دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی اثرات و پتانسیل عملیات مکانیکی آبخیزداری درترسیب کربن، حوزه آبخیز گاودره کردستان

صلاح الدین زاهدی

دکترای علوم و مهندسی آبخیزداری و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سنندج، ایران،
(نویسنده مسوول: zahedi51@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲

چکیده

گرم شدن کره زمین بر اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، بویژه دی‌اکسیدکربن، تغییرات شدید آب و هوایی طی دهه‌های اخیر را بدنبال داشته است. این امر روند تخریب منابع طبیعی، خاک و آب را بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک تشدید نموده است. یکی از مهم‌ترین ابزارهای سازگاری و یا اصلاح پیامدهای این بحران، ترسیب کربن توسط اکوسیستم‌های طبیعی به کمک ابزارهای مدیریتی کارا نظیر عملیات مدیریتی مرتع و آبخیزداری است. این پژوهش با هدف ارزیابی و تعیین کمی ترسیب کربن در انواع مختلف عملیات اصلاحی و احیائی مکانیکی مانند انواع مختلف بندها و سدهای کوتاه اصلاحی ملاتی، گابیونی و بانکت‌بندی، در حوزه آبخیز گاودره استان کردستان اجراء گردید. نمونه‌برداری در واحدهای کاری با اعمال روش نمونه‌گیری سیستماتیک تصادفی انجام و نمونه‌ها جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شدند. نتایج تجزیه آماری داده‌ها حاکی است که میزان ذخیره کربن پوشش گیاهی در تیمارهای آزمایشی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند. همچنین نتایج کل عملکرد ترسیب کربن، شامل پوشش گیاهی و خاک، نشان می‌دهد که مقدار ترسیب کربن بر اثر عملیات مکانیکی آبخیزداری افزایش یافته است. این افزایش در تیمارهای بانکت‌بندی و سدهای رسوب‌گیر گابیونی بطور معنی‌داری بیشتر از شاهد آزمایش بوده و در مقایسه با آن در کلاس برتری قرار می‌گیرند. میانگین حداکثر کربن ترسیب یافته در واحد سطح ۷۲٦٦ کیلوگرم در هکتار بوده که ٦۵ درصد آن مربوط به ترسیب کربن در خاک است. بطور کلی نتیجه‌گیری می‌شود که عملیات اصلاحی سازه‌های مکانیکی بویژه بانکت‌بندی دارای قابلیت بالایی در ترسیب کربن بوده و خاک نیز مهم‌ترین مخزن کربن در این عملیات بشمار می‌آید.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، عملیات مکانیکی، ترسیب کربن در خاک، ترسیب کربن در پوشش گیاهی

مقدمه

فرسایش خاک و تولید رسوب از جمله مسائل مهم در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود (۱۹). آبخیزداری و طرح‌های آبخیزداری به عنوان روشی جامع و مناسب در مدیریت پایدار منابع طبیعی و انسانی، در حوزه‌های آبخیز بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. مروری بر فعالیت‌های انجام شده در کشور، بیانگر حجم زیاد طرح‌های آبخیزداری است که از جمله اثرات آنها کاهش آلودگی آب‌های سطحی و افزایش کیفیت آب، پیشگیری و کنترل فرسایش خاک، کاهش وقوع سیلاب‌ها و افزایش منابع آب است (۶). ترسیب کربن توسط خاک، جنگل‌ها، مراتع و اکوسیستم‌های طبیعی راهکاری منطبق با اصول توسعه پایدار و حفظ محیط زیست است که امروزه در مقیاس جهانی به آن توجه ویژه‌ای شده و نقطه امیدی است که به کاهش کربن اتمسفری و اصلاح وضع موجود کمک کند (۱۷). اراضی کره زمین به دلیل اعمال مدیریت ناصحیح در آنها مسوول یک سوم علل گرم شدن زمین و تغییر اقلیم می‌باشد. به همین دلیل ترسیب کربن، به‌عنوان ارزش افزوده جهت پروژه‌های اصلاح، احیاء و مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی در حوزه‌های آبخیز در نظر گرفته می‌شود (۱۲).

لال و همکاران (۱۳) بیان داشته‌اند که تصمیم‌های مدیریتی هم در عرصه و هم خارج از آن قابلیت کاربرد به منظور کاهش و سازگاری با تغییر اقلیم را دارا هستند چرا که تغییر اقلیم تهدیدی در راستای افزایش فرسایش و کاهش کیفیت خاک، کاهش تولید محصولات کشاورزی و در نتیجه تهدید امنیت غذایی و پایداری جهانی است. در کشور ما، عملیات اصلاحی و احیائی اجرا شده در عرصه‌های منابع طبیعی، با هدف حفاظت آب و خاک، کنترل سیل و اصلاح پروفیل طولی آبراهه‌ها با اجرا و مدیریت سازمان جنگل‌ها مراتع و آبخیزداری کشور، بسیار متنوع و قابل ملاحظه است. از جمله این عملیات می‌توان به بذرکاری و بذرپاشی، کپه‌کاری و قرق مراتع، پخش سیلاب، سامانه‌های استحصال آب باران و آب‌های سطحی و تراس‌بندی و بانکت‌بندی، سازه‌های مکانیکی اصلاحی که به منظور کنترل رواناب و رسوب و غیره احداث می‌شوند اشاره کرد. به نظر می‌رسد عملیات اصلاحی و احیائی ذکر شده در ترسیب منابع کربنی موثر هستند بنابراین، در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی، ارزش افزوده و توجیه اقتصادی بسیاری از این عملیات مدیریتی در حوزه‌های آبخیزقابل باز تعریف است. امروزه مناسب‌ترین گزینه‌های اقلیمی جهت ترسیب کربن، مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشند زیرا هر گونه افزایش میزان بیوماس گیاهان خشبی در این مناطق، به دلیل کاهش هزینه ترسیب گاز کربنیک، دارای مزیت فراوان است. این موضوع موجب شده که سازمان‌های بین‌المللی مانند FAO و UNDP این مناطق را برای اجرای برنامه‌های ترسیب کربن به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای توصیه نمایندین موضوع موجب شده که سازمان‌های بین‌المللی مانند FAO و UNDP این مناطق را برای اجرای برنامه‌های ترسیب کربن به منظور

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.22.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.47]

کاهش گازهای گلخانه‌ای انتخاب نمایند (۳). در کشور ما نیز در عرصه‌های جنگلی و مرتعی جهت حفاظت از منابع آب و خاک، طرح‌های بیولوژیکی، بیومکانیکی و مکانیکی (سازه‌ای) متنوعی به روش‌های سنتی و نوین و همچنین نوآوری‌های بومی اعمال گردیده است که اثرات بسیاری بر فرآیند ترسیب کربن داشته است که مطالعه آنها ضروری است.

فروزه و حشمتی (۸) به بررسی اثرات پروژه پخش سیلاب گربایگان فسا بر وضعیت تولید بیوماس و کربن آلی خاک پرداختند نتایج مطالعه آنان نشان داد که در منطقه پخش سیلاب مقادیر تولید بیوماس ۴ برابر بیش از شاهد بوده و درصد کربن آلی نیز به طور متوسط افزایشی معادل ۷۰ درصد را نسبت به شاهد نشان داده است. جنیدی جعفری (۱۱) نشان داد که عملیات پخش سیلاب در مقایسه با احداث فارو که اثر معنی‌دار و مثبتی در ترسیب کربن نشان داده بود، اثر مشهودی در این فرآیند نشان نداده است. نامبرده دلیل عدم تاثیر عملیات پخش سیلاب بر فرآیند ترسیب کربن را مربوط به نقایص فنی در اجرای این پروژه اعلام کرده است. ایشان همچنین نشان داده است که خاک، بیوماس و لاشبرگ به ترتیب ۸۷، ۱۲/۹ و ۱ درصد کربن ترسیب یافته را در خود جای داده اند.

ناصری و همکاران (۱۸) در مطالعه‌ای که به منظور بررسی اثرات پروژه‌های مکانیکی آبخیزداری از قبیل سدهای اصلاحی گابیونی، سدهای سنگی ملاتی و سدهای کوچک خاکی بر پدیده ترسیب کربن داشته اند اعلام کرده اند که بیشتر کربن ترسیب شده توسط این اقدامات در خاک (۹۹٪) صورت گرفته است و سدهای کوچک خاکی بالاترین کارکرد را داشته اند.

محمدی و همکاران (۱۵) در مطالعه خود به منظور بررسی اثرات پروژه‌های بیولوژیکی آبخیزداری بر ترسیب کربن در حوزه آبخیز گلستان فارس نشان دادند که بین میزان کربن ذخیره شده در عمق‌های مختلف خاک اختلاف معنادار وجود دارد و میزان ترسیب کربن در تمامی کاربری‌ها و گونه های مختلف در ۵۰ سانتی‌متر لایه سطحی خاک بیشتر از سایر قسمت‌های خاک بوده است.

مرادی شاهقریه و طهماسبی (۱۶) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی تاثیر قرق بر میزان ترسیب کربن و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتع نیمه‌استپی استان چهارمحال و بختیاری نشان داده اند که میزان زیتوده هوایی، کربن خاک و کل کربن ترسیب شده در اکوسیستم در مراتع نیمه‌استپی گندمی بصورت معنی‌داری بیشتر از مراتع نیمه استپی بوته زار می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد میانگین ترسیب کربن کل و خاک در هر دو منطقه مورد مطالعه در تیمار قرق تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار غیرقرق دارد.

ایتکنهید و همکاران (۲) در پژوهشی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به پیش‌بینی جریان روزانه کربن آلی محلول در رواناب خروجی در چندین حوزه آبخیز پرداختند. آنها ضمن نمونه‌برداری از جریان، برای تعیین داده ورودی خاک در هر زیر حوزه با اعمال ترانسکت‌هائی در طول زیر حوزه از خاک نمونه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که متغیرهای مربوط به خاک بیشترین تاثیر را در پیش‌بینی جریان خروجی کربن آلی فرسایش یافته داشته است.

فکجولگ (۷) و هان و همکاران (۹) اثر توپوگرافی و نوع پوشش را بر ذخیره کربن آلی در چین بررسی کردند. نتایج کار آنان نشان داد که جهت شیب بر ترسیب کربن در اکوسیستم موثر بوده این تاثیر بسته به عمق خاک متغییر است.

اثر عوامل اقلیمی بویژه دما بر ترسیب کربن توسط آردو و اولسون (۳) بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داده است که دما باعث کاهش ترسیب کربن از طریق افزایش سرعت تجزیه مواد آلی می‌شود. آنان با تحلیل‌هائی عنوان کردند که مناطق استپی و نیمه‌استپی و بطور کلی مناطق نیمه‌خشک و خشک، بهترین نقاط هدف جهت ترسیب کربن در سطح جهان می‌توانند باشند. از آنجا که که عوامل فیزیکی و محیطی خارج از کنترل بشر می‌باشند عوامل مدیریتی در حوزه‌های آبخیز تنها ابزار قابل کنترل توسط بشر هستند.

مطالعات مختلف نشان داده است که اثر عوامل مدیریتی در کنترل ترسیب کربن بسیار مهم می‌باشند هیل و همکاران (۱۰) و درنر و شومان (۵) بیان داشته‌اند که عوامل مدیریتی تنها ابزار قابل کنترل توسط بشر بوده و عوامل محیطی خارج از کنترل بشر می باشند. لیو و همکاران (۱۴) نشان داده‌اند که اثر عوامل مدیریتی در کنترل ترسیب کربن بسیار مهم‌تر می‌باشند. اندازه اثر عوامل مدیریتی و احیائی بر میزان ترسیب کربن در واحد زمان به خصوصیات رشدی گونه‌های گیاهی، شیوه مدیریت در هر کاربری، نوع عملیات احیایی، شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی کربن در خاک بستگی دارد.

این مطالعه به منظور تعیین ظرفیت و بضاعت پروژه های مدیریتی مرتع و آبخیزداری در حوزه آبخیز گاودره، در ترسیب کربن و کمی کردن اثرات آنها صورت گرفته است. این کار علاوه بر اینکه ظرفیت عملیات اصلاحی را در ترسیب کربن مشخص می‌نماید، ما را در انتخاب و معرفی پروژه‌های بهینه در مناطق مختلف اقلیمی کشور با رویکرد ترسیب کربن یاری می‌نماید. شناسائی نقاط ضعف و قوت پروژه‌های اصلاحی و احیائی آبخیزداری از دیگر اهداف این پژوهش می‌باشد.

مواد روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزۀ آبخیز گاودره از زیر حوزه‌های قشلاق سنندج بین عرض‌های ″۱۰ ′۲۹ °۳۵ و ″۱۸ ′۳۱ °۳۵ شمالی و طول‌های ″۳۸ ′۴۸ °۴۶ و ″۳۰ ′۵۰ °۴۶ شرقی، در شهرستان سنندج، استان کردستان و در غرب ایران قرار دارد. شکل (۱) موقعیت حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. انتخاب حوزه مورد مطالعه بر اساس فراوانی و تنوع اجرای پروژه‌های احیائی و اصلاحی صورت گرفت که با مشورت ارگان اجرایی و نیز بررسی‌های گسترده میدانی به منظور تعیین میزان موفقیت و استقرار این پروژه‌ها صورت گرفت. در بازدیدهای اولیه مشخصات فنی، فیزیکی و مدیریتی پروژه‌های اجرا شده برداشت گردید. اطلاعات یاد شده عمدتاً شامل شناسایی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.22.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.47]

موقعیت مکانی عملیات بیولوژیک و بیومکانیکی و سازه‌های اجرا شده در منطقه و عملکرد آنها بوده است.

جمع‌آوری داده‌های میدانی

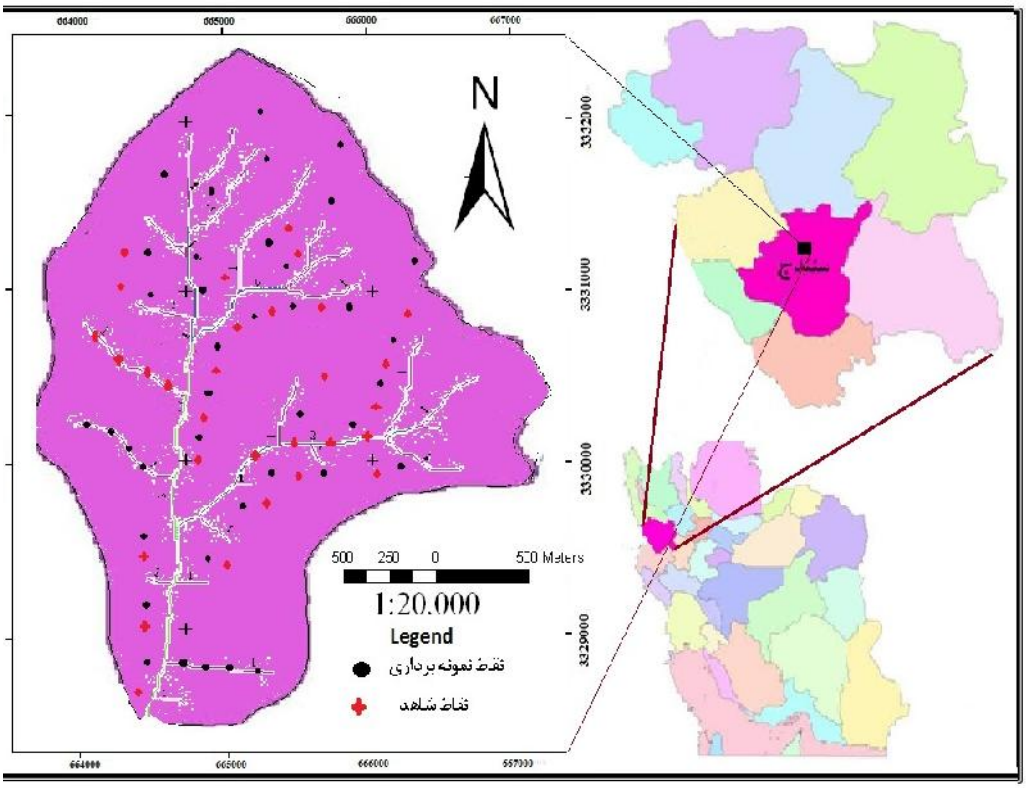
در این مرحله ضمن بررسی جزئیات عملیات انجام شده و انجام کنترل‌های صحرایی، برداشت‌های لازم جهت استفاده در مراحل مختلف مطالعه، از جمله شناسایی بافت خاک و تهیه نمونه خاک از مناطق تحت اجرای پروژه‌های اصلاحی و مناطق شاهد، وضعیت آبهای سطحی، نفوذپذیری و اطلاعات پوشش گیاهی شامل تیپ‌های پوششی، گونه‌های گیاهی، برداشت تاج پوشش، لاشبرگ و ریشه گونه‌های مختلف گیاهی مستقر شده در مناطقی که پروژه‌های مرتع و آبخیزداری اجرا شده‌اند صورت گرفت. عملیات اصلاحی و احیائی انجام شده در حوضه گاودره شامل موارد زیر می‌باشند:

الف) عملیات بیولوژیکی: که شامل بذرکاری و کپه‌کاری، بذر پاشی، حفاظت و قرق می‌باشد.

ب) عملیات بیومکانیکی: که شامل احداث بانکت‌های شیبدار و تراس‌بندی است که در سرتاسر حوزه پراکنش اجرایی دارند.

ج) عملیات مکانیکی: که شامل بانکت‌بندی، سازه‌های توری سنگی (گابیون) و سازه‌های سنگ و سیمانی (ملاتی) است و در بسیاری نقاط حوزه و در آبراهه‌ها احداث شده‌اند. این سازه‌ها بدون کاشت گونه‌های گیاهی بوده و پوشش گیاهی اراضی تحت پوشش آنها بصورت طبیعی رشد نموده‌اند. مهم‌ترین گونه‌های گیاهی این مناطق شامل *Lactuca spp, Festuca spp, Bromus spp, Astragalus spp* و *Bromus* می‌باشند.

تهیه نقشه واحدهای کاری با استفاده از نقشه اجرائی پروژه و نقشه‌های شیب و جهت صورت گرفت. نمونه‌برداری مستقیم خاک و بیوماس (تاج پوشش و ریشه) و لاشبرگ در سایت انتخاب شده و سایت شاهد به صورت سیستماتیک، تصادفی با استفاده از نقشه واحدهای کاری انجام شد. سایت‌های شاهد در مجاور محل‌های اجرای پروژه‌ها بوده و حتی المقدور دارای ویژگی‌های توپوگرافی و خاک نسبتا یکسان با آن می‌باشد. نمونه برداری از خاک و گیاه از نقاط شاهد نیز درست شبیه نقطه اصلی صورت گرفت. تعداد نقاط نمونه‌برداری (پروفیل و پلات) در این طرح برای پروژه‌های انتخابی و نقاط شاهد ۴۰ نقطه بود. نمونه‌برداری خاک با حفر پروفیل در نقاط هدف و شاهد صورت گرفت. تهیه نمونه از افق سطح زمین (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر) و خاک زیرسطحی تا عمق توسعه ریشه انجام شد. نمونه‌برداری خاک به دو روش دست‌خورده و دست‌نخورده (جهت محاسبه وزن مخصوص ظاهری (Bd) انجام شد. مقادیر وزن مخصوص ظاهری برای محاسبه ترسیب کربن خاکی ضروری است (۴،۱).



شکل ۱- منطقهٔ مورد مطالعه و موقعیت آن در استان و کشور

Figure 1. The study area and its location in the province and country

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.22.6]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.47]

برای تهیه نمونه‌های دست نخورده از ابزار Core sampler یا روش کلوخه خشک استفاده شد. نمونه‌برداری بیوماس و لاشبرگ در مجاورت پروفیل، در پلات‌های ۱×۱ متر انجام شد. مهم‌ترین گونه های گیاهی شامل در هرپلات، تراکم بوته، ترکیب گونه‌ای، درصد سطح تاج پوشش و لاشبرگ تعیین و زیتوده بالای سطح زمین شامل اندام هوایی گیاه برداشت گردید. همچنین زیتوده زیرزمینی کل گیاهان واقع در پلات با حفر خاک اطراف ریشه برداشت گردید (۴،۱).

مطالعات آزمایشگاهی

در این مرحله نمونه‌های گیاهی خشک و توزین شد. در ادامه بیوماس تاج پوشش و ریشه به روش میانگین وزنی محاسبه گردید. برای تعیین ضرایب تبدیل کربن در نمونه‌های بیوماس، نمونه‌های گیاه و لاشبرگ در آون خشک، توزین و آسیاب شدند. مقدار کمی از نمونه‌ها در کوره سوزانده شده و سپس ضریب تبدیل کربن برای هرنمونه محاسبه و در خاتمه کربن بیوماس و لاشبرگ در هکتار محاسبه گردید. در مرحله بعد کربن آلی خاک (SOC) با روش والکی بلاک تعیین و برای هر لایه و در هکتار با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

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

در این معادله d عمق، Bd وزن مخصوص ظاهری و Cs ذخیره کربن است.

سپس با میانگین‌گیری وزنی، ذخیره کربن خاک در کل پروفیل و در واحد سطح محاسبه شده و در نهایت برای کل عرصه هر سایت، میزان ذخیره کربن خاک یا کربن ترسیب یافته محاسبه شد (۴،۱).

تعیین مقادیر شاخص‌های ترسیب کربن (ذخیره کربن آلی خاک، ذخیره کربن بیوماس و لاشبرگ و کل کربن ترسیب یافته) در هر هکتار و برای کل عرصه مطالعاتی صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

محاسبه مقدار کربن ترسیب یافته با مقایسه شاخص‌های ترسیب در طرح‌های مطالعاتی و سایت‌های شاهد با مقایسه میانگین‌ها و با روش‌های آماری کلاسیک صورت گرفت. در نهایت مقایسه کمی طرح‌های مطالعه شده با یکدیگر از نظر شاخص‌های ترسیب کربن و اولویت‌بندی پروژه‌های اجرا شده و تعیین پروژه‌های برتر با روش آزمون میانگین و انحراف از معیار، آنالیز واریانس انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون آماری دانکن انجام شد.

بحث و نتایج

نتایج کربن پوشش گیاهی

نتایج حاصل از آنالیز واریانس میزان ذخیره کربن در زیتوده گیاهی شامل : پوشش هوایی، لاشبرگ و ریشه) نشان می‌دهد. که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین تیمارهای مورد آزمایش وجود دارد. به نحوی که کربن بیشتری در قسمت‌های مختلف پوشش گیاهی ناشی از سازه‌های مکانیکی آبخیزداری در مقایسه با شاهد آزمایش که بدون اجرای پروژه‌های آبخیزداری می باشد، ذخیره شده است. این میزان افزایش در مورد تیمار سوم یا بانکت بندی بدون کاشت درخت، به لحاظ آماری و در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار گردید. در مورد سایر تیمارهای آزمایشی کربن بیشتری در پیکره گیاهی ذخیره گردیده، اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). همچنین نتایج آزمون مقایسه میانگین تیمارهای مورد آزمایش نشان می‌دهد که حداقل اختلاف معنی‌دار بودن یا L.S.D برابر با ۴۹۸ کیلوگرم کربن ذخیره شده در هکتار بوده است.

L.S.D5% = 498 Kg/ha

بر این اساس طی گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی، تیمار بانکت‌بندی با میانگین ۲۴۱۰ کیلوگرم در هکتار در کلاسA و سایر تیمارها یعنی سدهای اصلاحی گابیونی و ملاتی با میانگین‌های به ترتیب ۲۲۹۷ و ۲۲۴۱ نسبت به شاهد با میانگین عملکرد ۱۸۱۲ کیلوگرم کربن ذخیره شده در هکتار دارای افزایش عملکرد بوده‌اند. اما از آنجاییکه این افزایش عملکرد به لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است لذا در کلاس مشترک AB قرار گرفته‌اند (شکل ۲).

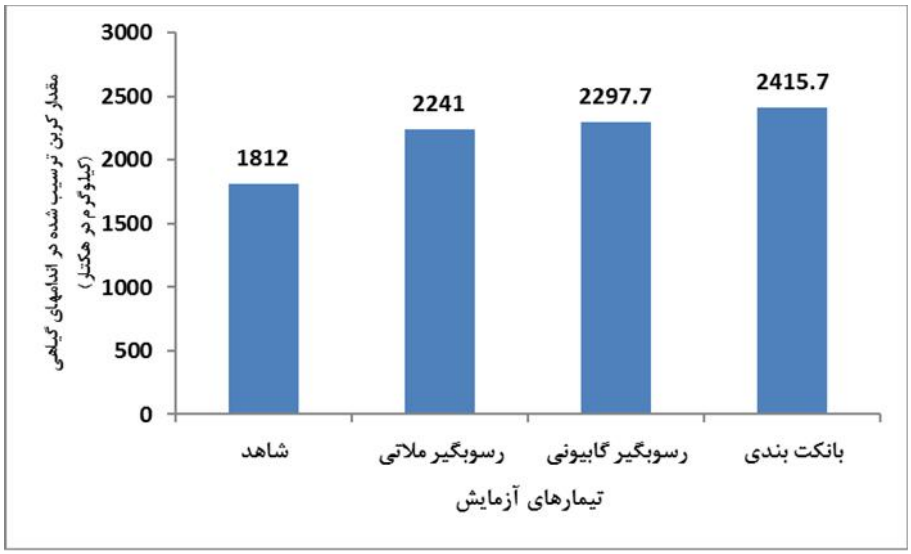
جدول ۱- تجزیه آماری ذخیره کربن در زیتوده گیاهی آزمایش عملیات مکانیکی

Table 1. Statistical analysis of carbon storage in plant biomass of mechanical practicing test

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	FC	سطح احتمال ۵ درصد (P)
کربن ذخیره شده گیاهی	۳	۶۲۴۱۷۶	۲۰۸۰۵۹	۲/۹۷	۰/۰۵

C.V.= 12.56

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.22.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.47]



شکل ۲- مقایسه میانگین ذخایر کربن گیاهی در تیمارهای آزمایشی
Figure 2. Comparison of average plant carbon reserves in experimental treatments

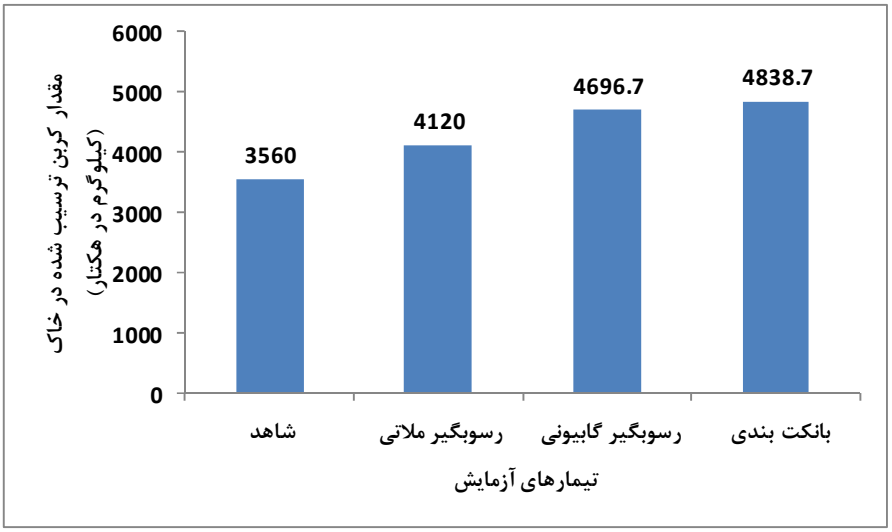
نتایج کربن خاک

نتایج تجزیه آماری میزان کربن آلی (OC) موجود در خاک تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری در میان تیمارهای آزمایشی مشاهده نمی‌گردد. به‌نحوی که کربن ترسیب یافته در خاک‌های مربوط به تیمارهای بانکت‌بندی، سد رسوب‌گیر ملاتی و سد رسوب‌گیر گابیونی نسبت به شاهد (بدون عملیات آبخیزداری) افزایش نشان می‌دهد (جدول ۲). ولیکن این افزایش به لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. اما کربن ترسیب یافته در خاک‌های مربوط به تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد (مرتعی که توسط دام چرا شده) افزایش نشان داده و به لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد (شکل ۳).

جدول ۲- تجزیه آماری ذخیره کربن در خاک آزمایش عملیات مکانیکی
Table 2. Statistical analysis of carbon storage in soil of mechanical practicing test

منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی F	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	FC	سطح احتمال ۵ درصد (P)
کربن ذخیره شده گیاهی	۳	۳۰۸۲۳۴۲	۱۰۲۷۴۴۷	۲/۱۸	۰/۱۶۷
L.S.D 0.05 = 1291 kg/ ha		C.V. = 15.94			

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.22.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.47]



شکل ۳- مقایسه میانگین ذخایر کربن خاک در تیمارهای آزمایشی
Figure 3. Comparison of soil carbon reserves in experimental treatments

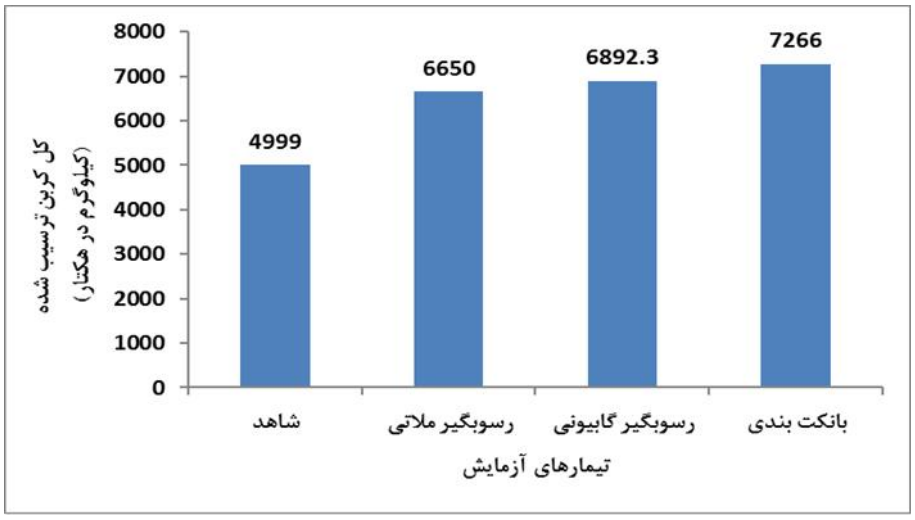
نتایج کل کربن ترسیب یافته

نتایج حاصله از تجزیه آماری کل کربن ترسیب یافته (مجموع کربن گیاهی و خاک) تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مابین تیمارهای مورد آزمایش وجود دارد (جدول ۳). یعنی سازه‌های مکانیکی (تیمارهای مورد آزمایش) نسبت به شاهد کربن بیشتری را ترسیب نموداند (شکل ۴).

جدول ۳- تجزیه آماری مجموع کربن ترسیب یافته در خاک در تیمارهای عملیات مکانیکی
Table 3. Statistical analysis of total carbon storage in soil of mechanical practicing

منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی F	مجموع مربعات(SS)	میانگین مربعات (MS)	FC	سطح احتمال ۵ درصد (P)
کربن ذخیره شده گیاهی	۳	۹۰۲۰۷۰۷	۳۰۰۶۹۰۲	۳/۳	۰/۰۱

C.V. = 10.12



شکل ۴- مقایسه میانگین کل کربن ترسیب یافته در تیمارهای آزمایشی
Figure 4. Comparison of average of total soil carbon reserves in experimental treatments

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.22.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.47]

پوشش گیاهی در این آزمایش ترکیبی از انواع علوفه‌ای چندساله، بوته‌ای چند ساله و دائمی مانند بومادران، کنگر، برروموس، فستوکا، استیپا، انواع گون‌ها و بوته‌های ناشی از کاشت بذر جاشیر می‌باشند. نتایج مربوط به کربن ذخیره شده در اندام‌های گونه‌های گیاهی مختلف نشان داد که میزان کربن ترسیب یافته با پوشش گیاهی رابطه مستقیم، مثبت و معنی‌داری دارد از آنجاییکه گونه‌های گیاهی بوته‌ای بیشتر در اراضی بانکت‌بندی شده مشاهده گردیده و این بوته‌ها دارای قابلیت ترسیب کربن به مراتب بیشتری می‌باشند. تیمار بانکت‌بندی در کلاس بالاتری از لحاظ ترسیب کربن نسبت به سایر تیمارها قرار می‌گیرد. این قضیه نشان‌دهنده رابطه خاص مابین ذخیره کربن پوشش گیاهی و تیمارهای آزمایش از یک سو و قابلیت متفاوت فرم‌های رویشی (علفی، بوته‌ای) و همچنین تاثیر گستردگی سطوح اندام‌های هوایی می‌باشد بطوریکه فرم‌های رویشی بوته‌ای با دارا بودن برگ‌های بیشتر و گستردگی تاج پوشش کربن بیشتری را در مقایسه با علفی‌ها جذب کرده‌اند که متناقض با نتیجه بدست آمده از مطالعه مرادی شاهقریه و طهماسبی (۱۶) است که بیان کرده‌اند میزان ترسیب کربن توسط گندمیان بالاتر از گونه‌های بوته‌ای است که احتمالاً بدلیل تراکم متفاوت و فراوانی در سطح دو تیپ مختلف بوده که چنین نتیجه‌ای رو اعلام کرده‌اند اما با مطالعه وانگ و همکاران (۲۰) و ژائو و همکاران (۲۱) که اهمیت بوته‌ای‌ها در ترسیب کربن را فراتر از گراس‌ها گزارش کرده‌اند هم‌خوانی دارد. از نظر عوامل خاکی تیمارهای آزمایشی، ترسیب کربن در خاک تیمارهای مورد عمل بویژه بانکت‌بندی افزایش قابل ملاحظه‌ای را به میزان ۱۲۷۸ کیلوگرم در هکتار نشان می‌دهد. این امر با توجه به حداقل اختلاف جهت معنی‌دار بودن آزمایش به لحاظ آماری (L.S.D = 1291.4 kg/ha) تیمار را در مرز معنی‌دار شدن قرار می‌دهد که با نتایج کار ناصری و همکاران (۱۸) که اثر پروژه‌های مکانیکی را بر ترسیب کربن در خاک مطالعه کردند مطابقت دارد. بنابراین می‌توان دریافت که میزان ترسیب کربن در خاک تیمارهای مورد آزمایش بر حسب شرایط وضعیت خاک، خاک تثبیت شده در بانکت‌بندی، خاک ناشی از رسوبات انتقال یافته در بندهای اصلاحی و نیز فرسایش خاک در تیمار شاهد متفاوت خواهد بود. کربن کل شامل مجموعه کربن ترسیب یافته در پوشش گیاهی و خاک در سطح احتمال (P<۰/۰۵) در تیمارهای آزمایشی بانکت‌بندی و سدهای گابیونی نسبت به شاهد افزایش نشان می‌دهند و بر همین اساس حداکثر میزان ترسیب کربن در تیمار بانکت‌بندی به میزان ۷۲۶۶ کیلوگرم بر هکتار مشاهده شده است. در مقایسه شرایط اقلیمی منطقه مطالعه (مناطق نیمه خشک) با مناطق مرطوب، علیرغم تولید پوشش گیاهی بیشتر در مناطق مرطوب، تجزیه مواد آلی خاک در مناطق نیمه خشک نسبتاً به کندی صورت گرفته و لذا کربن برای مدت طولانی‌تری ذخیره می‌گردد.

به طور تقریبی، بیش از ۴۵ درصد وسعت استان کردستان را پستی بلندی‌ها و اراضی پر شیب پوشش داده‌اند. تغییرات بوجود آمده در چند دهه اخیر در نتیجه تغییر کاربری و یا تغییر اقلیم در این مناطق کاملاً مشهود است و به شکل انواع فرسایش خود را نشان می دهد. در سال‌های گذشته هزینه زیادی صرف عملیات اصلاحی و یا کاهش و پیشگیری از فرسایش توسط نهادهای اجرایی شده است. هرچند که نسبت به وسعت حوزه‌های آبخیز منطقه این عملیات را می‌توان صرفاً ترویجی قلمداد کرد، اما آثار و نتایج بخش کوچکی از آن در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن نشان‌دهنده اثرات سودبخش این عملیات در ترسیب کربن بوده و لزوم اجرای گسترده‌تر این عملیات با جلب مشارکت ساکنین حوزه‌های آبخیز و بهره‌برداران منابع طبیعی امری بدیهی است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.22.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.47]

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 Research, 15(2): 269-282 (In Persian).
2. Aitkenhead, M.J., J.A. Aitkenhead Peterson, W.H. McDowell, R.P. Smart and M.S. Cresser. 2007. Modelling DOC export from watersheds in Scotland using neural networks, Computers and Geosciences, 33: 423-436.
3. Ardo, J. and L. Olsson. 2003. Assessment of soil organic carbon in semiarid Sudan using GIS and the CENTURY model, Journal of Arid Environment, 2: 83-99.
4. Bordbar, S. 2003. Studying carbon sequestration potential on Fars province forestry of Eucalyptus and Acacia. PhD Thesis in Forestry, Tehran Science and Research Branch of the Islamic Azad University, Tehran, Iran. 127 pp (In Persian).
5. 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.
6. Elyasi, A., K. Shahedi and Sh. Rastgar. 2017. Effective Factors on Stakeholders' Willingness to Participate at Watershed Management Projects in Hezarkhani Watershed. Journal of Watershed Management Research, 8(16): 259-270.
7. 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.
8. Forouzeh, M.R. and Gh. Heshmati. 2008. Investigation the effect of floodwater spreading on some of the characteristics of vegetation and soil surface parameters (Case study: Gareh Bygone plain). Pajouhesh and Sazandegi, 79: 11-20 (In Persian).
9. 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, 326-334.
10. 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 Modelling and Software, 18: 627-644.
11. Joneidi Jafari, H. 2011. Evaluation of the Effects of ecological and management parameters on carbon sequestration in habitat of *Artemisia sieberi* (Case Study: Semnan Province Rangelands). PhD Thesis in rangeland management, University of Tehran, Tehran, Iran. 131 pp (In Persian).
12. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123: 1-22.
13. Lal, R., P.M. Delgado, N. Groffman, N. Miller, C. Dell and A. Rotz. 2011. Management to mitigate and adapt to climate change. Journal of Soil and Water Conservation, 66(4): 276-285.
14. Liu, D., Z. Wang, B. Zhang, K. Song, X. Li, J. Li, F. Li and H. Duan. 2006. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, Northeast China. Agriculture, Ecosystems and Environment, 113: 73-81.
15. Mohammadi, T., M.T. Dastorani, H.R. Azimzadeh and G. Rahbar. 2013. Watershed management biologic practices effect on carbon sequestration. (Case study: Golestan watershed, Fars province). Ninth Proceeding Seminar of watershed sciences and engineering in Iran, Yazd University, Yazd. Iran.
16. Moradi Shahqarieh, M. and P. Tahmasebi. 2015. Investigation of enclosure period on carbon sequestration and soil physical and chemical properties on semi-arid rangelands of Chaharmahal and Bakhtiari Province. Natural Ecosystems of Iran, 4: 97-109.
17. Najmadini, N., S. Zahedi. 2015. Investigation the Impacts of watershed management mechanical operations on carbon sequestration in order to climate change mitigation, GavDarreh Watershed, Kurdistan, Iran. Final report, Soil conservation and watershed management research Institute, Tehran, Iran, 66 pp (In Persian).
18. Naseri, S., M. Jafari, H. Tavakoli and H. Arzani. 2014. Effects of mechanical erosion control practices on soil and vegetation carbon sequestration (Case Study: Catchment Basin of Kardeh Iran). Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES), 5(2): 122-135.
19. Saleh, I., A. Kavian, M. Habibnezhad Roshan and Z. Jafarian. 2017. Evaluating the Effects of height and Canopy of Vegetative Buffer Strips on Sediment Transport Reduction, Journal of Watershed Management Research, 8(16): 157-169.
20. Wang, S., H. Tian, J. Liu, D. Zhuang and W. Hu. 2002. Land-use change and its effect on carbon storage in Northeast China: An analysis based on Landsat TM data. Science in China (Series C), 45(7): 40-47.
21. Zhao, W., R. Zhang, H. Chuanqin, W. Baiqun, H. Cao, K. Luuk Koopal and T. Wenfeng. 2016. Effect of different vegetation cover on the vertical distribution of soil organic and inorganic carbon in the Zhifanggou Watershed on the loess plateau, Catena, 139: 191-198.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.22.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.47]

Investigation the Impacts of Mechanical Range and Watershed Management Operations on Carbon Sequestration in Gav-dareh Watershed, Kurdistan Province

Salahudin Zahedi

Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran,
(Corresponding author: zahedi51@gmail.com)
Received: Nov 13, 2017 Accepted: May 23, 2018

Abstract

The global warming due to increased greenhouse gas concentrations, especially carbon dioxide has led to severe climate change over the past decade. This has aggravated the destruction of natural resources, soil and water, especially in arid and semi-arid regions. One of the most important tools for adaptation or correction of the consequences of this crisis is the carbon sequestration using natural ecosystems through efficient management tools such as watershed management. This research was carried out in order to evaluation and quantitative of carbon sequestration by checkdams and banquette in Kurdistan representative site of Gav-dareh. Sampling was done at work units using a systematic random sampling method. And then transferred to the laboratory for analysis. The results of statistical analysis of the data indicate that the amount of carbon dioxide in vegetation cover in treatments has a significant difference at 5% level. Also, the results of total carbon sequestration, including vegetation and soil, indicate that the amount of carbon sequestration has increased due to watershed mechanical management. This increase in banquette and gabion checkdam is significantly higher than the control and in comparison with it, they are in the class of superiority. The mean of total carbon sequestration is 7266 kg/ha which 65 % of that is related to soil sequestration. It is generally concluded that watershed operation, especially banquette as a mechanical operation has high potential in sequestration, and soil is the most important reservoir in this kinds of operations.

Keywords: Carbon sequestration in soil, Carbon sequestration in vegetation cover, Climate changes, Watershed mechanical operations

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.22.6]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.47]