Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 15
No. 1 (57)

Received:
2024-09-02

Accepted:
2025-04-11

Pages: 69-81

The Effect of Long-term Enclosure on the Amount of Soil Carbon Storage in Subtropical Wooded Rangelands of Khuzestan Province

Mehdi Abbasi[1], Behnaz Attaeian[2]*, Mina Rabiei[3] and Ali Rostami Khanizadeh[4]

1) Graduate Msc., Department of Natural Engineering, Faculty of Nature Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
3) Associate Professor, Department of Natural Resources and Environment, Payamnoor University, Tehran, Iran.
4) Msc., Lorestan Environment Office, KhoramAbad, Iran.
*Corresponding author emails: attaeian94@gmail.com

Abstract:

Background and Aim: Rangelands serve as a storage for more than one-third of the Earth's carbon stocks, absorbing atmospheric carbon dioxide through vegetation and store it in plant tissues and subsequently in the soil. Changes in the quantity and quality of organic matter can be influenced by litter, canopy cover, underground biomass, and soil composition. Generally, the inconsistency of grazing effects on the carbon sequestration potential in rangeland ecosystems across different regions highlights the need for study and examination of grazing management practices in various areas. Considering that most of Kurdistan province lies within the semi-steppe region and livestock grazing is regarded as the primary land use in these rangelands, this research investigates the effect of long-term enclosed of semi-steppe wooded grasslands on soil organic carbon storage in Karkheh National Park, Khuzestan Province.

Methods: To select the sampling locations, there were no restrictions in terms of topographic conditions. Therefore, four 100-meter transects were randomly In completely random design and 14 soil samples were collected along each transect at two depths of 0 to 10 cm and 10 to 30 cm, based on previous studies and the determination of the boundary distinguishing the surface and subsurface soil horizons. To compare the amount of carbon storage, an equal number of samples were also collected from an grazed area. Subsequently, the physical and chemical properties of the soil, including the carbon, nitrogen, texture, bulk density, electrical conductivity (EC), and acidity (pH) were measured. The soil samples were air-dried, and after crushing the aggregates, separating roots, stones, and other impurities, they were ground and passed through a 2 mm sieve (mesh 20). The Walkley-Black method was used to measure soil organic carbon, and the aggregate method was used to calculate bulk density. After collecting the data, SPSS v.18 was used to do independent t-test comparing the average values. Significance levels of 0.05 and 0.01 were considered. Prior to statistical analysis, the necessary assumptions regarding normality and homogeneity of variances were checked.

Results: The results showed the analysis of the physical and chemical properties of the soil at two depths of 0 to 10 cm (surface) and 10 to 30 cm (subsurface) in enclosed and grazing areas indicated that enclosed and grazed treatments significantly affected soil carbon storage at the surface depth (0-10 cm), the amount of soil nitrogen (0-10 cm), and the bulk density showing an increasing effect associated with depth. It appears that the soil in both areas have high organic matter and nitrogen content due to the aboveground and underground plant biomass. However, no significant change was observed on soil acidity between both the enclosed and grazed areas, which could be due to the same soil parent materials in both study sites. Additionally, grazing, in contrast to enclosed, had a significant and decreasing effect on electrical conductivity (EC) at the depth of 0-10 cm. A significant effect was also observed in the C/N ratio in the soil of the enclosed area compared to the grazing area at the depth of 0-10 cm. The findings indicated that in the study area, protection led to a significant increase in the amount of soil carbon storage at the surface depth (0-10 cm), the amount of soil nitrogen (0-10 cm), soil acidity (0-10 cm), and electrical conductivity (EC) (0-10 cm). Furthermore, the grazing had a significant increasing effect on the bulk density (0-10 cm). Nevertheless, neither encosion nor grazing had a significant effect on the C/N ratio in the soil of the study area.

Conclusion: Overall, the results of the present study indicate that the soil of enclosed area has more suitable conditions for increasing soil carbon sequestration compared to the soil of grazed areas in terms of physical and chemical properties. Excessive exploitation in grazing ecosystems has led to a reduction in carbon storage and sequestration in rangelands. Therefore, implementing common remediation and management programs, such as exclusion, seems essential for enhancing carbon sequestration and forage production in various rangeland ecosystems.

KeyWords: Carbon sequestration, Kharkhe national park, Rangeland management

مقاله پژوهشی

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال پانزدهم
شماره ۱ (۵۷)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۱/۲۲

صفحات: ۸۱-۶۹

اثر قرق بلندمدت بر میزان ذخیره کربن خاک در مراتع مشجر نیمه‌گرمسیری استان خوزستان

مهدی عباسی[۱]، بهناز عطائیان[۲*]، مینا ربیعی[۳]، علی‌رستم خانی‌زاده[۴]

۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.
۲) استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.
۳) دانشیار، گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۴) کارشناسی ارشد، اداره کل محیط زیست استان لرستان، خرم آباد، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: attaeian94@gmail.com

چکیده:

زمینه و هدف: مراتع محل ذخیره بیش از یک سوم کربن زیست‌کره خاکی هستند که قادرند دی اکسید کربن اتمسفری را از طریق پوشش گیاهی جذب کرده و در بافت‌های گیاهی و سپس خاک ذخیره کنند.تغییرات کمّی و کیفی ماده آلی لاشبرگ، پوشش هوایی، زیست‌توده زیرزمینی و ترکیب خاک باشد. به‌طورکلی، عدم یکنواختی آثار چرا بر پتانسیل ترسیب کربن در اکوسیستم‌های مرتعی در مناطق مختلف لزوم مطالعه و بررسی مدیریت‌های چرایی در مناطق مختلف را گوشزد می‌نماید. باتوجه به اینکه بخش اعظم استان کردستان در سیطره منطقه نیمه‌استپی می‌باشد و چرای دام به‌عنوان اصلی‌ترین نوع کاربری در این مراتع به‌شمار می‌آید، بنابراین در این پژوهش اثر قرق بلندمدت مراتع مشجر نیمه‌گرمسیری بر ذخیره کربن آلی خاک پارک ملی کرخه، استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت.

روش پژوهش: جهت انتخاب مکان نمونه‌برداری محدودیتی از لحاظ شرایط توپوگرافی وجود ندارد به همین در قالب یک طرح کاملا تصادفی، تعداد ۴ مقطع- برش عرضی ۱۰۰ متری انتخاب شده و در طول هر ترانسکت تعداد ۱۴ نمونه خاک در دو عمق ۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر با توجه به بررسی‌های انجام شده و تعیین مرز تفکیک افق سطحی و زیرین برداشت می-شود که جهت مقایسه میزان کربن تثبیت شده به همین تعداد نمونه‌گیری از منطقه چرای آزاد نیز صورت گرفت. سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله کربن، نیتروژن، بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری، هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته خاک (pH) اندازه‌گیری شد. نمونه خاک‌های هوا خشک شده و بعد از خرد کردن کلوخه‌ها، جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و دیگر ناخالصی‌ها، آسیاب شده و از الک ۲ میلی‌متر (مش۲۰) عبور داده شدند. برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک از روش والکی- بلاک و به منظور محاسبهٔ وزن مخصوص ظاهری از روش کلوخه استفاده شد پس از جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۱۸ و از طریق مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون t-test مستقل استفاده شد. سطح معنی‌داری معادل ۰/۰۵ و ۰/۰۱ در نظر گرفته شد. لازم بذکر است قبل از انجام آنالیزها، پیش فرض‌های مورد نیاز که نرمالیتی و همگنی واریانس‌ها بودند، مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو عمق۰ تا ۱۰ (سطحی) و ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر (زیرسطحی) در منطقه قرق و چرا، نشان داد که قرق و چرا بر ذخیره کربن خاک سطحی (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر)، مقدار نیتروژن خاک (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر) و میزان وزن مخصوص ظاهری تأثیرگذار و با یک اثر افزاینده همراه هستند. به نظر می-رسد خاک این مناطق به علت داشتن زی‌توده هوایی و زیر زمینی گیاه دارای مواد آلی و نیتروژن زیادی هستند. با وجود این موارد اثر معنی‌داری بر میزان اسیدیته خاک در دو منطقه قرق و چرا مشاهده نشد که می‌تواند به‌علت مواد مادری یکسان خاک دو منطقه باشد. همچنین چرا برخلاف قرق بر میزان هدایت الکتریکی (EC) در عمق۱۰-۰ سانتی‌متر اثر معنی‌داری و کاهشی داشت. همچنین در نسبت C/N موجود در خاک منطقه قرق‌شده برخلاف منطقه چرا در عمق۱۰-۰ سانتی‌متر اثر معنی‌داری مشاهده شد. یافته‌های منطقه‌ای که قرق و چرا در آن صورت گرفته بود، حاکی از این بود که در این منطقه قرق باعث اثر افزایشی و معنی‌داری در مقدار ذخیره کربن خاک سطحی (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر)، مقدار نیتروژن خاک (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر)، میزان اسیدیته خاک (عمق-۱۰-۰ سانتی‌متر) و میزان هدایت الکتریکی (EC) (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر) شده است. همچنین چرای انجام شده در این منطقه حفاظتی بر میزان وزن مخصوص ظاهری (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر) تأثیر افزایشی و معنی‌داری داشته است. لیکن با این وجود در قرق و چرا در این منطقه بر نسبت C/N موجود در خاک اثر معنی‌داری نداشته است.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر گویای این مطلب است که خاک اراضی قرق نسبت به خاک اراضی چرا شده از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک وضعیت مطلوب‌تر و بهتری را جهت افزایش ترسیب کربن دارد و چون بهره‌برداری-های بی‌رویه در اکوسیستم‌های چرا شده باعث کاهش میزان تولید و ترسیب کربن مراتع گردیده است. پس اجرای برنامه‌های اصلاحی و مدیریتی متداول مانند قرق جهت افزایش ترسیب کربن و تولید علوفه در اکوسیستم‌های مرتعی متفاوت امری ضروری بنظر می‌رسد.

کلید واژه‌ها: پارک ملی کرخه، ترسیب کربن، مدیریت مرتع

مقدمه

یکی از مسائل مهم عصر حاضر که جامعه انسانی با آن مواجه می‌باشد، افزایش گرمای جهانی و پدیده تغییر اقلیم است. تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی، در اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر بوده و دی‌اکسیدکربن یکی از مهم‌ترین این گازها محسوب می‌گردد. غلظت دی-اکسیدکربن اتمسفری از ۲۸۰ ppm قبل از انقلاب صنعتی به ۳۹۴ ppm در حال حاضر افزایش یافته است (Hui et al., 2017). در صد سال گذشته به دلیل توسعه اقتصادی و فعالیت‌های منجر به افزایش سوخت‌های فسیلی و تغییرات کاربری روند افزایشی در غلظت گازهای گلخانه‌ای اتمسفر مشاهده شده است (Hashimoto et al., 2002). غلظت دی اکسیدکربن اتمسفری از سال ۱۷۵۱ تاکنون به دلیل احتراق سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری اراضی، حدود ۳۱ ٪ افزایش پیدا کرده است، که حدود ۳۴ ٪ از کل میزان کربن منتشر شده سالیانه، ناشی از تغییر کاربری اراضی و ۶۶ ٪ آن از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی وارد هوا می‌گردد. در گذشته، توسعه کشاورزی علت اصلی افزایش غلظت دی-اکسیدکربن اتمسفری بود، ولی امروزه احتراق کربن فسیلی در صنایع و وسایل نقلیه علت اصلی می‌باشد (Lal, 2004). با آغاز انقلاب صنعتی در اوایل قرن نوزدهم میلادی و رشد روز افزون تحولات بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسان‌ها رخ داده است. نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی نظیر زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی باعث افزایش شدید گازهایی مانند دی اکسید کربن در جو شده است. افزایش جمعیت کره زمین از طرف دیگر باعث تغییر کاربری زمین، تخریب جنگل‌ها، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و تولید ضایعات جامد و مایع شده که تبعات مختلفی به همراه داشته و پدیده تغییر آب و هوا یکی از این تبعات است. بنابراین به‌منظور کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری و ایجاد تعادل در محتوای گازهای گلخانه‌ای، کربن اتمسفر باید جذب و در فرم‌های متعدد ترسیب گردد (Cannell, 2003). یکی از راهکارهای شناخته شده که به تعدیل کربن اتمسفری و بهسازی وضع موجود کمک می‌کند، ترسیب کربن در پوشش گیاهی و خاک اکوسیستم‌های طبیعی است.

ترسیب کربن عبارت از تغییر دی‌اکسید کربن اتمسفری به شکل ترکیبات آلی کربن‌دار توسط گیاهان و نگهداری آن برای مدت زمان معین است (Derner et al., 2007). پتانسیل ترسیب کربن در اکوسیستم‌های مرتعی تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی قرار می‌گیرد. مدیریت چرا یکی از راهکارهای مدیریتی چالش برانگیز در سطح اکوسیستم‌های مرتعی به‌شمار می‌آید. امروزه قرق‌های کوتاه مدت و بلند مدت بعنوان یکی از روش‌های مدیریتی در اکوسیستم‌های مرتعی آسیب دیده، به‌شمار می‌آید. قرق از جمله عملیات‌های اصلاحی مرتع بوده که با تأثیر مستقیم و غیر مستقیم بر میزان درصد پوشش گیاهی و زی‌توده، بر ترسیب کربن گونه‌های مرتعی موثر است (Heidi, 2007). در همین راستا، دسترسی به تغییرات بلندمدت خصوصیات و خدمات اکوسیستم‌های مرتعی صرفاً در غالب پایش و یا استفاده از مدیریت‌های بلند مدت کنترل شده امکان‌پذیر است.

در بررسی تأثیر قرق بر میزان ترسیب کربن و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتع نیمه‌استپی چهار محال بختیاری محققین به این نتیجه رسیدند که میانگین ترسیب کربن کل و خاک در هر دو منطقه مورد مطالعه (نیمه‌استپی گندمی و نیمه‌استپ بوته‌زار) در تیمار قرق تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار غیر قرق دارد، که نتایج نشان داد میزان کربن موجود در خاک مناطق قرق بیشتر از مناطق غیر قرق می‌باشد (Moradi Shahghariyeh and Tahmasbi, 2016). در بررسی تأثیر قرق کپه‌کاری شده بر تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از آنالیز چند متغیره در مراتع تنگ‌سرخ شهرستان بویراحمد، نتایج مقایسه شاخص‌ها نشان داد که منطقه قرق به‌طور معنی‌داری دارای غنا و تنوع گونه‌ای بیشتری نسبت به منطقه تحت چرا بود؛ اما به لحاظ یکنواختی تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه مشاهده نشد. نیم‌رخ تنوع رنی نیز نشان داد که منطقه قرق در آلفاهای بیشتر از ۱ تنوع بالاتری نسبت به منطقه تحت چرا دارد. بین درصد تاج پوشش گروه‌های مختلف گیاهی در این دو منطقه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، اما به لحاظ درصدپوشش کل گونه‌ها، منطقه قرق دارای میزان بالاتری است. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، ایجاد قرق همراه با کپه‌کاری با گیاهان دارویی و ارزشمند بومی همچون آنغوزه و همچنین برنامه چرایی منظم در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد (Jahantab et al., 2019). در پژوهشی به بررسی اثر سطوح مختلف حفاظتی-مدیریتی مرتع بر توزیع کربن آلی در اجزاء اندازه‌ای خاک (مطالعه موردی: سالوک، خراسان شمالی) پرداخته شد. نتایج نشان داد، مقدار کربن در اعماق مختلف خاک در تیمار پارک ملی فاقد اختلاف می‌باشد. به‌طور کلی به‌دلیل پایداری این منطقه، میزان کربن در آن تغییرات زیادی ندارد؛ در حالی‌که در مناطق حفاظت‌شده و شکار ممنوع در اعماق مختلف در مقدار کربن اختلاف مشاهده می‌شود. در منطقه حفاظت‌شده به‌دلیل چرای متوسطی که توسط حیاط وحش و دام‌های عشایری صورت می‌گیرد، رشد ریشه و افزایش تجزیه مواد آلی در لایه‌های زیرین کم و بیشترین میزان کربن در لایه‌های سطحی مشاهده می‌شود.

اثر شدت چرای دام بر ترسیب و ذخیره کربن در مراتع حفاظت‌شده بیجار تائید کرده است که با افزایش شدت چرای دام ذخایر کربن کاهش چشم‌گیری داشته‌اند. نتایج توزیع

کربن نیز نشان داد که بیش از ۹۸ ٪ از کل ترسیب کربن را کربن آلی خاک تشکیل داد و هم‌چنین ذخیره کربن در زیتوده زیرزمینی، بیش از زیتوده هوایی بود (Joneidi et al., 2013). در منطقه شکار ممنوع چرای شدید حیات وحش باعث کاهش ورود مواد گیاهی و افزایش هدررفت کربن آلی بر اثر انتشار دی‌اکسید کربن شده، در نتیجه مقدار کربن آلی خاک پائین است. هم‌چنین در تمامی مناطق مورد مطالعه، محتوای کربن خاک با افزایش اندازه ذرات کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در تمامی مناطق مورد مطالعه کم‌ترین میزان کربن در اجزاء اندازه‌ای F1 و F2 و بیشترین آن مربوط به اجزاء اندازه‌ای F4 و F5 می‌باشد (Kamali et al., 2020). در پژوهشی دیگر به مقایسه ذخیره کربن و نیتروژن خاک در دو عرصه قرق و چرا شده (مطالعه موردی: مراتع کوته شهرستان خاش) پرداخته شد. نتایج نشان داد که‌قرق باعث افزایش ذخیره کربن و نیتروژن کل در خاک منطقه قرق نسبت به منطقه چرا شده است. علاوه بر این، با توجه به اینکه میزان ذخیره کربن و نیتروژن کل در خاک عمقی (۱۵-۳۰سانتی‌متر) بیشتر از خاک سطحی (۰-۱۵ سانتی‌متر) بود. به نظر می‌رسد در مناطق بیابانی میزان ذخیره کربن و نیتروژن خاک، در خاک عمقی بیشتر از خاک سطحی است (Khodadost et al., 2022). نتایج بررسی همبستگی پوشش گیاهی، عناصر خاک و ذخیره کربن آلی گیاه و خاک در مراتع کوهستانی تحت قرق و چرا در منطقه گردنه اسدآباد، همدان نشان داد که درصد پوشش گیاهی، غنا و تنوع گونه‌ای در منطقه قرق بالاتر و بیشترین میزان کربن آلی ذخیره در پوشش گیاهی و خاک در منطقه قرق مشاهده شد. ذخیره کربن آلی در واحدهای مدیریتی قرق و چرا در خاک سطحی به‌ترتیب ۸۳/۱۳ و ۷۴/۳۵ و در پوشش گیاهی به‌ترتیب ۰/۰۰۲۷۳ و ۰/۰۰۲۱۹ تن بر هکتار برآورد شد. هرچند همبستگی معنی‌داری بین شاخص‌های تنوع گیاهی با ذخیره کربن آلی پوشش گیاهی مشاهده نگردید (Attaeian et al., 2023). پژوهش‌های دیگر نیز نشان داده‌اند که حذف چرای دام از طریق ایجاد قرق‌ها می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی موجب افزایش کربن آلی خاک (SOC) گردد. مطالعات نشان دادند اراضی مرتعی تحت مدیریت قرق که با افزایش زی‌توده هوایی و کاهش فرسایش خاک همراه بودند، دارای ذخایر SOC بیشتری نسبت به مراتع با چرای مداوم بودند (Gebregergs et al., 2019). مناطقی با پوشش گیاهی طبیعی متراکم و کاهش فشار چرای دام، پتانسیل بالاتری برای تثبیت کربن دارند؛ موضوعی که نقش بازسازی پوشش گیاهی را در انباشت SOC برجسته می‌کند (Atsbha et al., 2019). این شواهد در مطالعات مروری نیز تائید شده است که نشان دادند حذف چرای دام باعث کاهش اتلاف کربن از طریق دام و افزایش تولید اولیه خالص می‌شود، و در نتیجه ورودی مواد آلی (مانند لاشبرگ، ریشه‌ها و فراورده‌های میکروبی) به خاک را افزایش می‌دهد (Hu et al., 2016).

با توجه به تحقیقات مختلفی که در مورد اثرات چرای دام بر کربن خاک صورت پذیرفته، دیدگاه هماهنگی در این مورد وجود ندارد و به دلیل گستردگی عوامل محیطی و غیر محیطی موثر بر این فرآیند، نتایج گوناگونی ارائه شده است. برخی از محققین اثر چرای دام بر کربن ذخیره خاک را مثبت ارزیابی نموده‌اند، که دلیل این نتیجه را تغییر در ترکیب پوشش گیاهی و گرایش به سمت گیاهان خشبی و بوته‌ای در دراز مدت دانسته‌اند (Sun et al., 2011، He et al., 2011، Kamali et al., 2020، Khodadost et al., 2022، Attaeian et al., 2023). چرای دام تأثیری چندوجهی بر کربن آلی خاک (SOC) و ترسیب کربن در انواع سامانه‌های مرتعی دارد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مدیریت شدت و مدت زمان چرا می‌تواند بسته به تعامل میان پویایی پوشش گیاهی، ساختار خاک و فرآیندهای میکروبی، منجر به افزایش یا کاهش سطوح SOC شود. تغییرات ناشی از چرا در ترکیب پوشش از یک سو، چرا موجب کاهش زی‌توده هوایی و ذخایر فعال کربن می‌شود، اما از سوی دیگر، تغییر در پویایی پوشش گیاهی ممکن است تخصیص زی‌توده به زیرزمین را افزایش داده، تولید ریشه را تقویت کرده و در نتیجه ذخیره‌سازی کربن غیرفعال در لایه‌های عمیق‌تر خاک را افزایش دهد (Liang et al., 2021). این سازوکار توسط چن[1] و همکاران (۲۰۲۴) نیز تأیید شده است که نشان دادند چرا در فصل‌های مختلف باعث تغییر در زی‌توده ریشه‌ای زیرزمینی شده و بر تثبیت SOC و نیتروژن در لایه‌های خاص خاک تأثیر می‌گذارد. در واقع اثرات منفی و مثبت قرق بر ترسیب کربن مراتع در مطالعات بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است که می‌تواند ناشی از تفاوت اقلیم مناطق موردمطالعه، خصوصیات خاک، شرایط محیطی، ترکیب جامعه گیاهی و مدیریت‌های مختلف چرایی است (Schuman, 2002). تغییرات کمی و کیفی ماده آلی لاشبرگ، پوشش هوایی، زیر-زمینی و خاک باشد. به طور کلی، عدم یکنواختی آثار چرا بر پتانسیل ترسیب کربن در اکوسیستم‌های مرتعی در مناطق مختلف لزوم مطالعه و بررسی مدیریت‌های چرایی در مناطق مختلف را گوشزد می‌نماید. با توجه به اهمیت ترسیب کربن در سطح جهانی و همچنین به دلیل تأثیر عوامل مدیریتی از جمله چرای دام بر میزان ترسیب کربن، ضروری است میزان ترسیب کربن و اثر شدت‌های مختلف چرایی بر ذخایر کربن در واحد سطح این اکوسیستم‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد، تا ضمن دست یافتن به برآوردی اولیه از میزان ذخایر کربن مراتع، بتوان اثر عواملی نظیر شدت چرای دام بر میزان کل کربن ترسیب شده در این اکوسیستم‌ها را برای اتخاذ تصمیم‌های درست و پایدار مدیریتی در مراتع کشور تعیین کرد. این پژوهش با هدف

بررسی اثرات بلندمدت قرق بر فرایند ذخیره‌سازی کربن آلی خاک در اکوسیستم مرتعی نیمه‌گرمسیری پارک ملی کرخه، واقع در استان خوزستان، انجام شد. با توجه به نقش کلیدی خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مخازن کربن در سطح زمین، شناخت نحوه تأثیرگذاری مدیریت کاربری اراضی، به‌ویژه حذف فشار چرای دام، بر پویایی کربن خاک از اهمیت بالایی برخوردار است. در اکوسیستم‌های مرتعی نیمه‌گرمسیری که اغلب در معرض بهره‌برداری بی‌رویه و تخریب قرار دارند، قرق می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مدیریتی مؤثر در بهبود عملکرد اکولوژیکی و ارتقاء ظرفیت ترسیب کربن عمل کند. نتایج این مطالعه می‌تواند در جهت تدوین سیاست‌های مبتنی بر رویکردهای اکولوژیک برای حفاظت منابع طبیعی، احیای پوشش گیاهی و مقابله با تغییرات اقلیمی مورد استفاده قرار گیرد.

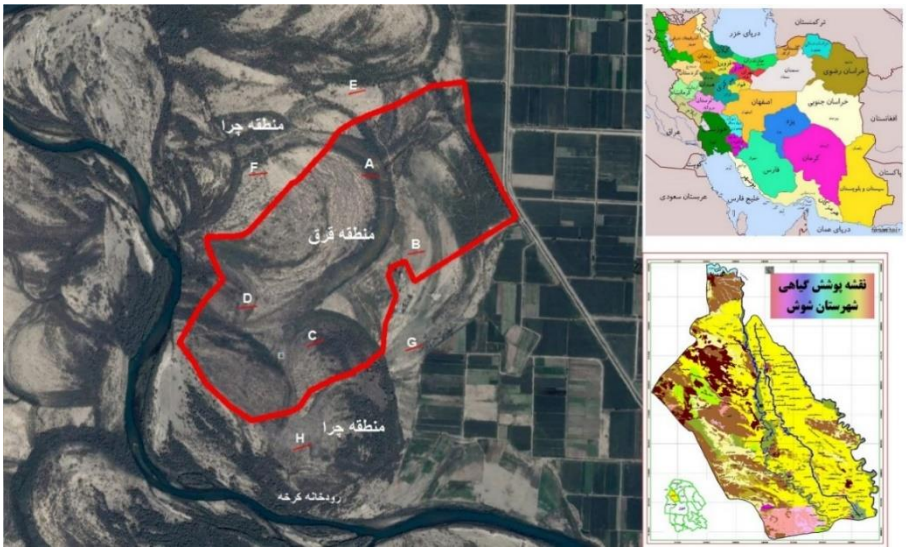
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش مراتع جنگلی نیمه‌گرمسیری سایت پرورش و تکثیر گوزن زرد ایرانی واقع در پارک ملی کرخه به مساحت ۲۰۰ هکتار که به مدت هشت سال جهت پرورش و تکثیر گوزن زرد ایرانی تحت مدیریت قرق قرار داشته و بوسیله فنس توری فلزی به ارتفاع ۲/۵ متر محصور شده به‌عنوان منطقه قرق انتخاب شد و مراتع جنگلی مجاور محدوده فنس کشی شده که مورد تالیف دام‌های سبک و سنگین از جمله گوسفند، بز، گاو و گاومیش قرار می‌گیرد، به‌عنوان منطقه چرای آزاد انتخاب شده است.

شوش پارک ملی کرخه

منطقه حفاظت شده و پارک ملی کرخه بین ۳۲ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸درجه و ۱۴دقیقه طول شرقی و مساحت آن ۷۵۰۰ هکتار است. منطقه دارای آب و هوای خشک و بیابانی گرم است که کمبود بارندگی تبخیر بالا و میانگین دمای بالا از ویژگی‌های این مناطق است به‌طوری‌که کمتر دیده می‌شود که حتی در فصل سرد دما به زیر صفر برسد. متوسط دمای سالانه در منطقه ۲۴ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی در سال ۲۴۰ میلی‌متر است که کمترین دما و بیشترین بارندگی در فصل سرد بخصوص در اوایل زمستان تا اواسط بهمن اتفاق می‌افتد. همچنین بیشترین دما در اوایل تابستان تا اواسط مرداد ماه دیده می‌شود و فصل خشک سال نزدیک به هشت ماه طول می‌کشد. جهت باد در اغلب ماه‌های سال شمال غرب می‌باشد که در فصل خشکی با توجه به بیابان‌های غرب رودخانه کرخه اغلب با گرد و غبار همراه است. همچنین با توجه به اینکه تبخیر در منطقه بالا می‌باشد و با توجه به وجود رودخانه کرخه اراضی کشاورزی آبی در اطراف منطقه و وجود کانال‌ها و آبگیری متعدد رطوبت در محدوده پارک ملی کرخه نسبتا بالا که این مقدار در اوایل شهریور ماه به اوج خود رسیده و تا ۸۵ ٪ می‌رسد. پوشش گیاهی منطقه را به سه دسته تقسیم می‌کنند: ۱) اشکوب بالایی منطقه شامل درختان پده، گز و در برخی قسمت‌ها به صورت محدود بید و کنار می‌باشد. ۲) اشکوب میانی شامل درختچه‌هایی نظیر سریم، بنگله (جاز) استبرق و در قسمت‌های تپه‌ای کنارک (رملیک) می‌باشد. ۳) اشکوب کف شامل بوته‌های یکساله مانند لگجی – تمشک و گیاهان علفی یکساله از خانواده لگومینوزه، گرامینه‌ها و غیره می‌باشد.



شکل۱. نقشه و تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه و محل استقرار ترانسکت‌ها

جدول ۱. گیاهان شاخص پارک ملی کرخه

نوع	اسم فارسی	نام انگلیسی
درخت	پده	*Populus euphratica*
	گز	*Tamarix sp.*
درختچه	سریم (خاردیو)	
	بنگله (جاز)	*Lycium shawii*
	تمشک	*Vietev pseudonegundo*
	علف مار	*Rubus sp.*
	استبرق	*Capparis spinosa*
	کهورک	*Calotropis procera*
		Prosopis spisigera
علفی و بوته ای	ماش وحشی	
	شبدر	
	شیرین بیان	*Vicia sp.*
	خارشتر	*Trifotium sp.*
	علف شور	*Glyeyrrhiza glabra*
	ترشک	*Äihgji mannifera*
	یونجه	*Salola crassa*
	یونجه زرد	*Rumex crispos*
	پنیرک	*Medicago sp.*
	بارهنگ	*Melilotus indicu.s*
	اسفناج	*Malva parviflora*
	فرفیون	*Plantago sp.*
	فانوس چینی	*Atripxlex sp.*
	پیربهار	*Euphorbia*
	جوموشکی	*Physalia alkeken/i*
	تاج ریزی سیاه	*Erigron Canadensis*
	سلمه تره	*Hardeum morinum*
		Solanom nigrum
		Chenopodium murale

نمونه‌گیری خاک

منطقه مورد مطالعه با توجه به قرارگیری در جلگه خوزستان از لحاظ شرایط توپوگرافی از جمله شیب و جهت شیب دارای شرایط همگنی می‌باشد؛ لذا جهت انتخاب مکان نمونه‌برداری محدودیتی از لحاظ شرایط توپوگرافی وجود ندارد به همین در قالب یک طرح کاملا تصادفی، تعداد ۴ ترانسکت ۱۰۰ متری انتخاب شده و در طول هر ترانسکت تعداد ۱۴- نمونه خاک در دو عمق۰ تا ۱۰ و۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر با توجه به بررسی‌های انجام شده و تعیین مرز تفکیک افق سطحی و زیرین برداشت می‌شود که جهت مقایسه میزان کربن تثبیت شده به همین تعداد نمونه‌گیری از منطقه چرای آزاد نیز صورت می‌گیرد. لذا جهت نمونه‌برداری از منطقه تحت تیمار قرق با توجه به پوشش گیاهی منطقه با روش سیستماتیک– تصادفی تعداد ۴ ترانسکت خطی به طول صدمتر که معرف تیپ گیاهی کل منطقه باشد، انتخاب شد و از هر ترانسکت تعداد ۷ نقطه تصادفی جهت نمونه‌برداری خاک انتخاب شد، نمونه‌برداری در دو عمق۰ تا۱۰ سانتی‌متر و۱۰ تا ۳۰ سانتی- متر و از قسمت معدنی خاک انجام شد. هر کدام از نمونه‌ها در کیسه‌های مجزا ریخته شده و شماره‌گذاری گردید. برای نمونه‌برداری در منطقه چرای آزاد نیز به همین روش ۴ ترانسکت خطی انتخاب شده، نمونه‌ها با همان شرایط منطقه قرق جمع‌آوری شد. جمعاً ۱۱۲ نمونه برداشت شد. بعد از برداشت، نمونه‌ها جهت آنالیز به آزمایشگاه مرکزی اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان لرستان منتقل شد.

آنالیزهای آزمایشگاهی

نمونه خاک‌های هوا خشک شده و بعد از خرد کردن کلوخه‌ها، جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و دیگر ناخالصی‌ها، آسیاب شده و از الک ۲ میلی‌متر (مش۲۰) عبور داده شدند. برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک (SOC) از روش والکی- بلاک و به منظور محاسبهٔ وزن مخصوص ظاهری از روش کلوخه استفاده شد .(Blake et al., 1995) به‌منظور تعیین میزان کربن ترسیب شده با مقیاس کیلوگرم در هکتار از رابطهٔ ۱ استفاده شد.

$$Cc = C(\%) \times Bd \times e \quad (1$$

که در آن، Cc : درصد کربن ترسیب شده در سطح یک متر مربع، C: درصد تراکم کربن آلی در عمق مشخصی از خاک و

جدول ۲. میانگین ترسیب کربن و پارامترهای اندازه گیری شده در شرایط مدیریتی قرق و چرا

	کربن (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	نسبت کربن به نیتروژن	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	وزن مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر متر مکعب)
قرق	۲/۲۴ ±۱/۰۰۱	۲/۱۸ ±۰/۹۸	۲/۲۴ ±۰/۴	۷/۷ ±۰/۴	۵/۳۳ ±۰/۹۷	۱/۴۴ ±۰/۲
چرا	۱/۷ ±۹/۷۵	۱/۵۷ ±۰/۹۷	۲/۳۷ ±۶/۱۳	۷/۶±۰/۲۶	۴/۱۲ ±۰/۸۷	۱/۶ ±۰/۱۶
سطح معنی‌داری	P<۰/۰۵	P<۰/۰۱	P>۰/۰۵	P>۰/۰۵	P<۰/۰۱	P<۰/۰۱

e: عمق خاک نمونه‌برداری بر حسب سانتی‌متر است. سپس پارامترهای بافت، pH، EC و نیتروژن اندازه‌گیری شد. در این پژوهش برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتر استفاده شد (Gee et al., 1986). هیدرومتر یا چگالی‌سنج وسیله‌ای است که توسط آن می‌توان غلظت ذرات موجود در مایعات را تعیین نمود و در خاکشناسی از هیدرومتر H-62152 برای تعیین بافت خاک استفاده می‌گردد. روش هیدرومتری مشابه روش پیپت است. اساس آن اندازه‌گیری چگالی سوسپانسیون خاک و آب است که به تدریج بر اثر رسوب مواد کاهش پیدا کرده و هیدرومتر بیشتر در مایع فرو می‌رود اعداد قرائت شده روی هیدرومتر متناسب با حجم مایع جابجا شده خواهد بود. امروزه بهترین طریقه اندازه‌گیری نیتروژن کل (TN) خاک استفاده از روش کجلدال (اکسید کردن مرطوب) می‌باشد (Bremner et al., 1982).

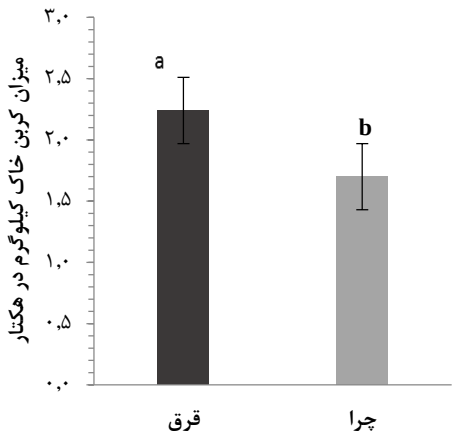
اندازه‌گیری اسیدیته خاک با استفاده از نسبت یک به پنج خاک و آب مقطر و گرفتن عصاره آن و دستگاه pH سنج انجام گرفت. به همین منظور مقدار پنج گرم خاک عبور داده شده از الک دو میلی‌متر (مش۲۰) اندازه‌گیری و سپس ۲۵ سی‌سی آب مقطر به آن اضافه شد (محلول۵:۱) و به مدت دو ساعت با سرعت ۲۵۰-۳۰۰ در دستگاه شیکر قرار گرفت. پس از آن با استفاده ازدستگاه pH سنج مدل (PH/MV/Temp, AZ 86552) میزان اسیدیته هر محلول اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی خاک با استفاده از نسبت یک به پنج خاک و آب مقطر و گرفتن عصاره آن و دستگاه EC متر انجام گرفت (Thomas, 2008).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS v.18 انجام شد. در این مطالعه، متغیرهای کمی شامل کربن آلی خاک، نیتروژن کل، وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌برداری از دو تیمار مدیریتی شامل قرق و چرای آزاد در دو عمق خاک (سطحی و زیرسطحی) صورت گرفت و برای هر تیمار و هر عمق، ۲۸ نمونه برداشت شد که در مجموع ۱۱۲ نمونه تجزیه و تحلیل گردید. به‌منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد و نتایج نشان داد که توزیع داده‌ها نرمال بوده و یا انحراف از نرمال بودن در سطح قابل قبولی قرار دارد($p \geq ۰/۰۵$) . برای مقایسه میانگین مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری شده بین تیمارهای قرق و چرای آزاد در هر عمق، از آزمون t مستقل استفاده شد. سطح معنی‌داری آزمون‌ها ۰۵/۰ در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک در دو منطقه قرق و چرا

نتایج برآورد مقدار ترسیب کربن در واحد سطح (کیلوگرم بر هکتار) و دیگر پارامترهای اندازه‌گیری شده از جمله نیتروژن، وزن مخصوص ظاهری، نسبت کربن و نیتروژن، اسیدیته، هدایت الکتریکی و وزن مخصوص ظاهری در جدول ۲ آمده است. میانگین مقدار کربن آلی خاک در شرایط قرق ۲/۲۴ و در شرایط چرا ۱/۷ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد.



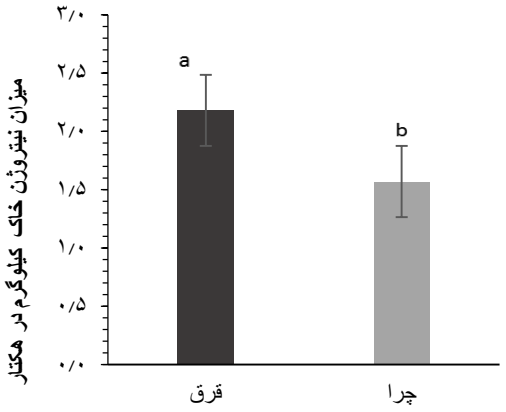
شکل۲. میانگین کل ترسیب کربن خاک در دو منطقه قرق و چرا

در دو منطقه قرق و چرای آزاد میزان ذخیره کربن خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که قرق بر مقدار کربن در دو منطقه چرا و قرق تأثیر معنی‌داری داشته است ($p\leq ۰/۰۵$). به‌طوری‌که نتایج بیانگر تغییرات میزان کربن در منطقه قرق با میانگین ۲/۲۴ کیلوگرم در هکتار بوده و این میزان در منطقه چرا ۱/۷ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد که بر این اساس میزان کربن در منطقه قرق یک افزایش ۳۱/۷ درصدی نسبت به منطقه چرا داشت (شکل ۲). نتایج این تحقیق نشان داد که میزان کربن ذخیره خاک در منطقه قرق نسبت به منطقه چرا تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۲)، که با یافته‌های جنیدی[۲] و همکاران (۲۰۱۵)، سان[۳] و همکاران (۲۰۱۱)، عطائیان[۴] و

همکاران (۲۰۲۳) و خدادوست[5] و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد که در منطقه مورد چرا به دلیل کم شدن زی‌توده هوایی و زیرزمینی گیاه که منتج به کاهش بازگشت مواد آلی به خاک شده، میزان کربن ذخیره‌ای خاک کاهش می‌یابد. همچنین با از بین رفتن پوشش محافظ سطح خاک، ساختمان خاک تخریب شده که این امر موجب افزایش فرسایش بادی و آبی خاک منطقه چرا شده است. می‌دانیم که فرسایش خاک باعث از بین رفتن مواد آلی خاک از جمله کربن ذخیره‌ای خاک می‌گردد. بیوماس و ویژگی‌های ریختی اندام‌های زیرزمینی گیاه بر اثر چرا کاهش می‌یابند، که خودبه‌خود باعث کاهش مواد آلی خاک بخصوص تأثیر منفی بر مقدار کربن ذخیره‌ای خاک می‌شود. زیرا ثابت شده است که ریشه گیاهان بزرگترین منبع ترسیب کربن به خاک است. نتایج این تحقیق با یافته‌های قربانی[6] و همکاران (۲۰۱۲) همسو نیست. دلیل تفاوت نتایج ما با یافته‌های ایشان تفاوت منطقه مطالعاتی از لحاظ اقلیم، خاک و اختلاف ارتفاع و تیپ پوشش گیاهی دو منطقه باشد.

بررسی تغییرات میزان ذخیره نیتروژن خاک در شرایط قرق و چرا

در بررسی تغییرات میزان ذخیره کربن نیتروژن در منطقه قرق و چرای آزاد هم وضعیتی مشابه کربن مشاهده شد به‌طوری‌که میزان نیتروژن خاک با اعمال مدیریت قرق از میزان ۱/۵۷ در منطقه چرا به مقدار ۲/۱۸ کیلوگرم در هکتار در منطقه قرق با ضریب اطمینان ۹۹ ٪ رسید (شکل ۳).



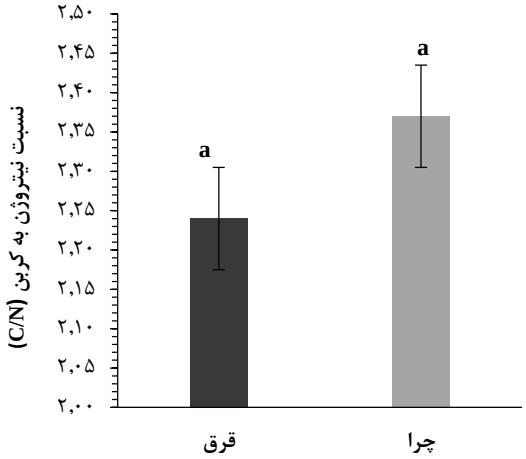
شکل۳. تغییرات نیتروژن خاک در دو منطقه قرق و چرا

نتایج این پژوهش نشان داد که میزان ذخیره نیتروژن خاک در منطقه قرق نسبت به منطقه چرا تفاوت معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که میزان نیتروژن خاک در منطقه قرق بیشتر از منطقه چرا شد (شکل۳). این نتایج با مطالعات جعفری[7] و همکاران (۲۰۱۵) و He و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. آن‌ها نیز به این نتیجه رسیدند که در منطقه مورد چرا میزان نیتروژن خاک کاهش یافته است که روندی مشابه با کاهش کربن ذخیره‌ای خاک دارد. نتایج این تحقیق همچنین با یافته‌های بروک[8] و همکاران (۱۹۹۷) همسو نیست. آن‌ها در پژوهش خود نشان دادند، چرا بر میزان نیتروژن خاک تأثیر مثبتی داشته است. پژوهشگران در تحقیق خود اظهار داشته‌اند که چرا بر میزان ذخیره نیتروژن کل خاک تاثیر قابل ملاحظه‌ای ندارد، ولی نوع اقلیم و پوشش گیاهی بر میزان ذخیره نیتروژن خاک موثر است.

تفاوت بین نتایج این تحقیق با یافته‌های ایشان به دلیل تفاوت در منطقه آب و هوایی و تیپ غالب پوشش گیاهی باشد که این تحقیق در منطقه نیمه‌استپی زیرحوزه گرم قرار داشته، در حالی‌که منطقه مورد مطالعه آنان ارتفاعات زاگرس مرکزی است که گونه‌های خانواده پروانه آساها در آن‌جا بیشتر است - (Riahi et al., 2013).

بررسی تغییرات نسبت کربن به نیتروژن در شرایط قرق و چرا

نتایج آزمون جدول ۲ نشان داد، قرق و چرا تاثیر معنی‌داری در میزان تغییرات نسبت کربن به نیتروژن (C/N) نداشته است (p>۰/۰۵)، به‌طوری‌که این میزان در منطقه قرق با میانگین ۲/۲۴ و در منطقه چرا با مقدار ۲/۳۷ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد (شکل۴).



شکل۴. تغییرات نسبت کربن به نیتروژن خاک در دو منطقه قرق و چرا

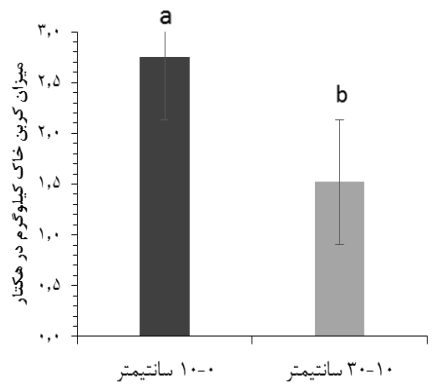
نتایج این پژوهش نشان داد که چرا و قرق بر نسبت کربن به نیتروژن تأثیر بسیار ناچیزی داشته‌اند (شکل۴). در مطالعه شریف[9] و همکاران (۱۹۹۴) با بررسی اثر چرای بر سطوح مختلف خاک مراتع به افزایش مقدار نسبت کربن به نیتروژن در منطقه چرا اشاره شد، که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین در مطالعه‌ای جلیلوند[10] و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شد در منطقه قرق به علت داشتن کربن بیشتر نسبت به منطقه چرایی، نسبت کربن به نیتروژن بالاتر است. البته در آنالیز نتایج معنی‌دار نشده که با نتایج این پژوهش همسو نبود.

جدول ۳. میانگین ترسیب کربن و پارامترهای خاک سطحی و زیر سطحی تحت شرایط مدیریتی قرق

	کربن (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	نسبت کربن به نیتروژن	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	وزن مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر متر مکعب)
۱۰-۰ سانتی متر	۲/۷۵±۷/۴	۲/۷±۱/۰۷	۲/۳۲±۰/۳۲	۷/۷۴±۰/۲۷	۵/۲۶±۱/۰۱	۱/۳۵±۰/۱۸
۳۰-۱۰ سانتی متر	۱/۵۲±۰/۸۴	۱/۶۴±۰/۴۶	۲/۱۶±۰/۴۷	۷/۶۷±۰/۵	۵/۴±۰/۹۴	۱/۵۳±۰/۱۸
سطح معنی‌داری	P<۰/۰۱	P<۰/۰۱	P>۰/۰۵	P>۰/۰۵	P>۰/۰۵	P<۰/۰۱

ترسیب کربن و خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک در دو عمق ۱۰-۰ (سطحی) و ۳۰-۱۰ سانتی‌متر (زیر سطحی) در منطقه قرق

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه قرق در دو عمق ۰ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر مورد بررسی قرار گرفت که بیانگر افزایش مقادیر کربن، نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن، اسیدیته در خاک سطحی و کاهش هدایت الکتریکی و وزن مخصوص ظاهری در این عمق نسبت به خاک زیر سطحی بود (جدول۳)، که در ادامه نتایج هر پارامتری بیان می‌گردد.



شکل۵. میانگین کل ترسیب کربن در دو عمق سطحی و زیر سطحی در منطقه قرق

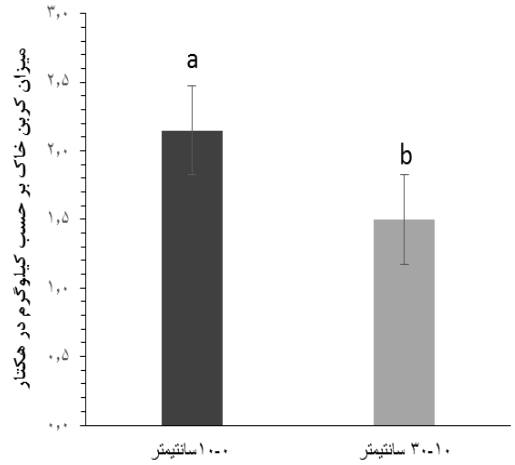
بررسی تغییرات میزان ذخیره کربن آلی خاک در دو عمق ۱۰ تا ۰ و ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر در منطقه قرق انجام شد، نتایج نشان داد میزان کربن در خاک سطحی نسبت به خاک زیر سطحی افزایش معنی‌داری داشته است (در سطح ۹۹ درصد) و این میزان ذخیره کربن در خاک سطحی با میانگین ۲/۷۵ و در خاک زیر سطحی با مقدار ۱/۵۲ کیلوگرم بر هکتار بود (p<۰/۰۱). در خاک سطحی افزایش ۴۴/۷ درصدی میزان ذخیره کربن نسبت به خاک زیر-سطحی مشاهده شد (جدول ۳؛ شکل ۵).

بررسی میزان ترسیب کربن و خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک در دو عمق ۱۰-۰ (سطحی) و ۳۰-۱۰ سانتی‌متر (زیر سطحی) در منطقه چرا

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه چرا در دو عمق ۰ تا ۱۰ و۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر مورد بررسی قرار گرفت که تغییراتی در پارامترهای کربن، نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن، اسیدیته و هدایت الکتریکی در خاک سطحی و وزن مخصوص ظاهری در این عمق نسبت به خاک زیر سطحی مشاهده شد (جدول ۴)، که در ادامه به بررسی هر کدام ازین تغییرات می‌پردازیم.

جدول ۴. میانگین ترسیب کربن و پارامترهای خاک سطحی و زیر-سطحی تحت شرایط مدیریتی چرا

	کربن (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	نسبت کربن به نیتروژن	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	وزن مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر متر مکعب)
۱۰-۰ سانتی متر	۷۲±۲/۷۵ /۹	۰۴±۱/۹۷ /۱	۳۲±۲/۳۲ /۰	۲۹±۷/۶ /۰	۸۷±۴/۴۵ /۰	۱۷±۱/۶۲ /۰
۳۰-۱۰ سانتی‌متر	۸۸±۱/۱۵ /۶	۷۳±۱/۱۷ /۰	/۶۴±۲/۳ ۰	۲۴±۷/۵ /۰	۷۶±۳/۷۹ /۰	۱۴±۱/۵۹ /۰
سطح معنی داری	P<۰/۰۱	P<۰/۰۱	P>۰/۰۵	>۰/۰۵ P	P<۰/۰۱	P>۰/۰۵



شکل۶. میانگین کل ترسیب کربن در دو عمق سطحی و زیرسطحی در منطقه چرا

نتایج این پژوهش نشان داد که میزان کربن ذخیره خاک در عمق سطحی بیش‌تر از میزان کربن در عمق زیرسطحی است (شکل ۶). به نظر می‌رسد که دلیل این تفاوت در این باشد که، حداقل پوشش باقی مانده از چرا، مقداری لاشبرگ تولید می‌کند که پس از پوسیدگی جذب خاک سطحی شده و در رشد مجدد مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. این نتایج با مطالعات خانی‌زاده[11] و همکاران (۲۰۱۴) که گزارش داده‌اند که چرا باعث کاهش بیوماس و طول ریشه گیاهان و در نتیجه کاهش مواد آلی در افق‌های زیرین خاک می‌گردد، همسو می‌باشد. همچنین نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات شومان[12] و همکاران (۲۰۰۲)، جنیدی و همکاران (۲۰۱۵)، کمالی[13] و همکاران (۲۰۲۰) و عطائیان و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد.

بررسی همبستگی پارامترهای اندازه‌گیری شده خاک با میانگین ۷ ساله حداکثر و حداقل دمای منطقه

در بررسی میزان همبستگی بین میانگین حداکثر دمای منطقه و پارامترهای اندازه‌گیری شده خاک همچون ذخیره کربن خاک، نیتروژن خاک، نسبت کربن به نیتروژن، هدایت الکتریکی، وزن مخصوص ظاهری خاک و بافت خاک همبستگی مشاهده نشد. فقط همبستگی بین میانگین حداکثر دمای منطقه و اسیدیته خاک به میزان۰/۷۹۷ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ وجود داشت. همچنین بین میانگین حداقل دمای منطقه پارامترهای خاک هیچ گونه همبستگی مشاهده نشد (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک در دو عمق۰ تا ۱۰ (سطحی) و ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر (زیر-سطحی) در منطقه قرق و چرا نشان داد که قرق و چرا بر ذخیره کربن خاک سطحی (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر)، مقدار نیتروژن خاک (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر) و میانگین میزان هدایت الکتریکی (EC) در عمق۱۰-۰ سانتی‌متر تأثیرگذار و با یک اثر افزاینده همراه هستند. به نظر می‌رسد خاک این مناطق به علت داشتن زی‌توده هوایی و زیر زمینی گیاه دارای مواد آلی و نیتروژن مناسبی هستند. هرچند در نسبت C/N خاک منطقه قرق و چرا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با وجود این موارد اثر معنی‌داری بر میزان اسیدیته خاک در دو منطقه قرق و چرا مشاهده نشد که می‌تواند به‌علت مواد مادری یکسان خاک دو منطقه باشد. همچنین چرا برخلاف قرق بر میزان هدایت الکتریکی (EC) در عمق۱۰-۰ سانتی‌متر اثر معنی‌داری و کاهشی داشت. یافته‌های منطقه‌ای که قرق و چرا در آن صورت گرفته بود، حاکی از این بود که در این منطقه قرق باعث اثر افزایشی و معنی‌داری در مقدار ذخیره کربن خاک سطحی (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر)، مقدار نیتروژن خاک (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر)، میزان اسیدیته خاک (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر) و میزان هدایت الکتریکی (EC) (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر) شده است. همچنین چرای انجام شده در این منطقه حفاظتی بر میزان وزن مخصوص ظاهری (عمق۱۰-۰ سانتی‌متر) تأثیر افزایشی و معنی‌داری داشته است.

این تفاوت‌ها را می‌توان حاصل برهم‌کنش مکانیسم‌های زیستی و غیرزیستی دانست که تحت تأثیر مدیریت چرای دام قرار دارند. در مراتع تحت چرای دام، لگدکوبی ناشی از حرکت دام‌ها منجر به افزایش تراکم خاک، افزایش چگالی ظاهری و در نهایت کاهش تخلخل و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود. به‌عنوان نمونه، سان و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که اختلال مکانیکی ناشی از چرا سبب فشردگی خاک و افزایش وزن مخصوص ظاهری می‌شود. فنتاهون[14] و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان می‌دهد که شدت بالای چرا موجب تغییرات فیزیکی در خاک، از جمله افزایش وزن مخصوص ظاهری می‌شود. این تغییرات ساختاری، فرآیندهای نگهداشت رطوبت و چرخه عناصر غذایی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. چرای دام

جدول ۵. ضریب همبستگی پیرسون (r) بین پارامترهای اندازه‌گیری شده خاک

	کربن	نیتروژن	نسبت کربن به نیتروژن	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی	وزن مخصوص ظاهری	حداکثر دمای مطلق	حداقل دمای مطلق
کربن	۱							
نیتروزن	۰/۶۸۵**	۱						
نسبت کربن به نیتروژن	۰/۳۲۶**	-۰/۲۸۷۲**	۱					
اسیدیته خاک	۰/۱۹*	۰/۰۷۱^{ns}	۰/۰۸۵^{ns}	۱				
هدایت الکتریکی	۰/۱۲۲^{ns}	۰/۱۰۴^{ns}	۰/۰۶۴^{ns}	-۰/۲۱۸*	۱			
وزن مخصوص ظاهری	۰/۰۸۴^{ns}	۰/۰۵۳	۰/۰۵۹^{ns}	-۰/۳۴۵**	۰/۲۲۲*	۱		
حداکثر دمای مطلق	۰/۵۲۹^{ns}	۰/۱۵۹^{ns}	۰/۴۰۰^{ns}	-۰/۷۹۷^{ns}	۰/۵۲۵^{ns}	۰/۱۳۱^{ns}	۱	
حداقل دمای مطلق	۰/۶۲۸^{ns}	۰/۱۴۴^{ns}	۰/۳۶۸^{ns}	۰/۶۰۵^{ns}	۰/۰۳۴^{ns}	۰/۲۹۸^{ns}	۰/۶۳۱^{ns}	

**: P <۰/۰۱ در سطح ۹۹ درصد همبستگی وجود دارد.

*: P<۰/۰۵ در سطح ۹۵ درصد همبستگی وجود دارد.

ns: همبستگی وجود ندارد.

همچنین بر ورودی و توزیع ماده آلی در خاک تأثیرگذار است که این امر، مستقیماً ذخیره کربن آلی و نیتروژن کل خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شرایط حذف چرا، افزایش زی‌توده گیاهی و تجمع لاشبرگ ناشی از نبود تغذیه گیاهی توسط دام، منجر به افزایش ورودی‌های کربن و نیتروژن از طریق پوسیدگی ریشه‌ها و تجزیه لاشبرگ می‌شود. حذف چرا باعث بهبود نگهداشت SOC و TN در نیمرخ خاک از طریق کاهش آبشویی نیترات و حفظ ماده آلی می‌شود (Abrigo et al., 2024). افزایش SOC و نیتروژن کل در مناطق بدون چرا نسبت به مناطق تحت چرا در سایر مطالعات نیز گزارش کردند، که این موضوع نقش مدیریت چرا را در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی در اکوسیستم‌های مرتعی تأیید می‌کند (Wang et al., 2018). ترکیب یونی محلول خاک که از طریق شاخص EC سنجیده می‌شود، نسبت به اختلالات ناشی از چرا حساس بوده و می‌تواند تحت تأثیر رسوبات کود دامی و تغییر در دینامیک آبشویی، بین سایت‌های مورد بررسی تفاوت‌هایی نشان دهد. این موضوع توسط ژو[15] و همکاران (۲۰۲۱) که به بهبود ساختار خاک در اراضی فاقد چرا اشاره کردند، مورد تأکید قرار گرفته است. برغم تغییرات کربن آلی و نیتروژن کل ، ثابت‌ماندن نسبت C:N میان سایت‌های دارای چرا و بدون چرا نشان می‌دهد که اگرچه مقادیر مطلق کربن و نیتروژن تحت تأثیر چرای دام تغییر می‌کنند، اما نسبت این دو عنصر نسبتاً ثابت باقی می‌ماند. این پایداری نسبت، حاکی از آن است که فرآیندهای تجزیه ماده آلی و معدنی‌شدن عناصر غذایی به‌صورت متوازن در هر دو وضعیت مدیریت عمل می‌کنند.

نتالو[16] و همکاران (۲۰۲۲) نیز روندی مشابه را گزارش کرده‌اند که در آن تغییرات SOC و TN در واکنش به مدیریت چرا مشاهده شد، اما نسبت C:N تغییر چندانی نداشت. این یافته‌ها بیانگر آنست‌که ورودی لاشبرگ گیاهی و نرخ تجزیه میکروبی بر هر دو عنصر تأثیر همزمان و متناسب دارند. همچنین، مطالعاتی نظیر لی[17] و همکاران (۲۰۱۸) نشان می‌دهند که چرا می‌تواند به‌طور هم‌زمان چرخه کربن و نیتروژن را تحت تأثیر قرار داده و با وجود تغییر در مقادیر مطلق این عناصر، نسبت استوکیومتری آن‌ها را حفظ کند. چنین تعادلی احتمالاً ناشی از تغییرات متناسب در زی‌توده هوایی و زیرزمینی و همچنین فرآیندهای مشابه در تجزیه و معدنی‌شدن است که به‌صورت هماهنگ بر مخازن کربن و نیتروژن اثرگذار هستند. در مجموع، تفاوت‌های معنادار در مقادیر SOC، TN، EC و BD بین سایت‌های تحت چرا و حفاظت‌شده را می‌توان به تغییرات در ساختار فیزیکی خاک، ورودی‌های[18] ماده آلی و فرآیندهای نگهداشت عناصر غذایی نسبت داد که تحت تأثیر مدیریت چرای دام قرار دارند. با این حال، ثبات نسبت C:N نشان می‌دهد که مکانیسم‌های مؤثر بر تجمع و اتلاف کربن و نیتروژن، از جمله تجزیه لاشبرگ، پوسیدگی ریشه و فعالیت‌های میکروبی در هر دو نوع مدیریت به‌صورت همزمان و هماهنگ عمل می‌کنند. این نتایج با یافته‌های مطالعات پیشین هم‌راستا هستند (Abrigo et al., 2024، Ntalo et al., 2022، Sun et al., 2014، Fenetahun et al., 2021، Zhu et al., 2021). با توجه به نتایج این پژوهش که نشان داد قرق بلندمدت می‌تواند به‌طور مؤثری موجب افزایش ترسیب کربن آلی و نیتروژن در لایه‌های سطحی و زیرسطحی خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متر در مراتع شبه‌حاره‌ای خوزستان شود، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های حفاظتی پارک ملی کرخه به سمت گسترش و تقویت نظام قرق در نواحی حساس و دارای پتانسیل بالای احیای خاک هدایت شود. اجرای برنامه‌های قرق بلندمدت در مناطق با شدت چرای بالا، همراه با پایش منظم ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی، نه تنها موجب بهبود کیفیت خاک و افزایش حاصلخیزی آن می‌شود، بلکه در بلندمدت به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تقویت پایداری اکولوژیکی، و مقابله با بیابان‌زایی در این منطقه کمک می‌کند. همچنین پیشنهاد می‌شود در کنار قرق کامل، از رویکردهای مدیریت چرا مانند چرای تناوبی کنترل‌شده بهره‌گیری شود تا در عین حفظ تنوع زیستی و سلامت خاک، نیازهای جوامع محلی نیز در نظر گرفته شود. آموزش و مشارکت جوامع بومی در اجرای این سیاست‌ها، نقشی کلیدی در موفقیت بلندمدت اقدامات حفاظتی خواهد داشت

سپاسگزاری

این اثر تحت حمایت دانشگاه ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست انجام شده است. نویسندگان مقاله از مسئولان محترم دانشگاه سپاسگزاری می‌نمایند.

Reference:

Abrigo, M., Lezama, F., Grela, I. & Piñeiro, G. (2024). Grazing exclusion effects on vegetation structure and soil organic matter in savannas of río de la plata grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 35(5).

Attaeian, B., Karami, F., Akhzari, D. & Kiani, G. A. (2023). Comparative Study of Vegetation Parameters, Soil Elements, and Organic Carbon Storage in Mountain Rangelands under Exclosure and Grazing Management: A Case Study in Asadabad, Hamadan. *Journal of Rangeland*, 17(2), 247-262. [in Persian]

Atsbha, T., Desta, A. B. & Zewdu, T. (2019). Carbon sequestration potential of natural vegetation under grazing influence in Southern Tigray, Ethiopia: implication for climate change mitigation. *Heliyon*, *5*(8).

Bremner, J.M. & Mulvaney, C.S. (1982). Nitrogen-total. In: page, AL, Miller. RH, Keeney, RR, (Eds), Methods of soil analysis, and Part 2. Second ed. *American society of agronomy, Madison, WI*, 624 p.

Blake, G.R. & Hartge, K.H. (1995). Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. *Soil Sci. Soc. Am. Pub*, 9(1), 363-376.

Burke, I.C., Laurenroth, W.K. & Milchunas, D.G. (1997). Biogeochemistry of Managed Grasslands in Central North America. In: Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott & C.V. Cole (Eds.), Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL, 85–102.

Cannell, G.R. (2003). Carbon sequestration and biomass energy offset theoretical, potential and achievable capacities globally in Europe and UK. *Biomass and Bioenergy*, 24, 97-116.

Chen, L. & Baoyin, T. (2024). Effects of plant productivity and species on soil carbon and nitrogen sequestration under seasonal grazing in a semi-arid grassland of north china. *Land Degradation and Development*, 35(5), 1960-1970.

Fenetahun, Y., Yuan, Y., Xu, X., Fentahun, T., Nzabarinda, V., & Wang, Y. (2021). Impact of grazing intensity on soil properties in teltele rangeland, ethiopia. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 664104.

Gee, G.W. & Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis, in A, Klute, ed. Methods of soil analysis, soil science society of America, Madison, Wiscon, pp.383–411.

Gebregergs, T., Tessema, Z., Solomon, N. & Birhane, E. (2019). Carbon sequestration and soil restoration potential of grazing lands under exclosure management in a semi-arid environment of northern ethiopia. *Ecology and Evolution*, 9(11), 6468-6479.

Ghorbani, N., Raiesi, F. & Ghorbani, Sh. (2012). Influence of Livestock Grazing on the Distribution of Organic Carbon, Total Nitrogen and Carbon Mineralization within Primary Particle-Size Fractions in Shayda Rangelands with Cropping History. *Iranian Journal of Soil and Water*, 23(1), 209-222. [in Persian]

Hashimoto. M., Nose, T. & Muriguchi, Y. (2002). Wood products: ia carbon sequestration and impact on net carbon emissions of i cruntries. *Environmental Science & Policy*, 5, 183-193.

He, N.P., Zhang, Y.H., Yu, Q., Chen, Q.S., Pan, Q.M., Zhang, G.M. & Han, X.G. (2011). Grazing intensity impacts soil carbon and nitrogen storage of continental steppe. *Ecosphere*, 2(1), 1-10.

Hui, D., Deng, Q., Tian, H. & Luo, Y. (2017). Climate change and carbon sequestration in forest ecosystems. Handbook of climate change mitigation and adaptation, 594p.

Hu, Z., Li, S., Guo, Q., Niu, S., He, N., Li, L. & Yu, G. (2016). A synthesis of the effect of grazing exclusion on carbon dynamics in grasslands in china. *Global Change Biology*, 22(4), 1385-1393.

Jafari, M., Azarnivand, H. Sadeghipour, A., Kamali, N., Heydari, A. & Madah Arefi, H. (2015). The effects of different intensities of livestock grazing on carbon sequestration and soil nitrogen storage (case study: Chahar Shahriar plot). Pasture and watershed management. *Journal of natural resources of Iran*, 69(2), 353-366. [in Persian]

Jahantab, E., Mirzaee, M. & Gholami, P. (2019). The effect of Drill seeded exclosures on vegetation changes using multivariate analysis in Tang-e-Sorkh rangelands in Boyerahmad province, Iran. *Rangeland*, 13(2), 274-284. [in Persian]

Jalilund, H., Mortash, R. & Vahidpour, H. (2006). The effect of plant cover and some chemical properties of soil in Kajor pastures of Nowshahr. *Pasture Journal*, 66, 1-53. [in Persian]

Joneidi, H., Amani, S. & Kerami, P. (2015). The effect of livestock grazing intensity on sedimentation and carbon storage in Bijar protected pastures. *Marta Research Journal*, 10(1), 53-67. [in Persian]

Kamali, N., Eftekhari, A., Soori, M., Nateghi, S. & Bayat, M. (2020). Grazing impact on vegetation cover and some soil factors (Case study: Houz-e-Soltan Lake, Qom). *Journal of Rangeland*, 14(1), 85-94. [in Persian]

Khanizadeh, A.R., Erfanzadeh, R. & Siah Mansour, R. (2014). Investigating the effect of livestock grazing on the underground organs of Festuca ovina species in the semi-arid pastures of Lorestan. Second International Conference on Sustainable Development and Solutions and Challenges, pp. 24-26. [in Persian]

Khodadost, M., Saberi, M. & Tarnian, F. (2022). The carbon and nitrogen storage capacity of soil in two enclosure and grazed sites (Case study: Kote rangelands of Khash City). *Rangeland*, 16(3), 441-453. [in Persian]

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impact on global climate change andfood security. Science, 304: 1623-1627.

Li, G., Zhang, Z., Shi, L., Zhou, Y., Yang, M., Cao, J. & Lei, G. (2018). *Effects of different grazing intensities on soil c, n, and p in an alpine meadow on the Qinghai-tibetan plateau, china*. International Journal of Environmental Research and Public.

Liang, M., Smith, N., Chen, J., Wu, Y., Guo, Z., Gornish, E., & Liang, C. (2021). Shifts in plant composition mediate grazing effects on carbon cycling in grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 58(3), 518-527.

Moradi Shahghariyeh, M. and Tahmasbi, P., 2016. The effect of enclosure on carbon sequestration and soil physical and chemical properties in semi steppe rangelands of Chaharmahal and Bakhtiari Province. Natural ecosystem of Iran, 6(4): 97-109. [in Persian]

Ntalo, M., Ravhuhali, K., Moyo, B., Mmbi, N. & Mokoboki, H. (2022). Physical and chemical properties of the soils in selected communal properties associations of south africa. *Peerj*, 10, e13960.

Riahi Samani, M. & Raisi, F. (2013). Carbon dynamics in natural pastures under grazing and flooding in three grassland ecosystems of the Central Zagros Mountains, *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries)*, 28(4), 753-742. [in Persian]

Schuman, G.E., Janzen, H.H. & Herrick, J.E. (2002). Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental Pollution*, 116, 391- 396.

Shariff, A.R, Biondini, M.E. & Grtgiel, C.E. (1994). Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. *Journal of Range Management*, 47, 444- 449.

Sun, J., Wang, X., Cheng, G., Wu, J., Hong, J., & Niu, S. (2014). Effects of grazing regimes on plant traits and soil nutrients in an alpine steppe, northern tibetan plateau. Plos One, 9(9), e108821.

Sun, D.S., Wesche, K., Chen, D.D., Zhang, S.H., Wu, G.L., Du, G.Z. & Comerford, N.B. (2011). Grazing depresses soil carbon storage through changing plant biomass and composition in a Tibetan alpine meadow. *Plant soil environment*, 57 (6), 271–278.

Thomson, A. (2008). Integrated estimates of global terrestrial carbon sequestration. *Global Environmental Change*, 18, 192–203.

Wang, L., Gan, Y., Wiesmeier, M., Zhao, G., Zhang, R., Han, G. & Hou, F. (2018). Grazing exclusion—an effective approach for naturally restoring degraded grasslands in northern china. *Land Degradation and Development*, 29(12), 4439-4456.

Zhu, G., Yuan, C., Gong, H., Peng, Y., Huang, C., Wu, C. & Duan, H. (2021). Effects of short-term grazing prohibition on soil physical and chemical properties of meadows in southwest china. *Peerj*, 9, e11598.

یادداشت ها

[1] Chen
[2] Joneidi
[3] Sun
[4] Attaeian
[5] Khodadost
[6] Ghorbani
[7] Jafari
[8] Bruke
[9] Sharif
[10] Jalilvand
[11] Khanizadeh
[12] Schuman
[13] Kamali
[14] Fenetahun
[15] Zhu
[16] Ntalo
[17] Li