Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Analysis of the Effects of Enclosure on Soil Biological Indicators in Koteh Rangelands of Khash County

Morteza Saberi[*1], Mohammad Reza Dahmardeh Ghaleno[2], Rasool Khatibi[3]

[1.] Corresponding Author; Associate Prof., Department of Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: Mortezasaberi@uoz.ac.ir

[2.] Associate Prof., Department of Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.

[3.] Assistant Prof., Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2025; Vol 19, Issue 3

Article history:
Received: 07.05.2025
Revised: 10.07.2025
Accepted: 13.07.2025

Keywords:
livestock grazing, enclosure, s oil biological characteristics, Khash rangelands.

Abstract

Introduction and Objective: Soil microbial diversity plays a vital role in the functioning of rangeland ecosystems, particularly in biogeochemical cycles, organic matter decomposition, and the maintenance of soil fertility. Livestock grazing—one of the most widespread human activities in rangelands—can affect soil microbial communities by altering vegetation structure as well as soil physical and chemical properties. However, findings from previous studies on the effects of grazing on microbial diversity are often inconsistent, likely due to variations in climate, rangeland type, grazing intensity, and duration. A comprehensive analysis is therefore essential to better understand these impacts. Given the importance of evaluating how grazing exclusion (enclosure) influences soil biological characteristics—especially in arid and semi-arid regions that are highly sensitive to grazing—this study was conducted in the Koteh rangelands of Khash County, southeastern Iran.

Methodology: To examine the effects of grazing exclusion, 60 plots were established along six 100-meter transects using a random-systematic sampling design in both enclosed and grazed areas. Within each plot, vegetation cover, plant species, litter, stone and gravel cover, and bare soil percentage were recorded. Soil samples were collected from the beginning, middle, and end of each transect at two depths (0–15 cm and 15–30 cm). Three samples from each depth were combined into composite samples, yielding a total of 24 samples. These were analyzed for soil biological properties, including catalase enzyme activity, microbial biomass carbon (MBC), microbial biomass nitrogen (MBN), basal respiration, microbial population, and microbial contribution to soil. Statistical analyses were performed using SPSS software with paired and independent t-tests, while correlations among biological parameters were assessed using Pearson's correlation coefficient in R.

Results: Vegetation cover in the enclosed area averaged 32.2%, compared to only 10.9% in the grazed area. All soil biological indicators were significantly higher in the surface layer (0–15 cm) than in the deeper layer (15–30 cm). For instance, catalase activity in the enclosed area averaged 55.77 μmol $KMnO_4$ g^{-1} dry soil, significantly greater than 40.90 μmol $KMnO_4$ g^{-1} dry soil in the grazed area. Microbial biomass nitrogen and microbial population in the enclosed site were 27.07 mg/kg and 3.96 mg/kg, respectively, both significantly higher at the 1% level.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

These findings clearly demonstrate that most microbial activity occurs in the topsoil due to higher levels of organic matter, oxygen, nitrogen, and metabolic processes. Strong positive correlations were observed between catalase activity and MBN (r = 0.91), and between catalase activity and microbial population (r = 0.92), indicating that increased microbial activity enhances catalase levels, which serve as indicators of soil biological health. MBN also showed strong correlations with microbial contribution (r = 0.84) and microbial population (r = 0.87), underscoring its central role in nutrient cycling.

Conclusion: Catalase activity, microbial biomass nitrogen, microbial population, and microbial contribution can serve as reliable bioindicators for assessing soil health in rangeland ecosystems. Overall, all measured biological properties were significantly improved in the enclosed area compared to the grazed area at both soil depths. These results demonstrate that intensive grazing reduces microbial activity, diminishes soil fertility, and disrupts biogeochemical processes. Consequently, implementing enclosure strategies or rotational grazing management is strongly recommended to restore the biological and physicochemical functions of soils in rangeland ecosystems.

Cite this article: Saberi, M., M.R. Dahmardeh Ghaleno, R. Khatibi, 2025. Analysis of the effects of enclosure on soil biological indicators in Koteh rangelands of Khash County. Journal of Rangeland, 19(3): 316-332.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

تحلیل اثرات قرق بر شاخص‌های زیستی خاک در مراتع کوته شهرستان خاش

مرتضی صابری*[۱]، محمدرضا دهمرده قلعه نو[۲]، رسول خطیبی[۳]

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایان نامه: Mortezasaberi@uoz.ac.ir

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

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

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۴؛ جلد ۱۹، شماره ۳

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۲/۱۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۲

واژه‌های کلیدی:
چرای دام،
قرق،
خصوصیات زیستی خاک،
مراتع خاش.

چکیده

سابقه و هدف: تنوع میکروبی خاک نقش حیاتی در عملکردهای اکوسیستم‌های مرتعی خصوصاً چرخه‌های بیوژئوشیمیایی، تجزیه مواد آلی و حفظ حاصلخیزی خاک ایفا می‌کند. چرای دام، به‌عنوان یکی از فعالیت‌های انسانی گسترده در مراتع، می‌تواند با تغییر در ساختار پوشش گیاهی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، بر جوامع میکروبی تأثیر بگذارد. با این حال، نتایج مطالعات مختلف در مورد تأثیر چرای دام بر تنوع میکروبی خاک متناقض بوده که ممکن است ناشی از تفاوت در شرایط اقلیمی، نوع مرتع، شدت و مدت زمان چرای دام باشد. بنابراین، نیاز به یک تحلیل جامع برای درک بهتر این تأثیرات احساس می‌شود. با توجه به اهمیت آگاهی از تاثیر قرق بر خصوصیات زیستی خاک، انجام چنین مطالعاتی خصوصاً در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک و حساس به چرای دام ضروری است. بنابراین تحقیق حاضر در مراتع کوته شهرستان خاش به منظور شناسایی تاثیر قرق بر ویژگی‌های زیستی خاک منطقه انجام شد.

مواد و روش: بدین منظور تعداد ۶۰ پلات در طول ۶ ترانسکت ۱۰۰ متری به روش تصادفی - سیستماتیک در هریک از مناطق قرق و تحت چرا در نظر گرفته شد. در داخل هر پلات فهرست گونه‌های موجود، درصد پوشش گیاهی، لاشبرگ، سنگ و سنگریزه و خاک لخت ثبت شد. از ابتدا، وسط و انتهای هر ترانسکت یک پروفیل خاک به عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتیمتر برای هر منطقه برداشت شد. سپس سه نمونه از هر عمق با هم مخلوط و یک نمونه مرکب تهیه گردید. تعداد ۲۴ نمونه خاک جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های زیستی خاک (آنزیم کالاتاز، کربن زیتوده میکروبی، نیتروژن زیتوده میکروبی، تنفس میکروبی پایه، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و سهم میکروبی خاک) به آزمایشگاه انتقال یافت. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون t جفتی و مستقل تجزیه و تحلیل گردید. همچنین همبستگی پارامترهای مطالعه شده با آزمون ضریب همبستگی پیرسون در محیط نرم‌افزار R انجام گردید.

نتایج: نتایج نشان داد درصد پوشش گیاهی در منطقه قرق ۳۲/۲ درصد و در منطقه مورد چرا شده ۱۰/۹ درصد بود. شاخص‌های زیستی خاک در عمق ۰-۱۵ سانتیمتر به‌طور معناداری بالاتر از عمق ۱۵-۳۰ سانتیمتر بودند. به عنوان مثال، فعالیت آنزیم کاتالاز در منطقه قرق به طور میانگین ۵۵/۷۷ ($\mu mol\ KMnO_4\ g^{-1}dry\ soil$) بود که به‌طور قابل توجهی بالاتر از ۴۰/۹۰ ($\mu mol\ KMnO_4\ g^{-1}dry\ soil$) در منطقه چرا شده بود. همچنین، نیتروژن زی‌توده میکروبی در منطقه قرق ۲۷/۰۷ (mg /kg) و جمعیت میکروارگانیسم‌ها ۳/۹۶ (mg /kg) بود، که هر دو نسبت به مناطق چرا شده تفاوت معناداری در سطح یک درصد آماری داشتند. این یافته‌ها به روشنی تأیید می‌کنند که بیشتر فعالیت‌ها و عملکردهای زیستی خاک در لایه‌های سطحی متمرکز هستند که به‌دلیل وجود مواد آلی بیشتر، اکسیژن بالاتر، نیتروژن و فعالیت های متابولیکی بیشتر است. نتایج

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص‌های زیستی خاک در منطقه قرق نشان داد آنزیم کاتالاز با نیتروژن زی‌توده میکروبی (۰/۹۱) و جمعیت میکروارگانیسم‌ها (۰/۹۲) همبستگی بسیار قوی نشان داد. این نشان می‌دهد که افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز می‌شود که خود نشان‌دهنده سلامت زیستی خاک است. همچنین شاخص نیتروژن زی‌توده میکروبی با سهم میکروبی خاک (۰/۸۴) و جمعیت میکروارگانیسم‌ها (۰/۸۷) همبستگی بالایی داشت. این نتایج نشان می‌دهد که نیتروژن موجود در زی‌توده میکروبی نقش مهمی در پویایی مواد غذایی در خاک ایفا می‌کند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به‌دست آمده، شاخص‌هایی آنزیم کاتالاز، نیتروژن زی‌توده میکروبی، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و سهم میکروبی خاک می‌توانند به عنوان نشانگرهای زیستی مؤثر جهت ارزیابی کیفیت و سلامت خاک در اکوسیستم‌های مرتعی استفاده شوند. همچنین کلیه ویژگی‌های زیستی خاک در منطقه قرق شده در هر دو عمق مورد مطالعه بهتر از منطقه تحت چرای دام هستند که نشان می‌دهد چرای شدید باعث افت فعالیت‌های زیستی، کاهش حاصلخیزی خاک و اختلال در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی می‌شود. بنابراین، اجرای برنامه‌های قرق یا مدیریت چرای تناوبی برای احیای عملکرد فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک در اکوسیستم‌های مرتعی توصیه می‌شود.

استناد: صابری، م.، م.ر. دهمرده قلعه نو، ر. خطیبی، ۲۰۲۵. تحلیل اثرات قرق بر شاخص‌های زیستی خاک در مراتع کوته شهرستان خاش. مرتع، ۱۹(۲): ۳۳۲-۳۱۶.

DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

مقدمه

یکی از شاخص‌های مهم برای تشخیص سلامت و پایداری اکوسیستم‌های طبیعی، وضعیت مواد مغذی خاک است. آگاهی از تغییرات خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در اثر فرآیندهای مختلف درتعیین نقش این فرآیندها در چرخه این عناصر و در نتیجه کاهش اثرات نامطلوب مدیریت غلط اکوسیستم‌ها اهمیت زیادی دارد (۱).

استفاده از قرق بعنوان یک اقدام مدیریتی مناسب و موثر می‌تواند به افزایش پوشش گیاهی و بازسازی اکوسیستم مرتعی کمک کند. و باعث تغییرات در تعداد گونه‌های گیاهی، پوشش تاجی، تولید علوفه، فراوانی گونه‌های خوشخوراک و علوفه‌ای، فراوانی گیاهان یکساله و چندساله، ترکیب گونه‌ای، پوشش سطح زمین، بهبود سرعت نفوذ آب به داخل خاک، حاصلخیزی خاک و بهبود بعضی از خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و زیستی خاک شود، لذا قرق مراتع به عنوان یک روش مدیریتی موثر برای احیای مناطق تخریب شده مطرح است (۱۵). قرق مراتع موجب بهبود معنی‌دار در ویژگی‌های فیزیکی و زیستی خاک و ارتقای زیتوده میکروبی کربن شده است. همچنین، قرق باعث افزایش غلظت برخی عناصر مغذی مانند پتاسیم و روی شد، در حالی‌که چرای دام با افزایش اسیدیته و کاهش کیفیت خاک همراه بود (۲۳). شریفی و اکبرزاده (۲۰۱۶) نتیجه گرفتند که قرق در تغییرات پوشش گیاهی و احیاء گونه‌های شاخص مطلوبیت مرتع در استان اردبیل مؤثر بوده به طوری که میانگین پوشش تاجی گونه‌های دایمی در داخل و خارج قرق در بین سال‌های ارزیابی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد آماری وجود داشته (P<۰/۰۱)، همچنین گونه‌های کم‌شونده در داخل منطقه قرق بیشتر شده و گیاهان زیادشونده کاهش یافتند (۲۵). در مطالعه شیدایی کرکج و همکاران (۲۰۱۷)، تأثیر قرق بر ویژگی‌های خاک در دو اقلیم مختلف بررسی شد. نتایج نشان داد اقلیم گرم‌تر باعث بهبود بیشتر کربن آلی و نیتروژن شد، در حالی‌که اقلیم سردتر تغییرات بیشتری در هدایت الکتریکی، آهک و رس ایجاد کرد. این تفاوت‌ها بیانگر نقش تعیین‌کننده اقلیم در اثرگذاری قرق هستند (۲۷).

چرای دام به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اختلالات بوم‌شناختی در اکوسیستم‌های مرتعی، اثرات قابل‌توجهی بر ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و فیزیکی خاک دارد. چرای مفرط می‌تواند اثرات مخربی بر خصوصیات فیزیکی خاک مراتع ایجاد کند. این اثرات شامل فشردگی بیش از حد سطح خاک، کاهش نفوذپذیری آب و خاک، ایجاد شرایط نامناسب رشد ریشه گیاهان، کاهش تبادلات گازی و حیاتی ریشه گیاهان و جانوران خاکزی، ایجاد فرسایش بادی و آبی و تلفات خاکی است (۳۷). چرای سبک می‌تواند با تسهیل بازچرخش مواد آلی و افزایش در دسترس‌بودن مواد غذایی، به ارتقاء فعالیت آنزیمی و تنوع میکروبی خاک کمک کند. در مقابل، چرا با شدت بالا اغلب منجر به کاهش زیتوده میکروبی، افت محتوای کربن آلی و اختلال در ساختار خاک می‌شود. در مجموع، شدت و مدت زمان چرای دام از طریق تأثیرگذاری بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک نظیر pH، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب، به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم موجب تغییر در ساختار و عملکرد جامعه میکروبی خاک می‌شوند و می‌توانند پایداری اکوسیستم را نیز تحت تأثیر قرار دهند (۳۴). براساس مطالعه تأثیر مدیریت چرای دام بر بهبود خصوصیات خاک‌ها در مراتع ییلاقی چهارباغ استان گلستان، اعمال قرق طولانی‌مدت در مراتع توانسته برخی ویژگی‌های خاک مانند وزن مخصوص ظاهری و pH را بهبود داده و رطوبت خاک را افزایش دهد. این نتایج نشان می‌دهد که مدیریت چرا، به‌ویژه در مناطق با چرای شدید مانند حریم روستا و آغل، برای حفظ کیفیت خاک و احیای اکوسیستم‌های مرتعی بسیار مؤثر است (۲۶).

نتایج یک فراتحلیل جهانی بر ۹۵ تحقیق علمی نشان داد که افزایش شدت و مدت چرای دام موجب کاهش کربن آلی خاک، زی‌توده میکروبی و فعالیت آنزیم‌های کلیدی می‌شود، که این روند ارتباط نزدیکی با پایداری عملکرد خاک دارد. همچنین، روابط قوی بین ویژگی‌های میکروبی و کربن خاک، و روابط ضعیف با نیتروژن و فسفر، نشان‌دهنده تأثیر غالب چرای دام بر چرخه کربن نسبت به سایر عناصر غذایی است (۳۳). وانگ و همکاران (۲۰۲۵) به بررسی تأثیر شدت چرای دام بر تنوع میکروبی خاک در اعماق مختلف در اکوسیستم استپی بیابانی پرداخته و نتیجه گرفتند چرای سنگین باعث کاهش تنوع میکروبی و تغییر ترکیب جامعه میکروبی به سوی گونه‌های مقاوم به شرایط سخت می‌شود. این نتایج اهمیت مدیریت پایدار چرای دام

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

برای حفظ سلامت و تنوع زیستی خاک در اکوسیستم‌های استپ بیابانی را نشان می‌دهد (۳۲). ژو و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای، تأثیر قرق مراتع بر ویژگی‌های خاک، ساختار جامعه قارچی و تنوع در انواع مختلف پوشش مرتعی بررسی شد. قرق مرتع به‌طور معنی‌داری باعث افزایش کربن آلی خاک و نیتروژن کل خاک شد (۳۹). شی و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی تأثیر قرق مرتع بر تنوع میکروبی خاک و عملکرد آن در اکوسیستم‌های مرتعی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که قرق مرتع تنوع میکروبی را در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب خشک افزایش داد (۲۸). نیک نهاد و همکاران با بررسی اثرات قرق بر برخی خصوصیات، فرسایش‌پذیری و ترسیب کربن خاک در مراتع بزداغی خراسان شمالی، به این نتیجه رسیدند که اعمال قرق در منطقه بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اثر مثبت معنی‌داری گذاشته و شاخص فرسایش‌پذیری خاک را نیز به طور معنی‌داری کاهش داده است. همچنین میانگین کربن ترسیب شده در خاک منطقه قرق شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقه تحت چرا می‌باشد (۲۲). یاری و همکاران در بررسی تأثیر قرق بر ترسیب کربن و برخی خصوصیات ادافیکی خاک در جنگل‌های تنگ دالب ایلام با مقایسه خصوصیات ادافیکی خاک در دو منطقه قرق و تحت چرا نشان دادند اختلاف معنی‌دار آماری برای بیشتر فاکتورها وجود دارد. همچنین مقادیر ترسیب کربن در خاک منطقه جنگلی قرق شده با میزان ۶۰/۰۳ تن در هکتار بیشتر از مقادیر آن در خاک منطقه قرق نشده و تحت چرا با میزان ۴۱/۱۷ تن در هکتار به دست آمد (۳۵).

جینگ و همکاران (۲۰۲۵) تأثیر شدت چرای دام بر ساختار جامعه باکتریایی و قارچی خاک در مراتع را بررسی کردند. نتایج کلی آنها نشان داد که شدت چرا به‌طور معنی‌داری ساختار جامعه باکتریایی و قارچی خاک را تغییر داده است، به‌طوری که تغییرات در جوامع باکتریایی شدیدتر بود . آنها بر انتخاب نوع مناسب دام و چرای سبک برای حفظ پایداری جوامع میکروبی و عملکرد اکوسیستم تأکید داشتند که می‌تواند مبنایی برای تدوین راهبردهای مدیریت دقیق و پایدار مرتع باشد (۱۲). در سال‌های اخیر، پژوهش‌های داخلی متعددی به بررسی تأثیر روش‌های مختلف مدیریت مراتع بر ویژگی‌های زیستی و فیزیکوشیمیایی خاک پرداخته‌اند. به‌طور خاص، مطالعات نشان داده‌اند که قرق و عملیات احیای مراتع موجب بهبود پوشش گیاهی، افزایش کربن آلی و فعالیت میکروبی خاک می‌شوند، در حالی که چرای بی‌رویه با کاهش مواد آلی و فشردگی خاک همراه است. بنابراین، شاخص‌های زیستی خاک همچون تنفس پایه، زی‌توده میکروبی و نسبت کربن به نیتروژن می‌توانند ابزارهای حساسی برای ارزیابی سلامت خاک در اکوسیستم‌های مرتعی باشند (۱۳).

تنوع میکروبی خاک نقش حیاتی در عملکردهای اکوسیستم‌های مرتعی ایفا می‌کند، از جمله در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی، تجزیه مواد آلی و حفظ حاصلخیزی خاک. چرای دام، به‌عنوان یکی از فعالیت‌های انسانی گسترده در مراتع، می‌تواند با تغییر در ساختار پوشش گیاهی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، بر جوامع میکروبی تأثیر بگذارد. با این حال، نتایج مطالعات مختلف در مورد تأثیر چرای دام بر تنوع میکروبی خاک متناقض بوده است. برخی مطالعات افزایش تنوع میکروبی را گزارش کرده‌اند، در حالی که برخی دیگر کاهش یا عدم تغییر قابل توجهی را نشان داده‌اند. این تناقضات ممکن است ناشی از تفاوت در شرایط اقلیمی، نوع مرتع، شدت و مدت زمان چرای دام باشد. بنابراین، نیاز به یک تحلیل جامع برای درک بهتر این تأثیرات احساس می‌شود. با توجه به مطالب بیان شده و اهمیت آگاهی از تاثیر قرق بر خصوصیات زیستی خاک، انجام چنین مطالعاتی خصوصاً در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک وحساس به چرای دام ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین تحقیق حاضر در مراتع کوته شهرستان خاش به منظور شناسایی تاثیر قرق بر ویژگی‌های زیستی خاک منطقه انجام شد.

مواد و روش‌ها

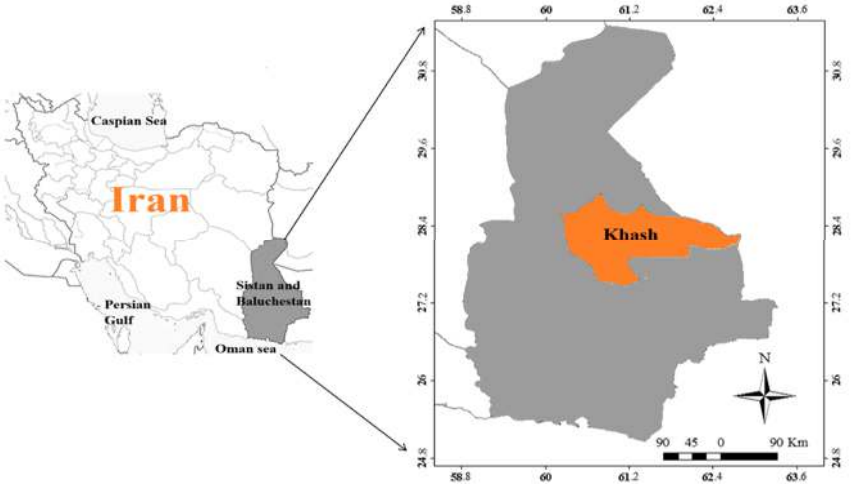
معرفی منطقه مورد مطالعه

طرح اصلاح و توسعه مراتع تحت عملیات مدیریتی قرق در شهرستان خاش اجرا گردیده است. مراتع کوته با وسعت تقریبی ۳۸۰۳ هکتار در بخش نوک آباد شهرستان خاش و در فاصله ۴۷ کیلومتری آن با مختصات جغرافیایی طول ″۴۰ ′۳۲ °۲۸ و عرض ″۱ ′۵۸ °۴۸ واقع شده است (شکل ۱). میانگین بارندگی سالانه مرتع مورد مطالعه ۱۴۸

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

میلی‌متر، ارتفاع از سطح دریا ۱۷۸۰ متر و میانگین دمای سالانه ۲۱/۲ درجه سانتی‌گراد است (۲۸ و ۱۶). نرخ دام‌گذاری در این مرتع بستگی به علوفه قابل دسترس دام در فصول متفاوت، متغیر می‌باشد. میانگین تعداد دام در مراتع تحت چرا ۷۰-۸۰ واحد دامی در هکتار در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور و ۶۰-۷۰ واحد دامی در هکتار در مهر تا اسفند ماه می‌باشد که با توجه به وضعیت اقلیمی، خاک و پوشش گیاهی منطقه، این نرخ دام‌گذاری سبب چرای شدید مراتع می‌گردد (۸).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان سیستان و بلوچستان و ایران

نمونه‌برداری خاک

برای مطالعه اثر قرق بر خصوصیات زیستی خاک، سایت قرق ۱۵ ساله مرتع کوته واقع در شهرستان خاش در نظر گرفته شد. سپس برای مقایسه با مراجعه به مراتع مناطق مجاور قرق، سعی شد منطقه‌ای مشابه به عنوان سایت چرا شده در نظر گرفته شود که از نظر شرایط کلی توپوگرافی دارای تشابه زیادی با سایت قرق باشد. پس از انتخاب سایت قرق و چراشده، نمونه‌برداری به روش تصادفی-سیستماتیک در خرداد ماه ۱۳۹۹ از این مناطق انجام شد. از روش آماری برای تعیین تعداد پلات و از روش تجربی (دو برابر بزرگترین تاج پوشش بوته) برای تعیین اندازه پلات استفاده شد (۳). سپس با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه، برای هر منطقه قرق و چرا شده 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 ۱ در ۱ 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. در این تحقیق، برای نمونه‌برداری خاک به‌منظور تعیین میزان خصوصیات زیستی در خاک برای هر منطقه (قرق و چرا شده)، از ابتدا، وسط و انتهای هر ترانسکت بعد از کنار زدن لاشبرگ‌ها، با حفر پروفیل از عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتیمتر نمونه خاک برداشت شد. سپس ۳ نمونه برداشت شده از هر ترانسکت (۶ ترانسکت و در نهایت ۶ نمونه برای هر منطقه و عمق مشخص) با هم مخلوط و یک نمونه مرکب تهیه شد (۲۰ و ۲۱). در مجموع تعداد ۲۴ نمونه خاک جهت اندازه‌گیری خصوصیات زیستی به آزمایشگاه انتقال یافت.

خصوصیات زیستی خاک

در این مطالعه، ۶ پارامتر به‌عنوان خصوصیات عملکردی خاک مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا نمونه‌های خاک از الک ۰/۲۵ میلی‌متر عبور داده شدند. خصوصیات زیستی مورد مطالعه در این تحقیق شامل فعالیت آنزیمی خاک (آنزیم کاتالاز)، کربن زیتوده میکروبی (Microbial biomass carbon (MBC)، نیتروژن زیتوده میکروبی (Microbial biomass nitrogen (MBN))، جمعیت

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

میکروارگانیسم‌ها، سهم میکروبی خاک و تنفس میکروبی پایه بودند. به منظور مطالعه تاثیر قرق و چرای دام بر فعالیت‌های آنزیمی خاک، آنزیم کاتالاز خاک با اضافه کردن هیدروژن پراکسید به‌وسیله اسپکتروفوتومتر UV با طول موج تقریبا ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. کربن زیتوده میکروبی به روش گازدهی با کلروفرم (Chloroform fumigation) استخراج اندازه‌گیری شد (۵). برای محاسبه این خصوصیت زیستی از رابطه (۱) زیر استفاده گردید (۲۴).

رابطه (۱)

$$MBC = \frac{EC}{K_{Ec}}$$

در این فرمول EC از تفاوت کربن آلی تدخین شده به کربن آلی نمونه‌های تدخین نشده محاسبه می‌شود. K_{EC} ضریب تبدیل Ec به MBC است که ۰/۴۵ درنظر گرفته شد (۲۴). این فرمول برای محاسبه نیتروژن زیتوده میکروبی نیز صادق است با این تفاوت که نیتروژن آلی تدخین شده و نیتروژن آلی نمونه‌های تدخین نشده در این فرمول مدنظر بود و ضریب تبدیل ۰/۵۴ است (۲۴). جمعیت میکروارگانیسم‌ها با روش بیشترین تعداد احتمالی محاسبه شد. تنفس میکروبی از جمع‌آوری دی اکسیدکربن رها شده در هیدروکسید سدیم و انجام تیتراسیون اندازه گیری شد (۲). همچنین با تقسیم کربن آلی زیتوده میکروبی به کربن آلی خاک سهم میکروبی خاک تعیین شد (۱۸).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی و بعد از بررسی نرمالیته با آزمون Kolmogrove- Smirnov و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene، داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون t جفتی و مستقل تجزیه و تحلیل گردید. همبستگی پارامترهای مطالعه شده با آزمون ضریب همبستگی پیرسون در محیط نرم‌افزار R انجام گردید.

نتایج

تاثیر چرای دام بر خصوصیات پوشش گیاهی منطقه

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فاکتورهای سطحی خاک نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین درصد پوشش تاجی در منطقه قرق و چرا شده در سطح یک درصد آماری وجود دارد (جدول ۱). با توجه به جدول ۱ پوشش‌تاجی در منطقه قرق ۳۲/۲ درصد و در منطقه چرا شده ۱۰/۹ درصد می‌باشد. تعداد گونه‌ها در منطقه قرق ۱۹ گونه که از گیاهان خانواده Zygophyllaceae است و در منطقه چرا شده ۱۳ گونه که غالبیت با گیاهان خانواده Chenopodiaceae می‌باشد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که منطقه قرق باعث افزایش گونه‌های خوشخوراک‌تر و پهن‌برگان علفی شده است (جدول ۱).

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

جدول ۱: نام علمی، خانواده، فرم رویشی (F: پهن‌برگ علفی، Sh: درختچه، B: بوته)، دوره زندگی (A: یکساله، P: چندساله) و درصد پوشش گونه‌های گیاهی موجود در منطقه قرق و چرا شده در مرتع کوته شهرستان خاش

ردیف	نام علمی	خانواده	فرم رویشی	دوره زندگی	درصد پوشش گیاهی	
					قرق	چرا شده
۱	*Zygophyllum eurypterum*	Zygophyllaceae	Sh	P	۸/۵	۱/۳۱
۲	*Alhagi camelorum*	Papilionaceae	F	P	۱/۸	۱/۶
۳	*Artemisia sieberi*	Compositae	B	P	۲	۰
۴	*Astragalus semnanica*	Papilionaceae	F	P	۰/۲	۰/۰۹
۵	*Cousinia stocksil*	Poaceae	B	P	۰/۵	۰
۶	*Scariola orientalis*	Compositae	F	P	۴/۱	۱/۴۳
۷	*Euphorbia helioscopia*	Euphorbiaceae	F	A	۰/۹	۰/۶
۸	*Hammada salicornia*	Chenopodiaceae	Sh	P	۰	۲
۹	*Artemisia santolina*	Compositae	B	P	۱/۲	۰
۱۰	*Artemisia lehmanniana*	Compositae	B	P	۰/۴	۰/۳۵
۱۱	*Amygdalus scoparia*	Papilionaceae	Sh	P	۰/۶۵	۰/۴
۱۲	*Astragalus semnanica*	Papilionaceae	F	P	۰/۶	۰/۲۳
۱۳	*Cymbopogon olivieri*	Graminae	F	P	۰/۰۵	۰
۱۴	*Astragalus mucronifolius*	Papilionaceae	Sh	P	۲/۳	۰/۲
۱۵	*Astragalus squarosus*	Papilionaceae	Sh	P	۰/۷۶	۰
۱۶	*Ephedra intermedia*	Ephedraceae	Sh	P	۰/۱۷	۰/۰۶
۱۷	*Amygdalus lycioides*	Papilionaceae	Sh	P	۰/۲۳	۰/۳۳
۱۸	*Amygdalus wendelboii*	Papilionaceae	Sh	P	۰/۲۸	۰/۱
۱۹	*Salsola tomentosa*	Chenopodiaceae	F	P	۶/۱۱	۲
۲۰	*Tribohus terrestris*	Zygophyllaceae	F	A	۰/۵۵	۰
		جمع کل پوشش تاجی			۳۲/۲	۱۰/۹

مقایسه پوشش سطح خاک در مناطق قرق و چرا شده

نتایج برآورد فاکتورهای سطحی خاک و درصد پوشش گیاهی حاصل از میانگین پلات‌ها در منطقه قرق و چرا شده نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین درصد پوشش گیاهی، لاشبرگ و سنگ و سنگریزه در دو منطقه وجود دارد (جدول ۲-۴). کل درصد پوشش گیاهی در منطقه قرق ۳۲/۲ درصد و در منطقه چرا شده ۱۰/۹ درصد برآورد گردید. همچنین درصد لاشبرگ در منطقه قرق (۳/۷۲ درصد) بیشتر از منطقه چرا شده (۱/۳۷) بود. میزان سنگ و سنگریزه در منطقه چرا شده بیشتر از منطقه قرق بود (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه میانگین فاکتورهای سطحی خاک و پوشش گیاهی در منطقه قرق و چراشده

خصوصیات پوشش	منطقه	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	مقدار t	نتیجه آزمون
پوشش تاجی	قرق	۳۲/۲	۲/۳۸	۵۸	۶/۹۵	۰/۰۰**
	چرا شده	۱۰/۹	۲/۴۴			
لاشبرگ	قرق	۳/۷۲	۰/۵۵	۵۸	۸/۰۰	۰/۰۰**
	چرا شده	۱/۳۷	۰/۱۸			
سنگ و سنگریزه	قرق	۴۱/۴	۳/۲۶	۵۸	۳/۷۳	۰/۰۱**
	چراشده	۵۶/۸	۳/۱۱			
خاک لخت	قرق	۲۱/۴	۴/۷۲	۵۸	۱/۸۴	۰/۱۱ns
	چرا شده	۳۲/۸	۷/۱۸			

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

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

تاثیر قرق بر خصوصیات زیستی خاک

نتایج تجزیـه و تحلیـل داده‌های قرق بر خصوصیات زیستی در دو عمق مورد مطالعه خاک نشان داد تمام پارامترهای مورد بررسی در عمق اول به طور معنی‌داری بالاتر از عمق دوم بودند. به‌طوریکه آنزیم کاتالاز، کربن زیتوده میکروبی، نیتروژن زیتوده میکروبی، تنفس میکروبی پایه و جمعیت میکروارگانیسم‌ها در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار بودند ($p<0.01$). تنها سهم میکروبی خاک با وجود بیشتر بودن در عمق اول تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت ($5p<0.0$). فعالیت آنزیم کاتالاز در عمق سطحی به‌طور قابل‌توجهی بالاتر است که نشان‌دهنده فعالیت اکسیداتیو بیشتر میکروارگانیسم‌ها در لایه‌های سطحی خاک است (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه خصوصیات زیستی بین عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ خاک در منطقه قرق

خصوصیات خاک	منطقه	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	t جفتی	نتیجه آزمون
آنزیم کاتالاز	عمق ۱	۵۷/۷	۰/۴	۵	۴۲/۹	۰/۰۰ **
(µmol $KMnO_4$ g^{-1}dry soil)	عمق ۲	۴۲/۵	۱/۱			
کربن زیتوده میکروبی	عمق ۱	۱۷۱/۷	۲/۲	۵	۲۴/۶	۰/۰۰ **
(mg /kg)	عمق ۲	۱۴۰/۵	۱/۲			
نیتروژن زیتوده میکروبی	عمق ۱	۲۷/۰	۰/۶	۵	۴۴/۰	۰/۰۰ **
(mg /kg)	عمق ۲	۱۷/۵	۰/۳			
تنفس میکروبی پایه	عمق ۱	۱/۳۸	۰/۱	۵	۷/۱	۰/۰۰ **
($mgCo_2$/gsoil.day)	عمق ۲	۰/۹۶	۰/۰۱			
جمعیت میکروارگانیسم‌ها	عمق ۱	۳/۹	۰/۱	۵	۲۵/۱	۰/۰۰ **
(CFU $\times 10^7$ g^{-1} dry soil)	عمق ۲	۲/۷	۰/۱			
سهم میکروبی خاک	عمق ۱	۳/۷	۰/۲	۵	۵/۵	۰/۰۱۲ *
($mgCmicg^{-1}Corg$)	عمق ۲	۲/۹	۰/۱			

** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

تاثیر چرای دام بر خصوصیات زیستی خاک

نتایج تجزیـه و تحلیـل داده‌های چرای دام بر خصوصیات زیستی در دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتیمتر خاک نشان داد خصوصیات آنزیم کاتالاز، کربن زیتوده میکروبی، نیتروژن زی‌توده میکروبی، تنفس میکروبی پایه، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و سهم میکروبی خاک در عمق اول خاک بیشتر از عمق دوم بود به‌طوریکه تفاوت به لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. فعالیت آنزیم کاتالاز در عمق اول به‌طور معناداری بیشتر از عمق دوم بود که نشان‌دهنده فعالیت میکروبی بالاتر در لایه سطحی خاک است. بیشتر بودن کربن زیتوده میکروبی، نیتروژن زیتوده میکروبی و تنفس میکروبی پایه در عمق اول حاصل فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌ها در لایه سطحی خاک است (جدول ۴).

جدول ۴: مقایسه خصوصیات زیستی بین عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ خاک در منطقه چرا شده

خصوصیات خاک	منطقه	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	t جفتی	نتیجه آزمون
آنزیم کاتالاز	عمق ۱	۴۰/۹	۱/۱۵	۵	۱۳/۵۷	۰/۰۰۱ **
(µmol $KMnO_4$ g^{-1}dry soil)	عمق ۲	۲۷/۴	۰/۹۷			
کربن زیتوده میکروبی	عمق ۱	۱۳۸/۳	۱/۱۰	۵	۵۱/۵۶	۰/۰۰۰ **
(mg /kg)	عمق ۲	۱۰۰/۰	۱/۳۲			
نیتروژن زیتوده میکروبی	عمق ۱	۱۷/۰	۰/۳۰	۵	۲۸/۹۸	۰/۰۰۰ **
(mg /kg)	عمق ۲	۹/۶	۰/۴۵			
تنفس میکروبی پایه	عمق ۱	۰/۸۰	۰/۰۲	۵	۱۱/۷۸	۰/۰۰۱ **
($mgCo_2$/gsoil.day)	عمق ۲	۰/۵۶	۰/۰۴			
جمعیت میکروارگانیسم‌ها	عمق ۱	۲/۰۰	۰/۱۲	۵	۱۳/۷۳	۰/۰۰۱ **
(CFU $\times 10^7$ g^{-1} dry soil)	عمق ۲	۱/۰۷	۰/۱۰			
سهم میکروبی خاک	عمق ۱	۲/۰۰	۰/۱۰	۵	۱۲/۶۳	۰/۰۰۱ **
($mgCmicg^{-1}Corg$)	عمق ۲	۱/۶۴	۰/۰۶			

** : معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

تاثیر قرق و چرای دام بر خصوصیات زیستی

عمق اول

نتایج حاکی از این است که کلیه شاخص‌های زیستی خاک در منطقه قرق نسبت به منطقه‌ایی که مورد چرای دام قرار گرفته است در سطح ۱ درصد آماری معنی‌داری هستند ($p<0.01$). چرای دام باعث کاهش مقدار آنزیم کاتالاز، کربن زیتوده میکروبی، نیتروژن زیتوده میکروبی، تنفس میکروبی پایه، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و سهم میکروبی خاک در عمق ۰-۱۵ سانتیمتر نسبت به منطقه قرق گردید (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه زیستی بین منطقه قرق و چراشده در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر

خصوصیات خاک	منطقه	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	t مستقل	نتیجه آزمون
آنزیم کاتالاز	قرق	۵۷/۷۷	۰/۴۵	۱۰	۲۷/۱۱	۰/۰۰ **
($\mu mol\ KMnO_4\ g^{-1}$dry soil)	چرا شده	۴۰/۹۰	۱/۱۵			
کربن زیتوده میکروبی	قرق	۱۷۱/۷	۲/۲۱	۱۰	۲۶/۹۲	۰/۰۰ **
(mg /kg)	چرا شده	۱۳۸/۳	۱/۱۰			
نیتروژن زیتوده میکروبی	قرق	۲۷/۰۷	۰/۶۱	۱۰	۲۸/۹۱	۰/۰۰ **
(mg /kg)	چرا شده	۱۷/۰۷	۰/۳۰			
تنفس میکروبی پایه	قرق	۱/۳۸	۰/۱۲	۱۰	۹/۳۰	۰/۰۰ **
($mgCo_2$/gsoil.day)	چرا شده	۰/۸	۰/۰۲			
جمعیت میکروارگانیسم‌ها	قرق	۳/۹۶	۰/۱۰	۱۰	۲۴/۴۷	۰/۰۰ **
(CFU $\times 10^7\ g^{-1}$ dry soil)	چرا شده	۲/۰۰	۰/۱۲			
سهم میکروبی خاک	قرق	۳/۷۸	۰/۲۳	۱۰	۱۳/۸۶	۰/۰۰ **
($mgCmicg^{-1}Corg$)	چرا شده	۲/۰۰	۰/۱۰			

** : معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

عمق دوم

نتایج خصوصیات زیستی حاصل از اندازه‌گیری منطقه قرق و مورد چرای دام در عمق ۱۵-۳۰ سانتیمتر نشان می‌دهد کلیه پارامترهای آنزیم کالاتاز، کربن زیتوده میکروبی، نیتروژن زیتوده میکروبی، تنفس میکروبی پایه، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و سهم میکروبی خاک در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار هستند ($p<0.01$). تمامی شاخص‌های زیستی خاک در منطقه قرق بیشتر از منطقه چراشده بودند. نتایج به وضوح نشان می‌دهد که چرای دام تأثیر منفی شدیدی بر سلامت بیولوژیکی خاک دارد (جدول ۶).

جدول ۶: مقایسه زیستی بین منطقه قرق و چراشده در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر

خصوصیات خاک	منطقه	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	t مستقل	نتیجه آزمون
آنزیم کاتالاز	قرق	۴۲/۵۷	۱/۱۶	۱۰	۱۹/۹۵	۰/۰۰ **
(µmol $KMnO_4\ g^{-1}$dry soil)	چرا شده	۲۷/۴۲	۰/۹۷			
کربن زیتوده میکروبی	قرق	۱۴۰/۵	۱/۲۳	۱۰	۴۴/۸۲	۰/۰۰ **
(mg /kg)	چرا شده	۱۰۰/۰	۱/۳۲			
نیتروژن زیتوده میکروبی	قرق	۱۷/۵	/۳۵	۱۰	۲۷/۳۳	۰/۰۰ **
(mg /kg)	چرا شده	۹/۶	۰/۴۵			
تنفس میکروبی پایه	قرق	۰/۹۱	۰/۰۱	۱۰	۱۴/۰۳	۰/۰۰ **
($mgCo_2$/gsoil.day)	چرا شده	۰/۵۶	۰/۰۴			
جمعیت میکروارگانیسم‌ها	قرق	۲/۷	۰/۱۵	۱۰	۱۸/۵۳	۰/۰۰ **
(CFU $\times 10^7\ g^{-1}$ dry soil)	چرا شده	۱/۰۷	۰/۱۰			
سهم میکروبی خاک	قرق	۲/۹۴	۰/۱۴	۱۰	۱۶/۷۷	۰/۰۰ **
($mgCmicg^{-1}Corg$)	چرا شده	۱/۶۴	۰/۰۶			

** : معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

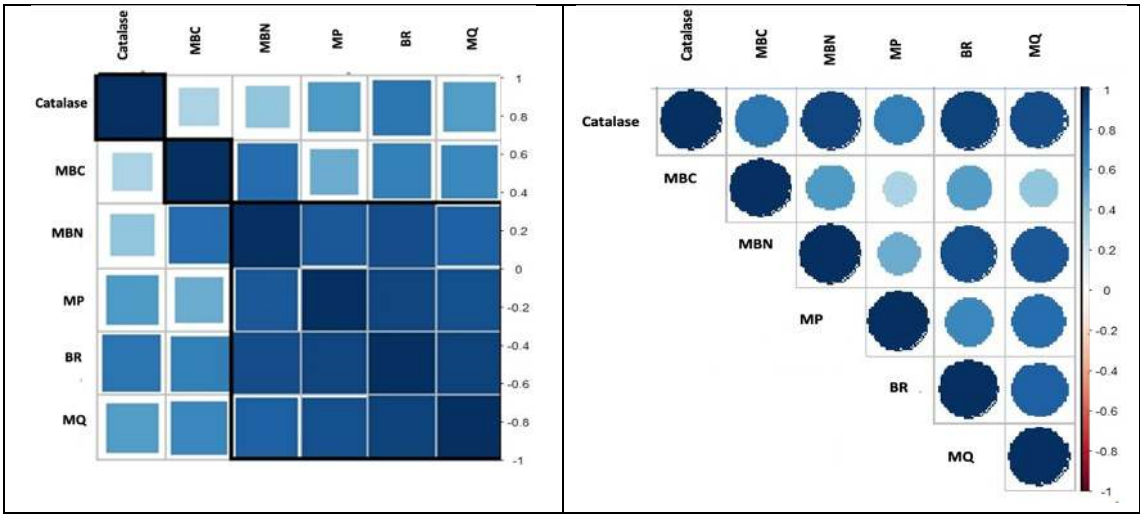
[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص‌های زیستی خاک در منطقه قرق نشان داد که بین اغلب شاخص‌ها، روابط مثبت و معنی‌داری وجود دارد. آنزیم کاتالاز، به عنوان یکی از شاخص‌های فعالیت بیوشیمیایی خاک، با نیتروژن زی‌توده میکروبی و جمعیت میکروارگانیسم‌ها همبستگی بسیار قوی نشان داد. این نشان می‌دهد که افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز می‌شود که خود نشان‌دهنده سلامت زیستی خاک است. کربن زی‌توده میکروبی نیز با سایر شاخص‌ها همبستگی مثبت داشت، اما شدت آن کمتر بود. پایین‌ترین همبستگی این شاخص با تنفس میکروبی پایه مشاهده شد، که ممکن است ناشی از حساسیت بیشتر کربن زی‌توده به شرایط کوتاه‌مدت محیطی باشد. شاخص نیتروژن زی‌توده میکروبی با سهم میکروبی خاک، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و آنزیم کاتالاز همبستگی بالایی داشت. این نتایج نشان می‌دهد که نیتروژن موجود در زی‌توده میکروبی نقش مهمی در پویایی مواد غذایی در خاک ایفا می‌کند. شاخص سهم میکروبی خاک، که بیانگر نسبت کربن زی‌توده میکروبی به کربن آلی کل خاک است، با تنفس میکروبی پایه، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و نیتروژن زی‌توده میکروبی همبستگی نسبتاً قوی نشان داد. در مجموع، بالاترین همبستگی‌ها بین شاخص‌هایی مانند آنزیم کاتالاز، نیتروژن زی‌توده میکروبی، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و سهم میکروبی خاک مشاهده شد. این روابط بیانگر آن است که این شاخص‌ها می‌توانند به عنوان نشانگرهای زیستی مؤثر جهت ارزیابی کیفیت و سلامت خاک در اکوسیستم‌های مرتعی استفاده شوند (جدول ۷ و شکل ۲).

جدول ۷: نتایج تجزیه ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای خاک در منطقه قرق

	Catalase	MBC	MBN	MP	MR	MQ
Catalase	۱					
MBC	۰/۷۲	۱				
MBN	۰/۹۱	۰/۵۶	۱			
MP	۰/۶۸	۰/۳۱	۰/۴۹	۱		
MR	۰/۹۲	۰/۵۵	۰/۸۷	۰/۶۴	۱	
MQ	۰/۸۸	۰/۳۹	۰/۸۴	۰/۷۶	۰/۸۱	۱

آنزیم کاتالاز (Catalase)، کربن زیتوده میکروبی (MBC)، نیتروژن زیتوده میکروبی (MBC)، جمعیت میکروارگانیسم‌ها (MP)، تنفس میکروبی پایه (MR)، سهم میکروبی (MQ)



شکل ۲: همبستگی پیرسون بین متغیرهای خاک در منطقه قرق

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

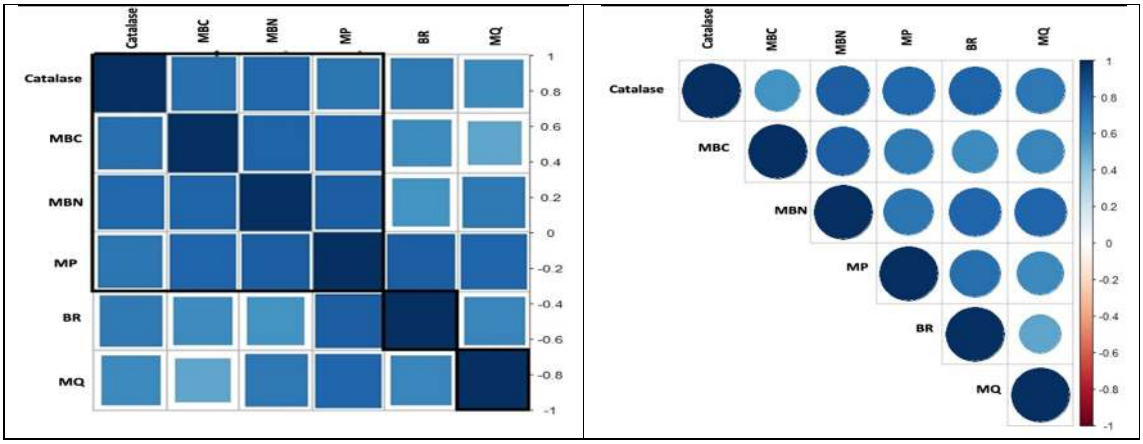
[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

تحلیل همبستگی پیرسون میان شاخص‌های زیستی خاک منطقه چرا شده نشان داد که آنزیم کاتالاز همبستگی مثبت و نسبتاً قوی با نیتروژن زی‌توده میکروبی، تنفس میکروبی پایه و جمعیت میکروارگانیسم‌ها دارد که بیانگر نقش مهم فعالیت‌های آنزیمی در افزایش پویایی زیستی خاک است. همبستگی بین کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی هم نسبتاً بالا بود. از سوی دیگر، جمعیت میکروارگانیسم‌ها با اکثر شاخص‌ها از جمله نیتروژن زی‌توده میکروبی و تنفس میکروبی پایه‌رابطه معنی‌دار و مثبتی نشان داد. سهم میکروبی خاک با نیتروژن زی‌توده میکروبی و آنزیم کاتالاز همبستگی مثبت بالایی داشت. با توجه به نتایج ارتباط قوی میان شاخص‌های زیستی مختلف نشان می‌دهد که این متغیرها می‌توانند به عنوان نشانگرهای زیست‌سنجی کارآمد برای ارزیابی کیفیت و سلامت خاک به‌کار گرفته شوند (جدول ۸ و شکل ۳).

جدول ۸: نتایج تجزیه ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای خاک در منطقه چرا شده

	Catalase	MBC	MBN	MP	MR	MQ
Catalase	۱					
MBC	۰/۵۹	۱				
MBN	۰/۸۲	۰/۸۲	۱			
MP	۰/۷۸	۰/۷۰	۰/۷۲	۱		
MR	۰/۸۰	۰/۶۲	۰/۷۹	۰/۷۵	۱	
MQ	۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۷۹	۰/۶۳	۰/۵۲	۱

آنزیم کاتالاز (Catalase)، کربن زیتوده میکروبی (MBC)، نیتروژن زیتوده میکروبی (MBC)، جمعیت میکروارگانیسم‌ها (MP)، تنفس میکروبی پایه (MR)، سهم میکروبی (MQ)



شکل ۳: همبستگی پیرسون بین متغیرهای خاک در منطقه چرا شده

بحث و نتیجه‌گیری

در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک، احیای مراتع تخریب‌شده یکی از از راهکارهای مؤثر برای پایداری منابع طبیعی و ارتقاء عملکردهای بوم‌شناختی به‌شمار می‌رود. در این راستا، اعمال قرق و یا کاهش شدت چرای دام به‌عنوان راهبردی مؤثر در بهبود ویژگی‌های عملکردی خاک، تقویت پوشش گیاهی و بازیابی ساختار بوم‌شناختی شناخته شده است. پژوهش‌های متعدد حاکی از آن است که حذف فشار چرایی موجب افزایش تنوع و تراکم گیاهان، بهبود شرایط ریزمحیطی خاک و ارتقاء شاخص‌های زیستی نظیر زی‌توده میکروبی، فعالیت آنزیمی و تنفس میکروبی می‌گردد (۲۰ و ۳۶). همچنین، قرق می‌تواند از طریق تعدیل میکروکلیما و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، شرایط زیست مناسب‌تری را برای جوامع میکروبی ایجاد کرده و بدین‌وسیله عملکردهای بیوژئوشیمیایی خاک را بهبود ببخشد.

در مطالعه حاضر نتایج پوشش سطحی خاک حاکی از این بود که قرق تأثیر قابل‌توجهی بر بهبود ساختار پوشش

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

گیاهی و ویژگی‌های سطحی خاک دارد. افزایش معنادار پوشش تاجی در منطقه قرق نسبت به منطقه تحت چرای دام (به‌ترتیب ۳۲/۲ و ۱۰/۹ درصد) نشان‌دهنده بهبود شرایط استقرار و رشد گیاهان در غیاب چرای دام است، موضوعی که پیش‌تر نیز توسط سایر پژوهشگران (۲۹ و ۳۴) گزارش شده است. همچنین، افزایش محتوای لاشبرگ در منطقه قرق (به‌ترتیب ۳/۷۲ و ۱/۳۷ درصد) بیانگر ارتقاء بازگشت زی‌توده به خاک و تشدید فرآیندهای چرخه مواد آلی است که می‌تواند به بهبود کیفیت خاک و تحریک فعالیت میکروبی کمک کند (۷). روند کلی نتایج حاکی از آن است که قرق می‌تواند از طریق بهبود پوشش گیاهی و کاهش مؤلفه‌های تخریب سطحی، نقش مؤثری در احیای اکوسیستم‌های مرتعی ایفا کند. این نتایج با مطالعات پیشین در زمینه کارایی استراتژی‌های مدیریتی مبتنی بر قرق در احیای مراتع تخریب‌شده هم‌راستا است (۶ ، ۹ و ۲۰).

بر اساس نتایج به‌دست امده کلیه شاخص‌های زیستی خاک در منطقه قرق نسبت به منطقه‌ایی که مورد چرای دام قرار گرفته است، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد آماری داشتند. قرق باعث افزایش مقدار آنزیم کاتالاز، کربن زیتوده میکروبی، نیتروژن زیتوده میکروبی، تنفس میکروبی پایه، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و سهم میکروبی خاک در هر دو عمق ۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتر خاک نسبت به منطقه چرا شده توسط دام گردید. در نتیجه آشکار شد که قرق مرتع باعث افزایش شاخص‌های زیستی خاک گردید. تحقیقات بسیاری به نقش قرق بر بهبود کیفیت خاک تاکید دارند (۱۹، ۳۱ و ۳۲). همچنین فعالیت آنزیم کاتالاز در خاک مراتع قرق‌شده به‌طور معنی‌داری بالاتر از خاک‌های چرا شده بود. این افزایش بیانگر بهبود ظرفیت اکسیداسیون و حفاظت آنتی‌اکسیدانی خاک در شرایط حذف تنش چرای دام است. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده که نشان دادند قرق بلندمدت باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو در لایه سطحی خاک شده است (۱۶). کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی در خاک منطقه قرق به طور معناداری بیشتر از خاک چرا شده بود. این داده‌ها با یافته‌های وانگ و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد که گزارش کردند حذف چرای دام موجب افزایش محتوای مواد آلی و بهبود زی‌توده میکروبی در مراتع نیمه‌خشک چین شده است (۳۱). چنین افزایشی معمولاً به بهبود شرایط زیستی در خاک، نظیر رطوبت، ساختار خاک و کاهش تراکم خاک مربوط می‌شود که زیستگاه مطلوب‌تری برای میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌سازد (۳۸). نرخ تنفس میکروبی پایه نیز در اراضی قرق (1.38mg CO_2/g soil.day) تقریباً دو برابر خاک‌های چرا شده بود . این افزایش نرخ تنفس نشانه‌ای از افزایش فعالیت متابولیکی جامعه میکروبی و شدت فرآیندهای معدنی‌سازی است. این یافته با نتایج مطالعه چنگ و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی دارد که نشان دادند قرق سبب افزایش معنی‌دار CO_2 ناشی از فعالیت میکروبی در خاک‌های مرتعی می‌شود (۷). همچنین، جمعیت میکروارگانیسم‌ها در خاک قرق‌شده به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (۳.۹۶×۱۰^{7}). این افزایش را می‌توان نتیجه‌ی شرایط فیزیکی بهتر خاک، دسترسی بیشتر به کربن و نیتروژن آلی و ثبات بیشتر رطوبت دانست. سهم میکروبی خاک (Cmic/Corg) نیز در منطقه قرق بیشتر بود که نشان‌دهنده سهم بالاتر جامعه میکروبی در چرخه کربن خاک است. مشابه این نتایج در مطالعه سونگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش شده که بیانگر حساسیت بالای شاخص‌های میکروبی به مدیریت چرا می‌باشد (۲۹).

بررسی اثر عمق خاک بر شاخص‌های زیستی و میکروبی نشان داد که لایه سطحی خاک (۰–۱۵ سانتی‌متر) معمولاً از فعالیت میکروبی و زیستی بالاتری نسبت به لایه‌های عمیق‌تر (۱۵–۳۰ سانتی‌متر) در هر دو منطقه قرق و چرا شده برخوردار است. این تفاوت اساساً ناشی از شرایط فیزیکی و شیمیایی مطلوب‌تر در سطح خاک است، از جمله میزان بالاتر مواد آلی، رطوبت بیشتر، تراکم ریشه‌های گیاهی و دسترسی بهتر به اکسیژن (۳۸). تجمع بقایای گیاهی و ترکیبات آلی قابل تجزیه در لایه سطحی، منبع انرژی و عناصر غذایی لازم برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها را فراهم کرده و به افزایش زی‌توده میکروبی، تنفس پایه و فعالیت آنزیم‌های خاک منجر می‌شود (۳۹). همچنین، ساختار و تنوع جوامع میکروبی در لایه‌های سطحی معمولاً غنی‌تر است، چرا که این عمق تحت تأثیر مستقیم‌تر برهم‌کنش‌های گیاه–میکروب قرار دارد و از ورود ترکیبات آلی محلول از طریق ترشحات ریشه و بقایای آلی بهره‌مند است (۱۶). در مقابل، کاهش منابع آلی،

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

محدودیت در رطوبت و کاهش تبادل گازی در عمق‌های بیشتر، منجر به کاهش فعالیت زیستی می‌شود (۱۹). یافته‌های مطالعه حاضر نیز مؤید این موضوع است، به‌طوری‌که کلیه شاخص‌های بررسی‌شده شامل کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی، آنزیم کاتالاز، تنفس میکروبی و تراکم میکروبی در عمق ۰–۱۵ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری بالاتر از عمق ۱۵–۳۰ سانتی‌متر بودند. این نتایج بر اهمیت لایه سطحی خاک در حفظ کارکردهای اکوسیستم تأکید داشته و لزوم تمرکز بر بهبود شرایط این لایه را در برنامه‌های مدیریت و احیای اراضی تخریب‌شده خاطرنشان می‌سازد.

بررسی همبستگی شاخص‌های زیستی خاک در دو منطقه قرق و تحت چرای دام نشان داد که در هر دو منطقه روابط مثبت و معناداری میان اغلب متغیرهای میکروبی و بیوشیمیایی خاک وجود دارد، اما در منطقه قرق این روابط از انسجام و شدت بیشتری برخوردار بود که دلالت بر شرایط زیستی پایدارتر و عملکرد میکروبی فعال‌تر دارد. به‌ویژه، آنزیم کاتالاز در منطقه قرق با نیتروژن زی‌توده میکروبی و جمعیت میکروارگانیسم‌ها همبستگی بالایی نشان داد که نشانگر هم‌افزایی بین فعالیت‌های آنزیمی و زی‌توده میکروبی در خاک‌هایی با وضعیت مدیریتی بهینه است (۱۶) . همچنین، سهم میکروبی خاک با سایر شاخص‌ها ارتباط نزدیکی داشت که بیانگر مشارکت مؤثر زی‌توده میکروبی در چرخه کربن در شرایط بدون تنش چرایی می‌باشد (۱۱). در منطقه تحت چرای دام، هرچند برخی همبستگی‌ها معنادار بودند، اما پراکندگی و ضعف این روابط احتمالاً ناشی از فشردگی خاک، تخریب ساختار و کاهش منابع آلی در اثر چرای شدید است (۴). در مجموع، نتایج حاکی از آن است که شاخص‌هایی مانند آنزیم کاتالاز، نیتروژن و کربن زی‌توده میکروبی و سهم میکروبی می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای زیستی مؤثر برای ارزیابی سلامت عملکردی خاک در مراتع با شدت‌های مختلف چرایی استفاده شوند.

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که قرق به‌عنوان یک روش مدیریتی مؤثر، موجب بهبود قابل توجه شاخص‌های زیستی و میکروبی خاک در مقایسه با مراتع تحت چرای دام شده است. افزایش همبستگی و انسجام میان شاخص‌های بیوشیمیایی در منطقه قرق بیانگر ارتقاء فعالیت زیستی و پایداری عملکرد خاک است. این یافته‌ها بر اهمیت مدیریت چرا و حفاظت از مراتع برای حفظ و بهبود کیفیت زیستی خاک تأکید دارد و نشان می‌دهد که شرایط اکولوژیکی منطقه نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان تأثیرپذیری از اقدامات حفاظتی دارد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در مناطق خشک و نیمه‌خشک مشابه، اجرای طرح‌های قرق کوتاه‌مدت یا مدیریت چرای تناوبی به‌عنوان یک راهکار احیایی در دستور کار نهادهای اجرایی و منابع طبیعی قرار گیرد تا ضمن ارتقاء سلامت خاک، پایداری اکوسیستم‌های مرتعی تضمین شود.

سپاسگزاری

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

References

1. Ai, M., Y. Sun, B. Yan & Y. Wei, 2018. A summary of the impact of land degradation on soil carbon sequestration. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 394: 052028.
2. Anderson, J.P.E., 1982. Soil respiration. In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No. 9, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 831–871.
3. Arzani, H. & M. Abedi, 2015. Rangeland assessment: vegetation measurement. University of Tehran Press, 305 p. (In Persian).
4. Bardgett, R.D. & W.H. van der Putten, 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. Nature, 515(7528): 505–511.
5. Brookes, P.C., A. Landman, G. Pruden & D.S. Jenkinson, 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. Soil Biology and Biochemistry, 17(6): 837–842.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

6. Cao, J., L. Wang, J.F. Adamowski, A. Biswas, M.R. Alizadeh & Q. Feng, 2024. A context-dependent response of soil carbon and nitrogen to grazing exclusion: An evidence from a global meta-analysis. Journal of Cleaner Production., 434: 139792.
7. Cheng, J., G. Jing, L. Wei & Z. Jing, 2016. Long-term grazing exclusion effects on vegetation characteristics, soil properties and bacterial communities in the semi-arid grasslands of China. Ecol. Eng., 97: 170–178.
8. Ebrahimi, M., H. Khosravi & M. Rigi, 2016. Short-term grazing exclusion from heavy livestock rangelands affects vegetation cover and soil properties in natural ecosystems of southeastern Iran. Ecological Engineering, 95: 10–18.
9. Hematizad, Z., R. Erfanzadeh & R. Omidipour, 2025. Variability of soil physical, chemical, and biological characteristics along a livestock grazing intensity gradient (Case study: Arid rangelands, Ilam Province). Journal of Rangeland, 18(4): 549–564. (In Persian)
10. Jafari Haghighi, M., 2003. Soil analysis methods: Sampling and major physical and chemical analyses with emphasis on theoretical and practical principles. Tehran: Nedaye Zoha Publications, 305 p. (In Persian)
11. Jiao, P., Y. Li, S. Liu, W. Wang, Y. Zhang & J. Zhang, 2021. Grazing exclusion improves soil microbial biomass and enzyme activity in alpine grasslands of the Tibetan Plateau. Ecological Indicators, 121: 107094.
12. Jing, L., T. Li, T.D. Mipam, A. Jiang, J. Liu, Q. Hu & L. Tian, 2025. Effects of grazing intensity on soil bacterial and fungal community structure in grasslands. Land Degradation & Development. (in press).
13. Joneidi, H., S. Kakekhani & N. Kamali, 2024. Comparison of physicochemical and biological soil properties under different rangeland management practices. Journal of Rangeland, 18(1): 119–131. (In Persian)
14. Kalra, Y.P. & D.G. Maynard, 1991. Methods manual for forest soil and plant analysis. Forestry of Canada, Northwest Region, Northern Forest Center, Edmonton, AB. Information Report, NOR-X-311, 116 p. Canada.
15. Khatibi, R. & M. Farahi, 2024. Study on the impact of exclosures on the physicochemical properties of rangeland soil (Case study: Northern Golestan Province, Sufikam rangelands). Environmental Sciences, 22(3): 483–494. (In Persian)
16. Khodadoost, M., M. Saberi & F. Tarnian, 2022. Comparison of soil carbon and nitrogen storage in two enclosed and grazed areas (Case study: Koteh rangelands of Khash city). Journal of Rangeland, 16(2):441–453. (In Persian)
17. Liu, L., E. J. Sayer, M. Deng, P. Li, W. Liu, X. Wang, S. Yang, J. Huang, J. Luo, Y. Su, J. M. Grünzweig, L. Jiang, S. Hu & S. Piao, 2023. The grassland carbon cycle: Mechanisms, responses to global changes, and potential contribution to carbon neutrality. Fundam. Res., 3(2): 209–218.
18. Martens, R., 1995. Current methods for measuring microbial biomass C in soil: potentials andlimitations. Biology and Fertility of Soils, 19: 87–99.
19. McClure, R. S., Y. Farris, R. E. Danczak, W. C. Nelson, H.-S. Song, A. Kessell, J.-Y. Lee, S. P. Couvillion, C. Henry, J. K. Jansson & K. S. Hofmockel, 2022. Interaction networks are driven by community responsive phenotypes in a chitin degrading consortium of soil microbes. mSystems, 7: e00372-22.
20. Moreno-Mateos, D., A. Alberdi, E. Morriën, W.H. van der Putten, A. Rodríguez-Uña & D. Montoya, 2020. The long-term restoration of ecosystem complexity. Nature Ecology & Evolution, 4: 676–685.
21. Naghipour Borj, A.A., M. Haidarian & M. Nasri, 2012. An investigation of carbon sequestration and plant biomass in modified rangeland communities (Case study: Sisab rangelands of Bojnord). *Watershed* Management Research *(*Pajouhesh & Sazandegi*)*, 94: 19–26. (In Persian)
22. Niknahad, H., A. Aghtabye & M. Akbarlou, 2017. Effects of grazing exclusion on some soil physical properties, its erodibility and carbon sequestration (Case study: Bozdaghin rangelands, North Khorasan, Iran). Iranian Journal of Range and Desert Research*,* 24(4): 708–718. (In Persian)
23. Qobadi, A., S. Akhgari & V. Davood, 2020. The impact of exclosure on some chemical and organic soil properties (Case study: Gonbad Shahar watershed, Hamadan). Environmental Science and Technology Quarterly*,* 22(10): 221–233. (In Persian)
24. Qu, Y., J. Tang, Z. Li, Z. Zhou, J. Wang, S. Wang & Y. Cao, 2020. Soil enzyme activity and microbial metabolic function diversity in soda saline–alkali rice paddy fields of northeast China. Sustainability, 12(23): 10095.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]

25. Sharifi, J. & M. Akbarzadeh, 2016. Investigating the impact of exclosure on vegetation changes and restoration of rangeland utility indicator species in Ardabil Province. Journal of Rangeland, 4(10): 376–386. (In Persian)
26. Sheidaye Karkaj, E., M. Akbarlou & H. Niknahad Gharmakher, 2013. Effect of livestock grazing management on improving soil properties in Chaharbagh summer rangelands of Golestan Province. Watershed Management Researches (Pajouhesh-va-Sazandegi), 26(2[99]): 74–82. (In Persian)
27. Sheidaye Karkaj, E., I. Jafari Footami & H. Niknahad Gharmakher, 2017. The importance of climate in determining the effect of rangeland enclosure on change some soil characteristics of rangelands. Desert Ecosystem Engineering, 5(13): 39–56. (In Persian)
28. Shu, X., Q. Ye, H. Huang, L. Xia, H. Tang, X. Liu, J. Wu, Y. Li, Y. Zhang, L. Deng & W. Liu, 2024. Effects of grazing exclusion on soil microbial diversity and its functionality in grasslands: A meta-analysis. Front. Plant Sci., 15: 1366821.
29. Song, Z., J. Wang, G. Liu & C. Zhang, 2019. Changes in nitrogen functional genes in soil profiles of grassland under long-term grazing prohibition in a semiarid area. *Sci.* Total Environ., 673: 92–101.
30. Tavousi, T. & M. Armesh, 2012. Statistical analysis and forecast of early frosts in Khash city during the statistical period of 1365–1387. Sepehr, 21(84): 28–30. (In Persian)
31. Wang, J., X. Wang, G. Liu, G. Wang & C. Zhang, 2021. Grazing-to-fencing conversion affects soil microbial composition, functional profiles by altering plant functional groups in a Tibetan alpine meadow. Appl. Soil Ecol., 166: 104008.
32. Wang, Y., X. Ju, Q. Wu & G. Han, 2025. Effects of grazing intensity on microbial diversity at different soil depths in desert steppe soils. Agronomy, 15(1): 124.
33. Xu, H., C. You, B. Tan, L. Xu, Y. Liu, M. Wang, Z. Xu, J. Sardans & J. Peñuelas, 2023. Effects of livestock grazing on the relationships between soil microbial community and soil carbon in grassland ecosystems. Sci. Total Environ., 881: 163416.
34. Xun, W., R. Yan, Y. Ren, D. Jin, W. Xiong, G. Zhang, Z. Cui, X. Xin & R. Zhang, 2018. Grazing induced microbiome alterations drive soil organic carbon turnover and productivity in meadow steppe. Microbiome, 6: 170.
35. Yari, S. & A. Rostami, 2019. Effect of protection on carbon sequestration and some edaphic properties of soil in Tang Dalab Forests in Ilam. Environmental Science and Technology, 21(4): 98–108. (In Persian)
36. Yu, L., W. Sun & Y. Huang, 2021. Grazing exclusion enhances plant and topsoil carbon stocks in arid and semiarid grasslands. Agriculture, Ecosystems & Environment, 320: 107605.
37. Zare Chahouki, M.A., M. Moshgholi & S. Hossein Jafari, 2015. Classification of vegetative cover in relation to some environmental factors (Case Study: Qareh Bagh rangelands, West Azerbaijan province). Iranian Journal of Plant Biology (Iranian Journal of Biology), 28(5): 995–1005. (In Persian)
38. Zhang, M., Delgado Baquerizo, M., G. Li, F. Isbell, Y. Wang, Y. Hautier, Y. Wang, Y. Xiao, J. Cai, X. Pan & L. Wang, 2023. Experimental impacts of grazing on grassland biodiversity and function are explained by aridity. Nature Communications, 14: 5040.
39. Zhou, S., Y. Dong, H. Yang, S. Yang, A. Julihaiti, Z. Liu, H. Li, Y. Zhang & Y. Wang, 2024. Effects of grazing exclusion on soil properties, fungal community structure, and diversity in different grassland types. Ecology & Evolution,14(3): e11056.

[Downloaded from mail.rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1404.19.3.5.2]