

## تأثیر جنگل کاری با گونه‌های اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) و بادام کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach.) بر ترسیب کربن و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعه موردی: پارک جنگلی دشت مازة دهدشت)

زهرا روانشادی<sup>۱</sup>، سهراب الوانی نژاد<sup>۲\*</sup>، ابراهیم ادهمی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۳۱

### چکیده

امروزه گرمایش زمین و تغییر اقلیم ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های عصر حاضر به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود. جنگل کاری مؤثرترین راهکار برای جذب دی‌اکسیدکربن در بوم‌سازگان خشکی و کاهش گرمایش زمین است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثرات جنگل کاری با گونه‌های اکالیپتوس و بادام کوهی روی ترسیب کربن و برخی از خصوصیات خاک در پارک جنگلی دشت مازة دهدشت در جنوب غربی ایران است. به‌همین منظور نمونه‌برداری از خاک منطقه، با استفاده از روش منظم- تصادفی از اعماق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری انجام و پس از اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل درصد رس، شن، سیلت، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی، فسفر، پتاسیم و کربن آلی در آزمایشگاه، داده‌ها از روش آزمون مقایسات میانگین متعامد، با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ آنالیز شدند. نتایج نشان داد که مقدار ترسیب کربن خاک در منطقه جنگل کاری شده و شاهد به‌ترتیب برابر ۲۰/۸ و ۸/۷ تن در هکتار بوده است ( $p < 0.01$ ). همچنین، مقدار ترسیب کربن، کربن آلی و پتاسیم خاک در توده اکالیپتوس بیشتر از توده بادام کوهی بود ( $p < 0.05$ ). نتایج نشان داد عمق خاک تأثیری روی ترسیب کربن و سایر صفات خاک نداشت. نتایج تجزیه همبستگی نیز نشان داد که بین درصد کربن آلی خاک با صفات رس، سیلت و پتاسیم همبستگی مثبت معنی‌دار و با شن رابطه منفی معنی‌دار وجود داشت.

**واژه‌های کلیدی:** استان کهگیلویه و بویراحمد، تغییر اقلیم، کربن آلی خاک، مقایسات میانگین متعامد.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج

۲. استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پژوهشکده منابع طبیعی و زیست محیطی دانشگاه یاسوج، نویسنده مسئول/

Email: salvaninejad@yu.ac.ir

۳. دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج

## مقدمه

افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب‌وهوایی از مهم‌ترین چالش‌های محیط‌زیستی جهان امروز به‌شمار می‌روند (بابران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). این گازها شامل دی‌اکسیدکربن، متان، اکسید نیتروژن و ازن می‌باشند که در لایه تروپوسفر تجمع می‌یابند و اثر گلخانه‌ای را ایجاد می‌کنند (کرمی کرد علیوند و همکاران، ۲۰۱۵). این گازها منجر به افزایش گرمای جهانی می‌شوند و انتظار می‌رود در آینده بر میزان آن‌ها افزوده شود (عبدی و همکاران، ۲۰۰۸). دی‌اکسید کربن یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که در دهه‌های اخیر، افزایش مقدار آن در اتمسفر سبب گرم شدن هوای کره زمین شده است. گرم شدن هوا و تغییر اقلیم اثرات مخربی بر اکوسیستم‌های آبی و خشکی دارد. تغییر کاربری زمین و افزایش بی‌رویه مصرف سوخت‌های فسیلی از مهم‌ترین عوامل افزایش دهنده دی‌اکسیدکربن اتمسفر به‌شمار می‌روند؛ به‌طوری‌که حدود ۳۴ درصد از کل میزان کربن منتشرشده، ناشی از تغییر کاربری اراضی و ۶۶ درصد از آن از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی وارد جو می‌شود (لال، ۲۰۰۴).

از راهبردهای اساسی در مواجهه با پدیده گرم شدن زمین، استفاده از پتانسیل بوم‌سازگان‌های جنگلی به‌منظور کاهش میزان دی‌اکسیدکربن موجود در جو است. کربن در بخش‌های مختلف اکوسیستم‌های جنگلی می‌تواند ذخیره یا ترسیب شود. ذخایر کربن در جنگل شامل موجودی سرپا، زی‌توده مرده و کربن موجود در خاک است (لال، ۲۰۰۴). ترسیب کربن از طریق ذخیره طولانی‌مدت دی‌اکسیدکربن اتمسفر در ماده آلی خاک، تصاعد دی‌اکسیدکربن به اتمسفر را جبران کرده و به حاصلخیزی خاک کمک می‌کند (فولت و رید<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰). با توجه به کاهش روزافزون سطح جنگل‌ها، جنگل‌کاری نه تنها به‌عنوان یکی از روش‌های بازسازی اراضی تخریب‌شده است، بلکه یک اقدام اساسی برای حفاظت از خاک، آب، مبارزه با بیابان‌زایی، تهیه چوب و افزایش ذخیره کربن خاک است (چن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). جنگل‌کاری و

احیای جنگل سبب ذخیره دوباره کربن آلی خاک شده و این موضوع نشان‌دهنده قابلیت سیستم خاک و گیاه برای نگهداشت کربن خاک است (پولادی و همکاران، ۲۰۱۳). از آنجایی که پالایش کربن با روش‌های مصنوعی، هزینه سنگینی را در بر دارد (کانل<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۹۲)، ساده‌ترین و ارزان‌ترین راهکار ممکن برای کاهش دی‌اکسیدکربن در جو، ترسیب آن در زیست‌توده گیاهی و خاک است (ویلیام<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲؛ عبدی و همکاران، ۲۰۰۸). فرایند ترسیب کربن برحسب گونه گیاهی، مکان و شیوه مدیریت متفاوت است (اسچومن<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). اهمیت ترسیب کربن به‌حدی است که در سال‌های اخیر، پژوهش‌های زیادی در زمینه ترسیب کربن در مناطق جنگلی و توده‌های جنگل‌کاری‌شده در نقاط مختلف جهان انجام شده است. جکسون<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۲) تأثیر جنگل‌کاری بر ترسیب کربن را در منطقه‌ای از آمریکا با بارندگی بین ۲۳۰-۶۶۰ میلی‌متر بررسی کرده و مشاهده نمودند که ذخیره کل کربن اکوسیستم با جنگل‌کاری از ۲/۹ تن در هکتار به ۱۰/۱ تن در هکتار افزایش یافته است. ورامش و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه تأثیر جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ بر ترسیب کربن خاک در پارک جنگلی چیتگر تهران گزارش کردند که مقدار کربن ترسیب‌شده در واحد سطح توده‌های اقایا و زبان‌گنجشک به ترتیب ۷۸/۱۹ و ۴۸ تن در هکتار و در مرتع شاهد ۱۰/۸ تن در هکتار بود. در مطالعه‌ای دیگر در جنگل‌کاری‌های خالص سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در طرح جنگل‌داری ده‌میان واقع در استان مازندران، گزارش شد که مقدار ترسیب کربن در توده جنگل‌کاری پیسه‌آ<sup>۸</sup> (۱۲۴/۳ تن در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده کاج سیاه<sup>۹</sup> (۹۴/۷ تن در هکتار)، ون (۸۷/۶ تن در هکتار) و بلوط بلندمازو (۷۸/۱ تن در هکتار) است (نوبخت و همکاران، ۲۰۱۱). اسکولپ<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۰۸) معتقدند که نوع و ترکیب گونه‌های موجود

4. Cannell  
5. William  
6. Schuman  
7. Jackson  
8. *Picea abies*  
9. *Pinus nigra*  
10. schulp

1. Babran  
2. Follet & Reed  
3. Chen

از سطح دریای این منطقه ۸۰۵ متر است. براساس آمار دوازده‌ساله (۱۳۷۹-۱۳۹۱) ایستگاه هواشناسی سینوپتیک دهدشت، میانگین بارندگی سالانه منطقه ۳۸۶/۵ میلی‌متر، میانگین دمای حداکثر، حداقل و متوسط درجه‌حرارت سالیانه به ترتیب ۲۸/۵، ۱۱/۶ و ۲۰/۱ درجه سانتی‌گراد است (شمس، ۲۰۱۴). براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک است.

### روش تحقیق

به‌منظور نمونه‌برداری از خاک منطقه، دو توده جنگل کاری شده با استفاده از گونه‌های اکالیپتوس و بادام‌کوهی به وسعت ۱۰ هکتار به‌همراه اراضی بایر اطراف (قطعه شاهد) در پارک جنگلی دشت مازة دهدشت انتخاب شدند. برای کاهش اثرهای مرزی چند ردیف اطراف هر توده برای نمونه‌برداری در نظر گرفته نشد. در هر توده جنگل کاری ۵ پلات ۱۰×۱۰ متر مستقر شد و در داخل هر پلات، از دو قسمت زیر تاج‌پوشش و خارج تاج‌پوشش و از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری نمونه‌برداری صورت گرفت (ورامش و همکاران، ۲۰۱۰). برای به حداقل رساندن خطا، نمونه‌برداری به‌صورت ترکیبی انجام شد. به این معنی که در هر پلات ۱۶ نمونه خاک (۸ نمونه از زیر تاج‌پوشش و ۸ نمونه از خارج تاج‌پوشش از دو عمق مورد مطالعه) برداشت شد و در نهایت هریک از چهار نمونه با یکدیگر مخلوط و در هر پلات در مجموع چهار نمونه (زیر تاج‌پوشش عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر، زیر تاج‌پوشش عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر، خارج تاج‌پوشش عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر و خارج تاج‌پوشش عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر) (پاول<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). بدین ترتیب در توده‌های جنگل کاری اکالیپتوس و بادام‌کوهی در مجموع، ۴۰ نمونه و در منطقه شاهد تعداد ۱۰ نمونه خاک (از هر عمق ۵ نمونه خاک) و در مجموع ۵۰ نمونه خاک برداشت شد. نمونه‌های خاک در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار جمع‌آوری و برای تعیین متغیرهای موردنظر به آزمایشگاه انتقال یافت. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه و خشک شدن در هوای آزاد،

در اشکوب فوقانی جنگل تأثیر زیادی در ورودی کربن به خاک دارند و مقدار کربن خاک را تغییر می‌دهند. افزایش ترسیب کربن ناشی از افزایش زیست‌توده گیاهی به افزایش تولید، بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش نگهداری آب در خاک و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی منتهی می‌شود (عبدی، ۲۰۰۶). با توجه به اهمیت ترسیب کربن در سطح جهانی، متأسفانه این‌گونه مطالعات در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور به تعداد کمتری انجام شده است. با توجه به اینکه گونه‌های بادام‌کوهی و اکالیپتوس جزء گونه‌هایی هستند که به‌طور وسیعی در مناطق نیمه‌خشک کشور برای جنگل کاری و ایجاد فضای سبز استفاده می‌شوند، مطالعات اندکی از مقدار ترسیب کربن خاک در جنگل کاری‌های انجام‌شده با این گونه‌ها صورت گرفته است. به همین علت هدف از انجام این تحقیق، مطالعه تأثیر جنگل کاری با گونه‌های اکالیپتوس و بادام‌کوهی بر ترسیب کربن و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و مقایسه این دو توده با یکدیگر و با منطقه شاهد در پارک جنگلی دشت مازة واقع در شهرستان دهدشت استان کهگیلویه و بویراحمد است تا با استفاده از نتایج آن گامی مؤثر در مدیریت و برنامه‌ریزی‌های آتی جنگل کاری‌ها در این‌گونه مناطق برداشته شود.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد تحقیق

منطقه مورد بررسی به وسعت ۴۰۸ هکتار در فاصله ۵ کیلومتری شمال غربی شهرستان کهگیلویه با مرکزیت دهدشت واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. این منطقه در محدوده " ۲۴ ' ۳۰ ° ۵۰ تا " ۵۵ ' ۳۳ ° ۵۰ طول شرقی و " ۴۰ ' ۴۸ ° ۳۰ تا " ۵۱ ' ۰ ° ۳۰ عرض شمالی قرار گرفته است. این پارک در سال ۱۳۷۸ توسط اداره کل منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد در ضلع شمال غربی شهرستان دهدشت با دو گونه درختی اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) و بادام‌کوهی (*Amygdalus scoparia* Spach.) به‌صورت جدا از هم با فاصله کاشت ۵×۵ متر در هر توده، جنگل کاری شد. ارتفاع

### نتایج

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که بین تیمارهای مورد بررسی از لحاظ صفات رس، شن، سیلت، پتاسیم، کربن آلی و مقدار ترسیب کربن خاک، اختلاف معنی دار آماری وجود دارد (جدول ۱) ( $P < 0.01$ ). نتایج نشان داد بین توده جنگل کاری شده با قطعه شاهد از لحاظ صفات پتاسیم، کربن آلی و ترسیب کربن خاک اختلاف معنی داری وجود دارد ( $P < 0.01$ ) (جدول ۱ و شکل ۲). مقدار کربن آلی در توده جنگل کاری شده (۱/۰۴ درصد) بیشتر از قطعه شاهد (۰/۴۴) بود. مقدار کربن ترسیب شده در توده جنگل کاری ۲۰/۸ تن در هکتار و در قطعه شاهد ۸/۷ تن در هکتار بود. همچنین میانگین مقدار پتاسیم در توده جنگل کاری ۲۰۷/۳ و در منطقه شاهد ۱۶۹/۷ پی پی ام بود.

نتایج نشان داد بین دو توده جنگل کاری اکالیپتوس و بادام کوهی از لحاظ صفات پتاسیم، درصد کربن آلی و ترسیب کربن اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۱)؛ به طوری که مقدار کربن ترسیب شده در توده اکالیپتوس (معادل ۲۳/۲۱ تن در هکتار) و بیشتر از توده جنگل کاری بادام (معادل ۱۸/۴۷ تن در هکتار) بود ( $P < 0.05$ ) (شکل ۳). مقدار پتاسیم نیز در توده اکالیپتوس برابر با ۲۱۶/۹ پی پی ام بیشتر از توده بادام کوهی برابر با ۱۹۷/۷ پی پی ام بود ( $P < 0.05$ ). مقدار کربن آلی خاک نیز در توده اکالیپتوس ۱/۱۶ درصد و در توده بادام کوهی معادل با ۰/۹۲ درصد بود ( $P < 0.05$ ) (شکل ۳). نتایج نشان داد بین دو عمق خاک از لحاظ مقدار ترسیب کربن و سایر صفات خاک، اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۱). همچنین نتایج نشان داد که از لحاظ صفات خاک و ترسیب کربن اختلاف معنی داری بین زیر تاج پوشش و خارج تاج پوشش در دو گونه مورد بررسی مشاهده نشد (جدول ۱). نتایج همچنین (مقایسات ۵ تا ۸) حاکی از عدم معنی دار بودن اثرات متقابل تیمارهای فوق با یکدیگر بود (جدول ۱).

آن‌ها را از الک دو میلی متری عبور داده و pH در تعلیق ۱:۲/۵ خاک به آب مقطر، هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۵ خاک به آب مقطر با دستگاه EC سنج، بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری (بایکاس<sup>۱</sup>، ۱۹۶۲) فسفر خاک با روش اولسن<sup>۲</sup> و پتاسیم قابل استفاده با عصاره گیری به وسیله استات آمونیم یک نرمال و کربن آلی با استفاده از روش والکی بلاک<sup>۳</sup> اندازه گیری شدند. مقدار ترسیب کربن بر حسب کیلوگرم بر هکتار بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد (ورامش و همکاران، ۲۰۱۰).

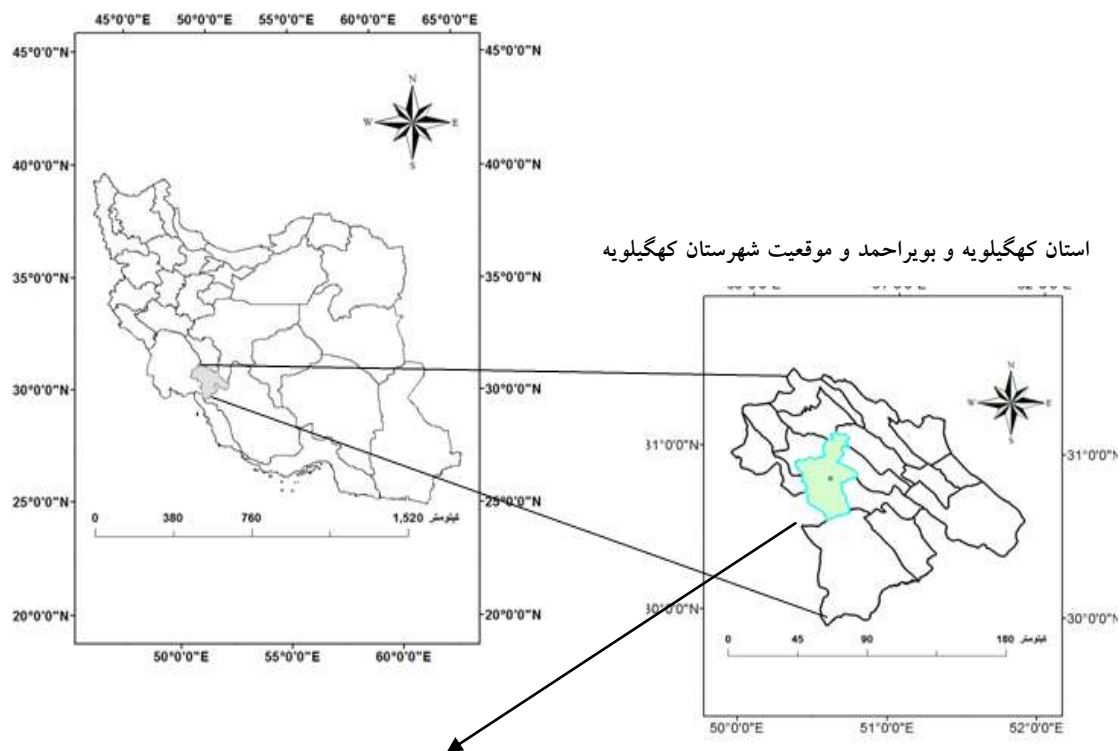
$$CS = 10000 \times \%OC \times Bd \times E \quad (1)$$

که در این رابطه، CS = مقدار ترسیب کربن خاک (kg/ha)، %OC = درصد کربن آلی، Bd = وزن مخصوص ظاهری خاک ( $gr/cm^3$ ) و E عمق نمونه برداری (cm).

### تحلیل آماری داده‌ها

این تحقیق با استفاده از طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و ۵ تکرار انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف<sup>۴</sup> و همگنی آن‌ها با آزمون لون<sup>۵</sup> مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نرمال و همگن بودن توزیع داده‌ها، ابتدا برای بررسی اثرات تیمارهای مختلف شامل (منطقه شاهد، زیر تاج پوشش و خارج از تاج پوشش گونه اکالیپتوس و زیر تاج پوشش و خارج تاج پوشش بادام کوهی از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی متر) (مجموع ده تیمار) از آنالیز واریانس یک طرفه در قالب طرح کاملاً تصادفی برای تعیین معنی داری اثر منابع تغییر استفاده شد. سپس برای انجام آنالیز تعقیبی، از آزمون مقایسات میانگین متعامد استفاده شد (جدول ۱). برای تعیین همبستگی بین کربن آلی با دیگر صفات خاک از آنالیز همبستگی پیرسون استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های جمع آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و رسم نمودار با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

1. Bouyoucos
2. Olsen
3. Walkly & Black
4. Kolmogorov – Smirnov Test
5. Levene Test
6. Orthogonal Comparisons



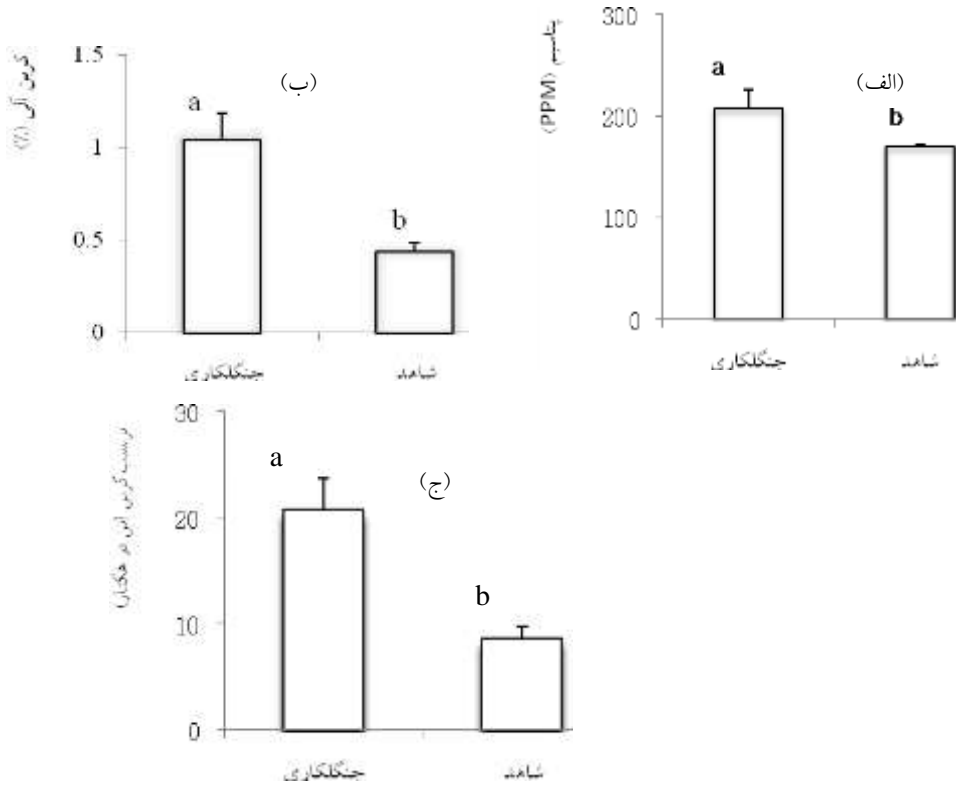
شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و در استان کهگیلویه و بویراحمد

جدول (۱): نتایج تجزیه واریانس و مقایسات متعامد صفات خاک در تیمارهای مورد مطالعه در پارک جنگلی دشت مازة دهدشت

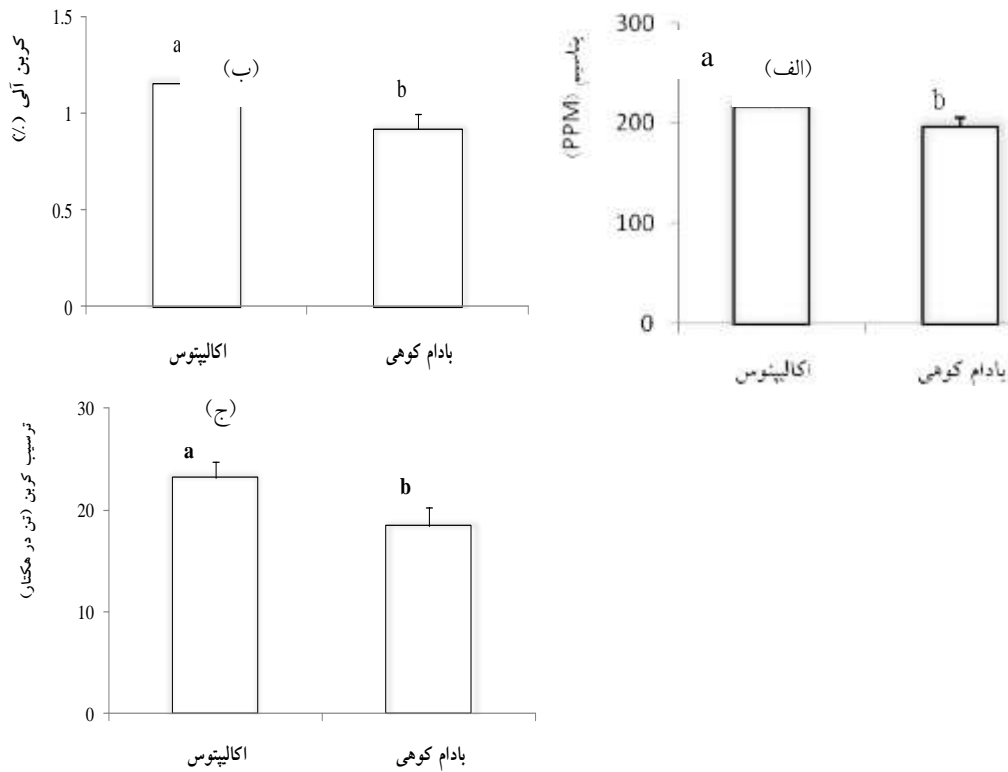
منبع تغییرات	درجه آزادی	رس (%)	شن (%)	سیلت (%)	pH	هدایت الکتریکی (ds/m)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	کربن آلی (%)	ترسیب کربن (تن در هکتار)
بین گروهی	۹	۱۹/۷ <sup>**</sup>	۶۵/۳ <sup>**</sup>	۵۰/۳ <sup>**</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۴۲ <sup>ns</sup>	۰/۴۶ <sup>ns</sup>	۲۷۱۳/۲ <sup>**</sup>	۰/۴۰ <sup>**</sup>	۱۶۰/۵ <sup>**</sup>
مقایسه ۱	۱	۳/۶ <sup>ns</sup>	۳/۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۸ <sup>ns</sup>	۴۵۲/۷ <sup>**</sup>	۰/۱۱ <sup>**</sup>	۴۸/۳ <sup>**</sup>
مقایسه ۲	۱	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۱۸/۴ <sup>ns</sup>	۱۴/۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱۴۷/۰۷ <sup>*</sup>	۰/۰۲ <sup>*</sup>	۸/۹ <sup>*</sup>
مقایسه ۳	۱	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۸۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۹ <sup>ns</sup>	۲۰/۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۴۲ <sup>ns</sup>
مقایسه ۴	۱	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۱۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۶۵ <sup>ns</sup>
مقایسه ۵	۱	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۸ <sup>ns</sup>
مقایسه ۶	۱	۰/۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۴۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۱۱۸/۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۲۴ <sup>ns</sup>
مقایسه ۷	۱	۱/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۳/۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>
مقایسه ۸	۱	۰/۵۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۶ <sup>ns</sup>	۷۳/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۸ <sup>ns</sup>
خطای آزمایش	۴۰	۲/۴	۶	۶/۸	۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۳۵	۲۸/۴	۰/۰۰۴	۱/۶

<sup>\*\*</sup> و <sup>\*</sup> به ترتیب نشان دهنده معنی داری بودن در سطح یک درصد و ۵ درصد و ns نشان دهنده عدم معنی دار بودن است.

مقایسه ۱: مقایسه بین توده جنگل کاری شده با قطعه شاهد، مقایسه ۲: مقایسه بین دو گونه اکالیپتوس و بادام کوهی، مقایسه ۳: مقایسه بین دو عمق خاک، مقایسه ۴: مقایسه بین زیر تاج پوشش و خارج از تاج پوشش، مقایسه ۵: مقایسه بین اثر متقابل عمق خاک × گونه، مقایسه ۶: مقایسه بین اثر متقابل گونه × تاج پوشش، مقایسه ۷: مقایسه بین اثر متقابل عمق × جنگل کاری، مقایسه ۸: مقایسه بین اثر متقابل عمق × تاج پوشش



شکل (۲): مقایسه میانگین مقدار نیتروژن (الف)، کربن آلی (ب) و ترسب کربن (ج) خاک بین دو منطقه جنگل کاری شده و قطعه شاهد در پارک جنگلی دشت مازه



شکل (۳): مقایسه میانگین مقدار نیتروژن (الف)، کربن آلی (ب) و ترسب کربن (ج) خاک بین دو توده اکالیپتوس و بادام کوهی در پارک جنگلی دشت مازه دهدشت

نتایج تجزیه همبستگی کربن آلی با سایر صفات اندازه‌گیری شده خاک نشان داد که بین درصد کربن آلی خاک و درصد رس، سیلت و پتاسیم همبستگی معنی‌دار مثبت و با شن رابطه منفی معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳).

جدول (۳): آنالیز همبستگی بین صفات خاک در توده‌های جنگل کاری اکالیپتوس، بادام کوهی و منطقه شاهد در پارک جنگلی دشت مازنه

رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	پتاسیم (PPM)	فسفر (PPM)	pH	EC (ds/m)	کربن آلی (%)
۰/۱۹	۱	۱	۰/۴۸**	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۰۳	۰/۵۰**
۰/۴۰**	۰/۸۲**	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۵۰**
۰/۴۰**	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۵۰**
۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
۰/۱۲	۰/۳۴*	۰/۲۴	۰/۳۴*	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴
۰/۵۰**	۰/۳۴*	۰/۶۱**	۰/۳۴*	۰/۶۱**	۰/۳۴*	۰/۶۱**	۰/۳۴*

\*\* و \* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری بودن در سطح یک درصد و ۵ درصد است.

## بحث و نتیجه‌گیری

می‌شوند و در حاصلخیزی خاک‌ها مفیدند (وانگ<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین، افزایش میزان ورودی مواد آلی و عناصر غذایی خاک از طریق افزایش میزان لاشبرگ ورودی به کف منطقه جنگل کاری، افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی، تغییر میکروکلیم، افزایش فعالیت ریشه در گردش عناصر، از دلایل قابل ذکر برای این افزایش در عناصر غذایی و کربن آلی خاک توده جنگل کاری در مقایسه با منطقه شاهد هستند. این مقدار ترسیب کربن در کنار سایر کارکردهای اکوسیستمی جنگل از جمله تعدیل دمای محیط، افزایش ذخیره منابع آب زیرزمینی، کاهش فرسایش، افزایش حیات وحش و... بسیار قابل توجه و ارزشمند است. نتایج این تحقیق نشان داد که در توده اکالیپتوس مقدار پتاسیم، کربن آلی و ترسیب کربن خاک بیشتر از توده بادام کوهی بود. اختلاف ایجاد شده در خصوص پتاسیم، کربن آلی و به تبع آن ترسیب کربن خاک در بین دو توده مذکور می‌تواند به این دلیل باشد که چون گونه اکالیپتوس در مقایسه با گونه بادام کوهی گونه‌ای درختی، همیشه‌سبز، دارای رشد زیاد و تاج پوشش گسترده و بسته‌تری است (جزیره‌ای، ۲۰۰۲)، از یک طرف موجب افزایش لاشبرگ در این توده شده و از سوی دیگر وجود

نتایج (جدول ۱ و شکل ۲) نشان داد که جنگل کاری در منطقه مورد مطالعه باعث افزایش ترسیب کربن خاک شده است؛ به طوری که مقدار ترسیب کربن در توده جنگل کاری شده ۲۰/۸ تن در هکتار و در قطعه شاهد ۸/۷ تن در هکتار به دست آمد. به عبارتی، جنگل کاری میزان ترسیب کربن را در حدود ۲/۴ برابر افزایش داده است. تحقیق‌های زیادی در این زمینه انجام شده است که نشان‌دهنده تأثیر مثبت جنگل کاری بر میزان ترسیب کربن خاک بوده و گزارش کرده‌اند که افزایش سطح جنگل کاری به ویژه در اراضی بایر و تخریب شده، به افزایش جذب کربن منجر خواهد شد (ورامش و همکاران، ۲۰۱۰؛ میرزایی و همکاران، ۲۰۱۳؛ رسی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹؛ و هاپمن و المز<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹). در این راستا گرونزویگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیق خود گزارش کردند که توسعه جنگل کاری‌ها در مناطق خشک، اثر معنی‌داری بر ترسیب کربن داشته که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت. همچنین در این تحقیق، مقدار کربن آلی و پتاسیم در توده جنگل کاری شده بیشتر از قطعه شاهد بود. مطالعات نشان داده است که جنگل کاری با گونه‌های پهن برگ موجب افزایش لاشبرگ و بازگشت عناصر غذایی

1. Rossi
2. Hopmans and Elms
3. Grunzweig

مطالعات مختلف برای گونه‌های گیاهی متفاوت، ضرایب متفاوتی برای ترسیب کربن ارائه شده است (فرانک و کارن<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳). نتایج تحقیق پیش‌رو نشان داد بین دو عمق خاک از لحاظ ترسیب کربن و سایر صفات خاک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). در برخی از مطالعات گزارش شده است که بین مقدار کربن آلی و ترسیب کربن خاک با عمق خاک در نواحی خشک و نیمه‌خشک، رابطه غیرمستقیم وجود دارد (ورامش و همکاران، ۲۰۱۱؛ نوخت و همکاران، ۲۰۱۱؛ اسپومن و همکاران، ۲۰۰۲)، همچنین در تحقیقی دیگر در جنگل‌های زاگرس شمالی گزارش شد که مقدار ذخیره کربن در تمام کاربری‌ها (بکر، حفاظتی، بهره‌برداری و باغی) در عمق دوم (۱۵-۵۰ سانتی‌متر) بیشتر از عمق اول (۰-۱۵ سانتی‌متر) بود (پاتو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۶) که با نتایج این تحقیق مغایرت دارند. در این تحقیق، دلیل یکسان بودن مقدار کربن آلی و سایر صفات خاک بین دو عمق را می‌توان اولاً به وقوع فرسایش و آب‌شویی مواد غذایی در عمق اول خاک نسبت داد (یکسان بودن عناصر عمق اول و دوم خاک) که در این ارتباط موارد مشابهی گزارش شده است (حق‌دوست و همکاران، ۲۰۱۱؛ ورامش و همکاران، ۲۰۱۱). ثانیاً این احتمال وجود دارد که به دلیل مقدار زیاد شن در منطقه، انتقال مواد آلی از سطح به عمق راحت‌تر صورت گرفته و در نتیجه، اختلافات بین دو عمق به حداقل رسیده باشد. ثالثاً نظر به اینکه سرعت تجزیه مواد آلی خاک تحت تأثیر رطوبت و دمای خاک قرار دارد (ورامش و همکاران، ۲۰۱۱)، به طوری که تجمع بالای لاشبرگ در سطح خاک موجب کاهش حرارت خاک شده و از تجزیه کربن آلی و آب‌شویی آن به لایه‌های پایین‌تر جلوگیری می‌کند، از آنجاکه منطقه مورد تحقیق با میانگین درجه حرارت حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد، جزو مناطق نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود، وجود دمای بالا و کمبود رطوبت در سطح خاک، موجب آب‌شویی بیشتر مواد آلی و افزایش آن در لایه دوم خاک می‌شود. از طرفی، عدم تفاوت معنی‌دار از لحاظ

تاج‌پوشش گسترده مانع از برخورد مستقیم قطرات باران با خاک شده و موجب کاهش آبشویی مواد غذایی و آلی خاک می‌گردد. با توجه به تأثیر بافت خاک (رس موجود) بر میزان افزایش عناصر غذایی ماکرو مانند پتاسیم و کلسیم در خاک (تمرتاش و همکاران، ۲۰۱۳) و نظر به یکسان بودن بافت خاک در دو توده مورد مطالعه، افزایش مقدار پتاسیم خاک توده اکالیپتوس را شاید بتوان به بالا بودن مقدار ماده آلی در این توده نسبت داد؛ همان‌گونه که مهم‌ترین عنصر خاکی مؤثر بر میزان کربن آلی خاک در این تحقیق عنصر پتاسیم بود (جدول ۳). گونه بادام‌کوهی که یک گونه درختچه‌ای با برگ‌های کم‌دوام و باریک و کوچک است، به دلیل کم بودن میزان زیست‌توده جنگل و لاشبرگ تولیدی آن در مقایسه با اکالیپتوس، مواد غذایی خاک به مقدار کمتری از طریق لاشبرگ به خاک اضافه می‌شود (تورنر<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). مطابق با نتایج این تحقیق گزارش شد که مقدار کربن آلی و پتاسیم در خاک زیر گونه اکالیپتوس به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک زیر گونه‌های آکاسیا و شیشم بوده است (صیاد و همکاران، ۲۰۱۳). احمدی و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که افزایش کربن آلی در زیر تاج‌پوشش گونه تاغ نسبت به گونه سوف به‌علت وجود درصد پوشش تاجی بیشتر و افزایش میزان لاشبرگ حاصل از آن است. تاج‌پوشش درختان به دلیل تغییر در شرایط رطوبتی و حرارتی خاک، تأثیر مهمی بر میزان کربن آلی دارد (آگوستو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین مطابق با این تحقیق فروزه و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که قابلیت ترسیب کربن با کاهش اندازه گیاه از گونه‌های درختچه‌ای به بوته‌ای و علفی کاهش می‌یابد؛ چراکه با افزایش شاخص سطح برگ در گونه‌های درختی و درختچه‌ای امکان فتوسنتز بیشتر شده و در نتیجه، کربن بیشتری توسط گیاه ذخیره می‌شود. پژوهشگران دیگری نیز به اثر متفاوت عواملی چون گونه، سن توده، نوع خاک و فعالیت‌های مدیریتی اشاره کرده‌اند که سبب بروز نتایج متفاوتی از تأثیر نوع گونه جنگل‌کاری شده بر کربن خاک شده است (تویله و شولز<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶). بر این اساس در

1. Turner
2. Augusto
3. Thuille & Schulze

4. Frank & Karn
5. Pato



لحاظ ترسیب کربن و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک اختلاف معنی داری بین زیر و خارج از تاج پوشش در دو گونه مورد بررسی مشاهده نشد (جدول ۱). عدم وجود تفاوت معنی دار بین زیر تاج پوشش و خارج از آن از لحاظ ترسیب کربن و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک، نشان دهنده یکنواخت شدن خاک و همگن بودن آن در محدوده توده‌های جنگل کاری شده است. علی‌رغم تاج پوشش گسترده در گونه اکالیپتوس و به تبع آن ریزش لاشبرگ بیشتر در کف جنگل، انتظار می‌رود مقدار ترسیب کربن و سایر صفات خاک در زیر تاج پوشش بیشتر از خارج تاج پوشش باشد، اما به دلیل داشتن خاصیت آلویاتی گونه اکالیپتوس که مانع از رشد گیاهان علفی در زیر تاج پوشش می‌گردد (ایوانس<sup>۶</sup>، ۱۹۹۲) و از طرفی به دلیل تجمع زیاد لاشبرگ حاصل از پوشش گیاهان علفی (جمشیدنیا و همکاران، ۲۰۱۳)، در خارج از تاج پوشش درختان اکالیپتوس و مخصوصاً توده بادام کوهی، می‌تواند موجب یکسان بودن ترسیب کربن و سایر خصوصیات خاک در خارج از تاج پوشش با زیر تاج پوشش گردد. این یکنواختی همچنین می‌تواند ناشی از تأثیر عوامل و نیروهای مکانیکی طبیعی نظیر آب و باد در فاصله کم و نیز ناشی از حضور بیشتر موجودات زنده در محدوده‌های جنگل کاری شده باشد که با حرکت خود سبب ایجاد یکنواختی در این محدوده می‌شوند. مطابق با نتایج این تحقیق میرزایی و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود گزارش کردند که میزان ترسیب کربن خاک در زیر و خارج تاج پوشش در دو توده اکالیپتوس و کهور اختلاف معنی داری نداشتند. نتایج تجزیه همبستگی (جدول ۳) نیز همبستگی مثبت بین کربن آلی خاک با رس، سیلت و پتاسیم خاک را نشان داد. مطابق با نتایج این تحقیق، در سایر تحقیقات انجام شده در این زمینه نیز ارتباط مثبت بین کربن آلی خاک با مقدار رس و سیلت (بروس<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۹؛ ریدر و اسچومن<sup>۸</sup>، ۲۰۰۲؛ گارتن و کارلس<sup>۹</sup>، ۲۰۰۲)

صفات بافت خاک، اسیدیته، هدایت الکتریکی و فسفر را بین تیمارهای منطقه جنگل کاری با شاهد، دو توده اکالیپتوس با بادام کوهی و سایر تیمارها را می‌توان به جوان بودن توده‌ها نسبت داد (هاگن-تورن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). کرمی کرد و همکاران (۲۰۱۵) نیز در مطالعه خود در جنگل کاری‌های خالص و آمیخته توسکای بیلاقی و صنوبر دلتوئیدس، به نتایج مشابهی دست یافتند. به طور کلی، بافت خاک از صفات پایای خاک محسوب می‌شود که به طور معمول تغییرات آن در کوتاه مدت اندک است، جز آنکه نیروهای خارجی مانند جریان‌های آب، باد و نیروی ثقل و یا دخالت‌های انسانی موجب تغییر آن گردد (اولیایی و همکاران، ۲۰۱۱). به طور کلی، تغییر واکنش شیمیایی خاک تحت تأثیر گونه‌های درختی از جمله پهن برگ یا سوزنی برگ نیاز به زمان طولانی دارد (زرین کفش، ۲۰۰۲). مطابق با نتایج این تحقیق صیاد و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق روی خاک توده‌های جنگل کاری شده با گونه‌های شیشم، آکاسیا، اکالیپتوس و پده گزارش کردند که مقدار اسیدیته خاک بین این گونه‌ها اختلاف معنی داری نداشته است. در حالی که در جنگل کاری‌های هفت ساله شب‌خسب<sup>۲</sup> و اکالیپتوس<sup>۳</sup> در هاوایی pH خاک به دلیل تجمع عناصر غذایی کاتیونی در زیست توده گیاه کاهش یافته است (رودس و بینکلی<sup>۴</sup>، ۱۹۹۶). همچنین برخلاف نتایج این تحقیق، صیاد و همکاران (۲۰۱۳) مقدار فسفر خاک را در زیر گونه اکالیپتوس بیشتر از سایر گونه‌ها گزارش کردند. به طور کلی، مکانیزم‌های تأثیر گونه‌های درختی شامل اهمیت تفاوت گونه‌ها در اختصاص کربن به بخش زیرزمینی و تأثیر درختان بر جانداران خاک که چرخه‌های بیوشیمیایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند بسیار کم شناخته شده‌اند (بینکلی و جیاردیان<sup>۵</sup>، ۲۰۰۰). از آنجایی که فسفر مورد نیاز گیاهان از خاک‌های زیرسطحی تأمین می‌شود (روحی مقدم و همکاران، ۲۰۱۱)، در این تحقیق در دو عمق مورد مطالعه و در سایر تیمارها اختلاف قابل ملاحظه‌ای از لحاظ فسفر مشاهده نشد. نتایج نشان داد از

6. Evans  
7. Bruce  
8. Reeder & Schuman  
9. Garten & Charles

1. Hagen-Thorn  
2. Albizia Sp.  
3. Eucalyptus Sp.  
4. Roades & Binkley  
5. Binkley & Giardian

و کربن آلی با پتاسیم خاک (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۳؛ جمشیدینیا و همکاران، ۲۰۱۳؛ عبدی، ۲۰۰۶) گزارش شده است. به‌طور کلی، نتایج تحقیقات گذشته و نیز این تحقیق اثبات کرد که جنگل‌کاری نقش مهمی در جذب دی‌اکسیدکربن اتمسفر و ترسیب کربن در خاک دارد. ذکر این نکته ضروری است که پتانسیل ترسیب کربن تحت تأثیر نوع گونه گیاهی، مکان و شیوه مدیریت می‌تواند متفاوت باشد (اسچومن و همکاران، ۲۰۰۲)؛ به‌طوری‌که مقدار ترسیب کربن خاک در توده اکالیپتوس بیشتر از توده بادام‌کوهی به‌دست آمد. به‌طور کلی، شناخت گونه‌های سازگار و بومی هر منطقه، با قابلیت

بیشتر برای ذخیره و نگهداشت کربن می‌تواند موجب تأکید بر اهمیت و توسعه خدمات اکوسیستم‌های طبیعی شود. همچنین با بررسی عوامل مدیریتی مؤثر بر فرایند ترسیب کربن می‌توان عملیات مدیریت سرزمین و اصلاح و احیای اراضی تخریب‌یافته یا فرسوده را از لحاظ شاخص ترسیب کربن دنبال کرد. این امر می‌تواند یک نگرش سیستمی به اصلاح و احیای محیط‌زیست باشد؛ چراکه در ضمن تأمین حفاظت کمی و کیفی رویشگاه، می‌تواند راهکاری مناسب برای مقابله با آلودگی هوا و بحران تغییر اقلیم و درنهایت، دستیابی به توسعه پایدار تلقی گردد.

## منابع

1. Abdi, N., 2006. Estimate the carbon sequestration capacity by *Astragalus* in Markazi and Isfahan provinces. M.Sc. thesis (Grassland Science). Science and Research, Islamic Azad University, Tehran Branch, 194 pp. (In Persian).
2. Abdi, N., Maddah Arefi, H., Zahedi Amiri, Gh., 2008. Estimation of carbon sequestration in *Astragalus* rangelands of Markazi province (Case study: Malmir rangeland in Shazand region). Iranian Journal of Range and Desert Research, 15(2), 269-282 (In Persian).
3. Ahmadi, H., Heshmati, Gh.A., Naseri, H.R., 2014. Potential of carbon sequestration in *Haloxylon* and *Juncus* in desert lands, (case study: Aran and Bidgol). Desert Ecosystem Engineering Journal, 3 (5), 29-36 (In Persian).
4. Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., Rothe, A., 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annals of Forest Science, 59, 233-253.
5. Babran, S., 2007. Climate change, environmental challenges of the twenty-first century. Center for Strategic Research, Expediency Council, Department of International Studies, Strategic Studies Institute, 172pp (In Persian).
6. Binkley, D., Giardian, Ch., Bashkin, M.A., 2000. Soil phosphorus pools and supply under the influence of *Eucalyptus saligona* and nitrogen-fixing *Albizia falcataria*. Forest Ecology and Management, 128, 241-247.
7. Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 54, 464-465.
8. Bruce, J.P., Frome, M., Haites, E., Joanne, H., Lal R. Faustion, K., 1999. Carbon sequestration in soils. Journal of Soil and Water Conservation, First Quarter, 124-139.
9. Cannell, M.G.R., Dewar, R.C. Thornley, J.H.M., 1992. Responses of Forestn Ecosystem to Environmental Changes. Springer Netherlands, 256-271.
10. Chen. F.S., Zeng, D.H., Fahey, T.J Liao, P.F., 2010. Organic carbon in soil physical fractions under different-aged plantations of Mongolian pine in semi-arid region of Northeast China. Applied Soil Ecology, (44), 42-48.

11. Evans, J., 1992. Plantation forestry in the tropics (2nd edn.). Tree planting for industrial, social, environmental and agroforestry purposes. 2nd Edition. Oxford University Press, Oxford, 430p.
12. Follett, R.F. Reed, D.A., 2010. Soil carbon sequestration in grazing lands: societal benefits and policy implications. *Rangeland Ecology and Management*, (63), 4-15.
13. Foroozeh, M.R., Heshmati, Gh., Ghanbarian, Gh., Mesbah, H., 2008. Carbon sequestration comparison of *Helianthemum lippii* (L.) Pers. *Dendrostellera lessertii* (Wikstr.) Van Tiegh. and *Artemisia sieberi* Besser. in arid angelands of Iran (Case study: Garbaygan-Fasa plain). *Journal of Environmental Studies*. 34, 65-72 (In Persian).
14. Frank, A.B., Karn J.F., 2003. Vegetation indices, CO<sub>2</sub> Flux, and biomass for northern plains rasslands. *Journal of Range Management*, 55, 16-22.
15. Garten. J.R., Charles, T., 2002. Soil carbon storage beneath recently established tree plantations in Tennessee and South Carolina. United States of America. *Biomass and Bioenergy*. 23(2), 93-102.
16. Grunzweig, J.M., Lin, T., Rotenberg, E., Schwartz, A. Yakir, D., 2003. Carbon sequestration in arid land forest. *Global Change Biology*, 9(5), 791-799.
17. Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K., Nihlgard, B., 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral top soil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195, 373-384.
18. Haghdoost, N., Akbarinia, M., Hosseini, S.M., Kooch, Y., 2011. Conversion of Hyrcanian degraded forests to plantations effects on soil C and N stocks. *Annals of Biological Research*, 2 (5), 385-399 (In Persian).
19. Hopmans. P., Elms, S.R., 2009. Changes in total carbon and nutrients in soil profiles and accumulation in biomass after a 30-year rotation of *Pinus radiata* on podzolized sands: Impacts of intensive harvesting on soil resources. *Forest Ecology and Management*, 258(10), 2183-2193.
20. Jackson, R.B., Banner, J.L., Jobbagy, E.G., Pockman, W.T., Wall, D.H., 2002. Ecosystem carbon loss with woody plant invasion of grasslands. *Nature* 418, 623-626.
21. Jamshidnia, Z., Abrari-Vajari, K., Sohrabi, A., 2013. Comparison of soil carbon sequestration in plantation stands of middle Zagros (Case study: Rimle-Lorestan). *Journal of Natural Ecosystems of Iran*, 4 (2), 33-41 (In Persian).
22. Jazirehi, M.H., 2002. Afforestation in arid environment. Tehran University Press. 460 p. (In Persian).
23. Karami-Kordalivand, P., Hosseini, S.M., Rahmani A., Mokhtari, J., 2015. Effects of pure and mixed Caucasian alder (*Alnus subcordata* C. A. Mey.) and eastern cottonwood (*Populus deltoides* Marsh.) plantations on carbon sequestration and some physical and chemical soil properties. *Iranian Journal of Forest and Popular Research*, 23 (3), 402-412 (In Persian).
24. Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123, 1-22.
25. Mirzaei.j., Sayedi, F., Sobhan Ardakani, S., Bazgir, M., 2013. Effects of native and exotic tree plantation on carbon sequestration at arid areas of Zagros region (Case study: Abgarm forest park, Dehloran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(3), 506- 516 (In Persian).
26. Nobakht, A., Pourmajidian, M., Hojjati, M. Fallah, A., 2011. A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures. *Iranian Journal of Forest*, 3(1), 13-23 (In Persian).
27. Owliaie, H.R., Adhami, E., Faraji, H., Fayyaz, P., 2011. Influence of oak (*Quercus brantii* Lindl.) on selected soil properties of oak forests in Yasouj region.

- Journal of Water and Soil Science, 15(56), 193-207 (In Persian).
28. Paul, K., Polglase, I., Nyakuengama, J.G., Khanna, P.K., 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management*, 168, 241-257.
  29. Pato, M., Salehi, A., Zahedi Amiri, Gh., Banje Shafiei, A., 2016. Carbon sequestration and its relationship to physical and chemical properties of soils in different land use in northern Zagros. *Journal of Forest and Wood Properties (Iranian Journal of Natural Resources)*, 69 (4), 747-756 (In Persian).
  30. Puladi, N., Delavar, M.A., Golchin, A., Mosavi Koper, A., 2013. Effect of alder and poplar plantation on soil quality and carbon sequestration (A case study: Safrabasteh Poplar Experimental Station). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), 286-299 (In Persian).
  31. Reeder, J.D., Schuman, G.E., 2002. Influence of livestock grazing on carbon sequestration in semi-arid mixed-grass and short-grass rangelands. *Environmental pollution*, 116, 457-463.
  32. Rhoades, C., Binkley, D., 1996. Factors influencing decline in soil pH in Hawaiian *Eucalyptus* and *Albizia* plantations. *Forest Ecology and Management*, 80, 47-56.
  33. Rossi, J., Govaerts, A., De Vos, B., Verbist, B., Vervoort, A., Poesen, J., Muys, B., Deckers, J., 2009. Spatial structures of soil organic carbon in tropical forests case study of Southeastern Tanzania, *Catena*, 77,19-27.
  34. Rouhi Moghaddam, A., Hoseini, S.M., Ebrahimi, E., Rahmani, A., Tabari, M. Mahdavi, R., 2011. Study of some soil properties in *Quercus castaneifolia* pure and mixed Plantation. *Iranian journal of Soil Research*, 25(1), 39-48 (In Persian).
  35. Sayyad, E., Hosseini, S.M., Hosseini, V., Salehe-Shooshtari, M.H., 2013. Effect of tree species on some chemical soil properties in plantations of edge Dez river. *Journal of Natural Ecosystem of Iran*, 3 (4), 47-56 (In Persian).
  36. Schuman. G.E., Janzen, H., Herick, J.E., 2002. Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental Pollution*, 116, 391-396.
  37. Schulp Catharina. J.E., Naburus, G.J., Verburg, P.H. Waal, R.W., 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.
  38. Shams, M. 2014. Zoning of potential evapotranspiration in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province with statistical techniques. M.Sc. thesis in Soil Science. Yasouj University, 71 pp. (In Persian).
  39. Tamertash, R., Jafari, M., Heidari Sharif Abad, H., Zahedi Amiri, Gh., Zehtabian, Gh.R., 2013. The relationship between nutritional elements in some herbaceous plant species and soil rangeland ecosystems in Taleghan region. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 1 (3), 15-30 (In Persian).
  40. Thuille, A., Schulze, E.D., 2006. Carbon dynamics in successional and afforested spruce stands in Thuringia and the Alps. *Global Change Biology*, 12, 325-342.
  41. Turner, J., Lambert, M.J., Johnson, D.W., 2005. Experience with patterns of change in soil carbon resulting from forest plantation establishment in eastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 220, 259-269.
  42. Varamesh, S., Hosseini, S.M., Abdi, N., Akbarinia, M., 2010. Effects of afforestation to increase carbon sequestration and improved soil properties. *Iranian Journal of Forest*, 2(1), 25-35 (In Persian).
  43. Varamesh, S., Hosseini, S.M., Abdi, N., 2011. Estimate atmospheric carbon sequestration in urban forest resource. *Journal of Ecology*, 32(57), 113- 120 (In Persian).
  44. Wang, Q., Wang, S. Huang, Y.U., 2009. Leaf litter decomposition in the pure and mixed plantations of *Cunninghamia*

- lanceolata* and *Michelia macclurei* in subtropical China. *Biology and Fertility of Soils*, 45, 371-377.
45. William, E., 2002. Carbon dioxide fluxes in a semi-arid environment with high carbonate soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, 116, 91-102.
46. Zarrinkafsh, M., 2002. *Forestry Soil, Interaction of Soil and Plants Regarding Ecological Factors Forests Ecosystems. Forests and Rangelands Research Institute Press, 361p (In Persian).*

## Effects of Forestation with *Eucalyptus camaldulensis* (Dehnh.) and *Amygdalus scoparia* (Spach.) on Carbon Sequestration and Some Soil Properties (Case Study: Dashte Mazeh Forest Park, Dehdasht)

Zahra Ravanshadi<sup>1</sup>, Sohrab Alvaninejad<sup>2\*</sup>, Ebrahim Adhami<sup>3</sup>

Received: 11/3/2017

Accepted: 22/7/2017

### Abstract

Today, climate change and global warming caused by the emission of greenhouse gases is a big challenge to the world, especially in arid and semi-arid area. Afforestation is the most effective strategy to absorb carbon dioxide in terrestrial ecosystems and reduce global warming of the earth. The purpose of this study is to evaluate the effects of planting *Eucalyptus camaldulensis* and *Amygdalus scoparia* on carbon sequestration and some soil properties in Dashte Mazeh forest park of Dehdasht, southwest of Iran. For this purpose, soil samples were taken by the systematic-random method from depths of 0-15 and 30-15 cm. After measuring the soil chemical and physical properties inclusive of clay, sand, silt, pH, electrical conductivity, phosphorus, potassium and organic carbon in the laboratory, the data were analyzed with Orthogonal Comparisons method, using statistical software SPSS 20. The results showed that the soil carbon sequestration in forested area and non-forested area was estimated to be 20.8 and 8.73 t/ha, respectively ( $P < 0.01$ ). In addition, the rate of carbon sequestration, soil organic carbon and potassium in the *Eucalyptus* stand was more than that of *Amygdalus* stand ( $P < 0.05$ ). The results have shown that soil depth had no effect on carbon sequestration and other soil properties. The results of correlation analysis showed that there were positive correlations between soil organic carbon with percentage of clay, silt and potassium and negative correlation with sand.

**Keywords:** Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Climate Change, Soil Organic Carbon, Orthogonal Comparisons.

1. M.Sc. Forestry Graduated Student, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University

2. Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Institute of Natural Resources and Environmental, Yasouj University; Email: salvaninejad@yu.ac.ir

3. Associate Prof., Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University