Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 36, No. 5, Dec.-Jan., 2022, p. 579-591

Carbon Stock and Some Chemical Properties of Soil in Sacred Groves and Pollarded Forest Stands of Northern Zagros Forests

N. Koosha[1], K. Mohammadi-Samani[2]*, V. Hosseini[3]

Received: 13-07-2022
Revised: 07-09-2022
Accepted: 26-09-2022
Available Online: 15-01-2023

Koosha, N., Mohammadi-Samani, K., & Hosseini, V. (2022). Carbon Stock and Some Chemical Properties of Soil in Sacred Groves and Pollarded Forest Stands of Northern Zagros Forests. *Journal of Water and Soil 36*(5): 579-591. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/JSW.2022.77579.1180

Introduction

A large part of forest and woodland ecosystems in Iran have been located in arid and semi-arid areas which low level of soil organic carbon (SOC) is considered as one of the main problems. Millions of trees together that make forest ecosystems, play a major role in carbon sequestration and can sequester it in the form of biomass, above ground in plants and also underground in plants root or in the soil. Forest ecosystems play a significant role in absorbing and reducing greenhouse gases and therefore, can play a crucial role in decreasing global warming. Soil is one of the great sources of carbon storage, which plays a significant role in the atmospheric carbon deposition and dioxide gas. The carbon stored in the soil changes under some important driving factors such as: land use change, animal grazing, pollarding, exploitation (included forest harvesting), topography and forest trees, and types. One of the main sources of income for forest stakeholders in Zagros area is the Zagros oak forest. These people livelihoods are heavily dependent on natural resources, especially forest, known as a kind of traditional land use system called "Galazani". Each family, in this system, has its own common ownership and manages their proprietorships called "Gallajar" which is a part of the woodlands and use some kind of traditional silvopastoral techniques to use these areas. Dominant livestock in the most part of theses area are goats and sheep. In the growing season, they usually feed on ground vegetation and in the winter time, they use dried oak leaves (leaf hay) that is stored before on some special trees call "Daar-Galla". In the northern part of Zagros oak forest (Kurdistan province), there are some very special stands that are found around every village called sacred groves and are totally intact because of some spiritual values and taboos. There are no exploitation and grazing and even land use changing in these areas, and they show the real undisturbed forest lands in Zagros. The aim of this research was to study and compare soil carbon stock and some essential soil properties in sacred groves and pollarded forests (Gallajar) of northern Zagros forests in order to obtain more precise data in soil after high exploitation and pollarding.

Materials and Methods

The average annual rainfall in 25 recent years in the study is 690 mm and the average annual temperature is 14.2 degrees Celsius. The dominant trees species in the region are Lebanon oak, Aleppo oak and Persian oak. To conduct this investigation, three study areas included both sacred groves and Gallajars, in three main slope aspects including north, east and south facing aspects, were chosen. Then six plots (10 a) were randomly selected in each area and tree canopy (%) and litter percentage were determined in the field. Soil samples took in two depths (0-15 and 15-30 cm) in the center of each plots and then bulk density (BD) and some chemical soil properties included soil organic carbon, soil carbon stock, total nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), electrical conductivity (EC) and pH were measured in the soil laboratory. A factorial randomized complete block design was used to analysis soil data.

Results and Discussion

1- Master,s Degree in Forest Biology, Department of Forestry, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2 and 3- Assistant Professors, Department of Forestry, University of Kurdistan, Sanandaj, and The Center for Research and Development of Northern Zagros Forestry, University of Kurdistan, Sanandaj, I.R. Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: k.mohammadi@uok.ac.ir)

The results showed that there were significant differences between soil depths for studied soil properties except BD, N and K and also there were significant differences in various slope aspects in studied parameters. However, no such a trend was observed in soil N and EC. The results also revealed that pollarding had significant effects on all studied soil properties. In addition, all studied soil properties including SOC stock, N, P, K and EC in sacred groves was higher than Gallajars while pH and BD were increased in pollarded areas. The amount of SOC stock, N, P and EC were greater at depth 0-15 compared to depth of 0-15 cm while, pH showed lower amount in the surface soil layer and K and BD had no significant differences in the two studied soil layers. SOC stock in northern, eastern and southern slope aspect were 72.6, 48.2 and 45 tons/ha, respectively. Pollarding and livestock grazing in Gallajars caused a significant decrease in tree canopy and, as a result, the litters on the grounds also reduced. Therefore, it seems that the reduction of trees and canopy cover affected soil properties significantly and reduced SOC stock meaningfully in the long term. Other essential chemical soil properties were also lower in Galajars compared to sacred groves.

Conclusion

Finally, we can claim that, some factors including pollarding and grazing can significantly reduce SOC stock and other studied soil properties in this research. On the one hand, people are using these forest areas as grazing pastures and also for pollarding trees to fed their livestock and the government could not have convinced them not to pollard the trees and, on the other hand, the results in this study showed that these pollarding operations are affecting forest stands and forest soil chemical properties and SOC stock significantly and reduce their quality considerably. It can be suggested that some new management treatments should be done in these forest areas through the training of local people, preparing sufficient fodder resources and providing enough facilities by the government to reduce pollarding by stakeholders. As a result, the natural process of production and decomposition of organic matter may be controlled in a better way, so that, the soil quality and carbon storage in these forests to be improved in the long term.

Keywords: Chemical properties of soil, Sacred stands, Slope aspects, Soil depth, Soil organic carbon

Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۵، آذر-دی ۱۴۰۱، ص. ۵۹۱-۵۷۹

ذخیره کربن و برخی خصوصیات شیمیایی خاک در آرامگاه‌های جنگلی و گلاجارهای جنگل‌های زاگرس شمالی

نیلوفر کوشا[۱]- کیومرث محمدی سمانی[۲*]- وحید حسینی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۴

چکیده

بخش وسیعی از اکوسیتم‌های جنگلی کشور، در محدوده خشک و نیمه‌خشک قرار دارند که یکی از مشکلات اصلی آن، پایین بودن مقدار کربن آلی خاک است. هدف از این تحقیق، بررسی و مقایسه ذخیره کربن خاک و برخی خصوصیات شیمیایی مهم خاک در آرامگاه‌های جنگلی و گلاجارهای بخشی از جنگل‌های زاگرس شمالی است تا بتوان، اطلاعات دقیق‌تری در مورد این خصوصیات پس از گلازنی و استفاده از شاخ و برگ درختان، به دست آورد. برای انجام این پژوهش، سه منطقه‌ی جنگلی در شهرستان بانه، در دو شرایط دست‌نخورده (آرامگاه) و بهره‌برداری شده (گلاجار)، در سه جهت شمالی، شرقی و جنوبی انتخاب شد و سپس در هر یک، شش قطعه نمونه ۱۰ آری به صورت تصادفی انتخاب و در مرکز هر قطعه نمونه از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک، نمونه‌برداری شد. درصد تاج پوشش و لاشبرگ نیز در هر قطعه نمونه تعیین گردید. سپس وزن مخصوص ظاهری و خصوصیات شیمیایی خاک از جمله: کربن آلی خاک، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، هدایت الکتریکی و pH، در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملا تصادفی استفاده شد. نتایج نشان داد عمق خاک، اثر معنی‌داری بر روی تمام مشخصه‌ها به‌جز نیتروژن و پتاسیم دارد. جهت دامنه، به‌جز هدایت الکتریکی و نیتروژن، اثر معنی‌داری بر روی سایر متغیرها گذاشت، اما مدیریت، اثر معنی‌داری بر روی تمام مشخصه‌ها گذاشت. در تمامی مناطق، به استثنای وزن مخصوص ظاهری و pH، سایر موارد بررسی شده از جمله ذخیره کربن آلی خاک، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و هدایت الکتریکی در آرامگاه‌ها بیشتر از گلاجار و میزان تمام مشخصه‌ها به‌جز پتاسیم و pH، در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری بیشتر از عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک بود. ذخیره کربن در دامنه شمالی، شرقی و جنوبی به ترتیب ۷۲/۶، ۴۸/۲ و ۴۵ تن در هکتار بود. در نهایت می‌توان گفت عواملی از جمله: قطع شاخ و برگ درختان و حذف پوشش درختی و شاخ و برگ آن‌ها، می‌تواند باعث تغییر خصوصیات شیمیایی خاک و کاهش معنی‌دار میزان ذخیره کربن آلی خاک در هر دو عمق مورد بررسی، در توده‌های جنگلی گردد.

واژه‌های کلیدی: توده‌های دست‌نخورده، جهت دامنه، خصوصیات شیمیایی خاک، عمق خاک، کربن آلی خاک

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲ و ۳- استادیاران، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، و مرکز پژوهش و توسعه جنگلداری زاگرس شمالی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: k.mohammadi@uok.ac.ir)

DOI: 10.22067/JSW.2022.77579.1180

مقدمه

امروزه، فعالیت‌های انسانی در طول زمان، توانسته است بیشترین تأثیر را بر روی اکوسیستم‌ها در مقیاس جهانی و در نهایت گرمایش جهانی کره زمین گذاشته و با افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید کربن، تأثیرات قابل توجهی بر تغییرات اقلیمی بگذارد. برای ایجاد تعادل بین مقدار گازهای گلخانه‌ای و کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفر، کربن باید جذب و در شکل‌های مختلفی ترسیب شود (Wang *et al.*, 2017). اکوسیستم‌های جنگلی، به دلیل وجود درختان، نقش عمده‌ای در ترسیب کربن دارند و می‌توانند آن را به صورت تولیدات، زی‌توده و یا در خاک ترسیب کنند (Jouhos *et al.*, 2021). در واقع می‌توان گفت اکوسیستم‌های جنگلی، نقش قابل توجهی در جذب و کاهش گازهای گلخانه‌ای و کاهش گرمای کره زمین دارند (Heidarian and Ghasemi Aghbash., 2020 ; Prietzel *et al.*, 2016). شناخت کیفیت خاک که یکی از شاخص‌های آن خصوصیات شیمیایی و فرآیند تغییرات آن است، می‌تواند راهنمایی برای بررسی سلامت اکوسیستم‌های جنگل باشد. این عامل محیطی مهم، یکی از منابع بزرگ ذخیره کربن است که نقش به‌سزایی در ترسیب گاز دی‌اکسید کربن اتمسفر دارد (Jouhos *et al.*, 2021). کربن ذخیره شده در خاک، تحت تاثیر عواملی از جمله: تغییر کاربری (Chen *et al.*, 2022 ; Mohmmadi Samani *et al.*, 2020)، چرای دام (Sadeghi *et al.*, 2019) و تیپ جنگلی (Jafari Sarabi *et al.*, 2021)، تغییر می‌کند.

جنگل‌های زاگرس، تحت عنوان جنگل‌های نیمه خشک، وسیع‌ترین و مهمترین بوم سازگان‌های ایران محسوب می‌شوند (Biabani *et al.*, 2016). تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای، در جنگل‌های زاگرس بسیار زیاد است؛ اما بیشترین درصد ترکیب گونه‌ای این جنگل‌ها، از نوع گونه بلوط است. محققان برای سهولت در مطالعه، این جنگل‌ها را به سه بخش زاگرس شمالی، میانی و جنوبی تقسیم‌بندی کرده‌اند (Jazirehi and Ebrahimi Rastaghi, 2003). در جنگل‌های زاگرس شمالی، مردم محلی، نیازهای معیشتی خود را از طریق جنگلداری سنتی (گلازنی، گلابری و رمه‌گردانی)، تامین می‌کنند (Ghazanfari *et al.*, 2004). گلازنی، نوعی سرشاخه زنی از درختان است که مردم محلی، در اواخر تابستان و اوایل پاییز، سرشاخه درختان بلوط را قطع و آن‌ها را بر روی درختان و یا روی زمین قرار می‌دهند. خانوارهای این مناطق، به صورت عرفی بخشی از جنگل را در اختیار دارند که به این مناطق گلاجار گفته می‌شود که به سه قسمت به نام شان گلا که دارای محصول برابر هستند تقسیم می‌شود و هر سه سال یک بار گلازنی در یکی از این شان‌گلاها انجام می‌شود (Ghazanfari *et al.*, 2004). گلابری نیز مانند گلازنی، نوعی از سرشاخه‌زنی درختان است؛ بدین طریق که در زمان کمبود علوفه کف جنگل و پوشش گیاهی، مردم محلی بعضی از شاخه‌ها و سرشاخه‌های درختان، بخصوص بلوط، را در فصل رویش و زمانی که دام‌ها در عرصه هستند، برای استفاده‌ی دام‌ها قطع می‌کنند (Fattahi, 1994). حضور مردم محلی و فعالیت‌های آن‌ها به طور مداوم و طولانی مدت، باعث شده این جنگل‌ها تا حد زیادی از شکل اولیه و کلیماکس خود فاصله داشته باشند (Shakeri *et al.*, 2008). گلازنی توده‌های بلوط و برداشت و استفاده از شاخه و برگ آن‌ها، باعث عدم بازگشت آن‌ها به خاک و کاهش مواد آلی خاک می‌شود که اثرات منفی بر روی خاک مناطق جنگلی می‌گذارد (Rahimi *et al.*, 2020).

در جنگل‌های زاگرس، ظرفیت ترسیب کربن، به‌خصوص در خاک، می‌تواند بسیار قابل توجه باشد، اما الگوهای مدیریتی و فعالیت‌های انسانی باعث خارج شدن جنگل‌های زاگرس از حالت بکر، تغییر ساختار جنگل، از بین رفتن زادآوری و پوشش علفی زیراشکوب، فرسایش و کوبیدگی خاک و در نهایت کاهش ترسیب کربن جنگل شده است (Rajan *et al.*, 2010 ; Marvie Mohajer, 2005). در این جنگل‌ها، با وجود گلازنی و بهره‌برداری از چوب و چرای دام، قطعاتی از جنگل به صورت پراکنده در محدوده آرامگاه‌های جنگلی نزدیک به هر روستا وجود دارند (Shakeri *et al.*, 2008) که به دلیل تقدسات و تابوهایی که مردم محلی به آن‌ها اعتقاد دارند، تا حد زیادی هیچ گونه دخالتی در آن صورت نگرفته و یا کمتر مورد تخریب قرار گرفته است که می‌توان اذعان کرد این توده‌ها، نزدیک‌ترین حالت ممکن به شکل کلیماکس خود را نشان می‌دهند (Jazirehi and Ebrahimi Rastaghi, 2003 ; Plieninger *et al.*, 2020). در همین راستا جعفری سرابی و همکاران (Jafari Sarabi *et al.*, 2021) در تحقیقی در جنگل‌های لرستان، اثر گونه‌های مختلف بر ترسیب کربن خاک را در دو عمق بررسی کردند و عنوان نمودند که ترکیب و درصد پوشش گیاهی در هر منطقه می‌تواند اثر قابل توجهی بر روی ترسیب کربن و سایر خصوصیات خاک بگذارد. همچنین حیدریان و قاسمی‌آقباش (Heidarian and Ghasemi Aghbash., 2020) در بررسی میزان ترسیب کربن خاک و پوشش درختی در کوهدشت، نتیجه گرفتند تراکم و تنوع پوشش درختی می تواند بر میزان ترسیب کربن تأثیرگذار باشد. نگرانی‌ها در خصوص بهره‌برداری و تغییرات کاربری، یک نگرانی جهانی را ایجاد نموده است به طوری که پژوهش‌های دیگری در نقاط مختلف جهان انجام شده است از جمله گوجی و همکاران (Gogoi *et al.*, 2022)، در مطالعه خود عنوان نمودند که مهمترین منبع ذخیره کربن در شرق هیمالیا، جنگل‌های همیشه سبز حاره‌ای می‌باشند و همچنین میزان ذخیره کربن به طور قابل ملاحظه‌ای از تراکم توده درختان و درصد رطوبت خاک تأثیر می‌پذیرد. مالاگا و همکاران (Malaga *et al.*, 2021) در

بررسی تخریب و تغییر کاربری جنگل‌های مناطق حاره‌ای در پرو و اندونزی عنوان کردند حتی جنگل‌های تخریب شده هم تا حدی قادر به حفظ خدمات اکوسیستمی از جمله ذخیره کربن و تنوع زیستی هستند، اما با بهره برداری بیشتر از آن‌ها و تبدیل شدن به نخلستان‌ها، می تواند ذخیره کربن خاک را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. چن و همکاران (Chen *et al*., 2022)، در مطالعه خود در بررسی اثر جهت دامنه بر خصوصیات خاک از جمله کربن آلی خاک، بیان کردند که جهت دامنه به شدت بر روی متغیرهای زیستی و غیر زیستی خاک اثر می‌گذارد و همچنین ذخیره کربن آلی خاک در دامنه‌های رو به شمال شرقی بیشتر از دامنه‌های رو به جنوب غربی است.

در این جنگل‌ها، به دلیل فعالیت‌ها و دخالت‌های انسانی همانند گلازنی، استفاده از شاخ و برگ درختان بلوط، چرای دام، برداشت بی‌رویه و استفاده از محصولات چوبی و غیر چوبی تحت فشار زیادی قرار گرفته و باعث می‌شود که در طولانی مدت حاصلخیزی خاک کاهش یابد. که این امر به نوبه خود، می‌تواند بر میزان ذخیره کربن خاک در این جنگل‌ها نیز اثرگذار باشد. به دلیل حضور جنگل‌های زاگرس در مناطق نیمه خشک، این مناطق، مکانی مناسب برای ترسیب کربن محسوب می‌شوند. لذا، بررسی ذخیره کربن و عناصر اصلی شیمیایی خاک در آرامگاه‌های جنگلی به عنوان مناطق کمتر دست خورده و گلاجارها به عنوان مناطق تحت بهره‌برداری سنتی در جنگل‌های زاگرس شمالی، می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی را در اختیار جامعه جنگلبانی ایران قرار دهد تا از این پس، با دقت بیشتری نسبت به بهره‌برداری و یا هر گونه تغییر در آنها، تصمیم‌گیری شود. این تحقیق در پی پاسخگویی به این سوال است که:

آیا میزان ذخیره کربن خاک و خصوصیات شیمیایی خاک از جمله میزان درصد کربن، ذخیره کربن آلی، درصد نیتروژن، پتاسیم، فسفر، pH و هدایت الکتریکی در آرامگاه‌ها و گلاجارها در عمق‌های مختلف خاک، یکسان است؟

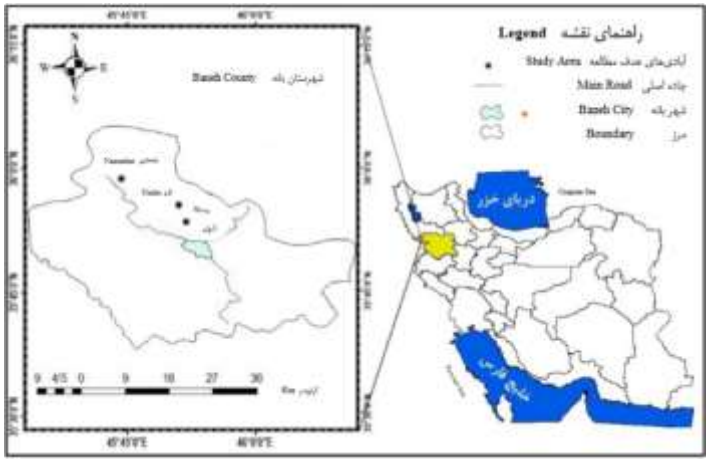
آیا خصوصیات شیمیایی خاک در دامنه‌هایی با جهت‌های متفاوت، تغییرات معنی‌داری را از خود نشان می‌دهند؟

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در جنگل‌های استان کردستان (شهرستان بانه) انجام گرفت. مناطق مورد مطالعه، شامل سه آرامگاه جنگلی و سه گلاجار هستند که در مناطق شوی (منطقه ۱، دامنه جنوبی)، نه‌مه‌شیر (منطقه ۲، دامنه شرقی) و نژو(منطقه ۳، دامنه شمالی) واقع شده‌اند (شکل ۱) که این مناطق در عرض جغرافیایی "۱۹ ´۰۲ °۳۶ الی "۵۳ ´۰۷ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی "۴۶ ´۴۳ °۴۵ الی "۵۰ ´۵۱ °۴۵ شرقی قرار دارند. مناطق انتخابی (آرامگاه‌ها و گلاجارها)، در ارتفاع ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ متری از سطح آب‌های آزاد واقع شده‌اند و دارای میانگین شیب ۲۰ درصد می‌باشند.

بر اساس اظهارات مردم محلی و بررسی‌های اجتماعی، بیشتر توده‌های مجاور آرامگاه‌ها، حدودا بیش از ۳۰۰ سال پیش، توسط مردم محلی، مورد برداشت چوبی و غیرچوبی، گلازنی و چرای دام قرار گرفته است (Plieninger *et al*., 2020). میانگین بارندگی سالانه، بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از ایستگاه اقلیم شناسی منطقه (اطلاعات آماری از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸)، ۶۹۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد است. گونه‌های درختی غالب در منطقه، از نوع بلوط‌های ویول (*Quercus libani* Oliv.)، مازودار (*Quercus infectoria* Oliv.) و برودار (*Quercus brantii* Lind.) است (Mohmmadi Samani *et al*., 2022).



شکل ۱- نقشه مناطق مورد مطالعه در ایران و استان کردستان

Figure 1- Study areas of map in Iran and Kurdistan Province

نمونه‌برداری

روش نمونه‌برداری و انجام عملیات آزمایشگاهی در هر سه منطقه مورد مطالعه، دو توده گلاجار و آرامگاه جنگلی در مجاور هم، انتخاب و در هر توده شش نقطه به طور تصادفی، با رعایت فاصله ۲۰ متری به عنوان بافر، به منظور حذف اثر حاشیه‌ای، انتخاب شد. بنابراین در کل ۳۶ نقطه جهت پیاده نمودن قطعات نمونه ۱۰ آری انتخاب شد که درصد تاج پوشش درختان و درصد لاشبرگ سطح هر قطعه نمونه درجنگل برای هر نقطه تعیین گردید (Zobeiri, 2008). سپس از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک در هر شش نقطه، در دو توده گلاجار و آرامگاه، نمونه خاک جمع‌آوری شد. هر نمونه به صورت جدا از هم در کیسه‌های پلاستیکی ریخته و شماره‌گذاری شد. در نهایت ۷۲ نمونه خاک برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شد. تمامی نمونه‌ها بعد از خشک شدن، برای انجام آزمایش‌های شیمیایی، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. میزان درصد کربن آلی خاک به روش والکی-بلاک[1]، pH خاک به روش پتانسیومتری با کمک دستگاه pH سنج، هدایت الکتریکی به روش پتانسیومتری و با کمک EC سنج، نیتروژن خاک به روش کجلدال با کمک دستگاهی اتوکجلتیک، فسفر خاک به روش اولسن با کمک اسپکتوفتومتر و پتاسیم خاک به روش روش شعله سنجی و با استفاده از فلیم فتومتر اندازه گیری شد (Jafari Haghighi, 2003) و در نهایت پس از اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه، ذخیره کربن خاک در واحد سطح (تن در هکتار)، با استفاده از معادله ۱ به‌دست آمد (Subedi *et al.*, 2011).

معادله ۱ $$SOC\text{-}Stock = SOC \times BD \times d$$

SOC-Stock: ذخیره کربن آلی خاک (تن در هکتار)
SOC: درصد کربن آلی خاک
BD: وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم در سانتی‌متر مکعب)
d: عمق نمونه‌برداری خاک (سانتی‌متر)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده، از نرم افزارهای Excel 16 و SAS 9.1 استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها، با کمک آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[2] بررسی شد و همگنی واریانس‌ها، با کمک آزمون لون[3] بررسی شد. به منظور تحلیل داده‌های درصد تاج پوشش و درصد لاشبرگ، از آزمون تی مستقل، به صورت دو به دو بین گلاجارها و آرامگاه‌های جنگلی، استفاده شد. سپس از آزمون فاکتوریل با سه فاکتور عمق خاک (در دو سطح عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری)، مدیریت کاربری (گلاجار و آرامگاه جنگلی) و جهت (شمالی، شرقی و جنوبی) استفاده شد. همچنین از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج

بر اساس نتایج حاصله از آزمون تی مستقل، درصد تاج پوشش در آرامگاه‌های جنگلی در تمامی مناطق بررسی از نظر آماری ($P>0/01$) به صورت معنی داری بیش از گلاجارها بود (شکل ۲). همچنین درصد لاشبرگ نیز همواره در آرامگاه‌ها بیش از گلاجارها بود؛ بدین شکل که تفاوت آن‌ها در منطقه ۱ و ۳ در سطح ۰/۰۱ و در منطقه ۲ در سطح ۰/۰۵ می‌باشد (شکل ۳).

نتایج به‌دست آمده از آنالیز واریانس، بیانگر این بود که فقط عوامل جهت و مدیریت و اثرات متقابل آن دو ($P>0/01$) بر روی وزن مخصوص ظاهری اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). نتایج حاکی از آن است که میانگین وزن مخصوص ظاهری در آرامگاه‌های جنگلی، ۱۱ درصد نسبت به گلاجارها کاهش یافت (جدول ۲). همچنین میانگین وزن مخصوص ظاهری در جهت دامنه شمالی به صورت معنی‌داری بیشتر از دامنه‌های جنوبی و شرقی بود (جدول ۲). نتایج حاصل از آنالیز واریانس، نشان داد هر سه عامل مدیریت، عمق و جهت دامنه اثر معنی‌داری ($P>0/01$) بر روی کربن و در نتیجه ذخیره کربن خاک داشت (جدول ۱). میانگین درصد کربن آلی در گلاجارها به میزان ۵۶ درصد نسبت به آرامگاه‌های جنگلی کاهش پیدا کرد و مقدار آن از عمق ۱۵-۰ به ۳۰-۱۵ سانتی‌متر به میزان ۲۹ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۲). میزان ذخیره کربن آلی خاک در گلاجارها، کاهشی ۴۹ درصدی را نسبت به آرامگاه‌های جنگلی نشان داد و مقدار آن در عمق دوم نیز به میزان ۲۸ درصد، نسبت به عمق اول، کاهش پیدا کرد (جدول ۲). همچنین درصد کربن و میزان ذخیره کربن آلی خاک در جهت دامنه‌های شمالی، بیشتر از شرقی و در شرقی بیشتر از دامنه‌های جنوبی بود (جدول ۲).

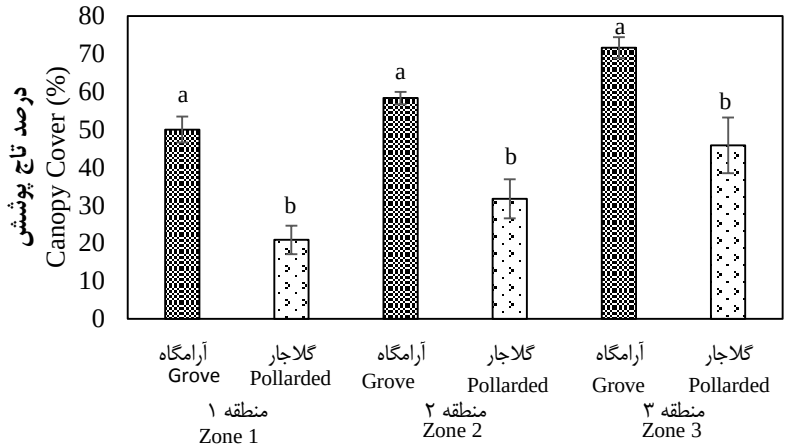
بر اساس نتایج حاصل از آنالیز واریانس، مقدار نیتروژن هر چند در مدیریت‌های مختلف دارای تفاوت معنی داری ($P>0/01$) بود، اما تفاوت معنی داری در عمق‌های و جهت‌های مختلف دیده نشد (جدول ۱). میانگین درصد نیتروژن در گلاجارها به میزان ۲۹ درصد نسبت به آرامگاه‌های جنگلی کاهش یافته و مقدار آن از عمق ۱۵-۰ به ۳۰-۱۵ سانتی‌متری به میزان ۸ درصد کاهش پیدا کرد نمود. همچنین میزان نیتروژن در دامنه شمالی، بیشتر از جهت‌های شرقی و جنوبی بود

1- Walkley-Black
2- Kolmogorov–Smirnov test
3- Levene's test

(جدول ۲). عوامل بررسی شده مدیریت، عمق و جهت دامنه، تأثیر معنی‌داری (P>۰/۰۱) بر میزان فسفر خاک گذاشتند (جدول ۱). میانگین میزان فسفر در گلاجارها به میزان ۲۳ درصد نسبت به آرامگاه‌های جنگلی کاهش یافته و میزان آن از عمق ۰–۱۵ به ۳۰–۱۵ سانتی‌متری به میزان ۱۸ درصد کاهش پیدا کرد. همچنین مقدار آن در دامنه شرقی بیشتر از شمالی و در دامنه شمالی بیشتر از جهت جنوبی بود (جدول ۲).

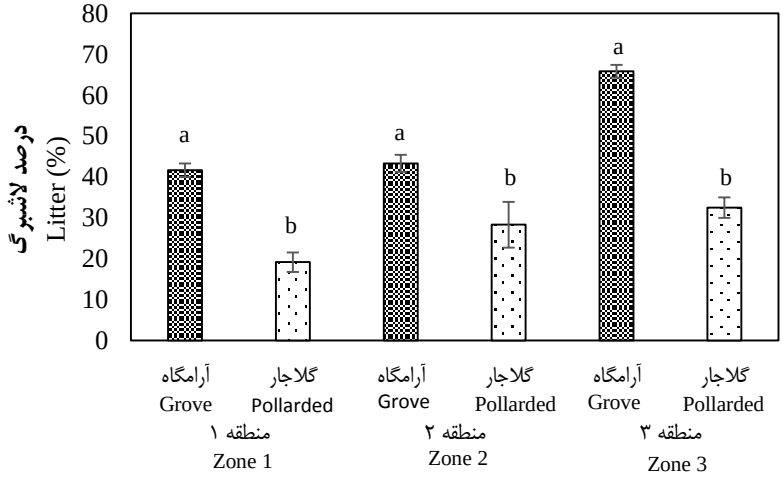
نتایج به‌دست آمده از آنالیز واریانس، نشان داد که جهت دامنه و مدیریت اثر معنی‌داری (P>۰/۰۱) بر روی میزان پتاسیم خاک گذاشت (جدول ۱). میانگین پتاسیم در گلاجارها به میزان ۱۸ درصد، نسبت به آرامگاه‌های جنگلی کاهش پیدا کرد و میزان آن در دامنه شمالی (۹۲/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و شرقی (۸۸/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از دامنه جنوبی (۷۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۲).

میزان pH نیز در هر سه عامل عمق، جهت دامنه و مدیریت، تغییرات قابل ملاحظه‌ای (P>۰/۰۱) را از خود نشان داد (جدول ۱). میانگین pH در گلاجارها نسبت به آرامگاه‌های جنگلی، به میزان ۴٫۲٪ افزایش پیدا کرد و میزان آن از عمق اول به عمق دوم خاک، ۲٪ کاهش پیدا کرد. همچنین مقدار pH در دامنه جنوبی (۷/۳۵) و شرقی (۷/۲۱) بیشتر از دامنه شمالی (۶/۹۹) بود (جدول ۲). میزان هدایت الکتریکی دارای تغییرات معنی‌داری (P>۰/۰۱) در دو عامل عمق و مدیریت خاک بود (جدول ۱) به صورتی که میانگین آن در گلاجارها به میزان ۲۱ درصد نسبت به آرامگاه‌های جنگلی کاهش یافت. همچنین میزان هدایت الکتریکی در عمق ۱۵–۰ به ۳۰–۱۵ سانتی‌متری خاک، به میزان ۱۵ درصد کاهش پیدا کرد و در دامنه شمالی و شرقی، بیشتر از دامنه جنوبی بود (جدول ۲).



شکل ۲- میانگین درصد تاج پوشش در توده‌های مختلف

Figure 2- The Average canopy cover percentage in different stand



شکل ۳- میانگین مقدار لاشبرگ در توده‌های مختلف

Figure 3- The average amount of litter in different stand

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملا تصادفی

Table 1- Factorial Analysis ANOVA in Completely Randomized Block design

منبع تغییرات Source of variable	df	متغیرهای مورد بررسی Examined variables															
		وزن مخصوص ظاهری Bulk Density (gr/cm^3)		کربن SOC (%)		ذخیره کربن SOC Stock (ton/ha)		نیتروژن N (%)		فسفر P (mg/kg)		پتاسیم K (mg/kg)		pH		هدایت الکتریکی EC (dS/m)	
		میانگین مربعات Mean squares	F	میانگین مربعات Mean squares	F	میانگین مربعات Mean squares	F	میانگین مربعات Mean squares	F	میانگین مربعات Mean squares	F	میانگین مربعات Mean squares	F	میانگین مربعات Mean squares	F	میانگین مربعات Mean squares	F
عمق خاک Soil depth	1	0.00005	0.00^{ns}	13.23	30.11^{**}	6165	26.33^{**}	0.005	2.80^{ns}	599.4	17.7^{**}	25.66	0.31^{ns}	0.49	9.23^{**}	0.029	9.06^{**}
جهت دامنه slope aspects	2	0.57	21.23^{**}	3.57	8.13^{**}	5465	23.38^{ns}	0.002	1.37^{ns}	226.7	6.7^{**}	2185	26.59^{**}	0.83	15.49^{**}	0.0008	0.25^{ns}
مدیریت management	1	0.55	22.41^{**}	68.03	154.78^{**}	24036	102.8^{**}	0.105	52.02^{**}	953.1	28.25^{**}	5722	69.63^{**}	1.68	31.18^{**}	0.066	20.2^{**}
عمق × جهت depth× slope aspects	2	0.07	3.06^{ns}	0.82	81.8^{ns}	61.07	0.26^{ns}	0.003	1.61^{ns}	263.7	7.8^{**}	1721	20.95^{**}	0.17	3.22^{*}	0.0007	0.23^{ns}
عمق × مدیریت depth×management	1	0.01	0.50^{ns}	2.27	5.19^{*}	572.2	2.45^{ns}	0.005	2.46^{ns}	137.8	4.08^{*}	130.9	1.59^{ns}	0.014	0.27^{ns}	0.0001	0.04^{ns}
جهت × مدیریت slope aspects×management	2	0.17	6.92^{**}	3.56	8.11^{**}	1004	4.3^{*}	0.0007	0.39^{ns}	10.17	0.30^{ns}	26.73	0.33^{ns}	0.005	0.10^{ns}	0.008	2.75^{ns}
عمق × جهت × مدیریت depth×management	3	0.01	$0/07^{ns}$	2.78	6.33^{**}	1080	4.62^{*}	0.0003	0.19^{ns}	60.66	1.8^{ns}	26.5	0.32^{ns}	0.002	0.05^{ns}	0.005	1.81^{ns}
مدل model	11																
خطای کل Total error	71																

(** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ * معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ns عدم معنی‌داری)

(**significant at p≤0.01, * significant at p≤0.05 and ns non- significant)

جدول ۲- آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن (± اشتباه معیار) برای متغیرهای بررسی شده در دو عمق خاک، دو منطقه مختلف و سه جهت متفاوت

Table 2- Duncan's multiple range test (± Standard Error) for studied soil properties in two soil depth, two different areas and three slope aspects

		وزن مخصوص ظاهری BD (g/cm^3)	کربن SOC (%)	ذخیره کربن SOC Stock (ton/ha)	نیتروژن N (%)	فسفر P (mg/kg)	پتاسیم K (mg/kg)	pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
مدیریت Management	آرامگاه Grove	1.43±0.04^b	3.45±0.48^a	73.57±10.8^a	0.27±0.02^a	31.1±2.9^a	94.2±4.94^a	7.03±0.11^b	0.28±0.06^a
	گلاجار Pollarded	1.6±0.03^a	1.51±0.25^b	37.03±5.35^b	0.19±0.01^b	23.8±3.1^b	76.4±6.12^b	7.30±0.11^a	0.22±0.06^b
عمق خاک Soil depth	0-15	1.5±0.04^a	2.91±0.6^a	64.55±12.6^a	0.24±0.025^a	30.3±3.29^a	84.7±7.84^a	7.10±0.13^b	0.27±0.06^a
	15-30	1.5±0.04^a	2.05±0.43^b	46.06±9.8^b	0.22±0.02^a	24.6±3.05^b	85.9±5.25^a	7.27±0.12^a	0.23±0.06^b
جهت دامنه Slope aspect	شمالی Northern	1.7±0.03^a	2.86±0.43^a	72.6±11.4^a	0.25±0.029^a	28.3±1.58^a	92.7±5.54^a	7±0.11^a	0.25±0.07^a
	شرقی Eastern	1.4±0.04^b	2.46±0.7^b	48.22±12.5^b	0.23±0.021^a	30.1±3.7^a	88.6±4.99^a	7.21±0.14^b	0.26±0.07^a
	جنوبی Southern	1.5±0.05^b	2.10±0.4^b	45.05±8.2^b	0.22±0.02^a	24.1±3^b	74.5±6.96^b	7.35±0.09^a	0.25±0.05^a

بحث

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، درصد تاج پوشش و درصد لاشبرگ آرامگاه‌های جنگلی به طور معنی‌داری بیش از گلاجارها بود. در گلاجارها، عملیاتی از جمله: سرشاخه‌زنی، گلابری و گلازنی و چرای دام، باعث شده که درصد پوشش درختی به صورتی قابل توجهی کاهش پیدا کنند که به دنبال آن، درصد لاشبرگ سطح زمین نیز کاهش یافته است. بنابراین می‌توان گفت نوع استفاده از اراضی جنگلی و عملیات گلابری و گلازنی جهت تهیه علوفه‌ی دام، در طولانی‌مدت، باعث کاهش معنی‌دار درصد تاج پوشش شده است که این موید نتایج پژوهش صادقی و همکاران (Sadeghi *et al*., 2019) می‌باشد که در اراضی جنگلی زاگرس شمالی ارائه نموده‌اند. نه تنها عامل مدیریت، بلکه جهت دامنه نیز می‌تواند از جمله عوامل بسیار تأثیرگذار بر روی درصد پوشش درختی و گیاهی باشد (Marvie Mohajer, 2005) که خود به عواملی از جمله تفاوت در میزان تابش نور خورشید و رطوبت خاک برمی‌گردد. در این راستا، پورهاشمی (Poorhashemi, 2004)، در مطالعه خود بر روی جنگل‌های بلوط زاگرس شمالی، عنوان کرد که میزان جست‌دهی و زادآوری درخت بلوط، در دامنه‌های شمالی بیشتر از سایر جهت‌ها می‌باشد. چرای دام در مناطق گلازنی، سبب کوبیده شدن خاک و تشکیل میکروتراس‌های بسیار می‌گردد که این امر باعث کم شدن نفوذ پذیری آب و زیاد شدن هرز آب می‌شود (Jazirei and Ebrahimi Rastaghi, 2003). نتایج این پژوهش نشان داد، میزان وزن مخصوص ظاهری در گلاجارها نسبت به آرامگاه‌ها بیش‌تر شده است. از آنجایی‌که میزان کوبیدگی خاک و وزن مخصوص، رابطه مستقیمی با هم دارند (Moradi *et al*., 2008)، در مناطق گلازنی شده، احتمالا به دلایل مختلفی از جمله ورود دام و انسان به جنگل و کوبیده شدن خاک توسط آن‌ها در طول زمان، میزان وزن مخصوص زیاد شده باشد (Hajizaki, 2009) بنابراین افزایش آن در گلاجارها امری طبیعی به نظر می‌رسد. هرچه تراکم و فشردگی خاک بیش‌تر باشد، وزن مخصوص ظاهری را افزایش داده و در نتیجه ساختار خاک اثر منفی گذاشته، رطوبت خاک، تخلخل و نفوذ آب و هوا را کاهش می‌دهد (Toivio *et al*., 2017). در لایه‌های سطحی خاک، برعکس لایه‌های عمیق‌تر، وزن مخصوص ظاهری خاک می‌تواند به دلیل کاهش زی‌توده ریشه و بقایای گیاهی، افزایش یابد (Zhang *et al*., 2019)، اما در این پژوهش دو لایه خاک بررسی شده تغییری نکرد که ممکن است به دلیل شرایط محیطی مشابه برای دو لایه بوده باشد و ممکن است با عمیق‌تر شدت خاک، تغییراتی حاصل شود. نتایج حاصله حاکی از بیش‌تر بودن وزن مخصوص در دامنه‌های شمالی نسبت به دو دامنه دیگر بود. صالحی و همکاران (Salehi *et al*., 2011) عنوان نمودند که درصد تاج پوشش دارای همبستگی منفی با وزن مخصوص ظاهری است و دلیل این امر را مواد آلی اضافه شده به خاک به وسیله تاج پوشش درختان و افزایش خلل فرج در خاک دانسته‌اند که این خلاف نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر است. دامنه‌های شمالی، در منطقه مورد مطالعه، به دلیل شرایط بهتر رطوبتی، همواره دارای پوشش علفی بیش‌تر در مدت زمان طولانی تری در سال هستند و بنابراین مدت زمان طولانی‌تری (نسبت به سایر جهت‌ها)، مورد چرای دام قرار می‌گیرند که احتمالا دلیل بیش‌تر بودن این پارامتر، چرای طولانی مدت‌تر دام در منطقه و متعاقباً کوبیدگی بیش‌تر خاک بوده است.

در تمامی مناطق مورد بررسی، ذخیره کربن خاک در آرامگاه‌های جنگلی بیش‌تر از گلاجارها بود. میزان کربن آلی خاک، به عوامل محیطی از جمله: پوشش درختی و گیاهی، اقلیم، توپوگرافی و مدیریت

بستگی دارد که از بین آن‌ها، مدیریت جنگل، می‌تواند بیشترین اثر ممکن را بر جای بگذارد (Mazouji *et al.*, 2022; Gogoi *et al.*, 2020; Mohammadi Samani *et al.*, 2022)؛ و نوع استفاده از اراضی جنگلی، دارای همبستگی مثبت معنی‌داری با درصد پوشش درختی و لاشبرگ سطح خاک دارد (Mazouji *et al.*, 2020 و Sadeghi *et al.*, 2019). در این خصوص مازوجی و همکاران (Mazouji *et al.*, 2020)، رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2020) و محمدی‌سمانی و همکاران (MohammadiSamani *et al.*, 2022) نتایج مشابهی را به‌دست آوردند. در هر دو کاربری، ذخیره کربن در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک بیشتر از عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری بود. در مناطق جنگلی، منبع اصلی کربن آلی در سطح خاک، بقایای گیاهی ناشی از شاخه، برگ و پوست درختان است که در آرامگاه‌های جنگلی، به دلیل پوشش گیاهی متراکم و وجود بقایای گیاهی، میزان کربن آلی خاک افزایش می‌یابد (Gholami *et al.*, 2016) که نتایج حاصل با نتایج محمدی‌سمانی و همکاران (Mohmmadi Samani *et al.*, 2020)، که عنوان کردند میزان کربن آلی در مناطق جنگلی زاگرس با کاهش عمق خاک، کاسته می‌شود، همخوانی دارد. درصد تاج پوشش درختی و لاشبرگ سطح زمین، در هر دو منطقه آرامگاه جنگلی و گلاجار، در دامنه شمالی بیش از دامنه شرقی و در دامنه شرقی بیش‌تر از دامنه جنوبی بوده است که با توجه به همبستگی معنی‌داری بین این عوامل و میزان مواد آلی خاک (Mazouji *et al.*, 2020 ; Sadeghi *et al.*, 2019)، بیشتر بودن درصد و ذخیره کربن در دامنه شمالی نسبت به سایر دامنه‌ها دور از انتظار نمی‌باشد. در این راستا صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2018) و بگوم و همکاران (Begum *et al.*, 2010)، نیز عنوان نمودند در دامنه‌های شمالی با پوشش جنگلی، میزان کربن آلی خاک به دلیل تنوع زیاد گیاهان و میکروارگانیسم‌های بیشتر و همچنین مقدار رطوبت بالاتر، از سایر دامنه‌ها بیشتر است.

مواد آلی، به عنوان منبع اصلی تامین کننده نیتروژن خاک و فسفر محسوب می‌شود (Sanchez-Maranon *et al.*, 2002). در مناطق مورد بررسی، مقدار نیتروژن و فسفر خاک در آرامگاه‌ها بیشتر از گلاجارها بود. در آرامگاه‌های مورد بررسی، به دلیل عدم استفاده از شاخ و برگ درختان و عدم چرای دام، میزان درصد تاج پوشش درختان و لاشبرگ سطح خاک به طور قابل ملاحظه‌ای بیش از گلاجارها می‌باشد. بنابراین می‌توان اذعان داشت میزان پوشش درختی و گیاهی، لاشبرگ و تجزیه آن‌ها و میزان مواد آلی، می‌تواند تأثیر به‌سزایی در افزایش میزان نیتروژن و فسفر خاک داشته باشد (Sanchez- Maranon *et al.*, 2002; Rahimi *et al.*, 2020 Mazouji *et al.*, 2020) که تاییدی بر نتایج سایر پژوهشگران از جمله محمدی‌سمانی و همکاران (Mohammadi Samani *et al.*, 2022)، صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2019)، صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2011) و روزتی و همکاران (Rosseti *et al.*, 2015) می‌باشد. میزان نیتروژن و فسفر در عمق دوم مورد بررسی کاهش پیدا کرد که تا حدی می‌توان آن را به کاهش مواد آلی و تهویه خاک مرتبط دانست. ریشه درختان و گیاهان در خاک، با جذب عناصر و بازگشت دوباره آن‌ها به خاک از طریق لاشبرگ‌ها و همچنین فضولات دامی می‌تواند دلیل دیگری برای افزایش نیتروژن و فسفر در بخش بالایی خاک باشد (Dhaou *et al.*, 2010; Foth and Ellis, 1988; Rahimi *et al.*, 2020 ; Salehi *et al.*, 2011). میزان نیتروژن و فسفر در دامنه‌های شمالی و شرقی، با درصد تاج پوشش و لاشبرگ بالاتر، از دامنه جنوبی بیش‌تر بود که می‌توان دلیل آن را، همبستگی بالای میزان مواد آلی و درصد تاج پوشش گیاهی با میزان نیتروژن و فسفر دانست. به‌طوری که با افزایش درصد تاج پوشش و درصد لاشبرگ سطح خاک، میزان نیتروژن و فسفر خاک افزایش یافته است (Maren *et al.*, 2015 ; Sadeghi *et al.*, 2019) که این نتایج موید پژوهش صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2018) نیز می‌باشد.

پتاسیم، از جمله مشخصه‌های شیمیایی خاک است که نقش به‌سزایی در تعیین کیفیت خاک دارد (Mahmood *et al.*, 2021). در هر سه منطقه مورد بررسی، میزان پتاسیم خاک در آرامگاه‌ها بیشتر از گلاجارها بود. بیشتر بودن میزان این عامل را می‌توان به بازگشت زیادتر لاشبرگ و پسماندهای گیاهی به خاک در آرامگاه‌های جنگلی مرتبط دانست چون این مواد پس از تجزیه، به شکل ترکیبات قابل جذب در خاک در آمده و باعث استمرار حاصلخیزی خاک می‌گردند (Foth and Ellis, 1988; Rahimi *et al.*, 2020; Salehi *et al.*, 2011). البته باید به این نکته مهم نیز اشاره کرد که یکی از دلایل اصلی کاهش پتاسیم در گلاجارها و همچنین در دامنه جنوبی، احتمالاً آبشویی بیشتر و کاهش آن در این مناطق است زیرا مناطق یاد شده، دارای کمترین میزان درصد تاج پوشش بوده و دارای نقاط عاری از پوشش گیاهی بیشتری می‌باشند که خود مزید بر علت شده است (Rahimi *et al.*, 2020; Rostamizad Foth and Ellis, 1988; *et al.*, 2020; Salehi *et al.*, 2011) که این نتایج با نتایج پژوهشگران دیگر از جمله مازوجی و همکاران (Mazouji *et al.*, 2020)، رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2020) و صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2011) نیز همخوانی دارد.

در تمامی مناطق مورد مطالعه، pH خاک در گلاجارها بیش‌تر از آرامگاه‌ها بود. محمدی‌سمانی و همکاران (Mohmmadi Samani *et al.*, 2020)، کم بودن pH در آرامگاه‌های جنگلی را به افزایش تنفس سلولی و تولید دی اکسید کربن و تولید ترکیبات اسیدی مربوط دانستند. عملیات گلازنی و گلابری و چرای دام در گلاجارها، از یکسو باعث کاهش سطح تاج پوشش درختان در گلاجارها شده که متعاقبا باعث افزایش تابش نور خورشید به کف جنگل، افزایش هوادیدگی

کانی‌ها می‌شود و از سوی دیگر وجود دام در گلاجارها و اوره موجود در ادرار آن‌ها، می‌تواند از علل دیگر افزایش pH در این مناطق باشد (Sadeghi *et al*., 2019). میزان pH در لایه ۳۰-۱۵ سانتی‌متری بیشتر از سطح خاک بود که می‌توان آن را به آهکی بودن سنگ مادری منطقه مورد مطالعه نسبت داد (Jafari Sarabi *et al*., 2021; Mohmmadi Samani *et al*., 2020). میزان pH خاک، در دامنه شمالی کمترین و در دامنه جنوبی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. دلیل این امر را می‌توان به میزان پوشش گیاهی کمتر و تابش بیشتر آفتاب، رطوبت کمتر، مقدار حجم لاشبرگ کمتر و فرایندهای خاکسازی کمتر در دامنه جنوبی است که منجر به نزدیک بودن pH خاک به سنگ بستر آهکی منطقه مرتبط دانست (Haiyan *et al*., 2016).

قاعدتا از دلایل آن، عواملی از جمله مواد آلی و خصوصیات شیمیایی آب و خاک، می‌توانند بر روی هدایت الکتریکی خاک اثر بگذارند (Gholami *et al*., 2016). با توجه به نتایج حاصله، هدایت الکتریکی در آرامگاه‌ها بیشتر از گلاجارها بود. در آرامگاه‌ها، به دلیل کم بودن چرای دام، پوشش درختی و گیاهی زیاد، تراکم بالای تاج پوشش و میزان لاشبرگ در سطح خاک، تابش نور خورشید به طور مستقیم به سطح خاک کم بوده که احتمالاً باعث تامین رطوبت کافی، جهت فعالیت میکروارگانیسم‌ها، برای تجزیه بقایای گیاهی شده است که در نهایت غلظت کاتیون‌های بازی محلول در خاک و هدایت الکتریکی را افزایش می‌دهد (Mazouji *et al*., 2020; Mohmmadi Samani *et al*., 2020). در توده‌های گلازنی‌شده، هدایت الکتریکی در خاک کاهش می‌یابد که دلیل آن می‌تواند کاهش ماده آلی و درصد کربن آلی خاک باشد (Gholami *et al*., 2016). همچنین در این توده‌ها، به دلیل درصد تاج پوشش کم، سطح خاک در معرض بارندگی و شسته شدن کاتیون‌های بازی قرار گرفته که خود می‌تواند دلیلی برای کاهش EC باشد (Rahimi *et al*., 2020). میزان هدایت الکتریکی در خاک دامنه‌های شمالی و شرقی، بیش‌تر از دامنه جنوبی بود که البته میزان تغییرات معنی‌دار نبود و این میزان کم تغییرات را تا حدی می‌توان به تراکم زیاد پوشش گیاهی و رطوبت مناسب در دامنه‌های شمالی و شرقی، نسبت به جهت جنوبی مرتبط دانست (Golmohammadi *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان گفت با توجه به اینکه مردم محلی در مناطق جنگلی زاگرس شمالی، برای تامین وضعیت اقتصادی و معیشتی خود در این جنگل‌ها فعالیت‌ها و دخالت‌هایی همانند: چرای دام، برداشت و قطع درختان، گلازنی و گلابری دارند، نمی‌توان تمام این جنگل‌ها را به منظور حفاظت، قرق کرد. از طرفی نتایج این تحقیق نشان داد که عواملی از جمله: چرای دام، گلابری و گلازنی می‌تواند بر روی درصد تاج پوشش و درصد لاشبرگ حاصله از آن‌ها، تأثیرگذار باشد، که به دنبال آن، می‌تواند بر وزن مخصوص و خصوصیات شیمیایی خاک اثر گذاشته و در نتیجه باعث کاهش حاصلخیزی خاک و همچنین کاهش ذخیره کربن آلی خاک گردد. نتایج حاصل از این تحقیق موید اثرات طولانی‌مدت گلابری و گلازنی در جنگل‌های زاگرس می‌باشد به صورتی که باعث کاهش ۵۰ درصدی آن در گلاجارها نسبت به آرامگاه‌های جنگلی شده است. جهت دامنه، بر فرایندهای خاکسازی اثر گذاشته و می‌تواند دلیلی برای تفاوت ویژگی‌های شیمیایی خاک باشد. به عبارتی جهت دامنه، بر رطوبت و دما و در ادامه بر کیفیت و حاصلخیزی خاک اثر می‌گذارد. به طور کلی دامنه‌های شمالی نسبت به دامنه‌های جنوبی، به دلیل کم بودن تابش نور خورشید و بالا بودن رطوبت و وجود پوشش گیاهی و ماده آلی، حاصلخیزی خاک جنگلی در زاگرس بیشتر است. با حفظ پوشش درختی و عدم برداشت آن‌ها به هر نحوی (گلازنی، سرشاخه‌زنی و گلابری)، می‌توان شرایط خاک در آن منطقه را بهبود بخشید. با اصلاح مدیریت این مناطق جنگلی از طریق آموزش مردم محلی و فراهم آوری امکانات و منابع علوفه‌ای کافی و کاهش فشار بهره‌برداری، فرآیند طبیعی تولید و تجزیه مواد آلی به صورت بهتری می‌تواند کنترل شود که خود، در بلند مدت، می‌تواند باعث افزایش کیفیت خاک و ذخیره کربن در این جنگل‌ها شود.

منابع

1. Begum, F., Bajracharya, R., Sharma, S., & Sitaula, B.K. (2010). Influence ofslope aspect on soil physico-chemical and biological properties in the mid hills of central Nepal. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 17: 438–443. http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2010.499034.
2. Biabani, K., Pilehvar, B., & Safari, A. (2016). Comparison of spatial patterns and interspecific association of Gall Oak (*Quercus infectoriaOliv.*) and Lebanon Oak (*Q. libaniOliv.*) in two less degraded and degraded Oak stands in northern Zagros (Case study: Khedr Abad, Sardasht). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research 24*(1): 77-88. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijfpr.2016.106690.
3. Chen, L., Baoyin, T., & Xia, F. (2022). Grassland management strategies influence soil C, N, and P sequestration through shifting plant community composition in semi-arid grasslands of northern China. *Ecological Indicators* 134: 9 p. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108470.
4. Dhaou, S.O., Abdullah, F., Belgacem, A.O., & Chaieb, M. (2010). The Protection effects on floristic diversity in a

North African Pseudo Savanna. *Pakistan Journal of Botany (Pak. J. Bot) 42*(3): 1501-1510.
5. Fattahi, M. (1994). *The study of Zagros Oak forests and their main degradation causes*. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran 63p. (In Persian with English abstract)
6. Foth, H.D., & Ellis, B.G. (1988). *Soil fertility*. Published by Wiley. 304p. https://doi.org/10.1201/9780203739341.
7. Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., & MarviMohajer, R.M. (2004). Traditional forest management and its application to encourage Public Participation for Sustainable forest management in the northern Zagros mountain of Kurdistan Province, Iran. *Scandinavian Journal of Forest Science 19*(4): 65-71. https://doi.org/10.1080/14004080410034074.
8. Gholami, L., Davari, M., Nabiollahi, K., & Joneidi Jafari, H. (2016). Effect of land use changes on some soil physical and chemical properties (case study: Baneh). *Journal of Water and Soil Science 5*(3): 13-27. (In Persian with English abstract)
9. Gogoi, A., Ahirwal, J., & KumarSahoo, U. (2022). Evaluation of ecosystem carbon storage in major forest types of Eastern Himalaya: Implications for carbon sink management. *Journal of Environmental Management* 302 (PtA): 113972. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113972.
10. Golmohammadi, H., Ramezanpour, H., & Rezapour, S. (2016). Study on some soil properties as affected by different slope position and aspect in mountainous Landform with different parent materials in Masouleh. *Water and Soil Science 26*(2): 54-66. (In Persian with English abstract)
11. Hajizaki, H. (2009). *The effect of Pollarding on soil physico-chemical properties in the northern Zagross forest*. MSc Thesis. University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, 72p. (In Persian with English abstract)
12. Haiyan, C., Xingjia, X., Jian, Y., Adams, J.M., Kaoping, Z., Yuntao, L., & Yu, S. (2016). Effects of slope aspects on soil bacterial and arbuscular fungal communities in a boreal forest in China. *Pedosphere 26*(2): 226–234. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60037-6.
13. Heidarian, Sh., & Ghasemi Aghbash, F. (2020). Study of Carbon sequestration in trees and soil in two urban parks of Kohdasht city. *Journal of Environmental Science and Technology 22*(1): 215-225. (In Persian with English abstract). https://civilica.com/doc/1287579.
14. Jafari Haghighi, M. (2003). *Methods of Soil Analysis: Sampling and Important Physical and Chemical Analysis*. NedayeZoha Press, Sari 236p. (In Persian with English abstract)
15. Jafari Sarabi, H., Pilehvar, B., Abrari, K., & Waez-Mousavi, S.M. (2021). Changes in carbon sequestration and some edaphic traits in forest types of central Zagros (Case study: the forests of Lorestan province). *Ecology of Iranian Forests 9*(17): 142-151. (In Persian with English abstract)
16. Jazirehi, M.H., & Ebrahimi Rostaghi, M. (2003). *Silviculture in Zagros*. University of Tehran Press, Tehran 560p (In Persian with English abstract).
17. Juhos, K., Madarasz, B., Kotroczo, Z., Beni, A., Makadi, M., & Feket, I. (2021). Carbon sequestration of forest soils is reflected by changes in physicochemical soil indicators –A comprehensive discussion of a long-term experiment on a detritus manipulation. *Geoderma* 385: 114918. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114918.
18. Mahmood, H., Saha, Ch., Paul, N., Deb, Sh., Abdullah, R., Islam Tanvir, S.S., Bashar, A., Roy, S., Rabby, F., Ahmed, Sh.N., & Ali, H. (2021). The soil quality of the world largest refugee campsites located in the Hill forest of Bangladesh and the way forward to improve the soil quality. *Environmental Challenges* 3: 100048. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100048.
19. Malaga, N., Hergoualc'h, K., Kapp, G & Martius, C. (2021). Variation in vegetation and ecosystem carbon stock due to the conversion of disturbed forest to oil palm plantation in Peruvian Amazonia. *Ecosystems 24*(2): 351-369. https://doi.org/10.1007/s10021-020-00521-8.
20. Maren, I.E., Karki, S., Prajapati, C., Yadav, R.K., & Shrestha, B.B. (2015). Facing north or south: Does slope aspect impact forest stand characteristics and soil properties in a semiarid trans-Himalayan valley?. *Journal of Arid Environments* 121: 112-123. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.06.004.
21. Marvie Mohadjer, M.R. 2005. *Silviculture.* Professor of Silviculture University of Tehran, University of Tehran Press 410p. (In Persian with English abstract)
22. Mazouji, M., Mohammadi Samani, K., & Hosseini, V. (2020). The variation in density and biomass of earthworms with physical and chemical properties of soil after forest land-use change. *Iranian Journal of Forest 12*(2): 203-218. (In Persian with English abstract)
23. Mohmmadi Samani, K., Pordel, N., Hosseini, V., & Shakeri, Z. (2020). Effect of land-use changes on chemical and physical properties of soil in western Iran (Zagros oak forests). *Journal of Forestry Research* 31: 637-647. https://doi.org/10.1007/s11676-018-0799-y
24. Mohammadi Samani, K., Hoseini, V., & Rostami, H. (2022). Physical and chemical properties of soil in sacred groves and surrounding oak woodlands in Baneh County. *Forest and Wood Products 74*(4): 383-394. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jfwp.2021.317825.1154.
25. Moradi, H., Mirnia, S.Kh., & Lahourpour, Sh. (2008). Effect of grazing intensities on the soil physical properties and vegetation cover of Charandoo summer rangelands in Kurdistan province. *Iranian Journal of Range and Desert Research 32*(3): 369-378. (In Persian with English abstract).

26.Plieninger, T., Quintas-Soriano, C., Torralba, M., Mohammadi Samani, K., & Shakeri, Z., (2020). Social dynamics of values, taboos and perceived threats around sacred groves in Kurdistan, Iran. *People and Nature* 1237-1250. https://doi.org/10.1002/pan3.10158.
27.Poorhashemi, M. (2004). *Study on natural regeneration of oak species in Marivan forests*. A thesis submitted for Ph.D in forestry. Faculty of natural resources, University of Tehra press.
28.Prietzel, J., Zimmermann, L., Schubert, A., & Christophel, D. (2016). Organic matter losses in German Alps forest soils since the 1970s most likely caused by warming. *Nature Geoscience* 9: 543-548. https://doi:10.1038/ngeo2732.
29.Rahimi, J., Mohammadi Samani, K., Shabanian, N., & Rahmani, M.Sh. (2020). Investigating some chemical soil properties in the Pollarded and less-disturbed forest stands in the northern Zagros (Case study: Baneh forest, Kurdistan). *Journal of Environmental Science and Technology (JEST) 22*(3): 55-68. (In Persian with English abstract). https://doi:10.22034/JEST.2018.24965.3400.
30.Rajan, K., Natarajan, A., Sankarauarayanan, K., & Badrinath, M.S. (2010). Soil organic carbon the most reliable indicator for monitoring land degradation by Soil erosion. *Current Science* 99: 6-25.
31.Rosseti, I., Bagella, S., Cappai, M.C., Lai, R., Roggero, P.P., Martins dasilva, P., Sousa, J.P., Querner, P., & Seddaiu, G. (2015). Isolated cork oak trees affect soil properties and biodiversity in a Mediterranean wooded grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 202: 203-216. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.008.
32.Rostamizad, P., Hosseini, V., & Mohammadi Samani, K. (2020). Effects of Persian turpentine tree litter and slope aspect on soil chemical properties in a Zagros forest, Iran. *Journal of Forestry Research 31*(3): 1583-1588. http://dx.doi.org/10.1007/s11676-019-00950-9.
33.Sadeghi, S., Mohammadi-Samani, K., Hosseini, V & Shakeri, Z. (2019). *Effect of aspect on some soil chemical properties in the forest (Case study: Baneh, Armardeh forest)*. The 4 National Conference on Energy, Environmental, Agriculture, and Sustainable Architecture. 562-571. (In Persian with English abstract)
34.Sadeghi, S., Mohammadi Samani, K., Hosseini, V., & Shakeri, Z. (2019). Effect of grazing intensity and type of livestock on physical and chemical properties of forest soil (Case study: Armardeh Forest, Baneh, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research 27*(3): 349-363. (In Persian with English abstract). http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2019.127735.1860.
35.Salehi, A., Mohammadi, A., & Safari, A. (2011). Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagros forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). *Iranian Journal of Forest 3*(1): 81-89.
36.Sanchez-Maranon, M., Soriano, M., Delgado, G., & Delgado, R. (2002). Soil Quality in Mediterranean Mountain Environment. *Soil Science Society of America Journal* 66: 948-958. https://doi.org/10.2136/sssaj2002.9480.
37.Shakeri, Z., MarviMohajer, M.R., Etemad, V., & Namiranian, M. (2008). Qualitative investigation of Gall Oak (*Quercus infectoriaOliv.*) acorns in untouched and pruned forest stands of Baneh (Kurdistan Province, N-W Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research 16*(1): 99-111. (In Persian with English abstract)
38.Subedi, B.P., Pandey, S., Pandey, A., Rana, E.B., Bhattarai, S., Charmakar, S., & Tamrakar, R. (2011). *Guideline for Measuring Carbon Stocks in Communitymanaged Forests*. Asia Network for Sustainable Agriculture Bio-resources, Kathmandu, Nepal.
39.Toivio, J., Helmisaari, H.S., Palviainen, M., Lindeman, H., Ala-Ilomaki, J., Siren, M., & Uusitalo, J. (2017). Impacts of timber forwarding on physical properties of forest soils in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 405: 22-30. https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2017.09.022.
40.Wang, S., Fan, J., & Liu, S. (2017). Comprehensive analysis of difference in carbon stock estimation in the grasslands of China. *Acta AgrestiaSinica* 25: 905-913. https://doi.org/10.3390/su12093682.
41.Zhang, Q., Shao, M., Jia, X., & Wei, X. (2019). Changes in soil physical and chemical properties after short drought stress in semi-humid forests. *Geoderma* 338: 170-177. http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.11.051.
42.Zobeiri, M. (2008). *Forest Biometry*. University of Tehran Press 407p.