نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۳، شماره ۳، ۱۴۰۰، صفحات ۶۰۲-۶۱۳

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 13, Issue 3, 2021, Pages 602-613
DOI: 10.22092/ijwmse.2021.351264.1823

مقایسه مقدار ذخیره کربن خاک در گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، مطالعه موردی: آبخوان کوهدشت

آرش دریک*[۱]، قوام‌الدین زاهدی امیری[۲]، محمد جعفری[۳] و مهران زند[۴]

[۱] دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، [۲و۳] استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران و [۴] دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱

چکیده

تراکم دی‌اکسید کربن اتمسفر در اثر فعالیت‌های انسانی، روند گرم شدن کره زمین را بسیار افزایش داده است. جنگل‌کاری یکی از راهکارهای مؤثر برای جذب دی‌اکسید کربن و افزایش ذخیره کربن در بوم‌سازگان خشکی و کاهش گرمایش زمین است. این پژوهش، با هدف بررسی مقایسه میزان ذخیره کربن خاک در توده‌های درختی منطقه آبخوان کوهدشت و ارائه بهترین مدل رگرسیونی ذخیره کربن بر اساس تمامی مشخصه‌های خاک انجام گرفت. در هر یک از توده‌های ۲۰ ساله انجیر، انار، پسته، بادام زراعی و سرو نقره‌ای و مرتع شاهد، تعداد ۱۰ کرت ۵×۵ متر به‌صورت تصادفی انتخاب و داخل هر کرت از عمق‌های صفر تا ۱۰، ۳۰-۱۰ و ۵۰-۳۰ سانتی‌متری خاک، نمونه‌برداری انجام و مشخصه‌های خاکشناسی (بافت خاک، کربن آلی، وزن مخصوص ظاهری، هدایت الکتریکی، درصد آهک و اسیدیته خاک) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار میانگین ذخیره کربن خاک در گونه پسته (۵۴/۹۴ تن در هکتار) به‌طور معنی‌داری ($P<0/01$) بیشتر از انجیر (۵۰/۲۳ تن در هکتار)، بادام زراعی (۳۱/۵۳ تن در هکتار)، انار (۲۷/۰۹ تن در هکتار)، سرو نقره‌ای (۲۴/۱۷ تن در هکتار) و مرتع شاهد (۹/۰۱ تن در هکتار) است. در بین توده‌های مورد بررسی، اجزا تشکیل‌دهنده بافت خاک، مقدار اسیدیته، کربن آلی، هدایت الکتریکی و وزن مخصوص ظاهری خاک، اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P<0/01$). همچنین، نتیجه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که بافت خاک و مقدار اسیدیته به‌ترتیب از مهمترین اجزاء تأثیرگذار بر مقدار ذخیره کربن خاک بودند.

واژه‌های کلیدی: بافت خاک، جنگل‌کاری، بوم سازگان، کربن آلی، رگرسیون گام‌به‌گام

مقدمه

انتشار دی‌اکسید کربن حاصل از سوخت‌های فسیلی، به‌شدت در طول قرن بیستم افزایش‌یافته است، به‌طوری‌که غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر از ۲۸۰ ppm در سال ۱۷۵۰ میلادی به ۳۹۹ ppm در سال ۲۰۰۰ رسیده است و در حال حاضر با نرخ ۱/۵ $ppmyear^{-1}$ و یا ۳/۳ $PgCyear^{-1}$ افزایش می‌یابد ('Que're و همکاران، ۲۰۱۶). افزایش سطح جنگل از راه جنگل‌کاری در بسیاری از کشورهای جهان، به‌عنوان یکی از راه‌های کاهش آثار گرم شدن زمین، در مجامع مختلف زیست‌محیطی جهان، مورد توجه و تأکید قرارگرفته است (Paul و همکاران، ۲۰۰۲). بعد از کاهش انتشار سوخت‌های فسیلی، بخش مهمی از کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری به ترسیب کربن در

* مسئول مکاتبات: arashderikvandi@yahoo.com

اکوسیستم‌های طبیعی مربوط می‌شود. کربن در بخش‌های مختلف اکوسیستم جنگلی می‌تواند ترسیب شود که مهمترین آن‌ها خاک است (Schlesinger، ۱۹۹۹). حدود ۷۵ درصد از کربن اتمسفر در خاک ذخیره می‌شود (Henderson، ۱۹۹۵) و خاک مناطق جنگلی ۴۰ درصد از این مقدار را می‌توانند ذخیره کنند (Dixon و همکاران، ۱۹۹۴)؛ بنابراین، اکوسیستم‌های جنگلی جهان هم در جذب دی‌اکسید کربن اتمسفری تأثیر دارند و هم شرایط مناسب برای چرخش و ذخیره آن در خاک را فراهم می‌کنند (LaL، ۲۰۰۵). به‌عبارتی کربن خاک جنگل، حاصل تعادل میان نهاده‌ها (لاشه ریزی) و ستاده‌ها (تجزیه میکروبی، آتش‌سوزی، فرسایش و آبشویی) است که تحت تأثیر اقلیم، رژیم‌های آشفتگی، ترکیب جامعه گیاهی و میکروارگانیسم‌ها و زمان تغییر می‌یابد (Varamesh، ۲۰۱۰). ترسیب کربن در خاک بستگی به میزان فتوسنتز و جذب کربن به‌وسیله گیاهان دارد. علاوه‌بر افزایش تجمع کربن به‌وسیله فتوسنتز در ذی‌توده گیاهان، مدیریت ذخیره‌سازی کربن و ماده آلی در خاک اراضی جنگلی و نیز مراتع از عوامل مهم هستند. تغییر کاربری اراضی از جنگل و مرتع به اراضی کشاورزی ازجمله نکات منفی است که موجب کاهش ذخیره کربن آلی خاک و افزایش رواناب، فرسایش‌پذیری و فشردگی خاک، می‌شود (NASEM، ۲۰۱۹). ازاین‌رو، جنگل‌کاری در اراضی بایر و تخریب‌شده و مدیریت آن، اثر زیادی بر ترسیب کربن خاک خواهد داشت، به‌طوری‌که بسیاری از محققان افزایش چشمگیر ترسیب کربن خاک تحت پوشش جنگل‌کاری‌ها را گزارش کرده‌اند و این خود مشوق خوبی برای اهمیت دادن به ترسیب کربن در خاک است (Cheng و همکاران، ۲۰۰۷؛ Xiao-wen و همکاران، ۲۰۰۹).

در پژوهش Cheng (۲۰۱۵) که با هدف برآورد افزایش و ترسیب کربن در سنین مختلف (یک، چهار، هفت و ۱۰ ساله) توده درخت[1] و همچنین، توزیع کربن در بین اجزای مختلف زیست‌توده و در عمق‌های مختلف خاک در منطقه گوانزیو چین انجام شد، به این نتیجه رسید که با افزایش سن درختان، میزان ذخیره‌سازی کربن بیشتر می‌شود و بیشترین میزان ترسیب کربن در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک وجود دارد.

مطالعات Nobakht (۲۰۱۱) در طرح جنگلداری دهمیان مازندران نشان داد که مقدار ترسیب کربن خاک در توده‌های پیسه‌آ[2]، ون[3]، کاج سیاه[4] و بلوط بلند مازو[5] به‌ترتیب ۱۲۴/۳، ۴۹/۷، ۸۷/۶ و ۷۸/۱ تن در هکتار است، همچنین، در نتیجه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که درصد نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن از مهمترین اجزاء تأثیرگذار بر مقدار کربن آلی خاک بودند. همچنین، در پژوهشی Jalilvand (۲۰۱۵) نیز با هدف بررسی اثر جنگل‌کاری بر ذخیره کربن خاک، در منطقه برنجستان مازندران با گونه‌های درختی مانند افرا پلت[6]، زبان‌گنجشک[7]، صنوبرتبریزی[8] و کاج بروسیا[9] نشان داد که کربن در سطح (عمق صفر تا ۱۰) بیشتر ذخیره می‌شود و میزان ذخیره کربن در توده زبان‌گنجشک بیشتر از سایر گونه‌ها است. با توجه به مطالب مذکور، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر توده جنگل‌کاری ۲۰ ساله با گونه‌های انار[10]، انجیر[11]، بادام[12]، پسته[13] و سرو نقره‌ای[14] بر مقدار ذخیره کربن و برخی خصوصیات خاک در ایستگاه پخش سیلاب داوود درشید کوهدشت (آبخوان کوهدشت) انجام گرفته است.

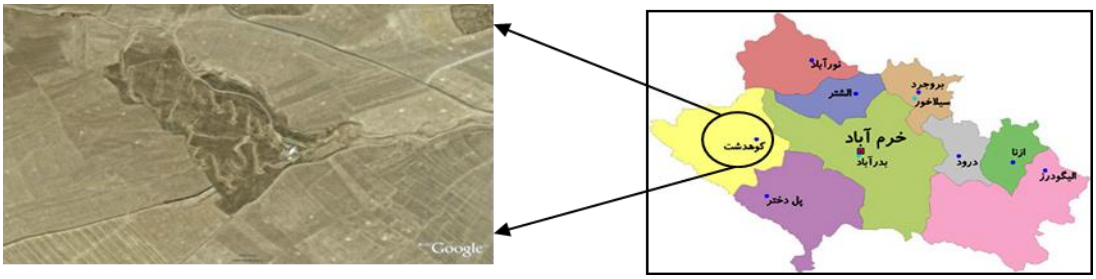
مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه به وسعت ۲۰ هکتار در حدود ۹۰ کیلومتری غرب مرکز استان لرستان (خرم‌آباد) و هشت کیلومتری شمال شهرستان کوهدشت (استان لرستان) با

[1] Zanthoxylum bungeanum

[2] Picea Abies L. Krast
[3] Fraxinus excelsior
[4] Pinus nigra
[5] Quercus castanifolia
[6] Acer (velotinum Boiss)
[7] Fraxinus excelsior L
[8] Populus nigra L
[9] Pinus brutia
[10] Punica granatum
[11] Ficus carica
[12] Amygdalus lycioides
[13] Pistacia vera
[14] Cupressus arizonica

مختصات جغرافیایی (UTM)، به طول جغرافیایی "۳۰ '۳۳ °۳۳ تا "۰۰ '۳۴ °۳۳ شمالی و عرض جغرافیایی از "۴۵ '۴۰ °۴۷ تا "۱۵ '۴۱ °۴۷ شرقی واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (آبخوان کوهدشت)

توده‌های جنگلی مورد بررسی که در سال ۱۳۷۵ کاشته شدند، شامل گونه‌های انار، انجیر، بادام، پسته و سرو نقره‌ای هستند. از لحاظ اقلیمی منطقه مورد مطالعه جزء محدوده اقلیمی نیمه‌خشک تا مدیترانه‌ای است. میانگین درجه حرارت سالیانه منطقه برابر ۱۵/۷ درجه سانتی‌گراد بوده، دمای هوا از دست‌کم منهای ۷/۳ درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه تا بیشینه ۴۳/۴ درجه سانتی‌گراد در تیرماه در نوسان است. میانگین بارندگی سالیانه منطقه نیز ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد. از نظر خاکشناسی، جنس خاک حوضه از نظر رده‌بندی جزء خاک‌های آبرفتی ۲ محسوب می‌شود. از نظر رژیم حرارتی این خاک‌ها ترمیک و رژیم رطوبتی آن‌ها زریک است. جهت عمومی منطقه رو به جنوب غرب بوده، متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۲۷ متر می‌باشد و از این لحاظ، شرایط همگنی در منطقه برای پنج توده جنگل‌کاری وجود دارد.

روش نمونه‌برداری و تجزیه خاک: به‌منظور نمونه‌برداری خاک در هر توده جنگل‌کاری (انار، انجیر، بادام، پسته، سرو نقره‌ای) تعداد ۱۰ کرت ۵×۵ متر به‌صورت تصادفی سیستماتیک مستقر شد و در داخل هر کرت پس از کنار زدن لایه لاشبرگی، از سه عمق صفر تا ۱۰، ۱۰-۳۰ و ۳۰-۵۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد. برای به کمینه رساندن خطا، نمونه‌برداری به‌صورت ترکیبی انجام گرفت، به این صورت که چهار نمونه خاک از چهار گوشه کرت برداشت شد و سپس، نمونه‌ها باهم مخلوط شد. به این ترتیب، در هر توده از هر عمق ۱۰ نمونه برداشت شد. نمونه‌ها در هوای آزاد خشک و بعد از خرد کردن کلوخه‌ها، جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و سایر ناخالص‌ها، از الک دو میلی‌متری (مش ۲۰) عبور داده شده، به آزمایشگاه منتقل شدند (Mcdicken، ۱۹۹۷؛ Maranona و همکاران، ۱۹۹۹؛ Paul و همکاران، ۲۰۰۲؛ Losi و همکاران، ۲۰۰۳؛ Hernandez و همکاران، ۲۰۰۴). بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری، اسیدیته خاک با استفاده از گل اشباع و به کمک دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، کربن آلی به روش والکلی بلک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (Jafari Haghighi، ۲۰۰۳؛ Ghazan Shahi، ۱۹۹۷). مقدار ذخیره کربن برحسب کیلوگرم بر مترمربع بر اساس رابطه $OC = 10000 \times OC\% \times BD \times E$ محاسبه شد. که در آن، OC مقدار ذخیره کربن آلی (کیلوگرم بر مترمربع)، OC درصد کربن آلی، BD وزن مخصوص ظاهری خاک (سانتی‌متر مکعب) و E عمق نمونه‌برداری خاک (سانتی‌متر) است (Zahedi، ۱۹۹۸).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: به‌منظور انجام محاسبات آماری، با استفاده از نرم‌افزار SPSS 25، ابتدا نرمال بودن داده‌ها به کمک آزمون kolmogorov Smirn off و همگنی آن‌ها با آزمون Levene بررسی شد، با توجه به نرمال و همگن بودن داده‌ها، تجزیه واریانس انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. همچنین، برای تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل (مشخصه‌های خاک) و وابسته (مقدار ذخیره کربن خاک) از آزمون رگرسیون چند متغیره استفاده شد.

آزمون عدم خودهمبستگی بین خطاها با استفاده از آماره دوربین واتسون اجرا شد. سپس، رابطه رگرسیونی بین متغیرهای مستقل و وابسته تعیین شد. برای دستیابی به مدل مناسب ذخیره کربن از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد.

شکل ۲- نمایی ازافق‌های مختلف حفر شده خاک در توده‌های جنگل‌کاری منطقه مورد مطالعه

نتایج و بحث

محاسبه مقادیر ذخیره کربن و درصد کربن آلی در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک توده‌های جنگل‌کاری: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین ذخیره کربن و درصد کربن آلی در سطح یک درصد اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). همچنین، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد که در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر خاک توده‌های جنگل‌کاری، خاک گونه انجیر بیشترین مقدار ذخیره کربن و خاک گونه سرو نقره‌ای کمترین مقدار ذخیره کربن را داشتند (جدول ۲).

محاسبه مقادیر ذخیره کربن و درصد کربن آلی در عمق ۳۰-۱۰ سانتی‌متری خاک توده‌های جنگل‌کاری: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین ذخیره کربن و درصد کربن آلی در سطح یک درصد اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). همچنین، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد که در عمق ۳۰-۱۰ سانتی‌متری خاک توده‌های جنگل‌کاری، خاک گونه پسته با (۷۰/۱۰ تن در هکتار) بیشترین ذخیره کربن و خاک گونه انار با (۲۸/۵۴ تن در هکتار) کمترین ذخیره کربن را داشتند (جدول ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارها در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاکِ توده‌های درختی در منطقه مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات ذخیره کربن ($tonha^{-1}$)	میانگین مربعات درصد کربن آلی (OC)
تیمار (توده‌های درختی)	۵	۲۸۹۶/۸۹۹**	۱۶/۲۵۵**
اشتباه آزمایشی	۱۱۱	۰/۸۹۸	۰/۰۱۴
کل	۱۱۶	-	-

** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مختلف در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری خاکِ توده‌های درختی با آزمون دانکن

توده‌های درختی	ذخیره کربن ($tonha^{-1}$)	درصد کربن آلی (OC)
انجیر	۳۹/۹۶ a	۳/۱۱ a
پسته	۳۷/۴۹ b	۲/۷۸ b
انار	۲۵/۶۲ c	۱/۹۶ c
بادام	۲۴/۹۷ c	۱/۸۴ d
سرو نقره‌ای	۲۳/۹۷ c	۱/۸۲ d
عرصه شاهد	۸/۱۹ d	۰/۶۷ e

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارها در عمق ۳۰-۱۰ سانتی‌متری خاکِ توده‌های درختی در منطقه مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات ذخیره کربن ($tonha^{-1}$)	میانگین مربعات درصد کربن آلی (OC)
تیمار (توده‌های درختی)	۵	۱۰۷۷۶/۷۶۶**	۱۴/۴۲۶**
اشتباه آزمایشی	۱۱۱	۳/۲۱۶	۰/۰۱۳
کل	۱۱۶	-	-

** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف در عمق ۳۰-۱۰ سانتی‌متری خاکِ توده‌های درختی با آزمون دانکن

توده‌های درختی	ذخیره کربن ($tonha^{-1}$)	درصد کربن آلی (OC)
پسته	۷۰/۱۰ a	۲/۵۲ a
انجیر	۶۴/۷۸ b	۲/۴۶ a
بادام	۴۰/۴۰ c	۱/۴۴ b
سرو نقره‌ای	۳۰/۴۳ d	۱/۱۴ c
انار	۲۸/۵۴ d	۱/۰۶ c
عرصه شاهد	۱۰/۹۸ e	۰/۴۳ d

محاسبه مقادیر ذخیره کربن و درصد کربن آلی در عمق ۵۰-۳۰ سانتی‌متری خاک توده‌های جنگل‌کاری: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین ذخیره کربن و درصد کربن آلی در سطح یک درصد اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). همچنین، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد که در عمق ۵۰-۳۰ سانتی‌متر خاک توده‌های جنگل‌کاری، خاک گونه پسته بیشترین مقدار ذخیره کربن و خاک گونه سرو نقره‌ای کمترین ذخیره کربن را داشتند (جدول ۶).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارها در عمق ۵۰-۳۰ سانتی‌متری خاکِ توده‌های درختی در منطقه مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات ذخیره کربن ($tonha^{-1}$)	میانگین مربعات درصد کربن آلی (OC)
تیمار (توده‌های درختی)	۵	۶۷۵۹/۱۸۵**	۸/۵۷۸**
اشتباه آزمایشی	۱۱۱	۳/۱۳۰	۰/۰۰۷
کل	۱۱۶	-	-

** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مختلف در عمق ۵۰-۳۰ سانتی‌متری خاکِ توده‌های درختی با آزمون دانکن

توده‌های درختی	ذخیره کربن ($tonha^{-1}$)	درصد کربن آلی (OC)
پسته	۵۷/۲۳ a	۲/۰۱ a
انجیر	۴۵/۹۶ b	۱/۷۴ b
بادام	۲۹/۲۲ c	۰/۹۹ c
انار	۲۷/۱۰ c	۰/۹۵ c
سرو نقره‌ای	۱۸/۱۱ d	۰/۶۸ c
عرصه شاهد	۷/۸۵ e	۰/۳۰ d

محاسبه مقادیر ذخیره کربن و درصد کربن آلی در عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متری خاک توده‌های

جنگل‌کاری: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین ذخیره کربن و درصد کربن آلی در سطح یک درصد اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). همچنین، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد که در عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متر خاک توده‌های جنگل‌کاری، خاک گونه پسته با ۵۴/۹۴ تن در هکتار بیشترین مقدار ذخیره کربن و خاک گونه سرو نقره‌ای با ۲۴/۱۷ تن در هکتار کمترین ذخیره کربن را داشتند (جدول ۸).

بدین‌ترتیب، با توجه به نتایج جداول ۱ الی ۸ مشخص شد که میزان کربن آلی و ذخیره کربن خاک در توده‌های مورد بررسی به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) متفاوت است، به‌طوری‌که خاک در توده پسته (۵۴/۹۴ تن در هکتار) با بیشترین مقدار ذخیره کربن، اختلاف معنی‌داری را با سایر توده‌ها نشان می‌دهد (شکل‌های ۳ و ۴).

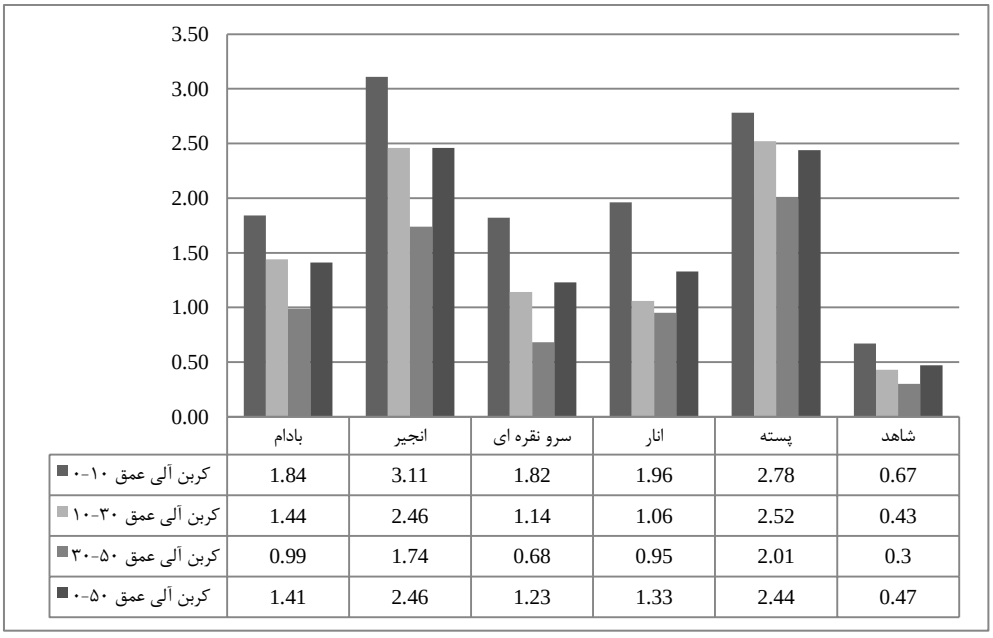
جدول ۷- تجزیه واریانس اثر تیمارها در عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متری خاکِ توده‌های درختی در منطقه مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات ذخیره کربن ($tonha^{-1}$)	میانگین مربعات درصد کربن آلی (OC)
تیمار (توده‌های درختی)	۵	۱۸۶۹۴/۰۸۹**	۳۷/۷۴۳**
اشتباه آزمایشی	۳۴۵	۵۹/۲۸۱	۰/۱۶۶
کل	۳۵۰	-	-

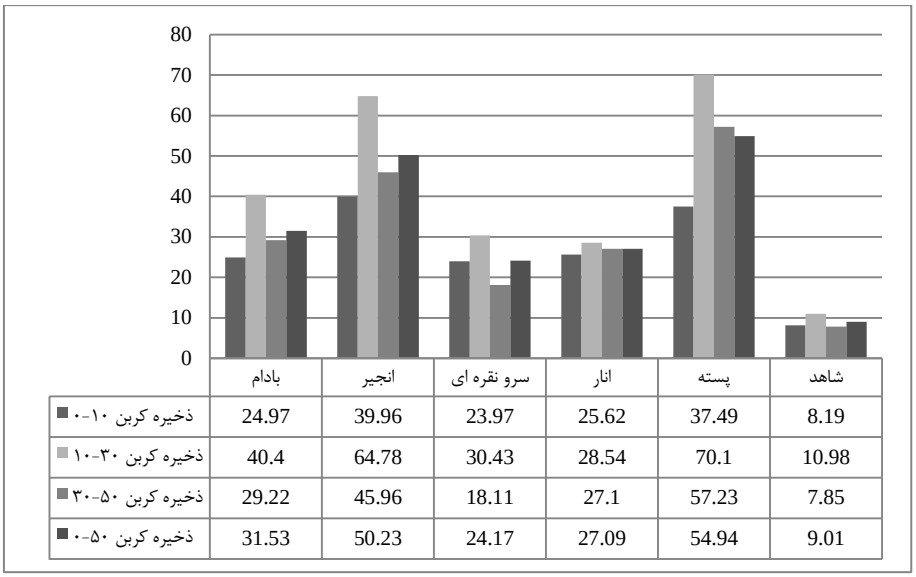
** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات مختلف در عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متری خاکِ توده‌های درختی با آزمون دانکن

توده‌های درختی	ذخیره کربن ($tonha^{-1}$)	درصد کربن آلی (OC)
پسته	۵۴/۹۴ a	۲/۴۴ a
انجیر	۵۰/۲۳ b	۲/۴۶ a
بادام	۳۱/۵۳ c	۱/۴۱ b
انار	۲۷/۰۹ d	۱/۳۳ bc
سرو نقره‌ای	۲۴/۱۷ e	۱/۲۳ c
عرصه شاهد	۹/۰۱ f	۰/۴۷ d



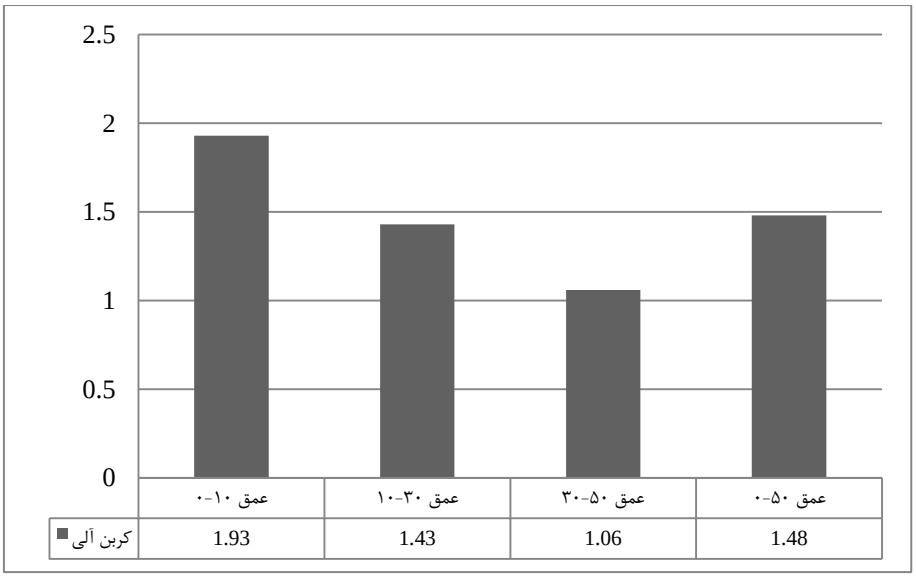
شکل ۳- نمودار هیستوگرام مقادیر درصد کربن در عمق‌های مختلف توده‌های جنگل‌کاری



	بادام	انجیر	سرو نقره ای	انار	پسته	شاهد
ذخیره کربن ۱۰-۰	24.97	39.96	23.97	25.62	37.49	8.19
ذخیره کربن ۳۰-۱۰	40.4	64.78	30.43	28.54	70.1	10.98
ذخیره کربن ۵۰-۳۰	29.22	45.96	18.11	27.1	57.23	7.85
ذخیره کربن ۵۰-۰	31.53	50.23	24.17	27.09	54.94	9.01

شکل ۴- نمودار هیستوگرام مقادیر ذخیره کربن خاک در عمق‌های مختلف توده‌های جنگل‌کاری

همچنین، بر اساس نتایج به‌دست آمده، با بررسی مقادیر ذخیره کربن خاک و درصد کربن آلی در عمق‌های مختلف، مشخص شد که مقدار درصد کربن آلی از سطح به عمق خاک کاهش می‌یابد و مقدار ذخیره کربن خاک در عمق‌های پایینی بیشتر از لایه سطحی خاک است (شکل‌های ۵ و ۶).

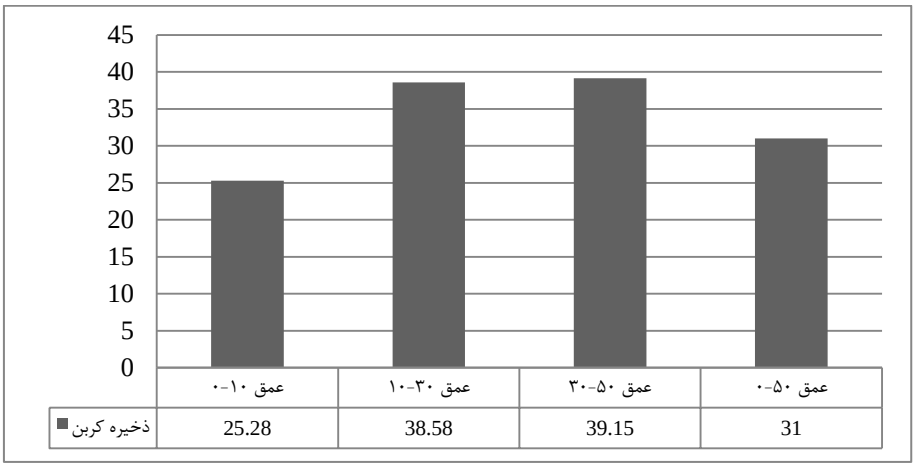


	عمق ۱۰-۰	عمق ۳۰-۱۰	عمق ۵۰-۳۰	عمق ۵۰-۰
کربن آلی	1.93	1.43	1.06	1.48

شکل ۵- نمودار هیستوگرام نتایج حاصل از میانگین درصد کربن آلی توده‌های درختی در عمق‌های مختلف

بررسی صفات مورد بررسی خاک توده‌های درختی در منطقه مورد مطالعه: مقایسه میانگین خصوصیات خاک در توده‌های درختی نشان می‌دهد که میانگین درصد کربن آلی و ماده آلی در گونه انجیر بیشتر از پسته، بادام، انار و سرو نقره‌ای است، به‌طوری‌که عمق خاک صفر تا ۱۰ سانتی‌متر در گونه انجیر دارای بیشترین مقدار و عمق ۵۰-۳۰ سانتی‌متر در گونه سرو نقره‌ای دارای کمترین مقدار آن است، البته عمق‌های خاک ۳۰-۱۰ و ۵۰-۳۰ سانتی‌متر در گونه پسته، بیشترین مقدار درصد کربن آلی و ماده آلی را دارا می‌باشد. در لایه سطحی خاک (عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر) حداکثر مقدار شن، رس و سیلت به‌ترتیب در توده‌های سرو نقره‌ای، پسته و بادام مشاهده می‌شود. بیشترین و کمترین مقدار هدایت

الکتریکی در توده بادام و سرو نقره‌ای است. جنگل‌کاری با سرو نقره‌ای در مقایسه با سایر گونه‌های پهن‌برگ به کاهش pH خاک منجر شده و تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. همچنین، گونه سرو نقره‌ای و انجیر به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار درصد آهک است (جدول ۹).



شکل ۶- نمودار هیستوگرام نتایج حاصل از میانگین ذخیره کربن خاک توده‌های درختی در عمق‌های مختلف

جدول ۹- مقادیر میانگین مشخصه‌های خاک در توده‌های مختلف جنگل‌کاری

گونه درختی	عمق خاک (سانتی‌متر)	شن (درصد)	رس (درصد)	لای (درصد)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	آهک (درصد)	ماده آلی (درصد)	کربن آلی (درصد)
بادام	۱۰-۰	۱۹/۳۳	۲۳/۶۷	۵۷	۷/۴۱	۰/۶۳	۱/۳۵	۳۸/۲۳	۳/۱۷	۱/۸۴
	۳۰-۱۰	۲۵/۳۳	۲۸/۵۰	۴۶/۱۷	۷/۴۷	۰/۵۷	۱/۳۹	۸۶/۲۷	۲/۴۹	۱/۴۴
	۵۰-۳۰	۲۱/۸۳	۳۳/۱۷	۴۵	۷/۴۹	۰/۵۸	۱/۴۳	۳۵/۴۸	۱/۷۶	۱/۰۲
	۵۰-۰	۲۲/۱۷	۲۸/۴۴	۴۹/۳۹	۷/۴۶	۰/۵۹	۱/۳۹	۵۳/۳۲	۲/۴۷	۱/۴۳
انجیر	۱۰-۰	۳۰/۱۷	۳۲/۵۰	۳۷/۳۳	۷/۶۲	۰/۴۱	۱/۲۷	۳۵/۸۰	۵/۴۲	۳/۱۴
	۳۰-۱۰	۳۴/۱۷	۲۷/۳۳	۳۸/۵۰	۷/۷۰	۰/۳۸	۱/۲۹	۳۷/۰۱	۴/۳۱	۲/۵۰
	۵۰-۳۰	۳۳/۳۳	۲۷/۵۰	۳۹/۱۷	۷/۷۷	۰/۳۸	۱/۳۲	۳۸/۰۷	۳	۱/۷۴
	۵۰-۰	۳۲/۵۶	۲۹/۱۱	۳۸/۳۳	۷/۷۰	۰/۳۹	۱/۲۹	۳۶/۹۶	۴/۲۴	۲/۴۶
سرو نقره‌ای	۱۰-۰	۴۵/۸۳	۱۸/۸۳	۳۵/۳۳	۶/۸۸	۰/۳۸	۱/۲۹	۵۶/۶۸	۳/۱۹	۱/۸۵
	۳۰-۱۰	۴۹/۶۷	۱۸/۱۷	۳۲/۱۷	۶/۸۹	۰/۳۷	۱/۳۰	۵۸/۷۸	۲/۰۱	۱/۱۶
	۵۰-۳۰	۴۷	۱۹	۳۴	۶/۸۲	۰/۳۰	۱/۳۲	۵۷/۸۶	۱/۱۷	۰/۶۸
	۵۰-۰	۴۷/۵	۱۸/۶۷	۳۳/۸۳	۶/۸۵	۰/۳۵	۱/۳۰	۵۷/۷۷	۲/۱۲	۱/۲۳
انار	۱۰-۰	۱۸	۳۵/۵۰	۴۶/۵۰	۷/۵۶	۰/۷۳	۱/۳۰	۵۲/۵۸	۳/۳۸	۱/۹۶
	۳۰-۱۰	۲۵	۳۳	۴۲	۷/۵۴	۰/۴۷	۱/۳۴	۴۴/۸۳	۱/۸۲	۱/۰۶
	۵۰-۳۰	۲۹/۵	۳۶/۵۰	۳۴	۷/۵۹	۰/۵۶	۱/۳۶	۴۱/۱۵	۱/۷۱	۰/۹۹
	۵۰-۰	۲۴/۱۷	۳۵	۴۰/۸۳	۷/۵۶	۰/۵۹	۱/۳۳	۴۶/۱۸	۲/۳۰	۱/۳۳
پسته	۱۰-۰	۲۷/۱۷	۳۶/۱۷	۳۶/۵۰	۷/۵۹	۰/۷۳	۱/۳۵	۴۵/۷۱	۴/۷۹	۲/۷۸
	۳۰-۱۰	۲۷/۳۳	۳۷/۱۷	۳۵/۶۷	۷/۵۷	۰/۴۹	۱/۳۹	۳۸/۰۷	۴/۳۴	۲/۵۲
	۵۰-۳۰	۳۲/۵۰	۳۲/۸۳	۳۴/۶۷	۷/۵۵	۰/۵۳	۱/۴۱	۴۰/۲۸	۳/۴۷	۲/۰۱
	۵۰-۰	۲۹	۳۵/۳۹	۳۵/۶۱	۷/۵۷	۰/۵۸	۱/۳۸	۴۱/۳۵	۴/۲۰	۲/۴۳

مدل رگرسیونی ذخیره کربن خاک توده‌های درختی در منطقه مورد مطالعه: بر اساس تمامی داده‌های مشخصه‌های خاک برای دستیابی به مدل ذخیره کربن از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. در مرحله اول، مقدار کربن ذخیره‌شده با اجزاء تشکیل‌دهنده بافت خاک مورد آزمون قرار گرفت. در

این مرحله، تنها درصد شن با ضریب تبیین ۰/۰۸ در مدل محاسبه شد. سپس، مدل نهایی با قرار دادن تمامی مشخصه‌های خاک به‌منظور برآورد بهترین مدل مورد آزمون قرار گرفت که مقدار اسیدیته با ضریب تبیین ۰/۱۷ تائید شد. در جداول ۱۰ و ۱۱ شاخص‌های آماری و تمامی مدل‌های تائید شده نشان داده‌شده است.

جدول ۱۰- ضریب تبیین و خطای محاسبه‌شده در مدل‌های پیش‌بینی‌شده ذخیره کربن بر اساس مشخصه‌های خاک

مدل	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تصحیح‌شده	انحراف معیار ضریب تبیین	ضریب دوربین واتسن
۱	۰/۲۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۱۴/۷۴	
۲	۰/۴۱	۰/۱۷	۰/۱۴	۱۴/۱۶	۱/۲۳

جدول ۱۱- تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام کربن آلی خاک (متغیر وابسته) با دیگر خصوصیات خاک (متغیر مستقل)

مدل	معادله رگرسیونی
۱	$Y = 58.854 - 0.537\ sand\%$
۲	$Y = -158.791 - 0.744\ sand\% + 28.32\ pH$

نتیجه‌گیری

گرمایش جهانی به‌علت انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی بوده، در این میان ذخیره کربن به‌علت نقش آن در ذخیره بلندمدت، هزینه کم و اهمیت اکولوژیک ابزار مفیدی برای مبارزه با تغییر اقلیم مورد توجه است. نتایج پژوهش Srivastava و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که جنگل‌کاری در مناطقی که فاقد پوشش درختی بوده باعث افزایش قابل‌ملاحظه در کربن آلی خاک شده است، به‌طوری‌که جنگل‌کاری با گونه‌های پسته، انجیر، بادام زراعی، انار و سرو نقره‌ای به‌ترتیب باعث افزایش میانگین ذخیره کربن خاک به میزان ۴۵/۹۳، ۴۱/۲۲، ۲۲/۵۲، ۱۸/۰۸ و ۱۵/۱۶ تن در هکتار نسبت به منطقه شاهد مرتع (۹/۰۱ تن در هکتار) شده است. تفاوتی که در میزان کربن موجود در خاک توده‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود، بارزترین نتیجه از تأثیر نوع جنگل‌کاری انجام‌شده در منطقه است، زیرا گونه‌های مختلف توانایی‌های متفاوتی در بازسازی خاک اکوسیستم از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در تعامل با دیگر اعضای اکوسیستم دارند (Binkley، ۱۹۹۵). نتایج تحقیقات موجود نیز مؤید این است که نوع و ترکیب گونه‌های موجود در اشکوب فوقانی جنگل تأثیر زیادی در ورودی کربن به خاک دارد و مقدار کربن خاک را تغییر می‌دهد (Schulp و همکاران، ۲۰۰۸؛ Agusto و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، نتایج پژوهش Singh و همکاران (۱۹۹۳) بیانگر رابطه ذخیره کربن آلی خاک با درصد پوشش گیاهی، نوع گونه‌های گیاهی، مقدار لاش برگ و بقایای گیاهی، نوع کاربری اراضی و مدیریت می‌باشد؛ بنابراین، اگر در یک منطقه پوشش گیاهی به‌خوبی استقرار یابد، در بلندمدت مقدار کربن آلی خاک افزایش می‌یابد، زیرا تغییرات کربن آلی خاک تدریجی است.

نتایج جداول ۱ الی ۸ و شکل‌های ۵ و ۶ نشان داد که با افزایش عمق خاک، مقدار درصد کربن آلی خاک کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در تمام توده‌ها مقدار درصد کربن آلی در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری از عمق‌های ۳۰-۱۰ و ۵۰-۳۰ سانتی‌متری بیشتر است که با نتایج Singh (۱۹۹۳) مطابقت دارد و این نتیجه را می‌توان به روند تدریجی تجزیه لاش‌برگ‌ها و تبدیل آن به هوموس که از لایه‌های سطحی آغاز می‌شود، تفسیر کرد. در مورد مقدار ذخیره کربن در عمق‌های مختلف خاک، مطالعات Varmash و همکاران، (۲۰۱۱) و Jimenez و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که با افزایش عمق خاک مقدار ذخیره کربن خاک کاهش می‌یابد، ولی نتایج این پژوهش (جداول ۱ الی ۸ و

شکل‌های ۵ و ۶) عکس این موضوع را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در عمق‌های ۳۰-۱۰ و ۵۰-۳۰ سانتی‌متر مقدار کربن ذخیره‌شده در خاک بیشتر از لایه سطحی (عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر) است، به‌دلیل این‌که در منطقه (آبخوان کوهدشت) فعالیت‌های آبخیزداری انجام‌شده، شستشوی مواد خاک صورت گرفته و باعث مهاجرت مواد آلی و ذرات کلوئیدی خاک از سطح به عمق شده و همین امر موجب افزایش مقدار ذخیره کربن خاک شده است، همچنین، به‌دلیل این‌که در عمق‌های مختلف خاک، مقدار درصد کربن آلی دارای اختلاف جزئی می‌باشد، به نظر می‌رسد، پهنای عمق خاک نیز اندکی می‌تواند در مقدار کربن ذخیره‌شده مؤثر باشد.

نتایج شکل‌های ۳ و ۴ نشان داد که در بین گونه‌های درختی، پسته و سرو نقره‌ای به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر میانگین ذخیره کربن خاک را دارا هستند. بدین‌ترتیب، کاشت گونه‌های پهن‌برگ در کوتاه‌مدت موجب ذخیره کربن بیشتری نسبت به گونه‌های سوزنی‌برگ می‌شود. مطالعات Schlesinger (۱۹۹۰) نشان داد، گونه‌های درختی پهن‌برگ تولید لاش‌برگ و بازگشت عناصر غذایی را افزایش می‌دهند و بعد از جنگل‌کاری ورود مواد آلی به خاک به‌دلیل تجزیه ریشه و لاش‌برگ افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش Tiessen و همکاران (۱۹۹۴) نشان داد که گونه‌های سوزنی‌برگ تند رشدتر بوده، سطح برگ بیشتری دارند، ولی به‌دلیل وجود مواد رزینی و فنلی در برگشان، تأثیر منفی در تجزیه لاش‌برگ آن‌ها دارد؛ در حالی‌که برگه‌ای گونه‌های پهن‌برگ به‌دلیل نیتروژن بالا و نسبت C/N کمتر با سرعت بیشتری تجزیه می‌شود. این موضوع در مورد نتایج این پژوهش نیز صدق می‌کند. همچنین، گیاهانی با ریشه گسترده‌تر، زیست‌توده بیشتر و عمق نفوذ بیشتر قادرند، میزان ذخیره کربن در هر هکتار خاک را تا پنج .Gt در سال افزایش دهند (Paustian، ۲۰۱۴).

بر اساس نتایج جدول ۹، سرو نقره‌ای دارای بیشترین مقدار شن و پسته بیشترین مقدار رس را دارا است. Zahedi (۲۰۱۵) معتقد است که دانه‌بندی خاک (شن، سلیت و رس) به لحاظ قطر ذرات و خاصیت کلوئیدی‌شان در پیوند جذب مواد آلی نقش مؤثری دارند. ذرات شن به‌علت خاصیت خنثی در فرایند جذب مواد آلی غیرفعال عمل می‌کند، بنابراین، در خاک‌هایی که میزان درصد شن در آن بیشتر باشد، ظرفیت و ذخیره کربن آلی کاهش می‌یابد و بالعکس در شرایطی که خاک‌ها از ذرات ریزدانه غنی باشند، ذخیره مواد آلی در آن افزایش می‌یابد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. نتایج حاصل از روش رگرسیون گام‌به‌گام (جدول ۱۰ و ۱۱) در پژوهش حاضر نشان داد که بافت خاک و مقدار اسیدیته (pH) به‌ترتیب از مهمترین اجزاء تأثیرگذار بر مقدار ذخیره کربن خاک بوده‌اند. Banfield و همکاران (۲۰۰۲) یک رابطه نمایی بین بافت خاک و کربن بیوماس میکروبی خاک و سپس، ذخیره کربن آلی مشاهده کردند. همچنین، Chandler (۱۹۳۹) نشان داد که کربن آلی خاک متأثر از خواص تبادل کاتیونی، بافت و تراکم خاک می‌باشد. در خصوص وجود ارتباط بین ذخیره کربن خاک و مقدار اسیدیته خاک Scullberg (۱۹۹۱) در مطالعه‌ای که با عنوان تغییرات pH در جنگل‌های سوئد انجام داد، به این نتیجه رسید که pH می‌تواند ارتباط معنی‌داری با کربن آلی خاک داشته باشد، همچنین، Zahedi (۱۹۹۸) در مطالعه‌ای که به‌منظور مقایسه میزان ذخیره کربن در دو توده پهن‌برگ راش-بلوط و افرا-زبان‌گنجشک انجام داد، نتیجه گرفت که اگرچه pH با برخی از عناصر خاک مانند N ارتباط خوبی داشت، اما ارتباط معنی‌داری بین کربن و pH مشاهده نشد.

به‌طورکلی، نتایج تحقیقات گذشته و این پژوهش ثابت کرد که جنگل‌کاری نقش مهمی در جذب دی‌اکسید کربن دارد. بایستی توجه داشت که پتانسیل ذخیره کربن برحسب گونه گیاهی، اقلیم، سن جنگل‌کاری، عمق خاک و شیوه مدیریت متفاوت است (Yan و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین، با شناخت گونه‌هایی که توانایی ذخیره کربن بیشتری دارند و همچنین، بررسی عوامل مدیریتی که بر فرایند ذخیره کربن تأثیرگذار هستند، می‌توان اصلاح و احیاء اراضی از نظر شاخص ذخیره کربن را دنبال کرد، این کار علاوه‌بر این‌که مانع فرسایش و آبشویی خاک می‌شود، گام مثبتی در جهت افزایش ذخیره کربن، کاهش دی‌اکسید کربن و بحران تغییر اقلیم خواهد بود.

منابع مورد استفاده

1. Augusto, L., J. Ranger, D. Binkley and A. Rothe. 2002. Impacts of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annals of Forest Science, 59: 233-253.
2. Banfield, G.E., J.S. Bhatti, H. Jiang and M.J. Apps. 2002. Variability in regional scale estimates of carbon stocks in boreal forest ecosystems: results from West-Central Alberta. Forest Ecology and Management, 169: 15-27.
3. Binkley, D. 1995. The influence of tree species on forest soils: processes and patterns. In Proceedings of the Trees and Soil Workshop, 994 pages.
4. Chandler, R.f. 1939. Cation exchange properties of certain forest soils in the Adirondack section. Journal of Agricultural Research, 59: 491 -505.
5. Cheng, C.M., R.S. Wang and J.S. Jiang. 2007. Variation of soil fertility and carbon sequestration by planting Hevea brasiliensis in Hainan island, china. Journal of Environmental Sciences, 19: 348-352.
6. Cheng, J., X. Lee, B.K. Theng, L. Zhang, B. Fang and F. Li. 2015. Biomass accumulation and carbon sequestration in an age-sequence of Zanthoxylum bungeanum plantations under the grain for green program in karst regions, Guizhou province. Agricultural and Forest Meteorology, 203: 88-95.
7. Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler and J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science, 263: 185-190.
8. Ghazan Shahi, J. 1997. Soil and plant analysis. Homa Publication, 311 pages (in Persian).
9. Henderson, G.S. 1995. Soil organic matter: a link between forest management and productivity. Carbon Forms and Functions in Forest Soils, 2: 419-435.
10. Hernandez, R., P. Koohafkan and J. Antoine. 2004. Assessing carbon stocks and modeling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use change. Food and Agriculture Organization, 166 pages (in Persian).
11. Jafari Haghighi, M. 2003. Methods for soil analysis (sampling and important physical and chemical analyses). Neda Zoha Press, 236 pages (in Persian).
12. Jalilvand, H., Z. Jafarian and M. Yusefi. 2015. Effect of forestation hardwood and softwood on soil carbon storage in Berenjestanak forest at Mazandaran Province. Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources), 68: 179-190 (in Persian).
13. Jimenez, J., R. Lal, R.O. Russo and H.A. Leblanc. 2008. The soil organic carbon in particle-size separates under different regrowth forest stands for north eastern Costa Rica. Ecological Engineering, 34: 300-310.
14. Lal, R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. Forest Ecology and Management, 220: 317-333.
15. Losi, C.J., T.G. Siccama, R. Condit and E.J. Morales. 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. Forest Ecology and Management, 184: 355-368.
16. Maranona, T., R. Ajbiloua, F. Ojedab and J. Arroyob. 1999. Biodiversity of woody species in oak woodlands of southern Spain and northern Morocco. Forest Ecology and Management, 115: 147-159.
17. McDicken, K.G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program, 91 pages.
18. NASEM. 2019. Negative emissions technologies and reliable sequestration: a agenda. National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, Washington DC, The National Academies Press.
19. Nobakht, A., M. Pourmajidian, S.M. Hojjati and A. Fallah. 2011. A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures, case study: Dehmian forest management plan, Mazandaran. Iranian Journal of Forest, 3: 13-23 (in Persian).
20. Paul, K., I. Polglase, J.G. Nyakuengama and P.K. Khanna. 2002. Change in soil carbon following afforestation. Forest Ecology and Management, 168: 241-257.
21. Paustian, K. 2014. Carbon sequestration in soil and vegetation and greenhouse gases emissions reduction; global environmental change. Handbook of Global Environmental Pollution, 1: 399–406.
22. Quéré, C.L., R.M. Andrew, J.G. Canadell, S. Sitch, J.I. Korsbakken, G.P. Peters and R.F. Keeling. 2016. Earth System Science Data, 8: 605-649.
23. Schlesinger, W.M. 1990. Evidence from chronoseqence studies for a low carbon storage potential of soils. Nature, 249: 319-330.
24. Schlesinger, W.H. 1999. Soil organic matter a source of atmospheric CO_2. Department of Botany. North Carolina, USA. 111-125.
25. Schulp Catharina, J.E., G.J. Naburus, P.H. Verburg and R.W. Waal. 2008. Effect of tree species on carbon stock in forest floor and mineral soil and implication for soil carbon inventories. Forest Ecology and Management, 256: 482-490.

26. Scullberg, U. 1991. Seasonal variation of pH_{H2O} and pH_{Cacl2} in centimeter-layers of mor humus in a *Picea abies* (L.) Karst stand. Scandinavian Journal of Forest Research, 6: 3-18.
27. Singh, G. and N.T. Singh. 1993. Mesquite for revegetation of salt lands. Central Soil Salinity Research Institute, Bulletin No. 18: 20-26.
28. Singh, G., N. Bala, K.K. Chaudhuri and R.L. Meena. 2003. Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. Indian Forester, 129: 859-864.
29. Srivastava, P., A. Kumar, S.K. Behera, Y.K. Sharma and N. Singh. 2012. Soil carbon sequestration: an innovative strategy for reducing atmospheric carbon dioxide concentration. Biodiversity and Conservation, 21: 1343-1358 (in Persian).
30. Tiessen, H., E. Cuevas and P. Chacon. 1994. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. Nature, 371: 783-785.
31. Varamesh, S., S.M. Hosseini, N. Abdi and M. Akbarinia. 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: 25-35 (in Persian).
32. Varmash, S., S.M. Hosseini and N. Abdi. 2011. Effect of broadleaved plantation on carbon sequestration in Chitgar Forest Park. Iranian Journal of Soil Research, 25: 187-196 (in Persian).
33. Xiao-Wen, D., H. Shi-Jie, H.U. Yan-ling and Z.H. Yumei. 2009. Carbon and nitrogen transformations in surface soils under ermans birch and dark coniferous forests. Pedosphere, 19: 230-237.
34. Yan, H., M. Cao, J. Liu and B. Tao. 2007. Potential and sustainability for carbon sequestration with improved soil management in agricultural soils of China. Agriculture, Ecosystems and Environment, 121: 325-335.
35. Zahedi, Gh. 1998. Relation between ground vegetation and soil characteristics in a mixed hardwood stand. PhD Thesis, Ghent University, 319 pages (in Persian).
36. Zahedi Amiri, Gh. and N. Zargham. 2015. Carbon sequestration in terrestrial 744 ecosystems. University of Tehran Press, 550 pages (in Persian).

DOI: 10.22092/ijwmse.2021.351264.1823

Comparison of soil carbon stock in broadleaved and coniferous tree species, case study:Kuhdasht Aquifer

Arash Derik[*1], Ghavamudin Zahedi Amiri[2], Mohammad Jafari[3] and Mehran Zand[4]
[1] PhD Student, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran, [2 and 3] Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran and [4] Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran

Received: 25 July 2020 Accepted: 10 January 2021

Abstract

Increased concentration of atmospheric carbon dioxide due to human activities has resulted in accelerated global warming process. Forestation is the most effective way to absorb atmospheric carbon dioxide and store it in terrestrial ecosystems in order to reduce and mitigate global warming. This study aimed to investigate the comparison of soil carbon sequestration in various stands in Kuhdasht Aquifer and to present the best regression model for carbon sequestration based on all soil characteristics. In each stand (20-year old) of Ficus carica, Punica granatum, Pistacia vera, Amygdalus lycioides and Cupressus arizonica species as well as control rangeland, a number of 10 sample plots (5×5 m) were randomly selected and soil samples were taken in each plot at 0-10, 10-30 and 30-50 cm depths. All soil samples were transferred to the laboratory in order to measure soil characteristics including soil texture, organic carbon, bulk density, electrical conductivity, lime percentage and soil acidity. The results showed that the highest value of carbon sequestration in soil of Pistacia vera stand (54.94 tha^{-1}) significantly (P <%1) higher compared to other stands, followed by Ficus carica (50.23 tha^{-1}), Amygdalus lycioides (31.53 tha^{-1}), Punica granatum (27.09 tha^{-1}), Cupressus arizonica (24.17 tha^{-1}) and control rangeland (9.01 tha^{-1}) stands. Results also showed significant differences (P <%1) between the studied stands in terms of soil texture, acidity, organic carbon, electrical conductivity and soil bulk density. Also, the result of stepwise regression indicated that soil texture and acidity were the most important components affecting soil carbon sequestration, respectively.

Keywords: Forestation, Ecosystem, Organic carbon, Soil texture, Stepwise regression

[*] Corresponding author: arashderikvandi@yahoo.com