Archive of SID.ir

University of Tehran

Journal of Forest and Wood Products

Online ISSN: 2383-0530

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

Investigating the physico-chemical and carbon storage in soil of forest stands in Kurdistan province (Case study: Marivan county, west of Iran)

Maziar Haidari[1]* | Yaghoub Iranmanesh[2] | Mehdi Pourhashemi[3]

1. Corresponding Author, Forests and Rangelands Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran. Email: m.haidari@areeo.ac.ir
2. Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran. Email: y.iranmanesh@areeo.ac.ir
3. Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: pourhashemi@rifr-ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 12 December 2023
Revised: 05 January 2024
Accepted: 14 January 2024
Published online: 10 March 2024

Keywords:
Dolah Naw site,
Garan site,
Microbial respiration,
Nitrogen percentage,
Organic carbon percentage.

ABSTRACT

The Zagros forests are known as the second-largest forest ecosystems in the country in terms of surface area, and they provide many ecosystem services such as carbon storage. Soils are the largest reservoir of carbon storage in dry ecosystems. The purpose of this study was to investigate the carbon storage status of coppice oak stands (exclosure and non-protected stands). In this regard, two forest stands, Garan (an exclosure area) and Dolah Naw (a typical forest of Kurdistan province), were selected in Marivan county, Kurdistan province. A square sample plot of one hectare was considered randomly in each stand. In each plot, five soil samples were taken from a depth of 0-30 cm, and physico-chemical characteristics of the soil, microbial respiration, and organic carbon percentage were measured in the laboratory. Considering the normality of the data, the independent t-test was used to compare the averages of the study parameters in the two plots. The results showed that the percentage of organic carbon and carbon storage in the Garan, with values of 3.63% and 104.3 tons per hectare, respectively, was significantly higher than that of the Dolah Naw (with 2.63% and 86.7 tons per hectare). Additionally, the parameter values of gravel percentage, microbial respiration, and C/N ratio in the Garan (37.3%, 472.9 mg CO2/kg, and 13.1, respectively) were higher than those in the Dolah Naw. The general results of the research showed that carbon storage in the Garan stand (under protection management) exceeded that of the Dolah Naw. As a result, exclosure and forest protection increases the percentage of carbon storage and the amount of soil carbon storage.

Cite this article: Haidari, M., Iranmanesh, Y., Pourhashemi, M. (2024). Investigating the physico-chemical and carbon storage in soil of forest stands in Kurdistan province (Case study: Marivan County, west of Iran). *Journal of Forest and Wood Products*, 76 (4), 355-366. DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.369508.1272

© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.369508.1272

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

دانشگاه تهران

نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب

سایت نشریه: https://jfwp.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳

وضعیت مشخصه‌های فیزیکی-شیمیایی و ذخیرهٔ کربن خاک توده‌های جنگلی در استان کردستان (مطالعهٔ موردی: شهرستان مریوان)

مازیار حیدری[1*] | یعقوب ایرانمنش[2] | مهدی پورهاشمی[3]

۱. بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران. رایانامه: m.haidari@areeo.ac.ir

۲. بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران. رایانامه: y.iranmanesh@areeo.ac.ir

۳. بخش تحقیقات جنگل، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: pourhashemi@rifr-ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

کلیدواژه:
تنفس میکروبی،
درصد کربن آلی،
درصد نیتروژن،
رویشگاه دوله‌ناو،
رویشگاه گاران.

چکیده

جنگل‌های زاگرس از نظر سطح به‌عنوان دومین بوم‌سازگان جنگلی کشور شناخته شده‌اند و دارای خدمات بوم‌سازگانی متعددی ازجمله ذخیرهٔ کربن هستند. خاک‌ها بزرگ‌ترین مخزن ذخیرهٔ کربن در بوم‌سازگان‌های خشک هستند. هدف این پژوهش، بررسی وضعیت ذخیرهٔ کربن خاک توده‌های جنگلی شاخه‌زاد (قرق و شاخص استان کردستان) در جنگل‌های شهرستان مریوان بود. در این راستا، دو رویشگاه گاران (تودهٔ قرق) و دوله‌ناو (تودهٔ شاخص و الگو) جنگل‌های استان در شهرستان مریوان (شمال غرب استان کردستان) انتخاب شدند. در هر رویشگاه، از یک قطعه‌نمونهٔ مربعی شکل یک هکتاری، پنج نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت و در آزمایشگاه مشخصه‌های فیزیکی- شیمیایی خاک، تنفس میکروبی، درصد کربن آلی و مقدار ذخیرهٔ کربن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، از آزمون تی مستقل برای مقایسهٔ میانگین پارامترهای مورد مطالعه در دو رویشگاه استفاده شد. نتایج نشان داد که درصد کربن آلی و ذخیرهٔ کربن در رویشگاه گاران با مقادیر ۳/۶۳ درصد و ۱۰۴/۳ تن در هکتار، با اختلاف معنی‌داری بیشتر از رویشگاه دوله‌ناو بود (۲/۶۳ درصد و ۸۶/۷ تن در هکتار). همچنین، مقادیر پارامترهای درصد سنگ‌ریزه، تنفس میکروبی و نسبت C/N در رویشگاه گاران (به‌ترتیب ۳۷/۳ درصد، ۴۷۲/۹ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در کیلوگرم و ۱۳/۱) بیشتر از رویشگاه دوله‌ناو بود. نتایج کلی پژوهش نشان داد که ذخیرهٔ کربن در رویشگاه گاران (تحت مدیریت قرق) بیشتر از رویشگاه دوله‌ناو بود. اعمال مدیریت قرق و حفاظت جنگل سبب افزایش درصد کربن آلی و مقدار ذخیره کربن خاک می‌شود.

استناد: حیدری، مازیار؛ ایرانمنش، یعقوب؛ پورهاشمی، مهدی (۱۴۰۲). وضعیت مشخصه‌های فیزیکی-شیمیایی و ذخیرهٔ کربن خاک توده‌های جنگلی در استان کردستان (مطالعهٔ موردی: شهرستان مریوان). *نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب*، ۷۶ (۴)، ۳۶۶-۳۵۵. DOI:http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.369508.1272

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2024.369508.1272

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱. مقدمه

جنگل‌های ناحیهٔ رویشی زاگرس با مساحتی بیش از ۵ میلیون هکتار، به‌عنوان دومین بوم‌سازگان جنگلی کشور شناخته شده‌اند. این ناحیهٔ رویشی بیش از ۴۰ درصد از آب کشور را تأمین کرده و از نظر اکولوژیکی دارای اهمیت زیادی است [۱، ۲]. استان کردستان در قسمت زاگرس شمالی واقع شده و با ۲۵۶ هزار هکتار جنگل، یکی از مهم‌ترین رویشگاه‌های منطقه زاگرس است [۳، ۴]. این جنگل‌ها به‌طور عمده در نوار مرزی ایران و عراق و در محدودهٔ شهرستان‌های بانه، مریوان و سروآباد (نیمه غربی استان کردستان) گسترش یافته‌اند [۵].

خدمات بوم‌سازگان به‌عنوان کلید توسعهٔ پایدارِ جوامع انسانی برای سلامتی، رفاه و پیشرفت نسل‌های کنونی و آینده در کرهٔ زمین ضروری هستند. خدمات بوم‌سازگان، فایده‌هایی هستند که انسان‌ها از بوم‌سازگان به‌دست می‌آورند و آن‌ها را می‌توان به چهار گروه شامل خدمات فراهمی (تولیدی)، تنظیمی، پشتیبانی و فرهنگی تقسیم‌بندی کرد. خدمات تنظیمی مانند تنظیم اقلیم، عملکرد بلندمدت بوم‌سازگان را در محدودهٔ پایدار تضمین می‌کنند و ترسیب کربن جزء خدمات تنظیم اقلیم محسوب می‌شود [۶]. ذخیرهٔ کربن در پوشش درختی، گیاهی و خاک، ساده‌ترین و از نظر اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن برای کاهش کربن اتمسفری است [۷]. هیأت بین دولتی تغییر اقلیم، پنج مخزن اصلی کربن را به‌ترتیب زی‌تودهٔ روی زمینی، زیرزمینی، لاش‌برگ، خشک‌دار و کربن آلی خاک معرفی کرده است [۸]. همچنین، در برخی منابع علمی، ذخیرهٔ کربن در اکوسیستم‌های جنگلی به‌طور عمده در سه بخش اصلی ذخیرهٔ کربن پوشش گیاهی، خاک و لاش‌برگ دسته‌بندی شده است [۹، ۱۰]. خاک عمده‌ترین مخزن ذخیرهٔ کربن در اکوسیستم‌های طبیعی است و تقریباً ۷۵ درصد ذخایر کربن در خشکی (حدود ۳ برابر ذخیرهٔ کربن در گیاهان و جانوران) را شامل می‌شود[۱۱]. در خاک دو نوع کربن آلی[1] و معدنی[2] وجود دارد و کربن آلی مهم‌ترین و اصلی‌ترین منبع کربن خاک است [۱۲].بیشترین مقدار کربن آلی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری وجود دارد [۸]. تخریب خاک، به کاهش حاصلخیزی، کاهش مقدار و کیفیت زی‌تودهٔ برگشتی به خاک و در نتیجه کاهش ذخیرهٔ کربن آلی خاک می‌انجامد [۱۳].

درمورد وضعیت ذخیرهٔ کربن در جنگل‌های زاگرس و همین‌طور در منابع خارجی مطالعات متعددی انجام شده که به مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود. Olfati و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که ۷۱/۲۲۰ تن در هکتار در خاک توده‌های جنگلی بنه در باغ شادی هرات کربن ذخیره شده است [۱۴]. Maleki و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی و برآورد اندوختهٔ کربن جنگل‌های دانه‌زاد بلوط ایرانی در جنگل‌های تنگه‌دالاب (شهرستان ایلام) پرداختند. نتایج نشان داد که کل کربن اندوختهٔ شده در عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متر، به‌ترتیب ۴۳/۳ و ۸۷/۵ تن در هکتار بود و باتوجه به مزایای بسیار زیاد ذخیرهٔ کربن ضروری است که با مدیریت و حفظ و احیای جنگل‌ها گام مثبتی به‌منظور کاهش تراکم کربن اتمسفری و درنتیجه کاهش گرمایش جهانی برداشته شود [۱۵]. Pato و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که در زاگرس شمالی، کربن ذخیره‌شده در دو عمق ۱۵-۰ و ۵۰-۱۵ سانتی‌متر به‌ترتیب در کاربری بکر، ۹۰/۹۶ و ۱۲۸/۹۲ تن در هکتار، در کاربری جنگل حفاظت‌شده، ۸۲/۸۵ و ۹۹ /۱۷۳ تن در هکتار، در کاربری جنگل بهره‌برداری‌شده، ۷۸/۲۶ و ۱۱۹/۲۶ تن در هکتار و در کاربری باغ، ۳۴/۷۵ و ۵۸/۹۵ تن در هکتار است. همچنین، نتایج نشان داد که بین مقادیر آهک، شن، سیلت، درصد تخلخل، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت اشباع، پتاسیم، فسفر، هدایت الکتریکی، کربن آلی و C/N، در کاربری‌های مورد مطالعه و در عمق‌های اندازه‌گیری شده با مقدار ذخیرهٔ کربن همبستگی وجود داشت [۱۶]. Mahdavi و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر شاخص‌های کیفی و ترسیب کربن خاک در مناطق نیمه‌خشک در محدودهٔ پارک جنگلی چقاسبز شهرستان ایلام پرداختند و نشان دادند که ترسیب کربن خاک در کشت زیرآشکوب درختان بلوط ایرانی (۵۸/۰۹ تن در هکتار) و جنگل طبیعی بلوط ایرانی (۵۶/۷۲ تن در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیش از دو کاربری جنگل‌کاری کاج و سرو (۳۷/۹۵ تن در هکتار) و اراضی کشاورزی (۳۱/۸۰ تن در هکتار) بودند و بر ضرورت حفظ کاربری جنگل طبیعی و جلوگیری از تغییر آن به سایر کاربری‌ها ازجمله کشاورزی تأکید کردند [۱۷]. Bordbar (۲۰۱۹) نشان داد مقدار کربن ترسیب شده توده‌های شاخه‌زاد بلوط ایرانی در هر هکتار، ۲۷/۸ تن بوده که ۱۶ تن آن در خاک و ۱۱/۸ تن مربوط به

[1] Organic
[2] Inorganic

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

اندام‌های مختلف درختان است که معادل ۱۰۲/۰۹ (۵۸/۹۵ تن در خاک و ۴۳/۱۴ تن در اندام‌های مختلف) تن دی‌اکسید کربن جذب شده در هکتار است [۱۸].Zarafshar و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که ذخیرهٔ کربن خاک و کربن آلی لاشریزهٔ چوبی در توده کمتردخالت شدهٔ گلابی وحشی در سپیدان استان فارس به‌دلیل تراکم بیشتر پوشش درختی، بیش از دوبرابر تودهٔ دخالت شده بود [۱۹]. Koosha و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که در جنگل‌های شهرستان بانه، تغییر کاربری، برداشت و حذف پوشش درختی و گیاهی، چرای دام و عواملی دیگر، بر مقدار ذخیرهٔ کربن آلی خاک اثرات منفی دارد و مقدار کربن خاک رابطهٔ مستقیمی با مقدار نیتروژن و مواد آلی خاک دارد [۲۰]. Jalilvand و Asghari (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر توده‌های تخریب‌شده و تخریب‌نشده بر ویژگی‌ها و ذخیرهٔ کربن خاک پرداختند. نتایج مطالعهٔ آنها نشان داد که ذخیرهٔ کربن در تودهٔ تخریب‌نشده (۹۷/۳۰ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از تودهٔ تخریب شده (۹۵/۲۹ کیلوگرم در هکتار) بود [۲۱].

در منابع خارجی، Dinakaran و Krishnayya (۲۰۰۵) اشاره کرده‌اند که نوع پوشش تأثیر معنی‌داری بر ذخیرهٔ کربن خاک می‌گذارد، به‌طوری‌که تغییر در مقدار ذخیرهٔ کربن خاک، به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و هدررفت کربن از راه تجزیه، بستگی دارد [۲۲]. Jandl و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر پوشش گیاهی مختلف را بر مقدار ذخیرهٔ کربن خاک و کاهش گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر مطالعه کرده و بیان کردند که مقدار ذخیرهٔ کربن و نیتروژن آلی تحت تأثیر پوشش‌های گیاهی مختلف قرار می‌گیرد [۲۳]. Ma و همکاران (۲۰۱۵)، به بررسی توزیع کربن اکوسیستم بین گیاه و خاک در انواع مختلف جنگل در شمال شرقی چین پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که ذخیرهٔ کربن روی زمینی و خاک جنگل با گونهٔ *Populus tremuloides* به‌ترتیب ۶۸/۰۹ و ۱۵۳/۲۳ تن در هکتار بود و برای تودهٔ آمیخته با *Pinus koraiensis* این مقادیر به‌ترتیب ۱۱۷/۸۱ و ۲۶۱/۵۸ تن در هکتار به‌دست آمد. همچنین، اشاره شد که مدیریت جنگل بر ذخیرهٔ کربن لایه درختی و رطوبت خاک بر ذخیرهٔ کربن خاک بیشترین تأثیر را داشت [۲۴]. Li و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی واکنش کربن آلی خاک در سه عمق ۰ تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متردر تالاب‌های جنگلی در شرق چین پرداختند و نشان دادند که در خاک توده‌های صنوبر و دارتالاب در بین کربن آلی سه عمق، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، با این‌حال بین محتوای آب خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک آن در دو توده اختلاف معنی‌دار تأیید شد و بین ذخیرهٔ کربن آلی با اسیدیته و وزن مخصوص ظاهری خاک رابطهٔ منفی و معنی‌دار تأیید شد [۲۵]. Buczko و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی عوامل خاک و پوشش گیاهی مؤثر بر ذخیرهٔ کربن در جنگل ساحلی در شمال شرقی آلمان پرداختند. در این مطالعه، کل ذخایر کربن اکوسیستم به‌طور متوسط ۵۰ کیلوگرم در مترمربع به‌دست آمد (حدود سه برابر بیشتر از میانگین جهانی) و ذخایر کربن خاک نیز به‌طور متوسط ۳۲ کیلوگرم در مترمربع (عمق ۱-۰ متر) محاسبه شد [۲۶].

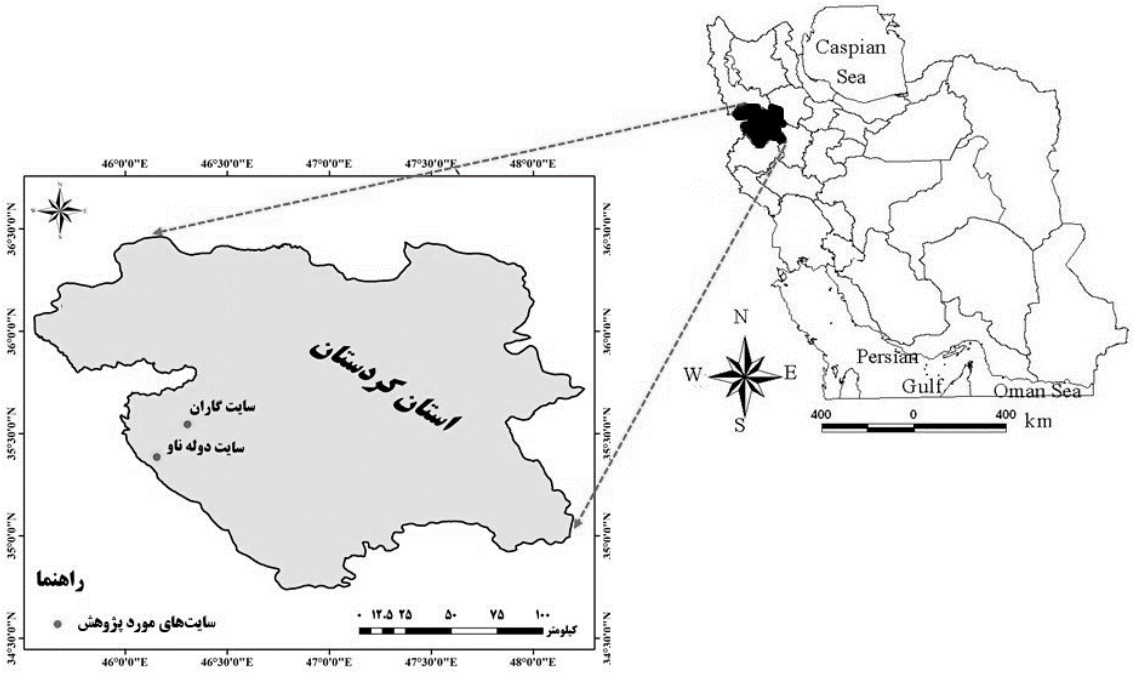
بوم‌سازگان‌های طبیعی کشور به‌ویژه رویشگاه‌های جنگلی زاگرس طی سالیان گذشته از جنبه‌های کمی و کیفی به‌شدت مورد تخریب قرار گرفته‌اند [۲] و به‌دنبال آن نقش کلیدی این بوم‌سازگان‌ها در کنترل تغییرات اقلیمی، تحت تأثیر قرار گرفته است. براساس پژوهش‌های انجام شده (داخل و خارج از کشور)، تاکنون در زمینهٔ وضعیت ذخیرهٔ کربن خاک در توده‌های قرق و شاخص شهرستان مریوان، پژوهشی انجام نشده است؛ بنابراین هدف از این پژوهش بررسی پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و ذخیره کربن خاک در توده‌های قرق و شاخص شهرستان مریوان بود.

۲. روش شناسی پژوهش

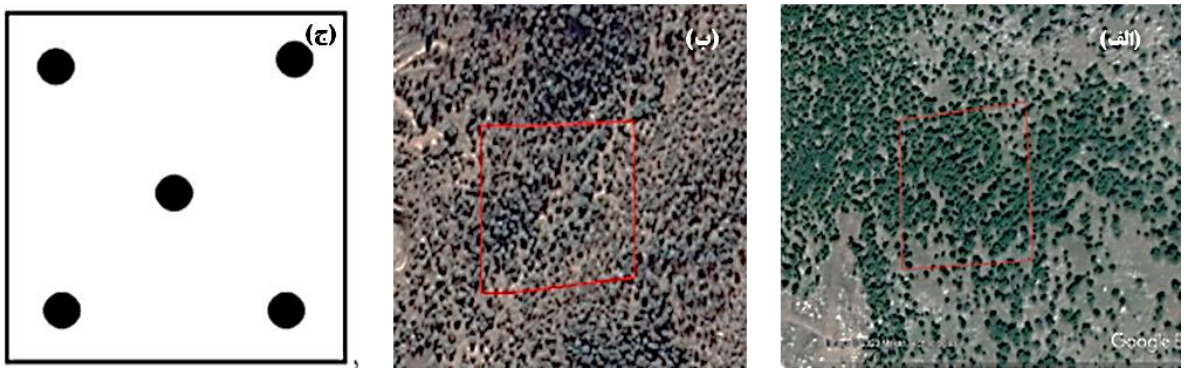
برای انجام این مطالعه، در شهرستان مریوان، دو رویشگاه گاران (تودهٔ قرق و حفاظت‌شده) و دولەناو (شاخص و الگوی جنگل‌های استان) انتخاب شدند (شکل ۱). در انتخاب رویشگاه دولەناو به‌عنوان شاخص جنگل‌های شهرستان مریوان، معیارهای اصلی ساختار توده و ملاحظات اجتماعی (ازقبیل نوع بهره‌برداری و دخالت‌های انسانی) مورد توجه قرار گرفت [۲۷] و رویشگاه گاران نیز تحت قرق و ممنوعیت چرای دام قرار داشت. در هر رویشگاه، یک قطعه‌نمونهٔ یک هکتاری با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر به‌طور تصادفی پیاده شد. براساس داده‌های ۲۴ساله (۱۴۰۱-۱۳۷۸) ایستگاه هواشناسی دریاچهٔ زریوار (شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان)، میانگین بارش، دما و تبخیر سالانه به‌ترتیب ۸۲۴/۲ میلی‌متر در سال، ۱۳/۵ درجهٔ سانتیگراد و ۱۶۳۹/۵ میلی‌متر در سال است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱. موقعیت دو رویشگاه دوله‌ناو و گاران در استان کردستان



شکل ۲. تصاویر گوگل‌ارث رویشگاه‌های دوله‌ناو (الف) و گاران (ب) و محل برداشت نمونه‌های خاک در قطعه‌نمونه یک‌هکتاری (ج)

برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک و دیگر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک، در هر قطعه‌نمونهٔ یک هکتاری، پنج نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد (یک نمونه در مرکز و چهار نمونه در نزدیکی چهار گوشه) (شکل ۲- ج). برای هر نمونهٔ خاک، در آزمایشگاه، پارامترهای درصد کربن آلی، وزن مخصوص ظاهری، درصد سنگریزه، ذخیرهٔ کربن، نیتروژن کل، فسفر موجود اندازه‌گیری شد. برای بررسی تنفس میکروبی و رطوبت خاک، همزمان با برداشت نمونهٔ خاک، یک نمونه با وزن ۱۰۰ گرم برداشت و در یخدان فیبری (با دمای ۴ درجهٔ سانتیگراد) نگهداری شد و با کنترل دما به آزمایشگاه منتقل شد و دو پارامتر مذکور محاسبه شدند. کربن آلی خاک با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد [۸].

رابطهٔ ۱)

$$SOC = [SOC] \times Bulk\ Density \times Depth \times (1-Coarse\ Fragments) \times 10$$

که در آن: SOC ذخیرهٔ کربن آلی خاک ($Mg\ C\ ha^{-1}$)، [SOC] غلظت کربن آلی خاک در حجم خاک برداشت شده (

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

$(g\ C\ (kg\ soil)^{-1})$، Bulk Density جرم خاک بر حجم نمونه یا وزن مخصوص ظاهری خاک $(Mg\ m^{-3})$، Depth عمق نمونه‌برداری (متر)، Coarse Fragments درصد حجم قطعه‌های بزرگ/۱۰۰ و ۱۰ ضریب تبدیل واحد به $Mg\ C\ ha^{-1}$ است. نیتروژن کل به روش کجلدال، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن [۲۸] با دستگاه اسپکتوفتومتری، تنفس میکروبی به روش تیتراسیون و رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری شدند. در اندازه‌گیری تنفس، مقدار دی‌اکسید کربن ایجاد شده توسط میکرواگانیسم‌های خاک از طریق جذب آن توسط یک محلول قلیایی (سود) و سپس تیتراسیون سود باقی‌مانده اندازه‌گیری شد. در این روش، ۵۰ گرم از نمونهٔ خاک مرطوب بدون الک کردن و هواخشک کردن درون ظرف دهانه گشاد پلاستیکی ریخته شده و ۱۰ سی‌سی سود نیم نرمال در ظرف کوچکی در کنار آن قرار گرفت، سپس درب ظرف بسته شده و به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۲۵ درجهٔ سانتیگراد نگهداری شد و درنهایت از طریق تیتراسیون، مقدار دی‌اکسید کربن اندازه‌گیری شد [۲۹]. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- سمیرنوف بررسی شد و با توجه به نرمال بودن داده‌ها، برای مقایسهٔ میانگین پارامترهای خاک در دو رویشگاه، از آزمون تی مستقل و نیز از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی همبستگی بین پارامترهای مورد مطالعه (به‌صورت دو به دو) در هر رویشگاه استفاده شد (در سطح اطمینان ۹۵ درصد). تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 انجام شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

نتایج نشان داد که اختلاف بین درصد کربن آلی، اندوختهٔ کربن، رطوبت، تنفس میکروبی و نسبت C/N در دو رویشگاه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بودند و درصد سنگ‌ریزه نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۱). برای پارامترهای وزن مخصوص ظاهری، نیتروژن کل، فسفر موجود و رطوبت در دو رویشگاه اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج آزمون تی مستقل مقایسهٔ متغیرهای خاک بین دو رویشگاه گاران و دولەناو

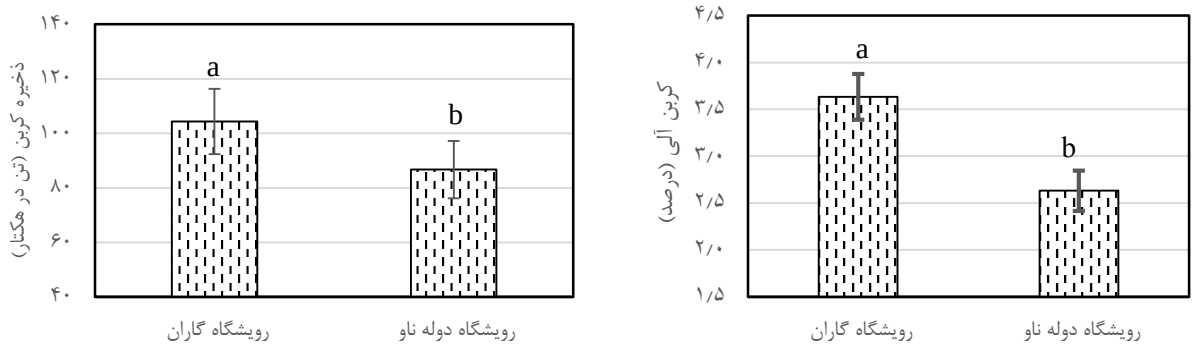
پارامتر	مقدار t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
درصد کربن آلی	۸/۱۴۹	۸	۰/۰۰۰ **
وزن مخصوص ظاهری	-۱/۷۷۳	۸	۰/۱۱۴۵ ns
سنگ‌ریزه	۲/۹۷۳	۸	۰/۰۱۸ *
ذخیرهٔ کربن	۵/۰۰۸	۸	۰/۰۰۱ **
نیتروژن کل	-۰/۶۴۰	۸	۰/۵۴۰ ns
فسفر موجود	۱/۴۷۴	۸	۰/۱۷۹ ns
رطوبت	-۲/۱۷۰	۸	۰/۰۶۲ ns
تنفس میکروبی	۴/۸۹۰	۸	۰/۰۰۱ **
کربن/ نیتروژن	۴/۲۲۱	۸	۰/۰۰۳ **

ns فاقد اختلاف معنی‌دار، *و ** به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ معنی‌دار بودن اختلاف‌ها در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد است.

براساس شکل ۳- الف، درصد کربن آلی خاک در رویشگاه گاران و دولەناو به‌ترتیب ۳/۶۳ و ۲/۶۳ درصد و از نظر آماری، این اختلاف معنی‌دار بود. از طرفی، میانگین ذخیرهٔ کربن در رویشگاه گاران و دولەناو به‌ترتیب ۱۰۴/۳ و ۸۶/۷ تن در هکتار بود (شکل ۳- ب). ذخیرهٔ کربن خاک نیز در رویشگاه گاران بیشتر و اختلاف بین درصد کربن دو رویشگاه در سطح اطمینان ۹۹ درصد، از نظر آماری معنی‌دار بود. شکل ۴- الف نشان می‌دهد که وزن مخصوص ظاهری در رویشگاه دولەناو و گاران به‌ترتیب ۱/۶ و ۱/۵ میلی‌گرم در سانتی‌متر مکعب بود و بین وزن مخصوص ظاهری دو رویشگاه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. درصد سنگ‌ریزه نیز در دو رویشگاه مورد بررسی به‌ترتیب ۳۱/۸ و ۳۷/۳ درصد بود و از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین دو رویشگاه مشاهده شد (شکل ۴- ب).

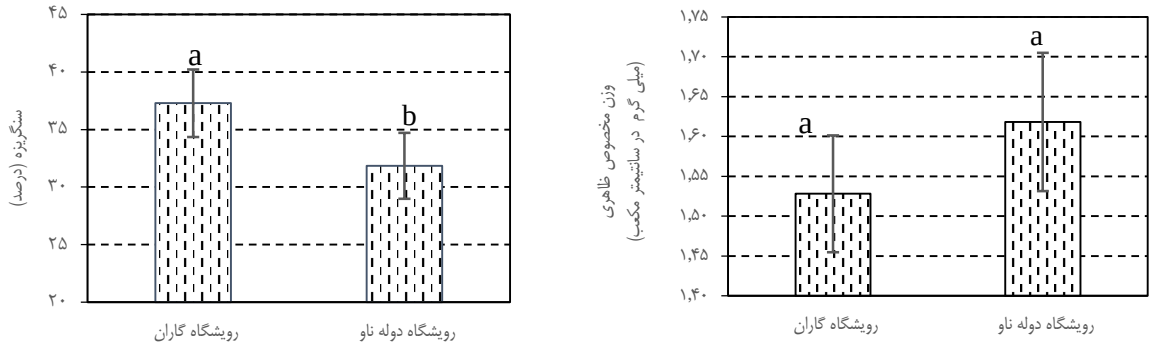
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



(الف) (ب)

شکل ۳. مقایسهٔ مقدار درصد کربن آلی (الف) و ذخیرهٔ کربن (ب) (±انحراف معیار) در رویشگاه‌های گاران و دوله‌ناو



(الف) (ب)

شکل ٤. مقایسهٔ وزن مخصوص ظاهری (الف) و درصد سنگ‌ریزه (ب) خاک (±انحراف معیار) در رویشگاه‌های گاران و دوله‌ناو

بیشترین همبستگی بین ذخیرهٔ کربن در رویشگاه‌های دوله‌ناو و گاران با درصد کربن آلی با ضرایب ۰/۸۸۳ و ۰/۸۵۶ مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۳). درصد کربن آلی نقش تعیین‌کننده‌ای را در مقدار ذخیرهٔ کربن رویشگاه‌ها داشت. از دیگر دلایل برتری ذخیرهٔ کربن رویشگاه گاران، قرق و حفاظت از این رویشگاه است. قرق، سبب کم شدن چرای دام و بهره‌برداری‌های سنتی جوامع محلی از این توده شده است، بازگشت لاشبرگ و مواد آلی به خاک جنگل افزایش یافته است و درنهایت منجر به افزایش ذخیرهٔ کربن خاک در رویشگاه گاران شده است. Eskandari Shahraki و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند در بین کاربری‌های مختلف در منطقهٔ چهارطاق اردل استان چهارمحال و بختیاری، جنگل قرق با ۴۲ و جنگل تخریب‌شده با ۱۳ تن در هکتار، به‌ترتیب بیشترین و کمترین اندوختهٔ کربن خاک را داشتند [۳۰]. Askarii و همکاران (۲۰۲۱) نیز اندوختهٔ کربن در رویشگاه‌های بلوط ایرانی در استان کهگیلویه و بویراحمد را از ۱۲۶ تا ۱۴۶ تن در هکتار گزارش کردند که بیشترین مقدار اندوختهٔ کربن مربوط به منطقهٔ جنگلی قرق بوده است [۳۱] که با نتایج پژوهش پیش‌رو در منطقه دوله‌ناو و گاران که دارای توده‌های شاخه‌زاد هستند، مطابقت دارد. Rostami و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان دادند که کربن آلی خاک در شرایط پوشش‌های درختی متراکم، بیشتر است. این موضوع نشان‌دهندهٔ پتانسیل زیاد ذخیرهٔ کربن توسط پوشش گیاهی است [۳۲]. از طرفی، در پژوهش‌های Maleki و همکاران (۲۰۱۴) در ایلام [۱۵]، Mahdavi و همکاران (۲۰۱۹) در ایلام [۱۷] و Bordbar (۲۰۱۹) در فارس [۱۸] به‌ترتیب مقدار ذخیرهٔ کربن ۸۷/۵، ۵۶/۷۲ و ۵۸/۹۵ تن در هکتار بود و در استان کردستان برای دو رویشگاه گاران و دوله‌ناو به‌ترتیب ۱۰۴/۳ و ۸۶/۷ تن به‌دست آمد. در زاگرس شمالی، مقادیر ذخیرهٔ کربن خاک بیشتر از نواحی زاگرس میانی و جنوبی است که علت را می‌توان به وجود جنگل‌های با تراکم، تاج‌پوشش و بارش بیشتر در استان کردستان (نسبت به استان‌های دیگر زاگرسی) و پوشش علفی و

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جنگلی غنی‌تر نسبت داد. تأثیر مثبت قرق بر ذخیرهٔ کربن خاک، در نتایج پژوهش‌های Yari و Rostami (۲۰۱۹) [۳۳] و Zarafshar و همکاران (۲۰۲۱) [۱۹] نیز تأکید شده است. به علاوه، Olfati و همکاران (۲۰۱۲) [۱۴] و Koosha و همکاران (۲۰۲۱) [۲۰] نیز بر تأثیر منفی چرای دام و حذف پوشش گیاهی بر کاهش ذخیرهٔ کربن خاک تأکید کرده‌اند که تأییدکنندهٔ نتایج پژوهش پیش‌رو است.

جدول ۲. همبستگی بین ویژگی‌های خاک در رویشگاه گاران

	درصد کربن آلی	وزن مخصوص ظاهری	درصد سنگ‌ریزه	اندوختهٔ کربن	نیتروژن کل	فسفر قابل‌جذب	رطوبت	تنفس میکروبی	کربن/نیتروژن
درصد کربن آلی	۱								
وزن مخصوص ظاهری	-۰/۵۱۸*	۱							
درصد سنگ‌ریزه	۰/۳۸۱	-۰/۳۸۸	۱						
اندوختهٔ کربن	۰/۸۵۶**	-۰/۱۳۶	۰/۰۵۰	۱					
نیتروژن کل	۰/۶۰۰**	-۰/۶۴۷**	۰/۵۵۰*	۰/۲۹۴	۱				
فسفر قابل جذب	۰/۰۶۴	۰/۰۶۹	۰/۱۳۹	۰/۰۲۸	۰/۰۷۶	۱			
رطوبت	۰/۴۴۲	۰/۳۸۹	۰/۶۲۴**	۰/۱۷۹	۰/۵۷۰**	-۰/۰۰۵	۱		
تنفس میکروبی	۰/۱۸۷	۰/۴۱۶	۰/۰۳۲	۰/۳۶۳	-۰/۰۶۰	۰/۲۱۲	۰/۲۶۳	۱	
کربن/ نیتروژن	۰/۱۰۵	۰/۳۷۳	-۰/۲۸۵	۰/۳۴۵	-۰/۷۶۰**	-۰/۰۵۴	-۰/۳۷۰	۰/۲۷۵	۱

ns فاقد اختلاف معنی‌دار، *و**: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف‌ها در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد است.

جدول ۳. همبستگی بین ویژگی‌های خاک در رویشگاه دوله‌ناو

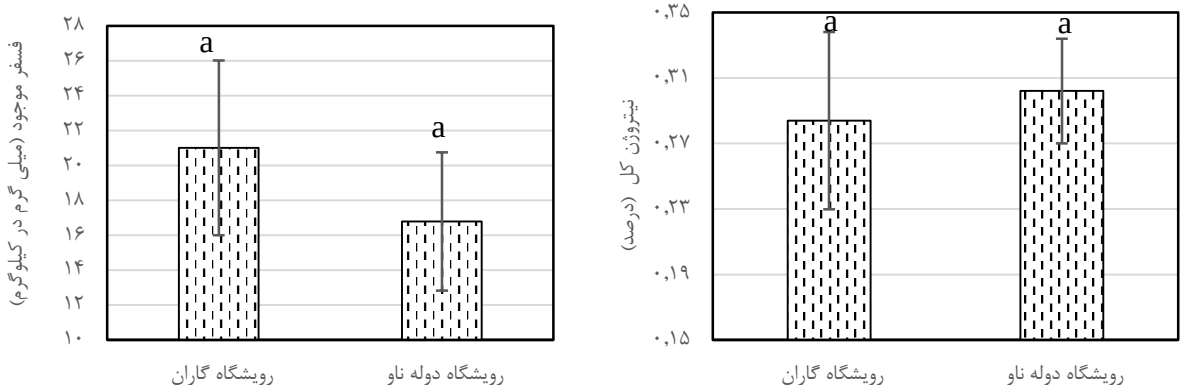
	درصد کربن آلی	وزن مخصوص ظاهری	درصد سنگ‌ریزه	اندوختهٔ کربن	نیتروژن کل	فسفر قابل‌جذب	رطوبت	تنفس میکروبی	کربن/نیتروژن
درصد کربن آلی	۱								
وزن مخصوص ظاهری	-۰/۱۱۹	۱							
درصد سنگ‌ریزه	-۰/۰۸۹	۰/۰۹۵	۱						
اندوختهٔ کربن	۰/۸۸۳**	۰/۱۷۶	-۰/۴۲۵	۱					
نیتروژن کل	۰/۵۰۱*	۰/۰۶۲	-۰/۳۳۵	۰/۵۸۳**	۱				
فسفر قابل جذب	۰/۲۱۸	-۰/۳۷۱	-۰/۰۳۵	۰/۰۷۵	۰/۱۷۲	۱			
رطوبت	-۰/۲۳۱	۰/۳۷۳	-۰/۵۳۰**	۰/۱۱۰	۰/۳۶۵	۰/۰۳۴	۱		
تنفس میکروبی	-۰/۱۴۵	۰/۱۶۲	۰/۲۰۰	-۰/۱۶۲	-۰/۲۸۲	-۰/۲۴۱	-۰/۰۹۲	۱	
کربن/ نیتروژن	۰/۲۲۷	-۰/۲۴۱	۰/۲۸۴	۰/۰۳۲	۰/۷۰۳**	۰/۰۴۶	-۰/۶۰۰**	۰/۲۲۲	۱

ns فاقد اختلاف معنی‌دار، *و**: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف‌ها در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد است.

نتایج نشان داد که درصد نیتروژن در رویشگاه‌های دوله‌ناو و گاران به‌ترتیب ۰/۳۰ و ۰/۲۸ درصد بود (شکل ۵- الف) و بین درصد نیتروژن خاک دو رویشگاه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. فسفر نیز در دو رویشگاه به‌ترتیب ۱۶/۸ و ۲۱/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد.از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری برای این پارامتر بین دو رویشگاه مشاهده نشد (شکل ۵- ب). همچنین، مقدار تنفس میکروبی خاک در رویشگاه دوله‌ناو و گاران به‌ترتیب ۲۵۹/۸ و ۴۷۲/۹ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در کیلوگرم خاک بود (شکل ۶- الف) و بین تنفس میکروبی خاک در دو رویشگاه اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود داشت (جدول ۱). نسبت C/N نیز در دو رویشگاه به‌ترتیب ۸/۸ و ۱۳/۱ اندازه‌گیری شد (شکل ۶- ب) و از نظر آماری، این اختلاف در سطح اطمینان ۹۹ درصد، معنی‌دار بود (جدول ۱).

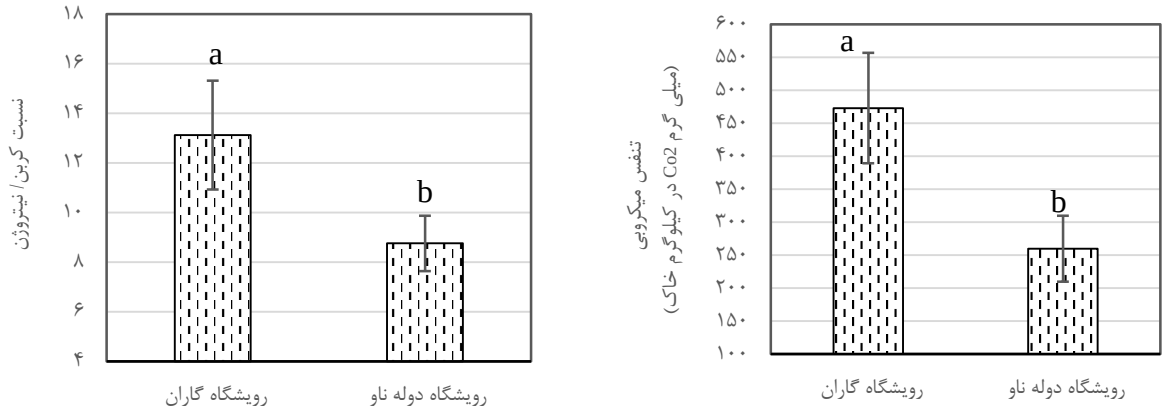
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



(الف) (ب)

شکل ۵. مقایسهٔ درصد نیتروژن (الف) و فسفر موجود (ب) خاک (±انحراف معیار) در رویشگاه‌های گاران و دوله‌ناو



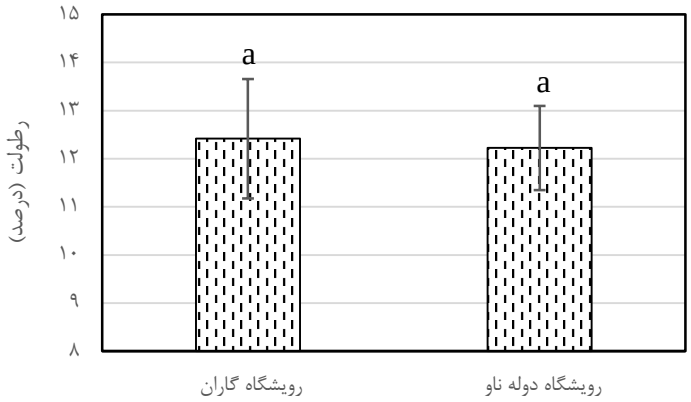
(الف) (ب)

شکل ٦. مقایسهٔ تنفس میکروبی (الف) و نسبت کربن/ نیتروژن (C/N) (ب) خاک (±انحراف معیار) در رویشگاه‌های گاران و دوله‌ناو

میانگین درصد رطوبت خاک در رویشگاه دوله‌ناو و گاران به‌ترتیب ۱۲/۲ و ۱۲/۴ درصد بود و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری برای این پارامتر بین دو رویشگاه مشاهده نشد (شکل ۷ و جدول ۱). در رویشگاه گاران، بیشترین همبستگی بین درصد کربن آلی با اندوختهٔ کربن مشاهده شد (۰/۸۵۶). همچنین، درصد کربن آلی، با وزن مخصوص (۰/۵۱۸-) و نیتروژن (۰/۶۰۰) بیشترین همبستگی را داشت (جدول ۲). در رویشگاه دوله‌ناو بیشترین همبستگی بین درصد کربن آلی با اندوختهٔ کربن (با ۰/۸۸۳) و نیتروژن (با ۰/۵۸۳) در زمینهٔ درصد کربن آلی با نیتروژن بیشترین همبستگی (۰/۵۰۱) مشاهده شد (جدول ۳).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۷. مقایسهٔ درصد رطوبت خاک (±انحراف معیار) در رویشگاه‌های گاران و دولهناو

مقادیر پارامترهای فیزیکی- شیمیایی شامل درصد سنگ‌ریزه (۳۷/۳ درصد)، فسفر (۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم)، تنفس میکروبی ۴۷۲/۹ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در کیلوگرم و نسبت C/N (۱۳/۱)، در رویشگاه گاران بیشتر از رویشگاه دولهناو بود و این اختلاف‌ها برای پارامترهای اشاره شده از نظر آماری معنی‌دار بود (غیر از پارامتر فسفر خاک). Pato و همکاران (۲۰۱۷) [۱۶]، Ma و همکاران (۲۰۱۵) [۲۴] و Li و همکاران (۲۰۲۳) [۲۵] نیز بر اهمیت پارامترهای درصد شن، رطوبت، درصد کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، فسفر، نیتروژن و نسبت C/N در ذخیرهٔ کربن خاک تأکید کرده‌اند. از طرفی، پارامترهای وزن مخصوص ظاهری، نیتروژن و رطوبت خاک با مقادیر ۱/۶ میلی‌گرم در سانتی‌متر مکعب، ۰/۳۰ درصد و ۱۲/۲ درصد در رویشگاه دولهناو بیشتر از گاران بود. براساس یافته‌های پژوهش، اختلاف بین این پارامترها در دو رویشگاه برای پارامتر وزن مخصوص ظاهری، نیتروژن کل و فسفر موجود از نظر آماری معنی‌دار نبود.

مقدار نیتروژن از طریق تغییر کمیت و کیفیت لاشبرگ و تغییر در جامعهٔ تجزیه‌کنندهٔ میکروبی بر کربن آلی خاک تأثیر می‌گذارد. اگرچه مقدار نیتروژن در هردو سایت تفاوت معنی‌داری نداشت، اما بین ذخیرهٔ کربن و درصد نیتروژن خاک ارتباط مثبت و معنی‌داری (در رویشگاه دولهناو ۰/۵۸۳ همبستگی) وجود داشت. بنابراین، بیشتر بودن تنفس میکروبی خاک در رویشگاه گاران نسبت به دولهناو و همچنین همبستگی مثبت بین ذخیرهٔ کربن و درصد نیتروژن دو رویشگاه از دلایل اصلی بیشتر بودن اندوختهٔ کربن آلی خاک است [۲۷]. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که در جنگل‌های با نیتروژن محدود، تثبیت نیتروژن، احتمالاً باعث افزایش غلظت نیتروژن شاخ و برگ شده و این مسئله اثرات مثبتی را بر نرخ فتوسنتز، تعادل کربن خالص اکوسیستم و نرخ ذخیرهٔ کربن در پی خواهد داشت. همچنین، مقدار نیتروژن تثبیت شده در زی‌تودهٔ درخت بر تولید جنگل و ذخیرهٔ کربن درخت مؤثر است [۳۴]. در این پژوهش نیز تأیید شد که بین درصد کربن آلی خاک با ذخیرهٔ کربن ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود دارد. از طرفی، صرف‌نظر از مواد آلی خاک، زی‌تودهٔ میکروبی به‌عنوان یک مخزن مهم فسفر موجود محسوب می‌شود. بازگشت فسفر در مقایسه با بازگشت نیتروژن، به میزان اندکی با تجزیه مواد آلی ارتباط پیدا می‌کند. درنتیجه، فسفر آلی خاک‌های جنگلی در نتیجه آشفتگی‌های مکرر جنگلی، در مدت زمان زیاد از دست می‌روند. ذخیرهٔ کربن توسط درختان در اثر کمبود فسفر، محدود می‌شود [۳۴]. در کل، به‌دلیل بیشتر بودن مادهٔ آلی خاک (کربن آلی) در رویشگاه گاران، مواد اولیهٔ مورد نیاز برای تنفس میکروبی خاک فراهم‌تر بوده و به‌دلیل شرایط رطوبتی مساعد، مواد اولیه به‌راحتی در اختیار جمعیت میکروبی قرار گرفته و نرخ تنفس افزایش یافته است. Pato و همکاران (۲۰۱۷) [۱۶] و Koosha و همکاران (۲۰۲۱) [۲۰] نیز بر اهمیت کربن آلی خاک، نیتروژن و تنفس میکروبی بر افزایش ذخیرهٔ کربن خاک تأکید کرده‌اند که تأییدکننده نتایج پژوهش پیش‌رو است.

نتایج همبستگی بین پارامترهای مورد مطالعه نشان داد که ضرایب همبستگی بین ذخیرهٔ کربن و درصد کربن آلی (با بیشترین همبستگی) در رویشگاه‌های دولهناو و گاران به‌ترتیب ۰/۸۶۵ و ۰/۸۸۳ است و بین ذخیرهٔ کربن با درصد کربن آلی بیشترین همبستگی مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۳). از طرفی، در دو رویشگاه، بین درصد کربن آلی با اندوختهٔ کربن و درصد

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نیتروژن بیشترین همبستگی وجود داشت (در رویشگاه گاران به‌ترتیب با ۰/۸۶۵ و ۰/۶۰۰). درصد کربن آلی و درصد نیتروژن دارای بیشترین نقش و اهمیت در ذخیرهٔ کربن خاک بودند.

۴. نتیجه‌گیری

مقدار اندوختهٔ کربن آلی خاک، درصد کربن آلی خاک و تنفس میکروبی در خاک رویشگاه گاران بیشتر از رویشگاه دوله‌ناو بود که علت آن را می‌توان در اعمال مدیریت قرق و برداشت‌های کمتر جوامع محلی از این توده‌های جنگلی نسبت داد. می‌توان بیان کرد که تنفس میکروبی رویشگاه گاران دارای نقشی تعیین‌کننده است (مقدار تنفس میکروبی این رویشگاه بیشتر بود) و علت بیشتر بودن تنفس میکروبی خاک در رویشگاه گاران، بیشتر بودن اندوختهٔ کربن آلی خاک است [۲۷]. Jandl و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان کردند که در شرایط افزایش نیتروژن، عموماً ورود کربن از طریق لاشبرگ افزایش یافته و این مسئله باعث افزایش ذخیرهٔ کربن آلی خاک می‌شود [۲۳].

نتایج کلی این پژوهش نشان داد که ذخیرهٔ کربن در رویشگاه قرق (گاران) بیشتر از رویشگاه دوله‌ناو (شاخص و الگوی استان) بود. همچنین، میانگین پارامترهای فیزیکی- شیمیایی درصد سنگ‌ریزه، تنفس میکروبی و نسبت C/N در رویشگاه گاران بیشتر از دوله‌ناو بود، درنتیجه قرق و حفاظت جنگل تأثیر مثبت بر درصد کربن آلی و مقدار ذخیرهٔ کربن خاک داشته است. براساس یافته‌های پژوهش، ذخیرهٔ کربن در رویشگاه گاران (قرق) بیشتر بود؛ بنابراین برای مدیریت جنگل‌های شاخه‌زاد و تخریب‌شده شهرستان مریوان و مناطق مشابه در ناحیهٔ رویشی زاگرس شمالی پیشنهاد می‌شود نسبت به اعمال قرق و افزایش حفاظت جنگل در توده‌های جنگلی تخریب یافته اقدام شود. از طرفی، می‌توان با جنگل‌کاری و غنی‌سازی توده‌های تخریب‌شده، خدمات بوم‌سازگان این جنگل‌ها (به‌ویژه افزایش ذخیرهٔ کربن) را افزایش داد.

۵. منابع

[1] Jazirehi, M.H., & Ebrahimi Rostaghi, M. (2004). Silviculture in Zagros. University of Tehran Press, Tehran, 560 p. (In Persian)

[2] Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T., & Pourhashemi, M. (2014). Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future. Springer, 152 p. (In Persian)

[3] Anonymous. (2020). The area of natural resource in Iran province (Based on 2020). Natural Resources and Watershed Management Organization, 1 p. (In Persian)

[4] Haidari, M., Jahanbazi Goujani, H., & Pourhashemi, M. (2023). Annual changes of oak mortality in different crown-dimensions in the forests of Kurdistan province (Case study: Baneh County). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 10(21): 68-78. (In Persian)

[5] Haidari, M., Teimouri, M., Pourhashemi, M., & Alizadeh, T. (2022). Study Changes in Biological Indicators in Forest Stands with Different Structure in Kurdistan Province. *Ecology of Iranian Forests*, 10(20): 64-72. (in Persian)

[6] Morimoto, J. (2020). Addressing global challenges with unconventional insect ecosystem services: Why should humanity care about insect larvae?. *People and Nature*, 2(3): 582-595.

[7] Ghasemi Aghbash, F., Heidarian, S., & Solgi, E. (2017). The amount of carbon sequestration capability of tree cover and roadside soil (Case study: Khorramabad-Andimeshk Highway). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 5(11): 115-129. (In Persian)

[8] IPCC. (2003). Good practices guidance for land use, land-use change and forestry. Penman, J. et al. (eds.). IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.

[9] Lafleur, B., Fenton, N.J., Simard, M., Leduc, A., Paré, D., Valeria, O., & Bergeron, Y. (2018). Ecosystem management in paludified boreal forests: enhancing wood production, biodiversity, and carbon sequestration at the landscape level. *Forest Ecosystems*, 5(27): 1-14.

[10] Hérault, B., & Piponiot, C. (2018). Key drivers of ecosystem recovery after disturbance in a neotropical forest. *Forest Ecosystems*, 5(2): 1-15.

[11] Ruijun, L., Zhanhuan, S., Xiaogan, L., Ping-an, J., Hong-tao, J., & Squires, V. (2010). Carbon Sequestration and the Implications for Rangeland Management. *Towards Sustainable Use of Rangelands in North-West China, Part* 3: 127-145.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

[12] MacDicken, K.G. (1997). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock Internationl Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program, 87 p.

[13] Lal, R. (2003). Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. *Critical Review in Plant Sciences*, 22(2): 151-184.

[14] Olfati, F., Mosleh Arani, A., & Azimzadeh, H. (2013). Carbon deposition estimation of four species of *Pistacia atlantic*, *Acer monspessulanum*, *Amygdalus scoparia* and *Ephedra procera* in the protected area. Shadi Garden in Harat (Yazd province). *Plant and Ecosystem*, 9(4): 65-75. (In Persian)

[15] Maleki, A., Mahdavi, A., & Bazgir, M. (2014). Estimation of carbon sequestration of *Quercus persica* seed forests in Zagros forests (case study: Dalab Strait, Ilam county). The 4th International Conference on Environmental Challenges and Tree Chronology, May 13-14 , Sari, 1-8 p. (In Persian)

[16] Pato, M., Salehi, A., Zahedi Amiri, G., & Banj shafiei, A. (2017). Carbon storage and its relationship with physical and chemical characteristics in the soil of different uses in the Zagros region. *Journal of Forest and Wood Products*, 69(4): 747-756. (In Persian)

[17] Mahdavi, A., Rezavinia, Z., Bazgir, M., & Rostaminia, M. (2013). The effect of land use changes on soil quality indicators and carbon sequestration in semi-arid areas. *Journal of Desert Ecosystem Engineering*, 8(2): 101-113. (In Persian)

[18] Bordbar, S.K. (2020). Estimation of carbon sequestration potential oak coppice stand (*Quercus brantii*) in kamfirooz (Fars provience). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 7(15):141-154. (In Persian)

[19] Zarafshar, M., Iranmanesh, Y., Pourhashemi, M., Bordbar, S.K., Negahdarsaber, M.R., Rousta, M.J., Enayati, K., & Abbasi, A. (2021). The impact of wild pear (*Pyrus syriaca* and *P. globra*) stand management on carbon storage of soil and litters and some soil characteristics (case study: Dehkohneh forest of Sepidan, Fars Province). *Forest Research and Development*, 7(2): 313-325. (In Persian)

[20] 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)

[21] Jalilvand, H., & Asghari, K. (2021). Impact of degraded (exploited) and undegraded (un Exploited) forest tree stands on soil characteristics and carbon storage. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 1(2): 26-34. (In Persian)

[22] Dinakaran, J., & Krishnayya. N.S.R. (2008). Variations in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. *Current science*, 10: 1144-1150.

[23] Jandl, R., Lindner, M.,Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D.W., Minkkinen, K., & Byrne, K.A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*,137: 253-268.

[24] Ma, J., Bu, R., Liu, M., Chang, Y., Qin, Q., & Hu, Y. (2015). Ecosystem carbon storage distribution between plant and soil in different forest types in Northeastern China. *Ecological Engineering*, 81: 353-362.

[25] Li, G., Jiang, B., Guan, Y., Ramirez-Granada, L., Mitsch, W.J., & Zhang, L. (2023). Response of soil organic carbon to forested wetlands in East China. *Ecological Engineering*, 195: 107041.

[26] Buczko, U., Cruz-García, R., Harmuth, J., Kalbe, J., Scharnweber, T., Stoll, A., Wilmking, M., & Jurasinski, G. (2023). Soil and vegetation factors affecting carbon storage in a coastal forest in NE Germany. *Geoderma Regional*, 33: e00629.

[27] Haidari, M., Teimouri, M., Pourhashemi, M., Alizadeh, T., & Hedayateypour, S.M.K. (2022). The effect of forest structure on some physical and chemical soil properties in the forests stands of Kurdistan province. Forest and Wood Products, 74(4): 469-483. (In Persian)

[28] Olsen, S.R., Sommers, L.E., & Phosphorus. (1982). In: A.L. Page R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. (2nded.). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 403-430.

[29] Emami, A. (1996). Plant Analysis Methods. Research Institute of Soil and Water. Technical Manual No. 982: 128 p. (In Persian)

[30] Eskandari Shahraki, A., Kinani, B., & Iranmanesh, Y. (2016). Effects of different landuse types on soil organic carbon storage. *Iran Journal of Forest and Poplar Research*, 24(3): 379-389. (In Persian)

[31] Askarii, Y., Iranmanesh, Y., & Pourhashemi, M. (2021). The economic value and comparison of carbon storage in different forest areas in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. *Iranian Journal of Forest*, 13(2): 169-182. (In Persian)

[32] Rostami, Z., Ghasemi Aghbash, F. & Pejohan, I. (2020). Evaluation of biomass and soil carbon sequestration in Quercus persica charring stands (Case study: Bastam region of Alashatar county). *Iranian Forest Journal*, 12(2): 161-174. (In Persian)

[33] Yari, S., & Rostami, A. (2019). Efect 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. (In Persian)

[34] Lorenz, K., & Lal, R. (2010). Carbon sequestration in forest Ecosystem. Heidelberg, Springer, 298 p.

Archive of SID.ir