌های معناداری در عمق‌های مختلف داشتند، به‌گونه‌ای که بیشترین ذخیره در لایه سطحی مشاهده شد و با افزایش عمق کاهش یافت. این نتایج بیانگر تمرکز بیشتر مواد آلی و مغذی در لایه‌های سطحی خاک و تغییرات ساختاری محسوس با افزایش عمق است، در حالی که اسیدیته و هدایت الکتریکی در این شرایط پایدار باقی مانده‌اند (جدول ۴).

جدول ۴: مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک در منطقه چرای سبک

ویژگی‌های خاک	عمق		
	۳۰-۰	۶۰-۳۰	۹۰-۶۰
اسیدیته	^{a}۷/۶۸	^{a}۷/۶۰	^{a}۷/۵۸
هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	۰/^{a}۴۹	^{a}۰/۵۴	^{a}۰/۵۹
کربن آلی (%)	^{a}۰/۲۷	^{b}۰/۲۰	^{c}۰/۱۱
نیتروژن (%)	۰/^{a}۰۴۰	^{b}۰/۰۱۸	^{c}۰/۰۱۷
جرم مخصوص ظاهری($g\ cm^{3}$)	^{c}۱/۳۹	^{b}۱/۴۸	^{a}۱/۶۲
ذخیره کربن (تن در هکتار)	^{a}۸/۷۳	^{b}۷/۸۱	^{c}۲/۹۳
ذخیره نیتروژن (تن در هکتار)	^{a}۱/۶۹	^{b}۰/۸۱	^{b}۰/۷۹

حروف متفاوت در هر ردیف نشاندهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($p<0.05$).

ویژگی‌های خاک در منطقه با چرای شدید

تجزیه واریانس ویژگی‌های خاک در منطقه چرای شدید نشان داد که میزان اسیدیته خاک در سه عمق مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود ندارد . اما در مقدار هدایت الکتریکی، کربن آلی، نیتروژن کل، جرم مخصوص ظاهری و ذخیره

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

کربن تفاوت‌های معنی‌داری در سطح یک درصد آماری وجود داشت. همچنین ذخیره نیتروژن در سطح پنج درصد آماری معنی‌دار بود. این نتایج بیانگر تأثیر قابل توجه چرای شدید بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، به ویژه کاهش یا تغییر در ذخایر کربن و نیتروژن، افزایش جرم مخصوص ظاهری و تغییر هدایت الکتریکی است، در حالی که اسیدیته خاک در برابر این شدت چرا نسبتاً پایدار باقی مانده است (جدول ۵).

جدول ۵: تجزیه واریانس ویژگی‌های خاک در منطقه چرای شدید

ویژگی‌های خاک		درجه آزادی	میانگین مربعات	F
اسیدیته	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۱۴	۱/۲۲ ns
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۱۱	
هدایت الکتریکی	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۱۵	۱۱/۴۸ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۱	
کربن آلی	بین گروه‌ها	۲	۰/۱۹	۱۵۹/۰ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۰	
نیتروژن کل	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۰۰	۱۵/۳ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۰	
جرم مخصوص ظاهری	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۴۳	۲۶/۸۳ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۲	
ذخیره کربن	بین گروه‌ها	۲	۱۳/۵۲	۱۰۲/۰۱ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۱۳	
ذخیره نیتروژن	بین گروه‌ها	۲	۰/۱۷۵	۱۰/۶۷ *
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۱۶	

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد، ns اختلاف معنی دار وجود ندارد.

آماده انتشار (بدون شماره مجله)

در منطقه تحت چرای شدید، اسیدیته خاک در عمق‌های مختلف تفاوت معناداری نشان نداد و به طور یکنواخت بین ۷/۶۲ تا ۷/۶۹ باقی ماند. هدایت الکتریکی در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر به طور معناداری بالاتر از لایه‌های سطحی بود. درصد کربن آلی و نیتروژن کل در دو لایه (صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) تفاوت معناداری نداشت، اما در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر به طور قابل توجهی کاهش یافت. جرم مخصوص ظاهری خاک به صورت معکوس با افزایش عمق افزایش یافت، به گونه‌ای که از ۱/۳۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب در سطح به ۱/۶۲ در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر رسید. ذخیره کربن بیشترین مقدار خود را در لایه میانی (۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) نشان داد و در لایه‌های سطحی و زیرین به طور معناداری کمتر بود. همچنین ذخیره نیتروژن در لایه سطحی بالاتر از دو لایه زیرین بود. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه چرای شدید بر توزیع عمقی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تمرکز متفاوت ذخایر کربن و نیتروژن در لایه‌های مختلف خاک است (جدول ۶).

جدول ۶: مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک در منطقه چرای شدید

ویژگی‌های خاک	عمق		
	۳۰-۰	۶۰-۳۰	۹۰-۶۰
اسیدیته	^{a}۷/۶۹	^{a}۷/۵۶	^{a}۷/۶۲
هدایت الکتریکی (dSm-1)	^{b}۰/۴۶	^{b}۰/۴۹	^{a}۰/۵۹
کربن آلی (%)	^{a}۰/۱۱	^{a}۰/۱۲	^{b}۰/۰۴۱
نیتروژن (%)	۰/^{a}۰۲۰	^{b}۰/۰۱۳	^{b}۰/۰۱۱
جرم مخصوص ظاهری($g\ cm^3$)	^{c}۱/۳۹	^{b}۱/۴۸	^{a}۱/۶۲
ذخیره کربن (تن در هکتار)	^{b}۵/۳۴	^{a}۶/۰۸	^{c}۲/۰۹
ذخیره نیتروژن (تن در هکتار)	^{a}۱/۰۱	^{b}۰/۶۲	^{b}۰/۵۶

حروف متفاوت در هر ردیف نشاندهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($p<0.05$).

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

اثرات شدت چرا بر ذخیره کربن و نیتروژن خاک

عمق اول

با توجه به نتایج، شدت چرای دام تأثیر معنی‌داری بر ذخیره کربن و نیتروژن خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نشان داد، به‌طوری‌که این اثر در سطح اطمینان یک درصد آماری معنی‌دار است. مقادیر بالای آماره F حاکی از آن است که تفاوت بین تیمارهای بدون چرا، چرای سبک و چرای شدید به‌مراتب بیشتر از تغییرات درون هر تیمار بوده و این اختلافات ناشی از تغییر در شدت چرا است. به‌طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهد که کاهش شدت چرا می‌تواند به بهبود ترسیب کربن و افزایش ذخیره نیتروژن در خاک منجر شود، در حالی‌که چرای شدید اثر منفی قابل‌ملاحظه‌ای بر این شاخص‌ها دارد (جدول ۷).

جدول ۷: تجزیه واریانس ذخیره کربن و نیتروژن خاک در عمق ۰-۳۰ مناطق مورد مطالعه

ویژگی‌های خاک		درجه آزادی	میانگین مربعات	F
ذخیره کربن (تن در هکتار)	بین گروه‌ها	۲	۲۷/۳۰	۲۳۹/۰۸ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۱۱	
ذخیره نیتروژن (تن در هکتار)	بین گروه‌ها	۲	۰/۶۲۱	۲۶/۸۵ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۲۳	

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

آماده انتشار (بدون شماره و مجله)

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ذخیره کربن خاک در منطقه بدون چرا ۱۱/۳۵ تن در هکتار به‌دست آمد که به‌طور معناداری بیشتر ازمنطقه با چرای سبک (۸/۷۳ تن در هکتار) و چرای شدید (۵/۳۴ تن در هکتار) بود. همچنین، ذخیره نیتروژن خاک در تیمارهای بدون چرا (۱/۸۷ تن در هکتار) و چرای سبک (۱/۶۹ تن در هکتار) اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، اما هر دو به‌طور معناداری بالاتر از منطقه با چرای شدید (۱/۰۱ تن در هکتار) قرار گرفتند. این نتایج بیانگر آن است که حذف چرا سبب افزایش حدود ۱/۳ برابر ذخیره کربن نسبت به چرای سبک و بیش از دو برابر نسبت به چرای شدید می‌شود، در حالی‌که چرای شدید باعث کاهش حدود ۴۶ درصدی ذخیره نیتروژن نسبت به بدون چرا می‌گردد (جدول ۸).

جدول ۸: مقایسه میانگین ذخیره کربن و نیتروژن خاک در عمق ۰-۳۰ مناطق مورد مطالعه

ویژگی‌های خاک	شدت چرا		
	بدون چرا	چرای سبک	چرای شدید
ذخیره کربن (تن در هکتار)	^{a}۱۱/۳۵	^{b}۸/۷۳	^{c}۵/۳۴
ذخیره نیتروژن (تن در هکتار)	^{a}۱/۸۷	^{a}۱/۶۹	^{b}۱/۰۱

حروف متفاوت در هر ردیف نشاندهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($p<0.05$).

عمق دوم

نتایج نشان می‌دهد که شدت چرای دام بر ذخیره کربن خاک در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر در سطح ۹۹ درصد و بر ذخیره نیتروژن در سطح ۹۵ درصد معنادار است. این امر بیانگر آن است که حتی در لایه زیرسطحی، تغییر شدت چرا موجب اختلاف قابل‌توجهی در میزان ترسیب کربن و ذخیره نیتروژن می‌شود (جدول ۹).

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

جدول ۹: تجزیه واریانس ذخیره کربن و نیتروژن خاک در عمق ۳۰-۶۰ مناطق مورد مطالعه

ویژگی‌های خاک		درجه آزادی	میانگین مربعات	F
ذخیره کربن (تن در هکتار)	بین گروه‌ها	۲	۷/۵۴	۴۴/۰۵ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۱۷	
ذخیره نیتروژن (تن در هکتار)	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۴	۷/۰۹ *
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۷	

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر، بیشترین ذخیره کربن خاک مربوط به منطقه بدون چرا با ۹/۲۵ تن در هکتار است که به‌ترتیب حدود ۱۸ درصد بیشتر از چرای سبک (۷/۸۱ تن در هکتار) و ۵۲ درصد بیشتر از چرای شدید (۶/۰۸ تن در هکتار) می‌باشد. در مورد ذخیره نیتروژن، تیمارهای بدون چرا (۰/۷۸ تن در هکتار) و چرای سبک (۰/۷۹ تن در هکتار) اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر ندارند، اما هر دو به‌طور معناداری مقادیر بیشتری نسبت به چرای شدید (۰/۶۲ تن در هکتار) دارند. این نتایج نشان می‌دهد که حتی در لایه زیرسطحی خاک، کاهش شدت چرا موجب افزایش قابل‌توجه ترسیب کربن و حفظ ذخایر نیتروژن می‌شود، در حالی‌که چرای شدید اثر کاهشی چشمگیری بر این شاخص‌ها دارد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰: مقایسه میانگین ذخیره کربن و نیتروژن خاک در عمق ۳۰-۶۰ مناطق مورد مطالعه

ویژگی‌های خاک	شدت چرا		
	بدون چرا	چرای سبک	چرای شدید
ذخیره کربن (تن در هکتار)	^{a}۹/۲۵	^{b}۷/۸۱	^{c}۶/۰۸
ذخیره نیتروژن (تن در هکتار)	^{a}۰/۸۷	^{a}۰/۷۹	^{b}۰/۶۲

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($p<0.05$).

آماده انتشار (بدون شماره مجله)

عمق سوم

شدت چرای دام تأثیر بسیار معناداری بر ذخیره کربن و نیتروژن خاک در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متری خاک دارد. مقادیر بالای آماره F برای هر دو ویژگی، بیانگر اختلاف قابل توجه بین تیمارهای مختلف چرا و تفاوت‌های کم‌اهمیت درون‌گروهی است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که شدت چرا حتی در لایه‌های عمیق‌تر خاک نیز به طور قابل‌توجهی بر میزان ذخیره کربن و نیتروژن تأثیرگذار است (جدول ۱۱).

جدول ۱۱: تجزیه واریانس ذخیره کربن و نیتروژن خاک در عمق ۶۰-۹۰ مناطق مورد مطالعه

ویژگی‌های خاک		درجه آزادی	میانگین مربعات	F
ذخیره کربن (تن در هکتار)	بین گروه‌ها	۲	۱۰/۰۸	۲۵/۵۱ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۳۹	
ذخیره نیتروژن (تن در هکتار)	بین گروه‌ها	۲	۰/۰۷۹	۱۹/۹۷ **
	درون گروه‌ها	۱۵	۰/۰۰۴	

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر، ذخیره کربن در تیمار بدون چرا با میانگین ۵/۶ تن در هکتار به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای چرای سبک (۲/۹ تن در هکتار) و چرای شدید (۲/۰۹ تن در هکتار) است، که این دو تفاوت آماری معناداری با یکدیگر ندارند. همچنین، ذخیره نیتروژن در تیمارهای بدون چرا (۰/۸۷تن در هکتار) و چرای سبک (۰/۸۱ تن در هکتار) در یک گروه آماری قرار گرفته و هر دو به‌طور معناداری بالاتر از چرای شدید (۰/۵۶ تن در هکتار) بودند. این نتایج نشان می‌دهد که کاهش شدت چرا به حفظ ذخیره کربن

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

و نیتروژن در لایه‌های عمیق‌تر خاک کمک می‌کند، در حالی که چرای شدید باعث کاهش قابل توجه این ذخایر می‌شود (جدول ۱۲).

جدول ۱۲: مقایسه میانگین ذخیره کربن و نیتروژن خاک در عمق ۶۰-۹۰

ویژگی‌های خاک	شدت چرا		
	بدون چرا	چرای سبک	چرای شدید
ذخیره کربن (تن در هکتار)	^{a}۵/۶	^{b}۲/۹	^{b}۲/۰۹
ذخیره نیتروژن (تن در هکتار)	^{a}۰/۸۷	^{a}۰/۸۱	^{b}۰/۵۶

حروف متفاوت در هر ردیف نشاندهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($p<0.05$).

ترسیب کربن خاک یکی از فرآیندهای کلیدی در حفظ ثبات اکوسیستم‌های مرتعی و تعدیل تغییرات اقلیمی به شمار می‌رود، زیرا خاک به عنوان بزرگ‌ترین مخزن کربن زمین، نقش اساسی در تنظیم چرخه جهانی کربن دارد (Liu et al., 2023). شدت چرای دام، به عنوان یکی از عامل مدیریت مراتع، تأثیر عمیقی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک داشته و به ویژه ظرفیت ذخیره کربن و نیتروژن را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Conant et al., 2017). تحلیل تأثیرات چرای دام با شدت‌های مختلف، راهنمایی مهمی برای تدوین استراتژی‌های مدیریتی پایدار و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی مراتع فراهم می‌کند (Zhou et al., 2024).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ذخیره کربن و نیتروژن در لایه سطحی خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) در مناطق بدون چرای دام به شکل چشمگیری بالاتر است. این افزایش ذخیره به دلیل تجمع بیشتر مواد آلی، بقایای گیاهی و فعالیت میکروبی قوی‌تر در این لایه سطحی است که نقش مهمی در فرآیندهای تثبیت کربن و نیتروژن ایفا می‌کند (Conant et al., 2017). کاهش ذخایر این عناصر در لایه‌های زیرسطحی، اهمیت لایه سطحی خاک را به عنوان کانون فرآیندهای زیستی و اکوسیستمیک تأیید می‌کند (Zhou et al., 2024). پوشش گیاهی سالم در مناطق بدون چرا، ورودی مستمر مواد آلی به خاک را تضمین کرده و شرایط بهینه‌ای برای فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک فراهم می‌آورد که این امر منجر به افزایش ظرفیت خاک در ذخیره کربن و نیتروژن می‌شود (Moameri et al., 2024). در مقابل، چرای سبک و به ویژه چرای شدید باعث کاهش معنادار ذخایر کربن آلی و نیتروژن خاک می‌شود. تأثیر منفی شدت‌های مختلف چرای دام بر کاهش کربن خاک توسط محققان گزارش شده است (Jafari et al., 2016). همچنین در مطالعه ای در مراتع شهرستان مهران، کاهش معنی‌دار کربن آلی، ماده آلی، نیتروژن و فعالیت میکروبی خاک در شدت‌های بالای چرا مشاهده گردید (Hematizad et al., 2025). طبق گزارشی در مراتع بیجار، با افزایش شدت چرا، میزان کربن ذخیره‌شده در خاک، زی‌توده و لاشبرگ کاهش یافت (Joneidi et al., 2016). کاهش ورودی بقایای گیاهی به خاک، تخریب ساختار خاک و افزایش فرسایش ناشی از تردد بیش از حد دام، به کاهش فعالیت زیستی خاک و ظرفیت تثبیت کربن و نیتروژن منجر می‌گردد (Zhang et al., 2023). فشردگی خاک ناشی از چرای شدید که با افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش فضای منافذ همراه است، موجب کاهش نفوذپذیری آب و گاز، تهویه نامناسب و محدودیت فعالیت میکروبی می‌شود؛ عواملی که همگی ظرفیت ذخیره‌سازی کربن و نیتروژن را تضعیف می‌کنند (Qu et al., 2024). این شرایط باعث کاهش توان اکوسیستم در جذب دی‌اکسیدکربن و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد که پیامدهای منفی قابل توجهی برای اقلیم و تنوع زیستی به همراه دارد (Liu et al., 2023).

آماده انتشار (بدون شماره مجلد)

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

در لایه‌های زیرسطحی (۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر)، هرچند ذخایر کربن و نیتروژن به طور طبیعی کمتر از لایه سطحی است، تغییرات قابل توجهی در اثر شدت چرای دام مشاهده شد. افزایش تراکم خاک و کاهش نفوذپذیری در این لایه‌ها محدودیت‌های فیزیکی ایجاد کرده که باعث کاهش فعالیت میکروبی و فرآیندهای تثبیت کربن و نیتروژن می‌شود. این یافته‌ها با مطالعات مشابه (Qu et al., 2024; Zhang et al., 2023) همسو است که تراکم و فشردگی خاک را به عنوان عوامل محدودکننده عمده ظرفیت ذخیره مواد مغذی در لایه‌های عمیق‌تر خاک معرفی می‌کنند.

از سوی دیگر، ثبات نسبی اسیدیته خاک در تمامی لایه‌ها بیانگر این است که این ویژگی عمدتاً تحت کنترل عوامل ژئومورفولوژیکی و اقلیمی پایدار بوده و تأثیر چرای دام بر آن محدود و ناچیز است .(Belteben et al., 2020) با این حال، کاهش قابل توجه ذخایر کربن و نیتروژن خاک پیامدهای اکولوژیکی و زیست‌محیطی گسترده‌ای در پی دارد. کاهش ذخایر کربن خاک می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت جذب دی‌اکسیدکربن اتمسفری شود و به این ترتیب افزایش گازهای گلخانه‌ای و تشدید تغییر اقلیم را به دنبال داشته باشد (Wu et al., 2014). همچنین، کاهش ذخایر نیتروژن به کاهش حاصلخیزی خاک و در نهایت کاهش تنوع و عملکرد زیستی مراتع منجر می‌شود که این امر می‌تواند پایداری اکوسیستم را به مخاطره بیاندازد (Chen et al., 2022). در این مطالعه با توجه به نتایج جرم مخصوص ظاهری خاک با افزایش شدت چرا و عمق افزایش یافت. که نشان می‌دهد پایداری خاکدانه در لایه سطحی بیشتر از لایه‌های عمقی است. مطالعات مختلف، اثرات مستقیم و غیرمستقیم شدت چرای دام بر ویژگی‌های خاک را آشکار کرده‌اند (Zhang et al., 2023). لگدمال شدن ناشی از فعالیت دام در طول دوره چرا می‌تواند منجر به فشردگی خاک شده (Qu et al., 2024) و در نتیجه، ظرفیت نگهداری آب، میزان هوادهی و شرایط اکسایش–کاهش خاک را به‌طور قابل‌توجهی تغییر دهد (Liu et al., 2015). چرای دام می‌تواند اثرات مخربی از جمله، فشردگی بیش‌ازحد سطح خاک، کاهش نفوذپذیری، ایجاد شرایط نامناسب برای رشد ریشه گیاهان، اختلال در تبادلات گازی، کاهش فعالیت زیستی موجودات خاکزی، افزایش فرسایش آبی و بادی و در نهایت، از بین رفتن تدریجی خاک شود (Khatibi & Farahi, 2024). بنابراین، مدیریت دقیق شدت چرای دام با هدف حفظ تعادل در ذخایر کربن و نیتروژن خاک امری حیاتی است. استفاده از روش‌های چرای چرخشی، تعیین ظرفیت حمل بار متناسب با شرایط اکوسیستم و استراحت دادن به مراتع، می‌تواند به حفظ ساختار خاک، افزایش ذخایر مواد آلی و بهبود عملکرد اکوسیستم کمک کند (Wang et al., 2025). این اقدامات نه تنها باعث افزایش پایداری مراتع می‌شوند بلکه نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و محافظت از تنوع زیستی و سلامت خاک ایفا می‌کنند.

آماده انتشار (بدون شماره مجله)

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر به وضوح نشان می‌دهد که شدت چرای دام نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییرات ذخیره کربن آلی و نیتروژن کل خاک در لایه‌های مختلف پروفیل خاک مراتع سرسارو شهرستان خاش ایفا می‌کند. کاهش شدت چرا، به‌ویژه در شرایط حذف چرا، منجر به افزایش تجمع مواد آلی خاک و ذخیره نیتروژن در هر دو لایه سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) و زیرسطحی (۳۰-۹۰ سانتی‌متر) می‌شود، که این موضوع می‌تواند بهبود فعالیت میکروبی، افزایش تثبیت کربن و نیتروژن و ارتقاء حاصلخیزی خاک را به دنبال داشته باشد. برعکس، چرای شدید با تخریب پوشش گیاهی، کاهش ورودی مواد آلی و تشدید فرسایش، باعث کاهش چشمگیر ذخیره کربن و نیتروژن خاک در تمام عمق‌ها می‌گردد. افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک ناشی از چرای شدید مؤید تراکم بالای خاک و کاهش فضای

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

متخلخل است که به نوبه خود، نفوذپذیری آب، تهویه خاک و فعالیت میکروبی مؤثر در فرآیندهای بیوژئوشیمیایی تثبیت عناصر غذایی را محدود می‌کند. این روند تخریبی، کاهش پتانسیل خاک در جذب دی‌اکسیدکربن و تضعیف عملکرد ذخیره کربن خاک را به همراه دارد که می‌تواند موجب تسریع انتشار گازهای گلخانه‌ای و تشدید تغییرات اقلیمی شود. همچنین، کاهش ذخیره نیتروژن خاک پیامدهایی همچون افت حاصلخیزی، کاهش تنوع زیستی و تضعیف پایداری اکوسیستم مرتعی به دنبال دارد. این نتایج همسو با مطالعات پیشین است که اثرات مخرب چرای بیش از حد بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک (Wang et al., 2024) و کاهش ظرفیت اکوسیستم‌های مرتعی در ذخیره کربن را گزارش کرده‌اند (Moameri et al., 2024). بر این اساس، اعمال مدیریت دقیق و بهینه چرای دام با هدف کاهش فشار چرا، حفظ پوشش گیاهی و جلوگیری از فشردگی خاک، از اهمیت حیاتی برای حفظ کیفیت خاک و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی برخوردار است. این رویکردها به بهبود سلامت اکوسیستم‌های مرتعی و افزایش مقاومت آن‌ها در برابر فشارهای اقلیمی کمک می‌کند.

پیشنهاد می‌شود اجرای سیاست‌های مدیریت چرای تعادلی مبتنی بر ظرفیت مراتع به‌صورت یکپارچه و با به‌کارگیری الگوهای مناسب چرا مانند چرای تناوبی در مناطق سبک، چرای استراحتی در مراتع متوسط و قرق موقت یا بلندمدت همراه با عملیات احیایی در مناطق با چرای شدید انجام گیرد .همچنین، آموزش دامداران در روش‌های پایدار چرا و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین پایش مراتع، می‌تواند در حفظ ذخایر کربن و نیتروژن خاک و کاهش آثار منفی چرای شدید نقش مؤثری ایفا نماید.

آماده انتشار (بدون شماره مجله)

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از حمایت مالی دانشگاه زابل (Grant code: IR-UOZ-GR-8721) برای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

اردیبهشت، مریم، شیروانی، انوشیروان، متینی‌زاده، محمد، روانبخش، هومن و توکلی‌نکو، حسین. (۱۴۰۲). ارزیابی عوامل شیمیایی، ذخیره کربن و شاخص‌های تنوع زیستی در دو گونه *Tamarix hispida* و *Haloxylon ammodendron* در استان قم. مجله تحقیقات حفاظت جنگل و مرتع ایران، ۲۱(۲)، ۲۶۷-۲۸۲. https://doi.org/2023.362667.1585

جعفری، محمد، آذرنیوند، حسین، صادقی‌پور، احمد، کمالی، نادیا، حیدری، احمد و مداح‌عارفی، حسن. (۱۳۹۵). اثر شدت‌های مختلف چرای دام بر ترسیب کربن خاک و تثبیت نیتروژن (مطالعه موردی: قطعه چهار شهریار. مجله مرتع و آبخیزداری، ۶۹(۲)، ۴۲۷-۴۳۶.

جنیدی، حامد، امانی، سیدمحمد و کرمی، پروانه. (۱۳۹۵). اثر شدت‌های مختلف چرای دام بر ترسیب و ذخیره کربن در مراتع منطقه بیجار. مجله مرتع، ۱۰(۱)، ۵۳-۶۶.

حسین جعفری، سمیرا و صادقی‌نیا، مجید. (۱۴۰۲). بررسی ترسیب کربن در گیاه و خاک در دو منطقه تحت چرا توسط دام و حیات‌وحش مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۳(۲)، ۵۳-۶۲. در دشت مهرریز استان یزد

خطیبی، رسول، و فراهی، محسن. (۱۴۰۳). بررسی اثر قرق بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مراتع (مطالعه موردی: شمال استان گلستان، مراتع صوفیکم). *فصلنامه علوم محیطی، ۲۲(۳)، ۴۸۳-۴۹۴.* https://doi.org/10.48308/envs.2024.1360

عسکری، یوسف، ایرانمنش، یعقوب و پورهاشمی، مهدی. (۱۴۰۰). ارزش اقتصادی و مقایسه ذخیره کربن در رویشگاه‌های مختلف جنگلی استان کهگیلویه و بویراحمد. مجله علمی جنگل ایران، ۱۳(۲)، ۱۶۹-۱۸۲.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

در مراتع چپرقیمه Atriplexعسگری، حمیدرصا و علی‌نژاد، محمد. (۱۴۰۳). تحلیل و مدل‌سازی مکانی ترسیب کربن توسط گیاهان استان گلستان.. فصلنامه علمی حفاظت اکوسیستم‌های گیاهی، ۱۲(۲۴)، ۳۵-۴۶.

غنچه‌پور، ماشالله، صادقی‌نیا، مجید، باغستانی، ناصر، پورمیرزایی، احمد، و کدوری، محمدرضا. (۱۴۰۲). مقایسه تنوع پوشش گیاهی و خاک *تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۳۰(۱)، ۱۵۲-* .(در دو عرصه قرق و چرا (مطالعه موردی: درمنه‌زارهای منطقه دهنو، بردسیر، کرمان *۱۶۲*.https://doi.org/10.22092/ijrdr.2023.128952

با یونجه دیم بر Hulthemiaفتاحی، بختیار، آقابیگی سهیلا، ایلدورمی، علیرضا و قربانپور دلیوند، مایده. (۱۳۹۹). اثرات احیای اراضی ترسیب کربن (مطالعه موردی: استان همدان). مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۶(۲)، ۳۰۲-۳۱۲. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.119353

مفیدی، مرتضی، رشت‌بری، مهدی، عباسپور، حسن، عبادی، علی، شیدایی، اسماعیل و معتمدی، جواد. (۱۳۹۱). تأثیر چرای دام بر مرتع، ۳۴(۳)، ۳۰۳-۲۹۷. مجله .خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک در مراتع کوهستانی سهند، ایران

محمدی سمانی، کیومرث، جنیدی جعفری، حامد، و مرادی، پریا. (۱۴۰۱). تغییرپذیری برخی خصوصیات شیمیایی خاک در شرایط ۲۹(۲)، ۱۲۶-۱۳۰. (2)29*تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، .مختلف مدیریتی مرتع https://doi.org/10.22092/ijrdr.2022.126760

همتی‌زاد، زهرا، عرفان‌زاده، رضا و امیدی‌پور، رضا. (۱۴۰۴). تغییرات ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در امتداد گرادیان شدت چرای دام (مطالعه موردی: مراتع خشک استان ایلام. مجله مرتع. ۱۸(۴)، ۵۴۹-۵۶۴ https://doi.org/20.1001.1.20080891.1403.18.4.5.7

Belteben, A. A., Gharaibeh, M. A., & Albalasmeh, A. A. (2020). Grazing effects on soil physical and chemical properties. *Journal of Modern Urban and Agricultural Studies*, 2, 29–47.

Challenge, S., Egeru, A., & Nyombi, K. (2022). Soil carbon and nitrogen stocks in traditionally managed rangeland biomes in Karamoja sub-region, Uganda. *African Crop Science Journal*, 30(1), 127–140.

Chen, L., Baoyin, T., & Xia, F. (2022). Grassland management strategies influence soil C, N, and P sequestration through shifting plant community composition in semi-arid grasslands of northern China. *Ecological Indicators*, 34, 1–12.

Conant, R. T., Cerri, C. E., Osborne, B. B., & Paustian, K. (2017). Grassland management impacts on soil carbon stocks: A new synthesis. *Ecological Applications*, 27(2), 662–668.

John, R. (2022). Profitability of carbon sequestration in western rangelands of the United States. *Rangeland Ecology and Management*, 5(4), 340–350.

Kamali, N., Sadeghipour, A., Souri, M., & Mastinu, M. (2022). Variations in soil biological and biochemical indicators under different grazing intensities and seasonal changes. *Land*, 11, 1537.

Liu, L., Sayer, E. J., Deng, M., Li, P., Liu, W., Wang, X., ... & Wang, M. (2023). The grassland carbon cycle: Mechanisms, responses to global changes, and potential contribution to carbon neutrality. *Fundamental Research*, 3, 209–218. https://doi.org/10.1016/j.fmre.2022.09.028

Liu, N., Kan, H. M., Yang, G. W., & Zhang, Y. J. (2015). Changes in plant, soil, and microbes in a typical steppe from simulated grazing: Explaining potential change in soil C. *Ecological Monographs*, 85, 269–286.

Liu, Y., Xo, M., Li, G., Wang, M., Li, Z., & Boack, H. (2021). Changes of aboveground and belowground biomass allocation in four dominant grassland species across a precipitation gradient. *Frontiers in Plant Science*, 12, 650–660.

MacDicken, K. G. (1997). *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program.

Moameri, M., Ghorbani, A., Dadjou, F., Biswas, A., & Varasteh, F. (2024). Soil and plant attributes under grazing exclusion in semi-steppic semi-arid rangelands, Iran. *Arid Land Research and Management*, 38(3), 343–361.

آماده انتشار (بدون شماره و صفحه)

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

Mofidi Chelan, M., Sheidai Karkaj, E., & Ghoreyshi, R. (2020). Estimation of the economic value of carbon sequestration at Inchehbrun salt lands, Golestan Province. Journal of Rangeland, 15(2), 269–281. https://doi.org/20.1001.1.20080891.1400.15.2.8.5

Niknahad Gharmakher, H., Sheidai-Karkaj, E., & Jafari, I. (2017). Effects of exclosure on soil properties in winter rangelands in Golestan Province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, *7*(1), 55-66.

Qu, Q., Deng, L., Shangguan, Z., Sun, J., He, J., Wang, K., ... & Li, Z. (2024). Belowground C sequestration response to grazing exclusion in global grasslands: Dynamics and mechanisms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 360, 108771. https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108771

Shahbazi, K., Marzi, M., Mohammadi, M. H., Asadi, H., Fathi-Gardelidani, A., Hashemi-Nasab Zavareh, K. S., Tolouei, R., Beheshti, M., Avizhgan, A., & Cheraghi, M. (2024). *Soil analysis methods: Sampling, chemical and physical methods*(1074 pages).

Souri, M., Nateghi, S., Eftekhari, A., Ghorbani, Z., & Kamali, N. (2023). Predicting soil properties of Goshchi rangeland in Urmia: A comparison of adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and response surface methodology (RSM) approaches. Journal of Rangeland, 17(2), 263–284. https://doi.org/20.1001.1.20080891.1402.17.2.7.8

Walkley, A. (1974). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63, 251–264.

Wang, X., Zhou, C., Zuo, S., Ji, Y., Liu, W., & Huang, D. (2024). Heavy grazing reduces soil bacterial diversity by increasing soil pH in a semi-arid steppe. *PeerJ*, 12, e17031. https://doi.org/10.7717/peerj.17031

Wang, Y., Ju, X., Wu, Q., & Han, G. (2025). Effects of grazing intensity on microbial diversity at different soil depths in desert steppe soils. *Agronomy*, 15(1), 124.

Wu, X., Li, Z., Fu, B., ... & Liu, G. (2014). Effects of grazing exclusion on soil carbon and nitrogen storage in semi-arid grassland in Inner Mongolia, China. *Chinese Geographical Science*, 24, 479–487. https://doi.org/10.1007/s11769-014-0694-1

Xiaohong, J., Jia, L., Jingyun, Y., Bingqiang, F., Fang, B., Xiaotian, X., & Bo, W. (2023). Estimating carbon storage of desert ecosystems in China. *International Journal of Digital Earth*, 16(2), 4113–4125.

Xu, H., You, C., Tan, B., Xu, L., Liu, Y., Wang, M., ... & Peñuelas, J. (2023). Effects of livestock grazing on the relationships between soil microbial community and soil carbon in grassland ecosystems. *Science of The Total Environment*, 881, 163416.

Zellweger, F., Flack-Prain, S., Footring, J., Wilebore, B., & Willis, K. J. (2022). Carbon storage and sequestration rates of trees inside and outside forests in Great Britain. *Environmental Research Letters*, 17(7), 074004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7cc7

Zhang, M., Delgado Baquerizo, M., Li, G., Isbell, F., Wang, Y., Hautier, Y., ... & Wang, L. (2023). Experimental impacts of grazing on grassland biodiversity and function are explained by aridity. *Nature Communications*, 14, 5040.

Zhou, S., Dong, Y., Yang, H., Yang, S., Julihaiti, A., Liu, Z., ... & Wang, Y. (2024). Effects of grazing exclusion on soil properties, fungal community structure, and diversity in different grassland types. *Ecology and Evolution*, 14(3), e11056.

آماده انتشار (بدون شماره مجله)