

دارای قابلیت بالایی در ترسیب کربن خاک بوده است.

واژه‌های کلیدی: احیای بیولوژیک، خاک، ترسیب کربن، حسین آباد

مقدمه

افزایش نگرانی‌ها در زمینه گرمایش جهانی و تغییر اقلیم موجب شده است که به خاک و قابلیت آن در ترسیب کربن در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای شود [۱۷]. هر ساله مقدار زیادی کربن (بیش از ۱۰۰ بیلیون تن) در مقیاس جهانی ترسیب می‌شود که ذخیره کربن آلی خاک یکی از ذخایر بزرگ کربن در سطح زمین است، به طوری که این مقدار حدود ۱۵۰۰ گیگا تن برآورد شده است [۱۹]. ترسیب کربن در زی توده گیاهی و خاک‌های که تحت این زی توده هستند ساده‌ترین و از نظر اقتصادی عملی‌ترین راه کار ممکن برای کاهش CO₂ اتمسفری است [۷ و ۲۳]. با توجه به این که ۷۵ درصد کربن اکوسیستم‌های خشکی در خاک ذخیره شده است، یک روش پیشنهادی برای کاهش میزان دی اکسید کربن و افزایش ذخیره جهانی کربن، ذخیره دوباره آن در خاک‌ها می‌باشد [۱۹]. ترسیب کربن از طریق ذخیره طولانی مدت دی اکسید کربن اتمسفر در ماده آلی خاک، تصاعد دی اکسید کربن به اتمسفر را جبران کرده و به حاصلخیزی خاک کمک می‌کند [۱۷]. پوشش گیاهی به عنوان بازیگر اصلی چرخه کربن بوده که این عملکرد به واسطه نقش در فتوسنتز، دینامیک جذب و رهاسازی فصلی و ارتباط طولانی مدت با فرایندهای مصرف میان زیست توده گیاه و کربن خاک است [۲ و ۱۸]. به واسطه نقش کلیدی کربن آلی خاک بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تهیه پیش ماده برای میکروارگانیسم‌ها، افزایش ظرفیت بافری و فراهمی عناصر غذایی و جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای، مطالعه تغییرات آن بسیار حائز اهمیت است [۱۱]. از شروع فعالیت‌های مرتع و آبخیزداری در کشور بشکل مدون و با طرح و برنامه بیش از ۴۰ سال گذشته است. اما تاکنون متأسفانه اثرات طرح‌ها و پروژه‌های آبخیزداری با توجه به اهداف آن مشخص نگردیده و هر زمان که بحثی از پروژه‌های مرتع و آبخیزداری به میان آمده به مقادیر و حجم کارهای انجام شده اکتفا گردیده و یا به شکلی کلی پاسخ داده شده است [۳]. بررسی‌ها نشان داده اعتبارات ملی و استانی تخصیص یافته به طرح‌های آبخیزداری در کشور از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۷۹ و اعتبارات مربوط به حفظ، اصلاح و احیای

بررسی تأثیر عملیات احیاء بیولوژیک بر ذخیره کربن آلی خاک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز حسین آباد - استان خراسان جنوبی)

زینب نجف پور^۱، شفق رستگار^{۲*}، زینب جعفریان^۳ و جمشید قربانی^۴

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۳

چکیده

اجرای عملیات احیای بیولوژیک نقش مؤثری در کنترل سیل، تغذیه آب‌های زیرزمینی، احیا و تقویت پوشش گیاهی و کنترل بیابانزایی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دارد. لذا تحقیق حاضر با هدف ارزیابی و تعیین کمی ترسیب کربن خاک در عملیات احیایی بذرکاری، بوته‌کاری، احداث هلالی آبگیر و نهال کاری در حوزه آبخیز حسین آباد اجراء گردید. برای نمونه برداری خاک در منطقه معرف هر فعالیت احیایی سه ترانسکت ۲۰۰ متری به فاصله ۳۰ متر از یکدیگر به شکل تصادفی - سیستماتیک مستقر گردید. در امتداد هر ترانسکت ده پلات به صورت تصادفی انداخته شد و در عمق ۳۰-۱۵ سانتی متری تاج پوشش گیاهان غالب نمونه برداری انجام شد. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که میزان ترسیب کربن بر اثر اجرای عملیات اصلاحی بطور معنی داری افزایش یافته است. میزان کل کربن ترسیب یافته در حوزه آبخیز حسین آباد با مساحت ۳۱۵۳ هکتار، ۶۳۸۳۴/۳ تن کربن آلی، معادل میانگین ۲۰/۲۴ تن در هکتار بوده است. میزان ذخیره کربن در تیمار بوته کاری دارای بیشترین میزان نسبت به شاهد بوده و بطور میانگین قادر به ترسیب ۲۳/۴ تن کربن در هکتار بوده است. عملیات بذرکاری و بذرپاشی با کمترین مقدار توانایی ترسیب کربن قادر به ترسیب ۱۷ تن کربن آلی در هکتار بوده است. بنابر نتایج حاصله، عملیات اصلاحی پوشش گیاهی بویژه بوته‌کاری در جهت حفاظت از حوزه آبخیز حسین آباد،

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- ۲- استادیار، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، نویسنده مسئول Email: rastgarshafagh@gmail.com
- ۳- دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- ۴- دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

مراجع کشور از سال ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۶ رقمی در حدود هفت هزار میلیارد ریال می‌باشد. با وجود هزینه‌های سنگین به نظر می‌رسد که نتایج قابل قبول و در حد انتظار نبوده است. جهت ارزیابی طرح‌ها اقدامات منسجم، دامنه‌دار و دارای استمرار زمانی لازم انجام پذیرفته است [۱۴]. عدم ارزیابی و بازنگری در فعالیت‌ها در دراز مدت منجر به انحراف از اقدامات اساسی مورد نیاز و در نتیجه اتلاف سرمایه‌ها و نیروها می‌گردد. پروژه‌های مرتع و آبخیزداری فعالیت‌های مختلفی را شامل می‌شود که هر یک بنحوی در کل حوضه تأثیرگذار هستند. ارزیابی دقیق و اصولی بایستی مجموعه فعالیت‌ها را در نظر بگیرد و نهایتاً تأثیر این مجموعه را در کل حوضه و متناسب با ویژگی‌های مختلف آن‌ها بررسی نماید [۲۲].

موضوع مهمی که باید در نظر داشت این است که اجرای عملیاتی مانند احیا و حفاظت از پوشش گیاهی جهت افزایش توان ترسیب کربن در سیستم خاک، مزایایی دیگری نیز دارد که از آن به خدمات اکوسیستمی یاد می‌شود [۲۴]. خدمات اکوسیستمی در چهار طبقه خدمات تنظیمی، حمایتی، تداکارتی و فرهنگی تقسیم بندی می‌شوند. خدمات حمایتی شامل کارکردهای اساسی اکوسیستم مانند تشکیل خاک می‌شوند، درحالی که خدمات تداکارتی منابع مهمی از غذا و فیبر هستند. خدمات تنظیمی به تنظیم فرآیندهای اکوسیستمی و به کنترل تغییر اقلیم از طریق ترسیب کربن کمک می‌کنند و خدمات فرهنگی شامل مسائلی مانند تفریح و آموزش می‌شوند [۱۷ و ۲۳]. از جمله خدمات اکوسیستمی ناشی از سیاست‌های ترسیب کربن می‌توان بهبود تنوع زیستی، جلوگیری از فرسایش خاک، کاهش مخاطرات آلودگی‌های ناشی از گرد و غبار، تقویت منابع آب زیرزمینی، افزایش ظرفیت نفوذ و نگهداری آب در خاک، کاهش وزن مخصوص ظاهری و بهبود شرایط فیزیکی خاک برای رشد گیاه و فعالیت ریز جانداران اشاره نمود [۸].

اثرات اجرای طرح‌ها محدود به اثرات مستقیم نیست بلکه اثرات غیر مستقیم و خدمات حاصل از اجرای طرح‌ها از نکاتی است که توجه به آنها می‌تواند مبنای قابل قبولی برای سرمایه‌گذاری در اکوسیستم‌های طبیعی، در اختیار قرار دهد [۱۲]. در مقیاس سیاستگذاری کلان در برنامه‌های ملی به دلیل محدودیت منابع و وجود رقابت در مصارف مختلف پیش روی برنامه‌ریزان، در اختیار داشتن مبنای اقتصادی قابل اعتماد از اثرات سرمایه‌گذاری در اکوسیستم‌ها می‌تواند به برنامه‌ریزان در تصمیم‌گیری بهتر کمک نماید. گرچه کارکردهای اقتصادی مراتع و حوزه‌های آبخیز در بخشی که مربوط به تولید محصولات قابل مبادله در بازار می‌باشد تا حد زیادی شناخته شده و تعیین مقدار آن سهل‌تر می‌نماید [۷]. مطالعات متعددی در زمینه تغییرات کربن آلی خاک طی عملیات احیایی مراتع و آبخیزها صورت گرفته است که نتایج متفاوتی ارائه شده است. از آنجا که توان ترسیب کربن خاک بر حسب گونه گیاهی، مکان و شیوه مدیریت متفاوت است، محققین مختلف با بررسی توان ترسیب کربن طی عملیات احیایی از قبیل قرق، مرتعکاری و

بذرکاری به بررسی توان ترسیب کربن پرداخته‌اند.

شومان و همکاران [۱۸]. با بررسی عملیات مدیریتی و اصلاحی مراتع مانند کوددهی چرا در آمریکا دریافته‌اند که این عملیات سبب افزایش ترسیب کربن خاک شده است. فروزه و همکاران [۷]، با بررسی تأثیر آبیاری سیلابی بر توان ترسیب کربن سه گونه بوته‌ای مرتعی گل آفتابی (*Helianthemum lippii*)، گل آفتابی (*Artemisia sieberi*) و درمنه دشتی (*Dendrostellera lessertii*) به این نتیجه رسیدند که با وجود پاسخ‌های متفاوت ترسیب کربن گونه‌های مورد مطالعه نسبت به آبیاری سیلابی، در مجموع ترسیب کربن گونه‌ها در منطقه آبیاری شده، حدود دو برابر ترسیب کربن گونه‌ها در منطقه شاهد بود. کلاه‌چی [۱۱] بیان کرد که اجرای صحیح پروژه‌های اصلاحی، باعث افزایش ترسیب کربن در خاک شده است. لاشینی‌زند [۱۲]، با تحقیق بر روی اثربخشی عملیات بیومکانیکی آبخیزداری در ترسیب کربن در منطقه آبخوان کوه‌دشت، به این نتیجه رسیدند که میزان ترسیب کربن در بیوماس، لاشبرگ و خاک تحت سیستم‌های مدیریتی کنترل شده، در مقایسه با سیستم مدیریت نشده یا مدیریت ناصحیح بطور معنی‌داری افزایش یافته است. نجم‌الدینی [۱۵]، در بررسی اثرات عملیات سازه‌ای مکانیکی آبخیزداری در ترسیب کربن بمنظور اصلاح تغییرات اقلیمی به این نتیجه رسید که میزان ترسیب کربن بر اثر اجرای عملیات مکانیکی آبخیزداری افزایش یافته است و بطور کلی عملیات اصلاحی سازه‌های مکانیکی بویژه بانک‌بندی بعنوان اقدامی در جهت حفاظت از اکوسیستم طبیعی، دارای قابلیت بالایی در ترسیب کربن بوده و خاک نیز مهمترین مخزن ترسیب کربن در این عملیات بشمار می‌آید. نصرتی و همکاران [۱۸]، در بررسی عملیات پخش سیلاب دشت ذهاب کرمانشاه بر ذخیره کربن آلی خاک به این نتیجه رسیده است که بدلیل شرایط نامناسب محیطی و مقادیر اندک کربن آلی رسوبات و یا خارج شدن کربن آلی بصورت کربن آلی محلول نتوانسته باعث افزایش میزان ذخیره کربن آلی عرصه پخش سیلاب شود. شاهروخ و همکاران [۱۶]، در بررسی اثربخشی عملیات کنتور فارو بر ترسیب کربن خاک و بیوماس مراتع خلیفان مهاباد بیان داشت، میزان ترسیب کربن در سایت اجرای عملیات کنتور فارو نسبت به سایت شاهد بالاتر بود. علت این امر را در تأثیر مثبت عملیات کنتور فارو بر کنترل رواناب سطحی، ذخیره‌سازی بارش در خاک و افزایش بیوماس گیاهی و در نتیجه بهبود شرایط منطقه و افزایش ترسیب کربن منطقه اجرای کنتور فارو دانست. درنر و همکاران [۴]، با مقایسه ترسیب کربن مناطق چرا شده و قرق در عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی متری به این نتیجه رسید که ترسیب کربن در عمق ۱۵-۰ سانتی متری در منطقه چرا شده بیشتر از منطقه قرق بوده ولی اختلاف معنی داری در عمق ۳۰-۱۵ سانتی متری مشاهده نشد. شومان و همکاران [۱۸]، با بررسی عملیات مدیریتی و اصلاحی مراتع مانند کوددهی و چرا در آمریکا، دریافته‌اند که این عملیات سبب افزایش ترسیب کربن خاک شده است. نتایج حاصل از مطالعات

ترسیب کربن خاک در مناطق مختلف، نتایج متفاوتی در پی داشت. اختلاف در نتایج انجام شده ناشی از تفاوت در اعمال شیوه‌های متفاوت مدیریتی بوده است.

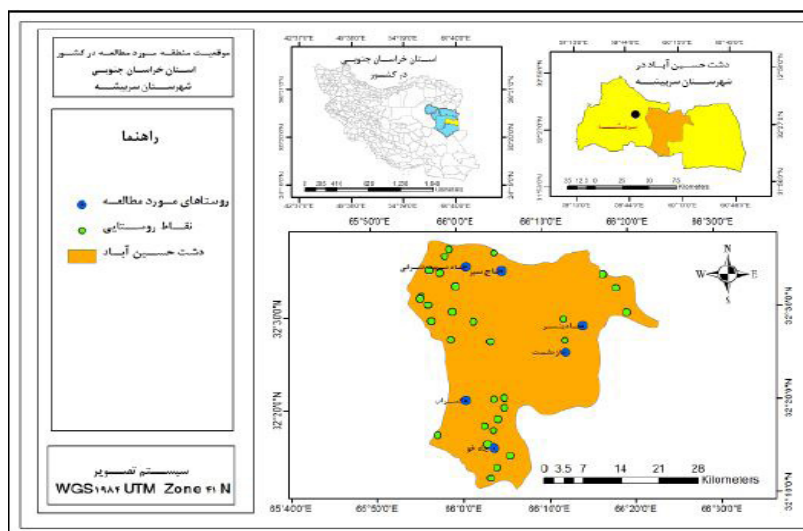
با توجه به روند تخریب مراتع مناطق خشک و نیمه خشک کشور در چند دهه گذشته، اگرچه در ایران اقدامات مفیدی در زمینه افزایش توان ترسیب کربن در عرصه‌های مراتع و حوزه‌های آبخیز انجام شده است، اما اطلاعات کمی در مورد مقدار و توزیع ذخایر کربن مخصوصاً توان افزایش ترسیب کربن بر اثر اقدامات مدیریتی، اصلاحی و احیایی وجود دارد. از این رو شناخت تأثیر عملیات احیاء بیولوژیک بر میزان کربن آلی خاک ضروری به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به ویژگی‌های حوزه‌های آبخیز ایران که با داشتن وسعت قابل ملاحظه، در ناحیه خشک و نیمه خشک واقع شده‌اند، دارای گونه‌های بوته‌ای پایا و مقاوم به تنش‌های محیطی می‌باشند. لذا لزوم بررسی آنها از نظر قابلیت میزان توسیب کربن در مکان‌ها و مدیریت‌های مختلف دو چندان می‌شود. پتانسیل ترسیب کربن بر حسب گونه گیاهی، مکان و شیوه مدیریت متفاوت است [1]. بنابراین با شناخت گونه‌هایی که دارای قابلیت بیشتری جهت ترسیب کربن بوده و همچنین بررسی عوامل مدیریتی و محیطی که بر فرآیند ترسیب کربن تأثیرگذار هستند، می‌توان اصلاح و احیاء اراضی از منظر شاخص ترسیب کربن را دنبال نمود. این امر می‌تواند ضمن تأمین حفاظت کمی و کیفی شرایط خاک، راهکاری مؤثر در جهت مقابله با بحران تغییر اقلیم و در نهایت دستیابی به توسعه پایدار تلقی گردد. به همین منظور پتانسیل ترسیب کربن عملیات احیایی بخشی از حوزه آبخیز حسین آباد شهرستان سریشه به عنوان الگویی از مناطق خشک کشور انتخاب شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه: شهرستان سریشه به مرکزیت شهر سریشه، در جنوب غربی استان خراسان جنوبی در ارتفاع ۱۸۲۰ متری از سطح دریا و

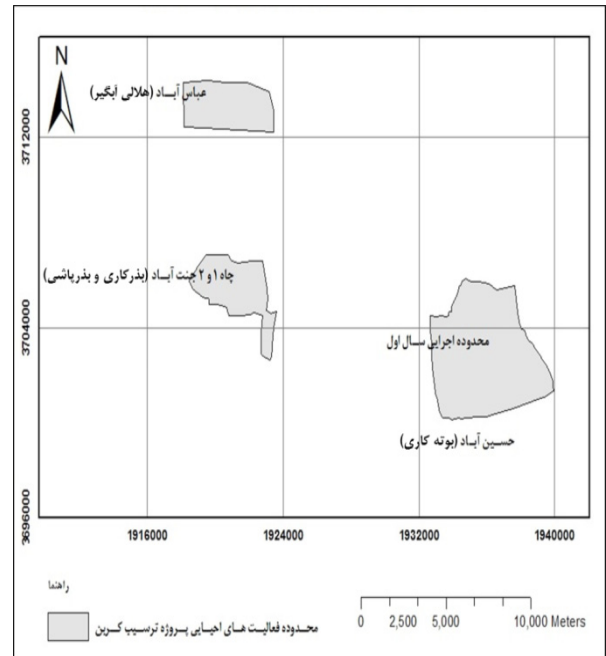
در ۶۶ کیلومتری بیرجند (مرکز استان) واقع شده است. این حوزه با مساحت ۱۴۴ هزار هکتار، در محدوده سیاسی شهرستان سریشه واقع گردیده است. میانگین بارندگی متوسط سالانه منطقه ۱۸۸ میلیمتر و متوسط درجه حرارت ۱۴/۵۰ درجه سانتی گراد است. میانگین ارتفاع حوضه ۱۸۳۰ متر است. شکل ۲، موقعیت منطقه مورد مطالعه را در کشور، استان خراسان جنوبی و شهرستان سریشه نشان می‌دهد.

روش تحقیق: در این تحقیق سه نوع فعالیت احیایی بوته کاری، احداث هلالی آبگیر و بذرکاری-بذرپاشی اجرا شده در منطقه انتخاب گردید. فعالیت‌های احیایی ذکر شده به ترتیب در منطقه حسین آباد با موقعیت جغرافیایی $29^{\circ} 07' 79^{\circ}$ تا $29^{\circ} 05' 08^{\circ}$ طول شرقی و $01^{\circ} 36'$ تا $04^{\circ} 36'$ عرض شمالی با مساحت ۱۴۷۲ هکتار، عباس آباد در $28^{\circ} 08' 78^{\circ}$ تا $28^{\circ} 07' 78^{\circ}$ طول شرقی و $09^{\circ} 36'$ تا $07^{\circ} 36'$ عرض شمالی با مساحت ۱۳۱۱ هکتار واقع شده‌اند. در کنار هر یک از مناطق احیایی نیز منطقه شاهد با مساحت مشابه با منطقه مشخص شد. شکل (۲) محدوده مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این حوزه با مساحت ۱۴۴ هزار هکتار، در محدوده سیاسی شهرستان سریشه واقع گردیده است. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۸۸ میلیمتر و متوسط درجه حرارت ۱۴/۵۰ درجه سانتیگراد است. ارتفاع میانگین حوضه ۱۸۳۰ متر می‌باشد. دارای اقلیم خشک و شکننده می‌باشد. این منطقه در معرض فرسایش شدید ناشی از بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است که همه ساله از اوایل اردیبهشت تا اوایل شهریورماه در آن جریان دارد و باعث خسارت‌های عمده‌ای به پوشش گیاهی طبیعی، مزارع و محصولات کشاورزی می‌شود. از طرف دیگر این منطقه به طور جدی دستخوش اثرات خشکسالی طولانی مدت است که اثرات اقتصادی و اجتماعی منفی شدیدی بر زندگی روستاهای منطقه به جا گذاشته است [۲۲]. در شکل ۲ موقعیت روستاهای محدوده پروژه نشان داده شده است. در این دشت حدود



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه در کشور، استان خراسان جنوبی و شهرستان سریشه

۳۱ آبادی با جمعیتی حدود ۳۲۹۰ نفر زندگی می‌کنند. شغل اصلی مردم محلی دامداری بوده و کشاورزی نیز به صورت محدود در منطقه انجام می‌گیرد [۱۷].



شکل ۲: محدوده‌های عملیات احیایی مورد مطالعه در منطقه حسین آباد

برای نمونه برداری خاک به منظور تعیین میزان کربن ذخیره شده در خاک، در منطقه معرف هر فعالیت احیایی اقدام به استقرار ترانسکت و پلات گردید. به این منظور در هر منطقه احیایی، سه ترانسکت ۲۰۰ متری به فاصله ۳۰ متر از یکدیگر به شکل تصادفی - سیستماتیک مستقر گردید، سپس تعداد پلات ۳ متر مربعی در طول هر ترانسکت مستقر شد. با توجه به اینکه برداشت و اندازه گیری تمام پایه‌های گیاهان موجود در تمام پلات‌ها، روشی مخرب، زمانبر و هزینه‌بر است پس از تعیین تراکم گونه‌ها، گونه‌های بوته‌ای غالب در منطقه مشخص شدند. مشخصات سایت پروژه ترسیب کربن و شاهد در جدول (۱) آمده است. سپس در داخل هر پلات، پروفیلی در زیر تاج پوشش گیاه غالب نمونه برداری شده حفر شد. با توجه به متوسط عمق نفوذ ریشه گیاهان غالب ذکر شده در عمق ۳۰-۱۵ سانتی متری نمونه برداری انجام شد [۱۲]. در مجموع از سه سایت،

۶۰ نمونه خاک برداشت گردید. ۲۰ نمونه از هر سایت نمونه گیری شد، ۱۰ نمونه در داخل منطقه احیایی و ۱۰ نمونه در خارج از آن در منطقه شاهد). تعیین درصد کربن آلی نمونه‌های خاک، به روش والکلی و بلاک انجام شد [۱۷]. با داشتن مقدار درصد کربن آلی در واحد وزن خاک و وزن مخصوص ظاهری در یک عمق مشخص از طریق رابطه زیر، کربن آلی در واحد سطح به دست می‌آید [۷].

جدول ۱: مشخصات سایت پروژه ترسیب کربن و شاهد

ردیف	مساحت (هکتار)	گونه گیاهی غالب	تراکم در هکتار
۲۰۹		Atriplex canescens	
۲۱۳		Haloxyton persicum	
۱۰۵۲۰	۱۴۷۲	Artemisia sieberi	بوته کاری
۲۶۸		Zygophyllum	سایت پروژه
		atriplicoides	
۱۵۵		Atriplex canescens	ترسیب کربن
۲۱۸	۱۳۱۱	Haloxyton persicum	هلالی آبگیر
۷۱۵۰		Artemisia sieberi	
۲۸۰		Haloxyton persicum	بذرکاری و
۶۰۳۰	۳۷۰	Artemisia sieberi	بذرپاشی
۱۶۵۳		Artemisia sieberi	
۲۰۸۱	۱۴۷۲	Alhagi camelorum	بوته کاری
۶۵۲		Artemisia sieberi	سایت شاهد
۹۵۶	۱۳۱۱	Alhagicamelorum	هلالی آبگیر
۷۰۹		Artemisia sieberi	بذرکاری و
۱۰۱۵	۳۷۰	Alhagicamelorum	بذرپاشی

$$SC = e * Bd * OC (\%)100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن SC مقدار کربن بر حسب تن در هکتار در عمق خاص، OC کربن آلی خاک به درصد، Bd وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب و e عمق خاک بر حسب متر است. در نهایت از تفاضل میزان کربن ترسیب یافته در هر نوع فعالیت احیایی از منطقه شاهد، میزان کربن ترسیب یافته برای هر نوع فعالیت احیایی و کل پروژه مشخص گردید. شکل (۳) نحوه نمونه برداری از خاک در پای نمونه‌های گیاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمونه برداری از خاک در پای نمونه‌های گیاهی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور مقایسه اثر نوع فعالیت‌های احیایی بر میزان کربن آلی خاک، ابتدا شاخص‌های مورد بررسی در هر نوع فعالیت احیایی با منطقه شاهد خود، توسط آزمون تی مستقل و در ادامه سه نوع فعالیت احیایی و سه سایت شاهد از طریق تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) مورد مقایسه قرار گرفتند. از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی همگنی داده‌ها استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها بین تیمارهای عملیات احیایی از طریق آزمون آماری دانکن انجام گرفت. کلیه آمار جمع‌آوری شده با نرم‌افزارهای SPSS₁₆ و Excel 2013 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

متوسط درصد پوشش گیاهی غالب در منطقه بوته کاری گونه‌های آتریپلکس (*Atriplex canescens*)، تاغ (*Haloxyton premium*)، درمنه (*Artemisia sieberi*) و قیچ (*Zygophyllum atriplicoides*) (۳۷/۱) بود. در مناطق هلالی آبگیر با گونه‌های غالب (آتریپلکس، تاغ، درمنه) و بذرکاری و بذریاشی (تاغ و درمنه) به ترتیب میانگین درصد پوشش گیاهی ۳۴/۵ و ۴۱/۱ درصد می‌باشد. اختلاف میانگین درصد پوشش تاجی در تیمار بوته کاری از تیمارهای دیگر بیشتر بود.

جدول ۱: مقایسه تاثیر اجرای طرح‌ها و مناطق شاهد بر درصد

پوشش گیاهی غالب در منطقه

سایت شاهد	سایت عملیات احیایی	تیمار
۷/۲	۳۷/۱	بوته کاری
۸/۹	۳۴/۵	هلالی آبگیر
۱۲/۶	۴۱/۱	بذرپاشی

نتایج تجزیه واریانس اثر سایت و فعالیت‌های احیایی بر درصد پوشش گیاهی نشان داد که بین دو سایت پروژه ترسیب کربن و سایت شاهد و همچنین بین فعالیت‌های احیایی، از نظر درصد پوشش گیاهی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس اثر سایت و فعالیت‌های احیایی بر میزان کربن آلی نشان داد که بین دو سایت پروژه ترسیب کربن و سایت شاهد و همچنین بین فعالیت‌های احیایی، از نظر کربن ترسیب یافته اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن نیز نشان داد که بیشترین مقدار درصد پوشش گیاهی در سایت پروژه ترسیب کربن تحت فعالیت احیایی بوته‌کاری و کمترین مقدار آن نیز در سایت شاهد فعالیت احیایی بذرکاری و بذریاشی است. نتایج حاصل از بررسی میزان کربن ترسیب یافته در خاک محدوده پروژه ترسیب

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع سایت و فعالیت‌های احیایی بر درصد پوشش گیاهی

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۶۶۸/۵۶ **	۶۶۶/۶۶	۱	سایت
۳۸/۸۶ **	۲۵۱/۲۵	۲	نوع فعالیت احیایی
۰/۰۴۷ ^{ns}	۳/۷۱۷	۲	اثر متقابل سایت و نوع فعالیت احیایی
	-	۵۹	کل
	۵۴/۸	۱۷۶	خطا

** معنی داری در سطح ۹۹ درصد و ns عدم معنی داری

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع سایت و فعالیت‌های احیایی بر میزان کربن آلی

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۶۶۸/۵۶ **	۳/۴۶	۱	سایت
۳۸/۸۷ **	۰/۱۹	۲	نوع فعالیت احیایی
۱۰/۰۷ **	۰/۰۵۲	۲	اثر متقابل سایت و نوع فعالیت احیایی
	-	۵۹	کل
	۰/۰۰۷	۵۶	خطا

** معنی داری در سطح ۹۹ درصد و ns عدم معنی داری

کربن و شاهد در جدول (۴) آمده است.

وزن کربن ترسیب یافته خاک از تفاضل وزن کل کربن ترسیب یافته در مناطق احیایی (۹۴۲۹۹/۴ تن) و مناطق شاهد (۳۰۴۶۵/۱ تن) معادل ۶۳۸۳۴/۳ تن بدست آمد. با در نظر گرفتن مساحت کل حوضه (۳۱۵۳ هکتار) این مقدار معادل ۲۰/۲۴ تن در هکتار ترسیب کربن می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

ترسیب کربن در مراتع و حوضه‌های آبخیز از طریق اجرای عملیات احیایی توسط گونه‌های بوته‌ای مقاوم، حفاظت از مراتع و اجرای چرای کنترل شده می‌تواند نقش مهمی در خصوص ترسیب کربن داشته باشد. به طور کلی، بهره‌برداری از منابع طبیعی در حد توان آن‌ها، از یک طرف موجب تامین نیازهای انسان و از سویی دیگر موجب حفظ نقش کارکردی این اکوسیستم‌ها به خصوص از حیث ترسیب کربن می‌شود [۱۴]. هر گاه خاک مراتع به دلایل مختلف نفوذپذیری خود را از دست داده و بطور طبیعی قادر به جذب و نگهداری آب حاصل از بارندگی‌ها نباشد، در کوتاه مدت با اجرای یکسری روش‌های مکانیکی ویژه متناسب با شرایط منطقه، امکان نفوذ آب باران در خاک فراهم می‌شود [۱۳]. یکی از روش‌های اصلی اصلاح و احیای پوشش گیاهی، انجام عملیات مکانیکی از قبیل بوته کاری، بذرکاری، هلالی آبیگر، پیتینگ، فاروئینگ و غیره به منظور نفوذ و ذخیره نزولات آسمانی در خاک است [۱۶].

نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که اجرای این سامانه در منطقه اجرای طرح توانسته است باعث افزایش قابل ملاحظه میزان درصد پوشش گیاهی در سایت‌های پروژه ترسیب کربن بویژه

در سایت فعالیت احیایی بوته کاری گردد. با توجه به آنکه فعالیت احیایی بوته‌کاری با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، همراه با مراقبت و آبیاری انجام می‌گیرد سبب افزایش درصد زنده‌مانی گیاه و به تبع آن افزایش تراکم گونه‌های کاشته شده در هکتار شده و در مجموع به افزایش درصد پوشش گیاهی و علوفه قابل دسترس منجر گردید. با توجه به جدول (۲) می‌توان گفت پس از بوته‌کاری، فعالیت احیایی بذرکاری و بذرپاشی از نظر مقدار ترسیب کربن مؤثر است. این نتیجه را می‌توان ناشی از بارندگی‌های خوب صورت گرفته در سال اول اجرای این پروژه دانست. بخصوص در رابطه با گونه تاغ (*Persicum Haloixylon*) که رسیدن رطوبت به بذر در ساعاتی پس از کاشت آن نقش خیلی مهمی در جوانه زنی و ظهور بذور کاشته شده دارد.

در واقع هدف از فعالیت‌های احیایی انجام شده در تحقیق حاضر، افزون بر کنترل رواناب سطحی، ذخیره‌سازی بارش در خاک و استفاده از رطوبت اضافی جمع آوری شده در داخل فاروها برای رشد گونه‌های مرغوب مرتعی است. چنانکه دلخوش و باقری [۲]، در تحقیقی به بررسی اثر پروژه مکانیکی هلالی آبیگر بر تولید، درصد تاج پوشش، ترکیب گیاهی و رطوبت خاک در طرح مرتعداری گوریک شهرستان زاهدان، مبادرت نمودند. محمودی مقدم و همکاران [۱۳]، بیان کردند که فعالیت‌های احیایی همچون هلالی آبیگرها از روش‌های مهم افزایش نفوذپذیری آب در خاک، اصلاح مراتع و افزایش تولید علوفه می‌باشد. کدخداپور و همکاران [۱۰]، نیز بیان نمودند عملیات اصلاحی همچون پنخ سیلاب یکی از مهم‌ترین اقدامات برای هدایت جریان‌های طغیانی رودخانه‌ها، افزایش نفوذ آب، اصلاح خاک و هم چنین جلوگیری از بروز

جدول ۴: میزان کربن ترسیب شده در خاک

سایت	نوع فعالیت احیایی	مقایسه میانگین با روش دانکن	میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتیمتر مکعب)	میانگین تراکم کربن آلی (درصد)	میانگین وزن کربن ترسیب شده خاک (تن در هکتار)	مساحت (هکتار)	وزن کل کربن ترسیب شده خاک (تن)
پروژه ترسیب کربن	بوته کاری	۰/۸۶۴±۰/۲۴۴ ^b	۱/۳۴	۰/۸۶۴	۳۴/۷۳	۱۴۷۲	۵۱۱۲۲/۲
	هلالی آبیگر	۰/۶۲۴±۰/۳۲۳ ^a	۱/۳۹	۰/۶۲۴	۲۶/۰۲	۱۳۱۱	۳۴۱۱۲/۲
	بذرکاری و بذرپاشی	۰/۵۹۲±۰/۲۸۷ ^a	۱/۳۸	۰/۵۹۲	۲۴/۵	۳۷۰	۹۰۶۵
	جمع						۹۴۲۹۹/۴
شاهد	بوته کاری	۰/۲۶۶±۰/۰۱۹ ^b	۰/۴۲	۰/۲۶۶	۱۱/۳۳	۱۴۷۲	۱۶۶۷۷/۷
	هلالی آبیگر	۰/۱۹۶±۰/۰۱۰ ^a	۱/۴۳	۰/۱۹۶	۸/۴	۱۳۱۱	۱۱۰۱۲/۴
	بذرکاری و بذرپاشی	۰/۱۷۷±۰/۰۱۲ ^a	۱/۴۳	۰/۱۷۷	۷/۵	۳۷۰	۲۷۷۵
	جمع						۳۰۴۶۵/۱

خسارات سیل در مناطق پایین دست می‌باشد.

2- Delkhosh, M., and R. Bagheri, 2012. Effect of mechanical projects of arc basin on production, canopy cover, plant composition and soil moisture in Zahedan, Collection abstracts of first National Conference of rainwater catchment systems of Iran, Mashhad. Iran. 13-14 December. P: 18.

3- Department of environment. www. Deo.ir

5- Derner J.D., Beriske D.D. and Bouttonm T.W. 1997. Does grazing mediate soil carbon and nitrogen accumulation beneath c4, perennial grasses along an environmental gradient? Plant and Soil, 191: 147-156.

6- Derner, J.D., and Schuman, G.E., 2007. Carbon sequestration in rangeland. A synthesis of land management and precipitation effects. Journal of soil and water conservation 62(2): 77- 85.

4- Fallahi, J., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M., Behdani, M.A., 2013. Validation of RothC Model for Evaluation of carbon sequestration in a restored ecosystem under two different climatic scenarios. Journal of Water and Soil. 27(3): 656-668.

8- Foruzeh, M., Heshmat, Gh., Ghadirian, Gh., Mesbah, S.H., 2008. Comparing the carbon sequestration potential of the three shrub species *Heliantemum lipii*, *Dendrostellera lessertii* and *Artemisia sieberi* in the arid rangeland of Iran. Journal of environmental studies of 46, 65-72 pp.

9- Guo, L. B. and Gifford, R.M. 2002. Soil Carbon stocks and land use change. Global Change Biology, 8:345-360.

10- Hill, M.J., Braaten, R. & Mekeon, G.M., 2003. A scenario calculator for effect of grazing land management on carbon stock in Australian rangelands. Environmental modelling and software 18, 627-644.

1- Kadkhodapur, M. A. Mirjalili, A B, Dashtkian, K. 2009. The study of the permeability status of Miankow aquifer field in natural and planted fields, Watershed research (84): 58-53.

12- Kolahchi, N., 2012. Carbon sequestration, in rangeland ecosystems. Journal of Sonboleh, Natural resources section, 210: 38-42.

13- Lashnizand, M., Sepahmansur, R., Taghavi Goudarzi, S. and Zolfaghari, P., 2013. Evaluation of the effectiveness of biomechanical practices of watershed

افزایش میزان پوشش گیاهی در سایت‌های احیای پوشش گیاهی با افزایش قابل ملاحظه میزان ترسیب کربن همراه بوده است. وزن کل کربن ترسیب یافته در سایت‌های ترسیب کربن (۳۰۴۶۵/۱ تن) بوده است. در واقع عملیات احیای پوشش گیاهی در سه سایت مطالعاتی قادر به ترسیب ۶۳۸۳۴/۳ تن کربن شده است. سویانگ و زو [۲۰]، هیل و همکاران [۹] و درنر و شومان [۵]، تانگ و همکاران [۲۱]، اظهار داشتند عوامل مدیریتی به عنوان ابزاری قابل کنترل در دست بشر، نقش مهمی در کنترل ترسیب کربن ایفا می‌کنند به طوری که مطالعات آنها نشان داده تحت سیستم‌های مدیریت کنترل شده بر مرتع، ترسیب کربن کل در بایومس، لاشبرگ و خاک در مقایسه با سیستم مدیریت کنترل نشده یا مدیریت ناصحیح به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. با استناد به نتایج، می‌توان گفت در مجموع سایت فعالیت احیایی بوته کاری از نظر میزان ترسیب کربن وضعیت بهتری نسبت به سایت منطقه شاهد دارد. علت این امر را می‌توان تأثیر مثبت عملیات بوته‌کاری بدلیل افزایش سطح پوشش گیاهی، کنترل رواناب سطحی، ذخیره‌سازی بارش در خاک و استفاده از رطوبت اضافی جمع‌آوری شده در فضای ایجاد شده جهت بوته کاری دانست. از دیدگاه اکولوژیکی، چون تولید نهال در همان منطقه اجرای پروژه انجام می‌گیرد بنابراین اقلیم، آب و خاک استفاده شده دقیقاً مشابه با عرصه انتقال نهال است که نقش مهمی در سازگاری، زنده ماندن و شادابی گیاه کاشت شده داشت. اما با توجه به آنکه در تحقیق حاضر خود مردم در تولید نهال مشارکت داشتند، این امر موجب افزایش انگیزه جامعه محلی برای مشارکت در انتقال و کاشت نهال‌ها در عرصه شده است. بطوریکه مشاهدات حاکی از این است که فاصله ردیف های کاشت در پروژه ترسیب کربن که عملیات بوته کاری به طور کامل در تمام مراحل برنامه‌ریزی، اجرا، نظارت و بهره برداری توسط خود مردم صورت گرفته است، کمتر بوده است که این امر منجر به افزایش بهره وری در درصد پوشش گیاهی و تولید علوفه شده است. لذا عوامل مدیریتی می‌تواند به عنوان ابزاری قابل کنترل در دست بشر، نقش مهمی در کنترل ترسیب کربن ایفا نمایند. به طوری که تحت سیستم‌های مدیریت کنترل شده در حوزه‌های آبخیز، ترسیب کربن کل در سطح پوشش گیاهی و خاک در مقایسه با سیستم مدیریت کنترل نشده یا مدیریت ناصحیح به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

منابع

1- Bahrami, B., Erfanzadeh, R. and Motamedi, C. 2013. Effect of slope and vegetation type on soil carbon sequestration in dry and semi-arid rangelands of northwest of Iran (case study: Rangelands of Khakghah Sorkh Urmia). Water and soil. 4 (27): 711-703.

- 19- Nosrati, K., Mohammadi, Z., Nazari Samani, A.A. 2014. The effect of Zahab plain floodwater spreading on soil organic carbon stock. *Environmental Erosion Research*. 2(14):12-22.
- 20- Schuman, G.E., H. Janzen & J.E. Herick, 2002. Soil carbon information and potential carbon equestration by Rangelands *Environmental Pollution*, 116: 391-396.
- 21- Su- Young, Z. & Zhao, H.L., 2003. Influences of grazing and exclosure on carbon sequestration in degraded sandy grasslands. Inner Mongolia, north china, *New Zealand journal of agricultural research* 46: 4, 321-328.
- 22- Tang, F.K. Cui, M. Lu, Q., Liu, Y.G. Guo, H.Y., and Zhou J.X. 2016. Effects of vegetation restoration on aggregate stability and distribution of aggregate-related organic carbon in a typical karst gorge region. *Solid earth*, 141-151.
- 23- Yari, A.R., Fakhr, F, 2011. Summary of the achievements of the international carbon sequestration project. 2006-2008. Shoara publication. 1st ed. 56 p.
- 24- Yeganeh, H., Azarnivand, H., Saleh, I., Arzani, H., Amirnejad, H, 2015. Estimation of economic value of the gas regulation function in rangeland ecosystems of Taham watershed basin. *Rangeland Science*. 9(2): 106-119.
- 25- Young, T.P., 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biol Conserv*. 92, 73-83.
- management on carbon sequestration for climate change mitigation, case study: Kouhdasht aquifer management and Romeshkan flood spreading. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 20(2): 397-406.
- 14- Mahmoudi Moghadam, G., Saghari, M., Rostampour, M., Chakoshi, B, 2015. The effects of constructing small arc basins system on rangeland production and some soil properties in arid lands (case study: Steppic rangelands of Sarbishe, South Khorasan Province). *Ranjeland Journal*. 9:1(66-75).
- 15- Ministry of Agriculture-Jahad. <http://agri-jahad.ir/>
- 16- Najmedini, N., 2013. Investigation of Watershed structural operations in carbon sequestration to improve climate change (Case study: Gavdare watershed in Kurdistan province). The 2nd National Conference on Climate Change and its Impact on the Environment. Urmia, Agricultural and Natural Resources Research center of west Azarbaijan province. 7p.
- 17- Shahrokh, S., Souri, M., Motamedi, J. and Eftekhari, A. R. 2017. Efficiency of Faro meter on soil carbon and soil biomass management in Khalefan rangelands of Mahabad. *Rangeland Research Institute of Iran*, 24 (1): 109-98.
- 18- Najafpour, Z. 2015. Investigating the Effect of Rangelands Vegetation Restoration Plans on Economic Cost of Soil Carbon Sequestration (Case study: Sarbishe Rangelands-South Khorasan Province). MSc thesis. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 120 p.



Abstract

Investigating the Effect of Biological Recovery Operations on Soil Organic Carbon Storage (Case Study: Hossein Abad Basin - South Khorasan Province)

Z. Najafpour¹, Sh. Rastgar ^{*2}, Z. Jafarian³ and J. Ghorbani⁴

Received: 2017/10/24 Accepted: 2018/02/12

The implementation of biological recovery operations has an effective role in flood control, nutrition of groundwater, regeneration and strengthening of vegetation and desertification control especially in arid and semi-arid regions. Hence, efficient management tools such as mechanical and regenerative operations can provide suitable conditions for organic carbon sequestration in natural ecosystems. Therefore, the present study was carried out with the aim of evaluating and quantitatively determining the carbon sequestration of soil in remediation operations of seed, cultivation, construction of crested forage and seedlings in Hussein Abad watershed. In order to soil sampling in the region of each rehabilitation activity, three transects of 200 meters were spaced 30 meters apart from each other in a random-systematic way. Of the 10 plots deployed along each transect, ten plots were randomly selected in each one, a profile was drilled under the canopy of the sample and digested at a depth of 30-15 cm. The results of statistical analysis of the data showed that carbon sequestration has increased significantly as a result of corrective action. The total amount of carbon sequestered in Hossein Abad watershed with an area of 3153 hectares, 63834.3 tons of organic carbon, is equal to the average of 20.24 tons per hectare. Also, the amount of carbon content of vegetation cover in planting treatment was the highest compared to control and was able to average 23.4 tone carbon per hectare. Seeding and seeding operations with the least amount of carbon sequestration ability were able to sequester 17 tons of organic carbon per hectare. In general, it can be said that the plant vegetative correction, especially planting, as an action to protect the natural ecosystem of Hussein Abad watershed, has high capability in soil carbon sequestration.

Keywords: Biological recovery, Soil, Carbon sequestration, Hossein abad.

-
1. Farmer Master Student, Department of Rangeland Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resource, Sari, Iran.
 2. Assistant Prof., Dept. of Rangeland Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Iran, Corresponding Author, Email: rastgarshafagh@gmail.com
 3. Associate prof., Dept. of Rangeland Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Iran .
 4. Associate professor., Dept. of Rangeland Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Iran.