بررسی عملکرد بندهای کنترل سیل در ذخیره کربن آلی لایه زیرسطحی خاک در استان کرمانشاه

* محمد قیطوری[۱]، مسیب حشمتی[۲]، یحیی پرویزی[۳]، محمود عرب خدری[۴]، محمودرضا طباطبایی[۵]

۱- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

۲- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

۳- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

۴- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۵- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده:

مدیریت اراضی و تغییرات کاربری نقش مهمی در تدوین استراتژی کلی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای در جو دارد. با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب می‌توان تأثیرات قابل توجهی در کاهش گازهای گلخانه‌ای و بهبود شرایط زیستی فراهم کرد. هدف از این تحقیق بررسی اثرگزاری عملیات سازه‌های مکانیکی (بندهای کوچک رسوب‌گیر) بر ترسیب کربن لایه زیرقشری خاک در حوزه‌های آبخیز استان کرمانشاه است. سدهای کوچک رسوب‌گیر در استان کرمانشاه از نوع گابیونی و خشکه‌چین هستند. مشخصات خاک زیرسطحی (۲۰-۴۰ سانتی‌متر) مناطق تحت عملیات بندهای کوچک رسوب‌گیر خشکه‌چین و گابیونی و شاهد آن (مراتع تحت چرای شدید و مدیریت قرق) با پیمایش میدانی در سه منطقه، جوانرود، قروتک گیلانغرب و حاجی‌آباد کنگاور اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری خاک از زیرسطحی (۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر) برای تعیین بافت خاک (به‌روش هیدرومتر)، آهک (به‌روش تیتراسیون با سود یک نرمال)، اسیدیته (گل اشباع)، هدایت الکتریکی (گل اشباع) و کربن آلی خاک (به‌روش والکلی و بلاک) برداشت شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد کربن آلی ترسیب شده در عملیات بندهای کوچک رسوب‌گیر در داخل آبراهه‌ها، با توجه به جدول تجزیه واریانس یکطرفه در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار است و مقدار ذخیره کربن ناشی از احداث بندهای کوچک رسوب‌گیر خشکه‌چین و گابیونی معادل ۱۹/۱۲تن در هکتار به‌دست آمد که پی‌آمد جمع‌آوری رسوبات بالادست بند (سراب) است و در مقایسه با تیمارهای شاهد (چرای شدید و مدیریت قرق) عملکرد پایینی دارد که ناشی از زهکشی خوب یا شسته شدن خاک و خروج مواد آلی از رسوبات پشت بندهای کوچک در آبراهه منجر به افت ماده آلی (کربن آلی) ذخیره شده در خاک این رسوبات شده است.

واژه های کلیدی: ترسیب کربن؛ بندهای کوچک رسوب‌گیر؛ عملیات مکانیکی؛ قروتک گیلانغرب؛ رسوب‌گیر خشکه‌چین و گابیونی

مقدمه

مدیریت نامناسب در بهره‌برداری از منابع زیستی، مشکلات حادی در زمینه تغییرکاربری اراضی، تخریب جنگل‌ها و مراتع، فعالیت‌های صنعتی، تولید انواع ضایعات شیمیایی و آلودگی منابع آب و خاک ایجاد کرده است. پی‌آمد این مشکلات افزایش دی‌اکسیدکربن و گازهای گلخانه‌ای و در نهایت ایجاد پدیده تغییر اقلیم در سالیان اخیر شده است. این شرایط به‌عنوان مهمترین تهدید توسعه پایدار و عامل آسیب رسیدن به منابع طبیعی، محیط زیست، سلامت انسان، امنیت غذایی و فعالیت‌های اقتصادی است. غلظت دی‌اکسیدکربن بعد از انقلاب صنعتی تا ۳۶۰ ppm با سرعت ۱/۵ ppm در سال افزایش یافت که غلظت این گاز در سال‌های اخیر به‌میزان ۳۰ درصد افزایش یافته است و با این روند افزایشی شرایط برای رسیدن به‌آستانه مرز بحرانی (۴۵۰ ppm) فراهم می‌شود (IPCC,۲۰۰۷ ؛ Houghton و همکاران، ۱۹۹۶). نگرانی‌ها در این زمینه موجب شد که در سال ۱۹۹۴ در اجلاس ریو معاهده‌ای تحت عنوان کنوانسیون تغییر آب و هوا مطرح شود و به امضاء ۱۵۴ کشور جهان برسد که از تاریخ معاهده لازم‌الاجرا شود. پس از گذشت چند سال برای تقویت تعهدات کشورهای توسعه یافته پروتکلی تحت عنوان پروتکل‌کیوتو در سال ۱۹۹۷ برای امضاء کشورهای عضو آماده شد، که در سال ۲۰۰۴ اجرایی شود. با لازم الاجرا شدن این پروتکل کشورهای توسعه یافته ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ به‌میزان۵/۲ درصد نسبت به سال ۱۹۹۰ شدند. کشور جمهوری اسلامی ایران نیز جزء کشورهای امضاء کننده این پروتکل است که به‌لحاظ تولید کننده گاز دی‌اکسیدکربن در جهان در رتبه یازدهم قرار دارد، که نمایان‌گر بهره‌وری پایین انرژی در کشور است. در شرایط فعلی به‌دلیل غیراقتصادی بودن تغییر منابع انرژی از سوخت فسیلی به‌انرژی‌های پاک (نور خورشید، باد و آب) در بیشتر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، شکل اجرایی پیدا نکرده است. بنابراین راهکار کاهش دی‌اکسیدکربن جو زمین را باید در بخش‌های غیرانرژی، مانند سیاست ترسیب کربن (Carbon Sequestration) با استفاده از پوشش گیاهی جستجوکرد.

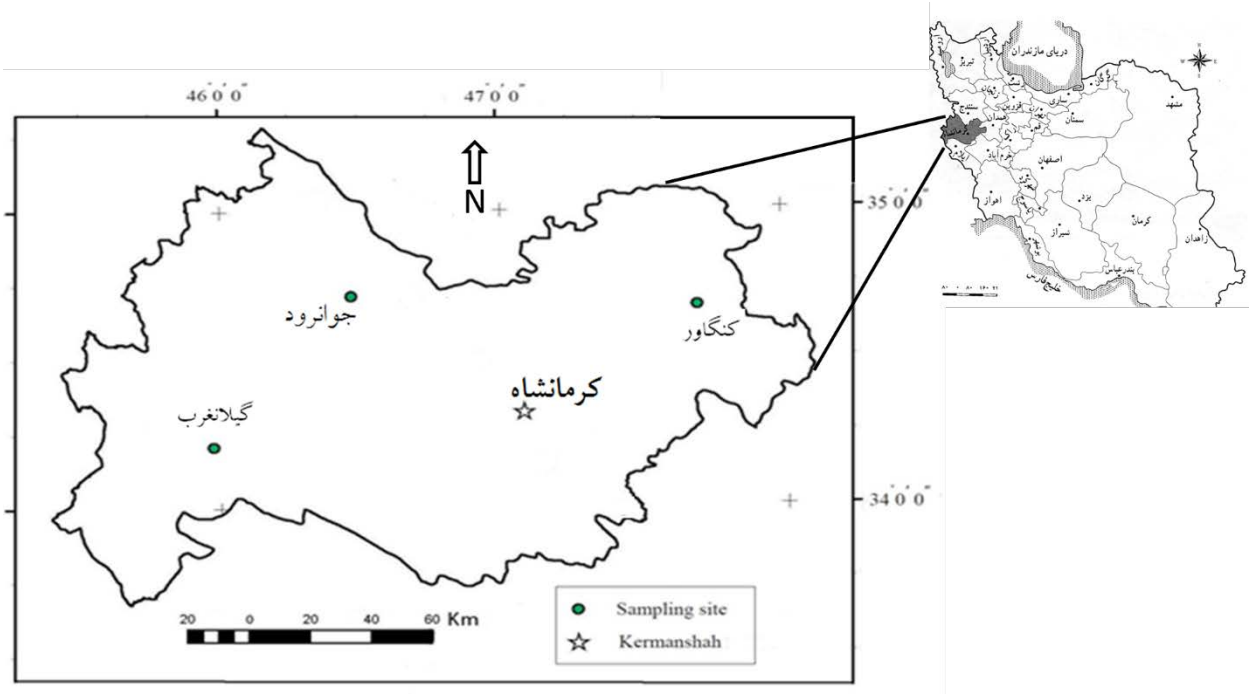
براساس آمار سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی (فائو، ۲۰۰۱)، بیش از ۲/۱۳۳ میلیارد هکتار مرتع در سطح جهان وجود دارد که با احتساب سطح جنگل‌های غیرتولیدی (۱/۳۶۶ میلیارد هکتار) و همچنین دوسوم جنگل‌های تجاری (حدود دو میلیارد هکتار) معادل ۵/۴۹۹ میلیارد هکتار است که در دنیا مورد استفاده چرای دام قرار می‌گیرد. در ایران آمار متفاوتی برای سطح چراگاه‌های مرتعی ارائه شده است، که آخرین گزارش مربوط به‌مطالعات جدید پوشش گیاهی کشور (اوایل سال ۱۳۸۴) که به‌وسیله دفتر فنی مهندسی و مطالعات سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری انجام شده است، وسعت مراتع کشور به‌استثناء استان‌های شمالی حدود ۸۳ میلیون هکتار برآورد شده که با احتساب استان‌های شمالی این رقم به ۸۶/۲ میلیون هکتار می‌رسد. این آمار همچنین نشان می‌دهد که مراتع در کشور و همچنین جهان بیشترین سطح کاربری را دارند. براساس جدیدترین آمار مربوط به اراضی منابع‌طبیعی استان کرمانشاه که به‌وسیله سازمان جنگل‌ها و مراتع در سال ۱۳۸۴ منتشر شده است، سطح مرتع و جنگل استان به‌ترتیب ۱۱۸۸۴۰۰ و ۵۰۰۰۰۰ هکتار برآورد شده است که پتانسیل بالایی در ترسیب کربن دارد.

مدیریت اراضی و تغییرات کاربری نقش مهمی در تدوین استراتژی کلی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای در جو دارد. با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب می‌توان تأثیرات قابل توجهی در کاهش گازهای گلخانه‌ای و بهبود شرایط زیستی فراهم کرد. ازجمله این روش‌ها مدیریت صحیح منابع‌طبیعی است که با توجه به‌سطح گسترده آن در کشور نقش بیشتری بر ترسیب کربن دارد. همچنین حفاظت از اراضی از دیدگاه ترسیب کربن می‌تواند نگرشی نو و سیستمی به حفاظت از منابع‌طبیعی باشد، چرا که علاوه بر تامین نیازهای اساسی، می‌تواند راه‌کاری موثر برای کاهش آلودگی هوا و بحران تغییر اقلیم و در نهایت دستیابی به راهی برای توسعه پایدار باشد. با مدیریت صحیح منابع‌طبیعی در جهت افزایش پوشش گیاهی و بهره‌برداری بهینه از آن، می‌توان در راستای افزایش ترسیب کربن، مانع تخریب پوشش گیاهی، فرسایش خاک و هرز آب شد. در این راستا، مقدار ذخیره کربن‌آلی خاک رابطه مستقیمی با کیفیت مدیریت سه محور خاک، زی‌توده و لاشبرگ گیاهی دارد (Feiza و همکاران، ۲۰۰۸ و McCarty و Ritchie، ۲۰۰۰). استان کرمانشاه با دارا بودن حدود ۷/۱ میلیون هکتار اراضی منابع‌طبیعی پتانسیل بالایی در زمینه ترسیب کربن دارد، رویدادهایی مانند جنگل تراشی، چرای شدید دام، تغییر کاربری جنگل و مرتع به زراعت و باغات دیم و در نهایت آتش سوزی، عواملی هستند که منجر به تخریب خاک، پوشش گیاهی، هدر رفت آب، فرسایش و تخریب اراضی استان شده است. در این تحقیق تاثیر عملیات مکانیکی بر مقدار ذخیره کربن لایه زیرقشری خاک در حوزه‌های آبخیز استان کرمانشاه مورد بررسی قرار داده است و تاثیر گزینه عملیات مکانیکی بر ترسیب کربن در این لایه تعیین شده است.

مواد و روش‌ها

- موقعیت و مشخصات استان کرمانشاه:

این تحقیق در مراتع ییلاقی استان کرمانشاه با مشخصات جدول ۲ و پراکنش شکل ۱ انجام شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان کرمانشاه در سطح کشور

یکی از مراحل مهم تحقیق انتخاب محل نمونه‌برداری است چرا که ارزش داده‌های جمع‌آوری شده به انتخاب مناسب و دقیق محل نمونه‌برداری بستگی دارد. بنابر این برای داده‌برداری میدانی خاک و پوشش‌گیاهی، منطقه‌ای انتخاب شد که معرف تغییرات و نوسانات خاک و پوشش‌گیاهی در عملیات مکانیکی آبخیزداری بوده، به‌طوری که محل انتخاب شده برای داده‌برداری معرف کل عملیات باشد. این محل به‌وسیله عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و پیمایش میدانی انتخاب شد و تمامی‌داده‌ها جمع‌آوری شده در عملیات میدانی از منطقه معرف بوده است. همچنین در کنار منطقه معرف، منطقه شاهد با شرایط محیطی مشابه، برای بررسی تغییرات خاک، پوشش‌گیاهی و لاشبرگ انتخاب شد.

این تحقیق در سه منطقه استان کرمانشاه شامل مراتع جوانرود، قروتک گیلانغرب و حاجی‌آباد کنگاور یا مشخصات جدول ۱ انجام شد.

جدول۱- وضعیت زمین شناسی و توپوگرافی مناطق نمونه‌برداری

منطقه	زمین شناسی	اقلیم	مبه‌وسیله بارش سالانه mm	مبه‌وسیله دما سالانه c°
جوانرود	کنگلومرای بختیاری	مرطوب سرد	۶۰۰-۵۰۰	۱۲-۱۰/۵
قروتک گیلانغرب	آهک آسماری	نیمه مرطوب	۵۰۰-۴۵۰	۱۲-۱۰/۵
حاجی آبادکنگاور	رادیولاریک و مارن	نیمه خشک فراسرد	۶۰۰-۵۰۰	۱۲-۱۰/۵

روش تحقیق

ابتدا ویژگی‌های فنی، فیزیکی و عملیات بندهای کوچک رسوبگیر و کنترل سیل در سه منطقه عرصه انتخاب شده، همراه با وضعیت مناطق شاهد همجوار تعیین شد. سپس داده های خاک لایه زیرقشری (۲۰-۴۰ سانتی‌متر) در سکوهای حاصل از رسوب در منطقه سراب بندها همراه با مناطق شاهد انجام شد.

-داده‌برداری خاک

نمونه‌برداری خاک با حفر چاله در محل هدف و تهیه نمونه از لایه (۲۰-۴۰ سانتی‌متر)، انجام شد. در کاربری باغات دیم و دیم زارها، عمق خاک بیش از ۴۰ سانتی‌متر است. یک نمونه خاک به‌صورت ترکیبی از سه چاله مجاور یکدیگر تهیه شد. نمونه‌های خاک هر منطقه به آزمایشگاه خاک‌شناسی برای تعیین خصوصیات خاک ارسال شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه شامل، تعیین مقادیر کربن آلی خاک (به‌روش والکلی و بلاک)، آهک (به‌روش تیتراسیون با سود یک نرمال)، بافت (به‌روش هیدرومتر)، درصد اشباع (در گل اشباع) است. وزن مخصوص ظاهری خاک برای اندازه‌گیری چگالی ظاهری با سه تکرار در هر محل با استفاده از سیلندر نمونه‌برداری انجام شد.

-تعیین وزن کربن آلی خاک

برای رسیدن به‌مقدار وزن کربن ذخیره شده در خاک ابتدا باید وزن مخصوص خاک و درصد کربن آلی خاک تعیین شود. حال با داشتن این دو پارامتر و عمق خاک منطقه هدف (۲۰ سانتی‌متر)، به‌راحتی براساس فرمول ارائه شده (رابطه ۱) مقدار وزن کربن آلی ذخیره شده در واحد سطح خاک به‌دست آمد.

در رابطه ۱،

(Cs) = وزن کربن آلی خاک در واحد سطح (در این رابطه ضریب ۱۰۰۰۰ واحد سطح هکتار است).

SOC = درصد کربن آلی خاک

d = عمق خاک مورد نظر بر حسب متر

Bd = وزن مخصوص ظاهری

$$Cs= 10000\times\%SOC\times Bd\times d \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

سپس با میانگین‌گیری وزنی مقدار ذخیره کربن خاک در کل نیم‌رخ خاک (لایه سطحی و زیرین خاک) در واحد سطح محاسبه شد. نتایج بر مبنای اندازه‌گیری عوامل بافت خاک، EC (هدایت الکتریکی)، pH (اسیدیته خاک)، Calcite (آهک کل) و کربن آلی خاک (SOC) ۲۷ نمونه خاک در آزمایشگاه خاکشناسی انجام شد. همچنین در محل برداشت نمونه خاک، ۲۷ نمونه وزن ظاهری خاک برای تبدیل درصد کربن آلی نمونه به وزن خاک برداشت شد.

نتایج

- مشخصات عمومی خاک مناطق تحت مدیریت مکانیکی

بررسی داده‌های لایه ۲۰- ۴۰ سانتی‌متر خاک نشان داد که ذخیره کربن آلی خاک در لایه زیرین کمتر از لایه سطحی است. بررسی هدایت الکتریکی خاک نشان می‌دهد که خاک مناطق مورد بررسی محدودیت شوری برای رشد گیاهان (زراعی، مرتعی و جنگل) ایجاد نمی‌کند و میانگین EC خاک (هدایت الکتریکی) حدود ۰/۴۷ دسی‌زیمنس برمتر است. دامنه تغییرات پارامترهای خاک در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر نسبت به لایه سطحی خاک در مدیریت‌های مختلف کمتر است. به‌دلیل اهمیت و تمرکز بیشتر بر موضوع کربن آلی، سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده در جدول ۲ درج نشده است و فقط تغییرات SOC ذکر شده است. تغییرات ماده آلی خاک در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر کمتر است به‌طوری که دامنه تغییرات کربن آلی خاک در عملیات مکانیکی بین ۰/۶۶ تا ۱/۵۵ درصد است و منطقه شاهد

تحت چرای شدید دام دارای تغییرات بین ۰/۸۵ تا ۱/۳۷ درصد ذخیره کربن است که بیانگر تاثیر مدیریت بر میزان ذخیره کربن آلی خاک است.

جدول ۱- وضعیت کربن آلی خاک در کاربری‌های مختلف در عمق ۲۰-۴۰ سانتی‌متر

پارامتر خاک	کاربری اراضی	Min	Max	Mean	SD	CV%	Skewness
SOC %	عملیات مکانیکی	۰/۶۶	۱/۵۵	۱/۰۶	۰/۱۵	۰/۲۹	۰/۴۹
	چرای شدید مرتع	۰/۸۵	۱/۳۷	۱/۰۹	۰/۰۶۷	۰/۰۳۵	۰/۰۶۸
	مدیریت قرق	۱/۳۷	۲/۰۱	۱/۷۱	۰/۰۹	۰/۶۰	-۰/۱۵۳

- ذخیره کربن در خاک

مقصد نهایی ترسیب کربن، خاک است و منبع اصلی تغذیه کننده آن عملیات فتوسنتز پوشش گیاهی است. جدول ۴-۲۶ میزان کربن آلی ترسیب شده در لایه خاک زیرقشری (۲۰-۴۰ سانتی‌متر) بر حسب تن در هکتار را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اعداد جدول (۳) نشان می‌دهد که تغییرات ناشی از عملیات مکانیکی آبخیزداری در سطح اراضی منابع‌طبیعی بر میزان ترسیب کربن در خاک تاثیر گزار نیست، به‌طوری که در عملیات مکانیکی درصد کربن آلی خاک ذخیره شده در این لایه معادل ۱/۰۶ است که مقدار آن برابر ۱۹/۱۲ تن در هکتار است در حالی که میزان کربن ترسیب شده در مرتع تحت چرای شدید ۶۰/ ۲۶ تن در هکتار است.

جدول ۲- متوسط مقدار ترسیب کربن در وضعیت‌های مختلف (عمق ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰سانتی‌متر)

مدیریت‌های مختلف	درصد کربن آلی خاک		مقدار ترسیب کربن آلی خاک(t/ha)	
	۰-۲۰ (cm)	۲۰ -۴۰ (cm)	۰-۲۰ (cm)	۲۰ -۴۰ (cm)
عملیات مکانیکی	۱/۵۸	۱/۰۶	۳۰/۱۶	۱۹/۱۲
چرای شدید		۱/۱۰	۲۶/۶۰	۲۶/۸۵
مدیریت قرق	۳/۳۲۴	۱/۷۲	۷۲/۰۵	۴۲/۴۳

- ترسیب کربن خاک زیرسطحی (۲۰-۴۰ سانتی‌متر)

نتایج تحلیل داده‌های خصوصیات خاک (هدایت الکتریکی، اسیدیته، آهک کل و کربن ذخیره شده در خاک) لایه زیرین که با روش تجزیه واریانس یکطرفه انجام شد در جدول ۴ آمده است. این جدول نشان می‌دهد، کربن آلی خاک در عملیات مختلف با توجه به تجزیه واریانس یکطرفه در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی‌دار وجود دارد یعنی مقدار کربن آلی لایه زیرین خاک تحت تاثیر عملیات مکانیکی آبخیزداری تغییر می‌کند. براساس جدول تجزیه واریانس رابطه معنی‌دار میان خصوصیات اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک با عملیات مختلف مشاهده نشد.

جدول ۴- میانگین مربعات تجزیه واریانس یکطرفه خصوصیات خاک در لایه زیرین (۲۰-۴۰ سانتی‌متر)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات خصوصیات مورد بررسی			
		EC (dSm^{-1})	pH	% Calcit	% SOC
تیمار	۲	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۴۵۹/۱۵ ^{ns}	۱/۲۴**
خطا	۲۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳۵	۲۲۵/۵۱	۰/۱۵

** رابطه معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ * رابطه معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ^{ns} رابطه معنی‌داری نیست

ترسیب نهایی کربن در لایه زیرسطحی مناطق تحت عملیات مکانیکی در شریط نرمال دارای کمینه توان ترسیب کربن به‌مقدار ۱۹/۱۲ تن در هکتار است در حالی که مقدار ترسیب کربن در مرتع شاهد تحت حفاظت درهمین لایه معادل ۴۲/۴۳ تن در هکتار است (جدول ۵). همچنین درصد ذخیره کربن در لایه زیرسطحی خاک نسبت به شرایط مشابه در مرتع تحت مدیریت قرق، ۴۵ درصد است یعنی عملیات احداث بندهای کوچک رسوب گیر در داخل آبراهه ها تاثیری بر افزایش ذخیره کربن در خاک ندارد.

جدول ۵- متوسط ذخیره کربن ناشی از عملیات بندهای کوچک رسوبگیر آبخیزداری در لایه زیرقشری خاک

عملیات مختلف	ذخیره کربن خاک در لایه زیرین (cm ۲۰-۴۰) (t/ha)	درصد نسبت به مرتع نرمال
عملیات مکانیکی	۱۹/۱۲	۴۵
چرای شدید	۲۶/۸۵	۶۳
مدیریت قرق	۴۲/۴۳	۱۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی سازه بندهای کوچک رسوب‌گیر (خشکه‌چین و گابیونی) که در داخل آبراهه فصلی سه منطقه جوانرود، قروتک گیلانغرب و حاجی‌آباد کنگاور با هدف تعدیل شیب آبراهه، کاهش سرعت جریان رواناب، افزایش نفوذ و رسوب گذاری اجرا شده است، نشان داد در ضریب همبستگی پیرسون رابطه معنی‌داری بین خصوصیات خاک (اسیدیته، آهک کل و هدایت الکتریکی) و مقدار کربن آلی خاک وجود ندارد، یعنی میان خصوصیات ذکر شده خاک در سطح ۰/۰۵ ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.

زهکشی خوب یا شسته شدن خاک و خروج مواد آلی از رسوبات پشت بندهای کوچک در آبراهه منجر به افت ماده آلی (کربن آلی) ذخیره شده در خاک این رسوبات شده است. به‌طوری که متوسط کربن آلی خاک در رسوبات پشت بندهای گابیونی و خشکه‌چین در عملیات مکانیکی، نسبت به مناطق هم‌جوار فقیر است و جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که رابطه معنی‌دار هم در پوشش گیاهی و هم در خاک بین منطقه تحت عملیات مکانیکی با مناطق شاهد حفاظت شده (قرق) و چرای شدید وجود دارد.

مقایسه ترسیب کربن میان پوشش گیاهی، لاشبرگ و خاک در منطقه تحت عملیات مکانیکی نشان داد که تقریبا ۱۰۰ درصد ترسیب کربن در خاک ذخیره شده است که این مقدار نتیجه فرسایش خاک مناطق بالادست و رسوب مواد در منطقه سراب بند است. بنابراین عملیات مکانیکی در آبخیزداری (بندهای کوچک رسوب‌گیر) تنها به‌واسطه رسوب مقداری از مواد فرسایش یافته در بالادست دامنه در ترسیب کربن نقش دارند. نتایج این تحقیق نشان داد که خاک اراضی تحت تاثیر سازه‌های بند رسوب‌گیر دارای کمترین مقدار ماده آلی (کربن آلی ترسیب شده) نسبت به‌سایر عملیات بیولوژیک و بیومکانیکی است. یکی دیگر از نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر، کاهش کربن آلی خاک با افزایش عمق خاک است. پژوهشگران زیادی در تحقیقات خود به نتایج مشابه رسیده‌اند به‌طوری که Dinakaran و Krishnayya (۲۰۰۸)، در هند بیان کردند که با افزایش عمق خاک میزان ماده آلی خاک نیز کاهش می‌یابد. همچنین Franzlubbers (۲۰۰۰)، دیانتی و همکاران (۱۳۸۸)، در تحقیقات خود به این نتیجه رسیده‌اند که با افزایش عمق خاک، میزان ذخیره کربن آلی خاک کاهش می‌یابد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که عملیات مکانیکی در آبخیزداری (بندهای کوچک رسوب‌گیر خشکه‌چین و گابیونی) از دیدگاه ترسیب کربن کارایی قابل قبولی نسبت به‌سایر روش‌های آبخیزداری در شرایط استان کرمانشاه ندارد و در مقایسه با عملیات بیولوژیک و بیومکانیکی تاثیر معنی‌داری بر ترسیب کربن حوزه آبخیز ندارد.

-بحث اقتصادی ترسیب کربن

کارایی عملیات مکانیکی (بندهای کوچک رسوب‌گیر خشکه‌چین و گابیونی) از نگاه ترسیب کربن در مقایسه با شاهد کم است و از دیدگاه هزینه و اقتصاد عملیات مکانیکی در مقایسه با سایر روش‌ها بسیار پرهزینه است. به‌طوری که هزینه احداث یک مترمکعب بند رسوبگیرگابیون معادل یکصد هزار تومان است (۱۰۰۰۰۰ تومان در سال ۱۳۹۳) که دارای عمر مفید حداکثر ۱۰ ساله است. در مقابل روش بیولوژیک وسیستم‌های چرایی با عملکرد مناسب‌تر، با هزینه بسیار کمتر و از دیدگاه ترسیب کربن دارای عملکرد بالاتر است. همچنین عملیات بیولوژیک می‌تواند در راستای بهبود معیشت حوزه‌نشینان و کاهش گازهای گلخانه‌ای مفید واقع شود. چنانچه وضعیت

پوشش گیاهی مراتع تحت عملیات قرق و حفاظت به‌شرایط مطلوب بازگردد حداقل پتانسیل ترسیب کربن در سطح مراتع استان (۱۱۸۸۴۰۰ هکتار) معادل ۱۴۱۶۹۲۹۳۲ تن در هکتار است. اگر ارزش یک تن کربن ترسیب شده را معادل ۲۰۰ دلار (Lal، ۲۰۰۸) در فرض کنیم، ارزش اقتصادی مراتع استان کرمانشاه به‌لحاظ ترسیب کربن برابر ۲۸۳۳۸۵۸۶۴۰۰ دلار است. حال اگر ارزش اقتصادی کربن به‌دست آمده از عملیات مکانیکی (ذخیره کربن ۴۹/۲۸ تن در هکتار) معادل ۹۸۵۶ دلار در هکتار تعیین شود در مقایسه با عملیات بیولوژیک (معادل ۲۳۸۴۶ دلار در هکتار) کارایی پایینی دارد به‌طوری که ارزش اقتصادی ترسیب کربن عملیات بیولوژیک ۲/۵ برابر عملیات مکانیکی است. جمع بندی نتایج نشان می‌دهد که توان متوسط ترسیب کربن در عملیات مکانیکی در مقایسه با عملیات بیولوژیک و بیومکانیکی و حتی بهره‌برداری متداول از منابع‌طبیعی (چرای شدید دام) پایین است و می‌توان نتیجه گرفت که این عملیات کارایی مناسبی در رسیدن به اهداف ترسیب کربن ندارد و از دیدگاه اقتصادی توجیح پذیر نیست.

منابع:

- امانی، منوچهر و حسن مداح عارفی. ۱۳۸۳. بررسی قابلیت ترسیب کربن در تاغزارهای دست کاشت کشور و استراتژی آینده، مجموعه مقالات اولین همایش ملی تاغ و تاغکاری، کرمان.
- بردبار، سید کاظم. ۱۳۸۳. بررسی پتانسیل ترسیب کربن در جنگل کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیای استان فارس. رساله دکتری جنگلداری. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
- ۳- دیانتی تیلکی قاسمعلی، نقیپور برج علی اصغر، توکلی حسین، حیدریان آقاخانی مریم و محمدرضا سعید افخم الشعرا. ۱۳۸۸. تأثیر قرق بر میزان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع نیمه خشک استان خراسان شمالی. مجله علمی پژوهشی مرتع، سال سوم /شماره چهارم. (668-679).
- ۴-شرافتمندراد محسن، مصداقی منصور و عبدالرضا بهرهمند. ۱۳۸۸. اندازه گیری میزان لاشبرگ تولیدی در درمنه زارهای استپی و رابطه آن با پوشش تاجی، سطح لاشبرگ و زیتوده. مجله علمی پژوهشی مرتع، سال سوم /شماره دوم
- ۵-جنیدی جعفری حامد، آذرنیوند حسین، جعفری محمد، ترنیال متیو و محمد علی زارع چاهوکی. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر عوامل بوم شناختی و مدیریتی بر میزان ترسیب کربن در رویشگاه‌های گونه درمنه دشتی، مطالعه موردی: مراتع استان سمنان. رساله برای اخذ درجه دکتری مرتعداری، دانشگاه تهران.
- عبدی نواله.، مداح عارفی ح.، زاهدی امیری ق.، ۱۳۸۷. برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گون‌زارهای استان مرکزی (مطالعه موردی: منطقه مالمیر شهرستان شازند). فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان. جلد ۱۵، شماره ۲. ۳۵-۲۱.
- فروزه محمد رحیم، حشمتی غلامعلی، قنبریان غلامعباس، مصباح حمید. ۱۳۸۷. مقایسه توان ترسیب کربن سه گونه گل آفتابی، سیاه گینه و درمنه وحشی در مراتع خشک ایران(مطالعه موردی: گربایگان فسا). محیط شناسی. ۴۶: ۶۵-۷۲.
- مداح عارفی،حسن. ۱۳۷۹. گزارش آماده سازی پروژه ترسیب کربن حسین آباد غیناب در استان خراسان، دفتر فنی تثبیت شن و بیابان زدایی، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۴۵ ص.
- مدیرشانه چی، محسن. ۱۳۷۲. اکولوژی گیاهی. چاپ اول. انتشارات دانشگاه امام رضا.
- محمودی طالقانی ع.، ق. زاهدی، ا. عابدی، و خ. ثاقب طالبی. ۱۳۸۶. برآورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت (مطالعه موردی جنگل گلبند در شمال کشور). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۵:۲۴۱-۲۵۳.
- معاونت طرح و برنامه و آمار سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری. ۱۳۸۲. مطالعه تعیین ارزش، کارکردها و خدمات عمده غیر تجاری جنگل ها و مراتع کشور، گزارش مدیریتی، مهندسین مشاور بوم آباد.
- مقدم، محمدرضا، ۱۳۷۹. مرتع و مرتعداری، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۷۰ و ۱۷۷صفحه.
- میر سنجری، میر مهرداد.۱۳۸۳. ارزش گذاری محیط زیست در مراتع، جنگل و مرتع ۶۴: ۶۲-۵۶.
- Akala, V.A. and R. Lal. 2000. Potential of mineland reclamation for soil C sequestration in Ohio. Land Degradation & Development 11: 289- 297.
- Asner, G.P., A.J Elmore., L.P Olander, R.E Martin and A.T Harris. 2004. Grazing systems, ecosystem responses and global change. Annual Review of Environment and Resources 29, 261– 299.
- Arrouays D., W. Deslais, and V. Badeau. 2001. The carbon content of topsoil and its geographical distribution in France. Soil Use and Management, 17:7-11.

- Baladok, JA (2000). Soil Organic Matter. In: Sumner ME (Eds) Handbook of Soil Science. CRC Press, New York, pp. B-25-71.
- Bierke A, K. Kaiser, and G. Guggenberger. 2008. Crop residue management effects on organic matter in paddy soils - The lignin component. Geoderma, 146:48–57.
- Cannel, M, R.C Dewar, and J. H. M Thornley, 1992; Carbon flux and storage in European forests. In: Teller, A, Mathy, P, Jeffers, J. N. R. (Eds), Responses of Forest ecosystems to Environmental Changes. Elsevier. New York, pp. 256-271.
- Caravaca F., A. Lax, and J. Albaladejo. 1999. Organic matter, nutrient contents and cation exchange capacity in fine fractions from semiarid calcareous soils. Geoderma, 93:161–176.
- Derner, J.D. and G.E Schuman. 2007. Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects, Journal of Soil and Water Conservation, 62: 2, 77-85.
- Dinakaran, J and N. S. R Krishnayya. 2008: Variations in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. 94:1144-1150.
- Duffera M., J.G. White and R. Weisz. 2007. Spatial variability of Southeastern U.S. Coastal Plain soil physical properties: Implications for site-specific management. Geoderma, 13:327–339.
- Fang. J and L Xue. 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantation with different management patterns. Journal of Environment Management, 85, 672- 679.
- FAO, 2010. Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems, FAO, Rome.
- FAO. 2001. Soil Carbon Sequestration for improved land management, FAO, Rome.
- Feiza, V. D Feizien, B Jankauskas and G Jankauskien., 2008: The impact of soil management on surface runoff, soil organic matter content and soil hydrological properties on the undulating landscape of Western Lithuania. 95:3-21.
- Fekedolegn, D., R.R. Hicks and J.J. Kolbert. 2003. Influence of topography aspect, precipitation and drought on radial growth of four major tree species in an Appalachian watershed. Forest Ecology and Management, 177:409-425.
- Ferraro D.O. and C.M. Ghersa. 2007. Quantifying the crop management influence on arable soil condition in the Inland Pampa (Argentina). Geoderma, 141:43–52.
- Follet, R.F. 2001. Soil Management concepts and carbon sequestration in cropland. Soil & Tillage Research, 61:77-92.
- Ferreiro J.P, T.C Carmen, L Ma Carmen, S Socorro, G.S Fernando. 2010. Effect of management and climate on biochemical properties of grassland soils from Galicia (NW Spain). European Journal of Soil Biology, 46:136-143.
- Franzlubbers, J.2000. Carbon sequestration in pasture. Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements, and Monitoring Conference in Raleigh, North Carolina,October3-5,2000.
- Han X., T. Atsushi, and T. Mitsuru. 2009. Effects of land cover type and topography on soil organic carbon storage in northern loess plateau, china. Plant Soil Science, first published on: 10july 2009.
- Hessing, M. B, G. E Lyon, G. A Sharp and K. O Ostler. 1996. The vegetation of Yucca Mountain, Nevada: Effects of site characterization on vegetation. Las Vegas, Nevada: Office of Civilian Radioactive Waste Management System Management.
- Hill, M.J., R. Britten, and G.M. McKeon. 2003. A scenario calculator for effect of grazing land management on carbon stock in Australian rangelands. Environmental Modeling and Software, 18:627-644.
- Houghton, J., L. G. M. Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell, 1996, Climate change 1995: The Science of Climate Change, Cambridge, Cambridge University Press, P. 572.
- Huang B., W. Sun, Y. Zhao, J. Zhu, R. Yang, Z. Zou, F. Ding, and J. Su. 2007. Temporal and spatial variability of soil organic matter and total nitrogen in an agricultural ecosystem as affected by farming practices. Geoderma, 139.336–345.
- Hungate, B.A., S. Jeffery, and M. Dukes. 2003. Nitrogen and climate change. Science, 302:1512-1513.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change WGI, Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. IPCC Secretariat, c/o WMO, 7bis, Avenue de la Paix, C.P.N. 2300, 1211 Geneva 2, Switzerland. Available from: http://www.ipcc.ch/ SPM2feb07.pdf.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001. Climate Change 2001: the scientific basis. In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., Van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson,

C.A. (Eds.), Contributions of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY.
- Kelvin, M., 2002. Carbon Stored in woody Vegetation. CRC for Greenhouse Accounting.
- Kotschi. J and K Muller. 2004. The Role of Organic Agriculture in Mitigation Cilmate changes a Scoping Study. IFOAM.
- Lal, R. 2009. Sequestering C in Soil, Carbon management and sequestration center the Ohio state university Columbus, OH 43210 USA.
- Lal R. 2008. The Role of Soil Organic Matter in the Global Carbon Cycle. Soil and Environment Pollution, 116:353–362.
- Lal R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123:1–22.
- Lal R., 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. Critical Reviews in Plant Sciences 22: 2, 151-184.
- Lal R. 2002. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. Environment Pollution, 116:353–362.
- Law M.C., S.K. Balasundram, M.H.A. Husni, O.H. Ahmed and M.H. Harun. 2009. Spatial variability of soil organic carbon in oil palm. International Journal of Soil Science, pp: 1816-4978.
- Li, G.L, X.M Pang. 2010. Effect of land-use conversion on C and N distribution in aggregate fractions of soils in the southern Loess Plateau, China. Land Use Policy, 27: 706-712.
- Li Z.P, F.X Han, Y Su, T.L Zhang, B Sun, D.L Monts, and M.J Plodinec. 2007. Assessment of soil organic and carbonate carbon storage in China. Geoderma, 138:119–126
- McCarty G.W, J.C Ritchie. 2000: Impact of soil movement on carbon sequestration in agricultural ecosystems. Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements, and Monitoring Conference in Raleigh, North Carolina, October 3-5,
- Nosetto, M.D. Jobbágy, E.G. Paruelo, J.M. 2006. Carbon sequestration in semi-arid rangelands: Comparison of Pinus ponderosa plantations and grazing exclusion in NW Patagonia. Journal of Arid Environment 67, 142- 156.
- Rees R.M., B.C. Ball, C.D. Campbell and C.A.Watson. 2000. Sustainable management of soil organic matter. CABI Publishing. ISBN-0851994652.
- Ritson S and S Sochacki. 2003. Measurement and prediction of biomass and carbon content of pinus pinaster trees in farm forestry plantations, south-western Australia. Forest Ecology and management 175 (2003) 103- 117.
- Schuman G.E, H.H Janzen and J.E Herrick. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon equestration by rangelands. Environmental Pollution 116, 391–396.
- Schuman, G.E, J.D. Reeder, J.T. Manley, R.H. Hart and W.A. Manley. 1999. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. Ecological Applications 9:65-71.
- Snorrason, A., B.D. Sigurdsson, G. Gudbergsson, K. Svavarsdottir and T.H.H. Jonsson. 2002. Carbon sequestration in forest plantations in Iceland. J. of agricultural sciences, 15: 81- 93.
- Sparling, G.P., D. Wheeler, E.-T. Wesely and L.A. Schipper. 2006. What is soil organic matter worth? Journal of Environment Quality, 35:548–557.
- Tatsuhara S and H. kurashiga. 2001. Estimating foliage biomass in a natural deciduous forest area in a mountainous district. Forest Ecology and Management, 152:141-148.
- Woomer, D.L, A Toure and M. Sall, 2004. Carbon stocks in Senegal's Sahel transition zone. J. of Arid. Environ.
- Yan L, S Zhou, L Feng and L Hong-Yi. 2007. Delineation of site-specific management zones using fuzzy clustering analysis in a coastal saline land. Computers and Electronics in Agriculture, 56:174–186.