نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال دهم- شماره ۳۴-پاییز ۱۳۹۵

Vol. 10, No. 34, Fall 2016

بررسی و مقایسه پتانسیل عملیات مختلف مکانیکی آبخیزداری و بانکت‌بندی در ترسیب کربن در برخی مناطق اقلیمی کشور

یحیی پرویزی[۱]، محمد قیطوری[۲]، عبدالمحمد غفوری[۳]،داوود نیک کامی[٤]، محمد روغنی[٥]، محمد حسین مهدیان[٦]، مهدی فرحپور[۷]، رضا بیات[۸]، افشین پرتوی[۹] و علی نوری[۱۰]

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۹/۲٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٥/۰٤/۱۲

چکیده

گرمایش جهانی ناشی از تصاعد گازهای کربنی به جو زمین تهدید جدی برای توسعه پایدار کشورهای در حال توسعه نظیر ایران می‌باشد. برای مقابله با این چالش ترسیب کربن در عرصه منابع طبیعی رهیافتی پایدار، فاقد مخاطرات زیست محیطی تلقی می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی ظرفیت عملیات مکانیکی آبخیزداری نظیر پخش سیلاب، بندهای رسوب‌گیر، بانکت، تراس‌بندی و فاروئینگ در نه استان کشور در ترسیب کربن اتمسفری اجراء شد. برای این کار، با عملیات میدانی و ثبت ویژگی‌های سایت‌های انتخاب شده، نمونه برداری خاک، زیتوده و لاشبرگ به صورت سیستماتیک تصادفی در سایت‌های مطالعاتی و شاهد انجام شد. نتایج نشان داد که عملیات یاد شده در دامنه‌های زاگرس نظیر استان‌های لرستان، فارس، کرمانشاه و کردستان با ترسیب حداکثری ٥٤ تا ۱۱۲ تن کربن اتمسفری بالاترین ظرفیت را در ترسیب کربن نشان دادند. میزان افزایش ذخیره کربن در منطقه هیرکانی در استان مازندران در اثر عملیات پخش سیلاب حدود ۱۸ تن بود. در استان‌های واقع در مرکز و نیمه شرقی کشور با تیپ پوششی ایرانوتورانی عملیات آبخیزداری تاثیر محسوسی در ذخیره کربنی خاک و بیوماس مرتعی نداشته است. در میان مناطق مطالعاتی به ترتیب عملیات سکوبندی‌های سنتی و پخش سیلاب بالاترین کارائی در ترسیب کربن داشتند و بندهای رسوبگیر کارائی چندانی در این زمینه نشان ندادند.

کلید واژه‌ها: *ذخیره کربن، سدهای رسوبگیر، بانکت بندی، فاروئینگ، تغییر اقلیم*

مقدمه

اعمال مدیریت بهینه حفاظتی و احیائی می‌تواند با بهینه نمودن شرایط برای ارتقاء باروری خاک، منجر به ارتقاء ذخائر کربنی آلی خاک و در نتیجه ترسیب کربن اتمسفری و اصلاح تغییرات اقلیمی گردد [٦ و۱۰]. در مقیاس جهانی، مراتع سالانه حدود ٥۰۰ میلیارد تن کربن ترسیب می‌کنند. مراتع ایران با وسعت ۹۰ میلیون هکتار، با مدیریت صحیح قادرند معادل یک میلیارد تن کربن ترسیب نمایند. ارزش اقتصادی مستقیم این کار که عمدتا جنبه مدیریتی دارد، معادل ۲۰۰میلیارد دلار خواهد بود [۱۳ و ۱٦]. درنر و شومن [۲]، نشان دادند که مراتع در دنیا سالانه حدود ٥۰۰ میلیارد تن کربن ترسیب می‌کنند. این میزان نشانه اهمیت پوشش گیاهی مراتع در کاهش گازهای گلخانه‌ای و جلوگیری از تغییر اقلیم جهان است. همچنین آنها در بررسی مراتع دشتی شمال آمریکا متذکر شد که مدیریت صحیح پوشش گیاهی و چرای مناسب مراتع می‌تواند بوسیله ترسیب کربن دراندام گیاهی و خاک، نقش مهمی‌در کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفر ایفاد نماید. فلاح اختر و همکاران [۳] در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران تخمین زدند که بالاترین تلفات کربن آلی خاک در اثر تبدیل جنگل به مرتع در حدود $۱۰^{٤}\times$ ۰/٤٥ و تبدیل مرتع به زمین‌های کشاورزی نیز حدود $۱۰^{٤}\times$ ۰/۳۷ مگاگرم کربن در عمق ٤۰-۰ سانتیمتری خاک است.

استفاده از سامانه کربن‌گیری یا به دام‌انداختن کربن اتمسفری (ترسیب کربن) می‌تواند حدود ۲۰ درصد از دی‌اکسید کربن موجود در جو زمین را جذب و به ماده آلی خاک تبدیل کند [۱۱]. با افزایش ماده آلی خاک‌های مرتعی، بسیاری از ویژگی‌های مثبت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک اصلاح می‌گردد. هر چند استفاده از این

۱. نویسنده مسئول و استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پست الکترونیک: yparvizi۱۳٦۰@gmail.com
۲. استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، کرمانشاه، ایران
۳. دانشیار بازنشسته پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران
٤. استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران
٥. استادیار بازنشسته پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران
٦. استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران
۷. دانشیار بازنشسته موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران، ایران
۸. مربی پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران
۹. مربی پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران
۱۰. کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

روش صرفاً به قصد کاهش آلودگی‌های زیست محیطی انجام نمی‌گیرد اما یکی از محصولات جانبی این فناوری کاهش آلودگی‌ها می‌باشد.

نتایج پژوهش نایر [١٤] نشان داد که سیستم چمن پتانسیل ذخیره کربن را افزایش می‌دهد، چراکه از طریق سیستم ریشه‌ها مقدار زیادی کربن به خاک اضافه شده و با گذشت زمان تجمع می‌یابد. بنابراین، چنین سیستم‌هایی در ذخیره کربن خاک مؤثرتر از دیگر کاربری‌های اراضی می‌باشند. هادیان و همکاران [٥]، با بررسی تأثیر عملیات پخش سیلاب در منطقه رودباران اراک نشان داد که مقدار کل ترسیب کربن در منطقه دیمزار (کشت گندم)، شاهد (مرتع گون زار) و منطقه پخش سیلاب به ترتیب ٣٦/٤٩، ٢٤/٢٥ و ١٧/٧٨ تن در هکتار بود و از این نظر بین منطقه دیمزار و مرتع شاهد اختلاف معنی داری وجود نداشت. نتایج تحقیقات فروزه و همکاران [٤] نشان داد، ترسیب کربن توسط گونه‌های بوته‌ای غالب در منطقه پخش سیلاب گربایگان فسا با میانگین ١٠٠/٠٩ کیلوگرم در هکتار در حدود ٢ برابر ترسیب کربن در مرتع شاهد با میانگین ٥٠/٦٣ کیلوگرم در هکتار بود.

قابلیت ترسیب کربن در مراتع ایران، به شرطی که بر آنها مدیریت صحیح اعمال شود، معادل یک میلیارد تن کربن می‌باشد [١٣]. اگر فقط ارزش کربن را در باروری خاک و تولید، بدون احتساب اثرات زیست محیطی، معادل ٢٠٠ دلار به ازای هر تن کربن [١٢] بدانیم، ارزش اقتصادی مستقیم این کار که عمدتا جنبه مدیریتی دارد، معادل ٢٠٠ میلیارد دلار خواهد بود.

فروزه و همکاران [٤] به بررسی اثرات پروژه پخش سیلاب گربایگان فسا بر وضعیت تولید بیوماس و کربن آلی خاک پرداختند نتایج تحقیق آنان نشان داد که در منطقه پخش سیلاب مقادیر تولید بیوماس ٤ برابر بیش از شاهد بود و درصد کربن آلی نیز به طور متوسط افزایشی معادل ٧٠ درصد را نسبت به شاهد نشان داده بود. در تحقیق دیگری جنیدی جعفری [٨] نشان داد که عملیات پخش سیلاب نسبت به احداث فارو که اثر معنی دار و مثبتی در ترسیب کربن نشان داده بود، اثر مشهودی در این فرآیند نشان نداده بود. آنها دلیل عدم تاثیر عملیات پخش سیلاب را در فرایند ترسیب کربن مربوط به نقایص فنی در اجرای این عملیات دانستند. ایشان نشان داد که خاک، بیوماس و لاشبرگ به ترتیب ٨٧، ١٢,٩ و ٠,٠١ درصد کربن ترسیب یافته را در خود جای می‌دادند. در پژوهشی، عبدی [١] وضعیت ماده آلی را در مراتع دره چکاب از منطقه هفتاد قله اراک بررسی نمود. نتایج بدست آمده نشان داد ذخیره کربن آلی خاک با درصد لوم خاک، مقدارEC، درصد رطوبت اشباع خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار داشته و با درصد شن و سنگریزه خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک همبستگی منفی معنی‌دار دارد. نتایج این تحقیقات نشان داد که وضعیت ذخایر کربنی عرصه (خاک و بیوماس) تابع عوامل فیزیکی و مدیریتی حاکم بر عرصه است از آنجا که کنترل عوامل فیزیکی خارج از محدوده اثر و مدیریت بشر میباشد لذا کمیت ذخایر کربنی و ترسیب کربن در این ذخایر تابع مدیریت عرصه است.

بررسی منابع مطالعاتی و تحقیقی در سطح کشور و جهان نشان داد که علیرغم تمرکز خوب و گستره مناسب تحقیق در مقوله ترسیب کربن و حتی بررسی ظرفیت عملیات مدیریتی و احیائی در ترسیب کربن، مطالعه جامعی در خصوص ظرفیت عملیات مکانیکی آبخیزداری نظیر پخش سیلاب در ترسیب کربن در سطح جهانی به‌طور اعم و در سطح کشور به‌طور اخص صورت نپذیرفته است. بنابراین ظرفیت عملیات مکانیکی و سازه‌ای آبخیزداری در ترسیب کربن در سطح کشور ناشناخته است. عملیات مکانیکی نظیر سامانه‌های مختلف پخش سیلاب یا احداث فارو از مصادیق عملیات مدیریتی مکانیکی هستند که می‌توانند بر کمیت ذخایر کربنی و در نتیجه ترسیب کربن موثر باشد، لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر این عملیات در تعدادی از حوزه‌های معرف در سطح کشور و در استانهای کردستان، لرستان، فارس، مرکزی، کرمان، مرکزی، اصفهان، کرمانشاه و مازندران انجام شد

مواد و روش‌ها

جهت انتخاب سایت‌های مطالعاتی در سطح استان‌های هدف اجرای طرح، با مشاوره کارشناسان سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، استان‌های مرکزی، کرمانشاه، اصفهان، لرستان، کردستان، خراسان رضوی، کرمان، مازندران و فارس انتخاب شد. سپس گزارشات موجود در سطح هر استان در زمینه طرح‌های آبخیزداری بررسی و یک سایت معرف در هر استان برای مطالعه که در آن پروژه‌های مکانیکی نظیر سامانه‌های مختلف پخش سیلاب، سکوبندی، فاروئینگ، بانکت‌بندی و انواع بندهای رسوبگیر انجام شده بود، انتخاب شد. این پروژه‌ها دارای بیشترین فراوانی در سطح استان بوده و در مرحله تثبیت و اثربخشی کامل بودند. پس از انتخاب سایت‌های مطالعاتی انجام بازدیدهای صحرایی و عملیات میدانی به منظور نمونه برداری خاک و زیتوده کل (آسمانه، ریشه) و لاشبرگ به صورت سیستماتیک تصادفی بر اساس نقشه واحدهای کاری و همزمان در سایت مطالعاتی و سایت شاهد انجام شد. تهیه نقشه واحد کاری به کمک نقشه اجرائی پروژه انجام شد. نمونه‌برداری زیست‌توده و لاشبرگ با اعمال روش ترانسکت و پلات انجام شد. نمونه برداری خاک با حفر پروفیل و نمونه برداری بیوماس و لاشبرگ در سطح پلات و به صورت زیر انجام شد. نمونه برداری خاک به دو روش دست خورده و دست نخورده و با Core sampler انجام شد.

در زمان نمونه برداری بیوماس و لاشبرگ در هر پلات، تراکم بوته، ترکیب گونه‌ای، درصد سطح تاج پوشش و لاشبرگ در سایت عملیات و شاهد مربوطه تعیین شد. در هر پلات تعدادی بوته معرف از هر گونه انتخاب، و کل بوته همراه با کل ریشه آن جمع آوری شد. سپس نمونه جمع‌آوری شده در آزمایشگاه و در آون خشک و توزین گردید. سپس زیتوده تاج پوشش و ریشه به روش میانگین وزنی محاسبه شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌های خاک و پوشش گیاهی، عملیات آنالیزهای آزمایشگاهی جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های

فیزیکی و شیمیائی خاک و گیاه و نیز تعیین شاخص‌های ذخیره و ترسیب کربن به شرح موارد زیر انجام 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.

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

که در آن Cs : ذخیره کربن بر حسب کیلوگرم در متر مربع یا تن در هکتار برای لایه مورد نظر، Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک لایه مورد نظر بر حسب کیلوگرم در متر مکعب یا تن در متر مکعب، %SOC: درصد کربن آلی خاک لایه مورد نظر و d: عمق لایه بر حسب متر می‌باشد. سپس با میانگین گیری وزنی از ذخایر کربن آلی خاک لایه‌ها یا افق‌های مختلف تا عمق پروفیل، ذخیره کربن خاک در کل پروفیل و در واحد سطح (هکتار یا متر مربع) محاسبه شد. در نهایت برای محاسبه ذخیره کربن آلی خاک برای کل عرصه هر سایت، از ارقام ذخایر کربن مخاسبه شده پروفیل‌های حفر شده بر حسب عرصه پوشش هر پروفیل میانگین وزنی گرفته و میزان ذخیره کربن خاک هر سایت محاسبه شد. کربن ترسیب یافته در خاک نیز از تفاضل ذخایر کربنی خاک در سایت عملیات از سایت شاهد محاسبه شد. برای تعیین ضرایب تبدیل کربن در نمونه‌های زیتوده و لاشبرگ، نمونه‌های گیاه و لاشبرگ در آون خشک و توزین شده و آسیاب گردید. مقدار کمی از آنها در کوره و در دمای ٤٥٠ درجه به مدت ٦ ساعت سوزانده شد. سپس درصد ماده آلی گیاهی برای هر نمونه با تفاضل وزن نمونه اولیه از وزن خاکستر حاصل محاسبه شد. برای محاسبه درصد کربن در نمونه‌ها یا ضریب کربن گیاهی، مقدار ماده آلی را در ضریب ۰/۵ ضرب شد (فرمول ۲ و ۳) [۸]. در نهایت شاخص‌های ذخیره کربن زیتوده و لاشبرگ با ضرب ضریب کربن بیوماس و لاشبرگ در مقادیر بیوماس و لاشبرگ اندازه‌گیری شده در هکتار محاسبه گردید.

$$\%OM = \frac{Dw - Aw}{Dw} \times 100 \qquad (۲)$$

$$\%OC = \%OM \times 0/5 \qquad (۳)$$

که در آن OM= ماده آلی، OC= کربن آلی، AW= وزن خاکستر نمونه، DW= وزن خشک نمونه بود. معنی‌دار بودن تفاوت میانگین ذخایر کربن در بخش‌های مختلف خاک، زیتوده و لاشبرگ در هر سایت عملیات نسبت به شاهد مربوطه با تحلیل آماری آنالیز واریانس و آزمون‌های آماری دانکن مشخص شد. در پایان در صورت معنی‌دار بودن تفاوت مقادیر ذخایر کربنی در هر سایت نسبت به شاهد، مقادیر شاخص‌های ترسیب کربن (ترسیب کربن خاکی، زیتوده و لاشبرک، و کل کربن‌ترسیب یافته) در هر هکتار و برای مصادیق عملیات مورد ارزیابی و کل سایت مطالعاتی تعیین شد. برای این منظور، مقدار کربن ترسیب یافته در خاک، زیتوده و لاشبرگ از تفاضل ذخایر کربنی مربوطه در سایت عملیات از سایت شاهد مربوطه محاسبه شد. در پایان با محاسبه اثر عملیات آبخیزداری مورد ارزیابی در ترسیب کربن، پروژه‌های موفق در ترسیب کربن در مناطق مختلف کشور انتخاب و اولویت بندی گردید.

نتایج و بحث

قبل از ارائه نتایج ترسیب کربن و بمنظور بررسی و مقایسه بهتر نتایج تاثیر عملیات مختلف مکانیکی ارزیابی شده در ترسیب کربن، داده‌های مناطق مورد بررسی در قالب مناطق همگن طبقه‌بندی گردید. در این دسته‌بندی اولویت اول نرخ ترسیب کربن و نیز سهم نسبی صور مختلف ترسیب یعنی ترسیب خاکی، زیتوده و لاشبرگ بود و اولویت دوم جغرافیای طبیعی مناطق بود. مناطق موجود در دامنه‌های زاگرس با ساختار اکولوژیک مشابه که از منظر تقسیم‌بندی اکولوژیک در محدوده جنگل‌های خشک و نیمه‌خشک کشور قرار دارند، یعنی حوضه‌های موجود در استان‌های لرستان، کرمانشاه، فارس و کردستان در گروه اول قرار گرفتند. مناطق ایرانوتورانی واقع در مرکز و نیمه شرقی کشور در استان‌های مرکزی، اصفهان، خراسان رضوی و کرمان در گروه دوم و مصادیق عملیات مکانیکی ارزیابی شده در منطقه هیرکانی در استان مازندران، در گروه سوم قرار گرفتند. حال در ادامه به بررسی وضعیت شاخص‌های ذخایر کربنی و ترسیب کربن در عملیات مورد ارزیابی در هر گروه می‌پردازیم.

در ابتدا ذکر این نکته ضروری است که بیان جزئیات کلیه جداول آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها در بخش‌های مختلف خاک، بیوماس و لاشبرگ و کل ذخیره کربن در سایت عملیات نسبت به شاهد برای کلیه عملیات در کلیه سایت‌های مطالعاتی خارج از حوصله مقاله حاضر است. ولی برای تبیین چگونگی اعمال روش آماری و شیوه تحلیل یک مورد از نتایج آنالیز واریانس در حوزه‌های مطالعاتی در استان لرستان در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج ارائه شده در این جدول مربوط به تحلیل واریانس ارقام میانگین ذخیره کربنی خاک در سایت‌های مطالعاتی نسبت به شاهد است. همانگونه که از جدول یاد شده پیداست اختلاف ذخایر کربنی خاک در کلیه سایت‌های مطالعاتی در استان لرستان تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. این بدان معنی است که عملیات یاد شده توانسته است به شکل معنی‌داری کربن اتمسفری را طی سنوات پس از اجرا در خاک ترسیب نماید.

به همین شیوه، تک‌تک آزمون‌های آماری و مقایسه میانگین‌ها برای کلیه سازه‌ها و مصادیق عملیات آبخیزداری با شاهد مربوطه، آن هم برای کلیه بخش‌های ذخایر کربنی خاک، بیوماس، لاشبرگ و کل، انجام شد. در این مقاله، ارقام نهائی ترسیب کربن که از تفاضل متوسط مقادیر ذخایر کربنی سایت‌های عملیات آبخیزداری نسبت به شاهد مربوطه محاسبه شده مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد که در سطور آتی ارائه خواهد شد.

نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین ذخایر کربنی در بخش‌های مختلف خاک، بیوماس و لاشبرگ و کل ذخیره کربن در سایت عملیات آبخیزداری نسبت به شاهد در هر سه گروه، نشان داد که‌ای ن عملیات از نظر آماری اثر معنی‌داری در ابن شاخص‌ها داشته‌اند.

جدول ۱- نتایج آزمون مقایسه زوجی مقادیر میانگین‌های ذخایر کربنی خاک سایت‌های عملیات آبخیزداری با شاهد در استان لرستان
Table 1. Results of paired t-test comparison of means of total soil organic carbon stocks between watershed management operation sites and related control site

مقایسه زوجی Paired t-test	میانگین mean	انحراف معیار Standard deviation	خطای معیار میانگین Standard error of the mean	t	Df	sig
پخش سیلاب رومشگان با پروفیل‌های شاهد Roomeshgan floodwater spreading vs. control	5.23	1.82	0.74	7.011	5	0.001
آبخوانداری کوهدشت با پروفیل‌های شاهد Kohhdast water harvesting vs. control	5.26	2.23	0.91	3.57	5	0.016
پخش سیلاب ریمله با پروفیل‌های شاهد Rimele vs. control	1.96	0.22	0.09	2.19	5	0

مورد استثناء در این خصوص سامانه‌های پخش سیلاب و بندهای گابیونی در حوزه رضاآباد اراک و بندهای گابیونی حوزه کارده مشهد بود (جداول ۳ و ٤).

حوضه‌های موجود در مناطق گروه اول در محدوده جغرافیائی زاگرس میانی که در عرصه جنگل‌های نیمه‌خشک در استان‌های فارس، لرستان، کرمانشاه و کردستان، قرار داشتند، بیشترین پتانسیل ترسیب کربن را ناشی از عملیات آبخیزداری نشان دادند. خلاصه نتایج حاصل از ارزیابی‌های انجام شده در حوضه‌های مورد مطالعه در این مناطق در جدول ۲ نشان داده شده است. بالاترین ظرفیت ترسیب کربن مربوط به عملیات سکوبندی‌های بومی و سنتی در منطقه اورامانات کرمانشاه با ترسیب حدود ۱۱۳ تن کربن در هکتار بود. این امر نشان از پتانسیل بسیار بالای شیوه‌های سنتی و آزموده شده حفاظت خاک در منطقه یاد شده در ترسیب کربن است که طبیعتاً با مشارکت فعال جامعه محلی در احداث و نگهداری این سازه‌ها همراه است. نمائی از این شیوه‌های سنتی حفاظت خاک و نقش آنها در ترسیب کربن در استان کرمانشاه در شکل یک نشان داده شده است

نکته قابل توجه آن است که در این گروه مطالعاتی عملیات مکانیکی احداث بندهای مختلف نظیر گابیون، سدهای خاکی، سنگی ملاتی و خشکه‌چین، کمترین ظرفیت ترسیب کربن را دارا بودند. به نحوی که در حوزه گاودره کردستان احداث بندهای رسوبگیر پس از هشت سال موفق به ترسیب کمتر از ۰/٤ تن در هکتار آن هم به صورت افزایش بیوماس در واحد سطح شده بودند. که آن هم به دلیل گستره اثر کم (محدوده رسوبات پشت بند) در مقیاس حوزه ناچیز می‌باشد. در همین حوزه عملیات بانکت‌بندی موفق به ترسیب ۳/۵ تن کربن در هکتار شده بود که حدودا ده برابر ظرفیت بندهای رسوبگیر بود. این تفاوت زمانی جدی تر خود را نشان می‌دهد که بدانیم عملیات بانکت بندی گستره اثر بسیار وسیع تری را نسبت به عملیات احداث بندهای رسوبگیر دارا می‌باشند. بیشترین تاثیر احداث بندهای رسوبگیر در این گروه مطالعاتی در استان کرمانشاه و در حوزه‌های شهری جوانرود با ترسیب ۳/٤ تن کربن در هکتار همراه بود (جدول ۲). نکته دیگر در خصوص عملیات ارزیابی شده در گروه اول وجود دارد آن است که عملیاتی که بمنظور پخش سیلاب در سطح مناطق مطالعاتی اجراء شده بود ظرفیت بالائی در ترسیب کربن و بویژه ترسیب کربن خاکی نشان داده است (جدول ۲). به عنوان مثال عملیات پخش سیلاب مورد ارزیابی در استان‌های لرستان و فارس، پتانسیل بالائی را در ترسیب کربن از خود نشان داده‌اند. بیشترین ظرفیت این عملیات مربوط به پخش سیلاب از طریق احداث بانکت و چاله‌های فلسی در کوهدشت و بانکت با بند خاکی در پخش سیلاب رومشگان در استان لرستان بود که به ترتیب ۵۵/۳ و ۵۲/٤ تن کربن در هر هکتار ترسیب نموده بودند. همچنین احداث عملیات پخش سیلاب در گربایگان فسا در استان فارس ظرفیت ترسیب حدود ۲٤ تن کربن اتمسفری را نشان داد (جدول ۲).

نکته قابل توجه دیگر سهم مهم و کلیدی خاک از کل کربن ترسیب یافته در این منطقه اقلیمی و جغرافیائی (گروه اول) است. چرا که بین ۸۷ تا بیش از ۹۹ درصد از کربن ترسیبی در خاک ذخیره گردیده است. این مهم از نقاط قوت این مناطق، از حیث زمان بازگشت و ماندگاری کربن ترسیب یافته، می‌باشد. چرا که، کربن ترسیب یافته در خاک به صورت پایدارتری در بیوسفر باقی مانده و زمان بازگشت آن به اتمسفر طولانی‌تر خواهد بود.

عملیات مکانیکی اجرا شده در مناطق ایران و تورانی یا گروه دوم تاثیر چندانی در افزایش ظرفیت ترسیب کربن در عرصه نداشته‌اند (جدول ۳). عملیات مکانیکی انجام شده و مورد ارزیابی در بیشتر استان‌های این گروه توانسته بود کمتر از یک کیلوگرم کربن در هر متر مربع در محدوده اثر خود ترسیب نماید. مورد استثناء سد سنگ و سیمان رضاآباد اراک بود که حدود ۲/۸ کیلوگرم در متر مربع کربن ترسیب نموده بود. البته این کمیت فقط در محدوده رسوبات پشت سد محاسبه شد، که با توجه به گستره اثر ناچیز نسبت به کل حوزه بالادست آن، اندک به نظر می‌رسد.

بر خلاف مناطق گروه اول، نتایج نشان داد که عملیات مکانیکی

جدول ۲- پتانسیل ترسیب کربن در پروژه‌های آبخیزداری در مناطق گروه اول

Table 2. Carbon sequestration potential of watershed management project in group 1 regions

محل اجراء Location	شرح عملیات Description	مدت اجرا Time of execution	تعداد پلات Number of plots	ترسیب کربن بیوماس و لاشبرگ (تن در هکتار) Biomass and litter carbon sequestration (ton/hec)	ترسیب کربن خاکی (تن در هکتار) Soil carbon sequestration (ton/hec)	کل ترسیب کرین پروژه (تن در هکتار) Total carbon sequestration (ton/hec)
ریمله لرستان Rimele-Lorestan	گابیون و سکوبندی Gabion and Terrace	15	10	-	39.9	39.9
کوهدشت لرستان Koohdasht-Lorestan	بانکت،چاله فلسی و پخش سیلاب Banquette, pitting and water harvesting	15	8	-	55.3	55.3
رومشگان لرستان Roomeshgan-Lorestan	پخش سیلاب با بانکت water harvesting with banquette	16	4	-	52.4	52.4
گاودره کردستان Gavdarre-Kurdestan	بانکت بندی Banquette	8	-	0.5	3	3.5
	سدرسوبگیرگابیونی Gabion Check Dams	8	-	0.39	0	0.39
	سدرسوبگیرملاتی Masonry Check Dams	8	-	0.36	0	0.36
	سدهای کوتاه رسوبگیر (ملاتی و گابیونی) Check dam (Masonry and gabion Check Dams)	10-15	30	۰	3.44	3.44
کرمانشاه Kermanshah	سکوبندی سنتی با احداث دیواره خشکه‌چین و کشت مو Terracing with boulder wall and Viticulture	15	30	1.3	110.8	112.1
	سکوبندی سنتی بااحداث دیواره خشکه‌چین وکشت بادام Terracing with boulder wall and almond cultivation	15	30	2.6	72.1	74.7
گربایگان فسا (فارس) Garabaigan Fasa (Fars)	پخش سیلاب با کشت متراکم Intensive water harvestion	10-15	24	0.52	23.37	23.79
	پخش سیلاب بدون کشت و تنک Extensive water harvesting	10-15	24	0.02	11.77	11.79

جدول ۳- پتانسیل ترسیب کربن در پروژه‌های مکانیکی آبخیزداری در مناطق گروه دوم

Table 3. Carbon sequestration potential of watershed management project in group 2 regions

محل اجراء Location	شرح عملیات Description	مدت اجرا Time of execution	تعداد پلات Number of plots	ترسیب کربن بیوماس و لاشبرگ (کیلوگرم در متر مربع) Biomass and litter carbon sequestration (Kg/m^2)	ترسیب کربن خاکی (کیلوگرم در متر مربع) Soil carbon sequestration (Kg/m^2)	کل ترسیب کرین پروژه (کیلوگرم در متر مربع) Soil carbon sequestration (Kg/m^2)
بودجان اصفهان Bodjan-Esfahan	سد بتنی Concrete dam	-	2	0.085	0.593	0.68
	سنگی ملاتی و گابیون Masonry and gabion Check Dams	-	26	0.086	0.532	0.54
رضاآباد اراک Rezaabad-Arak	تورکینست	10	4	۰	۰	۰
	کانال پخش گابیون	10	13	۰	۰	۰
	Turkynest, Channel, Gabion check dams	10	13	۰	۰	۰
	بند خاکی Eart dam	10	6	0	0.34	0.342
	سنگ ملاتی Masonry check dams	10	2	0.03	2.81	2.842
دره مرید کرمان Dare morid-Kerman	بندهای سنگی ملاتی Masonry check dams	10	12	0.22	0.28	0.50
کارده مشهد Karde-Mashhad	خشکه چین	10	20	0	0.32	0.32
	گابیون	10	20	0	0	0
	سد خاکی Loose Stone Check Dams, Gabion, Earth dam	10	20	0	0.39	0.4

که با هدف پخش سیلاب در استان مرکزی اعمال شده بود، تا زمان مطالعه حاضر قادر نبوده است کربنی را در محدوده اثر خود ترسیب نماید. این در حالی است که عملیات مکانیکی احداث بندهای رسوبگیر کربن بیشتری را نسبت به عملیات پخش سیلاب در این منطقه اقلیمی ترسیب نموده اند (جدول ۳). به طور کلی در مناطق با اقلیم خشک‌تر ظرفیت ترسیب کربن تقلیل یافته بود دلیل این امر مرتبط با کاهش ظرفیت ذخیره کربنی خاک بود.

عملیات مکانیکی بندهای رسوبگیر سنگی ملاتی در حوزه دره مرید کرمان و بندهای رسوبگیر بتونی و سنگی ملاتی و گابیونی در حوزه بودجان اصفهان به ترتیب منجر به ترسیب ۰/۵ و ۰/۵٤-۰/٦۸ کیلوگرم کربن در متر مربع معادل ۵ و ٥/٤-٦/۸ تن در هکتار در محدوده پشت بند شده بودند. که البته با توجه به محدوده اثر اندک سازه‌ها رقم نهائی در واحد سطح هکتار از منطقه، کمتر از رقم یاد شده خواهد بود. در حوزه کارده مشهد بندهای خاکی و خشکه‌چین حدود ۰/۳ تا ۰/٤ کیلوگرم کربن در محدوده اثر خود ترسیب نموده بودند. ولی بندهای با تراوائی بالاتر نظیر بندهای گابیونی در این حوزه و نیز در حوزه رضاآباد اراک نتوانسته بودند کربنی ترسیب نمایند. در مجموع در این شرایط اقلیمی بندهائی که تراوائی کمتری

شکل ۱- نمائی از تراس‌بندی‌های سنتی مورد ارزیابی در این تحقیق در استان کرمانشاه

Figure 1. Studied traditional Terracing in Kermanshah Province

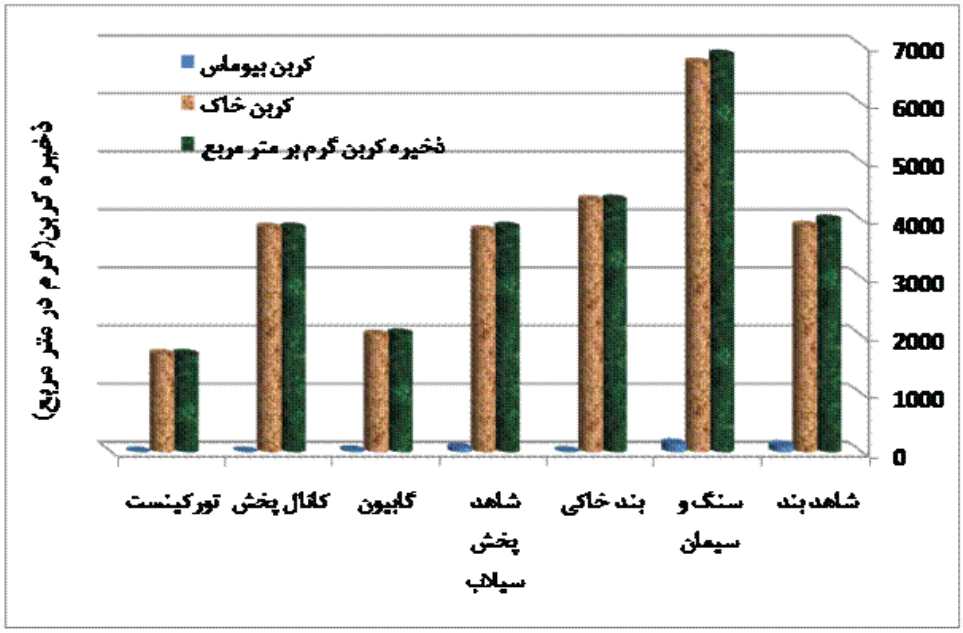
داشته و تله اندازی رسوب بیشتری داشته باشند موفق‌تر از سایر اشکال عملیات مکانیکی نظیر گابیون و خشکه چین قادر به ترسیب کربن بوده اند.

بررسی ارقام کربن ترسیب یافته در بخش‌های خاک، بیوماس و لاشبرگ در مناطق این گروه موید برتری و رجحان ذخیره کربن خاک و سهم بالاتر آن از کل کربن ترسیب یافته نسبت به کربن بیوماس و لاشبرگ است. به استثناء سازه‌های ارزیابی شده در دره مرید کرمان که مقادیر ترسیب کربن خاکی و بیوماس تقریبا معادل هم بود، در دیگر مناطق سهم کربن خاک از کل کربن ترسیب یافته بین ۸۵ تا بیش از ۹۹ درصد بود (جدول ۳). نمونه این تفاوت سهم

جدول ٤- پتانسیل ترسیب کربن در پروژه‌های مورد مطالعه در منطقه هیرکانی

Table 4. Carbon sequestration potential of watershed management project in Hirkani regions

محل اجراء Location	شرح عملیات Description	تعداد پلات Number of plots	ترسیب کربن بیوماس و لاشبرگ (تن در هکتار) Biomass and litter carbon sequestration (ton/hec)	ترسیب کربن خاکی (تن در هکتار) Soil carbon sequestration (ton/hec)	کل ترسیب کرین پروژه (تن در هکتار) Total carbon sequestration (ton/hec)
پشتکوه Poshtkooh	پخش سیلاب Water harvesting	6	--	4.58	4.58
پشتکوه Poshtkooh	پخش سیلاب با بذرکاری Water harvesting with seeding	6	3.06	15	18.06
پشتکوه Poshtkooh	پخش سیلاب با نهالکاری Water harvesting with planting	4	--	6.2	6.2
پشتکوه Poshtkooh	پخش سیلاب و قرق Water harvesting	6	0.06	4	4.06
سعیدآباد Saeedabad	بندهای سنگی ملاتی Masonry check dams	6	-	8.6	8.6



شکل ۲- مقایسه ذخایر کربنی در بخش‌های خاک، بیوماس و کل در عملیات مکانیکی مورد ارزیابی و شاهد در حوزه رضاآباد اراک

Figure 2. Comparison of among soil, biomass, and total carbon stock in mechanical watershed management operation and control sites in Rzaabad Arak

در بخش‌های بیوماس، خاک و لاشبرگ در نمودار شکل ۲ که مربوط به عملیات مورد ارزیابی در استان مرکزی است نشان داده شده است.

در مناطق گروه سوم یعنی منطقه هیرکانی سایت‌های مورد مطالعه بندهای رسوبگیر در منطقه سعیدآباد ساری و سایت پخش سیلاب در منطقه پشتکوه مازندران بود. در این گروه شرایط اقلیمی و فیزیکی با دیگر مناطق کشور تفاوت داشت. در منطقه هیرکانی عموما ذخیره بومی کربن خاک بالاست. در مجموع ارزیابی نتایج مطالعه اثر بخشی عملیات آبخیزداری در ترسیب کربن نشان داد که منطقه یاد شده دارای ظرفیت متوسط و حدواسط دو منطقه دیگر در ترسیب کربن می‌باشد. در این منطقه عملیات مکانیکی احداث سدهای کوتاه سنگی ملاتی نتوانسته است کربن قابل ملاحظه‌ای ترسیب کند. مع‌الوصف این عملیات توانسته بطور میانگین حدود ۰/۸٦ کیلوگرم در هر متر مربع یا ۸/٦ تن در هکتار کربن اتمسفری را در محدوده اثر خود به تله بیاندازد (جدول ۳). در این منطقه عملیات پخش سیلاب که گیاهان همراه را گونه‌های مرتعی و گراس‌ها تشکیل داده‌اند نسبت به گونه‌های درختی و درختچه‌ای در ترسیب کربن بسیار موفق‌تر عمل کرده است و توانسته بیش از ۱۸ تن در هکتار کربن اتمسفری را در خاک و بیوماس خود به تله بیاندازد (جدول ٤). همچنین اعمال قرق در محدوده پخش سیلاب در پشتکوه مازندران نتوانست به ظرفیت ترسیب کربن عملیات یاد شده، نسبت به منطقه پخش سیلاب بدون اعمال قرق، بیافزاید. در مجموع از میان مصادیق عملیات مورد ارزیابی در این گروه یا منطقه اقلیمی پخش سیلاب توام با بذرکاری موفق‌تر از سایرین عمل نموده است.

پویائی و چرخه کربن بین بیوماس، لاشبرگ و در نهایت خاک در این منطقه، باعث شده است که بخش عمده‌ای از کربن به صورت پایدارتری در خاک ذخیره شده یا به عبارت دیگر ترسیب یابد. بطوری که تقریبا بیش از ۹۸ درصد کربن ترسیبی در کربن آلی خاک ذخیره شده است.

نتیجه‌گیری و بحث

بررسی نتایج پژوهش حاضر و مقایسه آن با یافته‌های دیگر پژوهشگران، این واقعیت را آشکار می‌سازد که مدیریت عرصه و به ویژه اعمال عملیات احیائی و آبخیزداری بیش از هر عامل فیزیکی یا محیطی بر کیفیت و کمیت ذخایر کربنی زیست‌بوم بطور عام، و ذخایر کربنی اراضی و خاک بطور خاص اثرگزار است.

عرصه‌های منابع طبیعی واقع در دشت‌سرهای زاگرس با اقالیم نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب و رژیم اقلیمی مدیترانه‌ای بالاترین ظرفیت ترسیب کربن را در اثر اعمال عملیات مکانیکی آبخیزداری نشان دادند. بر این اساس و با بررسی نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، مشخص شد که اعمال عملیات مکانیکی آبخیزداری بویژه عملیات با حداقل دستکاری خاک در عرصه منابع طبیعی در کوهپایه‌های زاگرس، بطور متوسط در یک دامنه وسیع قادر به ترسیب حدود ۳/۵ تا ۱۱۲ تن کربن در هکتار هستند البته رقم نهائی بسته به الگوی عملیات مورد ارزیابی در یک بازه زمانی ۵ تا ۱۵ ساله متغیر است. بدین ترتیب نرخ سالانه ترسیب کربن در اثر اعمال عملیات آبخیزداری در این عرصه‌ها از کمتر از یک تا حدود ۷/۵ تن در هکتار و در سال می‌تواند باشد. البته سابقه تحقیقی مشخصی که چنین برآوردی را تایید یا رد کند در منطقه مورد نظر یافت نشد

ولیکن بر اساس بررسی‌های و داده‌های ارائه شده توسط لال [۱۱] این ارقام بیشتر از متوسط مورد انتظار برای مناطق مشابه است. ولیکن رقم قابل قبول و قابل توجهی می‌تواند باشد.

ظرفیت سکوبندی‌های سنتی منطقه اورامانات کرمانشاه در ترسیب کربن با مقادیر ۷۵ تا ۱۱۲ تن کربن در هکتار در نوع خود رکوردی در سطح جهانی و منطقه‌ای محسوب می‌شوند. لذا به عنوان الگوی بسیار موفق در کشور، در خط زاگرس مرکزی و شمالی، در مناطق اقلیمی مشابه قابل توصیه و اشاعه هستند. اما در میان عملیات مورد ارزیابی در این تحقیق به استثناء سکوبندی‌های یاد شده، موفق ترین عملیات در ترسیب کربن اختصاص به سامانه‌های مختلف پخش سیلاب با ظرفیت حداکثری ترسیب حدود ٥٦ تن کربن در هکتار دارد. بدون شک همانطور که در عملیات مورد مطالعه در مازندران و فارس به دست آمد، ظرفیت چنین عملیات مکانیکی در ترسیب کربن، در صورتی که با توانبخشی بیولوژیک یعنی کشت گونه‌های علفی یا درختچه‌ای همراه باشد، قابل ارتقاء است. به گونه‌ای که در فارس چنین ظرفیتی با کشت گونه‌های درختی دو برابر، یعنی از حدود ۱۲ تن به حدود ٢٤ تن، ارتقاء یافت. البته گرچه چنین نتیجه‌ای با یافته‌های هادیان [٥] در تناقض است ولی بیشتر پژوهش‌های داخلی از جمله یافته‌های جنیدی جعفری و همکاران [۸] و فروزه و همکاران [٤] آن را تایید می‌نماید. البته چنین توفیقی برای عملیات پخش سیلاب در استان مرکزی مشاهده نشد.

در مجموع، ارزیابی و بررسی نتایج این پژوهش در خصوص مقایسه مصادیق مختلف عملیات آبخیزداری نشان داد که عملیات آبخیزداری که به منظور حفاظت خاک و کنترل فرسایش انجام شد نظیر سکوبندی، بانکت‌بندی و همچنین عملیاتی که با هدف پخش سیلاب انجام گردید موفق‌تر از سایر اشکال عملیات مکانیکی بویژه در منطقه زاگرس و منطقه هیرکانی عمل نمود. نتایج جنیدی و همکاران [۷] نیز نشان داد که احداث بانکت در استان کردستان موفق به ترسیب حدود ۹ تن کربن در هکتار گردید که علاوه بر اینکه بیش از مقادیر نتایج این پژوهش (یعنی ۳/٥ تن در هکتار) است، نسبت به دیگر عملیات مورد ارزیابی توسط این محقق بیشترین کارائی را در ترسیب کربن نشان داد. در تحقیق دیگری ورامش [۱۸] بیان می‌دارد که احداث بانکت با کشت گونه‌های درختی، ذخیره کربن در خاک را بیش از ٥ تا ۷ برابر نسبت به شاهد افزایش می‌دهد. در پژوهشی Nave و همکاران [۱٥] با بررسی سوابق تحقیقی در آمریکا، میانگین تأثیر عملیات آبخیزداری را در افزایش ذخیره کربن خاک در این کشور را در مناطق جغرافیائی مختلف از ۳۱ درصد در مناطق بکرتر تا ۱۷۳درصد در اراضی صنعتی و معدنی تخمین زدند.

در خصوص اثربخشی شایع‌ترین و شاید مهمترین مصادیق عملیات مکانیکی آبخیزداری یعنی انواع بندهای رسوب‌گیر در ترسیب کربن، در تمام مناطق هدف در سطح کشور نمونه‌هائی از آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. در یک نگاه کلی و بر اساس نتایج پژوهش حاضر می‌توان اذعان نمود که این دسته از عملیات مستقیما ظرفیت قابل ملاحظه‌ای در ترسیب کربن ندارند. اگرچه در برخی نقاط از جمله در کرمانشاه، رضااباد اراک و بویژه در سعیدآباد ساری حتی تا ۸/٦ تن در هکتار (۸٦۰ گرم در مترمربع) نیز کربن در محدوده رسوبات پشت سد ترسیب نموده بودند. ولی در مجموع و با توجه به اندک بودن محدوده اثر آنها در قیاس با کل حوزه رقم ناچیزی خواهد بود. البته نباید از همین رقم نیز در محاسبه ارزش افزوده ایجاد شده در اثر احداث این دسته از بندها نیز صرفنظر نمود. بعلاوه احداث چنین بندهائی اثرات غیرمستقیم متنوعی که در توانبخشی منابع آب و خاک و تنوع زیستی در حوزه دارند. لذا بطور طبیعی در ارتقاء ظرفیت انبارش و جذب کربن اتمسفر در سطح حوزه به شکل غیرمستقیم موثر خواهند بود.

پویائی و چرخه کربن بین زیست‌توده، لاشبرگ و در نهایت خاک در کلیه مناطق مورد بررسی در این مطالعه باعث شده است که عملیات آبخیزداری بین ۸۳ تا بیش از ۹۹ درصد کربن ترسیبی قابل اندازه‌گیری و رصد را به صورت پایدارتری در خاک ذخیره نماید. این نتایج با یافته‌های سایر محققین در سطح کشور همخوانی دارد [۹]. جنیدی جعفری [۷ و ۸] نشان داد که در عملیات احیائی آبخیزداری در سمنان خاک، زیست‌توده و لاشبرگ به ترتیب ۸۷، ۱۲/۹ و ۰/۰۱درصد کربن ترسیب یافته را در خود جای می‌دادند. با این حال محققین دیگری نظیر Woomer و همکاران [۱۷] ثابت کردند که حدود ٦۰ درصد از ترسیب کربن در عمق ٦۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. اهیمت این نتیجه از آنجا بارزتر خواهد بود که بدانیم دوره بازگشت ذخیره کربن خاکی در مواردی ۱۰ برابر طولانی‌تر از ذخیره کربن موجود در دیگر بخش‌های منابع اراضی یعنی بیوماس و لاشبرگ است. بویژه آنکه ذخیره کربن خاکی اراضی مناطق اقلیمی مورد مطالعه در این تحقیق در ساختار اجزاء درون خاکدانه‌ای کربن آلی خاک بوده و از نظر ترکیب شیمیائی نیز در شرایطی به تعادل رسیده‌اند که آنها را به سختی تجزیه‌پذیر می‌نماید [۱۰].

نتایج این پژوهش نشان داد که ضروری است سیاست‌گزاران و طراحان عملیات مدیریت حوزه‌های آبخیز ارزش افزوده ایجاد شده در اثر ترسیب کربن ناشی از احداث عملیات آبخیزداری در سطح حوزه‌های آبخیز کشور را در مقیاس منطقه‌ای و ملی به حساب آورده و جدی بگیرند چرا که بر اساس یافته ها و محاسبات مختلف ارزش مستقیم ترسیب هر تن کربن در تولید اکوسیستم بدون احتساب ارزش‌های زیست محیطی حدود ۲۰۰ دلار است [۱۱]. بر این مبنا و بر اساس نتایج پژوهش حاضر، ارزش افزوده ایجاد شده ناشی از عملیات مختلف آبخیزداری صرفا بر مبنای ارزش کربن ترسیبی، علاوه بر کاربردهای در نظر گرفته از منظر حفاظت خاک و آب و یا استحصال آب و غیره، در سطح کشور بین حداقل ۲۰۰ تا حداکثر بیش از ۱۱ هزار دلار قابل محاسبه است. بعلاوه در مورد سکوبندی‌های سنتی شمال و شمال غرب استان کرمانشاه این رقم بین ۱٥ هزار تا ۲۲ هزار دلار قابل احتساب می‌باشد، که البته رقم بسیار وسوسه کننده ولی قرین به واقعیت می‌باشد. این تفاوت ارقام

نشانگر تنوع در ظرفیت عملیات آبخیزداری در مناطق مختلف اقلیمی کشور است. البته همانگونه که ترسیب کربن یک فرآیند پویا است این کمیت نیز بسته به نرخ سالانه ترسیب کربن متغیر خواهد بود.

منابع

1. Abdi, N., H. Maddah Arefi and Gh. Zahedi Amiri. 2008. Estimation of carbon sequestration in Astragalus rangelands of Markazi province (Case study: Malmir rangeland in Shazand region). Iranian journal of Range and Desert Reseach. 15(2):269-282.(In Persian)

2. Derner, J.D. and Schuman, G.E., 2007. Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects, Journal of Soil and Water Conservation, 62: 2, 77-85.

3. Falahatkar, S., S.M. Hosseini, A. Salman Mahiny, S. Ayoubi, and S.G. Wang. 2014. Soil organic carbon stock as affected by land use/cover changes in the humid region of northern Iran. J. Mt. Sci. 11(2): 507-518.

4. Froozeh, M.R. E. Heshmati, E., F Ghanbarian, and h. Mesbah. 2008. Comparison of carbon sequestration of Helianthemum lippii, Dendrostellera lessertii and Artemisia sieberi Besser in Iranian dry rangelands (case study; Garabaegan Fasa). Journal of Environmental Study. 46: 65-72. (In Persian)

5. Hadian, N., N. Abdi., R. Azimi and J Ghadbaigloo. 2011. Effect of water Harvesting on soil organic carbon in Roodbaran Arak. 2th conference on combatin desertification http://www.civilica.com/Paper-DESERTWETLAND02- 071.html (In Persian)

6. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and other Land Use. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Hayama, Japan.

7. Joneidi Jafari, H., 2009. Study the effect of ecological and management on carbon sequestration in Artemisia sieberi rangelands of Semnan province. Ph.D. Dissertation.Faculty of Natural Resources. Tehran University, 430 pages. (In Persian)

8. Joneidi Jafari, H., H. Azanivand, M. Zare Chahooki, M. Jafari, E. Kargari. 2013. Effect of contour furrow on carbon sequestration and nitrogen fixation in Artemisia sieberi rangelands of Semnan province. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research. 20(2): 298-308. (In Persian)

9. Kooch Y. Hosseini M., Zaccone C., Jalilvand H. and Hojjati M. 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darab Kolaforest (north of Iran) case study. J. Environ. Monit. 14, 2438–2446.

10. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma 123: 1 –22

Lal, R., 2008. The Role of Soil Organic Matter in the Global Carbon Cycle. Soil and Environ. Pollut. 116, 353–362.

11. Lal, R. 2010. Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security. BioScience, 60:708-721.

12. Maddah arefi, H. 2000. Report of preparation of varbon sequestration project in hossain abad Ghinab, in Khorasan province. Bureau of sand and desert Fixation, Iranian forest and rangeland organization. Technical report. 45 pp. (In Persian)

13. Nair, P.K., B. Kumar and D. Nair. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. Soil Science journal. Plant Nut., 172:10–23.

14. Nave L.E., Swanston C.W., Mishra U. and Nadelhoffer K. J. 2013. Afforestation Effects on Soil Carbon Storage in the United States: A Synthesis. Soil Sci. Soc. Am. J. 77:1035–1047

15. Parvizi, Y. 2015. Comparison of the potential of different watershed management operation in carbon sequestration of mountainous rangelends, case study Razin watershed, west of Iran J.l of Global Ecol. and Environ. 3(1): 1-12

16. Woomer, D.L. Toure, A., and M. Sall,2004. Carbon stocks in Senegal's Sahel transition zone. J. of Arid. Environ.

17. Varamesh, S., S. M. Hosseini2, N. Abdi3 and M. Akbarinia. 2010. Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. Iranian Journal of Forest. 2(1):25-35. (In Persian)

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 10, No. 34, Fall 2016

سال دهم- شماره ۳۴- پاییز ۱۳۹۵

Abstract

Comparison and Study the Carbon Sequestration Potential of Different Watershed Management Mechanical Operation and Terracing in Different Climatic Regions of Iran

Y. Parvizi*[1], M. Gheituri[2], A. Ghafori[3], D. Nikkami[4], M., Roghani[5], M. H. Mahdian[6], M. Farahpoor[7], R. Bayat[8], A. Partovi[9] and A. Noori[10]

Received: 2015/12/15 Accepted: 2016/07/02

Global warming caused by emissions of carbon gases into the atmosphere is a serious threat to sustainable development in developing countries Such as Iran. Carbon sequestration in terrestrial ecosystem is a sustainable approach, with no environmental risk. This research was conducted to evaluate mechanical watershed management operations including water harvesting, terracing, and sediment trapping dams, banquette and furrow in different regions of the country (nine provinces) in atmospheric carbon sequestration and to offer optimal options for these regions. For this purpose, field operations were conducted for soil, biomass and litter sampling, using systematic randomized method in representative sites and control sites. According to research results, regions in the hillsides of the Zagros mountains including Lorestan, Fars, Kermanshah and Kurdestan showed the maximum carbon sequestration potential in about 54 to 112 tons carbon per hectare. In Hirkani regions in Mazandaran province, water harvesting system operation sequestrated about 18 tons carbons per hectare. Watershed management operation in center and west part of country with Iranotorani cover type cannot affect in soil organic carbon stock and rangeland biomass, significantly. In the study areas, indigenous terracing and water harvesting systems have had higher efficiency in carbon sequestration, respectively and different sediment trapping dams did not show any significant effect in this case.

Keywords: Carbon stock, dams, Furrow, Banquette, Climate change

1. Assistant professor, Agriculture and natural resource research and education Center of Kermanshah, Kermanshah, Iran Corresponding author, Email: yparvizi1360@gmail.com .
2. Assistant professor, Agriculture and natural resource research and education Center of Kermanshah, Kermanshah, Iran.
3. Associated professor, Soil conservation and watershed management research institute, Tehran, Iran.
4. Professor, Soil conservation and watershed management research institute, Tehran, Iran.
5. Assistant professor, Soil conservation and watershed management research institute, Tehran, Iran.
6. Professor, Soil conservation and watershed management research institute, Tehran, Iran.
7. Associated professor, Forest and rangeland research institute, Tehran, Iran
8. Scientific board, Soil conservation and watershed management research institute, Tehran, Iran.
9. Scientific board, Soil conservation and watershed management research institute, Tehran, Iran.
3. M.Sc. Agriculture and natural resource research and education Center of Kermanshah, Kermanshah, Iran.