DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2014.4729

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۱ شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۵۱۶-۵۰۶، (۱۳۹۲)

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

جواد میرزایی[1*]، فرزاد صیدی[2]، سهیل سبحان اردکانی[3] و مسعود بازگیر[4]

۱★- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام. پست‌الکترونیک: 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
٤- استادیار، گروه گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/٦

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 جنگل‌کاری 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 ۲۰-۰ 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 (۲٤/۸۲ 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 معنی داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان ابراز داشت که توسعه جنگل‌کاری این منطقه نقش مهمی در کاهش آلودگی‌های اتمسفری داشته است، به گونه‌ای که توسعه این جنگل‌کاری‌ها را در سطوح بیشتر می‌توان پیشنهاد نمود.

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

مقدمه

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 برهم‌خوردن تعادل اقلیمی و بوم‌شناختی شده است. تغییر اقلیم و افزایش گرمای کره زمین به عقیده بسیاری از محققان ناشی از افزایش غلظت گازهایی مثل بخار آب، دی اکسیدکربن، 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 (Mahmoudi Taleghani *et al*., 2007 و Petit *et*

(*al*., 1999).

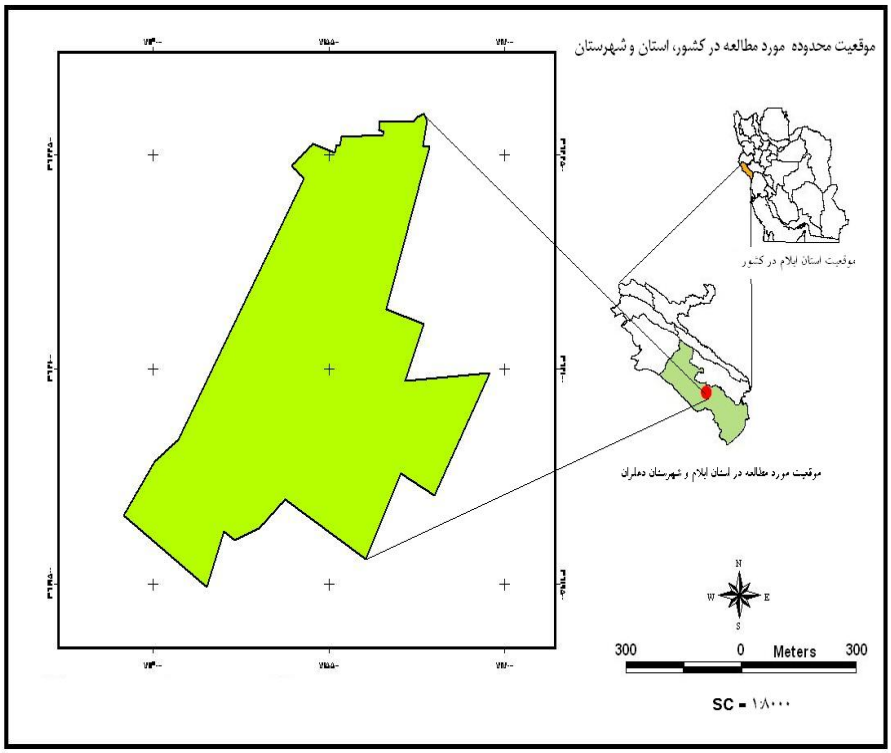
بوم‌سازگان‌های طبیعی، به‌ویژه جنگل‌ها و مراتع تأثیر بسزایی در پایداری اتمسفر دارند. زیرا این عرصه‌های طبیعی می‌توانند دی‌اکسید کربن اتمسفر را جذب و با تولید اکسیژن موجبات پایداری بیشتر اتمسفر را فراهم آورند (Badeyan, 2006). اما از طرف دیگر به جهت افزایش جمعیت، سطح این اراضی طبیعی روزبه‌روز در حال کاهش 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. ازاین‌رو این پژوهش در نظر دارد اثرات جنگل‌کاری بر میزان ترسیب کربن خاک این مناطق را مورد ارزیابی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه به وسعت حدود ٤٧٦ هکتار در محدوده شهرستان دهلران از توابع استان ایلام و پارک جنگلی آبگرم دهلران واقع شده و بین طول شرقی از "۱ '۱۹ °٤۷ تا "۱٤/۷ '۱٦ °٤۷ و عرض شمالی "۲۸/۵ '٤۱ °۳۲ تا "۲۰/۵ '٤۳ °۳۲ قرار دارد (شکل۱). ارتفاع منطقه از سطح دریا از ٤۰ تا ۲٤۸۰ متر متغیر می‌باشد. این پارک در سال ۱۳۷۵ توسط اداره کل منابع طبیعی استان ایلام در ضلع شمال‌شرقی 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 نیمه‌خشک 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 بادبزنی شکل سنگ‌ریزه‌دار و پنج واحد اراضی شامل کوه‌های کم ارتفاع، کوه‌های نسبتاً مرتفع و جنگلی، تپه‌های کم ارتفاع بریده بریده، فلات‌ها و آبرفت‌های بادبزنی شکل و قسمت بالایی واریزه‌ای بادبزنی 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.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

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 ٦ 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. به‌منظور 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 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 ٤٠ نمونه، در توده کنار (*Ziziphus spina-christi*) ۱۲ نمونه (فاقد منطقه متراکم) و در منطقه شاهد ٦ 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

سایر ناخالصی‌ها، آنها را آسیاب و از الک ۲ میلی‌متری (مش ۲۰) عبور دادیم. همچنین مقدار سنگ‌ریزه آنها توزین و به‌صورت درصد محاسبه گردید. برای تعیین بافت، وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی، ازت، فسفر و پتاسیم نمونه‌های خاک به‌ترتیب از روش‌ها و دستگاه‌های هیدرومتری، سیلندر فلزی، پتانسیومتری توسط pH متر الکترونیکی(JENWAY مدل ۳۳۱۰)، EC متر(JENWAY مدل ٤٥١٠)، سوزاندن در کوره الکتریکی، اسپکتروفتومتر(JENWAY مدل ٦٣٠٠) 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 آون را پس از الک نمودن در بالن مخروطی ۵۰۰ میلی لیتری ریخته و به آن ۱۰ میلی لیتر از مادهٔ $K_2Cr_2O_7$ 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 تیتر 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 به‌ترتیب از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده کردیم (Ardakani *et al.*, 2007).

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

در این رابطه:

OC= درصد کربن آلی

V_1 = حجم دی کرومات پتاسیم نرمال

V_2 = حجم فرو سولفات آمونیوم نرمال (میلی لیتر)

W= وزن نمونه خاک (گرم)

رابطه ۲
$$c_s= 10000 \times oc(\%) \times Bd \times e$$

در این رابطه:

c_s= مقدار ترسیب کربن آلی (کیلوگرم بر هکتار)

Bd= وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب)

e= عمق نمونه‌برداری (سانتی متر) می‌باشد.

در این تحقیق جهت پردازش آماری داده‌ها از نرم‌افزار 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 غیرمتراکم از آزمون T مستقل و برای مقایسه ترسیب کربن در رویشگاه‌های کنار، اکالیپتوس و کهور از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد.

نتایج

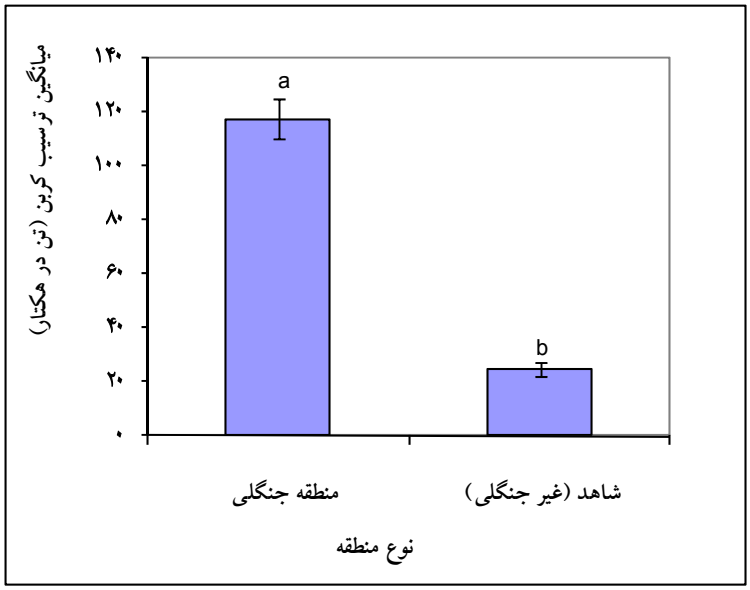
نتایج مقایسه ترسیب کربن بین منطقه جنگلی و شاهد:

منطقه جنگلی با میانگین ۱۱۷/۷۱ تن در هکتار در مقایسه با منطقه غیرجنگلی با میانگین ۲٤/۸۲ تن در هکتار، به طور معنی‌دار میزان کربن بیشتری را ترسیب داده است (شکل۲). علاوه بر این بین دو منطقه از نظر درصد رطوبت، پتاسیم، pH و هدایت الکتریکی اختلاف معنی‌دار بود، به‌طوری‌که 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 معنی‌داری وجود نداشت (جدول۱).

جدول۱- مقادیر پیراسنجه‌های مورد ارزیابی در دو منطقه جنگلی و شاهد

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

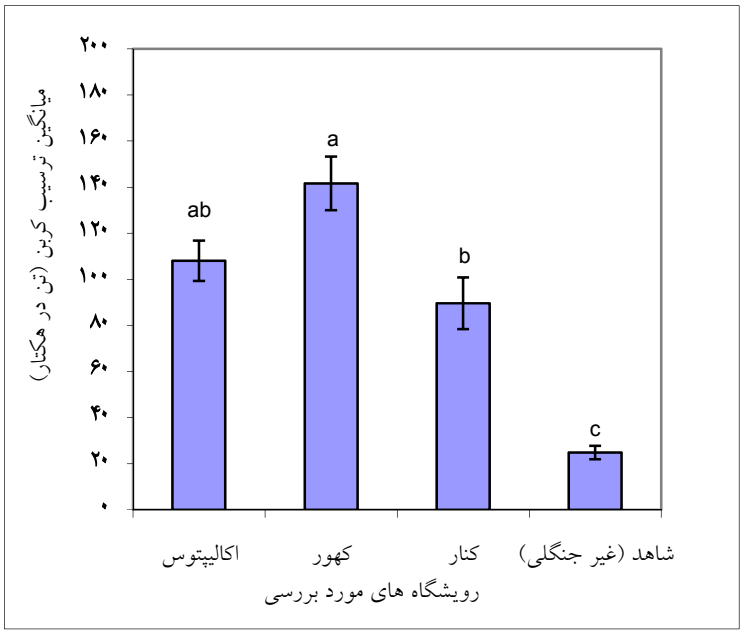
*= اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد، **= اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد، ns= عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دو منطقه جنگلی و شاهد، حروف متفاوت لاتین بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گروه‌هاست.



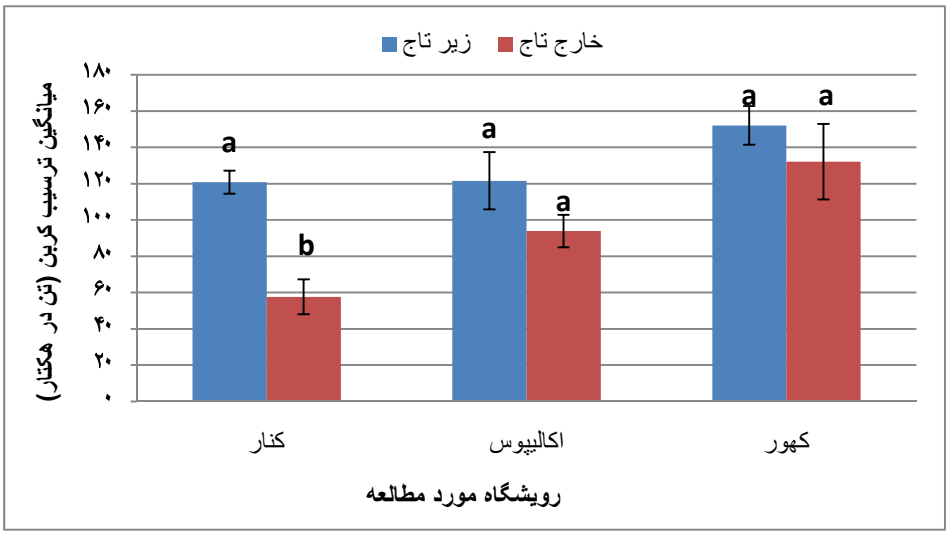
شکل۲- مقایسه میانگین میزان ترسیب کربن بین دو منطقه جنگلی و شاهد (غیر جنگلی)

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 معنی‌داری دارد (P<۰/۰۰۵) (شکل۳). به‌طوری‌که 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 معنی‌دار (P=۰/۰۰۵) مشاهده شد، به‌نحوی‌که میانگین ترسیب کربن در رویشگاه کهور با ۱٤۱/٦۲ تن در هکتار بیشتر از رویشگاه کنار (با ۸۹/٦ 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 معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج نشان داد که میانگین ترسیب کربن در داخل و خارج تاج رویشگاه کنار به طور معنی‌داری متفاوت است، به‌طوری‌که میانگین ترسیب کربن در زیر تاج با ۱۲۰/۸٤ تن در هکتار بیشتر از خارج تاج با ۵۷/٦ تن در هکتار بود (شکل٤). بین میزان ترسیب کربن خاک در دو منطقه زیر و خارج تاج پوشش رویشگاه اکالیپتوس و کهور اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل٤). همچنین نتایج آزمون T مستقل (غیر جفتی) بین زیر و خارج تاج در رویشگاه اکالیپتوس نشان داد که به لحاظ میزان درصد سنگ و سنگ‌ریزه (P=۰/۰٤)، pH (P=۰/۰٤)، فسفر (P=۰/۰۰٤) و پتاسیم (P=۰/۰۰٤) اختلافی معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که، میزان pH و پتاسیم در زیر تاج به طور معنی-داری بیشتر از خارج تاج، درصد سنگ، سنگ‌ریزه و فسفر کمتر و از نظر سایر پیراسنجه‌های مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدولهای۲ و ۳).



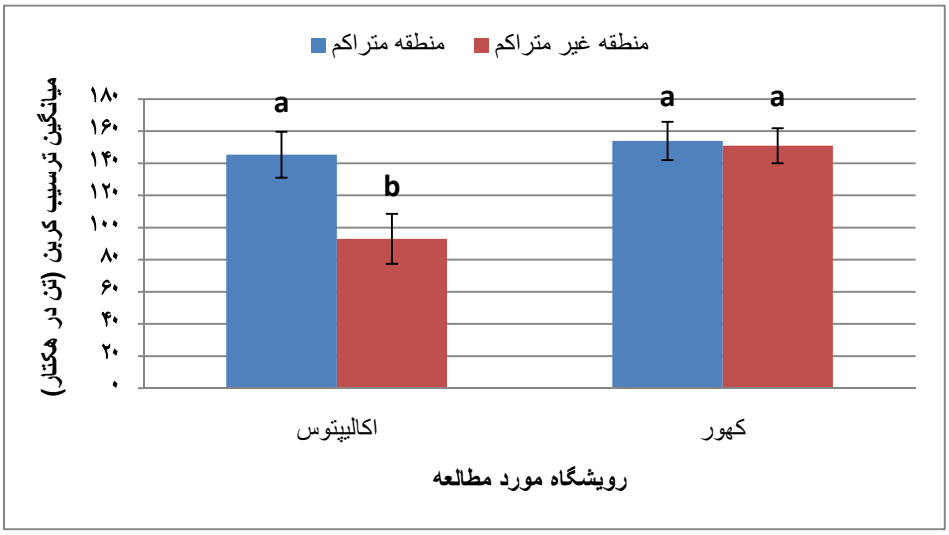
شکل۳- مقایسه میانگین ترسیب کربن بین رویشگاه‌های مختلف پارک جنگلی آبگرم و منطقه شاهد



شکل٤- مقایسه میانگین ترسیب کربن در زیر و خارج تاج پوشش رویشگاه‌های کنار، اکالیپتوس و کهور

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 معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که میانگین ترسیب کربن خاک در منطقه متراکم با ۱٤٥/٤۱ تن در هکتار بیشتر از منطقه غیرمتراکم با ۹۳ تن در هکتار می‌باشد، اما در رویشگاه کهور از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل۵).



شکل۵- مقایسه میانگین ترسیب کربن در دو منطقه متراکم و غیرمتراکم رویشگاه اکالیپتوس و کهور

جدول۲- میانگین و اشتباه معیار پیراسنجه‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده در رویشگاه‌های مختلف پارک جنگلی آبگرم دهلران

رویشگاه		کربن (درصد)	فسفر(ppm)	پتاسیم (ppm)	نیتروژن (درصد)	pH	(EC dsm/cm^3)
اکالیپتوس	زیر تاج	۰/۸۵ ±۰/۳۵ ^{a}	٦/۲۷ ±۰/٦۳ ^{b}	٤۲۲/۳۰ ±۲۲/٦٦ ^{a}	۰/۲۳ ±۰/۰۵ ^{a}	۷/۸ ±۰/۱۵ ^{a}	۳/۵۲ ±۲/۸٤ ^{a}
	خارج تاج	۰/٦۳ ±۰/۲۱ ^{a}	۷/۹۱ ±۱/۳٤ ^{a}	۳۰۳/۷ ±۷۱/۵۹ ^{b}	۰/۲ ±۰/۰۷ ^{a}	۷/٦ ±۰/۲۲ ^{b}	٦/۸ ±٤/٤ ^{a}
کهور	زیر تاج	۱ ±۰/۲٤ ^{a}	۸/۸۳ ±۱/٦۱ ^{a}	٤۳٤/۱ ±۹٤/۰۱ ^{a}	۰/۲۲ ±۰/۰۷ ^{a}	۷/۷ ±۰/۱۳ ^{a}	۲/۳۸ ±۲/٦٦ ^{a}
	خارج تاج	۰/۹۵ ±۰/۵۰ ^{a}	٦/۷۸ ±۰/٦۳ ^{b}	۲۸۱/۵ ±۹۳/۲۷ ^{b}	۰/۲۲ ±۰/۰۳ ^{a}	۷/۸ ±۰/۱۷ ^{a}	۱/۲۸ ±۱/۸ ^{a}
کنار	زیر تاج	۰/۷٦ ±۰/۱۱ ^{a}	۱٤/٤ ±۳/٤۲ ^{a}	٤۸۳/۱ ±۵۱/۵۱ ^{a}	۰/۲۹ ±۰/۰۱ ^{a}	۷/۸ ±۰/۰۹ ^{a}	۱/۵۵ ±۰/۹۵ ^{a}
	خارج تاج	۰/۳٦ ±۰/۱٦ ^{b}	۵/۵۳ ±۰/۳۸ ^{b}	۱۸۸/۱٦ ±۲۵/۳٦ ^{b}	۰/۲٤ ±۰/۱۵ ^{a}	۷/۸ ±۰/۳۰ ^{a}	۲/۳٤ ±۲/٤۱ ^{a}
شاهد		۰/۱۷ ±۰/۰٤	٦/۹۲ ±۲/۱۷	۲۱٦/۵ ±۱۲/٤۷	۰/۲۱ ±۰/۰۲	۸ ±۰/۱۳	۰/۲۹ ±۰/۰۱

جدول۳- میانگین و اشتباه معیار پیراسنجه‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده در رویشگاه‌های مختلف پارک جنگلی آبگرم دهلران

رویشگاه		عمق لاشبرگ (سانتی متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	وزن مخصوص (گرم بر سانتی متر مکعب)	رطوبت (درصد)	سنگ و سنگ‌ریزه (درصد)
بلوط	زیر تاج	۲/۷ ± ۲[a]	۱۵[a] ±۱۱/ ۱٦/٤	۲۱/۷ ±۱۲/۰۸[a]	٦۱/۹±٤/۳٥[a]	۱/٤۳±۰/۲٤[a]	۷٦[a] ±۰/ ٤/٤۳	۲۸/٦۹±۱۱/۰٥[b]
	خارج تاج	۲/۷± ۲[a]	۱۹/٦ ±٤/٤[a]	۱۷/٥ ±۷/۸۳[a]	٦۲/۹ ±٥/٦[a]	۱/٤۹±۰/۱۱[a]	٥٥[a] ±۱/ ۳/۷	٤۰/۱±۱۲/٤۱[a]
کهور	زیر تاج	۱/۳±۱/۲٥[a]	۱۹/۳±۹/٤٦[a]	۱۹/۷ ±۹/۷۰[a]	٦۱±۲/٤٤[a]	۱/٥۲ ±۰/۲۱[a]	۱/۳۳ ±۱[a]	٤۷/٤٦ ±۱۳/۷۲
	خارج تاج	۱/۳±۱/۲٥[a]	۲۳/٤±۹/۲٤[a]	۱٦/۳ ±۷/۷۳[a]	٦۰/۳ ±٥/۱٦[a]	۱/۳۹ ±۰/۱۹[a]	۳/۹٥ ±۲/۰۱[a]	۳٥/۸۱ ±۱۷/۸۰
بادام	زیر تاج	–	۲۰/٥±۱۰/۰۳[a]	۱٥/۱٦ ±۱۲/۲[a]	٦٤/۳۳ ±٥/٤۲[a]	۱/٥۹±۰/۲۷[a]	۳/٤٤ ±۰/۸۳[a]	٥۱/۷۹ ±۹/۸۰
	خارج تاج	–	۱۲/۳۳ ±٤/ ٥۰[a]	۲۲/٦±۲/۲٥[a]	٦٥ ±٥/٥۸[a]	۱/٦ ±۰/۱۱[a]	۲/٦۲ ±۰/٦۸[a]	٥۰/۸۰ ±۹/۱۱
شاهد		–	۱۳/۷٥ ±۲/۸۷[a]	۲۲/۲٥ ±۷/۰۸[a]	٦٤ ± ٦[a]	۱/٤٦ ±۰/۱٤[a]	۲/٤۹ ±۰/۳۷[a]	٤۱/۲۱ ±۷/۷۹

بحث

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<۰/۰۰٥)، به‌طوری‌که میانگین ترسیب کربن خاک در منطقه جنگلی ۱۱۷/۷۱ تن در هکتار و منطقه شاهد ۲٤/۸۲ 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 ازجمله 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، به‌طوری‌که گونه کهور نسبت به گونه‌های کنار و اکالیپتوس میزان ترسیب بیشتری داشته است. مهمترین دلیل این امر احتمالاً تراکم بالای تاج پوشش گونه کهور بوده است (جدول۲). 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 & Mortazavi (2006) 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، به‌طوری‌که میانگین ترسیب کربن خاک در منطقه متراکم با ۱٤٥/٤۱ تن در هکتار بیشتر از منطقه غیرمتراکم با ۹۳ تن در هکتار بوده است ولی در سایر رویشگاه‌ها اختلاف معنی داری وجود نداشت. در این راستا Mahmoudi Taleghani *et al.* (2007) 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)، به‌نحوی‌که میانگین ترسیب کربن در زیر تاج با ۱۲۰/۸٤ تن در هکتار بیشتر از خارج تاج با ٥۷/٦ تن در هکتار بوده است ولی در سایر رویشگاه‌ها

اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است.

علاوه‌براین، نتایج تحقیق نشان داد که بین میزان ترسیب کربن، درصد رطوبت و پتاسیم ارتباط مستقیم وجود دارد، به‌نحوی‌که هر چه میزان رطوبت خاک و پتاسیم بیشتر شود، میزان ترسیب کربن خاک نیز بیشتر می‌شود. در این راستا Garten & Charles (2002) در تحقیق خود نشان دادند که ترسیب کربن خاک با ماده آلی و با درصد سیلت و رس همبستگی دارد. علاوه‌براین، 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 ازجمله وزن مخصوص ظاهری خاک بستگی دارد.

بنابراین می‌توان عنوان نمود که جنگل‌کاریهای این منطقه نقش مهمی در کاهش آلودگی‌های اتمسفری ناشی از جنگ تحمیلی و صنعتی داشته است. به‌طوری‌که در مجموع میانگین میزان ترسیب کربن در مناطق جنگل‌کاری شده در حدود پنج برابر بیشتر از مناطق غیر جنگلی بوده است؛ که از این نظر می‌توان توسعه این جنگل‌کاری‌ها را در سطوح وسیع‌تر پیشنهاد داد. علاوه‌براین نوع گونه نیز بر میزان ترسیب کربن خاک نقش داشته، زیرا گونه‌های مختلف میزان ترسیب یکسانی ندارند؛ که این خود می‌تواند در برنامه‌های جنگل‌کاری این مناطق و به‌ویژه مناطقی که از میزان آلودگی بیشتری برخوردارند، مورد توجه قرار گیرد. البته در تعیین تراکم جنگل‌کاری با این گونه‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک، 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 exclosure 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 Zaafaranian, F., 2007. Analysis methods in plant ecology. Tehran 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-leafed 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.

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 Sayedi[2], Soheil Sobhan Ardakani[3] and Masoud Bazgir[4]

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-christi* 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*