نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۷، شماره ۴، ۱۳۹۴، صفحات ۳۴۱-۳۵۱

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 7, Issue 4, 2016, Pages 341-351

بررسی کارایی شیوه‌های سنتی درخت‌کاری دیم همراه با عملیات بیومکانیکی آبخیزداری جهت ترسیب کربن در مناطق رویشگاهی زاگرس شمالی و مرکزی

یحیی پرویزی[*1]
[1] استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۷

چکیده

تقریبا تمامی بررسی‌های جهانی تغییر اقلیم ناشی از اثرات گلخانه‌ای گازهای کربنی را تأیید می‌نماید. ترسیب کربن در عرصه جنگل‌ها و مراتع رهیافتی پایدار و فاقد مخاطرات زیست محیطی برای مواجهه با تبعات این پدیده است. انجام عملیات احیائی جنگل‌کاری توام با روش‌های آبخیزداری یکی از ظرفیت‌های مهم در ترسیب کربن است. این پژوهش با هدف بررسی ظرفیت این عملیات در مناطق رویشی زاگرس شمالی و مرکزی در ترسیب کربن اتمسفری اجراء شد. بدین منظور در هر یک از استان‌های کردستان، کرمانشاه، لرستان و فارس یک یا چند سایت که عملیات یاد شده بر مبنای الگوهای سنتی یا جدید آبخیزداری اجراء گردیده بود، به‌عنوان معرف انتخاب، سپس با عملیات میدانی نمونه-برداری خاک، زیست‌توده و لاشبرگ به‌صورت سیستماتیک تصادفی در سایت‌های مطالعاتی و شاهد انجام شد. اندازه‌گیری کربن آلی و دیگر آزمایشات خاک و نیز ضریب تبدیل کربن برای نمونه زیست‌توده و لاشبرگ محاسبه و ذخیره کربن در هکتار محاسبه شد. سپس مقادیر شاخص‌های ترسیب کربن در هر هکتار محاسبه شد. نتایج نشان داد که عملیات اجراء شده که عمدتاً به‌صورت درخت‌کاری همراه با عملیات پخش سیلاب و آبخوانداری و بانکت‌بندی و سامانه‌های سنتی تراس‌بندی و سکوبندی همراه با کشت درخت و درختچه و یا همراه با زراعت بود، موفق به ترسیب از ۳/۴۱ تا ۱۱۲/۱ تن کربن در هکتار شده بودند. بیشترین سهم کربن ترسیبی مربوط به کربن خاکی بود که سهم نسبی آن در ترسیب کربن بین ۹۵ تا ۹۹ درصد از کل کربن ترسیب یافته بود. از میان عملیات مورد ارزیابی سامانه سنتی سکوبندی همراه با کشت درختان مو و بادام موفق‌تر از سایر اشکال عملیات بود.

واژه‌های کلیدی: بانکت‌بندی، پخش سیلاب، تراس‌بندی، ذخیره کربن، نهال‌کاری

مقدمه

امروزه بشر بیش از هر زمان دیگری نیازمند شناخت و نقش خاک و رستنی‌ها به‌عنوان تنظیم‌کننده طبیعی سطح گازهای گلخانه‌ای جو و کنترل‌کننده تغییرات اقلیم است (Batjes و Wesemael، ۲۰۱۵). در طول قرون گذشته فعالیت‌هایی بشر در راستای صنعتی شدن نظیر سوزاندن سوخت‌های فسیلی، تغییرات کاربری مانند جنگل‌زدایی و تبدیل علف‌زارها به زراعت، سبب افزایش تراکم گازهای گلخانه‌ای در جو زمین شده است. در دهه ۸۰ و ۹۰ میلادی مجموعا حدود ۱۸ درصد از ذخایر کربنی اراضی جهان در اثر مدیریت

[*] مسئول مکاتبات: yparvizi1360@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

غیرصحیح تخریب و تصعید شده است (Lal، ۲۰۰۸). Van der Werf و همکاران (۲۰۰۹) سهم جنگل‌زدایی و تخریب جنگل را در تصاعد گازهای کربنی به جو زمین حدود ۲۰ درصد برآورد نمودند. ایشان، روند این تغییرات را طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ افزایشی دانسته است.

بر اساس گزارش موسسه شبکه اقدام اقلیمی اروپا (CAN)[1] ایران در سال ۲۰۱۲ با داشتن حدود یک درصد از جمعیت دنیا ۱/۸۴ درصد از مجموع گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن را در سطح دنیا تولید می‌کند (Burck و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین، ایران مقام هفتم را در تولید این گاز در میان کشورهای جهان دارا است. سهم واقعی اراضی کشور در عرصه‌های طبیعی اعم از کشاورزی و منابع طبیعی در روند گرمایش جهانی به‌طور کامل مشخص نیست. بررسی‌ها نشانگر آسیب‌پذیری بیشتر کشورهای واقع در اقالیم نیمه‌خشک جهان که بیشتر کشورهای در حال توسعه از جمله ایران در این محدوده‌های اقلیمی هستند، نسبت به پدیده گرمایش جهانی است. مقابله با پدیده تغییر اقلیم مستلزم حفظ ثبات جوی، یا به عبارت بهتر متوقف یا تعدیل نمودن تغییر ترکیب اتمسفر است.

برای کنترل روند تغییرات شتابنده گرمایش جهانی بایستی سطح موجود گازهای گلخانه‌ای در جو زمین تقلیل یابد. لذا باید گزینه ترسیب کربن طبیعی در اکوسیستم‌های طبیعی که تنها گزینه موجود که کارکرد آن‌ها ناظر به تقلیل سطح کربن اتمسفر هستند، مورد توجه قرار گیرد (Lal، ۲۰۱۱). ترسیب کربن در بوم‌سازگان‌های خاکی، به‌وسیله منابع اراضی یعنی جنگل‌ها، مراتع و خاک انجام می‌شود. استفاده از سامانه کربن‌گیری یا ترسیب کربن می‌تواند حدود ۲۰ درصد از دی‌اکسیدکربن موجود در جو زمین را جذب و به ماده آلی خاک تبدیل کند (Lal، ۲۰۰۸).

جنگل و جنگل‌کاری از طریق تولید هر متر مکعب چوب ۹۰۰ کیلوگرم کربن را ترسیب می‌دهد و با استفاده از آن در مجموع مانع تصاعد دو تن کربن به اتمسفر می‌شود. خاک‌های جنگل با ذخیره حدود ۷۰۰ میلیارد تن، بزرگ‌ترین مخزن ذخیره کربن در بوم‌سازگان‌های جنگلی جهان است (IPCC، ۲۰۰۶). جنگل‌زدایی‌های پیاپی سبب کاهش چشمگیر ظرفیت ذخیره کربن آلی خاک به میزان سالیانه دو میلیون تن کربن شده است. خاک‌های کشاورزی نسبت به پتانسیل واقعی خود کربن آلی کمتری (۵۰-۲۰ درصد) دارند. بنابراین، راه‌کارهای مناسبی که به کاهش کربن اتمسفری کمک می‌کند، ذخیره‌سازی کربن به‌وسیله، مراتع و توده‌های جنگل‌کاری شده است (Parvizi و همکاران، ۲۰۱۰). Lal (۲۰۱۰) طی گزارشی میزان ذخایر کربن کاربری‌های مختلف جنگل، مرتع (ساوانا و گراس‌لندها) و اراضی کشاورزی جهان را به‌ترتیب ۴۴/۵، ۲۶/۹ و ۵/۷ درصد به‌دست آورد. Lal (۲۰۰۸) معتقد است، استفاده از سامانه ترسیب کربن از اتمسفر، می‌تواند حدود ۲۰ درصد از دی‌اکسید کربن موجود در جو زمین را جذب و به ماده آلی تبدیل کند. Nave و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی سوابق تحقیقی در آمریکا، میانگین تأثیر عملیات احیاء و تغییر کاربری زراعت به درخت‌کاری را در افزایش ذخیره کربن خاک در این کشور معادل ۳۲ درصد تخمین زدند.

گزارش بخش توسعه و عمران سازمان ملل متحد (UNDP)، در ایران مقدار ترسیب کربن در ۹۰۰ هکتار از مراتع خشک و بیابانی حسین‌آباد بیرجند با پوشش غالب تاغ طی ۲۰ سال را معادل ۱۴ تن در هکتار برآورد نمود (Maddah Arefi، ۲۰۰۰). Kooch و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای اثر عملیات بیومکانیکی احیاء جنگل از طریق جنگل‌کاری را در منطقه داراب کلا ساری بر ترسیب کربن در خاک بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که کشت گونه‌های درختی کاج، بلوط و افرا منجر به ترسیب ۸۰/۳، ۴۳ و ۱۹/۱ تن کربن در هکتار به‌صورت ترسیب کربن خاکی در عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری در طی یک دوره ۲۱ساله شده است.

در تحقیقی Bordbar (۲۰۰۴) پتانسیل ترسیب کربن در طرح بیومکانیکی جنگل‌کاری دیم گونه اکالیپتوس در یک سامانه پخش سیلاب منطقه گربایگان فسا و نورآباد ممسنی بررسی و نشان داد که گونه اکالیپتوس توانسته از ۲/۲۷ تا ۸/۰۸ تن و آکاسیا

[1] Climate Action Network

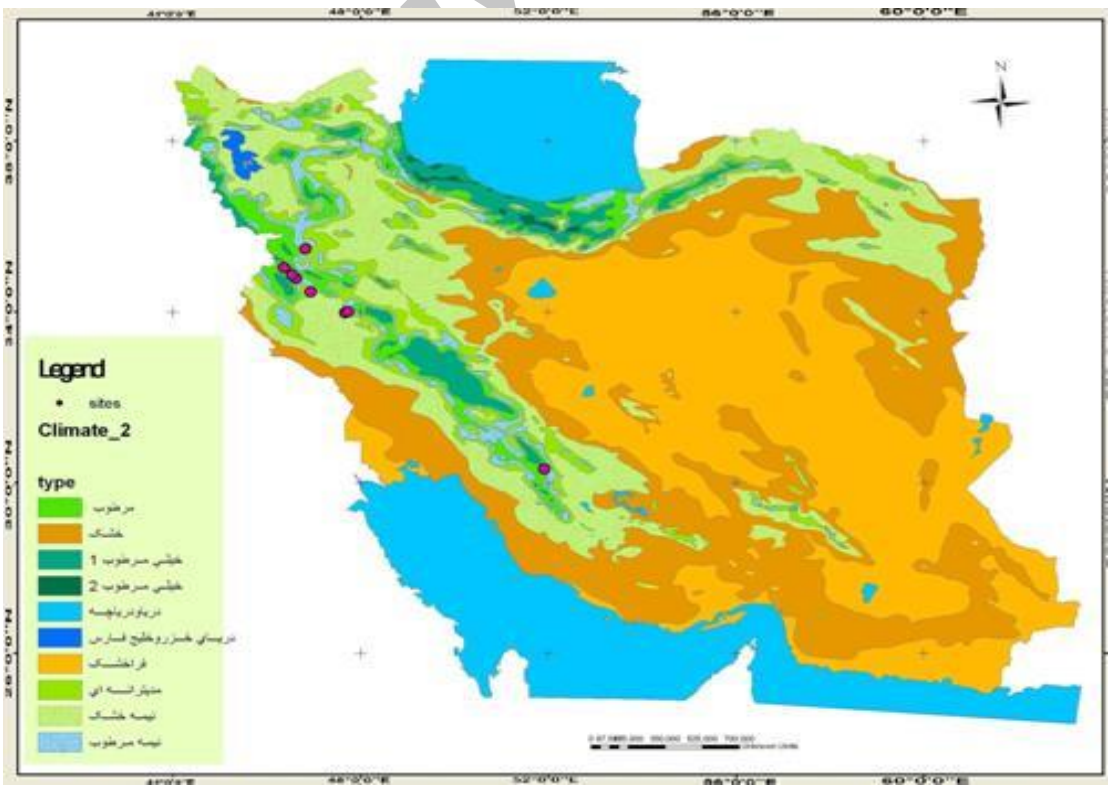
Archive of SID
www.SID.ir

۱/۵ تن کربن در هکتار در سال ترسیب نماید. Talegani و همکاران (۲۰۰۷) ظرفیت ترسیب کربن در خاک در هفت توده جنگل‌کاری شده در شمال کشور را از ۱۲۳ تا ۲۸۳ تن کربن برآورد نمود.

عملیات بیومکانیکی آبخیزداری یکی از مصادیق مهم مدیریت منابع اراضی و خاک می‌باشد که متشکل از اقدامات مکانیکی اصلاحی همراه با توانبخشی بیولوژیکی از طریق کشت گونه‌های گیاهی همراه با عملیات مکانیکی است. بررسی کلی نتایج حاصل از ارزیابی تاثیر این عملیات در ترسیب کربن و ارتقا ذخایر کربنی بیوسفر (زیست‌توده و خاک) در اقالیم و شرایط جغرافیایی مختلف بیانگر اثر معنی‌دار این عملیات بر پتانسیل ترسیب کربن در عرصه‌های منابع طبیعی کشور است. عملیات احیایی بیومکانیکی آبخیزداری پتانسیل قابل توجهی در ترسیب مخازن کربنی اتمسفر در بوم‌سازگان‌های خاکی و اصلاح گرمایش جهانی دارند. بنابراین، در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین المللی، ارزش افزوده و توجیه اقتصادی بسیاری از این عملیات‌ها قابل بازتعریف است. لذا ضروری است، در یک تحقیق جامع، ظرفیت و بضاعت طرح‌های انجام شده در سطح کشور، در ترسیب کربن ارزیابی و کمی شود. تاکنون در ایران مطالعه جامعی برای تعیین سهم عملیات بیومکانیکی آبخیزداری به‌ویژه در مناطق محدوده رویشی زاگرس در فرایند ترسیب کربن صورت نپذیرفته است. بنابراین، در این تحقیقی ارزش و ظرفیت این عملیات در ترسیب کربن مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، ابتدا گزارشات مطالعاتی و اجرایی پروژه‌های درخت‌کاری و جنگل‌کاری توام با اقدامات آبخیزداری موجود در سطح استان‌های هدف و در مناطقی از این استان‌ها که در در عرصه رویشگاهی جنگل‌های نیمه‌خشک در مناطق زاگرس شمالی و میانی (کردستان، کرمانشاه، لرستان و فارس)، واقع بودند، بررسی شدند. سپس در هر استان یک یا چند سایت معرف برای مطالعه انتخاب شد. اقالیم مناطق انتخابی نیمه‌مرطوب معتدل تا مرطوب بود. شکل ۱ نمایی از پراکنش مناطق یا سایت‌های مورد ارزیابی را در نقشه اقلیمی کشور نشان می‌دهد.



شکل ۱- نمایی از پراکنش سایت‌های مطالعاتی در نقشه اقلیمی کشور

www.SID.ir

خاک سایت‌های انتخابی در کلیه مناطق از خاک‌های جوان با تکامل پروفیلی اندک و با بافت سنگین رسی سیلتی یا رسی و از رده انتی‌سول بودند. این پروژه‌ها دارای بیشترین فراوانی در سطح استان بوده و در مرحله تثبیت و اثربخشی کامل بودند. انجام بازدیدهای صحرایی و عملیات میدانی به‌منظور بررسی و ثبت ویژگی‌های فنی و مدیریتی و ثبت اختصاصات پوشش گیاهی پروژه‌های انتخاب شده صورت پذیرفت. در شکل ۲ نمایی از پروژه‌های بیومکانیکی درون سازه‌های سنتی سکوبندی، تراس‌بندی و نیز در محدوده پخش سیلاب در استان‌های کرمانشاه، لرستان و کردستان که در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفتند، نشان داده شده است.

برای نمونه‌برداری ابتدا نقشه واحدکاری به کمک نقشه اجرایی پروژه و نقشه‌های شیب و جهت تهیه شد. نمونه‌برداری به‌صورت سیستماتیک تصادفی همزمان در سایت‌های مطالعاتی و شاهد انجام شد. در هر واحدکاری، نمونه‌برداری خاک با حفر پروفیل و نمونه‌برداری زیست‌توده و لاشبرگ در سطح پلات و به‌صورت زیر انجام شد. نمونه‌برداری خاک به دو روش دست‌خورده و دست‌نخورده انجام شد. در نمونه‌برداری بیوماس و لاشبرگ در هر پلات، تراکم بوته، ترکیب گونه‌ای، درصد سطح تاج پوشش و لاشبرگ تعیین شد. در هر پلات تعدادی بوته معرف از هر گونه انتخاب و با کل ریشه جمع‌آوری، در آون خشک و توزین شد. سپس زیست‌توده تاج پوشش و ریشه به روش میانگین وزنی محاسبه شد. پس از نمونه‌برداری نمونه‌های زیست‌توده، لاشبرگ و خاک به ازمایشگاه منتقل شد و مراحل زیر انجام شد. مقادیر کربن آلی خاک، در نمونه‌های خاک تعیین شد. با داشتن مقدار کربن آلی خاک عمق (d) و وزن مخصوص ظاهری، ذخیره کربنی (Cs) هر لایه و در هکتار با معادله (۱) محاسبه شد.

$$Cs = 10000 \times \%SOC \times Bd \times d \qquad (۱)$$

شکل ۲- نمائی از چند مورد عملیات ارزیابی شده در جوانرود (بالا راست) و پاوه (بالا چپ) کرمانشاه و کوهدشت لرستان (پائین راست) و گاودره کردستان (پائین چپ)

سپس با میانگین‌گیری وزنی، ذخیره کربن خاک در کل پروفیل و در واحد سطح محاسبه شد و در نهایت برای کل عرصه هر سایت، میزان ذخیره کربن خاک یا کربن ترسیب یافته در خاک محاسبه می‌شود.

www.SID.ir

برای تعیین ضرایب تبدیل کربن در نمونه‌های زیست‌توده، نمونه‌های گیاه و لاشبرگ در آون خشک و توزین شده و آسیاب شد. مقدار کمی از آن‌ها در کوره و در دمای ۴۵۰ درجه به مدت شش ساعت سوزانده شد (MacDicken، ۱۹۹۷). سپس ضریب تبدیل کربن برای هر نمونه محاسبه و در نهایت کربن زیست‌توده و لاشبرگ در هکتار تعیین شد. در نهایت مقادیر شاخص‌های ترسیب کربن (ذخیره کربن آلی خاک، ذخیره کربن زیست‌توده و لاشبرگ، و کل کربن ترسیب یافته) در هر هکتار و برای کل سایت مطالعاتی تعیین شد. مقدار کربن ترسیب یافته با مقایسه شاخص‌های ترسیب در پروژه‌های مطالعاتی و سایت‌های شاهد محاسبه و با مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون‌های آماری ساده تحلیل کمی مقدار کربن ترسیب یافته کل و اجزاء آن‌ها در اثر پروژه‌های اجراء شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها و محاسبات انجام شده در سایت‌های مطالعاتی در استان لرستان نشان داد که کل کربن ترسیب یافته در اثر اعمال عملیات بیومکانیکی در پخش سیلاب رومشگان و آبخوان کوهدشت به‌ترتیب ۱۰۹/۴ و ۹۱/۷ تن در هکتار بوده است.

همچنین، گونه‌های اکالیپتوس، سرو نقره‌ای و انجیر در زمینه ترسیب کربن موفق‌تر عمل کرده‌اند. بررسی نتایج یافته‌های پژوهش مبین آن است که بیشترین کمیت کربن ترسیب یافته به‌صورت کربن ذخیره شده در خاک است (شکل ۲). به‌گونه‌ای که سهم نسبی ترسیب کربن در خاک از کل کربن یافته معادل ۹۳ و ۹۷ درصد از کل کربن ترسیب یافته به‌ترتیب برای سایت‌های پخش سیلاب رومشکان و آبخوانداری کوهدشت بود (جدول ۱).

Bordbar (۲۰۰۴) پتانسیل ترسیب کربن را در دو گونه اکالیپتوس و آکاسیا در دو منطقه گربایگان فسا و نورآباد ممسنی که شرایط اقلیمی مشابهی با کوهدشت لرستان دارند، را ارزیابی نمود. این تحقیق نشان داد که گونه اکالیپتوس توانسته در شرایط رویشگاهی مختلف از ۲/۲۷ تا ۸/۰۸ تن و آکاسیا ۱/۵ تن کربن در هکتار در سال ترسیب نماید. Varamesh (۲۰۱۰) نشان داد که جنگل‌کاری اقاقیا و کاج تهران در بلندمدت منجر به افزایش ذخیره کربن در خاک به‌ترتیب به میزان ۶۷/۴ و ۴۶/۲ تن در هکتار در پارک چیتگر تهران شده است.

جدول ۱- میزان ترسیب کربن در اثر عملیات احیائی بیومکانیکی در استان لرستان

ردیف	محل اجراء	شرح پروژه	مدت اجرا	گونه همراه	ترسیب کربن در زیست‌توده (ton)	ترسیب کربن زیست‌توده و لاشبرگ ($ton.ha^{-1}$)	ترسیب کربن خاکی ($ton.ha^{-1}$)	کل ترسیب کرین پروژه ($ton.ha^{-1}$)
۱	رومشگان لرستان	پخش سیلاب همراه با درخت‌کاری	۱۶	سرو نقره‌ای (*C. arizonica*) و اکالیپتوس (*E. camadalensis*)	۳۰/۵۴	۷/۶۲	۱/۱۸	۱۰۹/۴
				بادام (*A.leloides*)	۹/۵			
				انجیر (*Ficus carica*)	۷۷/۲۵			
				پسته (*Pistacia vera*)	۴/۶۸			
۲	کوهدشت لرستان	آبخوانداری همراه با درخت‌کاری	۱۵	انار (*Punica granatum*)	۳/۲۰۶	۱/۴۹	۹۰/۲	۹۱/۷
				انجیر (*Ficus carica*)	۳۳/۳۱			
				سرو نقره‌ای (*C. arizonica*)	۱۱/۹۵			
				بادام (*A .leloides*)	۱۴/۹۸			
				متوسط		۴/۵۵	۹۶	۱۰۰/۵۵

Archive of SID

www.SID.ir

نکته قابل توجه آن است که عملیات بیومکانیکی که بر اساس الگوهای سنتی طراحی شده‌اند، نظیر سکوبندی‌های سنتی همراه با کشت گونه‌های درختی که با شرایط اکولوژیک منطقه سازگاری دارند، بیشترین ظرفیت ترسیب کربن را دارا بودند. شاهد این مدعی سکوبندی‌هائی است که به‌صورت سنتی در مناطق شمال و شمال غرب کرمانشاه همراه با کشت مو اجراء شده و منتج به بیشترین ظرفیت ترسیب معادل ۱۱۲ تن در هکتار شده است که با نرخ سالانه ترسیب معادل ۷/۵ تن کربن در سال، دراین زمینه یک رکورد برای منطقه محسوب می‌شود. Kooch و همکاران (۲۰۱۲) بیشترین میزان ترسیب کربن در نواحی معتدل را ۶۳ تن کربن در سال برآورد، اندازه‌گیری نمودند. همچنین، در جنوب اسپانیا افزایش ۱۴ درصدی کربن آلی در خاک به‌وسیله Muñoz و همکاران (۲۰۱۲) با اعمال عملیات مشابه گزارش شده است. در منطقه ملای بلوط در استان فارس اجرای عملیات بانکت‌بندی با کشت درختان انگور، بادام و گردو، به‌ترتیب باعث ترسیب معادل ۲۶/۸، ۲۷ و ۴۸/۳ تن در هکتار کربن اتمسفری شده است.

در استان کردستان عملیات ارزیابی شده شامل تراس‌بندی‌ها و بانکت‌بندی توام با بادام‌کاری، موکاری بود. بانکت همراه با موکاری و تراس‌بندی توام با بادام‌کاری با میانگین‌های به‌ترتیب ۲/۹۱ و ۲/۸۷ تن در هکتار کربن در زیست‌توده تولیدی در رتبه دوم قرار داشته و نسبت به شاهد با میانگین عملکرد ۲/۴۹ تن کربن ذخیره شده در بیوماس در هکتار و طی یکسال افزایش معنی‌داری نشان می‌دهند. عملیات بادام‌کاری در داخل تراس‌های احداث شده منجر به ترسیب ۱۰ تن کربن در هکتار شده است. این در حالی است که زراعت دیم دراین تراس‌ها فقط منجر به افزایشی معادل ۱/۶۵ تن کربن در هکتار نسبت به شاهد شده است (جدول ۲).

جدول ۲- میزان ترسیب کربن در اثر عملیات بیومکانیکی آبخیزداری در زیست‌توده، لاشبرگ، خاک و کل در گاودره کردستان

ردیف	شرح پروژه	گونه همراه	ترسیب کربن زیست‌توده و لاشبرگ ($ton.ha^{-1}$)	ترسیب کربن خاکی ($ton.ha^{-1}$)	کل ترسیب کرین پروژه ($ton.ha^{-1}$)
۱	تراس‌بندی	زراعت	۰/۸۹	۰/۷۶	۱/۶۵
۲		بادام (*Amygdalus spp*)	۰/۳۸	۹/۶	۹/۹۸
۳	بانکت‌بندی	مو (*Vitis spp*)	۰/۴۱	۳	۳/۴۱
	متوسط بیومکانیکی		۰/۵۶	۴/۴۵	۵/۰۱

در استان کرمانشاه عملیات کاشت گونه‌های درختی مثمر به‌صورت باغات دیم بادام و انگور بر روی سازه‌های مکانیکی سنتی سکوبندی و احداث دیواره‌های خشکه‌چین عمود بر شیب دامنه انتخاب شد. این عملیات در چهار منطقه نمونه‌برداری شامل پاوه، جوانرود، روانسر و سیاه‌کمر کرمانشاه مورد ارزیابی و مطالعه قرار گرفتند. کشت باغات مو در محوطه سکوبندی‌های سنتی با ترسیب ۱۱۲ تن کربن در هکتار بیشترین ظرفیت ترسیب کربن را دارا می‌باشند. در شکل ۳ نمونه باغات مو دیم در پاوه استان کرمانشاه، را که به‌صورت سکوبندی‌های سنتی اجراء شده و در ترسیب کربن بسیار موفق عمل نموده است، نشان داده شده است. شایان ذکر است که حدود ۹۸ درصد کربن ترسیب شده در خاک بوده و مابقی در زیست‌توده و لاشبرگ قرار دارد (جدول ۳). کشت بادام دیم نیز منجر به ترسیب حدود ۷۵ تن کربن در هکتار شده است، به عبارتی ذخایر کربنی اراضی در کشت‌های بادام و مو حدود دو الی سه برابر شده است.

عملیات بیومکانیکی درخت‌کاری گونه‌های بادام، مو و گردو در ملای بلوط فارس در یک دوره میان مدت قادر به افزایش ذخایر کربنی خاک در حدود ۲۷ تا ۴۸ تن در هکتار شده بود. شکل ۴ معنی‌دار بودن این تفاضل ذخیره کربن خاکی را از نظر آماری نشان می‌دهد. این کمیت معادل میزان کربن ترسیب یافته

Archive of SID

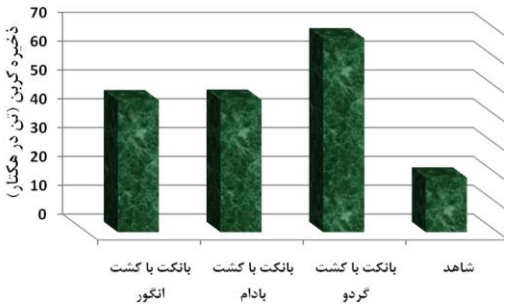
www.SID.ir

در اثر اجرای عملیات بیومکانیکی آبخیزداری در منطقه یاد شده است. با وجود این اثر قابل ملاحظه به‌دلیل عدم ارائه نتایج مربوط به زیست‌توده و لاشبرگ، به‌وسیله مجری استانی، امکان تخمین نهائی کمیت نهائی ترسیب کربن کل در اثر عملیات یاد شده در منطقه مورد نظر موجود نبود. لذا ملاک ارزیابی همان داده‌های ترسیب کربن خاکی قرار گرفت. مع‌الوصف به نظر می‌رسد، کمیت نهائی ترسیب کربن بعد از مناطق و عملیات بیومکانیکی مطالعه شده در کرمانشاه و لرستان در رتبه سوم قرار داشته باشد.

جدول ۳- میزان ترسیب کربن در اثر عملیات بیومکانیکی احیائی در زیست‌توده لاشبرگ و خاک

ردیف	نوع عملیات	شرح پروژه	مدت اجرا	گونه همراه	ترسیب کربن در زیست‌توده (ton)	ترسیب کربن زیست‌توده و لاشبرگ ($ton.ha^{-1}$)	ترسیب کربن خاکی ($ton.ha^{-1}$)	کل ترسیب کربن ($ton.ha^{-1}$)
۱	بیومکانیکی (سنتی)	سکوبندی با احداث دیواره‌های خشکه‌چین	۱۵	انگور (*Vitis spp*)	۱/۱۹	۱/۳	۱۱۰/۸	۱۱۲/۱
۲			۱۲	بادام (*Amygdalus spp.*)	۲/۴۹	۲/۶	۷۲/۱	۷۴/۷
		متوسط			۱/۸۴	۱/۹۵	۹۱/۴۵	۹۳/۴

شکل ۳- نمونه عملیات بیومکانیکی سکوبندی با کشت مو دیم در پاوه کرمانشاه



شکل ۴- مقایسه ذخایر کربنی خاک بین شاهد و تیمارهای مختلف عملیات بیومکانیکی آبخیزداری در ملای بلوط استان فارس

حوضه‌های موجود در این منطقه در محدوده جغرافیایی زاگرس میانی قرار دارند. مناطق یاد شده به‌دلیل قرار گرفتن در عرصه جنگل‌های نیمه‌خشک در استان‌های فارس، لرستان و کرمانشاه و تا حدودی در استان کردستان، بیشترین پتانسیل ترسیب کربن را ناشی از عملیات اصلاحی بیومکانیکی آبخیزداری نشان دادند. خلاصه نتایج حاصل از ارزیابی‌های انجام شده در حوضه‌های مورد مطالعه در این مناطق در جدول ۴ نشان داده شده است.

از نقطه نظر نوع و مصادیق عملیات بیومکانیکی ارزیابی شده، یکی از نکات مهم قابل ذکر در نتایج این تحقیق آن است که اعمال عملیات پخش سیلاب همراه با درخت‌کاری در مناطق دشت‌سرهای معتدله و نیمه‌گرمسیری ظرفیت ترسیب کربن بسیار خوبی را نشان داده است.

به‌عنوان مثال عملیات پخش سیلاب توام با کشت گونه‌های اکالیپتوس، سرو، انجیر و بادام در مناطق معتدله کوهدشت و رومشگان منجر به ترسیب ۹۱ تا ۱۱۰ تن در هکتار کربن شده است که با احتساب سال‌های اجرای عملیات نرخ سالانه ترسیب کربن بین ۶/۱ تا ۶/۹ تن کربن در هکتار در سال خواهد بود (جدول ۴). در پژوهشی، Nave و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی سوابق تحقیقی در آمریکا، میانگین تأثیر عملیات احیاء و به‌ویژه درخت‌کاری را در افزایش ذخیره کربن خاک در این کشور را در مناطق جغرافیائی مختلف آن به‌طور میانگین معادل ۳۲ درصد تخمین زدند. البته این کمیت بسته به شرایط خاک و کاربری متغیر بود. آنان میزان افزایش را در اراضی

Archive of SID

www.SID.ir

صنعتی و معدنی ۱۷۳ درصد و در مناطق بکرتر ۳۱ درصد تخمین زدند.

ویژگی قابل تفکیک این منطقه اقلیمی و جغرافیائی، سهم بسیار بالا و قابل توجه ترسیب کربن خاکی از کل کربن ترسیب یافته است. بررسی سهم نسبی کربن ترسیبی در بخش‌های مختلف خاک، بیوماس و لاشبرگ موید آن است که به استثناء یک مورد یعنی عملیات تراس‌بندی توام با زراعت در کلیه عملیات سهم ترسیب کربن خاکی با سهم ۹۰ تا ۹۸ درصدی از کل کربن ترسیب یافته نقش کلیدی در ترسیب کربن داشته است (شکل ۵).

با این حال محققین دیگری نظیر Woomer و همکاران (۲۰۰۴) ثابت کردند که حدود ۶۰ درصد از ترسیب کربن در عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. این نکته از نتایج کلیدی و بسیار حائز اهمیت این پژوهش است. چرا که این بخش از کربن ترسیبی دوره بازگشت و ماندگاری طولانی‌تری داشته و به‌صورت پایداری در خاک ذخیره شده و برای بازگشت به اتمسفر در صورت اتداوم مدیریت موجود زمانی بین ۵۰ تا ۱۰۰ سال را طی می‌نماید. لذا این مهم در حل مسئله گرمایش جهانی و کاهش تجمع کربن در اتمسفر می‌تواند از نقاط قوت چنین مناطقی نسبت به اقالیم گرم و مرطوب باشد. اگرچه سهم ترسیب کربن زیست‌توده و لاشبرگ در اثر عملیات بیومکانیکی تراس‌بندی توام با کشت زراعت دیم در استان کردستان بیش از نیمی از ترسیب کربن بود. ولیکن در مجموع میزان کل کربن ترسیب یافته در مقایسه با دیگر عملیات اندک بود.

جدول ۴- پتانسیل ترسیب کربن در پروژه‌های بیومکانیکی آبخیزداری

محل اجراء	استان	شرح پروژه	مدت اجرا	ترسیب کربن زیست‌توده و لاشبرگ ($ton.ha^{-1}$)	ترسیب کربن خاکی ($ton.ha^{-1}$)	کل ترسیب کربن پروژه ($ton.ha^{-1}$)
رومشگان	لرستان	پخش سیلاب همراه با درخت‌کاری	۱۶	۷/۶۲	۱۰۱/۸	۱۰۹/۴
کوهدشت	لرستان	آبخوانداری همراه با درخت‌کاری	۱۵	۱/۴۹	۹۰/۲	۹۱/۷
گاودره	کردستان	تراس‌بندی با زراعت	۱۰	۰/۸۹	۰/۷۶	۱/۶۵
گاودره	کردستان	تراس‌بندی با کشت بادام	۱۰	۰/۳۸	۹/۶	۹/۹۸
گاودره	کردستان	بانکت‌بندی با کشت مو	۵	۰/۴۱	۳	۳/۴۱
جوانرود	کرمانشاه	سکوبندی با احداث دیواره خشکه‌چین و کشت مو	۱۵	۱/۳	۱۱۰/۸	۱۱۲/۱
پاوه	کرمانشاه	سکوبندی با احداث دیواره خشکه‌چین و کشت بادام	۱۲	۲/۶	۷۲/۱	۷۴/۷
ملای بلوط	فارس	بانکت با کشت انگور		--	۲۶/۸	۲۶/۸
ملای بلوط	فارس	بانکت با کشت بادام		--	۲۷	۲۷
ملای بلوط	فارس	بانکت با کشت گردو		--	۴۸/۳	۴۸/۳

نکته شایان توجه دیگر آن است که کشت و زرع و زراعت غلات در استان کردستان توام با عملیات بیومکانیکی تراس‌بندی منجر به ترسیب بیش از ۱/۶ تن کربن در هکتار شده است. این در حالی است که زراعت دیم در نوع خود و با توجه به شرایط مدیریتی حاکم بر کشتزارها در کشور عموما، منجر به تخلیه و تخریب ذخایر کربنی خاک می‌شود. بنابراین در دیم‌زارهای کم‌بازده عملیات کشت و زرع که خود منشاء اصلی تلفات ذخایر کربنی و حتی فرسایش در سطح کشور است، می‌تواند با عملیات مکانیکی نظیر بانکت‌بندی یا تراس‌بندی توام شود تا خود ظرفیتی برای ترسیب کربن و نیز ارتقاء شاخص‌های باروری خاک باشد.

نکته حائز اهمیت دیگر در تحلیل داده‌های این پژوهش تحلیل نوع گونه کشت شده همراه در عملیات بیومکانیکی آبخیرداری است. در بیشتر عملیات

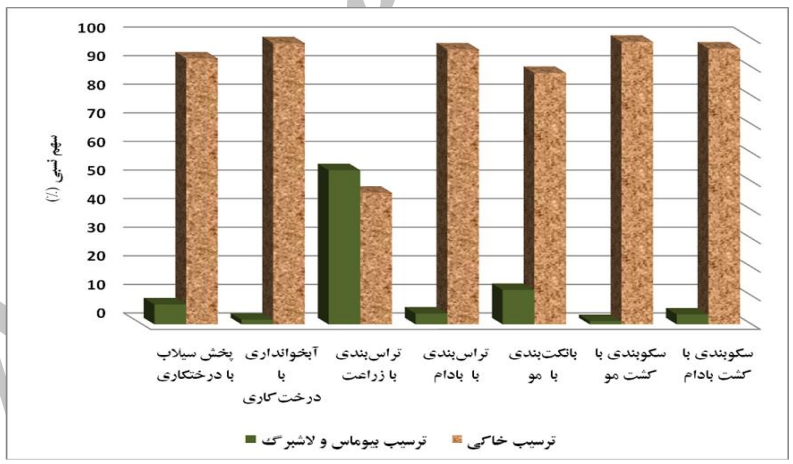
Archive of SID

www.SID.ir

بیومکانیکی اجراء شده در محدوده جغرافیائی مورد نظر دو گونه بادام و مو کشت می‌شود. کشت این دو گونه به‌دلیل نیاز آبی کمتر و شانس بقاء و ماندگاری در فصول خشک در صورت استقرار کامل است. اگر چه در برخی نقاط گونه‌هائی نظیر گردو در مناطق سردتر، انجیر، انار، اکالیپتوس و سرو در مناطق معتدل تر نیز کشت می‌شود. با این حال گستره کاربرد این گونه‌ها در کل منطقه اقلیمی و جغرافیائی مورد بحث محدودتر از دو گونه دیگر است. همچنین، گونه‌های اخیر بعضا نیاز آبی بیشتری داشته و یا نیازمند مراقبت و نگهداری بیشتر برای رقابت پذیری با دیگر گونه‌های وحشی و بومی منطقه هستند.

با این مقدمه، نتایج ارزیابی‌ها نشان از برتری اثر گونه مو نسبت به بادام در بیشتر مناطق مورد بررسی است. در استان کرمانشاه این تفوق در بسیاری از عرصه‌های مطالعه شده وجود داشت (جدول ۴). دلیل این امر ساختار فنولوژیک درخت مو و تولید زیست‌توده برگی و در نهایت لاشبرگ زیاد است. به‌علاوه به‌دلیل پوشش مناسب سطح این گونه، میکروکلیما همراه با رطوبت مناسب برای کمک به میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده بقایا فراهم و در سایه‌انداز گیاه درصد هوموس افزایش می‌یابد و همین پوشش نیز مانع تعلیف بقایا به‌وسیله دام شده و درصد لاشبرگ قابل تجزیه خود به‌خود افزایش می‌یابد (شکل ۶).

شکل ۶- نمونه سکوبندی و کاشت مو در پاوه کرمانشاه و تاثیر آن در ترسیب کربن زیست‌توده تولیدی



شکل ۵- مقایسه سهم ترسیب کربن در بخش‌های مختلف خاک، بیوماس و لاشبرگ در عملیات مختلف بیومکانیکی در سایت‌های مطالعاتی

از نقطه نظر مصادیق عملیات بیومکانیکی آبخیزداری، بررسی نتایج عملیات مختلف اعمال شده در مناطق یاد شده نشان داد که در مجموع دراین شرایط هر نوع عملیات مکانیکی اگر توام با کشت گونه همراه و توانبخشی بیولوژیکی خاک به‌ویژه کشت گونه‌های درختی و درختچه‌ای باشد، می‌تواند در ترسیب کربن بسیار موفق عمل نماید. بررسی نتایج در استان‌های هدف نشان داد که الگوهای سنتی عملیات بیومکانیکی بسیار موفق عمل کرده‌اند.

نمونه بارز این الگوها تراس‌بندی‌های سنتی در مناطق نیمه شمالی استان کرمانشاه است که بیشترین ظرفیت ترسیب کربن را در میان کلیه عملیات مورد ارزیابی نشان داده‌اند.

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج پژوهش حاضر و مقایسه آن با یافته‌های دیگر پژوهشگران، این واقعیت را آشکار می‌سازد که مدیریت عرصه و به‌ویژه مدیریت کاربری بیش از هر عامل فیزیکی یا محیطی بر کیفیت و کمیت ذخایر کربنی زیست‌بوم به‌طور عام و ذخایر کربنی اراضی و خاک به‌طور خاص اثرگزار است. صرف نظر از یک عرصه محدود در کشور، مخازن کربن آلی اراضی به‌ویژه مخازن کربن آلی خاک‌ها در بیشتر عرصه‌های مرتعی و حتی اکثر مناطق جنگلی بسیار کم است. این واقعیت مؤید آن است که تغییر جزئی در مقدار کربن آلی می‌تواند تأثیر عمیق و قوی بر کارکردهای خاک و در نتیجه کیفیت آن در شرایط نیمه‌خشک و خشک کشور داشته باشد. از سوی دیگر، چون این مخازن کربنی سریع‌تر و بیشتر از هر صفت کیفی محیطی، از اقدامات مدیریتی کاربری تأثیر می‌پذیرد.

در مقایسه با دیگر مناطق اقلیمی و جغرافیائی کشور، حوضه‌های واقع در مناطق رویشی زاگرس شمالی و میانی شرایط متفاوتی حاکم بوده است. بارندگی حدود ۵۰۰ میلی‌متری و خاک نسبتاً سنگین این حوضه‌ها شرایط را برای افزایش تولید زیست‌توده در اثر عملیات مدیریتی بیومکانیکی آبخیزداری و ذخیره پایدارتر کربن در خاک فراهم نموده است. از سوی دیگر شرایط تناوب خشک و تر در خاک و نیز فصول گرم و سرد سال (که از مشخصه‌های اقالیم مدیترانه‌ای نیمه‌مرطوب تا نیمه‌خشک است)، و نیز حاکمیت رژیم رطوبتی زریک در خاک، فرصت را برای تجزیه و بازترکیب مواد آلی خاک وایجاد ترکیبات هوموسی پایدار فراهم نموده است. لذا همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در این مناطق اقلیمی در میان مدت امکان تجمع پایدار کربن در خاک و افزایش ذخایر کربنی خاک و در نتیجه ترسیب پایدار کربن اتمسفری در آن فراهم است.

بر این اساس، نتایج بررسی‌ها نشانگر آن است که عرصه‌های منابع طبیعی واقع در دامنه‌های زاگرس شمالی و میانی با اقالیم نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب و رژیم اقلیمی مدیترانه‌ای بالاترین ظرفیت ترسیب کربن را در اثر اعمال عملیات بیومکانیکی آبخیزداری نشان می‌دهند. از سوی دیگر همین عرصه‌ها، در طی سالیان اخیر، متاثر از سامانه‌های نامتناسب و ناصحیح بهره‌برداری، دچار تخریب منابع باروری اراضی و به‌ویژه ویرانی مخازن کربنی شده‌اند. بنابراین به نظر می‌رسد، این عرصه‌ها از ظرفیت واقعی خود در انبارش کربن فاصله گرفته‌اند. به دیگر سخن اصلاح مدیریت حاکم بر عرصه اراضی در این ناحیه رویشی از طریق اعمال عملیات اصلاحی بیومکانیکی با کمینه دستکاری فیزیکی خاک، تأثیر غیرمنتظره‌ای بر بهبود ذخایر کربنی و در نهایت ترسیب کربن اتمسفری خواهد گذاشت.

بر این اساس و با بررسی نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، مشخص شد که اعمال عملیات بیومکانیکی آبخیزداری در عرصه منابع طبیعی در دشت‌ها و کوهپایه‌های زاگرس، به‌طور متوسط قادر به ترسیب حدود ۵۰/۵ تن کربن در هکتار هستند. البته رقم نهائی بسته به الگوی عملیات مورد ارزیابی و نیز نوع گونه همراه بسیار متغیر و بین دو تا بیش از ۱۱۲ تن کربن در هکتار در یک بازه زمانی پنج تا ۱۵ساله متغیر است. بدین ترتیب نرخ سالانه ترسیب کربن در اثر اعمال عملیات بیومکانیکی آبخیزداری در این عرصه‌ها از کمتر از یک تا حدود ۷/۵ تن در هکتار و در سال می‌تواند باشد. این رقم در قیاس با معیارهای جهانی نرخ ترسیب رقم قابل قبول و بعضا سطح بالائی را نشان می‌دهد. بررسی نرخ ترسیب در این سناریوها مستلزم بررسی‌های بیشتر است. لذا با این رویکرد باید مصادیق عملیات مورد ارزیابی با سوابق اجرائی متنوع انتخاب و بررسی شوند. این پژوهش به ما کمک خواهد کرد تا ظرفیت واقعی این عرصه‌ها در انبارش کربن اتمسفری و اصلاح تغییرات اقلیم را به دقت برآورد نمائیم. ولیکن استنتاج قطعی و نهائی از ظرفیت واقعی تین عملیات در ترسیب کربن مستلزم بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تر خواهد بود.

حال در میان شیوه‌ها و مصادیق عملیات بیومکانیکی مورد ارزیابی، گزینه اول مدیریتی بیومکانیکی اعمال سکوبندی سنتی همراه با موکاری و سپس بادام‌کاری است. گزینه دوم و شاید در برخی مناطق اول برای پخش سیلاب همراه با کشت گونه‌های درختی مثمر و غیر مثمر به‌منظور ترسیب

Archive of SID

www.SID.ir

کربن است. در صورتی که این عملیات با مدیریت قرق کمینه برای دو سال به‌منظور استقرار گونه‌های کشت شده باشد. ظرفیت غیرمنتظره و شگرفی را در ترسیب کربن در یک بازه میان‌مدت نشان می‌دهد. شایان توجه است که بیان اولویت تأثیرگزاری و ارائه نسخه واحد برای کلیه مناطق در عرصه جغرافیائی و اقلیمی یاد شده، فقط با اتکا به نتایج این پژوهش ناصحیح و غیرممکن است و برای استنتاج قطعی پژوهش دامنه‌دارتری لازم است. مع‌الوصف در یک منطقه و به‌طور اصلح در یک نقطه مشخص که دو یا چند عملیات ارزیابی شده‌اند، ذکر اولدیت اثرگزاری یک مصداق مشخص از عملیات در قیاس با دیگر مصادیق در همان نقطه صحیح‌تر می‌باشد.

منابع مورد استفاده

1. Batjes, N.H. and B. Van Wesemael. 2015. Measuring and monitoring soil carbon. CAB International 2015. Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple, 188-201
2. Bordbar, S. 2004. Study the carbon sequestration potential of eucalyptus and acacia forestry in Fars province. PhD Thesis, Science and Research Unit of Islamic Azad University, 125 pages (in Persian).
3. Burck, J., F. Marten and C. Bals. 2014. The climate change performance index 2014: a comparison of the 58 top CO2 emitting nations. Climate Action Network Europe, Brussels, Belgium, 29 pages.
4. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and other Land Use. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Hayama, Japan.
5. Kooch, Y., M. Hosseini, C. Zaccone, H. Jalilvand and M. Hojjati. 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darab Kolaforest, case study: north of Iran. Journal of Environmental Monitoring, 14: 2438–2446.
6. Lal, R. 2008. The role of soil organic matter in the global carbon cycle. Water, Air, & Soil Pollution, 116: 353–362.
7. Lal, R. 2010. Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security. Bio Science, 60: 708-721.
8. Lal, R. 2011. Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. Food Policy, 36: 33-39.
9. MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. In rock International, 1621 N. Kent St., Suite 1200, Arlington, VA 22209, USA.
10. Maddah Arefi, H. 2000. Report of preparation of carbon sequestration project in Hoaain abad Ghinab in Khorasan province. Technical Bureau of Sand and Desert Fixation Forest and Rangeland Organization, 45 pages (in Persian).
11. Muñoz, M., A. Jord´an, L.M. Zavala, D. De la Rosa, S.K. Abd-Elmabod and M. Anaya-Romero. 2012. Impact of land use and land cover changes on organic carbon stocks in Mediterranean soils (1956–2007). Land Degradation and Development, 24: 61-80.
12. Nave, L.E., C.W. Swanston, U. Mishra and K.J. Nadelhoffer. 2013. Afforestation effects on soil carbon storage in the United States: a synthesis. Soil Science Society of America Journal, 77: 1035–1047.
13. Parvizi, Y., M. Gorji, M. Mahdian and M. Omid. 2010. Sensitivity analysis for determining priority of factors controlling SOC content in semiarid condition of west of Iran. World Academy of Science, Engineering and Technology, 71: 927-931.
14. Talegani. A., Gh. Zahedi, A. Abedi and Kh. Talebi. 2007. Estimation the soil carbon sequestration quantity in forests under management, case study: Gonbad forest. Iranian Journal of Forest and Pine, 15: 241-253 (in Persian).
15. Van der Werf, G.R., D.C. Morton DeFries, R.S. Olivier, J.G.J. Kasibhatla, P.S. Jackson, R.B. Collatz and J.T. Randerson. 2009. CO2 emissions from forest loss. Nature geosciences, 2: 737-739.
16. Varamesh, S., S.M. Hossaini, N. Abdi and M. Akbarinia. 2010. Effects of forestry in increasing carbon sequestration and improvement of some soil properties. Iranian Forest Journal, 3(35): 1-25 (in Persian).
17. Woomer, D.L., A. Toure and M. Sall. 2004. Carbon stocks in Senegal's Sahel transition zone. Journal of Arid Environments, 3: 115-125.

Archive of SID

www.SID.ir

Study the efficiency of biomechanical watershed management along with indigenous rainfed tree in carbon sequestration planting in middle and north Zagros ecosystems

Yahya Parvizi[*1]
[1] Assistant professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Kermanshah, Iran

Received: 09 June 2015 Accepted: 18 August 2015

Abstract

All worldwide studies verifies global phenomenon of climate change caused by the greenhouse effect of carbon emissions on this planet. Carbon sequestration in terrestrial ecosystem is a sustainable approach, with no environmental risks. One of the key potential in carbon sequestration in our country is the watershed management biomechanical operations in the natural resources areas. This research was conducted to evaluate this operation options in north and middle parts of Zagros ecological zone in atmospheric carbon sequestration and to offer optimal options for these regions. For this purpose, in each of the provinces (Kermanshah, Lorestan, Kurdistan and Fars), one or more representative sites were selected. Then, soil, biomass and litter sampling were taken by field operations using systematic randomized method. Soil organic carbon and other soil physic-chemical properties and carbon stock of biomass and litter samples were determined in the laboratory. Then, carbon sequestration indices including soil, biomass, litter and total carbon sequestration, were measured per hectare. Analysis of the research results indicated that these operations are mainly planting of different trees along with flood and water spreading and bankets. Watershed management operations sequester up to 3.41 to 112.1 tons of carbon per hectare. Contribution of soil from total carbon sequestration was around 95 to 99 percent measured across different study site. Native terracing with tree planting of grapes (*Vitis spp*) and almond (*Amygdalus spp*) were the more efficient option in carbon sequestration along the selected areas.

Keywords: Banketing, Carbon stock, Flood spreading, Terracing, Tree planting

Archive of SID

[*] Corresponding author: yparvizi1360@gmail.com

www.SID.ir