University of Tehran Press

Journal of Forest and Wood Product Online ISSN: 2383-0530

Home Page: https://jfwp.ut.ac.ir

Changes evaluation of some soil properties under effects of management characteristics (Case study: forests of Gisom region of Guilan province)

Morvarid Khademy Kamal[1] | Ramin Naghdi[2*] | Ali Salehi[3] | Rasoul Yousefpour[4]

1. Ph.D. Student in Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh sara, I.R. Iran. Email: khademy@gmail.com
2. Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh sara, I.R. Iran. Email: rnaghdi@guilan.ac.ir
3. Assoc., Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh sara, I.R. Iran. Email: asalehi@guilan.ac.ir
4. Assist., Prof., Department of Forestry Economics and Forest Planning, University of Freiburg, Freiburg, Germany. Email: rasoul.yousefpour@ife.uni-freiburg.de

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 04 February 2022
Revised 14 June 2022
Accepted 26 June 2022
Published 01 March 2023

Keywords:
Recreation impact,
Forest park,
Soil properties,
Sustainable management.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate some soil properties that were affected by management including logging, tourism and forest reserve in Guilan province, Iran. In each of the studied area, five transects with a length of 200 meters, perpendicular to the road, were selected and soil samples at 10, 50, 100, 150, and 200-meters distances from the road were gathered. In each transect, five samples of 25 m^2 were selected. Measured soil properties were consisted of bulk density, porosity, pH, organic carbon, and microbial respiration. The results showed that with increasing distance from the road, the mean of bulk density in the area of logging, tourism and forest reserve decreased from 1.64 to 1.10, 1.33 to 1.07 and 1.11 to 1.08 gr/cm^3, respectively, and mean of pH decreased from 6.96 to 5.48, 6.57 to 5.48 and 4.88 to 4.56, respectively. The highest and lowest levels of organic carbon and rate of microbial respiration were observed in the control and logging areas, respectively. The results of analysis of variance showed that there is a significant difference between all soil properties in the sampled areas and different road distances. Mean comparison also showed that there was a significant difference between the mean of soil properties in the control area with the logging and tourism areas. The results of this study showed that the type of management of natural areas may have different destructive effects on soil properties.

Cite this article: Khademy Kamal, M., Naghdi, R., Salehi, A., Yousefpour, R., (2023). Changes evaluation of some soil properties under effects of management characteristics (Case study: forests of Gisom region of Guilan province). *Journal of Forest and Wood Product*, 75 (4), 309-319. DOI: http//doi.org/ 10.22059/jfwp.2022.338143.1205

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2022.338143.1205

انتشارات دانشگاه تهران

نشریهٔ جنگل و فراورده‌های چوب

سایت نشریه: https://jfwp.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳

ارزیابی تغییرات برخی مشخصه‌های خاک تحت تأثیر ویژگی‌های مدیریتی (مطالعهٔ موردی: جنگل‌های منطقهٔ گیسوم استان گیلان)

مروارید خادمی کمال[۱] | رامین نقدی[۲*] | علی صالحی[۳] | رسول یوسف‌پور[۴]

۱. دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. رایانامه: khademy@gmail.com

۲. استاد گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. رایانامه: rnaghdi@guilan.ac.ir

۳. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. رایانامه: asalehi@guilan.ac.ir

۴. استادیار گروه اقتصاد جنگلداری و برنامه‌ریزی جنگل، دانشگاه فرایبورگ، فرایبورگ، آلمان. رایانامه: rasoul.yousefpour@ife.uni-freiburg.de

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰

کلیدواژه‌ها:
اثرهای تفرج،
پارک جنگلی،
مدیریت پایدار،
مشخصه‌های خاک.

چکیده

هدف این تحقیق، ارزیابی تغییرات برخی مشخصه‌های خاک تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف شامل بهره‌برداری، گردشگری و ذخیره‌گاه جنگلی (منطقهٔ شاهد) در استان گیلان است. در هر کدام از مناطق تحت بررسی، پنج ترانسکت به طول ۲۰۰ متر عمود بر مسیر جاده مشخص شد و نمونه‌برداری از خاک در فواصل ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری از جاده انجام گرفت. در طول هر ترانسکت، پنج قطعه نمونهٔ ۲۵ متر مربعی مستقر و نمونه‌های خاک برداشت شد. در مرکز هر قطعه نمونه یک نمونه خاک از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد. خصوصیات خاک اندازه‌گیری‌شده شامل جرم مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، اسیدیتهٔ خاک، کربن آلی و تنفس میکروبی بود. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از جاده، میانگین جرم مخصوص ظاهری در منطقهٔ بهره‌برداری، گردشگری و شاهد به‌ترتیب از ۱/۶۴ به ۱/۱۰، از ۱/۳۳ به ۱/۰۷ و از ۱/۱۱ به ۱/۰۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب و میانگین pH نیز به‌ترتیب از ۶/۹۶ به ۵/۴۸، از ۶/۵۷ به ۵/۴۸ و از ۴/۸۸ به ۴/۵۶ کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار کربن آلی و تنفس میکروبی خاک به‌ترتیب در مناطق شاهد و بهره‌برداری شده مشاهده شد. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین همهٔ خصوصیات خاک در مناطق نمونه‌برداری و فواصل مختلف جاده وجود دارد. مقایسهٔ میانگین نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین خصوصیات خاک در منطقهٔ شاهد با دو منطقهٔ بهره‌برداری و گردشگری وجود دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که نوع مدیریت عرصه‌های طبیعی می‌تواند اثرهای مخربی بر خصوصیات مختلف خاک داشته باشد.

استناد: خادمی کمال، مروارید؛ نقدی، رامین؛ صالحی، علی؛ یوسف‌پور، رسول (۱۴۰۱). ارزیابی تغییرات برخی مشخصه‌های خاک تحت تأثیر ویژگی‌های مدیریتی (مطالعهٔ موردی: جنگل‌های منطقهٔ گیسوم استان گیلان). *نشریهٔ جنگل و فراورده‌های چوب*، ۷۵ (۴)، ۳۰۹-۳۱۹.

DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2022.338143.1205

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2022.338143.1205

۱. مقدمه

ازآنجا که پایداری طولانی‌مدت اکوسیستم‌های جنگلی وابسته به حفظ کیفیت خاک است، آگاهی از وضعیت خاک مناطق جنگلی و بررسی آثار فعالیت‌های مختلف صورت‌گرفته بر مشخصه‌های آن بسیار مهم و در مدیریت جنگل مؤثر است [۱]، از این‌رو باید با به حداقل رساندن خسارات وارد به خاک، رویشگاه‌ها را برای زادآوری آماده کرد و به حفظ و بهبود کیفیت توده‌های جنگلی پرداخت. یکی از راه‌های رسیدن به این مهم، آگاهی از مقدار و شدت آسیب‌های وارد به جنگل در اثر اجرای طرح‌های مختلف مدیریتی است. داشتن طرح‌های مدیریتی منظم و مدون به‌منظور ادارهٔ جنگل با در نظر گرفتن حفاظت جنگل و با هدف پایداری آن از گذشته اهمیت داشته است. با توجه به طرح تنفس جنگل که از سال ۱۳۹۶ براساس دستورالعمل‌های جدید اجرا و برداشت چوب از جنگل ممنوع اعلام شد، مدیریت جنگل به‌سمت اجرای طرح‌های جنگلداری تولیدی غیرچوبی سوق یافت. جنگل‌ها به‌منزلهٔ منابعی با استفاده‌های متنوع، ارائه‌دهندهٔ خدمات اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی هستند [۲]، ولی در صورت استفادهٔ نادرست از این خدمات، ممکن است خسارات سنگینی به جنگل وارد آورند. روش‌های مختلف بهره‌برداری از جنگل از جمله برداشت چوب و محصولات فرعی از جنگل و استفاده از ظرفیت گردشگری جنگل می‌توانند صدمات مختلفی به زادآوری و خاک جنگل وارد کنند [۳]. ازآنجا که حفظ خاک جنگل، برای بقای جنگل لازم است و آیندهٔ آن را تضمین می‌کند، بررسی شدت خسارت واردشده توسط روش‌های مختلف بهره‌برداری بر جنگل اثر بسزایی در حفاظت و پایداری اکوسیستم جنگل خواهد داشت.

همانند برداشت چوب از جنگل که سبب تخریب و آسیب به خاک و تجدید حیات جنگل می‌شود، گردشگران در جنگل نیز ممکن است عامل ایجاد تضاد بین تفرج و حفاظت طبیعت و همچنین بین تفرج و تولید چوب باشند. به‌طور ویژه فعالیت‌هایی مانند پیاده‌روی در جنگل، پخت‌وپز و آماده کردن غذا، استفاده از چوب‌های جنگل به‌جای هیزم و ایجاد محل استراحت در جنگل به‌طور موقت، می‌تواند به جنگل آسیب وارد کند و این آسیب‌ها در قسمت‌های مختلف جنگل گسترش می‌یابند [۴].

از این‌رو ارزیابی تأثیر فعالیت‌های تفرجی، به‌منزلهٔ واقعیت انکارناپذیر حال حاضر جنگل‌ها، قدمی در رسیدن به مدیریت پایدار جنگل‌هاست. اسحاقی‌راد و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر تفرج بر خاک پارک جنگلی چغاسبز ایلام نشان دادند که درصد کربن آلی، ازت کل، فسفر قابل جذب، پتاسیم تبادلی و عمق لاشبرگ در مناطق در معرض تفرج شدید کاهش یافته، ولی بر مقدار اسیدیتهٔ خاک و جرم مخصوص ظاهری خاک این منطقه افزوده شده است [۴]. بخشی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تأثیر تفرج بر زادآوری، پوشش علفی و خاک در پارک جنگلی نور بیان کردند که شدت تفرج بر درصد پوشش علفی، مقدار زادآوری، کوبیدگی و تخلخل در عمق ۵–۰ سانتی‌متری خاک تأثیر معنی‌داری دارد، ولی بر مقدار مادهٔ آلی خاک تأثیر ندارد [۵]. کاظمی و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی با بررسی تأثیر بهره‌برداری از جنگل به روش تک‌گزینی بر مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌های بهشهر مازندران نشان دادند که اختلاف معنی‌داری بین مشخصه‌های بررسی‌شدهٔ خاک در منطقهٔ بهره‌برداری با منطقهٔ شاهد وجود دارد [۶]. ون و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی اثر تخریب ناشی از گردشگری بر ویژگی‌های خاک در منطقهٔ تیانچی چین دریافتند که نتایج نشان داد تخریب ناشی از توریسم سبب افزایش اسیدیتهٔ خاک و جرم مخصوص خاک شده، ولی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش مادهٔ آلی و نیتروژن کل شده است [۷]. در پژوهشی دیگر زنگ (۲۰۱۸) تأثیرات تخریب ناشی از گردشگری را بر مقادیر کربن، نیتروژن و فعالیت‌های آنزیمی خاک در یکی از پارک‌های شهری چین بررسی و ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که کربن آلی خاک، نیتروژن کل، کربن آلی، نیتروژن آلی، نیترات نیتروژن و آمونیوم نیتروژن در خاک به‌طور معنی‌داری نسبت به منطقهٔ شاهد کاهش یافته است [۸]. آیلینسف و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تأثیر بهره‌برداری بر مشخصه‌های شیمیایی خاک (اسیدیته، کربن آلی و نیتروژن) در جنگل‌های بوره‌آل روسیه نشان دادند که مقدار اسیدیتهٔ خاک در منطقهٔ شاهد بیشتر از مناطق بهره‌برداری و مقادیر کربن آلی و نیتروژن در منطقهٔ شاهد کمتر از مناطق بهره‌برداری بوده است [۹].

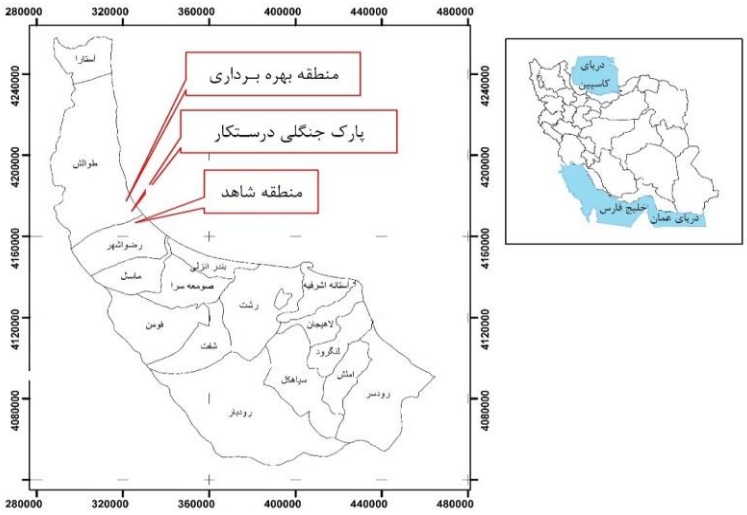
امروزه گردشگران ایرانی و گاه خارجی، از مناطق مختلفی از ایران به‌صورت رسمی یا حتی غیررسمی بازدید می‌کنند. این مناطق در نقاط مختلف ایران وجود دارند و به دلایل مختلف از جمله تغییر وضعیت اقتصادی، تغییر سطح فرهنگی، افزایش اوقات فراغت و ... در نقاط مختلف ایران افزایش حضور گردشگران را می‌توان مشاهده کرد. در برخی پژوهش‌های محیط زیستی به تأثیر فعالیت گردشگران بر محیط طبیعی تا حدی پرداخته شده است، اما می‌توان گفت در بیشتر مناطق تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی– تفرجی

در ایران، از دیدگاه مدیریت جنگل هیچ پایشی با هدف بررسی وضعیت اکوسیستم جنگل بعد از عملیات تفرج صورت نمی‌گیرد. در تحقیق حاضر با بررسی شدت خسارات خاک در اثر فعالیت‌های گردشگری و بهره‌برداری، تأثیر نوع مدیریت‌های مختلف در شدت خسارات وارد به برخی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مقایسه شده است. هدف این پژوهش ارزیابی تغییرات برخی مشخصه‌های خاک تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف شامل بهره‌برداری، گردشگری و ذخیره‌گاه جنگلی (منطقه شاهد) در جنگل‌های گیسوم استان گیلان است.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. منطقهٔ پژوهش

با توجه به هدف پژوهش، منطقه‌ای همگن از لحاظ توپوگرافی، خاک‌شناسی و ارتفاع از سطح دریا انتخاب شد که در آن سه مدل مدیریتی مختلف (برداشت چوب، گردشگری، ذخیره‌گاه جنگلی) اجرا شده بود. منطقهٔ اول عرصهٔ بهره‌برداری‌شده به مساحت ۱۳۹/۷ هکتار (قطعهٔ چهار طرح جنگلداری سری یک گیسوم) بود که در طول سال‌های گذشته عملیات پرورشی در آن انجام گرفت و آخرین عملیات بهره‌برداری (عملیات پرورشی تنک کردن همراه با خروج چوب با استفاده از تراکتور کشاورزی) در سال ۱۳۹۰ صورت پذیرفت. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی در طول ۴۸ درجه و ۵۷ دقیقه و ۳۶ ثانیهٔ شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه و ۱۱ ثانیهٔ شمالی واقع است. منطقهٔ دوم عرصهٔ گردشگری به مساحت ۱۱۴۱ هکتار (پارک جنگلی دکتر درستکار) است که با توجه به جاذبه‌های طبیعی و زیبای طرح از دیرباز با استقبال گردشگران مواجه شده و از سال به‌طور رسمی به‌عنوان پارک جنگلی از آن بهره‌برداری شده است و از نظر موقعیت جغرافیایی در طول ۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه و ۳۶ ثانیهٔ شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۹ ثانیهٔ شمالی واقع شده است. منطقهٔ شاهد (ذخیره‌گاه جنگلی شمشاد گیسوم) نیز به مساحت ۲۰۰ هکتار به‌عنوان منطقهٔ سوم انتخاب شد که در آن هیچ‌گونه بهره‌برداری صورت نگرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی در طول ۴۸ درجه و ۱ دقیقه و ۲۰ ثانیهٔ شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۳۸ دقیقه و ۱۳ ثانیهٔ شمالی واقع است (شکل ۱). ازآنجا که سه عرصهٔ انتخاب‌شده در مجاورت هم قرار دارند، حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا در مناطق مذکور به‌ترتیب ۲۰- تا ۱۰ متر است. خاک مناطق از نوع قهوه‌ای جنگلی است و بافت خاک در طبقهٔ لومی قرار می‌گیرد. میانگین بارندگی سالانه ۱۳۶۵/۵ میلی‌متر و میانگین درجهٔ حرارت سالانه ۱۵/۷ درجهٔ سانتی‌گراد است. بیشتر پوشش جنگلی منطقه توسکا است و در بعضی مناطق پایه‌های لرگ، صنوبر و انجیلی وجود دارد. پوشش گیاهی کف جنگل گونه‌های علفی، گرامینه، گراس، بنفشه، پامچال، متامتی، ترشک و ... است. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی آمبرژه از نوع خیلی مرطوب با زمستان‌های خنک است [۱۰، ۱۱].



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی مناطق پژوهش

۲. ۲. روش تحقیق

برای اجرای این پژوهش از روش نمونه‌برداری ترانسکت استفاده شد. بدین منظور در هر کدام از مناطق (گردشگری، بهره‌برداری و ذخیره‌گاه جنگلی)، پنج ترانسکت به طول ۲۰۰ متر اندازه‌گیری شد. فاصلهٔ ترانسکت‌ها از یکدیگر ۱۰۰ متر بود و به‌صورت عمود بر جاده طراحی شده بودند. در طول هر ترانسکت نمونه‌برداری خاک در عمق ۵-۰ سانتی‌متری و در فواصل ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متری از جاده انجام گرفت. در مجموع ۷۵ نمونه خاک (در هر منطقه ۲۵ نمونه) برداشت شد. مشخصه‌های خاک اندازه‌گیری‌شده شامل جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، درصد تخلخل، pH، کربن آلی و تنفس میکروبی بود. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک به‌ترتیب از روش کلوخه و روش پیکنومتری برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب اندازه‌گیری شد. سپس درصد تخلخل با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد [۱۲]:

رابطه (۱)
$$P=100-\left(\frac{BD}{PD}\times 100\right)$$

P: درصد تخلخل

BD: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

PD: جرم مخصوص حقیقی خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

در پژوهش حاضر pH خاک به روش پتانسیومتری با استفاده از دستگاه pH متر و به‌کارگیری مخلوط ۱:۲/۵ خاک و آب مقطر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک از روش اکسیداسیون تر و براساس درصد استفاده شد [۱۳]. تنفس میکروبی با استفاده از روش بطری بسته برحسب میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در روز تعیین شد [۱۴].

۲. ۳. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شد. برای بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تحت تأثیر متغیرهای مستقل نوع مدیریت و فاصله از جاده از آزمون تجزیهٔ واریانس دوطرفه و برای مقایسهٔ تفاوت بین گروه‌ها از آزمون دانت استفاده شد. همهٔ تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری IBM SPSS ver. 22 صورت گرفت و همهٔ نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ ترسیم شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج جرم مخصوص ظاهری خاک نشان داد که با افزایش فاصله از جاده، میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک روند کاهشی دارد؛ به‌طوری که کمترین مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک در منطقهٔ شاهد و در فاصلهٔ ۲۰۰ متری از جاده (۱/۰۸±۰/۰۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و بیشترین مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک در منطقهٔ بهره‌برداری و در فاصلهٔ ۱۰ متری از جاده (۱/۶۴±۰/۱۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مشاهده شد. همچنین بررسی نتایج درصد تخلخل خاک نشان داد که در همهٔ مناطق نمونه‌برداری‌شده با افزایش فاصله از جاده، درصد تخلخل خاک افزایش یافته است (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج میانگین ± اشتباه معیار مشخصه‌های فیزیکی خاک (جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل)

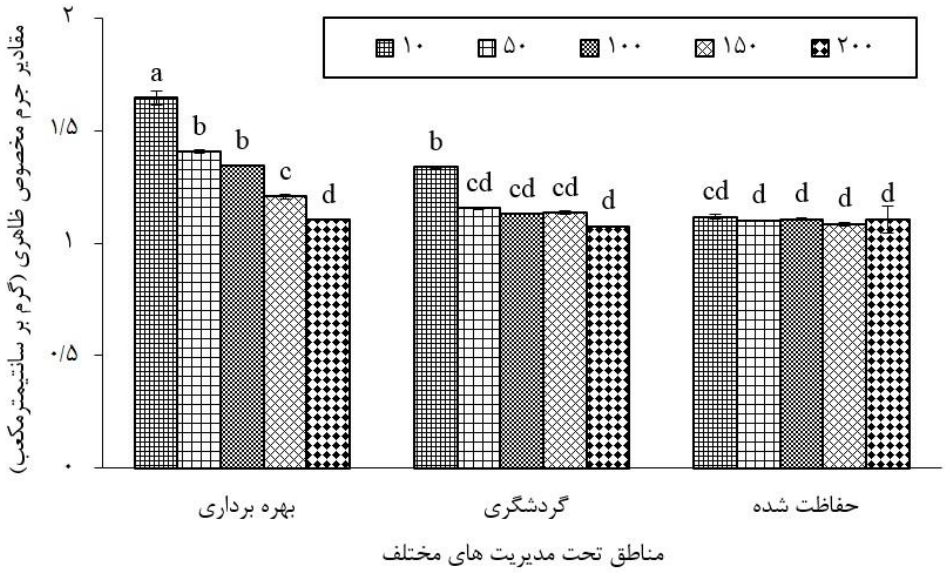
خصوصیات فیزیکی	نوع منطقه	فاصله از جاده				
		۱۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰
جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	بهره‌برداری	۱/۶۴±۰/۰۳	۱/۴۰±۰/۰۰۸	۱/۳۴±۰/۰۰۲	۱/۲۰±۰/۰۱	۱/۱۰±۰/۰۰۴
	گردشگری	۱/۳۳±۰/۰۰۶	۱/۱۵±۰/۰۰۴	۱/۱۳±۰/۰۰۱	۱/۱۳±۰/۰۰۸	۱/۰۷±۰/۰۰۴
	شاهد	۱/۱۱±۰/۰۰۸	۱/۱۰±۰/۰۰۰۸	۱/۱۰±۰/۰۰۶	۱/۰۸±۰/۰۰۸	۱/۰۸±۰/۰۰۶
درصد تخلخل	بهره‌برداری	۳۰/۹۹±۰/۷۸۶	۳۷/۰۹±۰/۴۹۴	۴۱/۴۹±۰/۰۸	۴۴/۷۳±۰/۲۲۲	۴۴/۹۵±۰/۱۷۸
	گردشگری	۳۸/۶۳±۱/۱۰	۴۵/۲۹±۰/۲۸۸	۴۶/۶۷±۰/۰۳۴	۴۸/۹۷±۰/۲۴۴	۴۹/۴۱±۰/۱۴۲
	شاهد	۴۷/۶۷±۰/۰۳۴	۵۰/۱۳±۰/۳۲۴	۵۱/۷۱±۰/۲۷۴	۵۵/۲۲±۰/۵۹۰	۵۶/۵۰±۰/۵۹۴

تجزیهٔ واریانس مشخصه‌های فیزیکی خاک نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین خصوصیات فیزیکی خاک بررسی‌شده در مناطق و فواصل مختلف بررسی‌شده در سطح ۰/۰۱ درصد وجود دارد. همچنین اثر توأم نوع مدیریت و فاصله از جاده تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات فیزیکی خاک دارد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین فواصل مختلف بررسی‌شده در منطقهٔ حفاظت‌شده (شاهد) وجود ندارد، درحالی که بین فاصلهٔ ۱۰ متری با دیگر فواصل بررسی‌شده، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین جرم مخصوص ظاهری خاک در فاصلهٔ ۲۰۰ متری در سه منطقه وجود ندارد (شکل ۲). مقایسهٔ میانگین درصد تخلخل خاک نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین فواصل ۱۵۰ و ۲۰۰ متری منطقهٔ حفاظت‌شده (شاهد) با دیگر مناطق و فواصل بررسی‌شده وجود دارد (شکل ۳). به‌طور کلی جرم مخصوص ظاهری خاک به‌دلیل تردد مردم و فشرده شدن خاک در اثر لگدکوبی و تردد وسایل نقلیه و ماشین‌آلات بهره‌برداری افزایش می‌یابد. قاسم‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی پیامدهای گردشگری بر خصوصیات فیزیکی خاک در ذخیره‌گاه جنگلی فندقلو اردبیل بیان کردند که تأثیر فعالیت‌های تفرجی بر جرم مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار است و با افزایش تردد گردشگر، کوبیدگی خاک و مطابق آن جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد [۱۵]. در پژوهشی دیگر سارا و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر تردد زیاد بازدیدکنندگان زیاد می‌شود و با افزایش کوبیده شدن زمین، جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد [۱۶]. همچنین در پژوهش‌های مختلف دیگر از جمله چاکر و همکاران (۲۰۱۰) در جنگل‌های بلگراد ترکیه [۱۷] و اسحاقی‌راد و همکاران (۲۰۱۱) در پارک جنگلی چغاسبز ایلام [۴] بیان شد که در اثر فعالیت‌های تفرجی، خاک تخریب می‌شود و در نتیجه جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. گردشگری و تفرج با افزایش فشردگی و کوبیدگی خاک، سبب کاهش فضای خالی بین ذرات آن شده و در نهایت موجب کاهش فعالیت‌های ریزجانداران خاکزی، کاهش تهویه و حرکت آب می‌شود. همان‌طور که پژوهش‌ها نشان داده است، رابطهٔ بین جرم مخصوص ظاهری خاک و درصد تخلخل معکوس بوده و با افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک، درصد تخلخل خاک کاهش می‌یابد. در این زمینه، مک‌ناب و همکاران (۲۰۰۱) در جنگل‌های آلبرتای کانادا بیان کردند که در اثر تردد اسکیدر، خاک دچار کوبیدگی می‌شود و در اثر متراکم شدن خاک، اندازهٔ حفره‌ها و ظرفیت نگهداشت آب و در نتیجهٔ آن درصد تخلخل خاک کاهش می‌یابد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد [۱۸]. ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیان کردند که رابطهٔ معکوسی بین فشار حاصل از تردد بازدیدکنندگان و میزان تخلخل خاک وجود دارد که همسو با نتایج این پژوهش است [۱۹]. به گفتهٔ نقدی و همکاران (۲۰۱۴)، درصد تخلخل خاک در فواصل نزدیک به جاده کمتر است و با افزایش فاصله از آن به بیشترین حد خود می‌رسد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد [۲۰].

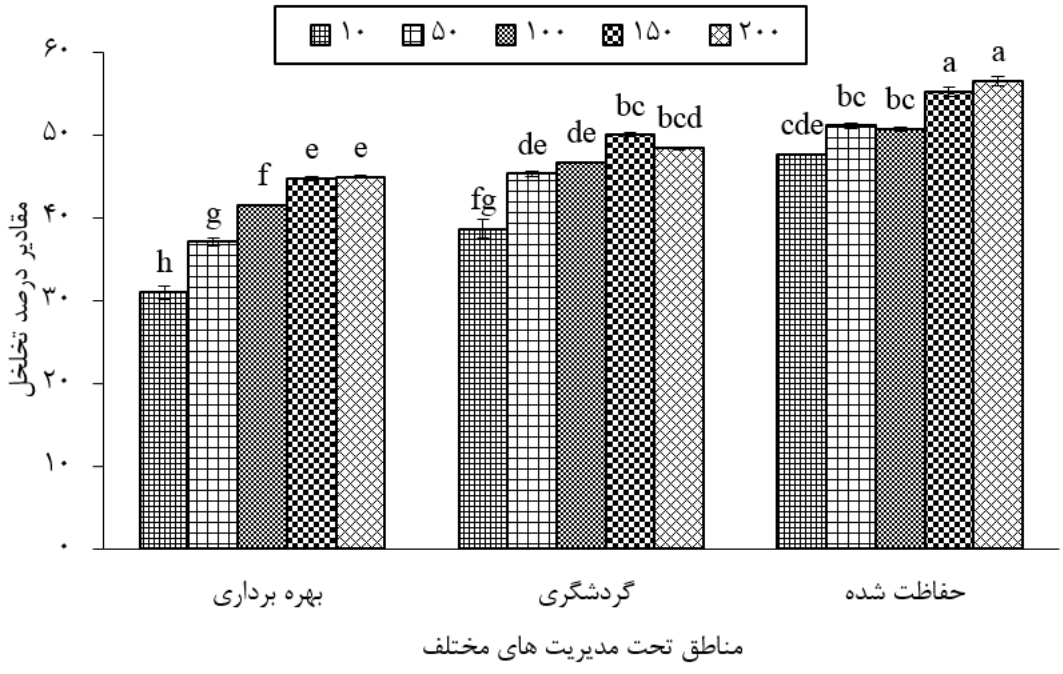
بررسی مقدار اسیدیتهٔ خاک نشان داد که مقدار pH خاک با افزایش فاصله از جاده کاهش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که در همهٔ فواصل بررسی‌شده، بیشترین و کمترین مقدار pH خاک به‌ترتیب در مناطق بهره‌برداری و شاهد مشاهده شد (جدول ۳). بررسی کربن آلی خاک نیز نشان داد که بیشترین مقدار این مشخصه در منطقهٔ شاهد و کمترین مقدار آن در منطقهٔ بهره‌برداری‌شده مشاهده شد. با افزایش فاصله از جاده، میانگین کربن آلی خاک در منطقهٔ بهره‌برداری روند کاهشی دارد، درحالی که در منطقه شاهد ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد (جدول ۳).

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس مشخصه‌های فیزیکی خاک تحت تأثیر مدیریت و فاصله از جاده

خصوصیات فیزیکی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	مقدار معنی‌داری
جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	منطقه	۰/۷۶۳	۲	۰/۳۸۱	۸۸/۳	۰/۰۰
	فاصله	۰/۶۴۳	۴	۰/۱۶۱	۳۷/۲	۰/۰۰
	منطقه × فاصله	۰/۴۱۸	۸	۰/۰۵۲	۱۲/۰	۰/۰۰
	خطا	۰/۲۵۹	۶۰	۰/۰۰۴	–	–
درصد تخلخل	منطقه	۱۹۲۰/۹۸	۲	۹۶۰/۴۹	۱۷۹/۱	۰/۰۰
	فاصله	۱۲۲۰/۶۳	۴	۳۰۵/۱۶	۵۶/۹	۰/۰۰
	منطقه × فاصله	۱۱۲/۹۰	۸	۱۴/۱۱	۲/۶	۰/۰۱۵
	خطا	۳۲۱/۷۱	۶۰	۵/۳۶	–	–



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک در مناطق نمونه‌برداری و فواصل مختلف از جاده



شکل ۳. مقایسهٔ میانگین درصد تخلخل در مناطق نمونه‌برداری و فواصل مختلف از جاده

جدول ۳. نتایج میانگین ± اشتباه معیار خصوصیات شیمیایی خاک (اسیدیتهٔ خاک و کربن آلی)

خصوصیات شیمیایی	نوع منطقه	فاصله از جاده				
		۱۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰
اسیدیته	بهره‌برداری	۶/۹۶±۰/۱۸۶	۶/۰۸±۰/۰۳۴	۵/۷۴±۰/۰۱۲	۵/۶۱±۰/۰۰۶	۵/۴۸±۰/۰۰۸
	گردشگری	۶/۵۷±۰/۰۹۶	۶/۰۲±۰/۰۳۸	۵/۷۲±۰/۰۱	۵/۶۰±۰/۰۰۶	۵/۴۸±۰/۰۰۶
	شاهد	۴/۸۸±۰/۰۵۴	۴/۶۸±۰/۰۸۶	۴/۸۱±۰/۰۳۴	۴/۵۶±۰/۰۶۴	۵/۰۴±۰/۰۳۲
کربن آلی	بهره‌برداری	۲/۱۰±۰/۱۶	۳/۴۳±۰/۰۳۴	۳/۹۰±۰/۰۰۰۲	۴/۳۶±۰/۰۶۴	۵/۴۶±۰/۱۴۴
	گردشگری	۳/۱۲±۰/۱۱	۴/۳۶±۰/۰۳۴	۵/۲۴±۰/۰۴	۵/۸۱±۰/۰۱۴	۶/۲۴±۰/۰۰۰۲
	شاهد	۷/۱۶±۰/۰۳۶	۷/۶۸±۰/۰۷۲	۷/۶۸±۰/۰۷۲	۷/۴۸±۰/۰۸۸	۷/۴۴±۰/۰۵۲

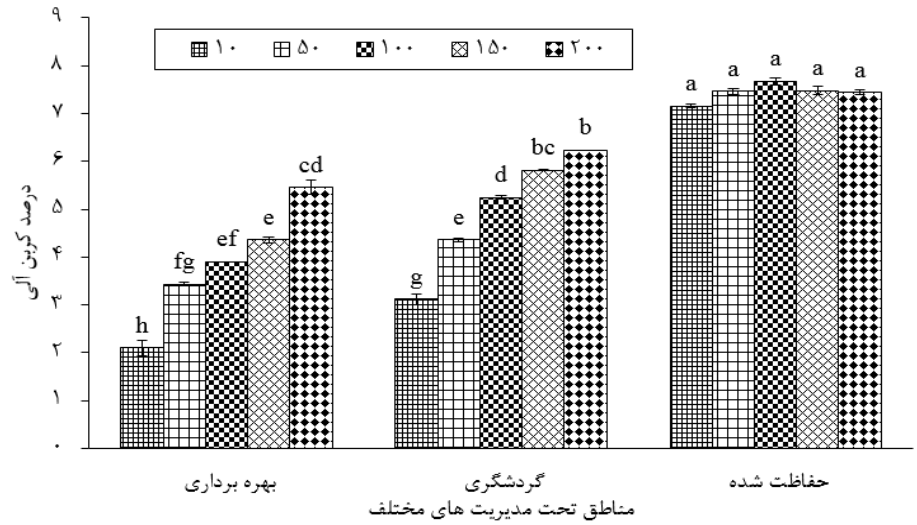
تجزیهٔ واریانس خصوصیات شیمیایی خاک نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین دو مشخصهٔ اسیدیته و کربن آلی خاک در مناطق و فواصل مختلف بررسی‌شده وجود دارد (در سطح ۰/۰۱ درصد). همچنین اثر متقابل نوع مدیریت (منطقه) و فاصله از جاده تأثیر معنی‌داری بر مشخصه‌های شیمیایی خاک دارد (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین اسیدیته خاک نشان داد که اختلاف معنی‌داری در فواصل مختلف بررسی‌شدهٔ منطقهٔ شاهد با دو منطقهٔ دیگر وجود دارد، ولی اختلاف معنی‌داری بین میانگین اسیدیتهٔ خاک در فاصلهٔ ۱۰ متری دو منطقهٔ بهره‌برداری و گردشگری مشاهده نشد (شکل ۴). مقایسهٔ میانگین کربن آلی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین فواصل مختلف بررسی‌شده در منطقهٔ شاهد وجود ندارد، ولی بین منطقهٔ شاهد با دو منطقهٔ دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۵). از دلایل افزایش pH در مناطق گردشگری و بهره‌برداری می‌توان به فشردگی خاک ناشی از تردد گردشگران و ماشین‌آلات چوبکشی، کاهش مقدار مادهٔ آلی و عمق کم لاشبرگ اشاره کرد. اسحاقی‌راد و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تأثیر تفرج بر کربن آلی خاک در پارک جنگلی چغاسبز ایلام بیان کردند که اثر تفرج بر کربن آلی خاک معنی‌داری است و در مناطق تحت تفرج، مقدار کربن آلی خاک کمتر از منطقهٔ شاهد است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد [۴]. قاسم‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر تفرج بر کربن آلی در ذخیره‌گاه جنگلی فندقلوی اردبیل نشان دادند که درصد کربن آلی در منطقهٔ شاهد بیشتر از مناطق تحت تفرج و گردشگری است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد [۱۵].

بررسی تنفس میکروبی نیز نشان داد که با افزایش فاصله در مناطق بهره‌برداری و گردشگری، تنفس میکروبی افزایش می‌یابد، درحالی که در منطقهٔ شاهد روند تغییرات منظمی با توجه به فاصله از جاده مشاهده نشد (جدول ۵). در همهٔ فواصل بررسی‌شده (به‌جز فاصلهٔ ۲۰۰ متری)، بیشترین و کمترین مقادیر تنفس میکروبی خاک به‌ترتیب در منطقهٔ شاهد و منطقهٔ بهره‌برداری مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس خصوصیات شیمیایی خاک تحت تأثیر مدیریت و فاصله از جاده

خصوصیات فیزیکی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	مقدار معنی‌داری
اسیدیته	منطقه	۲۱/۵۵	۲	۱۰/۷۷	۱۰۰/۳	۰/۰۰
	فاصله	۷/۳۹	۴	۱/۸۴	۱۷/۲	۰/۰۰
	منطقه × فاصله	۴/۱۳	۸	۰/۵۱	۴/۸	۰/۰۰
	خطا	۶/۴۴	۶۰	۰/۱۰	–	–
کربن آلی	منطقه	۱۶۹/۶۵	۲	۸۴/۸۲	۵۶۰/۵	۰/۰۰
	فاصله	۴۴/۳۳	۴	۱۱/۰۸	۷۳/۲۳	۰/۰۰
	منطقه × فاصله	۱۷/۷۰	۸	۲/۲۱	۱۴/۶۲	۰/۰۰
	خطا	۹/۰۸	۶۰	۰/۱۵	–	–

شکل ۴. مقایسهٔ میانگین pH در مناطق نمونه‌برداری و فواصل مختلف از جاده



شکل ۵. مقایسهٔ میانگین کربن آلی در مناطق نمونه‌برداری و فواصل مختلف از جاده

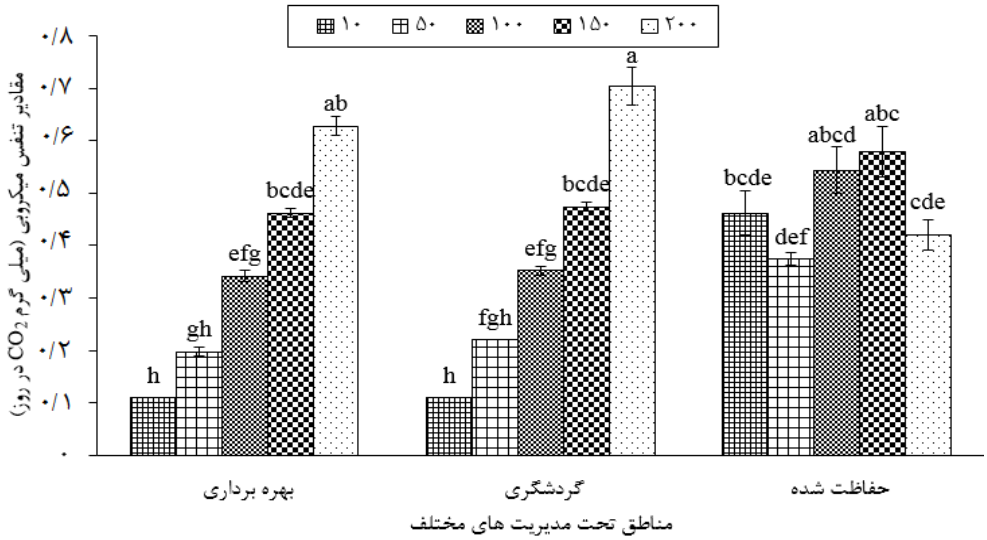
جدول ۵. نتایج میانگین ± اشتباه معیار مشخصهٔ زیستی خاک (تنفس میکروبی)

نوع منطقه	فاصله از جاده				
	۱۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰
بهره‌برداری	۰/۱۱±۰/۰۰۰۲	۰/۱۹±۰/۰۰۸	۰/۳۴±۰/۰۱	۰/۴۶±۰/۰۰۸	۰/۶۲±۰/۰۱۸
گردشگری	۰/۲۲±۰/۰۰۰۲	۰/۲۲±۰/۰۰۰۲	۰/۳۵±۰/۰۰۸	۰/۴۷±۰/۰۰۸	۰/۷۰±۰/۰۳۶
شاهد	۰/۴۶±۰/۰۴۲	۰/۳۷±۰/۰۱۲	۰/۵۴±۰/۰۴۴	۰/۵۸±۰/۰۴۸	۰/۴۲±۰/۰۲۸

تجزیهٔ واریانس تنفس میکروبی خاک نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مناطق و فواصل مختلف بررسی‌شده وجود دارد (در سطح ۰/۰۱ درصد) (جدول ۶). نتایج مقایسهٔ میانگین نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین منطقهٔ شاهد با دو منطقهٔ دیگر وجود دارد. همچنین بین فاصلهٔ ۱۵۰ با ۲۰۰ متری و فاصلهٔ ۱۰ با ۵۰ متری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶). عزیزی‌مهر و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر شدت تخریب بر پویایی فعالیت‌های میکروبی و بیوشیمی خاک در بخش جلگه‌ای نوشهر نشان دادند که تخریب رویشگاه‌های جنگلی تأثیرات منفی بر بسیاری از شاخص‌های میکروبی و فعالیت‌های بیوشیمی مرتبط با چرخه‌های عناصر غذایی خاک دارد که همسو با نتایج این پژوهش است [۲۱]. براساس پژوهش دوران و همکاران (۲۰۱۶) مشخصه‌های میکروبی خاک از جمله تنفس میکروبی را می‌توان برای ارزیابی سریع تأثیر شدت‌های مختلف دخالت جنگل بر کیفیت خاک‌های جنگلی در نظر گرفت [۲۲] که در پژوهش حاضر نیز تنفس میکروبی در مناطق گردشگری و بهره‌برداری که تحت تأثیر دخالت‌های انسانی بودند، کمتر از منطقهٔ شاهد بود. کوچ و نقره (۲۰۱۹) در پژوهشی در شهرستان نوشهر دریافتند که تخریب جنگل و تغییر کاربری اراضی با افت شاخص‌های کیفیت مواد آلی و خاک موجب کاهش فعالیت‌های میکروبی و بیوشیمی خاک می‌شود [۲۳]. به‌طور کلی فعالیت‌های میکروبی و فرایندهای بیوشیمیایی در مقایسه با دیگر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک به‌دلیل حساس بودن به هر گونه دگرگونی ایجادشده، اثر شدت تخریب یا احیای رویشگاه‌ها، شاخص‌های مناسبی برای بررسی کیفیت و سلامت خاک در اکوسیستم‌های جنگلی هستند [۲۴].

جدول ۶. تجزیهٔ واریانس مشخصه زیستی خاک تحت تأثیر مدیریت و فاصله از جاده

خصوصیات زیستی	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	مقدار معنی‌داری
تنفس میکروبی	منطقه	۰/۲۳	۲	۰/۱۱	۷/۴۴	۰/۰۰۱
	فاصله	۱/۴۰	۴	۰/۳۵	۲۲/۵۴	۰/۰۰
	منطقه × فاصله	۰/۶۶	۸	۰/۰۸	۵/۳۲	۰/۰۰
	خطا	۰/۹۳	۶۰	۰/۰۱	–	–



شکل ۶. مقایسهٔ میانگین تنفس میکروبی در مناطق نمونه‌برداری و فواصل مختلف از جاده

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

استفاده‌های انسانی عامل مهمی در آسیب‌رسانی به پارک‌ها و مناطق گردشگری است که باید مهار شود. در این زمینه برآورد شدت خسارت به خصوصیات خاک اقدامی مؤثر خواهد بود. در این پژوهش تأثیر برخی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تحت تأثیر نوع مدیریت عرصه‌های طبیعی و تأثیر جاده بر این خصوصیات خاک ارزیابی و مقایسه شد. نتایج این پژوهش نشان داد که نوع فعالیت‌های مدیریتی و فاصله از جاده بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیرگذار است. به‌طور کلی فعالیت‌های تفرجی ممکن است موجب وارد شدن آسیب‌های سنگین به خاک، پوشش گیاهی، درختان و درختچه‌ها و در حقیقت اثرهای اکولوژیکی شود. با توجه به موارد بررسی‌شده در این پژوهش و تأثیر منفی بر برخی از خصوصیات خاک در منطقه‌ای که گردشگران از آن بهره‌برداری می‌کردند، در نظر گرفتن ظرفیت اکولوژیکی منطقه اهمیت بسزایی دارد و پیشنهاد می‌شود که عرصه‌های جنگلیِ دارای پتانسیل گردشگری و عوامل لازم برای احداث پارک‌های جنگلی، به‌عنوان پارک جنگلی شناسایی شوند و اقدامات آتی مبنی بر احداث پارک صورت پذیرد و ظرفیت خدمات در پارک‌های جنگلی صرفاً منطبق بر ظرفیت اکولوژیکی منطقه باشد و از هرگونه آسیب و صدمه رساندن به جنگل خارج از ظرفیت اکولوژیکی پارک خودداری شود. همچنین باید مناطق آسیب‌دیدهٔ جنگل که در گذشته در آنها بهره‌برداری گردشگری صورت گرفته و آسیب‌دیده بودند، مناطق حفاظتی در نظر گرفته شده و احیا شوند.

References

[1]. Dykstra, D.P., and Heinrich, R. (1997). Forest harvesting and transport: old problems, new solutions. Keynote presentation for Session 14 (Forest Harvesting and Transport) at the World Forestry Congress, Antalya, Turkey, 13-22 October 1997. Proceedings, 3:171-186.

[2]. Führer, E. (2000). Forest functions, ecosystem stability and management. *Forest Ecology and Management*, 132:29–38.

[3]. Nazarpour Fard, K., and Etemad, V. (2016). Silvicultural characteristics of forest stands under recreational land use (Case study: Boloran natural forest park, Kuhdasht County). *Journal of Forest and Wood Product*, 69(2): 287-297. (In Persian).

[4]. Eshaghi Rad, J., Heidari, M., Mahdavi, A., and Zeinivandzadeh, M. (2011). Impact of recreational activities on vegetation and soil in forest park (Case study: Choghasabz forest park-Ilam). *Iranian Journal of Forest*, 3(1): 71-80. (In Persian).

[5]. Bakhshi, H., Namiranian, M., Makhdom, M., and Zahedi Amiri, Gh. (2012). The impact of recreation on regeneration, herbaceous cover and soil quality (A case study: Nour forest park). *Journal of Forest and Wood Products*, 65(3): 271-283. (In Persian).

[6]. Kazemi, Sh., Hojjati, M., Fallah, A., and Tafazoli, M. (2015). Effects of forest management on soil physical and chemical properties of Khalil-Mahale forest. *Forest Research and Development*, 1(2): 167-180. (In Persian).
[7]. Wen, B., Zhang, X., Yang, Z., Xiong, H., and Qiu, Y. 2016. Influence of tourist disturbance on soil properties, plant communities, and surface water quality in the Tianchi scenic area of Xinjiang, China. *Journal of Arid Land*, 8(2): 304-313.
[8]. Zeng, X. (2018). Influence of tourism disturbance on carbon, nitrogen, and enzyme activities of the soil in an urban park in China. *Šumarski List*, 9-10: 529–535.
[9]. Ilintsev, A., Nakvasina, E., Aleynikov, A., Tretyakov, S., Koptev, S., and Bogdanov, A. (2018). Middle-term changes in topsoils properties on skidding trails and cutting strips after long-gradual cutting: a case study in the boreal forest of the north-east of Russia. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 39: 71-83.
[10]. Booklet of forestry plan, Series 1 Gisoom. (2008). Department of natural resources and watershed Guilan, 347p. (In Persian).
[11]. Booklet of Dr. Dorostkar forest park plan. (2007). Department of natural resources and watershed Guilan, 347p. (In Persian).
[12]. Klute, A. (1986). *Methods of soil analysis, part I, physical and mineralogical methods*. Second edition. Soil Science Society of America INC. Wisconsia. USA.
[13]. Walkley, A.J., and Black, I.A. (1934). Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38.
[14]. Anderson, J.P.E. (1982). Soil respiration. In: Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical Analysis. Soil Science Society of America, Madison, WI, Pp: 831–872.
[15]. Ghasemzadeh, R., Asghari, Sh., Keyvan Behjoo, F., Ghanbari, S., and Ghomi Motazeh, A. (2020). Assessment of the effect of recreational activities on forest soil physical properties (case study: Fandoghlou park, Ardabil, Iran). *Journal of Natural Environment*, 73(3): 557-569. (In Persian).
[16]. Sarah, P., Zhevelev, H.M., and Oz, A. (2015). Urban park soil and vegetation: effects of natural and anthropogenic factors. *Pedosphere*, 25(3): 392-404.
[17]. Cakir, M., Makineci, E., and Kumbasli, M. (2010). Comparative study on soil properties in a picnic and undisturbed area of Belgrad forest, Istanbul. *Journal of Environmental Biology*, 31(1): 125128.
[18]. McNabb, D.H., Startsev, A.D., and Nguyen, H. (2001). Soil wetness and traffic on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils. *Soil Science Society of American Journal*, 65: 1238-1247.
[19]. Zhang, K., Tian, K., Lu, X., Luo, S., Li, J., and Li, N. (2009). Impacts of tourism on water storage and regulation of meadow soil in Napahai lakeshore wetlands. *Advances in Water Science*, 20(6):800-805.
[20]. Naghdi, R., Pourbabaei, H., Heidari, M., and Nouri, M. (2014). The effects of forest road on vegetation and some physical and chemical properties of soil, case study: Shafarood forests, district no. 2. *Iranian Forest Ecology*, 2(3): 49-64. (In Persian).
[21]. Azizi Mehr, M., Kooch, Y., and Hosseini, S.M. (2020). The effect of forest degradation intensity on the dynamics of soil microbial activities and biochemical in the plain region of Noshahr. *Iranian Journal of Forest*, 12(2): 175-188. (In Persian).
[22]. Durán, J., Morse, P.M., Groffman, J.L., Campbell, L.M., Christenson Driscoll, C.T., Fahey, T.J., Fisk, M.C., Likens, G.E., Melillo, J.M., Mitchell, M.J., Templer, P.H., and Vadeboncoeur, M.A. (2016). Climate change decreases nitrogen pools and mineralization rates in northern hardwood forests. *Ecosphere*, 7(3): 1-13.
[23]. Kooch, N., and Noghre, N. (2019). The effect of forest, rangeland and agriculture covers on soil microbial characters and enzyme activities. *Iranian Journal of Water and Soil Conservation Research*, 26(3): 127-143. (In Persian).
[24]. Kooch, Y., and Hosseini, S. M. (2014). Forest Soil Ecology (Concepts and Algorithms). Jahad-Daneshgahi Publications, Mazandaran Unit, 414p. (In Persian).