

اثرات جنگل کاری با گونه‌های بومی و غیر بومی بر میزان ترسیب کربن خاک در مناطق خشک زاگرس (مطالعه موردی: پارک جنگلی آبگرم دهلران)

جواد میرزایی^{۱*}، فرزاد صیدی^۲، سهیل سبحان اردکانی^۳ و مسعود بازگیر^۴

- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام. پست الکترونیک: Mirzaei.javad@gmail.com

۲- کارشناس ارشد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

۳- استادیار، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

۴- استادیار، گروه گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۶

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۷

چکیده

افزایش نگرانی‌ها در زمینه گرمایش جهانی موجب شده که به خاک و توانایی آن در ترسیب کربن توجه ویژه‌ای شود. این تحقیق به منظور بررسی اثر جنگل کاری بر ترسیب کربن خاک در مناطق خشک انجام گردید. برای این منظور پارک جنگلی آبگرم دهلران (با گونه‌های اکالیپتوس، کهور و کنار) و یک منطقه شاهد همجوار (غیرجنگلی) انتخاب و به‌طور تصادفی - سیستماتیک از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و میزان ترسیب کربن و سایر عناصر نظیر فسفر، پتاسیم، ازت، وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته، رطوبت، درصد رس، سیلت، شن و سنگ‌ریزه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن خاک در منطقه جنگلی معادل ۱۱۷/۷۱ تن در هکتار و تقریباً پنج برابر منطقه غیرجنگلی (۲۴/۸۲ تن در هکتار) بود. همچنین میانگین ترسیب کربن خاک در رویشگاه کهور به طور معنی‌داری ($P < 0/005$) بیشتر از رویشگاه کنار بوده، اما بین میزان ترسیب کربن در رویشگاه‌های کهور و اکالیپتوس و رویشگاه‌های کنار و اکالیپتوس اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. میزان ترسیب کربن خاک در منطقه متراکم رویشگاه اکالیپتوس به طور معنی‌داری بیشتر از منطقه غیرمتراکم بوده، اما از این نظر در دو رویشگاه کنار و کهور تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. از سوی دیگر میزان ترسیب کربن خاک در زیر و خارج تاج پوشش در رویشگاه کنار به طور معنی‌داری متفاوت بوده، اما در دو رویشگاه دیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان ابراز داشت که توسعه جنگل کاری این منطقه نقش مهمی در کاهش آلودگی‌های اتمسفری داشته است، به گونه‌ای که توسعه این جنگل کاری‌ها را در سطوح بیشتر می‌توان پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: اکالیپتوس، کهور، کنار، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

مقدمه

اقلیم و افزایش گرمای کره زمین به عقیده بسیاری از محققان ناشی از افزایش غلظت گازهایی مثل بخار آب، دی‌اکسیدکربن، متان، اکسید ازت و پرتو فراسرخ است (Panahi et al., 2011)، که در این میان دی‌اکسیدکربن که تراکم آن در اتمسفر در اثر فعالیت‌های انسانی در ۱۵۰ سال اخیر افزایش چشمگیری یافته، نقش بیشتری داشته است (Petit et al., 2007) و Mahmoudi Taleghani et al., 2007

دی‌اکسیدکربن 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 اثرات مخربی بر حیات کره زمین داشته و سبب تخریب بوم‌سازگان‌های طبیعی، وقوع سیل و خشک‌سالی و برهم خوردن تعادل اقلیمی و بوم‌شناختی شده است. تغییر

(al., 1999).

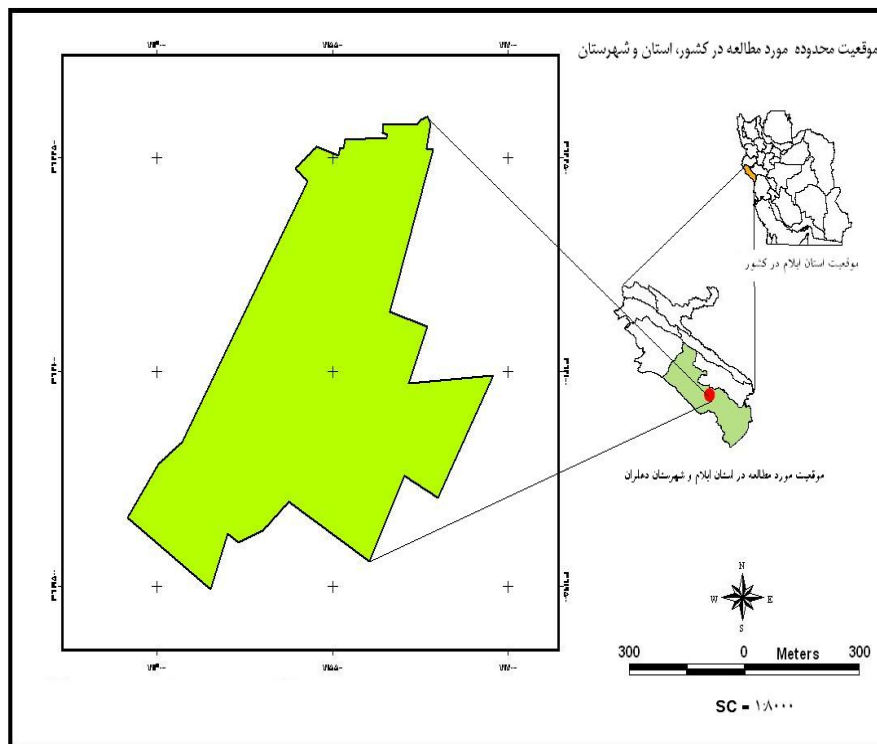
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه به وسعت حدود ۴۷۶ هکتار در محدوده شهرستان دهلران از توابع استان ایلام و پارک جنگلی آبگرم دهلران واقع شده و بین طول شرقی از ۱۹' ۴۷° تا ۱۴' ۱۶' ۴۷° و عرض شمالی ۲۸' ۵" ۴۱' ۳۲° تا ۲۰' ۵" ۴۳' ۳۲° قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع منطقه از سطح دریا از ۴۰ تا ۲۴۸۰ متر متغیر می‌باشد. این پارک در سال ۱۳۷۵ توسط اداره کل منابع طبیعی استان ایلام در ضلع شمال شرقی شهر دهلران با سه گونه درختی اکالیپتوس، کنار و کهور احداث گردید و هدف از ایجاد آن توسعه فضای سبز، ایجاد تفرجگاه، تلطیف هوا، حفاظت آب و خاک و جلوگیری از فرسایش خاک بوده است. منطقه مورد مطالعه جزو مناطق خشک و نیمه خشک کشور بوده و از نظر رویش و پوشش گیاهی و آب و هوایی ایرانی- تورانی محسوب می‌شود، بنابراین تحت تأثیر ناحیه صحاری- سندی قرار گرفته است. این منطقه دارای چهار تیپ اراضی شامل کوه‌ها، تپه‌ها، فلات‌ها و تراس‌های بالایی و واریزه‌های بادبزی شکل سنگ‌ریزه‌دار و پنج واحد اراضی شامل کوه‌های کم ارتفاع، کوه‌های نسبتاً مرتفع و جنگلی، تپه‌های کم ارتفاع بریده بریده، فلات‌ها و آبرفت‌های بادبزی شکل و قسمت بالایی واریزه‌ای بادبزی شکل است. از دیدگاه زمین‌شناسی این محدوده در زون زمین‌شناختی زاگرس چین خورده و در ناحیه ساختمانی لرستان، ضلع غربی زاگرس چین خورده واقع شده است. قدیمی‌ترین سازند رخنمون یافته در این ناحیه سازند سروک به سن کرتاسه بالایی از گروه بنگستان است.

بوم‌سازگان‌های طبیعی، به‌ویژه جنگل‌ها و مراتع تأثیر بسزایی در پایداری اتمسفر دارند. زیرا این عرصه‌های طبیعی می‌توانند دی‌اکسید کربن اتمسفر را جذب و با تولید اکسیژن موجبات پایداری بیشتر اتمسفر را فراهم آورند (Badeyan, 2006). اما از طرف دیگر به جهت افزایش جمعیت، سطح این اراضی طبیعی روزبه‌روز در حال کاهش بوده، و نگرانی در زمینه ازدیاد این آلودگی‌ها نیز در حال افزایش است. بنابراین، لازم است سطح اراضی طبیعی به‌ویژه جنگل‌ها را در مناطق حساس و آلوده برای کاهش آلودگی‌ها افزایش داد؛ اما لازمه این کار آگاهی از میزان ترسیب کربن توسط گونه‌های مختلف و همچنین شناخت گونه‌هایی است که از کارایی بالاتری در این زمینه برخوردارند.

در خصوص ترسیب کربن در داخل کشور تحقیقاتی انجام شده که از آن جمله می‌توان به بررسی اثرات جنگل‌کاری با گونه‌های پهن برگ بر میزان ترسیب کربن خاک در پارک چیتگر تهران (Varamesh et al., 2011)، بررسی میزان زی توده و ذخیره کربن برگ گونه بنه در باغ گیاه شناسی ملی ایران (Panahi et al., 2011)، ترسیب کربن خاک در جنگل‌کاریهای خالص سوزنی برگ و پهن برگ (Nobakht et al., 2011) و تأثیر قرق و چرا بر روی کربن آلی و وزن مخصوص ظاهری خاک (Aghamohseni Fashami et al., 2007) اشاره نمود. اما با این حال، این گونه مطالعات در مناطق خشک و نیمه خشک زاگرس به تعداد کمتری انجام شده است. از این رو این پژوهش در نظر دارد اثرات جنگل‌کاری بر میزان ترسیب کربن خاک این مناطق را مورد ارزیابی قرار دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

به حداقل رساندن خطا، نمونه‌برداری به صورت ترکیبی انجام شد، بدین معنی که ابتدا چهار نمونه خاک از زیر تاج پوشش و چهار نمونه خارج از تاج پوشش برداشت شده، و در نهایت نیز نمونه‌ها با هم مخلوط شدند. در این پژوهش از هر پلات دو نمونه برداشت شد. بدین ترتیب در توده‌های درختی اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) و کهور (*Prosopis juliflora*) در مجموع ۴۰ نمونه، در توده کنار (*Ziziphus spina-christi*) ۱۲ نمونه (فاقد منطقه متراکم) و در منطقه شاهد ۶ نمونه خاک (در کل ۵۸ نمونه) برداشت گردید. نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار جمع‌آوری و برای تعیین متغیرهای مورد نظر به آزمایشگاه انتقال یافتند.

آنالیز آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک گردیدند و بعد از خرد نمودن کلوخه‌ها و جدا نمودن ریشه‌ها، سنگ و

روش مطالعه

نمونه‌برداری

پس از بازدید مقدماتی و تعیین محدوده منطقه مورد مطالعه، متغیرهای مورد نظر ارزیابی شدند. بدین منظور ابتدا در هر توده درختی (کنار، کهور، اکالیپتوس و تیمار شاهد) به روش تصادفی - سیستماتیک حداقل ۶ و حداکثر ده پلات مربع شکل به ابعاد ۱۰×۱۰ متر مستقر گردید. علاوه بر این برای بررسی اثر تراکم کاشت بر میزان ترسیب کربن خاک، در هر توده نمونه‌هایی از توده‌های متراکم و غیرمتراکم گرفته شد. در تمام پلات‌ها برای گونه‌های درختی، قطر برابر سینه، ارتفاع و درصد تاج پوشش آنها اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی عناصر خاکی و برآورد میزان ترسیب کربن خاک، در مرکز هر پلات پس از کنار زدن لایه لاشبرگی، از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک یک نمونه از زیر تاج پوشش و یک نمونه خارج از تاج پوشش برداشت شد (Varamesh et al., 2010). برای

$$c_s = 10000 \times oc(\%) \times Bd \times e \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه:

$$c_s = \text{مقدار ترسیب کربن آلی (کیلوگرم بر هکتار)}$$

$$Bd = \text{وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر}$$

سانتی متر مکعب)

$$e = \text{عمق نمونه برداری (سانتی متر) می باشد.}$$

در این تحقیق جهت پردازش آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS استفاده شد. بدین منظور ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و همگنی آنها با آزمون لون (Levene) مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میزان ترسیب کربن بین منطقه جنگلی و شاهد، میزان ترسیب کربن خاک در منطقه متراکم و غیر متراکم، میزان ترسیب کربن خاک در زیر تاج و خارج تاج و مقایسه کربن و سایر عناصر خاکی در مناطق متراکم و غیر متراکم از آزمون T مستقل و برای مقایسه ترسیب کربن در رویشگاه‌های کنار، اکالیپتوس و کهور از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد.

نتایج

نتایج مقایسه ترسیب کربن بین منطقه جنگلی و

شاهد:

منطقه جنگلی با میانگین ۱۱۷/۷۱ تن در هکتار در مقایسه با منطقه غیرجنگلی با میانگین ۲۴/۸۲ تن در هکتار، به طور معنی دار میزان کربن بیشتری را ترسیب داده است (شکل ۲). علاوه بر این بین دو منطقه از نظر درصد رطوبت، پتاسیم، pH و هدایت الکتریکی اختلاف معنی دار بود، به طوری که بجز در مورد پیراسنجه‌های درصد رطوبت، پتاسیم و هدایت الکتریکی که در منطقه جنگلی بیشتر از منطقه غیرجنگلی بود، بین مقادیر سایر پیراسنجه‌ها در دو منطقه اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۱).

سایر ناخالصی‌ها، آنها را آسیاب و از الک ۲ میلی متری (مش ۲۰) عبور دادیم. همچنین مقدار سنگریزه آنها توزین و به صورت درصد محاسبه گردید. برای تعیین بافت، وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی، ازت، فسفر و پتاسیم نمونه‌های خاک به ترتیب از روش‌ها و دستگاه‌های هیدرومتری، سیلندر فلزی، پتانسیومتری توسط pH متر الکترونیکی (JENWAY مدل ۳۳۱۰)، EC متر (JENWAY مدل ۴۵۱۰)، سوزاندن در کوره الکتریکی، اسپکتروفتومتر (JENWAY مدل ۶۳۰۰) و فلیم فتومتر (JENWAY مدل PFP7) استفاده شد. میزان کربن آلی خاک نیز به روش Walkly & black تعیین شد. بدین ترتیب که پنج گرم خاک خشک شده در آن را پس از الک نمودن در بالن مخروطی ۵۰۰ میلی لیتری ریخته و به آن ۱۰ میلی لیتر از ماده $K_2Cr_2O_7$ یک نرمال به همراه ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد. سپس بالن را به مدت دو تا سه دقیقه به هم زده و اجازه داده شد تا به مدت ۳۰ دقیقه ثابت بماند. بعد از طی این مدت، ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. سپس ۱۰ میلی لیتر اسید فسفریک و یک میلی لیتر شاخص دی فنیل آمین به آن افزوده و ترکیب حاصل را با فرو سولفات آمونیوم تیتیر کردیم تا رنگ محلول ارغوانی یا آبی شود. در نهایت نیز به منظور پیدایش رنگ سبز، مقدار بیشتری فرو سولفات آمونیوم به آن اضافه و جهت محاسبه درصد کربن نمونه‌ها و میزان ترسیب کربن خاک در واحد سطح به ترتیب از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده کردیم (Ardakani et al., 2007).

$$OC = \times 0.003 \times 100 \frac{V1 - V2}{W} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه:

$$OC = \text{درصد کربن آلی}$$

$$V1 = \text{حجم دی کرومات پتاسیم نرمال}$$

$$V2 = \text{حجم فرو سولفات آمونیوم نرمال (میلی لیتر)}$$

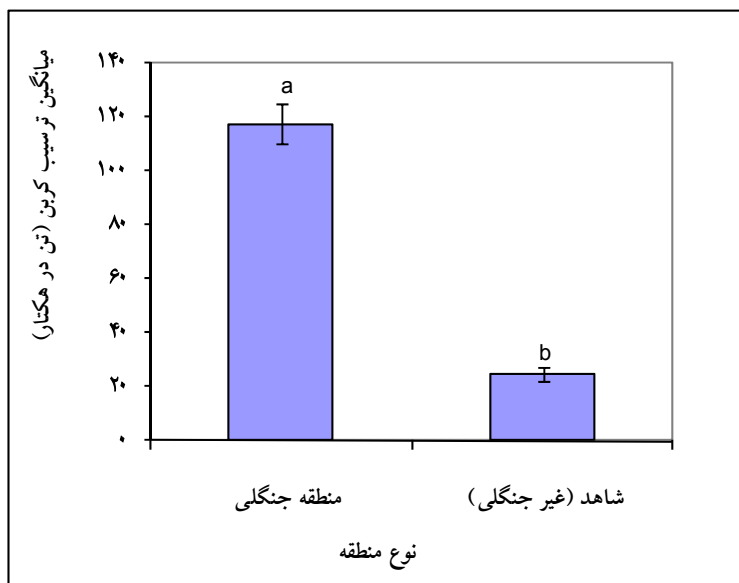
$$W = \text{وزن نمونه خاک (گرم)}$$

اثرات جنگل کاری با گونه های بومی و غیر بومی بر میزان ترسیب کربن خاک در مناطق خشک زاگرس

جدول ۱- مقادیر پیراسنجه های مورد ارزیابی در دو منطقه جنگلی و شاهد

پیراسنجه مورد ارزیابی	t	p	اشتباه معیار \pm میانگین
رس (درصد)	۱/۱۵	۰/۲۵ ns	۱۸/۹۲ \pm ۱/۲۳ شاهد ۱۳/۷۵ \pm ۱/۴۳
سیلت (درصد)	-۰/۷۲	۰/۴۷ ns	۱۸/۸۲ \pm ۱/۲۸ شاهد ۲۲/۲۵ \pm ۳/۵۴
شن (درصد)	-۰/۶۹	۰/۴۹ ns	۶۲/۲۵ \pm ۰/۶۶ شاهد ۶۴ \pm ۳
وزن مخصوص (g/cm^3)	۰/۳۲	۰/۷۴ ns	۱/۴۹ \pm ۰/۰۲ شاهد ۱/۴۶ \pm ۰/۰۷
رطوبت (درصد)	۴/۳۸	۰/۰۰۱ **	۳/۶۶ \pm ۰/۱۸ ^a شاهد ۲/۴۹ \pm ۰/۱۸ ^b
سنگ و سنگ ریزه (درصد)	-۰/۰۱	۰/۹۸ ns	۴۱/۱۰ \pm ۲/۰۷ شاهد ۴۱/۲۱ \pm ۳/۸۹
pH	-۲/۴	۰/۰۱ *	۷/۸ \pm ۰/۰۲ ^b شاهد ۸ \pm ۰/۰۶ ^a
EC (میلی زیمنس بر سانتی متر)	۶/۰۹	۰/۰۰۰ **	۳ \pm ۰/۴۴ ^a شاهد ۰/۲۹ \pm ۰/۰۰۸ ^b
کربن (درصد)	۱۱/۲۹	۰/۰۰۰ **	۰/۷۹ \pm ۰/۰۵ ^a شاهد ۰/۱۷ \pm ۰/۰۲ ^b
نیتروژن (درصد)	۰/۷۴	۰/۴۶ ns	۰/۲۴ \pm ۰/۰۱ شاهد /۲۱ \pm ۰/۰۱
فسفر (قسمت در میلیون)	۰/۷۳	۰/۴۶ ns	۸ \pm ۰/۴۰ شاهد ۶/۹۲ \pm ۱/۰۸
پتاسیم (قسمت در میلیون)	۷/۶۶	۰/۰۰۰ **	۳۵۶/۶۱ \pm ۱۷/۱۸ ^a شاهد ۲۱۶/۵۰ \pm ۶/۲۳ ^b

= اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد، *= اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۹ درصد، ns= عدم وجود اختلاف معنی دار بین دو منطقه جنگلی و شاهد، حروف متفاوت لاتین بیانگر اختلاف معنی دار بین گروه هاست.

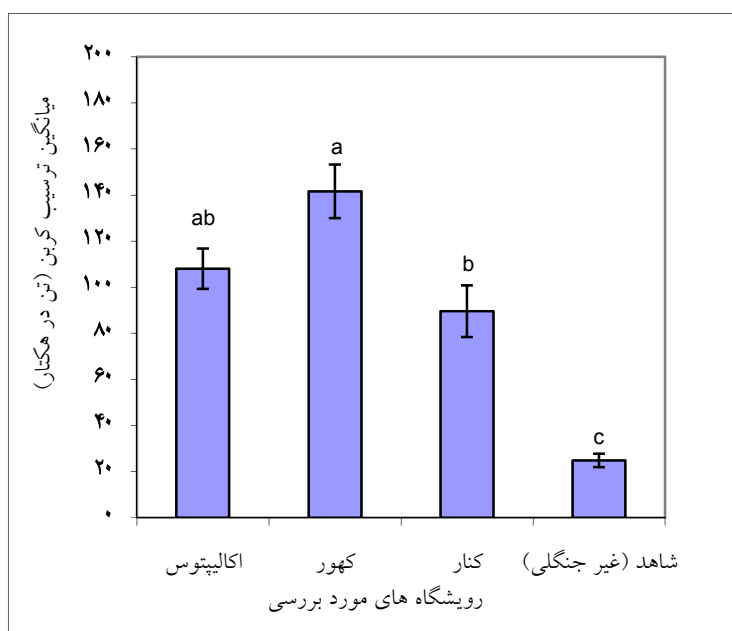


شکل ۲- مقایسه میانگین میزان ترسیب کربن بین دو منطقه جنگلی و شاهد (غیر جنگلی)

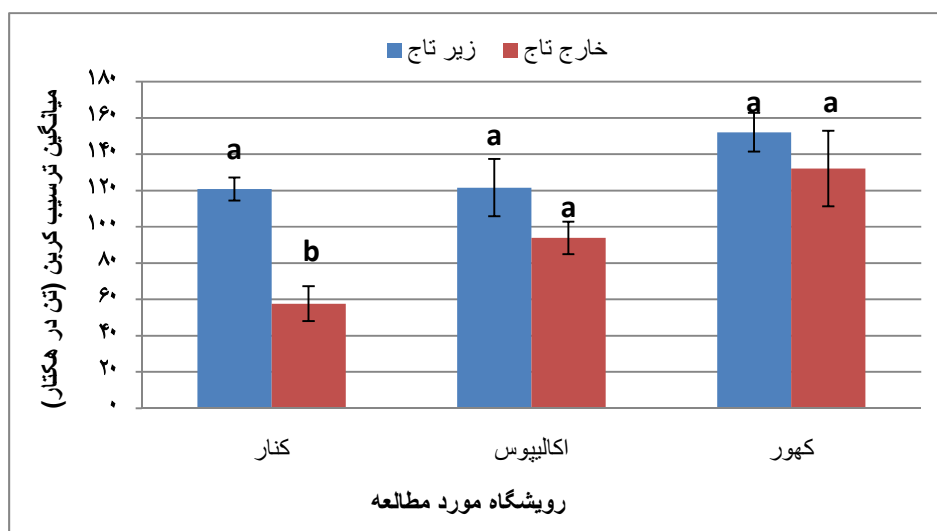
تاج رویشگاه کنار به طور معنی داری متفاوت است، به طوری که میانگین ترسیب کربن در زیر تاج با ۱۲۰/۸۴ تن در هکتار بیشتر از خارج تاج با ۵۷/۶ تن در هکتار بود (شکل ۴). بین میزان ترسیب کربن خاک در دو منطقه زیر و خارج تاج پوشش رویشگاه اکالیپتوس و کهور اختلاف معنی داری وجود ندارد (شکل ۴). همچنین نتایج آزمون T مستقل (غیر جفتی) بین زیر و خارج تاج در رویشگاه اکالیپتوس نشان داد که به لحاظ میزان درصد سنگ و سنگ ریزه ($P=0/04$)، pH ($P=0/04$)، فسفر ($P=0/004$) و پتاسیم ($P=0/004$) اختلافی معنی داری وجود داشت، به طوری که، میزان pH و پتاسیم در زیر تاج به طور معنی داری بیشتر از خارج تاج، درصد سنگ، سنگ ریزه و فسفر کمتر و از نظر سایر پیراسنجه‌های مورد ارزیابی اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدولهای ۲ و ۳).

ترسیب کربن در رویشگاه‌های مختلف

نتایج آنالیز بین رویشگاه‌های مختلف پارک جنگلی آبگرم دهلران نشان داد که میانگین ترسیب کربن در رویشگاه‌های مختلف و منطقه شاهد تفاوت معنی داری دارد ($P<0/005$) (شکل ۳). به طوری که بیشترین میزان ترسیب کربن در رویشگاه کهور و کمترین آن در منطقه شاهد بود. همچنین بین میزان ترسیب کربن خاک در رویشگاه کهور و رویشگاه کنار اختلافی معنی دار ($P=0/005$) مشاهده شد، به نحوی که میانگین ترسیب کربن در رویشگاه کهور با ۱۴۱/۶۲ تن در هکتار بیشتر از رویشگاه کنار (با ۸۹/۶ تن در هکتار) بوده است. اما بین میزان ترسیب کربن در رویشگاه کهور و رویشگاه اکالیپتوس و میانگین ترسیب کربن در رویشگاه اکالیپتوس و رویشگاه کنار اختلافی معنی داری مشاهده نشد. همچنین نتایج نشان داد که میانگین ترسیب کربن در داخل و خارج



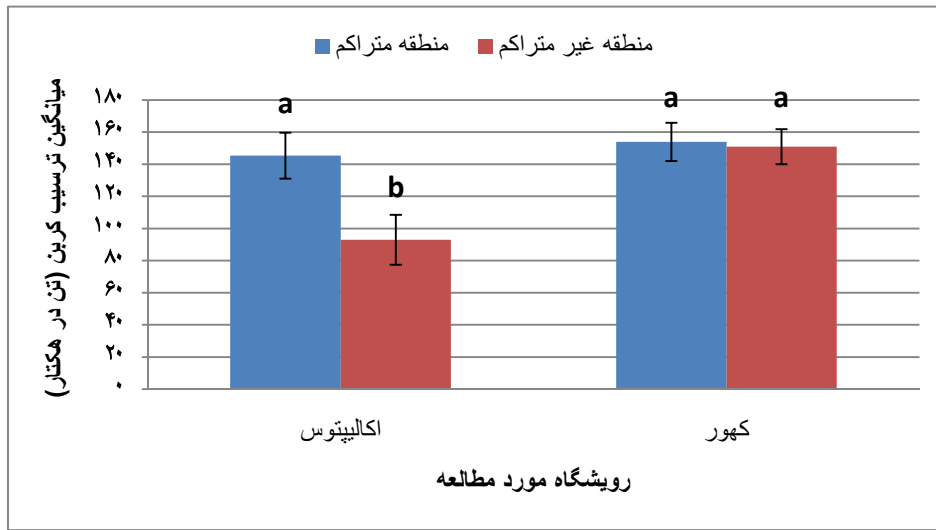
شکل ۳- مقایسه میانگین ترسیب کربن بین رویشگاه های مختلف پارک جنگلی آبگرم و منطقه شاهد



شکل ۴- مقایسه میانگین ترسیب کربن در زیر و خارج تاج پوشش رویشگاه های کنار، اکالیپتوس و کهور

میانگین ترسیب کربن خاک در منطقه متراکم با ۱۴۵/۴۱ تن در هکتار بیشتر از منطقه غیرمتراکم با ۹۳ تن در هکتار می باشد، اما در رویشگاه کهور از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده نشد (شکل ۵).

نتایج تأثیر تراکم درختان بر میزان ترسیب کربن نتایج آزمون آماری نشان داد که بین میزان ترسیب کربن خاک در دو منطقه متراکم و غیرمتراکم رویشگاه اکالیپتوس اختلاف معنی داری وجود دارد، به طوری که



شکل ۵- مقایسه میانگین ترسیب کربن در دو منطقه متراکم و غیرمتراکم رویشگاه اکالیپتوس و کهور

جدول ۲- میانگین و اشتباه معیار پیراسنجه‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده در رویشگاه‌های مختلف پارک جنگلی آبگرم دهلران

رویشگاه	کربن (درصد)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	نیترژن (درصد)	pH	EC (dsm/cm ³)
اکالیپتوس	زیر تاج	۶/۲۷ ± ۰/۶۳ ^b	۴۲۲/۳۰ ± ۲۲/۶۶ ^a	۰/۲۳ ± ۰/۰۵ ^a	۷/۸ ± ۰/۱۵ ^a	۳/۵۲ ± ۲/۸۴ ^a
	خارج تاج	۷/۹۱ ± ۱/۳۴ ^a	۳۰۳/۷ ± ۷۱/۵۹ ^b	۰/۲ ± ۰/۰۷ ^a	۷/۶ ± ۰/۲۲ ^b	۶/۸ ± ۴/۴ ^a
کهور	زیر تاج	۸/۸۳ ± ۱/۶۱ ^a	۴۳۴/۱ ± ۹۴/۰۱ ^a	۰/۲۲ ± ۰/۰۷ ^a	۷/۷ ± ۰/۱۳ ^a	۲/۳۸ ± ۲/۶۶ ^a
	خارج تاج	۶/۷۸ ± ۰/۶۳ ^b	۲۸۱/۵ ± ۹۳/۲۷ ^b	۰/۲۲ ± ۰/۰۳ ^a	۷/۸ ± ۰/۱۷ ^a	۱/۲۸ ± ۱/۸ ^a
کنار	زیر تاج	۱۴/۴ ± ۳/۴۲ ^a	۴۸۳/۱ ± ۵۱/۵۱ ^a	۰/۲۹ ± ۰/۰۱ ^a	۷/۸ ± ۰/۰۹ ^a	۱/۵۵ ± ۰/۹۵ ^a
	خارج تاج	۵/۵۳ ± ۰/۳۸ ^b	۱۸۸/۱۶ ± ۲۵/۳۶ ^b	۰/۲۴ ± ۰/۱۵ ^a	۷/۸ ± ۰/۳۰ ^a	۲/۳۴ ± ۲/۴۱ ^a
شاهد		۶/۹۲ ± ۲/۱۷	۲۱۶/۵ ± ۱۲/۴۷	۰/۲۱ ± ۰/۰۲	۸ ± ۰/۱۳	۰/۲۹ ± ۰/۰۱

جدول ۳- میانگین و اشتباه معیار پیراستجه‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده در رویشگاه‌های مختلف پارک جنگلی آبگرم دهلران

سنگ و سنگ‌ریزه (درصد)	رطوبت (درصد)	وزن مخصوص (گرم بر سانتی متر مکعب)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	عمق	
						لاشبرگ (سانتی متر)	رویشگاه
۲۸/۶۹±۱۱/۰۵ ^b	۴/۴۳±۰/۷۶ ^a	۱/۴۳±۰/۲۴ ^a	۶۱/۹±۴/۳۵ ^a	۲۱/۷±۱۲/۰۸ ^a	۱۶/۴±۱۱/۱۵ ^a	۲/۷±۲ ^a	زیر تاج
۴۰/۱±۱۲/۴۱ ^a	۳/۷±۱/۰۵ ^a	۱/۴۹±۰/۱۱ ^a	۶۲/۹±۵/۶ ^a	۱۷/۵±۷/۸۳ ^a	۱۹/۶±۴/۴ ^a	۲/۷±۲ ^a	خارج تاج
۴۷/۴۶±۱۳/۷۲	۳/۳۳±۱/۱ ^a	۱/۵۲±۰/۲۱ ^a	۶۱±۲/۴۴ ^a	۱۹/۷±۹/۷۰ ^a	۱۹/۳±۹/۴۶ ^a	۱/۳±۱/۲۵ ^a	زیر تاج
۳۵/۸۱±۱۷/۸۰	۳/۹۵±۲/۰۱ ^a	۱/۳۹±۰/۱۹ ^a	۶۰/۳±۵/۱۶ ^a	۱۶/۳±۷/۷۳ ^a	۲۳/۴±۹/۲۴ ^a	۱/۳±۱/۲۵ ^a	خارج تاج
۵۱/۷۹±۹/۸۰	۳/۴۴±۰/۸۳ ^a	۱/۵۹±۰/۲۷ ^a	۶۴/۳۳±۵/۴۲ ^a	۱۵/۱۶±۱۲/۲ ^a	۲۰/۵±۱۰/۰۳ ^a	-	زیر تاج
۵۰/۸۰±۹/۱۱	۲/۶۲±۰/۶۸ ^a	۱/۶±۰/۱۱ ^a	۶۵±۵/۵۸ ^a	۲۲/۶±۲/۲۵ ^a	۱۲/۳۳±۴/۰۵ ^a	-	خارج تاج
۴۱/۲۱±۷/۷۹	۲/۴۹±۰/۳۷ ^a	۱/۴۶±۰/۱۴ ^a	۶۴±۶ ^a	۲۲/۲۵±۷/۰۸ ^a	۱۳/۷۵±۲/۸۷ ^a	-	شاهد

بحث

ترسیب بیشتری داشته است. مهمترین دلیل این امر احتمالاً تراکم بالای تاج پوشش گونه کهور بوده است (جدول ۲). در این راستا Paul et al. (2002) نیز بر اساس تحقیقات خود اظهار داشتند که میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌کاری با گونه‌های پهن برگ خزان کننده یا گونه‌های تثبیت کننده ازت افزایش می‌یابد. از سوی دیگر Bordbar (2006) & Mortazavi در بررسی توان ذخیره کربن در جنگل‌کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در مناطق غربی استان فارس به این نتیجه رسیدند که مقدار ذخیره کربن در توده اکالیپتوس کمتر از توده آکاسیا می‌باشد.

همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که بین دو منطقه متراکم و غیرمتراکم رویشگاه اکالیپتوس از نظر میزان ترسیب کربن خاک اختلافی معنی‌داری وجود دارد، به طوری که میانگین ترسیب کربن خاک در منطقه متراکم با ۱۴۵/۴۱ تن در هکتار بیشتر از منطقه غیرمتراکم با ۹۳ تن در هکتار بوده است ولی در سایر رویشگاه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در این راستا Mahmoudi (2007) Taleghani et al. به نتایج مشابهی دست یافتند. البته بین میزان ترسیب کربن خاک در دو منطقه زیر و خارج تاج پوشش رویشگاه کنار اختلاف معنی‌داری وجود داشته (P < ۰/۰۰۱)، به نحوی که میانگین ترسیب کربن در زیر تاج با ۱۲۰/۸۴ تن در هکتار بیشتر از خارج تاج با ۵۷/۶ تن در هکتار بوده است ولی در سایر رویشگاه‌ها

پژوهشگران مختلف تأثیر جنگل‌کاری‌ها را بر میزان ترسیب کربن مثبت ارزیابی کرده و نشان داده‌اند که افزایش سطح جنگل‌کاری به‌ویژه در اراضی بایر و تخریب شده، به افزایش جذب کربن منجر خواهد شد (Varamesh et al., 2010 و Panahi et al., 2011). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که میزان ترسیب کربن در منطقه جنگل‌کاری شده دهلران بطور معنی‌داری بیشتر از منطقه شاهد (غیرجنگلی) می‌باشد (P < ۰/۰۰۵)، به طوری که میانگین ترسیب کربن خاک در منطقه جنگلی ۱۱۷/۷۱ تن در هکتار و منطقه شاهد ۲۴/۸۲ تن در هکتار بوده است. به عبارتی جنگل‌ها میزان ترسیب کربن را در حدود پنج برابر افزایش داده است. این میزان ترسیب کربن در کنار سایر کارکردهای اکوسیستمی جنگل از جمله تعدیل دمای محیط، افزایش ذخیره منابع آب زیرزمینی، کاهش فرسایش، افزایش حیات وحش و غیره بسیار قابل توجه و ارزشمند است. در این راستا Grunzweig و همکاران (۲۰۰۳) به این نتیجه رسیدند که توسعه جنگل‌کاری‌ها در مناطق خشک اثر معنی‌داری بر ترسیب کربن داشته که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت.

نتایج این تحقیق نشان داد که گونه‌های مختلف کاشته شده اثر یکسانی بر میزان ترسیب کربن نداشته، به طوری که گونه کهور نسبت به گونه‌های کنار و اکالیپتوس میزان

- University publisher, 252 p.
- Badeyan, Z., 2006. Relationship between Carbon sequestration and pH of soil in mixed *Fagus orientalis* forest. MSc thesis, Department of Forestry and Forest Economics, Tehran University, 111 p.
 - Bordbar, S.K. and Mortazavi, J., 2006. Carbon sequestration potential of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh and *Acacia salicina* Lindl plantation in western areas of Fars province. Pajouhesh and Sazandegi, 70: 95-103.
 - Garten, J. and Charles, T., 2002. Soil carbon storage beneath recently established tree plantations in Tennessee and South Carolina, USA, Biomass and Bioenergy, 23(2): 93-102.
 - Grunzweig, J.M., Lin, T., Rotenberg, E., Schwartz, A. and Yakir, D., (2003). Carbon sequestration in arid-land forest. Global Change Biology, 9(5): 791-799.
 - Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, GH., Adeli, E., Sagheb-Talebi, KH., 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. Iranian Journal of Forest and Poplar, 15(3): 241-252.
 - Nobakht, A., Pourmajidian, M., Hojjati, S.M. and Fallah, A. 2011. A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures (Case study: Dehmian forest management plan, Mazandaran). Iranian Journal of Forest, 3(1): 12-23.
 - Panahi, P., Pourhashemi, M. and Hassani Nejad, M. 2011. Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* in National. Botanical Garden of Iran. Iranian Journal of Forest, 3(1): 1-12.
 - Paul, K.I., Polglase, P.J., Nyakuengama, J.G. and Khanna, P.K., 2002. Change in soil carbon following afforestation. Forest Ecology and Management, 168(1-3): 241-257.
 - Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J.M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenkov, V.Y., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E. and Stievenard, M., 1999. Climate and atmospheric history of past 420000 years from the Vostock ice core, Antarctica. Nature, 399: 429-436.
 - Singh, G., Bala, N., Chaudhuri, K.K. and Meena, R.L., 2003. Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India, Indian Forester, 129(7): 859-864.
 - Varamesh, S., Hoseini, S.M. and Abdi, N., 2011. Effects of reforestation with broad-leaved species on soil Carbon sequestration in Chitgar forest park. Journal of soil research, 25(3): 25-35.
 - Varamesh, S., Hosseini, S.M., Abdi, N. and 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.

اختلاف معنی داری وجود نداشته است.

علاوه بر این، نتایج تحقیق نشان داد که بین میزان ترسیب کربن، درصد رطوبت و پتاسیم ارتباط مستقیم وجود دارد، به نحوی که هر چه میزان رطوبت خاک و پتاسیم بیشتر شود، میزان ترسیب کربن خاک نیز بیشتر می شود. در این راستا (Garten & Charles (2002) تحقیق خود نشان دادند که ترسیب کربن خاک با ماده آلی و با درصد سیلت و رس همبستگی دارد. علاوه بر این، Singh et al., (2003) و Badeyan (2006) نیز عنوان نمودند که مقدار مواد آلی خاک و به تبع آن مقدار کربن ترسیب شده در خاک، در واحد سطح به عوامل دیگری از جمله وزن مخصوص ظاهری خاک بستگی دارد.

بنابراین می توان عنوان نمود که جنگل کاریهای این منطقه نقش مهمی در کاهش آلودگی های اتمسفری ناشی از جنگ تحمیلی و صنعتی داشته است. به طوری که در مجموع میانگین میزان ترسیب کربن در مناطق جنگل کاری شده در حدود پنج برابر بیشتر از مناطق غیر جنگلی بوده است؛ که از این نظر می توان توسعه این جنگل کاری ها را در سطوح وسیع تر پیشنهاد داد. علاوه بر این نوع گونه نیز بر میزان ترسیب کربن خاک نقش داشته، زیرا گونه های مختلف میزان ترسیب یکسانی ندارند؛ که این خود می تواند در برنامه های جنگل کاری این مناطق و به ویژه مناطقی که از میزان آلودگی بیشتری برخوردارند، مورد توجه قرار گیرد. البته در تعیین تراکم جنگل کاری با این گونه ها در مناطق خشک و نیمه خشک، مسئله ترسیب کربن نیز باید مد نظر قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

References

- Aghamohseni Fashami, M. Zahedi, GH., Farahpour, M. and Khorasani, N., 2007. Influence of enclosure and grazing on the soil organic carbon and soil bulk density (Case study: in the central Alborze south slopes rangelands. Iranian Journal of Agriculture, 5(4): 1-7.
- Ardakani, M.R., Rezvani, M. and Zaafricanian, F., 2007. Analysis methods in plant ecology. Tehran

Effects of native and exotic tree plantation on carbon sequestration at arid areas of Zagros region (Case study: Abgarm forest park, Dehloran)

Javad Mirzaei^{1*}, Farzad Sayedi², Soheil Sobhan Ardakani³ and Masoud Bazgir⁴

1*- Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Ilam University.

Email: mirzaei.javad@gmail.com

2- Senior Expert, Faculty of Environmental Science, Azad University, Hamadan Branch.

3- Assistant Professor, Faculty of Environmental Science, Azad University, Hamadan Branch.

4- Assistant Professor, Department of Pedology, Faculty of Agriculture, Ilam University.

Received: 06.01.2013

Accepted: 26.05.2013

Abstract

World anxiousness to earth global warmness brought a special attention to soil's potential for carbon sequestration. The purpose of the trial was to investigate effects of tree plantation on carbon sequestration at arid lands. For this reason, a site at forest park of Dehloran area in Ilam province of Iran was chosen where three tree species, including *Eucalyptus camaldulensis*, *Prosopis juliflora* and *Ziziphus spina-christii* had been planted before. Based on random systematic statistical method, 6- 10 sampling plots of 10 x 10 m. size were allocated for each species at planted and unplanted (control) parts, separately. Soil sampling was made in center of each plot at 0-20cm depth after removing the organic layer of the soil surface to measure carbon sequestration, N, P, K, pH, moisture, bulk density, silt, sand, clay and gravel amount. Results showed that carbon sequestration rate under the trees cover was 117.7 ton per hectare which was about five times more than the control plots (24.82 T/ha). Furthermore, only average carbon sequestration rate under *P. juliflora* plots was significantly more than under *Z. spina-christii* plots ($p < 0.005$). In addition, only average carbon sequestration at high density plots was significantly more than at low density plots under *E. camaldulensis* species. There was only significant difference between plots outside and inside crown cover of *Z. spina-christii* in respect to carbon sequestration rate. Overall, it might be concluded that forest plantation at Dehloran area played an important role in reducing atmospheric pollution and its area should be increased at high extent.

Keywords: Soil physical and chemical properties, *Eucalyptus*, *Prosopis*, *Ziziphus*