Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Soil Management and Sustainable Production

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

Evaluation of the impact of the implementation of Zagros forest protection plan on some properties of soil

Mohammad Akbari[1], Ali Beheshti Ale Agha[*2], Morteza Pourreza[3], Fatemeh Rakhsh[4]

1. M.Sc. in Soil Fertility and Biotechnology, Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: m.akbari20@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: beheshtiali97@gmail.com
3. Assistant Prof., Dept. of Natural Resources Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: pourreza@razi.ac.ir
4. Research Assistant, Dept. of Soil Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: rakhsh.fatemeh@alumni.znu.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 06.28.2022
Revised: 03.31.2023
Accepted: 04.24.2023

Keywords:
Enclosed Area,
Livestock Grazing,
Organic Carbon,
Soil Erosion,
Soil Protection

ABSTRACT

Background and Objectives: Zagros forests play an essential role in providing groundwater resources, air conditioning, soil protection and preventing erosion, and providing wildlife habitat. Today, the ecosystem of these forests has become completely fragile due to improper exploitation and destruction. This study was conducted in areas of Zagros forest in Kermanshah province that were included in the implementation of the protection plan, including Sorkhak and Tappeh Goleh in Islamabad and Qeshlaq in Ravansar. The main purpose of this study was to evaluate the implementation of the forest conservation plan on soil properties.

Materials and Methods: For this purpose, composite soil samples were collected by random-systematic method from the mentioned area and their respective control area, and their physical, chemical, and biological properties were measured. Soil characteristics in Tappeh Goleh, Sorkhak and control sites were analyzed by one-way analysis of variance and Qeshlaq soil characteristics were analyzed by T-test. The soil samples collected from the forest were air-dried in the laboratory environment and sieved (2 mm). Then their physical and chemical properties (pH, EC, bulk density, and soil organic carbon content) were measured. Soil samples were collected with sterile equipment and sieved through a 4 mm sieve. Fresh and moist soil was kept at a temperature of 4 °C for soil biological tests (basal soil respiration, metabolic quotient, and microbial biomass carbon).

Results: The results showed that no statistically significant changes in soil EC and pH were observed in all study areas. The amount of organic carbon in Sorkhak was significantly higher. Among the measured biological properties of soil, no significant change was observed in organic carbon mineralization in all study areas. However, microbial biomass carbon and soil metabolic quotient in Sorkhak were significantly higher than those in control and Tappeh Goleh areas.

Conclusion: The results of this study showed that the forest protection plan if properly implemented in the field (Sorkhak area) will be able to revive some soil quality indicators. The provisions of forest protection

management and the process of soil regeneration in these forest lands should be investigated. Among the studied indicators, soil organic carbon and microbial biomass carbon were among the indicators that responded well to the correct and complete implementation of the forest protection plan, and we have witnessed the improvement of these parameters in managed lands. This suggests that biological soil quality indicators are more sensitive to responding to land management and respond more quickly to these changes.

Cite this article: Akbari, Mohammad, Beheshti Ale Agha, Ali, Pourreza, Morteza, Rakhsh, Fatemeh. 2023. Evaluation of the impact of the implementation of Zagros forest protection plan on some properties of soil. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 13 (1), 95-111.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20372.2067
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲٦۷-۲۳۲۲
شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

ارزیابی تأثیر اجرای طرح صیانت از جنگل‌های زاگرس بر برخی ویژگی‌های خاک

محمد اکبری[۱]، علی بهشتی آل‌آقا*[۲]، مرتضی پوررضا[۳]، فاطمه رخش[٤]

۱. کارشناس‌ارشد حاصلخیزی و زیست‌فناوری خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: m.akbari20@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: beheshtiali97@gmail.com

۳. استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: pourreza@razi.ac.ir

٤. دستیار پژوهشی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: rakhsh.fatemeh@alumni.znu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰٤/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۲/۰٤

واژه‌های کلیدی:
چرای دام،
حفاظت خاک،
فرسایش خاک،
قرق،
کربن آلی

چکیده

سابقه و هدف: جنگل‌های زاگرس در تأمین منابع آب زیرزمینی، تهویه مطبوع، حفاظت از خاک و جلوگیری از فرسایش و تأمین زیستگاه حیات‌وحش نقش اساسی دارند. امروزه زیست‌بوم این جنگل‌ها بر اثر بهره‌برداری غیراصولی و تخریب کاملاً شکننده شده است. این پژوهش در مناطقی از جنگل زاگرس در استان کرمانشاه که تحت اجرای طرح صیانت از جنگل شامل تپه گله و سرخک در شهرستان اسلام‌آباد و قشلاق در شهرستان روانسر بودند، انجام شد. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی اجرای طرح حفاظت از جنگل بر ویژگی‌های خاک بود.

مواد و روش‌ها: برای این منظور نمونه‌های خاک مرکب به روش تصادفی- سیستماتیک از منطقه مذکور و نیز منطقه شاهد مربوطه آن‌ها جمع‌آوری و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی اندازه‌گیری شدند. ویژگی‌های خاک در مناطق تپه گله، سرخک و شاهد به روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و ویژگی‌های خاک قشلاق به روش آزمون T بررسی شدند. نمونه‌های خاک برداشت شده از جنگل در محیط آزمایشگاه هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (pH، EC، چگالی ظاهری و کربن آلی) آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های زیستی نمونه‌برداری خاک با لوازم استریل انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در یخچال (در دمای ٤ درجه سلسیوس) تا زمان انجام آزمایش‌های زیستی (تنفس خاک، کربن زیست‌توده میکروبی و ضریب متابولیکی) نگهداری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تغییرات آماری معنی‌داری در EC و pH خاک در تمامی مناطق مورد مطالعه مشاهده نشد. مقدار کربن آلی در سرخک به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. از میان ویژگی‌های زیستی اندازه‌گیری شده خاک، اختلاف معنی‌داری در تنفس خاک در تمام مناطق

مورد مطالعه مشاهده نشد. با این حال، کربن زیست‌توده میکروبی و ضریب متابولیکی خاک در سرخک به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد و تپه گله بود.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان داد که طرح حفاظت از جنگل اگر به‌صورت شایسته و کامل در عرصه اجرا و پیاده شود (منطقه سرخک) خواهد توانست برخی از شاخص‌های کیفیت خاک را احیا نماید و امید آن می‌رود که باگذشت زمان و رعایت روش‌های مدیریت حفاظت از جنگل، فرآیند احیای خاک در این اراضی جنگلی تحقق یابد. در بین شاخص‌های مورد بررسی کربن آلی خاک و کربن زیست‌توده میکروبی، ازجمله شاخص‌هایی بودند که به‌خوبی نسبت به اعمال درست و کامل طرح حفاظت از جنگل پاسخ داده و شاهد ارتقای این پارامترها در اراضی تحت مدیریت بودیم. این موضوع تأیید می‌کند که برای پایش چگونگی تأثیر مدیریت‌های اراضی، شاخص‌های زیستی کیفیت خاک از حساسیت بیش‌تری برخوردار بوده و سریع‌تر به این تغییرات پاسخ می‌دهند.

استناد: اکبری، محمد، بهشتی آل‌آقا، علی، پوررضا، مرتضی، رخش، فاطمه (۱۴۰۲). ارزیابی تأثیر اجرای طرح صیانت از جنگل‌های زاگرس بر برخی ویژگی‌های خاک. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۳ (۱)، ۱۱۱-۹۵.
DOI: 10.22069/EJSMS.2023.20372.2067

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

جنگل‌های زاگرس با گستردگی در ۱۱ استان کشور با سطحی معادل ۵ میلیون هکتار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین رویشگاه‌های زیستی و وسیع‌ترین و اصلی‌ترین رویشگاه گونه‌های مختلف بلوط در ایران مطرح هستند که در مجموع ٤٠ درصد گونه‌های جنگلی ایران را تشکیل می‌دهد و به همین دلیل این منطقه از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است (۱ و ۲). امروزه تغییر و تبدیل زیست‌بوم‌ها به یک معضل جهانی تبدیل شده و در این میان انقراض زیست‌بوم‌های جنگلی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۳). متأسفانه به دلیل رشد جمعیت در سده گذشته، نیاز روزافزون جنگل‌نشینان به سوخت، منبع غذایی برای دام‌ها و گسترش زمین‌های کشاورزی، بهره‌برداری غیراصولی از این جنگل‌ها افزایش یافته است. هم‌چنین گسترش آفات و بیماری‌های درختان جنگلی، آتش‌سوزی و غیره، به‌کلی چهره این جنگل‌ها را دگرگون کرده است (٤).

در سال‌های اخیر موضوع تخریب و کاهش سطح جنگل به‌عنوان یک بحران مهم مطرح بوده است (٤). جنگل‌های زاگرس نیز از بیرون این قاعده نبوده و از دیرباز با سرشاخه‌زنی، قطع درختان و چرای بی‌رویه مورد تعرض و تخریب قرار گرفته‌اند. با توجه به این‌که از نظر جغرافیایی، کشور ما در منطقه‌ای از نیمکره شمالی واقع شده است که معمولاً فقیر از جنگل می‌باشد، اگر همین مقدار جنگل نیز به‌درستی مدیریت، حفظ و احیاء نشود از بین خواهد رفت. از جمله مواردی که برای حفظ، بقاء و احیای جنگل‌های زاگرس و به‌ویژه زاگرس شمالی انجام شده است، ایجاد مناطق حفاظت شده یا قرق به‌عنوان یکی از راه‌های کم‌هزینه و مطمئن در این راستا می‌باشد.

دام‌ها با وارد شدن به جنگل به دو روش موجب از بین رفتن زادآوری در جنگل می‌شوند، از یک سو با خوردن بذرهای افتاده درختان موجب کاهش تعداد زادآوری شده و از سوی دیگر با راه رفتن در جنگل و کوبیدن خاک موجب می‌شوند که نفوذپذیری خاک کاهش یافته و در نتیجه رواناب افزایش پیدا کرده و درنهایت زادآوری کم شده و از بین برود (۵ و ٦).

کیفیت خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مورد بررسی در ارزیابی مدیریت خاک و پایداری قلمرو زیستی به‌شمار می‌رود. (۷). بسیاری از پژوهش‌گران بر این باورند که به دلیل واکنش سریع موجودات زنده خاک به تغییرات محیطی، بررسی وضعیت زیستی خاک در برآورد کیفیت خاک نسبت به ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی اهمیت بیشتری دارد (۸ ۹ و ۱۰). موجودات زنده خاک از طریق تجزیه بقایای گیاهی و جانوری، گردش عناصر غذایی، ساختمان‌سازی در خاک، هوموس‌سازی و بسیاری از فرآیندها که در تغذیه گیاه و سلامت زیست‌بوم مؤثرند، در حفظ کیفیت خاک نقش دارند (۱۱).

تغییر کاربری اراضی و به‌ویژه تبدیل جنگل‌های طبیعی به اراضی کشاورزی موجب کاهش شدید کیفیت خاک می‌شود (۹). بافت و عمق خاک حساسیت کمی نسبت به تغییر مدیریت دارند (۱۳) و در مقابل چگالی ظاهری شاخص خوبی برای برآورد وضعیت فیزیکی خاک است (۱۲). به عقیده برخی از پژوهش‌گران پایداری خاکدانه‌ها نیز شاخص مناسبی برای نشان دادن نقش کاربری‌های مختلف بر خاک است.

آگوستو و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی با عنوان تأثیر نوع و ترکیب گونه‌های موجود در آشکوب بالایی جنگل با توجه به اقلیم و مدیریت جنگل بر ویژگی‌های خاک مناطق مختلف در قاره اروپا بیان کردند که نوع گونه بر نرخ معدنی شدن مواد آلی و فرآیند تولید نیترات اثر داشته و گونه‌های سوزنی‌برگ با تغییراتی که در ورود و خروج یون‌های کلسیم و

منیزیم به وجود آوردند سبب اسیدی شدن خاک شدند (۱٤). مکینکی و همکاران (۲۰۲۰) دلیل بیش‌تر بودن مقدار نیتروژن در قطعه مدیریت شده را به بیش‌تر بودن مواد آلی در این قطعه و کند بودن سرعت تجزیه لاشبرگ در قطعه شاهد و بیش‌تر بودن مقدار نیتروژن موجود در برگ و گونه درختان نسبت دادند. هم‌چنین علت کاهش مقدار نیتروژن با افزایش عمق را به کم‌تر بودن مقدار مواد آلی در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری و جذب نیتروژن توسط ریشه درختان نسبت دادند (۱۵). فرانزلوبرز و استودمن (۲۰۰۹) در پژوهش خود اعلام کردند که مقدار مواد آلی، نیتروژن کل، کلسیم، پتاسیم و هم‌چنین مقدار نفوذ آب در خاک و تنفس میکروبی، در طول ۱۲ سال حفاظت منطقه، از کم‌ترین مقدار به بیش‌ترین مقدار خود رسیدند (۱٦).

ژو و همکاران (۲۰۲۱)، اثر مدیریت جنگل بر فرسایش، مقدار کربن و نیتروژن خاک را در جنگل‌های مخلوط (سوزنی‌برگ و پهن‌برگ) که به سه جنگل اقتصادی (بلوط، سیب و زالزالک) تبدیل شده بودند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد، جنگل بلوط با دارا بودن پوشش گیاهی بهتر، وضعیت کربن، نیتروژن و فرسایش خاک بهتری را نسبت به جنگل سیب و زالزالک داشت؛ بنابراین، برای توسعه جنگل‌های اقتصادی باید گونه‌هایی را انتخاب کرد که بتوانند با تولید لاشبرگ‌های انبوه سطح خاک را پوشانده و از این راه سبب کاهش فرسایش خاک شوند (۱۷). کومی و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی بر روی جنگل‌های مدیریت شده در کشور غنا در مقایسه با جنگل‌های کم‌تر مدیریت شده (شاهد) نشان دادند که مقدار ذخیره کربن در جنگل‌ها مدیریت شده بسیار بیش‌تر از شاهد بوده است. هم‌چنین نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین درصد نیتروژن، ظرفیت تبادل کاتیونی و غلظت یون‌های منیزیم، کلسیم، پتاسیم و سدیم در جنگل‌های مدیریت شده بالاتر از جنگل‌های کم‌تر مدیریت شده، بوده است (۱۸).

اعمال مدیریت صحیح و به کار گرفتن روش‌های مناسب برای احیای جنگل‌ها و مراتع به‌منظور افزایش تاج پوشش و فراوانی گونه‌ها، سطح تولید زیراشکوب و اصلاح و تعدیل خاک‌های مناطقی که طی سالیان در معرض چرا قرار داشته‌اند و توانایی لازم را به‌عنوان بستر مناسب گیاهان از دست داده‌اند، نیازمند دانش کافی درباره زیست‌بوم جنگلی و خاک این مناطق می‌باشد. این پژوهش در نظر دارد تا با بررسی دو عامل پوشش گیاهی و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، به ارزیابی اثرهای حفاظت در بخشی از جنگل‌های زاگرس شمالی بپردازد. بدین‌منظور، جنگل‌های حوزه شهرستان اسلام آباد و روانسر که طی سال‌های اخیر در راستای اجرای طرح صیانت از جنگل، تحت قرق بوده‌اند و از بهره‌برداری توسط روستاییان و هم‌چنین چرای دام مصون مانده‌اند با جنگل‌های رها شده همان مناطق (ناحیه‌ای که تحت بهره‌برداری روستاییان و چرای دام، قرار دارد) مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

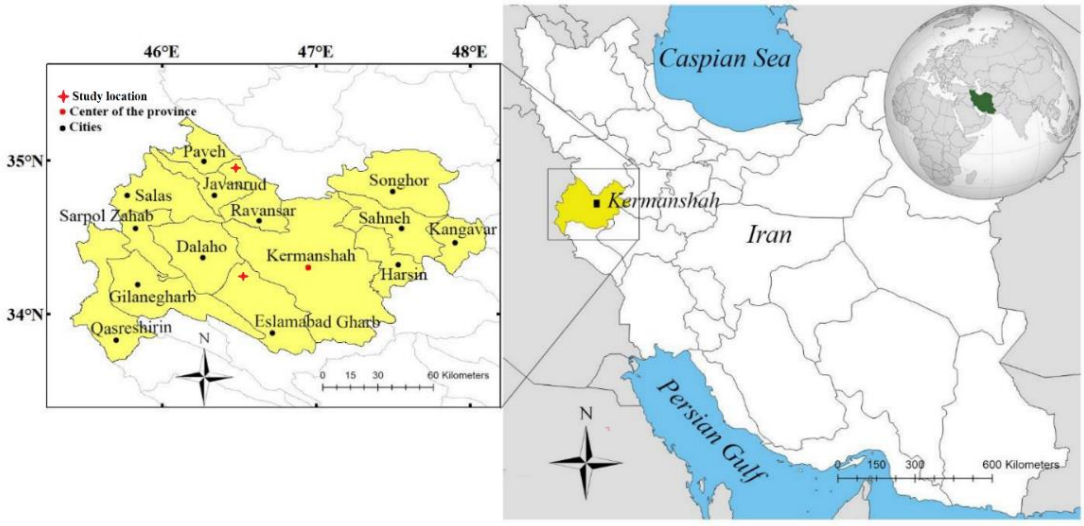
این پژوهش در سه عرصه جنگلی (سرخک، تپه گله و قشلاق) که پروژه‌های حفاظت جنگل در آن‌ها اجرایی شده در بخش‌هایی از شهرستان، اسلام‌آباد غرب و روانسر واقع در استان کرمانشاه انجام شد. برای مقایسه تغییرات ویژگی‌های خاک پس از اجرای پروژه، یک منطقه شاهد در همسایگی هر یک از سه منطقه در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که از نظر اختلاف ارتفاع از سطح دریا، جهت شیب و درصد شیب و پوشش گیاهی بالاترین شباهت را داشته باشد. مشخصات مناطق سه‌گانه در جدول ۱ نشان داده شده است. شکل ۱ نشان‌دهنده موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه است.

اسلام‌آباد غرب با میانگین دمای سالانه ۱۳/۷ درجه سلسیوس و میانگین بارش سالانه ٤٦٩ میلی‌متر و شهرستان روانسر با میانگین دمای سالانه ١٤/٢ درجه سلسیوس و میانگین بارش سالانه ٤٧٢ میلی‌متر دارای اقلیم نیمه مرطوب می‌باشند. نمونه‌برداری از خاک در هر منطقه در ۳ ترانسکت ارتفاعی در جهت شیب و به فاصله ۵۰ متری از یکدیگر انجام شد. در هر ۵۰ متر حرکت در طول هر ترانسکت ۳ نمونه به‌صورت تصادفی- سیستماتیک مشخص شده و برداشت شد. در هر منطقه ۳ نمونه در شیب جنوبی و ۳ نمونه در یال برداشت شد. این کار برای منطقه شاهد که چسبیده به منطقه نمونه‌برداری بود نیز به همین صورت تکرار شد. به عبارتی در هر منطقه ٦ نمونه و در شاهد هر منطقه نیز ٦ نمونه در خرداد ماه برداشت شد.

جدول ۱- مشخصات مناطق مورد مطالعه.

Table 1. Specifications of the studied areas.

نام منطقه Area name	شهرس تان City	مساحت Area (ha)	سال شروع پروژه Year of project start	گونه درختی غالب Dominant tree species	جهت شیب Slope direction	ارتفاع از سطح دریا Height above the see level (m)
سرخک Sorkhak	اسلام‌آباد Islam Abad	208	1385	*Quercus brantii*	شمالی- جنوبی North-South	2089
تپه گله Tappeh Goleh	اسلام‌آباد Islam Abad	100	1385	*Quercus brantii* - Hawthorns	جنوبی South	1742
قشلاق Qeshlaq	روانسر Ravansar	52	1390	*Quercus brantii* – *Pyrus Boissieriana*	جنوبی South	1880



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه.

Figure 1. Geographical location of the study areas.

در این مطالعه برای نمونه‌برداری از روش‌های متداول در پژوهش‌های جنگل و الگوی پراکنش مکانی، یعنی روش نمونه‌برداری فاصله‌ای ترکیبی استفاده شد. نمونه‌های خاک برداشت شده از جنگل در محیط آزمایشگاه هوا خشک شدند و پس از کوبیدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های زیستی نمونه‌برداری خاک با لوازم استریل انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در یخچال (در دمای ٤ درجه سلسیوس) تا زمان انجام آزمایش‌های زیستی نگهداری شد.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با روش‌های آزمایشگاهی مرسوم اندازه‌گیری شد. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (ECe[1]) با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی (۱۹)، pH گل اشباع با دستگاه pH متر (۱۹) و چگالی ظاهری به روش کلوخه (در حالت خشک) (۲۰) در نمونه‌ها تعیین شدند. مقدار کربن آلی خاک (OC[2]) در نمونه‌ها به روش واکلی و بلک (۱۹۳٤) تعیین شد (۲۱).

میزان کربن معدنی شده یا تنفس خاک به کمک اندازه‌گیری مقدار دی‌اکسید کربن حاصل از تنفس میکروبی از طریق تیتراسیون برگشتی سود باقی‌مانده با اسید کلریدریک تعیین شد (۲۲). برای تعیین میزان تنفس پایه (BR[3]) در خاک مقدار ۲۵ گرم خاک را درون ظروف پلاستیکی درب‌دار ریخته، سپس مقدار ۲۰ میلی‌لیتر سود ۰/۵ نرمال داخل استوانه ریخته و درون ظرف پلاستیکی روی خاک قرار گرفت. سپس درب ظروف را بسته و به مدت ٦ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس خوابانیده شد. در مرحله بعد سود را در بالن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته، مقدار ۵-۱ میلی‌لیتر باریم کلراید ۰/۵ مولار به آن افزوده و با اسید کلرید ۰/۲۵ نرمال تیتر شده و با حجم اسید مصرفی تنفس پایه محاسبه گردید (۲۳). کربن زیست‌توده میکروبی با روش گازدهی و طی ۱۰ روز خوابانیدن (۲۳) تعیین شد و ضریب بازیافت یا راندمان تجزیه کربن میکروبی معادل ۰/٤۵ در نظر گرفته شد. ضریب متابولیکی (qCO_2[4]) عبارت است از تنفس خاک (کربن تجزیه شده برای تولید انرژی) به ازای هر واحد زیست‌توده میکروبی (کربن مصرف شده برای رشد و تشکیل سلول‌های جدید) در واحد زمان. ضریب متابولیکی از تقسیم دی‌اکسید کربن (میلی‌گرم کربن) آزاد شده در هر ساعت از هر گرم خاک (در تنفس پایه) بر کربن زیست‌توده میکروبی خاک (گرم در گرم خاک) محاسبه شد (۲٤). به‌منظور تجزیه‌وتحلیل و مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنف[5] و همگنی واریانس آن‌ها با آزمون لون[6]، با نرم‌افزار SPSS 19 مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مناطق تپه گله، سرخک و شاهد از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و برای مقایسه ویژگی‌های خاک قشلاق از روش آزمون تی-استیودنت[7] استفاده شد. به‌منظور جداسازی مناطق مورد بررسی با توجه به همه ویژگی‌های بررسی شده، از آنالیز تشخیصی استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

قابلیت هدایت الکتریکی خاک: نتایج مربوط به تجزیه واریانس قابلیت هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک در مناطق مورد بررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقدار قابلیت هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک مناطق سرخک و تپه گله با شاهد آن‌ها وجود ندارد. هم‌چنین با توجه به نتایج آزمون

1- Electrical Conductivity
2- Organic Carbon
3- Basal Respiration
4- Metabolic Quotient
5- Kolmogorov–Smirnov Test
6- Levene's test
7- Student-T-test

تی- استیودنت اختلاف معنی‌داری بین مقادیر این ویژگی در منطقه قشلاق و شاهد آن نیز مشاهده نشد (جدول ۲). افزایش قابلیت هدایت الکتریکی در منطقه قرق نشده نسبت به مناطق قرق شده احتمالاً به دلیل پوشش گیاهی کم‌تر در مناطق تحت چرای دام است که موجب افزایش خشک‌زایی، تبخیر بیش‌تر، افزایش انباشت نمک‌ها در خاک و هدایت الکتریکی می‌شود که در پژوهش میرزاعلی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی تأثیر قرق بر خاک سطحی و پوشش گیاهی به این مهم اشاره شده است (۲۵).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس و آزمون تی- استیودنت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 2. The results of variance analysis and Student's t-test of physical and chemical properties of soil.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean Squares			
	df	هدایت الکتریکی EC	pH	چگالی ظاهری Bulk density	کربن آلی خاک Soil organic carbon
تیمار Treatment	2	0.003^{ns}	0.044^{ns}	0.037^{*}	1.252^{*}
خطا Error	21	0.008	0.017	0.002	0.153
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	1.50	2.23	3.00	2.78
آزمون T T-student					
شاهد Control	6	0.3275	6.6150	1.2650	2.6033
قشلاق Qeshlaq	6	0.3054	6.5967	1.2817	2.6450
سطح احتمال (٪) Probability level (%)	-	1	1	1	1

** و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست

** and * significant at 1% and 5% and ns not significant, respectively

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 3. The results of mean comparisons for physical and chemical characteristics of the soil.

نام منطقه Area name	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	pH -	چگالی ظاهری Bulk density (g/cm^3)	کربن آلی خاک Soil organic carbon (%)
شاهد Control	0.40 a	7.11 a	1.22 b	3.15 b
تپه گله Tappeh Goleh	0.39 a	7.22 a	1.36 a	3.74 ab
سرخک Sorkhak	0.43 a	7.25 a	1.25 b	4.44 a
آزمون T T-student				
شاهد Control	0.31 a	6.61 a	1.26 a	2.60 a
قشلاق Qeshlaq	0.32 a	6.60 a	1.28 a	2.64 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each column, means with similar letters don't have significantly different in probability level of 5%

pH خاک: نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقدار pH خاک منطقه سرخک و منطقه تپه گله با شاهد آن‌ها وجود ندارد. هم‌چنین با توجه به نتایج آزمون تی- استیودنت اختلاف معنی‌داری بین مقدار این ویژگی در منطقه قشلاق و شاهد آن نیز مشاهده نشد (جدول ۳). در همین راستا محمودی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر چرا و قرق بر برخی از ویژگی‌های خاک در مراتع بیان کردند که قرق تأثیر معنی‌داری بر مقدار pH خاک نشان نداد (۲۸). وانگ و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی اعمال چرا در مناطق قرق نشده به کاهش مقدار pH خاک در منطقه تحت چرا اشاره کردند (۲٦). یاری و رستمی (۲۰۱۹) در مطالعه تأثیر قرق بر ترسیب کربن خاک در جنگل گزارش کردند که در دو منطقه تحت چرا و قرق، pH خاک تقریباً خنثی بود (۲۷). با این حال pH خاک در منطقه قرق نشده اندکی بیش‌تر از منطقه قرق شده گزارش شد که این عامل را می‌توان نتیجه آهکی بودن بیش‌تر خاک منطقه قرق نشده دانست (۲۷). رضوی و صالحی (۲۰۱٤) در بررسی تغییر ویژگی‌های خاک در دو منطقه قرق شده و قرق نشده جنگل‌های شمال کشور گزارش کردند که pH خاک در منطقه قرق شده کم‌تر از منطقه قرق نشده بود و عامل این کاهش را تراکم درختان و به دنبال آن افزایش سطح تاج درختان، لاشبرگ‌ها و مواد آلی دانستند و بیان کردند که افزایش لاشبرگ و مواد آلی در خاک درختانی مانند راش خاصیت اسیدی بیش‌تری ایجاد می‌کند و می‌تواند موجب کاهش pH خاک شود (۲۹).

چگالی ظاهری: نتایج نشان داد که چگالی ظاهری خاک در منطقه سرخک از نظر آماری به‌طور معنی‌داری کم‌تر از مقدار آن در منطقه تپه گله و منطقه شاهد است. ولی بین چگالی ظاهری خاک در منطقه قشلاق و شاهد آن اختلاف معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد (جدول ۲). مقدار چگالی ظاهری در منطقه قرق شده سرخک کم‌تر از تپه گله و شاهد بوده است (جدول ۳). به‌عبارتی می‌توان بیان نمود نتایج با افزایش شدت چرا و لگدکوبی خاک توسط دام در منطقه همخوانی داشته است. هم‌چنین بیش‌ترین مقدار ماده آلی مربوط به منطقه سرخک بود. وجود مواد آلی در خاک موجب افزایش خاکدانه‌سازی و تخلخل در خاک شده و با حفظ و بهبود ساختمان خاک موجب کاهش چگالی ظاهری خاک می‌گردد. بر اساس پژوهش‌های آشکین و اوزدمیر (۲۰۰۳)، پیر و اویمت (۲۰۰۸) و چادهاری و همکاران (۲۰۱۳)، نبود مواد آلی به مقدار کافی می‌تواند سبب افزایش چگالی ظاهری شود (۳۰، ۳۱ و ۳۲).

کربن آلی خاک: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کربن آلی در منطقه سرخک به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از منطقه شاهد است ولی اختلاف معنی‌داری با منطقه تپه گله ندارد (جدول‌های ۲ و ۳). مقدار کربن آلی خاک در منطقه قشلاق اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با منطقه شاهد نداشت (جدول‌های ۲ و ۳). بیچر و هنسی (۲۰۱۵) بیان نمودند که از عوامل مؤثر بر مقدار کربن آلی خاک، چرای دام می‌باشد زیرا با خرد کردن و انتقال مواد آلی گیاهی و لاشبرگ به داخل خاک، می‌تواند تأثیر به‌سزایی را در چرخه کربن داشته باشد و هم‌چنین فضولات دامی ناشی از چرای دام در منطقه قرق نشده از جمله عوامل تأثیرگذار در افزایش مواد آلی خاک می‌باشد (۳۳). یافته‌های این پژوهش نشان داد مقدار ماده آلی در منطقه تپه گله و شاهد و هم‌چنین در منطقه قشلاق و شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداده است.

افزایش مقدار کربن آلی در منطقه سرخک نسبت به شاهد می‌تواند به دلیل افزایش تاج پوشش درختان و به دنبال آن لاشبرگ درختان در کف جنگل، در نتیجه برنامه حفاظتی در مناطق حفاظت شده باشد. همین افزایش لاشبرگ به‌عنوان منبع اصلی مواد آلی، سبب افزایش کربن آلی خاک می‌شود. نتایج مطالعه گیلومونا و همکاران (۲۰۲۰) کم‌تر بودن لاشبرگ و

بقایای محصول در اراضی کشاورزی در مقایسه با مناطق جنگلی حفاظت شده را یکی از دلایل اصلی کاهش مواد آلی خاک در این مناطق ذکر کرده است. هم‌چنین در مناطق کشاورزی بخشی از ماده آلی خاک به‌عنوان محصول برداشت شده و به خاک باز نمی‌گردد (۳٤).

ویژگی‌های زیستی خاک

تنفس خاک (کربن معدنی شده): از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقدار تنفس خاک در مناطق سرخک، تپه گله و شاهد آن وجود نداشت. مقدار تنفس خاک در منطقه شاهد بیش‌تر از دو منطقه تپه گله و سرخک بود. هم‌چنین بین تنفس خاک در منطقه قشلاق و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد (جدول‌های ٤ و ۵). عوامل مؤثر بر تنفس بالای خاک در زیست‌بوم‌های جنگلی، مناسب بودن شرایط برای فعالیت میکروبی از جمله عرضه کافی مقدار کربن مورد استفاده ریزجانداران خاک می‌باشد (۳۵). نتایج پژوهش‌های ونس و چاپینی (۲۰۰۱) نشان داد که مقدار کربن ورودی به خاک و مقدار ماده آلی خاک از عوامل تأثیرگذار بر تنفس خاک می‌باشند (۳٦). رفیعی و همکاران (۲۰۱۷) ذکر نمودند تنفس خاک از جمله شاخص‌های حساس در فرآیندهای ضروری زیست‌بوم هم‌چون فعالیت متابولیک، تبدیل کربن آلی خاک به دی‌اکسید کربن اتمسفر و تجزیه بقایای گیاهی در خاک است (۳۷). اختلاف در مقدار تنفس، ناشی از تفاوت در فعالیت‌های میکروبی می‌باشد و به نظر می‌رسد که این تفاوت با تغییر در مواد آلی مرتبط باشد (۳۷). احتمالاً ورود دام در مناطق شاهد سبب تجمع فضولات دامی در سطح خاک شده و به دنبال آن افزایش تنفس خاک را در پی داشته است. ازاین‌رو تنفس خاک در مناطق شاهد با تنفس خاک در مناطق تحت مدیریت حفاظتی که از کربن آلی بالاتری برخوردار بودند، برابری نموده و اختلاف معنی‌داری را ایجاد نکرد (۳۸).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس و آزمون تی- استیودنت ویژگی‌های بیولوژیکی خاک.

Table 4. The results of variance analysis and Student's t-test of soil biological properties.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean Squares		
	df	تنفس خاک (کربن معدنی شده) Organic carbon mineralization	کربن زیست‌توده میکروبی Microbial biomass carbon	ضریب متابولیکی Metabolic Quotient
تیمار Treatment	2	226001.111*	1014688.514*	1.009*
خطا Error	21	176697.132	42838.463	0.053
درصد ضریب تغییرات CV (%)	-	10.28	12.54	3.25
		آزمون T T-student		
شاهد Control	6	1415.3333	923.6167	1.2633
قشلاق Qeshlaq	6	1998.3333	868.0000	1.3933
سطح احتمال (٪) Probability level	-	1	1	1

** و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست

** and * significant at 1% and 5% and ns not significant, respectively

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های بیولوژیکی خاک.

Table 5. The results of mean comparisons for soil biological characteristics.

ضریب متابولیکی Metabolic Quotient ($\mu g\ C.g^{-1}MBC.day^{-1}$)	کربن زیست‌توده میکروبی Microbial biomass carbon (mg/kg)	تنفس خاک (کربن معدنی شده) Organic carbon mineralization (mg $C\text{-}CO_2$/kg soil)	نام منطقه Area name
1.33 [a]	880.64 [b]	11.66 [a]	شاهد Control
1.28 [a]	847.62 [b]	9.97 [b]	تپه گله Tappeh Goleh
0.71 [b]	1467.50 [a]	10.57 [ab]	سرخک Sorkhak
آزمون T T-student			
1.26 [a]	923.62 [a]	11.40 [a]	شاهد Control
1.39 [a]	868.00 [a]	11.84 [a]	قشلاق Qeshlaq

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each column, means with similar letters don't have significantly different in probability level of 5%

کربن زیست‌توده میکروبی: نتایج مربوط به تجزیه واریانس کربن زیست‌توده میکروبی نمونه‌های خاک در مناطق مورد بررسی نشان داد که مقدار کربن زیست‌توده میکروبی خاک در منطقه سرخک به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از مقدار کربن زیست‌توده میکروبی خاک در منطقه تپه گله و شاهد آن‌ها بود (جدول‌های ٤ و ٥). هم‌چنین مقدار کربن زیست‌توده میکروبی در مناطق تپه گله و شاهد آن تفاوت معنی‌داری نداشت. مقدار کربن زیست‌توده میکروبی خاک در منطقه قشلاق و شاهد آن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول‌های ٤ و ٥). کربن زیست‌توده میکروبی به علت پاسخ سریع به مدیریت‌های مختلف و تیپ‌های مختلف جنگلی می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی اثر مدیریت‌ها و کاربری‌های مختلف اراضی باشد (۳۹ و ٤٠). پژوهش‌ها بیانگر آن است که چنان‌چه اراضی طبیعی دست‌خوش تحولات ناشی از فعالیت انسان یا تردد دام شوند، مقدار کربن زیست‌توده میکروبی روند کاهشی را دنبال خواهد کرد (٤١). با توجه به نتایج حاضر می‌توان گفت که اجرای صحیح و کامل طرح حفاظت از جنگل به‌ویژه در منطقه سرخک توانست بر مقدار کربن آلی خاک و هم‌چنین بخش بسیار فعال آن یعنی کربن زیست‌توده میکروبی تأثیرگذار باشد و سبب بهبود این ویژگی‌ها شود. جلوگیری از ورود دام به اراضی جنگل می‌تواند سبب تجمع بقایای گیاهی در کف جنگل شده و در نتیجه کربن آلی در خاک سطحی این مناطق افزایش یابد که با افزایش کربن آلی در خاک کربن زیست‌توده میکروبی نیز در پی آن افزایش خواهد یافت.

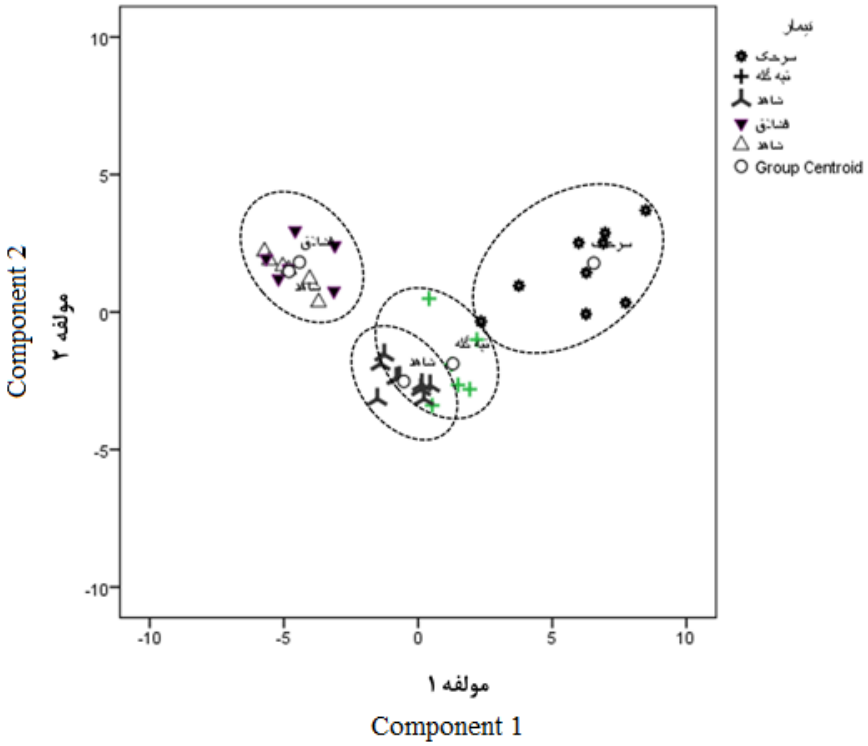
ضریب متابولیک (qCO_2): نتایج مربوط به تجزیه واریانس ضریب متابولیک (qCO_2) نمونه‌های خاک در مناطق مورد بررسی نشان داد که مقدار این شاخص در منطقه سرخک به‌طور معنی‌داری کم‌تر از مقدار این شاخص در منطقه تپه گله و شاهد آن‌ها بود. مقدار ضریب متابولیک در منطقه قشلاق و شاهد آن اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول‌های ٤ و ٥). کاهش این شاخص در خاک بیانگر افزایش جمعیت ریزجانداران و تولید بیش‌تر زیست‌توده میکروبی است. افزایش مقدار ضریب متابولیک نشان از شرایط

نامساعد خاک دارد. با افزایش ضریب متابولیک بخش اعظمی از سوبسترای آلی توسط تنفس و فعالیت ریزجانداران معدنی شده و از خاک خارج می‌شود. نتایج پژوهش حاضر بیانگر تأثیر منفی اعمال چرا بر مقدار شاخص ضریب متابولیک است.

به نظر می‌رسد که کاهش مقدار شاخص ضریب متابولیک در خاک منطقه سرخک نشان‌دهنده بهتر شدن شرایط خاک و تکامل جمعیت میکروبی آن است. با افزایش مقدار تخریب و ایجاد آشفتگی در خاک مقدار شاخص ضریب متابولیک افزایش می‌یابد (٤٠). نتایج پژوهش پابست و همکاران (٢٠١٦) در بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی و تخریب زیست‌بوم جنگلی نشان داد که با افزایش دخالت و تخریب بیش‌تر در اراضی جنگلی و تغییر کاربری آن‌ها، شاخص ضریب متابولیک افزایش می‌یابد به‌طوری‌که مقدار آن در اراضی کشاورزی بیش‌تر از جنگل تخریب‌شده و در جنگل تخریب‌شده بیش‌تر از جنگل‌های طبیعی بود (٤٢). البته پژوهش‌هایی نیز وجود دارد که نشان‌دهنده تأثیر تیپ جنگل و سن جنگل بر فعالیت میکروبی خاک و مقدار شاخص ضریب متابولیک است. نتایج پژوهش والکی ویکز و همکاران (٢٠٢١) در جنگل‌های لهستان نشان داد که در توده‌های جنگلی پهن‌برگ با افزایش سن توده جنگلی مقدار شاخص ضریب متابولیک کاهش پیدا می‌کند، ولی این موضوع در توده‌های جنگلی سوزنی‌برگ صادق نبود (٤٣). با توجه به این‌که پژوهش جاری در ناحیه زاگرس انجام شد و گونه قالب (بیش از ٩٠ درصد) گونه بلوط بود به نظر می‌رسد که نوع گونه درختی در پژوهش جاری در تمام این مناطق تأثیر یکسانی داشته است و می‌توان گفت که تغییرات مقدار شاخص ضریب متابولیک بیش‌تر تحت‌تأثیر تخریب و دگرگونی‌های انجام شده در خاک بوده است (٤٣ و ٤٤).

به‌عنوان یک اصل کلی در آن دسته از جوامع میکروبی که گونه‌های غالب آن‌ها را عمدتاً قارچ‌ها تشکیل می‌دهند نسبت به جوامعی که اغلب دارای گونه‌های باکتریایی است، شاخص کسر میکروبی معمولاً عددی کوچک‌تری دارد (٤٥ و ٤٦). بر این اساس چنین به نظر می‌رسد که در منطقه سرخک که نسبت به دیگر مناطق، طرح حفاظت از جنگل به نحو شایسته‌تری به اجرا درآمده است، استقرار گونه‌های قارچی در خاک نسبت به مناطق که چرای دام آزاد بوده (مناطق شاهد) و یا منطقه تپه گله که این طرح چندان مناسب در آن‌جا پیاده نشده است، بیش‌تر صورت گرفته و از سوی دیگر در خاک مناطق شاهد و تپه گله به دلیل عبور دام و ورود فضولات دامی به خاک، شرایط برای رشد سریع گونه‌های باکتریایی بر روی این سوبستراهای آسان تجزیه‌شونده فراهم آمده است.

آنالیز تشخیصی: نتایج مربوط به آنالیز تشخیصی که به‌عنوان یکی از آنالیزهای قوی برای مقایسه و تفکیک گروه‌ها با استفاده از ویژگی‌های مستقل است، نشان داد که نمونه‌های خاک منطقه سرخک نسبت به سایر مناطق به خوبی تفکیک شده است. این درحالی‌که در بسیاری از ویژگی‌های مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های خاک منطقه سرخک و شاهد آن و تپه گله مشاهده نشد ولی با در نظر گرفتن همه ویژگی‌ها کنار هم مشاهده شد که این منطقه تا حدودی از تپه گله و شاهد جدا شده است. با توجه به این‌که اختلاف زیادی بین تپه گله و شاهد از نظر همه ویژگی‌ها وجود ندارد، مشاهده می‌شود که نمونه‌های خاک آن‌ها به هم نزدیک است. هم‌چنین موقعیت نمونه‌های خاک منطقه قشلاق و شاهد آن نیز با توجه به محورهای نمودار بسیار به هم نزدیک بوده و این نشان‌دهنده این است که این دو منطقه از یکدیگر به‌خوبی تفکیک نشده‌اند و به عبارتی شباهتی زیادی با هم دارند (شکل ٢).



شکل ۲- آنالیز تشخیصی مناطق جنگلی قرق شده و قرق نشده.

Figure 2. Discriminant analysis of protected and non-protected areas.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که طرح حفاظت از جنگل درصورتی‌که به‌صورت شایسته و کامل در عرصه اجرا و پیاده شود (منطقه سرخک) قادر خواهد بود تا برخی از شاخص‌های کیفیت خاک را احیا نماید و امید آن می‌رود که با گذشت زمان و رعایت روش‌های مدیریت حفاظت از جنگل، فرآیند احیای خاک در این اراضی جنگلی تحقق یابد. در بین شاخص‌های مورد بررسی کربن آلی خاک و کربن زیست‌توده میکروبی، ازجمله شاخص‌هایی بودند که به‌خوبی نسبت به اعمال درست و کامل طرح حفاظت از جنگل پاسخ داده و این پارامترها در اراضی تحت مدیریت بهبود پیدا کردند. این موضوع بیانگر آن است که برای پایش چگونگی تأثیر مدیریت‌های اراضی شاخص‌های زیستی کیفیت خاک از حساسیت بیش‌تری برخوردار بوده و سریع‌تر به این تغییرات پاسخ می‌دهند. نتایج این پژوهش از یک سو توانست ما را در شناخت وضعیت خاک این مناطق کمک کند که این موضوع می‌تواند در روند برنامه‌های مدیریتی و اصلاحی بسیار مؤثر باشد و از سوی دیگر در قالب این پژوهش به بررسی تأثیری که تخریب بر روی پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک داشته است پرداخته شد و مشخص گردید که چگونه فعالیت‌های مدیریتی در طولانی‌مدت می‌تواند ترکیب گونه‌ای و ویژگی‌های خاک و پایداری زیست‌بوم‌های جنگلی را تحت‌تأثیر قرار دهد.

منابع

1. Salehi, A., & Noor Mohammadi, A. (2012). Effect of grazed and surface scarification on soil properties and regeneration in central Zagros forests (Case study: Aleshtar city forests). *Forest and Wood Products*. 65 (3), 315-325**. doi: 10.22059/jfwp.2012.30082**. [In Persian]
2. Bazyar, M., Haidari, M., Shabanian, N., & Haidari, R. H. (2013). Impact of physiographical factors on the plant species diversity in the Northern Zagros Forest (Case study, Kurdistan Province, Marivan region). *Annals of Biological Research*. 4 (1), 317-324.
3. Mohajer, N., & Mirkazemi, Z. (2004). Investigation on natural regeneration of *Quercus castaneifolia* C.A.M. at Loveh forest management project. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*. 12 (2), 220-201. [In Persian]
4. Daghestani, M., Salehi, B., & Cheragi, S. (2018). The effect of planting depth and seedbed type treatments on the growth and survival of oak (*Quercus brantii Lindl.*) saplings. *Iranian Journal of Forest.* 10 (1), 101-109. [In Persian]
5. Tohidy, M., Jalali, J., Yazdian, F., Naghi Adel, M., Jiroudnezhad, R., Azarnoosh, M., & Kuhestani, J. (2018). Effects of livestock and forest dweller exclusion on natural regeneration in Abbas-Abad forest, Mazandaran province. *Human and Environment.* 16 (4), 139-159. **doi:20.1001.1.15625532.1397.16.4.10.7**. [In Persian]
6. Javanmiri Pour, M., Marvi Mohdjer, M., Etenad, V., & Zobeiri, M. (2014). The Effects of Grazing on Change and Diversity of Natural Regeneration (A Case Study: Patom District, Kheyroud Forest). *Forest and Wood Products.* 66 (4), 401-426. **doi:10.22059/jfwp. 2014.36657**. [In Persian]
7. Dick, R. P. (1994). Soil enzyme activities as indicators of soil quality. Defining soil quality for a sustainable environment. *SSSA Special Publications.* 35, 107-124.
8. Lal, R. (1998). Soil Quality and Agricultural Sustainability. CRC Press. 367p.
9. Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T. W., Mäder, P., & Pulleman, M. (2018). Soil quality-A critical review. *Soil Biology and Biochemistry.* 120, 105-125. **doi: https://doi.org/ 10.1016/ j.soilbio. 2018.01.030.**
10. Visser, S., & Parkinson, D. (1992). Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms. *American Journal of Alternative Agriculture.* 7 (1-2), 33-37. **doi:https://doi.org/10. 1017/S0889189300004434.**
11. Torku, D. K. (2017). Chemical composition and antimicrobial efficacy of essential oil from *Xylopia aethiopica* fruit pods. Doctoral dissertation, University of Ghana. **doi:http://ugspace.ug.edu.gh/ handle/123456789/31201.**
12. Spohn, M., & Giani, L. (2011). Impacts of land use change on soil aggregation and aggregate stabilizing compounds as dependent on time. *Soil Biology and Biochemistry.* 43 (5), 1081-1088. **doi: 10.1016/j.soilbio.2011.01.029.**
13. Celik, I. (2005). Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil and Tillage Research.* 83 (2), 270-277. **doi: 10.1016/j.still.2004.08.001.**
14. Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., & Rothe, A. (2002). Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*. 59 (3), 233-253. **doi: 10.1051/forest:2002020.**
15. Makini, G. V., Haggai Onyan'go, N., Moses, M., & Mwenda, K. I. (2020). Effects of goat manure-based vermicompost on soil chemical properties under garlic production in meru south and manyatta sub-counties. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*. 4, 91-99. **doi: 10.33564/IJEAST.2020. v04i09.009.**

16. Franzluebbers, A. J., & Stuedemann, J. A. (2009). Soil-profile organic carbon and total nitrogen during 12 years of pasture management in the Southern Piedmont USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 129 (1-3), 28-36. **doi: 10.1016/j.agee.2008.06.013.**
17. Guo, J., Hou, R., Zhou, M., Jin, X., Li, C., Liu, X., & Gao, H. (2021). Monitoring 2019 forest fires in southeastern Australia with GNSS technique. *Remote Sensing*. 13 (3), 386-402. **doi:https://doi.org/10.3390/rs13030386.**
18. Kumi-Boateng, B., & Stemn, E. (2020). Spatial analysis of artisanal and small-scale mining in the Tarkwa-Nsuaem Municipality of Ghana. *Ghana Mining Journal*. 20 (1), 66-74. **doi:10.4314/gm. v20i1.8.**
19. Christenen, B. T., & Johnston, A. E. (1997). Soil organic matter and soil quality lessons learned from long-term experiments at Askov & Rothamsted. P 157-159, In: E. G. Gregorich & M. R. Catrer (eds.), Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health, Elsevier, Amsterdam.
20. Estefan, G., Sommer, R., & Ryan, J. (2013). Methods of soil, plant, and water analysis. A manual for the West Asia and North Africa region. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas*. 243p.
21. Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37 (1), 29-38. **doi:http://dx.doi.org/ 10.1097/00010694-193401000-00003.**
22. Anderson, J. P. E., Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney, D. R. (1982). Soil Respiration. P 831-871. In: A. L. Page Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd Edition, ASA and SSSA, Madison.
23. Nannipieri, P., & Alef, K. (1995). Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Netherlands: Elsevier Science.
24. Martens, D., Reedy, T., & Lewis, R. (2004). Soil organic carbon content and composition of 130-year crop, pasture and forest land-use managements. *Global Change Biology*. 10, 65-78. **doi: 10.1046/j.1529-8817.2003.00722.x.**
25. Mirzaali, E., Mesdaghi, M., & Erfanzadeh, R. (2006). The study of effects of exclosure on vegetation and soil surface in saline ranges of Gomishan, Golestan province. *Journal of Agriculture Science and Nature Resource*. 13 (2), 1-11. [In Persian]
26. Wang, Y., & Wesche, K. (2016). Vegetation and soil responses to livestock grazing in Central Asian grasslands: a review of Chinese literature. *Biodiversity and Conservation*. 25 (12), 2401-2420. **doi:10.1007/ s10531-015-1034-1.**
27. Yari, S., & Rostami, A. (2019). Effect of protection on carbon sequestration and some edaphic properties of soil in Tang Dalab Forests in Ilam. *Journal of Environmental Science and Technology*. 21 (4), 189-202 **doi:10.22034/jest. 2019.27167.3622**. [In Persian]
28. Mahmoudi, J., Zareian, F., & Javadi, M. R. (2013). Study of grazing and exclusion effects on soil characteristic (Case study: Viseh Valley, Iran). *International Journal of Forest, Soil and Erosion*. 3 (2), 60-63.
29. Razavi, M., & Salehi, A. (2014). Study and comparison of natural regeneration in the two enclosed and non-enclosed areas of northern Masal forests, The 2nd National Conference on Agricultural Engineering and Management, Environment and Sustainable Natural Resources, Tehran. Iran. [In Persian]
30. Aşkin, T., & Özdemir, N. (2003). Soil bulk density as related to soil particle size distribution and organic matter content. *Poljoprivreda Agriculture*. 9, 52-55.
31. Perie, C., & Ouimet, R. (2008). Organic carbon, organic matter and bulk density relationships in boreal forest soils. *Canadian Journal of Soil Science*. 88 (3), 315-325. **doi: 10.4141/ CJSS06008.**
32. Chaudhari, P. R., Ahire, D. V., Ahire, V. D., Chkravarty, M., & Maity, S. (2013). Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and

available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications.* 3 (2), 1-8.

33. Beecher, M., Hennessy, D., Boland, T. M., McEvoy, M., O'Donovan, M., & Lewis, E. (2015). The variation in morphology of perennial ryegrass cultivars throughout the grazing season and effects on organic matter digestibility. *Grass and Forage Science*. 70 (1), 19-29. **doi:10.1111/gfs.12081.**
34. Gilmullina, A., Rumpel, C., Blagodatskaya, E., & Chabbi, A. (2020). Management of grasslands by mowing versus grazing–impacts on soil organic matter quality and microbial functioning. *Applied Soil Ecology*. 156, 103701. **doi:10.1016/j.apsoil. 2020. 103701.**
35. Babur, E., & Dindaroglu, T. (2020). Seasonal changes of soil organic carbon and microbial biomass carbon in different forest ecosystems. *Environmental Factors Affecting Human Health*. 1, 1-21. **doi:10.5772/intechopen.90656.**
36. Vance, E. D., & Chapin Iii, F. S. (2001). Substrate limitations to microbial activity in taiga forest floors. *Soil Biology and Biochemistry*. 33 (2), 173-188. **doi:10.1016/S0038-0717(00)00127-9.**
37. Rafiee, F., Habashi, H., Rahmani, R., & Sagheb-Talebi, K. (2017). Effect of selection system on variability of some soil microbiological parameters in mixed beech stand of Hyrcanian forests. *Forest Research and Development*. 3 (3), 191-205. [In Persian]
38. Habashi, H. (2015). Microbial respiration and microbial biomass C relationship with soil organic matter in different types of mixed beech forest. *Forest Research and Development*. 1 (2), 135-144. [In Persian]
39. Yang, K., Zhu, J., Zhang, M., Yan, Q., & Sun, O.J. (2010). Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of Northeast China: a comparison between natural secondary forest and larch plantation. *Journal of Plant Ecology*. 3 (3), 175-182. **doi:10.1093/jpe/rtq022.**
40. Fekete, I., Kotroczó, Z., Varga, C., Nagy, P. T., Várbíró, G., Bowden, R. D., & Lajtha, K. (2014). Alterations in forest detritus inputs influence soil carbon concentration and soil respiration in a Central-European deciduous forest. *Soil Biology and Biochemistry*. 74, 106-114. **doi:10.1016/j.soilbio.2014.03.006.**
41. Beheshti Ale Agha, A., Raiesi, F., & Golchin, A. (2011). The effects of soil disturbance due to land use change of forest lands to cultivated lands on biological soil quality indices of forest ecosystems of Northern Iran. *Journal of Agroecology*. 3 (4), 439-453. **doi: 10.22067/jag.v3i4.13573**. [In Persian]
42. Pabst, H., Gerschlauer, F., Kiese, R., & Kuzyakov, Y. (2016). Land use and precipitation affect organic and microbial carbon stocks and the specific metabolic quotient in soils of eleven ecosystems of Mt. Kilimanjaro, *Tanzania. Land Degradation and Development*. 27 (3), 592-602. **doi: https://doi.org/10.1002/ldr.2406.**
43. Walkiewicz, A., Bieganowski, A., Rafalska, A., Khalil, M. I., & Osborne, B. (2021). Contrasting effects of forest type and stand age on soil microbial activities: An analysis of local scale variability. *Biology*. 10 (9), 850-873. **doi: https:// doi.org/ 10.3390/ biology 10090850.**
44. Józefowska, A., Sokołowska, J., & Zaleski, T. (2021). Dynamics of soil organic carbon during natural forest succession in the Polish Carpathian Mountains. In EGU General Assembly Conference Abstracts (pp. EGU21-11093). **doi: 10.5194/egusphere-egu21-11093.**
45. Ciccazzo, S., Esposito, A., Borruso, L., & Brusetti, L. (2016). Microbial communities and primary succession in high altitude mountain environments. *Annals of Microbiology*. 66, 43-60. **doi:10.1007/s13213-015-1130-1.**
46. Gu, S., Xiong, X., Tan, L., Deng, Y., Du, X., Yang, X., & Hu, Q. (2022). Soil microbial community assembly and stability are associated with potato (*Solanum tuberosum* L.) fitness under continuous cropping regime. *Frontiers Plant Science*. 13, 1000045. **doi: https:// doi.org/10.3389/fpls.2022.1000045.**