



University of Tehran

Monitoring some of soil characteristics in the Vezg and Toutnadeh forest stands in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province

Yousef Askari^{1*} | Yaghoub Iranmanesh² | Mehdi Pourhashemi³

1. Corresponding Author, Research Division of Forest, Rangeland and Watershed, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran. E-mail: y.askari@areeo.ac.ir
2. Research Division of Natural Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran. E-mail: y.iranmanesh@areeo.ac.ir
3. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: pourhashemi@rifr-ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:

Received: 24 March 2024
Revised: 29 May 2024
Accepted: 14 July 2024
Published online: 10 September 2024

Keywords:

Carbon storage,
Dena,
Microbial respiration,
Soil moisture.

ABSTRACT

This research was conducted on two square plots (each 1 ha) located in Vezge Mansurabad (a protected area in Boyer-Ahmad County) and TuteNadeh (in Dena County) in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. Five soil samples, taken regularly over three years from a depth of 0-30 cm from each plot, were analyzed for carbon, nitrogen, phosphorus, water content, microbial respiration, soil bulk density, and gravel percentage. The mean carbon storage of soil was estimated at 84.80 t/ha and 67.60 t/ha in the TuteNadeh and Vezge Mansurabad plots, respectively. Three years of monitoring revealed a significant difference between the two plots in terms of soil parameters. In TuteNadeh, the three-year changes in organic carbon and total nitrogen content followed a parallel trend, with a reduction in the former directly leading to a similar drop in the latter's content. At this site, the content of absorbable phosphorus was found to be irregularly altered. Variations in organic carbon content were directly correlated with variations in soil microbial respiration. In Vezge Mansurabad, variations in organic carbon, nitrogen, phosphorus, water content, and microbial respiration were similar to those in TuteNadeh, but variations in soil phosphorus were sinusoidal and followed an irregular pattern. The mean quantities of absorbable phosphorus, water content, and microbial respiration in the TuteNadeh plot were 15.44 mg/kg, 12.59%, and 434 mg/kg, respectively, which are significantly different from the corresponding values of 10.05 mg/kg, 13.94%, and 547 mg/kg in Vezge Mansurabad. In conclusion, the results show that soils with higher organic carbon content are relatively richer in other influencing variables.

Cite this article: Askari, Y., Iranmanesh, Y., Pourhashemi, M. (2024). Monitoring some of the soil characteristics in the Vezg and Toutnadeh forest stands in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. *Journal of Forest and Wood Products*, 77 (2), 173-185. DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwpp.2024.374109.1287>



© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwpp.2024.374109.1287>



دانشگاه تهران

نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب

شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳

سایت نشریه: <https://jfwf.ut.ac.ir>

پایش برخی از متغیرهای خاک در رویشگاه‌های جنگلی وزگ و توت‌نده استان کهگیلویه و بویراحمد

یوسف عسکری^۱ | یعقوب ایران‌منش^۲ | مهدی پورهایمی^۳

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران. رایانامه: y.askari@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، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: pourhashemi@rifr-ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

این پژوهش در دو قطعه نمونه مربعی شکل یک هکتاری در دو منطقه وزگ (رویشگاه تحت حفاظت) در شهرستان بویراحمد و توت‌نده (غیر حفاظتی) در شهرستان دنا از استان کهگیلویه و بویراحمد انجام شد (در هر منطقه یک قطعه نمونه). به مدت سه سال در هر قطعه نمونه، پنج نمونه خاک به طور منظم از عمق ۳۰-۰ سانتی متری برداشت و عناصر کربن، نیتروژن، فسفر، رطوبت، تنفس میکروبی، وزن مخصوص ظاهری و درصد سنگ‌ریزه خاک اندازه‌گیری شدند. میانگین اندوخته کربن خاک در قطعه نمونه توت‌نده ۸۴/۸۰ و در قطعه نمونه وزگ ۶۷/۶ تن در هکتار برآورد شد. در قطعه نمونه توت‌نده، تغییرات درصد کربن آلی و نیتروژن کل در سال‌های مختلف از روند مشابهی پیروی می‌کرد، به طوری که با کم شدن کربن آلی خاک، نیتروژن کل نیز به همان نسبت کاهش پیدا کرد. در این قطعه نمونه، با تغییر در مقدار کربن آلی، مقدار تنفس میکروبی خاک به طور مشابهی تغییر یافت. در قطعه نمونه وزگ نیز در مدت سه سال تغییرات کربن آلی، نیتروژن، فسفر، رطوبت و تنفس میکروبی، شرایط مشابه با قطعه نمونه توت‌نده را نشان داد، اما تغییرات فسفر خاک به صورت سینوسی بوده و از الگوی منظمی تبعیت نکرد. میانگین فسفر قابل جذب، رطوبت و مقدار تنفس میکروبی در رویشگاه توت‌نده به ترتیب، ۱۵/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۱۲/۵۹ درصد و ۴۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد که نسبت به رویشگاه وزگ با مقادیر ۱۰/۰۵، ۱۳/۹۴ و ۵۴۷ اختلاف معنی‌داری داشتند. نتایج کلی نشان می‌دهد اغلب خاک‌هایی که دارای کربن آلی زیاد هستند، به طور نسبی از نظر سایر متغیرهای تأثیرگذار موجود در خاک نیز غنی می‌باشند.

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۲۰

کلیدواژه:

اندوخته کربن،

تنفس میکروبی،

دنا،

رطوبت خاک.

استناد: عسکری، یوسف؛ ایران‌منش، یعقوب؛ پورهایمی، مهدی (۱۴۰۳). پایش برخی از متغیرهای خاک در رویشگاه‌های جنگلی وزگ و توت‌نده استان کهگیلویه و بویراحمد. نشریه

جنگل و فرآورده‌های چوب، ۷۷ (۲)، ۱۸۵-۱۷۳. DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwf.2024.374109.1287>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jfwf.2024.374109.1287>



۱. مقدمه

خاک عمده‌ترین مخزن ذخیره کربن در اکوسیستم‌های طبیعی به حساب می‌آید، به طوری که تقریباً ۷۵ درصد ذخایر کربن در خشکی (حدود ۳ برابر ذخیره کربن در گیاهان و جانوران) را دارا می‌باشد. بنابراین خاک‌ها بزرگ‌ترین مخزن چرخه کربن در خشکی هستند [۱]. Lal (۲۰۰۴)، خاک‌های جهان را سومین ذخیره‌گاه اصلی کربن (آلی و معدنی) دانسته که مقدار آن حدود ۴ برابر کربن موجود در زی توده و ۳/۳ برابر میزان کربن موجود در جو است [۲]. خاک به عنوان بستر حیات، نقش اساسی در استقرار، رشد و پراکنش گیاهان و درختان دارد. با توجه به اهمیت این منبع ارزشمند در حفظ تعادل بوم‌شناختی جنگل‌ها، تخریب خاک می‌تواند عواقب اقتصادی و اجتماعی جدی به دنبال داشته باشد و بنابراین حفظ این بوم‌سازگان‌ها از جمله خاک آن‌ها، اهمیت ویژه‌ای دارد [۳]. مقدار کربن آلی موجود در خاک‌ها تقریباً دو برابر موجودی کربن اتمسفر است، از این رو، تغییر در کربن خاک اثرات قابل توجهی بر تغییر اقلیم برجا می‌گذارد. بدین صورت که با افزایش دمای خاک، نرخ تجزیه کربن افزایش خواهد یافت. امری که خود به صورت بالقوه، موجب افزایش میانگین تصاعد دی‌اکسید کربن خاک به اتمسفر می‌شود. عمق نمونه‌برداری خاک به منظور بررسی ذخیره کربن، به شرایط رویشگاه و گونه بستگی دارد. در بیشتر موارد، تراکم کربن آلی خاک در لایه‌های فوقانی خاک بیشتر بوده و با افزایش عمق خاک به صورت تصاعدی کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار کربن آلی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تجمع دارد [۴].

Eskandari Shahraki و همکاران (۲۰۱۶) با هدف بررسی نقش مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی در ترسیب کربن خاک، سه کاربری مختلف شامل جنگل قرق‌شده، جنگل طبیعی و جنگل تخریب‌شده را در منطقه چهارطاق اردل استان چهارمحال و بختیاری انتخاب و در هر کاربری، ۱۰ قطعه نمونه به صورت تصادفی-منظم برداشت کردند. براساس نتایج، کاربری جنگل قرق‌شده با ۳۳/۳۳ تن در هکتار بیشترین ترسیب کربن خاک را داشت. کمترین مقدار اندوخته کربن در بین کاربری‌های مورد مطالعه نیز مربوط به جنگل تخریب‌شده به مقدار ۱۲/۵۲ تن در هکتار بود [۵].

تنفس خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های خاک است که وضعیت فعالیت زیستی را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به اهمیت تنفس خاک در چرخه جهانی کربن و گرمایش جهانی، می‌توان بیان کرد که برآورد مقدار انتشار دی‌اکسید کربن از خاک جنگل برای درک بازخورد بین تغییرات اقلیم و اکوسیستم زمینی و جنگلی ضروری است [۶]. اکثر مطالعات تنفس میکروبی خاک بر ویژگی‌های کاربری و اثر عوامل محیطی تمرکز دارند. از سوی دیگر، مقدار تنفس میکروبی درباره گونه‌های مختلف که تاج‌پوشش و هوموس متفاوتی دارند، می‌تواند حرکتی مهم در شناخت نقش اکولوژیک گونه‌های جنگلی باشد [۷]. رطوبت [۸] و دمای خاک [۹]، دو عامل اصلی در تنفس میکروبی خاک می‌باشند. رطوبت و دما ممکن است به صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی خاک تأثیر بگذارد. به عنوان نمونه، در دسترس بودن اکسیژن، فعالیت میکروبی را زمانی که رطوبت خاک به حد اشباع نزدیک می‌شود، محدود می‌کند یا در پاسخ به تغییرات در شرایط محیطی، ممکن است زی توده جوامع میکروبی تغییر کند [۱۰]. افزایش متوسط دما می‌تواند تجزیه هوموس خاک را تسریع و تنفس اتوتروف را تقویت کند و در نتیجه فعالیت تنفس خاک را بهبود ببخشد [۱۱]. رطوبت خاک نیز می‌تواند با دخالت بر لاشبرگ و تجزیه مواد آلی، به شدت بر تنفس هتروتروف و کربن خروجی تأثیر می‌گذارد. تنفس خاک در جنگل‌های مختلف تحت تأثیر عوامل عمده‌ای از جمله pH خاک، نیتروژن کل، فسفر موجود و لاشبرگ است [۱۲].

Zarafshar و همکاران (۲۰۲۱) سهم اندوخته کربن در خاک و لاش‌ریزه را در دو توده قرق ۵۰ ساله و غیرقرق گلابی وحشی (*Pyrus syriaca*; *P. glabra*) در ذخیره‌گاه گلابی وحشی شهرستان سپیدان استان فارس مقایسه کردند. همچنین، ویژگی‌های خاک شامل درصد رطوبت، چگالی ظاهری، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و در نهایت تنفس میکروبی خاک بررسی شد. نتایج به طور واضح نشان داد که ذخیره کربن خاک و کربن آلی لاش‌ریزه چوبی در توده قرق به دلیل تراکم بیشتر پوشش درختی بیش از دو برابر توده غیرقرق بود. [۱۳]. Cha و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر گونه درختی را بر کربن آلی خاک در کره جنوبی مطالعه کردند. گونه‌های درختی در چهار گروه کاج‌ها، بلوط‌ها، سایر سوزنی‌برگان و سایر پهن‌برگان تفکیک شدند. براساس نتایج، مقدار کربن آلی خاک بستر جنگل در کاج‌ها، ۷/۱۲، در بلوط‌ها، ۵/۳۴ و در سایر پهن‌برگان، ۵/۴۱ تن در هکتار بود. در مقابل، در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

خاک، مقدار کربن آلی در بلوط‌ها و سایر پهن‌برگان حدود ۶۶ و در کاج‌ها ۴۹/۵ تن در هکتار بود. مجموع کربن آلی خاک (بستر جنگل و لایه سطحی خاک) در بلوط‌ها بیشترین مقدار را داشت و در کاج‌ها و سایر سوزنی‌برگان در کمترین مقدار خود بود [۱۴]. بررسی تنفس میکروبی، رطوبت خاک، اندوخته کربن آلی، فسفر قابل جذب، نیتروژن و غیره در جنگل‌ها که با گرم شدن و تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر نقش مهمی در جذب و کاهش گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی ایفا کرده‌اند، می‌تواند اطلاعات مهمی در این زمینه ارائه دهد. پژوهش حاضر چنین هدفی را دنبال می‌کند.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در قطعه‌نمونه‌های مربعی‌شکل یک هکتاری دائمی پایش بخشی از جنگل‌های زاگرس در محدوده استان کهگیلویه و بویراحمد طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ انجام شد که به صورت تصادفی در دو رویشگاه تیبیک توت‌نده و رویشگاه قرق روستای وزگ در شهرستان‌های دنا و بویراحمد اجرا شدند (جدول ۱). در انتخاب مناطق، وضعیت‌های مختلف از جمله وضعیت مدیریتی توده‌ها، تیپ جنگل و ملاحظات اجتماعی در نظر گرفته شده است.

جدول ۱. مشخصات رویشگاه‌های مورد مطالعه

شماره قطعه‌نمونه	نام منطقه	موقعیت جغرافیایی مرکز قطعه‌نمونه		تیپ گیاهی	متوسط شیب (درصد)	شرایط رویشگاهی	
		X	Y			جهت جغرافیایی	متوسط ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	وزگ	۵۶۳۴۰۵	۳۳۸۱۳۸۲	برودار	۳۵	جنوبی	۲۱۰۰
۲	توت‌نده	۵۳۵۶۶۱	۳۴۱۶۷۰۲	برودار	۲۰	جنوبی	۱۹۷۰

۲-۲. اندازه‌گیری متغیرهای خاک

برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک، در هر قطعه‌نمونه دائمی، پنج نمونه خاک به‌طور منظم و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد [۱۵] (شکل ۱).



شکل ۱. محل‌های نمونه‌برداری خاک در قطعه‌نمونه (راست) و برداشت نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری (چپ)

همچنین، وزن مخصوص ظاهری خاک که عبارت است از وزن ذرات خاک در واحد حجم (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، که براساس روش کلوخه‌و درصد قطعات بزرگ (مانند سنگ‌ریزه) اندازه‌گیری شدند و با استفاده از رابطه یک مقدار کل کربن آلی

خاک در منطقه مورد بررسی محاسبه شد [۴].

$$\text{SOC} = [\text{SOC}] * \text{Bulk Density} * \text{Depth} * \text{Coarse Fragments} * 10 \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن:

SOC: ذخیره کربن آلی خاک (Mg C ha^{-1})

[SOC]: غلظت کربن آلی خاک در حجم خاک برداشت شده ($\text{g C (kg soil)}^{-1}$) با استفاده از روش والکلی-بلاک (Walkly-Black)

Bulk Density: جرم خاک بر حجم نمونه یا وزن مخصوص ظاهری خاک (Mg m^{-3})

Depth: عمق نمونه‌برداری (متر)

Coarse Fragments: قطعات بزرگ (۱۰۰/درصد حجم قطعات بزرگ) -۱

۱۰: ضریب تبدیل واحد به Mg C ha^{-1} می‌باشد.

نیترژن کل به روش کج‌دال و با استفاده از دستگاه اتوکجلیتیک، و فسفر قابل جذب به روش اولسن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد [۱۶]. برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی و رطوبت خاک، نمونه‌های برداشت شده در یخدان قرار داده شده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. تنفس میکروبی خاک (پایه) با قرار دادن نمونه‌های ۵۰ گرمی خاک در ظروف شیشه‌ای دربسته، گرمخانه‌گذاری کردن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی و به دام انداختن CO_2 آزاد شده پس از یک روز با تیتراسیون توسط NaOH نیم مولار تعیین شد [۱۶]. پس از پایان گرمخانه‌گذاری (انکوباتر)، دو میلی‌لیتر کلرید باریم نیم مولار به نمونه‌ها اضافه شد و سه تا چهار قطره محلول شناساگر افزوده و با اسید کلریدریک پنج صدم مولار تیتراسیون انجام شد. در نهایت، مقدار تنفس میکروبی خاک بر مبنای میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد [۱۷]. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک، نمونه خاک پیش و پس از قرار گرفتن در دستگاه آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴ ساعت با ترازویی با دقت صدم گرم وزن شد [۱۸]. درجه حرارت خاک در زمان نمونه‌برداری در جنگل، با قرار دادن دماسنج دیجیتال در محل تکرارها و در عمق نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد [۱۹].

به منظور بررسی ارتباط بین متغیرهای خاک در قطعات نمونه مورد بررسی از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۰۱۹ و Excel نسخه ۲۰۱۳ انجام شد. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، تجزیه واریانس انجام و در نهایت برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری دانکن و برای مقایسه متغیرهای مشابه بین دو منطقه از آزمون تی مستقل استفاده گردید.

۳. یافته‌های پژوهش

۳-۱. ویژگی‌های توصیفی قطعات نمونه مورد بررسی

بر اساس آماربرداری صد درصد درختان در دو قطعه نمونه توت‌نده و وزگ، ویژگی‌های توصیفی درختان مشخص شد (جدول ۲). تیپ اصلی در قطعه نمونه توت‌نده، برودار بود. ۱۲۰ اصله درخت (شامل یک گونه درختی و یک گونه درختچه‌ای) در این قطعه شمارش شد که شامل درختان تک‌تنه (۴۷/۵ درصد) و شاخه‌زاد (۵۲/۵ درصد) بودند. در قطعه نمونه وزگ، تیپ اصلی جنگلی، برودار بود و ۱۲۵ اصله درخت و درختچه در این قطعه شمارش شد. درختان بلوط شاخه‌زاد با ۷۷ درصد بیشترین فراوانی را در این قطعه نمونه داشتند (جدول ۲).

۳-۲. اندوخته کربن خاک

اثر سال و اثرات متقابل رویشگاه و سال از نظر آماری در سطح احتمال ۹۹ درصد برای اندوخته کربن خاک معنی‌دار و برای سایر متغیرها معنی‌دار نشد (جدول ۳). به عبارت دیگر، در سال‌های مورد تحقیق، مقادیر اندازه‌گیری شده در مقدار اندوخته کربن خاک تفاوت معنی‌داری را در قطعات نمونه مورد بررسی نشان دادند. مقایسه میانگین سایر متغیرهای خاک در قطعات نمونه توت‌نده و وزگ در جدول ۴ مشخص شده است.

جدول ۲. ترکیب گونه‌های قطعات نمونه وزگ و توت‌نده

مجموع	سایر گونه‌ها	تک‌پایه (دانه‌زاد)			متغیر	قطعه نمونه
		شاخه‌زاد	برودار	زالزالک		
۱۲۰	۱	۶۲	۲	۵۵	تراکم در هکتار	توت‌نده
۱۰۰	۰/۸	۵۱/۷	۱/۷	۴۵/۸	درصد	
۱۲۵	۱	۹۶		۲۸	تراکم در هکتار	وزگ
۱۰۰	۰/۸	۷۶/۸		۲۲/۴	درصد	

جدول ۳. تجربه واریانس متغیرهای خاک بین دو قطعه نمونه توت‌نده و وزگ در سال‌های مختلف

میانگین مربعات							
منبع تغییرات	درجه آزادی	کربن آلی خاک (درصد)	اندوخته کربن خاک (تن در هکتار)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن کل (درصد)	رطوبت (درصد)	تنفس میکروبی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
سال	۲	۱/۲۱۲ ^{ns}	۱۰۹۷/۴۹ ^{ns}	۷۸/۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۶۱۱/۱۴ ^{ns}	۱۷۱۵۲۱
خطای سال	۱	۰/۵۸۵	۹۰۴/۹	۸۶/۶۷	۰/۰۰۴	۲۹۹/۳۳	۵۱۲۵/۱۱
قطعه نمونه (رویشگاه)	۱	۰/۴۸۸ ^{ns}	۲۲۱۶/۲ ^{ns}	۲۱۷/۶ ^{ns}	۰/۰۰۴	۱۴۹/۷۷ ^{ns}	۱۹۳۲۵۲/۱۴*
سال × رویشگاه	۲	۰/۰۰۷ ^{ns}	۵۶/۷۰ ^{**}	۲۹/۷۶ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۶۲/۳۲ ^{ns}	۴۰۰۱/۲۴ ^{ns}
خطا	۲۴	۰/۶۱۰	۶۶۴/۷	۷۴/۲۹	۰/۰۰۴	۴۲۰/۳۰	۵۹۴۲/۱۹
کل	۳۰						

^{ns}: عدم معنی‌داری * : معنی‌داری در سطح ۵ درصد ** : معنی‌داری در سطح یک درصد

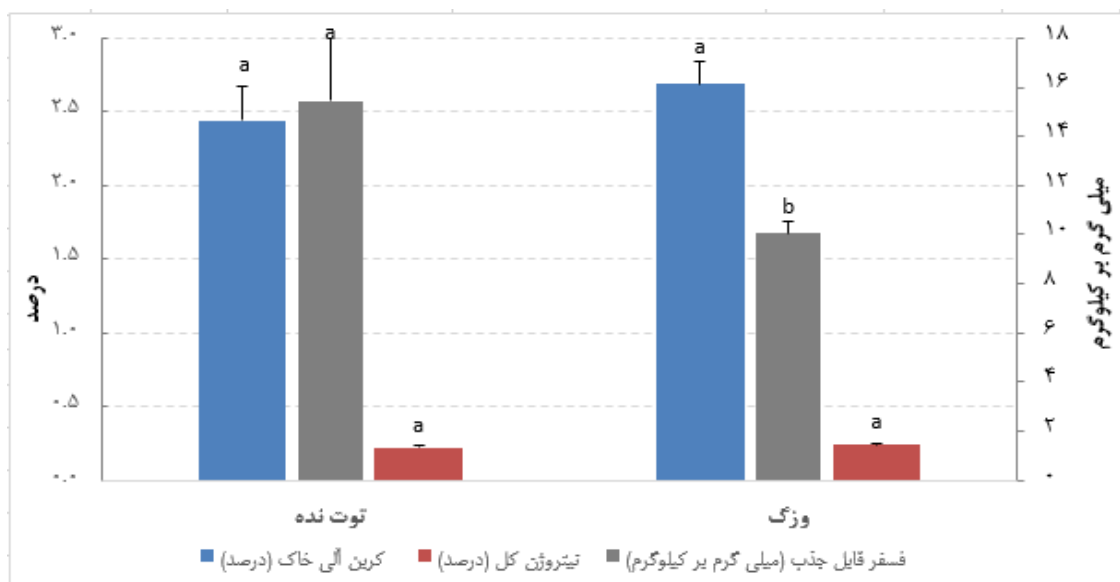
جدول ۴. مقایسه میانگین متغیرهای خاک در قطعات نمونه توت‌نده و وزگ

میانگین		
توت‌نده	وزگ	
۸۴/۸ (±۸/۲۴)	۶۷/۶ (±۳/۶۶)	اندوخته کربن آلی خاک (تن در هکتار)
۲/۴۴ (±۰/۲۳)	۲/۶۹ (±۰/۱۵)	درصد کربن آلی خاک (درصد)
۱۵/۴۴ (±۲/۹۴)	۱۰/۰۵ (±۰/۵۰)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰/۲۲ (±۰/۰۲)	۰/۲۴ (±۰/۰۱)	نیتروژن (درصد)
۱۲/۶ (±۰/۴۴)	۱۳/۹۴ (±۰/۴۶)	رطوبت (درصد)
۴۳۴/۷ (±۴۲/۸۶)	۵۴۷/۱ (±۴۳/۳۳)	تنفس میکروبی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده اشتباه معیار است.

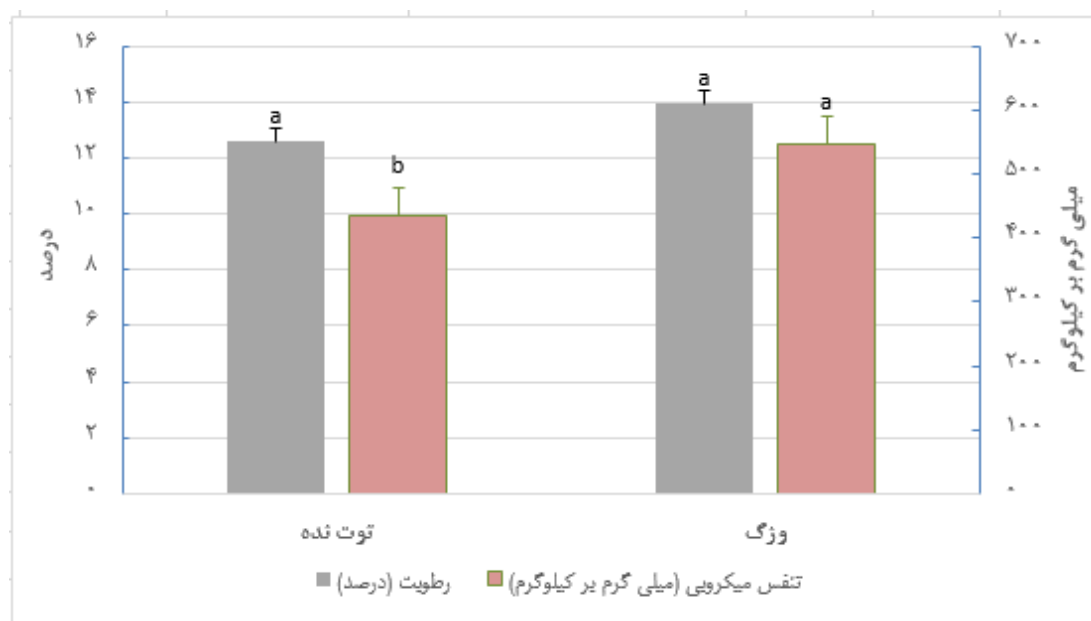
مقایسه اندوخته کربن خاک بین قطعات نمونه وزگ و توت‌نده نشان داد که میانگین اندوخته کربن آلی خاک در قطعه نمونه توت‌نده ۸۴/۷۹ و در قطعه نمونه وزگ ۶۷/۶ تن در هکتار بود و این اختلاف از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌داری بود. مقایسه میانگین سایر متغیرهای خاک در قطعات نمونه توت‌نده و وزگ در جدول ۳ مشخص شده است. اثر سال و اثرات متقابل رویشگاه و سال بر اندوخته کربن از نظر آماری در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار نشد (جدول ۴). به عبارت دیگر، در سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱، مقادیر اندوخته کربن خاک تفاوت معنی‌داری را در قطعات نمونه مورد بررسی نشان ندادند. میانگین درصد کربن آلی خاک در قطعه نمونه توت‌نده ۲/۴۳ و در قطعه نمونه وزگ ۲/۶۹ به دست آمد. این اختلاف از نظر آماری در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نشد. سال، تأثیر معنی‌داری (احتمال ۹۹ درصد) را بر مقدار کربن آلی خاک نشان

نمی‌دهد. از نظر مقدار نیتروژن کل خاک اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد بین قطعات نمونه توت‌نده (۰/۲۶ درصد) و وزگ (۰/۲۲ درصد) مشاهده نشد (شکل ۲)، همچنین مقدار این عنصر در سال‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. مقدار فسفر قابل جذب خاک در قطعه‌نمونه توت‌نده (۱۵/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از قطعه‌نمونه وزگ (۱۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود که تفاوت موجود، اختلاف آماری معنی‌داری را بین قطعات نمونه نشان داد. اما تأثیر سال نیز بر مقدار فسفر قابل جذب خاک معنی‌دار نشد (جدول ۳).



شکل ۲. مقایسه مقدار کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب خاک در قطعات نمونه توت‌نده و وزگ

میانگین درصد رطوبت خاک و تنفس میکروبی در قطعه‌نمونه وزگ به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۹۹ درصد) بیشتر از قطعه‌نمونه توت‌نده است (شکل ۳). تأثیر سال و اثر متقابل سال و قطعه‌نمونه بر مقدار رطوبت معنی‌دار (در سطح احتمال ۹۹ درصد) نبوده ولی تنها تأثیر سال بر مقدار تنفس میکروبی خاک تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳).



شکل ۳. مقایسه مقدار رطوبت و تنفس میکروبی خاک در قطعات نمونه وزگ و توت‌نده

۳-۳. همبستگی بین متغیرهای خاک

در قطعه نمونه توت‌نده، کربن آلی خاک بیشترین همبستگی را با نیتروژن کل و سپس اندوخته کربن دارد (جدول ۵). پس از آن ارتباط معنی‌دار آماری بین کربن آلی خاک و وزن مخصوص ظاهری و نسبت کربن به نیتروژن وجود دارد. ارتباط آماری معنی‌داری بین کربن آلی خاک و فسفر قابل جذب مشاهده نشد و کربن آلی با درصد سنگریزه، رطوبت و تنفس میکروبی همبستگی منفی را نشان داد. در قطعه نمونه وزگ (قرق) نیز کربن آلی خاک بیشترین همبستگی را با اندوخته کربن، نیتروژن کل، وزن مخصوص ظاهری و نسبت کربن به نیتروژن نشان داد که از نظر آماری این همبستگی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. ارتباط بین کربن آلی خاک با نیتروژن و اندوخته کربن خاک کمتر از قطعه نمونه توت‌نده است. در این قطعه نمونه نیز برخلاف قطعه نمونه توت‌نده، بین کربن آلی خاک با رطوبت همبستگی منفی وجود نداشت. ولی درصد کربن آلی با فسفر قابل جذب دارای همبستگی منفی بود. برای سایر ویژگی‌های خاک، مقدار همبستگی و همچنین معنی‌داری یا عدم معنی‌داری در جدول ۶ مشخص گردیده است.

جدول ۵. همبستگی بین ویژگی‌های مختلف خاک در قطعه نمونه توت‌نده

C/N	تنفس میکروبی	رطوبت	فسفر قابل جذب	نیتروژن کل	اندوخته کربن	درصد سنگریزه	وزن مخصوص ظاهری	درصد کربن آلی
								درصد کربن آلی
							۱	۱
							۱	**۰/۹۹۰
						۱	-۰/۱۸۶	-۰/۶۱
					۱	-۰/۱۸۶	**۱/۰۰	**۰/۹۹۰
				۱	**۰/۹۸۳	-۰/۰۶۳	**۰/۹۸۳	**۰/۹۹۴
			۱	۰/۰۲۵	-۰/۰۵۰	**۰/۷۸۱	-۰/۰۵۰	۰/۰۲۹
		۱	۰/۲۶۴	-۰/۱۶۵	-۰/۲۰۳	-۰/۲۸۳	-۰/۲۰۳	-۰/۱۶۱
	۱	**۰/۸۹۰	۰/۱۸۰	-۰/۲۷۸	-۰/۳۳۴	۰/۱۸۱	-۰/۳۳۴	-۰/۲۹۳
۱	-۰/۲۲۴	-۰/۰۵۳	۰/۰۲۵	**۰/۶۷۹	**۰/۷۴۱	-۰/۰۳۵	**۰/۷۴۱	**۰/۷۵۰

جدول ۶. همبستگی بین ویژگی‌های مختلف خاک در قطعه نمونه وزگ

C/N	تنفس میکروبی	رطوبت	فسفر قابل جذب	نیتروژن کل	اندوخته کربن	درصد سنگریزه	وزن مخصوص ظاهری	درصد کربن آلی
								درصد کربن آلی
							۱	۱
							۱	**۰/۹۳۱
						۱	۰/۱۳۸	۰/۴۶۰
					۱	۰/۱۳۸	**۱/۰۰	**۰/۹۳۱
				۱	**۰/۸۷۴	*۰/۵۲۷	**۰/۸۷۴	**۰/۹۸۰
			۱	-۰/۰۷۴	-۰/۰۱۳	۰/۱۵۶	-۰/۰۱۳	-۰/۰۴۸
		۱	۰/۰۸۲	۰/۲۳۴	۰/۰۹۳	**۰/۷۷۲	۰/۰۹۳	۰/۲۸۲
	۱	*۰/۶۶۴	-۰/۲۲۵	۰/۵۳۵	۰/۴۴۱	**۰/۷۱۳	۰/۴۴۱	۰/۵۹۰
۱	*۰/۷۰۲	۰/۴۸۱	۰/۰۸۰	-۰/۴۳۸	**۰/۷۰۸	۰/۰۱۳	**۰/۷۰۸	*۰/۶۰۳

۳-۴. روند تغییرات متغیرهای خاک

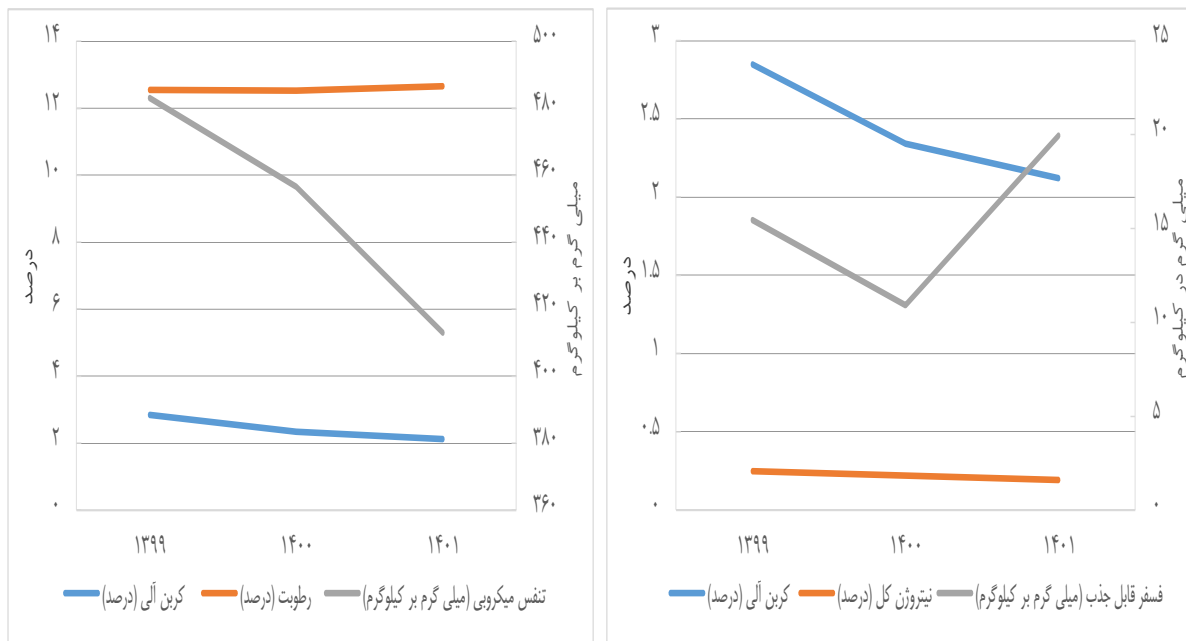
شکل ۴ روند تغییرات مقدار کربن آلی، نیتروژن و فسفر خاک را در سال‌های مختلف در قطعه‌نمونه توت‌نده نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در این قطعه‌نمونه، تغییرات درصد کربن آلی و نیتروژن کل در سال‌های مختلف از روند مشابهی پیروی می‌کنند، به طوری که با کم شدن مقدار کربن آلی خاک مقدار نیتروژن کل نیز به همان نسبت تغییر یافته است. تغییرات فسفر قابل جذب در این قطعه‌نمونه روند منظمی را نشان نداد. در شکل سمت راست نیز روند تغییرات مقدار کربن آلی، رطوبت و تنفس میکروبی خاک در سال‌های مختلف در قطعه‌نمونه توت‌نده مشاهده می‌شود. در این قطعه‌نمونه با تغییر در مقدار کربن آلی، مقدار تنفس میکروبی خاک به طور مشابهی تغییر یافته است. همچنین تغییرات درصد رطوبت خاک الگوی مشابهی را با تغییرات کربن آلی و تنفس میکروبی خاک در سال‌های مختلف نشان داده است.

در قطعه‌نمونه وزگ نیز روند تغییرات کربن آلی، نیتروژن، فسفر، رطوبت و تنفس میکروبی، شرایط مشابه با قطعه‌نمونه توت‌نده را نشان داده است. در این قطعه‌نمونه با کم و زیاد شدن کربن آلی خاک در سال‌های مختلف مقدار تنفس میکروبی، فسفر و نیتروژن کل به طور کاملاً محسوس و مشابهی تغییر یافته است. در این قطعه‌نمونه، روند تغییرات رطوبت و تنفس میکروبی خاک از الگوی مشابهی تبعیت کرده است. اما تغییرات فسفر خاک به صورت سینوسی بوده و دارای الگوی منظمی نبوده است (شکل ۵).

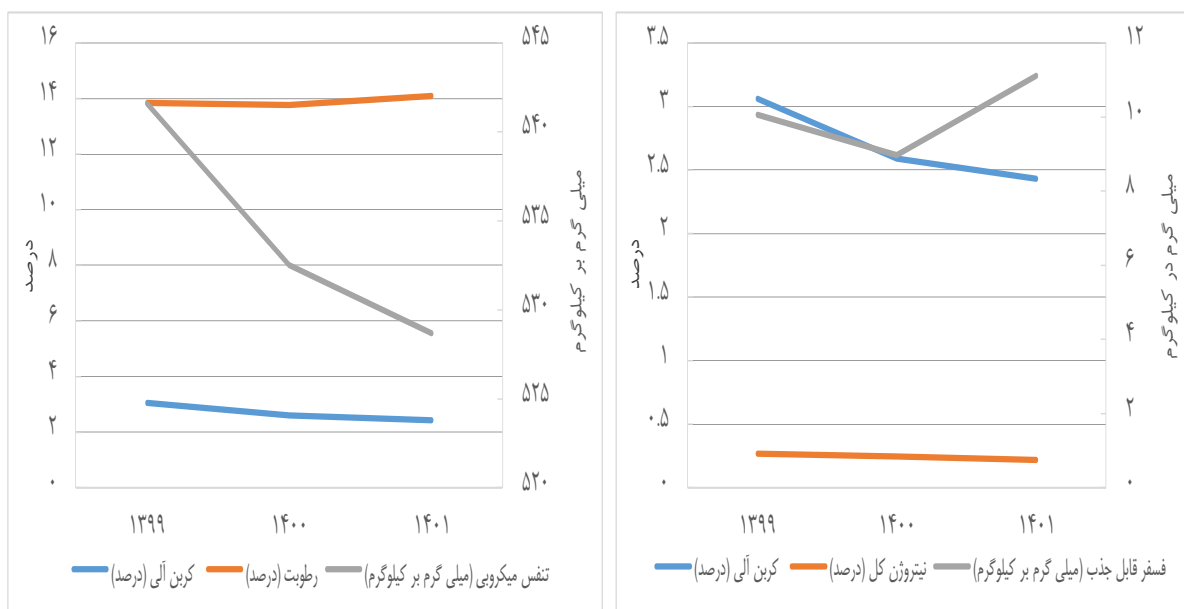
۴. بحث

طبق تحقیقات صورت گرفته و براساس نظر محققان مختلف، با اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک و مقایسه آن‌ها با خاک مناطق دست‌نخورده می‌توان تأثیر انواع مدیریت اراضی را بررسی و ارزیابی کرد [۲۰]. بنابراین در این پژوهش، پایش برخی از متغیرهای خاک در رویشگاه جنگلی وزگ به عنوان توده تحت حفاظت و رویشگاه توت‌نده به عنوان توده غیرقرق در استان کهگیلویه و بویراحمد مورد ارزیابی قرار گرفت. یکی از پارامترهای مهم در مدیریت توده‌های جنگلی آگاهی از مقدار ذخیره کربن در رویشگاه‌های مختلف جنگلی است. ترسیب کربن خاک بخش مهمی از ترسیب کربن در اکوسیستم خشکی است و تأثیر شدیدی بر CO_2 اتمسفری دارد، به طوری که تغییرات کم در تراکم کربن خاک در اثر تغییر کاربری اراضی ممکن است تغییرات زیادی در تراکم دی‌اکسید کربن اتمسفر ایجاد کند. همچنین کاهش ذخیره کربن آلی خاک با افزایش احتمال فرسایش‌پذیری و فشردگی خاک و افزایش رواناب اثر زیادی بر ساختمان خاک دارد [۲۱]. مقدار کربن آلی موجود در خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در قطعه‌نمونه وزگ و توت‌نده به ترتیب ۶۷/۶ و ۸۴/۸ تن در هکتار به دست آمد. در پژوهش پیش‌رو در قطعه‌نمونه توت‌نده ترکیب درختان تک‌پایه (۴۷/۵ درصد) و شاخه‌زاد (۵۲/۵ درصد) می‌باشند. و در قطعه‌نمونه وزگ درختان بلوط شاخه‌زاد با ۷۷ درصد بیشترین فراوانی را داشتند (جدول ۲). طبق نتایج به دست آمده مقدار اندوخته کربن در قطعه‌نمونه توت‌نده که درختان تک‌پایه و شاخه‌زاد متعادل بودند ۸۴/۷۹ تن در هکتار و در قطعه‌نمونه وزگ که درختان شاخه‌زاد غالب بودند ۶۷/۶۰ تن در هکتار محاسبه گردید. یعنی توده‌های شاخه‌زاد اندوخته کربن کمتری نسبت به توده‌های دانه‌زاد دارند. Mahmoudi Taleghani و همکاران (۲۰۰۷) مقدار ترسیب کربن خاک در طرح جنگلداری دلدره در منطقه گلند شمال کشور را ۲۸۳ تن در هکتار برآورد کردند. آنها عامل تنوع در ترکیب و آمیختگی گونه‌ها را موجب فعال بودن بوم‌سازگان و در نتیجه ترسیب کربن بیشتر در خاک ذکر کردند [۲۲]. Varamesh و همکاران (۲۰۱۰) نیز مقدار اندوخته کربن خاک در توده جنگلکاری آفاقا و کاج تهران را به ترتیب ۷۸/۲ و ۵۷ تن در هکتار گزارش کردند [۲۱]. Sohrabi و Bakhtiarvand Bakhtiari (۲۰۱۲) در بررسی تأثیر ۴ گونه جنگل کاری شده بر کربن خاک در منطقه فولاد مبارکه اصفهان، به این نتیجه رسید که گونه آفاقا با ۳۰/۴۸ تن در هکتار کربن آلی بیشترین و گونه کاج با ۱۶/۲۱ تن در هکتار کمترین کربن آلی خاک را دارا هستند. این مقدار برای گونه‌های سرو نقره‌ای و توت به ترتیب ۱۸/۷۱ و ۲۶/۸۶ تن در هکتار به دست آمد. به طور کلی، گونه‌های پهن برگ کربن بیشتری را نسبت به گونه‌های سوزنی‌برگ در خاک ترسیب کرده‌اند [۲۳]. ارزیابی تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی بر ترسیب کربن خاک در منطقه چهارطاق اردل در استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که در بین کاربری‌های مختلف اراضی، جنگل قرق با ۴۲ و جنگل تخریب‌شده با ۱۳ تن در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین اندوخته کربن خاک را داشتند [۵]. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که مقدار

کربن آلی خاک در شرایط پوشش‌های درختی متراکم، بیشتر است که این موضوع نشان‌دهنده پتانسیل زیاد ذخیره کربن توسط پوشش گیاهی است [۲۴]. نتایج تحقیقات گذشته در رابطه با تأثیر پوشش گیاهی و فرم رویشی بر مقدار اندوخته کربن با نتیجه پژوهش پیش‌رو مطابقت دارد.



شکل ۴. روند تغییرات کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب خاک در سال‌های مختلف (نمودار سمت راست) و روند تغییرات کربن آلی، رطوبت و تنفس میکروبی خاک (نمودار سمت چپ)



شکل ۵. روند تغییرات کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب خاک در سال‌های مختلف (سمت راست) و روند تغییرات کربن آلی، رطوبت و تنفس میکروبی خاک در قطعه نمونه وزگ (سمت چپ)

علاوه بر نقش کربن آلی خاک در موضوع گرمایش زمین و تغییر اقلیم، کربن آلی، ذخیرهٔ رطوبتی خاک را افزایش داده (Huntington, 2003) و نفوذپذیری و تصفیهٔ آب را بهبود می‌بخشد [۲۵]. همچنین تراکم و فشردگی^۱ خاک را کاهش داده و از این طریق مقدار آبی را که از دسترس خارج می‌شود، کاهش می‌دهد و این خود به معنی کاهش روان آب و سیلاب است [۲۶]. مواد آلی همانند اسفنج عمل کرده و شش برابر وزن خود توانایی جذب آب را دارند [۲۷]. مقدار رطوبت و تنفس میکروبی در خاک قطعه‌نمونهٔ وزگ بیشتر از قطعه‌نمونهٔ توت‌نده است که علت آن را می‌توان تراکم بالای پوشش گیاهی و سطح تاج بیشتر در قطعه‌نمونهٔ وزگ دانست. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بین مقدار کربن آلی خاک و نیتروژن کل رابطهٔ مثبت معنی‌داری وجود دارد. افزایش نیتروژن از طریق تغییر کمیت و کیفیت لاشبرگ و تغییر در جامعهٔ تجزیه‌کنندهٔ میکروبی بر کربن آلی خاک تأثیر می‌گذارد [۲۸].

صرف‌نظر از مواد آلی خاک، زی‌تودهٔ میکروبی به‌عنوان یک مخزن مهم فسفر موجود محسوب می‌گردد. بازگشت فسفر در مقایسه با بازگشت نیتروژن، به میزان اندکی با تجزیهٔ مواد آلی ارتباط پیدا می‌کند. در نتیجه فسفر آلی خاک‌های جنگلی در نتیجه آشفستگی‌های مکرر جنگلی، در مدت زمان زیاد از دست می‌روند. ترسیب کربن توسط درختان در اثر کمبود فسفر، محدود می‌شود. به‌ویژه غلظت فسفر برگ به‌عنوان عامل مهم تعیین‌کنندهٔ ظرفیت فتوسنتزی بعضی از گونه‌های درختی محسوب می‌شود [۲۸]. در تحقیق حاضر نیز میزان همبستگی بین کربن آلی خاک و فسفر در قطعه‌نمونهٔ توت‌نده دارای رابطهٔ مستقیمی بود که البته مقدار کمتری را نسبت به نیتروژن نشان داد. تغییرات روند کربن آلی خاک، نیتروژن و فسفر در طول سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ در هر دو قطعه‌نمونه بیانگر این ارتباط و برهم‌کنش مواد آلی موجود در خاک است. براساس نظر Jha و همکاران (۱۹۸۴) اغلب خاک‌هایی که دارای کربن آلی زیاد هستند، الزاماً درصد نیتروژن زیادی نیز دارند. این یافته در پژوهش پیش‌رو نیز مشهود بود. افزایش نیتروژن خاک می‌تواند سبب بهبود کمیت و کیفیت فعالیت میکروارگانیزم-های خاک شده و در نهایت منجر به افزایش کربن آلی خاک شود [۲۹].

تنفس گیاه و تنفس میکروبی در طول عمل تجزیهٔ لاشبرگ و مادهٔ آلی خاک جزء فرآیندهایی است که منجر به هدر رفت کربن از اکوسیستم‌های جنگلی می‌شود [۳۰]. افزایش رطوبت به‌طور معمول شرایط را برای فعالیت‌های میکروبی مهیا می‌کند به‌همین دلیل بیشتر بودن مقدار تنفس میکروبی در قطعه‌نمونهٔ وزگ نسبت به قطعه‌نمونهٔ توت‌نده که از میانگین رطوبت بیشتری برخوردار است قابل توجیه و منطقی است. به‌عبارت دیگر، به‌دلیل بالا بودن مقدار مادهٔ آلی خاک (کربن آلی) در قطعه‌نمونهٔ وزگ، مواد اولیهٔ مورد نیاز جهت تنفس میکروبی خاک فراهم‌تر بوده و به‌دلیل رطوبت بیشتر خاک، مواد اولیه به‌راحتی در اختیار جمعیت میکروبی قرار گرفته و نرخ تنفس افزایش یافته است.

۵. نتیجه‌گیری

تخریب جنگل‌ها سبب تخریب خاک به‌عنوان اساس حیات بوم‌سازگان‌های زمینی می‌شود، بنابراین پایش و ارزش روند تغییرات در طی زمان می‌تواند با ارائهٔ اطلاعات علمی مانع از تخریب خاک و آسیب این بوم‌سازگان‌ها شود. تأثیر مدیریت توده، شرایط رویشگاهی، تنوع و تراکم پوشش گیاهی در اندوختهٔ کربن اکوسیستم جنگلی بسیار حائز اهمیت بوده و بر همین مبنای تفاوت زیاد اندوختهٔ کربن کل در قطعه‌نمونهٔ تحت حفاظت (۶۷/۶۰ تن درهکتار) نسبت به قطعه‌نمونهٔ غیر قرق (۸۴/۷۹ تن درهکتار) مشاهده شد. در مطالعات مختلف، اندوختهٔ کربن خاک بیشترین سهم اندوختهٔ کربن را در اکوسیستم‌های مورد مطالعه به‌خود اختصاص داده که این موضوع بر نقش و اهمیت خاک در اکوسیستم‌های طبیعی به‌عنوان یک اندوخته‌گاه طبیعی برای جذب و نگهداشت کربن اتمسفری تأکید دارد و هرگونه دخالت و تخریب در خاک رویشگاه‌های طبیعی می‌تواند به‌عنوان یک چالش جدی در تغییرات اقلیمی محسوب گردد. همچنان که در این پژوهش به‌علت فرسایش و دخالت‌های انسانی، مقدار کربن آلی در رویشگاه قرق کمتر از توده غیرقرق برآورد گردید. همچنین معنی‌داری تغییرات عناصر خاک در سال‌های مختلف این تحقیق نشان می‌دهد که برای سنجش و پایش اندوختهٔ کربن ضرورت دارد عناصر خاک به‌طور سالیانه اندازه‌گیری گردد.

^۱Compaction

۶. منابع

- [1] 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.
- [2] Lal, R. (2003). Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect, *Critical Review in Plant Sciences*, 22(2), 151-184.
- [3] Teimour, M., Alizadeh, T., Iranmanesh, Y., Sadgezdeh Hallaj, M.H., & Pourhashemi, M. (2022). The evaluation of changes in the chemical and biological properties of soil in Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests of Chaharmahal & Bakhtiari Province, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 31(1), 14-26. (In Persian)
- [4] 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.
- [5] Eskandari Shahraki, A., Kiani, B., & Iranmanesh, Y. (2016). Effects of different land use types on soil organic carbon storage. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(3), 379-389. (In Persian)
- [6] Tafazoli, M., Hojjati, S. M., Jalilvand, H., Lamersdorf, N., & Tafazoli, M., (2021). Effect of nitrogen addition on soil CO₂ efflux and fine root biomass in maple monocultures of the Hyrcanian region. *Annals of Forest Science*, 78 (2), 1-11. (In Persian)
- [7] Maleki, S. (2023). Changes in soil microbial respiration in relation to soil temperature and moisture in different directions and distances from the trunk of different oak species (Case study: Armardeh Forests, Baneh). *Quarterly Journal of Environmental Erosion Research*, 3(51), 194-211. (In Persian)
- [8] Yao, H., Peng, H., Hong, B., Ding, H., Hong, Y., Zhu, Y., & et al. (2022). Seasonal and diurnal variations in ecosystem respiration and environmental controls from an alpine wetland in arid northwest China. *Journal of Plant Ecology*. 15 (5), 933-946.
- [9] Ji, X., Liu, M., Yang, J., & F. Feng. (2022). Meta-analysis of the impact of freeze-thaw cycles on soil microbial diversity and C and N dynamics, *Soil Biology and Biochemistry*, 168, 108608.
- [10] Zhang, C., Song, C., Wang, D., Qin, W., Zhu, B., Li, F.Y., Wang, Y., & Ma, W. (2022). Precipitation and land use alter soil respiration in an Inner Mongolian grassland. *Plant and Soil*, 1- 14.
- [11] Dong, L., Zeng, W., Wang, A., Tang, J., Yao, X., & Wang, W. (2020). Response of soil respiration and its components to warming and dominant species removal along an elevation gradient in alpine meadow of the Qinghai-Tibetan plateau. *Environmental Science & Technology*, 54(17), 10472-10482.
- [12] Li, Y., Lin, S., Chen, Q., Ma, X., Wang, S., & He, K. 2022. Response of soil respiration to environmental and photosynthetic factors in different subalpine forest-cover types in a loess alpine hilly region. *Journal of Forestry Research*, 33(2), 653-65.
- [13] Zarafshar, M., Iranmanesh, Y., Pourhashemi, M., Bordbar, S.K., Negahdarsaber, M., 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 litter and some soil characteristics (Case study: Dehkohne forest of Sepidan, Fars Province). *Journal of Forest Research and Development*, 7(2), 313-325. (In Persian)
- [14] Cha, J.Y., Cha, Y., & Oh, N.H. (2019). The effects of tree species on soil organic carbon content in South Korea. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 124, 708-716.
- [15] MacDicken, K.G. (1997). A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. 87 p.
- [16] Anderson, T.H. (2003). Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98 (1-3), 285-293.
- [17] Das, S., Wang, W., Reeves, S., Dalal, R.C., Dang, Y.P., Gonzalez, A., & et al. (2022). Nontarget impacts of pesticides on soil N transformations, abundances of nitrifying and denitrifying genes, and nitrous oxide emissions. *Science of The Total Environment*, 844, p.157043.
- [18] Neave, H.W., Schütz, K.E., & Dalley, D.E. (2022). Behavior of dairy cows managed outdoors in winter: Effects of weather and paddock soil conditions, *Journal of Dairy Science*, 105(10), 8298-8315.

- [19] White, N.A., Varner, R.K., & C. R. Perryman. (2022). Controls on carbon gas fluxes from a temperate forest soil, 37 p.
- [20] Mandal, D., Singh, R., Dhyani, S., & Dhyani, B. (2010). Landscape and land use effects on soil resources in a Himalayan watershed. *Catena*, 81 (3), 203-208.
- [21] Varamesh, S., Hosseini, S.M., Abdi, N., & Akbarinia, M. (2010). Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. *Iranian Journal of Forest*, 2(1), 25-35. (In Persian)
- [22] Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, GH. Adel, E., & Sagheb-Talebi, KH. (2007). Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(3), 241-252. (In Persian)
- [23] Bakhtiarvand Bakhtiari, S., & Sohrabi, H. (2012). Allometric equations for estimating above and below-ground carbon storage of four broadleaved and coniferous trees. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(3), 481-492. (In Persian)
- [24] Rostami, Z., Ghasemi Aghbash, F., & Pazhouhan, I. (2020). Assessment of carbon sequestration rate in biomass and soil of Iranian oak stands under charcoal production (Case study: Bastam area of Al-shater city). *Iranian Journal of Forest*, 12(2), 161-174. (In Persian)
- [25] Huntington, T.G. (2003). Available Water Capacity and Soil Organic Matter. In Lal Rattan. (ed.). *Encyclopedia of Soil Science*. Marcel Dekker, New York, pp. 1-5.
- [26] Kimble, J.M. Rice, C.W. Reed, D. Mooney, S. Follett, R.F., & Lal, R. (2007). Soil carbon management, economic, environmental and societal benefits. 1th Ed., CRC press. New York. 284 p.
- [27] Olness A., & Archer D. (2005). Effect of Organic Carbon on Available Water in Soil. *Soil Science*, Vol. 170. 12 p.
- [28] Lorenz, K., & Lal, R. (2010). Carbon sequestration in forest Ecosystem. Heidelberg, Springer Press, 298 p.
- [29] Jha, R.C., Sharma, N.N., & Maurya, K. R. (1984). Effect of sowing dates and mulching materials on the yield of turmeric. Proc. *PLACROSYM-V*, 495-498.
- [30] Shabani, S., Vahedi, A.A. Ahmadi, A., & Faramarzi, H. (2022). Modeling changes in soil carbon stock concerning the soil beneath dead tree. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 31(1), 41-56. (In Persian)