

عملکرد بندهای کنترل سیل اصلاحی بر تغییر پوشش گیاهی و ذخیره کربن 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:

امروزه بحث ترسیب کربن به دلیل تغییرات اقلیمی در سطح کره زمین، اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. هدف از این تحقیق بررسی کارایی عملیات سازه‌های مکانیکی بر پوشش گیاهی و ترسیب کربن در حوزه‌های آبخیز استان کرمانشاه است که شامل سدهای کوچک رسوب‌گیر که در داخل آبراهه به منظور کاهش سرعت جریان هرزآب و اصلاح پرفیل طولی آبراهه به منظور کاهش جریان هرزآب احداث می‌شود. سدهای کوچک رسوب‌گیر در استان کرمانشاه از نوع گابیونی و خشکه‌چین هستند. مشخصات خاک و پوشش گیاهی مناطق تحت عملیات مکانیکی و شاهد آن (چرای شدید و مدیریت قرق) به وسیله پیمایش میدانی در سه منطقه، جوانرود، قروتک گیلانغرب و حاجی‌آباد کنگاور اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری زی‌توده بخش هوایی و ریشه گیاه در همه مناطق، همراه با لاشبرگ گیاهی سطح زمین با استفاده از روش ترانسکت و پلات انجام شد. نمونه‌برداری خاک از دو لایه سطحی (۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) و زیرین (۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر) برای تعیین بافت خاک (به روش هیدرومتر)، آهک (به روش تیتراسیون با سود یک نرمال)، اسیدیته (گل اشباع)، هدایت الکتریکی (گل اشباع) و کربن آلی خاک (به روش والکلی و بلاک) برداشت شد. نتایج به دست آمده نشان داد کربن آلی ترسیب شده در عملیات مختلف با توجه به تجزیه واریانس یکطرفه در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی‌دار است و مقدار ذخیره کربن در عملیات مکانیکی (بندهای کوچک رسوب‌گیر) ۴۹/۲۸ تن در هکتار به دست آمد که ناشی از جمع‌آوری رسوبات بالادست بند است و در مقایسه با مناطق شاهد عملکرد پایینی دارد. همچنین ترسیب کربن عملیات مکانیکی با سایر عملیات‌ها نشان داد پوشش گیاهی تاثیر مستقیمی در افزایش کربن ترسیب شده در خاک را دارد.

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

مقدمه

با افزایش جمعیت، تقاضا برای نیازهای اولیه انسان به‌ویژه مواد غذایی افزایش داشته است که به دلیل عدم وجود مدیریت مناسب در بهره‌برداری پایدار از منابع زیستی، مشکلات حادی در زمینه تغییر کاربری اراضی، تخریب جنگل‌ها و مراتع، فعالیت‌های صنعتی، تولید انواع ضایعات شیمیایی و آلودگی منابع آب و خاک ایجاد شده 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 پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ برای امضاء کشورهای عضو آماده شد، که در سال ۲۰۰۴ اجرایی شد. با لازم‌الاجرا شدن این پروتکل کشورهای توسعه یافته ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ به‌میزان ۵/۲ 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 به دلیل غیراقتصادی بودن تغییر منابع انرژی از سوخت فسیلی به انرژی‌های 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 جستجو کرد.

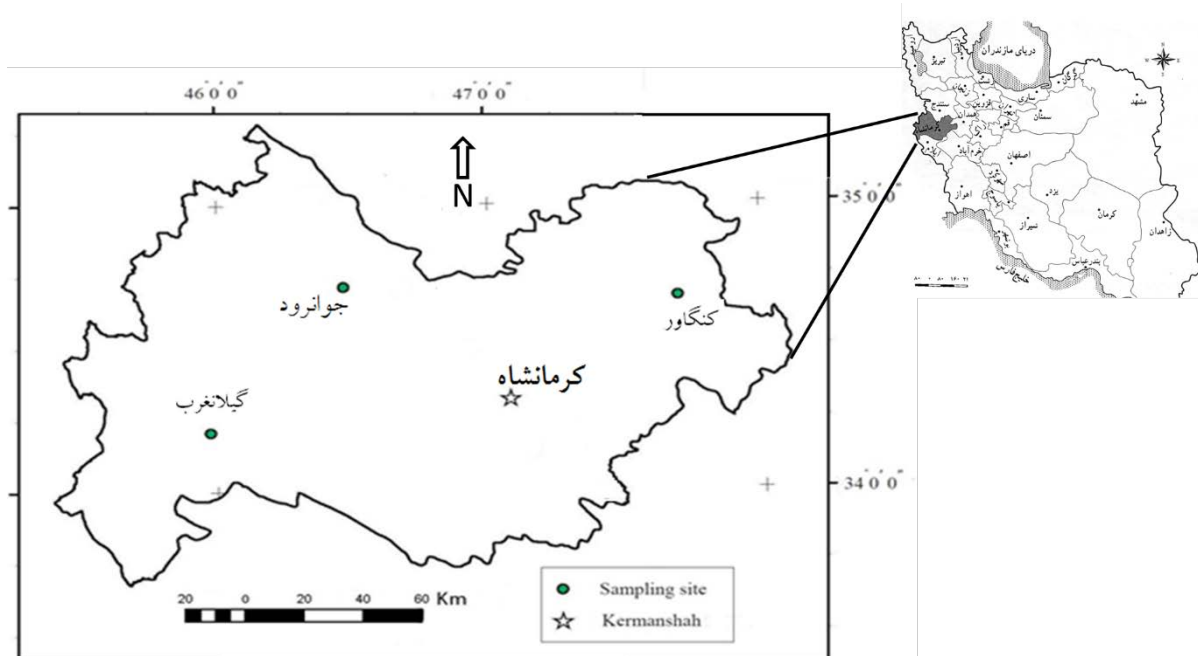
براساس آمار سازمان جهانی خواروبار و کشاورزی (فائو، ۲۰۰۱)، بیش از ۲/۱۳۳ میلیارد هکتار مرتع در سطح جهان وجود دارد که با احتساب سطح جنگل‌های غیرتولیدی (۱/۳۶۶ میلیارد هکتار) و همچنین دوسوم جنگل‌های تجاری (حدود دو میلیارد هکتار) معادل ۵/۴۹۹ میلیارد هکتار است که در دنیا مورد استفاده چرای دام قرار می‌گیرد. در ایران آمار متفاوتی برای سطح چراگاه‌های مرتعی ارائه شده است، که آخرین گزارش مربوط به مطالعات 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 منابع طبیعی 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.

حفاظت از اراضی از دیدگاه ترسیب کربن می‌تواند نگرشی نو و سیستمی به حفاظت از منابع طبیعی 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 منابع طبیعی در جهت افزایش پوشش گیاهی و بهره‌برداری بهینه از آن، می‌توان در راستای افزایش ترسیب کربن، مانع تخریب پوشش گیاهی، فرسایش خاک و هرس آب شد. در این راستا، مقدار ذخیره کربن آلی خاک رابطه مسقیمی با کیفیت مدیریت سه محور خاک، زی‌توده و لاشبرگ گیاهی دارد (Feiza و همکاران، ۲۰۰۸ و Ritchie و McCarty, ۲۰۰۰). استان کرمانشاه با حدود ۷/۱ میلیون هکتار اراضی منابع طبیعی 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 در تغییرات کمی و کیفی خاک و پوشش گیاهی حوزه‌های آبخیز استان کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفته است و تاثیر گزینه عملیات مکانیکی بر ترسیب کربن تعیین شده است.

مواد و روش‌ها

- موقعیت و مشخصات استان کرمانشاه:

این تحقیق در مراتع بیلاقی 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 پوشش گیاهی، منطقه‌ای انتخاب شد که معرف تغییرات و نوسانات خاک و پوشش گیاهی در عملیات مکانیکی آبخیزداری بوده، به طوری که محل انتخاب شده برای داده‌برداری معرف کل عملیات باشد. این محل به وسیله عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و پیمایش میدانی انتخاب شد و تمامی داده‌ها 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، پوشش گیاهی و لاشبرگ انتخاب شد.

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

جدول ۱- وضعیت زمین شناسی و توپوگرافی مناطق نمونه‌برداری

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

روش انجام پژوهش:

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 داده‌های خاک و پوشش گیاهی در سکوه‌های حاصل از رسوب در منطقه سراب بندها همراه با مناطق شاهد انجام شد.

۱- داده برداری خاک

نمونه برداری خاک با حفر چاله در محل هدف و تهیه نمونه از لایه‌های مختلف، انجام شد. بیشتر مراتع دارای خاک سطحی است به طوری که مواد آلی بیشتر در لایه سطحی خاک تا عمق ۲۰ سانتی متر قرار داشت. در کاربری باغات دیم و دیم زارها، عمق خاک بیش از ۴۰ سانتی متر است. یک نمونه خاک به صورت 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 (به روش والکلی و بلاک)، آهک (به روش تیتراسیون با سود یک نرمال)، بافت (به روش 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 نمونه برداری انجام شد.

- تعیین وزن کربن آلی خاک

برای رسیدن به مقدار 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، به راحتی براساس فرمول ارائه شده (رابطه ۱) مقدار وزن کربن آلی ذخیره شده در واحد سطح خاک به دست 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

$$Cs = 10000 \times \%SOC \times Bd \times d$$

(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.

۲- نمونه برداری پوشش گیاهی

اندازه‌گیری درصد تاج پوشش، تراکم و میزان تولید نباتات موجود در کاربری با استفاده از ترانسکت خطی (به طول ۵۰ متر با سه تا پنج تکرار) و سطح پلات (براساس فرم رویشی گیاهان غالب منطقه نمونه برداری) با شکل مربع (برای سادگی اندازه‌گیری) در کنار پرفیل‌های حفر شده، انجام شد. داده‌های گیاهی برداشت شده شامل درصد تاج پوشش، تراکم، زی‌توده تاج پوشش، زی‌توده ریشه و لاشبرگ است.

داده‌های جمع‌آوری شده پوشش گیاهی و خاک در محیط نرم افزاری آماری SPSS (نسخه ۱۹) با روش آماری، جدول تجزیه واریانس یکطرفه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون S.N.K در سطح ۰/۰۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج:

۱- پوشش گیاهی

پوشش گیاهی سه منطقه انتخاب شده تحت مدیریت عملیات مکانیکی (بندهای کوچک رسوب‌گیر) اندازه‌گیری شد که نتایج به‌دست آمده نشان داد که پوشش گیاهی روی سطح شبه تراس تحت تاثیر عملیات مکانیکی در حد صفر یا محدود به گونه‌های یکساله است که بسیار تنک و دارای تولید زی‌توده کمی است. عدم استقرار پوشش گیاهی به دلیل فعال بودن سطح سکو به‌لحاظ رسوب گذاری است.

۲- مشخصات عمومی خاک مناطق تحت مدیریت مکانیکی

نمونه‌های خاک برداشت شده در عملیات میدانی از لایه خاک سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متر) مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور شناخت و مقایسه بهتر داده‌ها، مشخصات خاک تحت مدیریت مکانیکی و مناطق شاهد، در جدول ۴-۱ درج شده است. میانگین، کمینه، بیشینه، CV (ضریب تغییرات)، SD (انحراف از معیار) و ضریب چولگی برای داده‌های جمع‌آوری شده خاک آمده است. تشریح لایه‌های نمونه‌برداری خاک (۰-۲۰ سانتی‌متر) نشان داد خاک‌ها این مناطق ناشی از رسوب‌گذاری رواناب دامنه‌های بالادست است و روشن بودن رنگ رسوبات پشت این سازه نشانه‌ای از آبشویی و فعال بودن بستر رسوب‌گذاری است.

بررسی‌های انجام شده روی داده‌های جدول ۲ نشان داد که خاک مناطق نمونه‌برداری شده دارای درصد بالایی آهک است که دلیل آن آهکی بودن سازند سنگ مادر است. به‌دلیل زهکشی خوب یا شسته شدن خاک و خروج مواد آلی از رسوبات پشت بندهای کوچک در آبراهه، مقدار کربن آلی ذخیره شده در خاک رسوبات کم است. به‌طوری که متوسط کربن آلی خاک در شرایط عملیات مکانیکی، نسبت به مناطق هم‌جوار فقیر است. جدول ۴-۱، خلاصه‌ای از جمع‌بندی داده‌های برداشت شده از مناطق مختلف را نشان می‌دهد که بر مبنای این جدول می‌توان میانگین، کمینه، بیشینه، انحراف استاندارد، واریانس و ضریب چولگی داده‌ها را در مدیریت‌های مختلف برای ذخیره کربن آلی خاک و سایر پارامترها با هم مقایسه کرد.

جدول ۲- کمینه، بیشینه، متوسط و واریانس داده‌های خاک در کاربری مختلف در خاک سطحی

Skewness	CV	SD	Mean	Max	Min	کاربری اراضی	پارامترهای خاک
۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۸۲	۱/۵۸	۱/۹۲	۰/۷۰	عملیات مکانیکی	SOC
۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۲۸	۱/۱۶	۱/۶۳	۰/۶۸	منطقه چرای شدید	%
-۱/۰۸	۰/۴۱	۰/۶۴	۳/۳۲	۳/۹۳	۱/۹۴	منطقه حفاظت شده	
۱/۸۰	-	۱۳/۳۴	۱۸/۲۲	۳۴/۳۰	۴/۴۲	عملیات مکانیکی	Calcite
-۰/۱۹	-	۵/۵۸	۱۳/۲۵	۲۱/۷۰	۳/۸۰	منطقه چرای شدید	%
۱/۲۴	-	۱۶/۴۷	۱۶/۹۴	۵۴/۸۰	۳	منطقه حفاظت شده	
۰/۷۳	۰/۱۱	۰/۲۱	۷/۶۰	۷/۸۳	۷/۴۴	عملیات مکانیکی	pH
۰/۴۴	۰/۰۲	۰/۱۶	۷/۶۴	۷/۹۰	۷/۴۳	منطقه چرای شدید	
۰/۷۱	۰/۰۳	۰/۱۸	۷/۴۱	۷/۷۹	۷/۱۴	منطقه حفاظت شده	
۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۴۷	۰/۵۸	۰/۱۹	عملیات مکانیکی	EC
-۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۴۷	۰/۶۲	۰/۲۹	منطقه چرای شدید	(dSm ⁻¹)
۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۵۹	۰/۷۸	۰/۴۰	منطقه حفاظت شده	

۳- ذخیره کربن در خاک سطحی

مقصد نهایی ترسیب کربن، خاک است و منبع اصلی تغذیه کننده آن عملیات فتوسنتز پوشش گیاهی است. جدول ۳ میزان کربن آلی ترسیب شده در لایه خاک (۰-۲۰ 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 منابع طبیعی بر میزان ترسیب کربن در خاک تاثیر گزار نیست، به‌طوری

که در عملیات مکانیکی مقدار کل ترسیب کربن در لایه ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک ۳۰/۱۶ تن در هکتار است در حالی که میزان کربن ترسیب شده در مرتع تحت چرای شدید ۲۶/۶۰ تن در هکتار است.

جدول ۱- متوسط مقدار ترسیب کربن در وضعیت‌های مختلف (عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر)

مقدار ترسیب کربن آلی خاک (t/ha)	درصد کربن آلی خاک	مدیریت‌های مختلف
(cm) ۰-۲۰	(cm) ۰-۲۰	
۳۰/۱۶	۱/۵۸	عملیات مکانیکی
۲۶/۶۰	۱/۱۵۸	چرای شدید
۷۲/۰۵	۳/۳۲۴	مدیریت قرق

تجزیه آماری ترسیب کربن خاک سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متر)

ابتدا ضریب همبستگی پیرسون میان صفات مختلف خاک انجام شد که نتایج آن نشان داد (جدول ۴) که 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.

جدول ۲- ضریب همبستگی پیرسون میان متغیرهای خاک در لایه سطحی

SOC	Calcit	pH	ویژگی‌ها
-۰/۲۱	-۰/۱۵	-۰/۲۴	EC
-۰/۲۴	-۰/۰۰۳		pH
-۰/۱۵			Calcit

*در سطح ۰/۰۵ معنی دار

داده‌های خصوصیات خاک، هدایت الکتریکی، اسیدیته، آهک کل و کربن ذخیره شده در خاک با روش تجزیه واریانس یکطرفه و آزمون S. N.K تحلیل شد. نتایج این تحلیل در جدول ۵ آمده است که 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 تحت تاثیر عملیات مختلف آبخیزداری تغییر می‌کند. براساس جدول تجزیه واریانس رابطه معنی‌دار میان خصوصیات اسیدیته و آهک کل خاک با کاربری‌های مختلف مشاهده نشد.

جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس یکطرفه خصوصیات خاک در لایه سطحی خاک

میانگین مربعات خصوصیات مورد بررسی				درجه آزادی	منابع تغییر
SOC %	Calcit %	pH	EC (dSm ⁻¹)		
۱۱/۰۷**	ns ۱۰۷/۱۸	ns ۰/۰۴	ns ۰/۰۴	۴	تیمار
۰/۳۴	۱۶۸/۹۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۲۲	خطا
رابطه معنی‌داری نیست ^{ns}					**رابطه معنی‌دار در سطح ۰/۰۱
					*رابطه معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

تجزیه مقایسه میانگین خصوصیات خاک و کربن آلی در عملیات مختلف آبخیزداری در خاک سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متر) به روش S.N.K در سطح ۰/۰۵ به منظور گروه‌بندی داده‌ها انجام شد که نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که پارامترهای هدایت الکتریکی، اسیدیته

و آهک کل خاک در مدیریت‌های مختلف در یک خوشه قرار گرفته‌اند در حالی که کربن آلی در مناطق تحت عملیات مکانیکی در یک گروه یا خوشه قرار گرفته و مدیریت قرق در خوشه دیگری قرار دارد.

جدول ۴- تجزیه مقایسه میانگین‌ها پارامترهای خاک سطحی به روش S.N.K در سطح ۰/۰۵

مدیریت	EC (dSm ⁻¹)	pH	آهک کل %	کربن آلی %
عملیات مکانیکی	۰/۴۷ ^(a)	۷/۶۰ ^(a)	۱۸/۲۲ ^(a)	۱/۵۸ ^(b)
چرای شدید	۰/۴۷ ^(a)	۷/۶۱ ^(a)	۱۳/۲۵ ^(a)	۱/۱۶ ^(b)
مدیریت قرق	۰/۴۶ ^(a)	۷/۵۲ ^(a)	۱۱/۷۶ ^(a)	۳/۳۲ ^(a)

ترسیب نهایی کربن در پوشش گیاهی (کل اندام‌هوایی و ریشه همراه با لاشبرگ) و دولایه نمونه‌برداری شده خاک در جدول ۷، درج شده است. پوشش گیاهی مناطق تحت عملیات مکانیکی در شرایط نرمال دارای کمینه توان ترسیب کربن به مقدار ۴/۶۳ تن در هکتار است و خاک این مناطق تا عمق ۲۰ سانتی‌متری می‌توانند دست‌کم ۷۲/۰۵ تن در هکتار کربن آلی را در خود ذخیره کنند در حالی که حداقل مقدار ترسیب کربن (لایه سطحی خاک) در یک مترع نرمال تحت قرق برابر ۷۶/۸ تن در هکتار است. مقدار ترسیب کربن آلی ناشی از پوشش گیاهی در مراتع تحت چرای شدید، ۳/۹۹ تن در هکتار است که نسبت به مترع تحت عملیات مکانیکی (صفر) قابل مقایسه نیست. افت ذخیره کربن در خاک سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متر) نسبت به مدیریت قرق ۴۱/۳۹ تن در هکتار است و این میزان کاهش در همه زیستگاه مترع مشاهده می‌شود. در سایر کاربری‌ها نیز کاهش ترسیب کربن نسبت به شرایط مناطق تحت عملیات مکانیکی وجود داشته است. نتایج نشان می‌دهد که کل کربن ذخیره شده در پوشش گیاهی، لاشبرگ و خاک در عملیات مکانیکی به ترتیب، حدود ۱/۹، ۰/۱ و ۹۸ درصد است در حالی که در مناطق تحت چرای شدید این نسبت برای پوشش گیاهی، لاشبرگ و خاک به ترتیب حدود ۶/۹۵، ۰/۱ و ۹۲/۹۵ درصد است.

جدول ۷- متوسط کل ترسیب کربن ناشی از عملیات مختلف آبخیزداری

عملیات مختلف	ترسیب کربن (t/ha)		کل ترسیب و ذخیره کربن در خاک و گیاه (t/ha)
	پوشش گیاهی	لاشبرگ	
عملیات مکانیکی	۰	۰	۳۰/۱۶
چرای شدید	۳/۹۹	۰/۰۶	۳۰/۵۶
مدیریت قرق	۴/۶۳	۰/۱۲	۷۶/۸

سه‌بندی ترسیب کربن میان گیاه، لاشبرگ و خاک سطحی نشان می‌دهد بیشترین سهم ذخیره کربن، مربوط به خاک سطحی (۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) است (جدول ۸). سهم ترسیب کربن زی‌توده گیاه، لاشبرگ، لایه خاک سطحی و زیرین در عملیات مکانیکی به ترتیب ۰، ۰، ۰ و ۶۱/۲ و ۳۸/۸ درصد است، که سهم مربوط به گیاه و لاشبرگ در این عملیات صفر است. مقایسه ترسیب کربن میان پوشش گیاهی، لاشبرگ و خاک در مناطق تحت عملیات مکانیکی حاکی از ذخیره ۱۰۰ درصدی کربن در خاک است.

جدول ۸- درصد سهم زی‌توده گیاهی و خاک در ترسیب و ذخیره کربن

مدیریت‌ها	سهم گیاه (درصد)	سهم لاشبرگ (%)	سهم خاک سطحی (درصد)	سهم خاک زیرین (درصد)	جمع کل (درصد)
عملیات مکانیکی	۰	۰	۶۱/۲	۳۸/۸	۱۰۰
چرای شدید	۶/۹۵	۰/۱۱	۴۶/۳۱	۴۶/۷۴	۱۰۰
مدیریت قرق و حفاظت	۳/۸۹	۰/۱۰	۶۰/۴۹	۳۵/۶۲	۱۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

- اثر عملیات مکانیکی بر ترسیب کربن

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. به طوری 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 (فرق) و چرای شدید وجود دارد.

- اثر عملیات مکانیکی بر ترسیب کربن پوشش گیاهی

بررسی اثربخشی عملیات مکانیکی بر ترسیب کربن پوشش گیاهی سه منطقه انتخاب شده تحت مدیریت عملیات مکانیکی نشان داد که پوشش گیاهی روی سطح شبه‌تراس تحت تاثیر عملیات مکانیکی در حد صفر یا محدود به گونه‌های یکساله و فصلی تنک با تولید زی‌توده کم است. عدم استقرار پوشش گیاهی به دلیل فعال بودن سطح سکو به لحاظ رسوب گذاری و حمل مواد معلق (مواد آلی و بذر گیاهان) است. مشاهدات حاکی از آن است که مواد ریزدانه همراه با ماده آلی ناشی از فرسایش خاک به وسیله جریان آب از منافذ درشت بند گابیونی و خشکه‌چین از منطقه سراب به سوی منطقه پای‌آب هدایت می‌شود. نتایج بررسی نشان داد که با توجه به شرایط منطقه، عدم طراحی مناسب سازه‌ها (از دیدگاه فنی)، فقیر بودن خاک و عدم وجود رطوبت مناسب برای رشد گیاه (بافت درشت و زهکش زیاد) در منطقه سراب بند امکان استقرار پوشش گیاهی سخت است و جداول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که عملیات مکانیکی تاثیر معنی‌داری بر پوشش گیاهی ندارد و عملکرد عملیات مکانیکی برای استقرار و بهبود پوشش گیاهی و افزایش ترسیب کربن نسبت به سایر عملیات آبخیزداری (بیولوژیک و بیومکانیکی) پایین است.

- اثر عملیات مکانیکی بر ترسیب کربن خاک

مقایسه ترسیب کربن میان پوشش گیاهی، لاشبرگ و خاک در منطقه تحت عملیات مکانیکی نشان داد که تقریباً 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 به واسطه 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 به سایر عملیات بیولوژیک و بیومکانیکی است. یکی دیگر از نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر، کاهش کربن آلی خاک با افزایش عمق خاک است. پژوهشگران زیادی در تحقیقات خود به نتایج مشابه رسیده‌اند به طوری 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 به دست آمده نشان داد که عملیات مکانیکی در آبخیزداری (بندهای کوچک رسوب‌گیر خشکه‌چین و گابیونی) از دیدگاه ترسیب کربن کارایی قابل قبولی نسبت به سایر 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

از دیدگاه ترسیب کربن کارایی عملیات مکانیکی در مقایسه با سایر عملیات آبخیزداری (بیولوژیک و بیومکانیکی) کم است و از دیدگاه هزینه و اقتصاد عملیات مکانیکی در مقایسه با سایر روش‌ها بسیار پرهزینه است. به طوری که هزینه احداث یک مترمکعب بند رسوب‌گیر گابیون معادل یکصد هزار تومان است (۱۰۰۰۰۰ تومان) که دارای عمر مفید حداکثر ۱۰ ساله است. در مقابل روش بیولوژیک 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 بیولوژیک به شرایط 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) فرض کنیم، ارزش اقتصادی مراتع استان کرمانشاه به لحاظ ترسیب کربن برابر ۲۸۳۳۸۵۸۶۴۰۰ دلار است. حال اگر ارزش اقتصادی کربن به دست 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 به طوری 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 منابع طبیعی (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 تاغ کاری، 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.
- دیانته تیلکی قاسمعلی، نقیپور برج علی اصغر، توکلی حسین، حیدریان آفاخانی 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).
- 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
- جنیدی جعفری حامد، آذر نیوند 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.
- 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. Bateau. 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.