



دوره ۳۲، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۲۲، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۴۱-۳۱
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmej.2018.122551.1129

پژوهش‌های آبخیزداری

ارزش زیست‌محیطی کربن ذخیره‌شده در خاک عرصه‌های مختلف پخش سیلاب دشت گربایگان فسا

محمدجواد روستا*

(نویسنده‌ی مسئول)* دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

کوکب عنایتی

کارشناس ارشد بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

سیدمسعود سلیمان‌پور

استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

سیدحمید مصباح

مری بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

*رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: mjrousta@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۶ تیر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: ۶ آذر ۱۳۹۷

چکیده

ذخیره کردن کربن در عرصه‌های طبیعی روشی سازگار با اصول توسعه‌ی پایدار و یکی از راه‌کارهای شناخته‌شده برای کاهش کربن جوی و اصلاح وضع موجود آب‌وهوایی است. برای مشخص شدن نقش آبخیزداری در کاهش میزان دی‌اکسیدکربن هوا و ذخیره‌ی آن به صورت کربن آلی، در هر نوار از شبکه‌های پخش سیلاب، در آبان سال ۱۳۹۶ سه نمونه خاک از ابتدا، وسط و انتهای هر نوار از عمق ۳۰-۰ سانتی متر تهیه شد. سه نمونه‌ی تصادفی شاهد نیز برداشته شد و میزان کربن آلی نمونه‌ها (۳۶ نمونه) اندازه‌گیری و میزان ترسیب کربن محاسبه شد. داده‌های به‌دست آمده با طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن در تراز ۵٪ مقایسه شد. نتایج تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که پخش سیلاب در کاربری‌های مختلف بر درصد کربن آلی و میزان ترسیب کربن در خاک در تراز ۱٪ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها در کاربری جنگل متراکم اوکالیپتوس همراه با پخش سیلاب در مقایسه با شاهد، نشان داد که بیش‌ترین مقدار کربن ۴۴/۲ تن در هکتار، یعنی معادل ۱۶۲/۲ تن گاز دی‌اکسیدکربن هوا در خاک ترسیب شده است، در صورتی که در کاربری شاهد (مرتع بی پخش سیلاب)، مقدار ترسیب کربن ۶/۰۷ تن در هکتار کربن تعیین شد. با توجه به گذشت ۳۵ سال از اجرای برنامه‌ی پخش سیلاب در این عرصه‌ها، هر هکتار از عرصه‌ی جنگل متراکم اوکالیپتوس به‌طور متوسط سالانه ۴/۶ تن گاز دی‌اکسیدکربن را به صورت ماده‌ی آلی در خاک ترسیب کرده و نقش مهمی در کاهش آلودگی هوا ایفا نموده است. ارزش اقتصادی زیست‌محیطی کل کربن ترسیب‌شده در خاک عرصه‌های جنگل متراکم اوکالیپتوس ۱/۳۶ میلیارد ریال در هکتار با میانگین ۳۸/۸۵ میلیون ریال در هکتار در سال است.

واژگان کلیدی: ایستگاه کوثر، پخش سیلاب، ترسیب کربن، فارس

مقدمه

ترسیب (ذخیره) کربن نقش مهمی را در چرخه‌ی جهانی کربن ایفا می‌کند. تعاریف متفاوتی از ترسیب کربن داده شده است، که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- ترسیب کربن ناشی از تعادلی است که بین مراحل مختلف چرخه‌ی کربن، از جمله سوخت‌وساز نوری، رشد گیاه، تراکم و انباشت کربن در خاک‌ها، و انتشار کربن ناشی از تنفس اندام‌های زنده، مرگ‌ومیر درختان، تجزیه‌ی میکروبی لاش‌برگ، اکسایش کربن خاک و تخریب زمین صورت می‌گیرد (آتکین و دیال ۱۹۹۹).

- ترسیب کربن در خاک عبارت‌است از افزایش تراکم یا ذخیره‌ی موادآلی در خاک و در مرحله‌ی بعد در کربنات‌های خاک (لال و همکاران ۲۰۰۳).

- ترسیب کربن عبارت‌است از تغییر دی‌اکسیدکربن به شکل ترکیبات آلی کربن‌دار به‌وسیله‌ی گیاهان و ذخیره‌ی آن در زمان معین (لال ۲۰۰۴).

- ترسیب کربن به‌مانند فرآیندی عمل می‌کند که طی آن دی‌اکسیدکربن از جو (هوا) گرفته، در بافت‌های گیاهی به‌صورت هیدرات‌های کربن ذخیره، و سپس بخشی از آن به‌صورت کربن لاش‌برگ و کربن آلی ذخیره می‌شود (عبدی ۲۰۰۶).

در مقیاس جهانی، هر ساله مقدار زیادی (بیش از ۱۰۰ میلیارد تن) کربن ترسیب می‌شود. هم‌زمان، کربن از طریق تنفس گیاهی، سوزاندن چوب، مصرف غذایی زیست‌توده و تجزیه‌ی طبیعی به جو انتشار می‌یابد. میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در سال ۲۰۱۲ در تراز جهانی، ۳۲ میلیارد تن بود، و غلظت آن در ماه می ۲۰۱۳، ۴۰۰ قسمت در میلیون گزارش شد (ریورز ۲۰۱۴). تفاوت عددی میان ترسیب و انتشار کربن می‌تواند برای اندازه‌گیری سهم نسبی زیست توده در چرخه‌ی کربن به‌کار رود (کرخوفس و رید ۲۰۰۷). بررسی‌های مختلفی در زمینه‌ی ارزیابی اثر گسترش سیلاب بر پوشش گیاهان طبیعی و دست‌کاشت (که بیش‌ترین نقش را در جذب دی‌اکسیدکربن هوا دارند) انجام شده است.

مصباح (۲۰۰۳) تغییرات پوشش گیاهی شبکه‌های بیشه‌زرد ۱ و ۴، و عرصه‌ی شاهد ایستگاه کوثر را در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۷ با استفاده از قطعه‌های یک مترمربعی به روش نمونه‌برداری تصادفی-منظم، و با کاربرد روش قطع و توزین برای محاسبه‌ی میزان تولید ماده‌ی خشک و روش شش‌عاملی برای تعیین وضعیت مرتع و روش ترازو برای تعیین گرایش، ارزیابی کرد. براین اساس، صرف‌نظر از رشد موفقیت‌آمیز گونه‌های بوته‌ای، درختی و درختچه‌ای کاشته شده در رسوب‌گیرهای شبکه‌های تغذیه‌ی مصنوعی آبخوان‌ها، فزونی

تولید علوفه (به‌طور متوسط حدود ۶ برابر)، بهبود وضعیت و گرایش مراتع، افزایش درصد پوشش (حدود ۲ برابر) و تغییر ترکیب گونه‌ها نسبت به عرصه‌ی شاهد مشاهده شده است. لال (۲۰۰۸) افزایش فرسایش خاک را یکی از دلایل افزایش غلظت کربن جو می‌داند. به‌دنبال فرسایش، تخریب خاک‌دانه‌ها و کاهش ماده‌ی آلی خاک وجود خواهد داشت. رشد گیاهان در خاک‌های ضعیف محدود خواهد شد و به‌دنبال آن غلظت گازهای آلاینده‌ی جو، به‌دلیل جذب و ترسیب کمتر، افزایش خواهد یافت. ایشان به‌دلیل منافی که ترسیب کربن در بهبود امنیت غذایی، بهبود محیط زیست و کاهش گرمایش جهانی دارد، ترسیب کربن را راهکار برنده برنده می‌داند. اسکات (۲۰۰۰) با پیشنهاد مدلی برای رابطه‌ی نوع پوشش گیاهی و ذخیره‌ی کربن خاک در نیوزیلند، نشان داد که میزان ذخیره‌ی کربن در خاک با تبدیل شدن پوشش‌های مرتعی بومی به بوته کاری و جنگل کاری با گونه‌های غیربومی کاهش می‌یابد. تغییر در مقدار ترسیب کربن خاک، بستگی به‌میزان ورودی کربن به خاک از طریق بقایای گیاهی و تجزیه و پوسیده شدن اجزای گیاهی دارد. برای افزایش کربن خاک، باید فعالیت‌های مدیریتی مانند افزایش میزان کربن واردشده به خاک از طریق اضافه‌شدن لاش‌برگ و بقایای گیاهی و نیز کاهش میزان تجزیه‌ی کربن خاک انجام شود. بروس و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که سرعت تجزیه‌ی موادآلی خاک از وضعیت خاک (رطوبت، دما و دسترسی به اکسیژن)، ترسیب مواد آلی، قرار گرفتن مواد آلی در خاک‌رخ و میزان حفاظت فیزیکی خاک‌دانه‌ها اثر می‌گیرد. در برخی مکان‌ها، بر اثر عوامل مؤثر بر ترسیب یا تجزیه‌ی کربن، میزان ترسیب کربن از میزان تجزیه‌ی آن بیش‌تر، و در برخی جاهای دیگر نیز عکس آن است.

وومر و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی میزان کربن ذخیره‌شده در خاک و گیاه در سنگال، به این نتیجه رسیدند که در حدود ۶۰٪ از کربن آلی خاک در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری خاک ذخیره شده است. آردو و اولسون (۲۰۰۳)، در ارزیابی موجودی کربن آلی خاک در منطقه‌ی نیمه خشک سودان با استفاده از نرم افزار GIS و مدل CENTURY نشان دادند که بین مقادیر کربن آلی خاک و تولیدات گیاهی همبستگی وجود دارد. علاوه‌براین، نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که کربن آلی خاک با افزایش میزان رس افزایش می‌یابد. تبدیل زمین‌های طبیعی به کشاورزی عموماً منجر به کاهش ماده‌ی آلی خاک می‌شود. تولید لاش‌برگ و بقایای گیاهی به‌وسیله‌ی درختان منجر به افزایش محتوای پلی‌فنل (لیگنین و تانن)، و کاهش سرعت تجزیه می‌شود. گارتن و چارلز (۲۰۰۲) میزان ذخیره‌ی کربن منطقه‌ی

خاک از نظر مجموع تأثیرهای مستقیم و نامستقیم تأثیر بیش تری از ویژگی‌های شیمیایی بر میزان کربن آلی خاک دارند. اسکیدمور و همکاران (۱۹۸۶) نشان دادند که افزایش استواری و محکمی خاک همانند افزایش جرم مخصوص ظاهری، عموماً با کاهش میزان رطوبت خاک از طریق کاهش تخلخل می‌تواند در نهایت سبب کاهش کربن آلی گردد. کلاهیچی (۲۰۰۵) با بررسی ترسیب کربن در گیاهان بوته‌ای غالب و خاک مراتع قرق‌شده در حیدره‌ی همدان، نتیجه گرفت که کربن آلی خاک با جرم‌مخصوص ظاهری خاک، رطوبت ثقلی، میزان تولید گیاهی، درصد پوشش گیاهی و درصد لاش‌برگ همبستگی دارد. سینگ و همکاران (۲۰۰۳) نیز معتقد اند مقدار مواد آلی خاک و به‌دنبال آن، مقدار کربن ترسیب شده در خاک، در واحد سطح به عامل‌هایی مانند جرم‌مخصوص ظاهری خاک بستگی دارد، به‌طوری‌که افزایش جرم‌مخصوص ظاهری سبب کاهش توان و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک می‌شود (شیدای کرکچ و همکاران ۲۰۱۷).

نتایج پژوهش مهدوی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که در عرصه‌ی پخش سیلاب، میانگین درصد کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و درصد رطوبت اشباع خاک و میزان لای افزایش، و توان هدایت الکتریکی، جرم مخصوص ظاهری و میزان رس کاهش یافت. واعظی و حسین‌شاهی (۲۰۱۳) با بررسی تغییرپذیری ویژگی‌های خاک بر اثر پخش سیلاب، گزارش کردند که مقدار لای، رس، جرم مخصوص ظاهری، توان هدایت الکتریکی، پتاسیم و کربنات در اثر پخش سیلاب افزایش، و مقدار شن، تخلخل، نفوذپذیری، آب دسترس‌پذیر، pH، ماده‌ی آلی، آهک، و نیتروژن کاهش پیدا کرد.

نتایج بررسی‌های مادیرا و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که میزان کربن موجود در خاک توده‌ی اوکالیپتوس گلوبولوس با آبیاری و کوددهی، پس از گذشت ۶ سال از ۰/۲۱ در شاهد به ۱/۲۱ کیلوگرم در متر مربع (حدود ۶ برابر) افزایش یافت. آن‌ها چنین نتیجه‌گیری کرده‌اند که رطوبت مهم‌ترین عامل محدودکننده‌ی تولید زی توده گیاهی است.

عبدی (۲۰۰۵) با بررسی نقش و توان گون‌زارها در ترسیب کربن و عوامل مؤثر بر آن در سه منطقه‌ی مرتعی مختلف نشان داد که در تمامی این مناطق، حدود ۹۰٪ از ترسیب کربن کل را کربن آلی خاک تشکیل می‌دهد، و ذخیره‌ی کربن در زی توده‌ی اندام‌هوایی بیش از ریشه‌ها است. ترسیب کربن با ارتفاع و حجم بوته‌های گون، وزن خشک اندام‌هوایی، وزن خشک ریشه، زی توده‌ی کل، مقدار لاش‌برگ و کربن آلی خاک رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری دارد. کرمی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی گیاه درمنه در منطقه‌ی

جنگل کاری شده‌ی کاج برکه‌ای و منطقه‌ی شاهد مجاور (بی جنگل کاری) را در جنوب شرقی ایالت متحده‌ی آمریکا اندازه‌گیری کردند. تجمع کربن در عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری در طول دهه‌ی اول جنگل کاری ۴۰ تا ۱۷۰ گرم بر سانتی‌مترمربع در سال بود. کربن آلی خاک در هر توده با ماده‌ی آلی و درصد لای (سیلیت) و رس همبستگی داشت. خاک‌هایی که مقدار شن بیش‌تر و ذخیره‌ی کربن اولیه‌ی کم‌تر داشت، کربن آلی بیش‌تری را جذب نمود.

بردبار و مرتضوی (۲۰۰۶) در بررسی توان ذخیره‌ی کربن در جنگل کاری‌های اوکالیپتوس و آکاسیای استان فارس دریافتند که گونه‌های *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh و *Acacia cyanophylla* Lindl به خوبی می‌توانند در مناطق خشک با پخش سیلاب مستقر شوند و نقش مؤثری در ذخیره‌ی کربن داشته باشند. هر چند برای این درختان، هیچ گونه عملیات پرورش‌ی و تنظیم فاصله برای کاهش رقابت در شرایط بارندگی کم‌تر از نصف رویشگاه اصلی خود انجام نشده است، میزان زیادی از کربن هوا را در خود ذخیره کرده است. عبدی و همکاران (۲۰۰۸) در برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گون‌زارهای استان مرکزی به این نتیجه رسیدند که در زیست بوم‌های مرتعی، و به‌ویژه گون‌زارها، خاک مهم‌ترین مخزن کربن آلی است. نتایج توزیع کربن زی توده‌ی کل نشان داد که ذخیره‌ی کربن در زی توده‌ی اندام‌های هوایی، بیش از ریشه‌ها بود. مصباح (۲۰۱۲) میانگین میزان ترسیب کربن خاک را در پارک ملی بومو ۳۸/۲۵ تن در هکتار گزارش کرد. نتایج پژوهش رجیبی‌نوقاب (۲۰۱۱) نشان داد که مقدار کربن ترسیب شده در خاک زیر پوشش درختچه‌های بادام‌کوهی و مو به ترتیب ۳۵۴۱ و ۲۷۱۴ کیلوگرم در هکتار است.

مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب که در معرض بیابان‌زایی نیز قرار دارند، توان زیادی در ترسیب کربن دارند. می‌توان ارتباط بین بیابان‌زدایی و ترسیب کربن را آشکارا درک کرد (ورامش ۲۰۰۹).

نتایج بررسی ارتباط ویژگی‌های خاک با میزان کربن آلی خاک در دو نوع خاک رسی و خاک شنی به‌وسیله‌ی براهیم و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که میزان کربن آلی ذخیره‌ی خاک با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مانند جرم‌مخصوص ظاهری، میزان شن، لای، رس و pH همبستگی دارد و تفاوت در نوع خاک می‌تواند تفاوت میزان و نحوه‌ی این ویژگی‌ها را توجیه کند. علاوه‌براین، کربن آلی خاک تأثیر معنی‌دار و مهمی بر نفوذ آب و پایداری خاک‌دانه‌ها دارد (چینی و خمیری ۲۰۰۹). شیدای کرکچ و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی ارتباط میزان کربن آلی خاک با برخی ویژگی‌های خاک در مراتع استان آذربایجان شرقی، نتیجه گرفتند که ویژگی‌های فیزیکی

قشلاق دایرلر اشتهدار، بیش‌ترین میزان زی توده و ترسیب کربن را به اندام‌های هوایی و کم‌ترین را به اندام‌های زیرزمینی نسبت دادند. آن‌ها برآورد کردند که در خاک رویشگاه درمنه ۹/۷۵ تن کربن در هکتار ترسیب می‌شود.

نتایج پژوهش بردبار (۲۰۱۲) نشان داد که میزان کربن ترسیب شده در هر هکتار از جنگل بلوط در منطقه‌ی کامفیروز فارس ۲۷/۸ تن بود که ۱۶ تن آن در خاک و ۱۱/۸ تن در اندام‌های مختلف درختان بلوط بود، که معادل ۱۰۲/۰۹ تن (۵۸/۹۵ تن در خاک و ۴۳/۱۴ تن در اندام‌های مختلف) دی‌اکسیدکربن جذب شده به‌وسیله‌ی گونه‌ی بلوط در هکتار است. برآورد ارزش اقتصادی ترسیب کربن در این توده نشان داد که ارزش ترسیب کربن در هر هکتار از جنگل بلوط، ۶۱۹۳/۹۴ دلار بود که ارزش سالانه‌ی آن ۱۵۴/۸۴ دلار است. پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی ترسیب کربن به‌وسیله‌ی گونه‌های مختلف گیاهی و خاک، نشان داده است که ترسیب عمده‌ی کربن جوی در خاک حدود ۸۵٪ و در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه حدود ۱۵٪ است (عبدی و همکاران ۲۰۰۸؛ آذرنیوند و همکاران ۲۰۱۱). با شناخت زیست‌بوم‌ها و گونه‌هایی که توان بیش‌تری برای ترسیب کربن دارند، و بررسی عوامل مدیریتی و کاربری اراضی که بر فرآیند ترسیب کربن تأثیر می‌گذارند، می‌توان اصلاح و احیای اراضی خشک و نیمه‌خشک را از منظر ترسیب کربن دنبال کرد. این کار می‌تواند ضمن کمک به مدیریت حفاظت کمی و کیفی خاک، راه‌کاری مؤثر برای مواجهه با آلودگی هوا و بحران تغییر اقلیم باشد، و در نهایت، زمینه‌ی توسعه‌ی پایدار را فراهم آورد.

یکی از راه‌کارهای کم‌کردن میزان تجمع دی‌اکسیدکربن هوا کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، و راه‌کار دوم ترسیب کربن در زیست‌بوم‌های گیاهی است. ترسیب کربن در زی توده‌ی گیاهی و خاک، ساده‌ترین، و به‌لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راه‌کار ممکن برای کاهش کربن جوی است (کلباسی ۱۹۹۶؛ شیمی ۱۹۹۵). بررسی‌ها نشان داده‌اند که گسترش سیلاب بر عرصه‌ی آبخوان‌ها، گزینه‌ی مطلوب برای کاهش مشکلات ناشی از کم‌آبی، سیل و تولید علوفه و چوب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این روش برای دستیابی به هدف‌های مشخص در مناطق مختلف ایران اجرا شده است. امروزه، پس از چند دهه تلاش علمی و اجرایی در کشور، شماری از سازمان‌های جهانی از جمله دانشگاه سازمان ملل، مرکز

بین‌المللی^۱ تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا)^۲ و سازمان آموزشی، علمی و فرهنگی ملل متحد (یونسکو)^۳، این برنامه را راه‌کاری مناسب برای مدیریت پایدار اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا دانسته و تأیید کرده‌اند. از آن‌جا که هزینه‌های بسیاری برای احداث، نگهداری، توسعه و تجهیز این عرصه‌ها صرف شده، و از سوی دیگر، قرار است این راه‌کار الگویی برای مناطق دیگر جهان شود، با توجه به اهداف پیش‌بینی شده، ارزیابی کارآیی پخش سیلاب از جنبه‌های مختلف به‌ویژه نقش آن در کاهش آلودگی هوا از طریق ترسیب کربن در خاک این عرصه‌ها، ضرورتی انکارناپذیر است.

مواد و روش‌ها

مطالعه‌ی حاضر در سال ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقاتی، آموزشی و ترویجی پخش سیلاب و آبخوان‌داری کوثر، در دشت گریبانگان انجام شد. پخش سیلاب برای تغذیه‌ی آبخوان‌ها از سال ۱۳۶۱ در پهنا‌ی به وسعت ۲۵۰۰ هکتار در این دشت اجرا شد. ایستگاه کوثر در ۵۰ کیلومتری جنوب‌شرقی فسا در موقعیت ۲۸ درجه و ۳۸ دقیقه‌ی عرض‌شمالی، و ۵۳ درجه و ۵۵ دقیقه‌ی طول شرقی بر مخروط افکنه‌ی آب‌خیز ۱۹۲ کیلومتر مربعی بیشه‌زرد در بخش شیبکوه و دهستان میان‌ده واقع شده است. شیب عمومی منطقه ۶ در هزار است که بین خط ارتفاعی ۱۱۴۰ تا ۱۱۶۰ متر از تراز دریا قرار گرفته است. آبادی‌های بیشه‌زرد، رحیم‌آباد، احمدآباد و چاه‌دولت که با جاده‌ی آسفالت به فسا و جهرم ارتباط دارند در اطراف ایستگاه واقع شده‌اند. براساس آمار ۱۲ ساله‌ی ایستگاه هواشناسی، شاخص‌های آب‌وهوایی دشت گریبانگان به‌شرح زیر است:

میانگین بارش سالانه ۲۰۶/۱ میلی‌متر؛ میانگین بیشینه‌ی دمای مطلق سالانه $29/58^{\circ}\text{C}$ ؛ میانگین کمینه‌ی دمای مطلق سالانه $10/84^{\circ}\text{C}$ ؛ میانگین دمای سالانه $19/92^{\circ}\text{C}$ ؛ میانگین تبخیر سالانه ۲۵۴۸/۰۹ میلی‌متر، و متوسط تعداد روزهای یخبندان ۲۶ روز در سال.

برای نمونه‌برداری از خاک ابتدا محدوده‌هایی که پخش سیلاب انجام می‌شود (شبکه‌ها) و محدوده‌ای که آب‌گیری نمی‌شود (شاهد) روی زمین و نقشه مشخص شدند.

نمونه‌برداری از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. از کاربری‌های مرتع- بی پخش سیلاب- بی قرق (شاهد) و

1- united national university (UNU)

2- international center for agricultural research in the dry area (ICARDA)

3- united nations educational, scientific and cultural organisation (UNESCO)

ضریب تبدیل = 0.1

جرم مخصوص حقیقی خاک (PD) در نمونه‌های مرکب حاصل از مخلوط کردن سه نمونه برداشته شده از هر نوار پخش سیلاب و قطعه‌ی شاهد، با روش پیکنومتر (ژاکوب و کلارک ۲۰۰۲) تعیین شد. سپس با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳، درصد تخلخل (n) و ضریب پوکی (e) خاک محاسبه شد.

$$n = (1 - BD/PD) \times 100 \quad \text{رابطه ی ۲}$$

$$e = n / 1 - n \quad \text{رابطه ی ۳}$$

داده‌های به‌دست آمده با استفاده از طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی تحلیل، و میانگین‌ها با آزمون دانکن در تراز ۵٪ مقایسه شدند. ارزش زیست‌محیطی میزان کربن ترسیب شده در خاک با روش مالیات بر کربن به‌ازای هر تن دی‌اکسید کربن ۲۰۰ دلار (ریورز ۲۰۱۴) محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج تحلیل واریانس برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و میزان ترسیب کربن در کاربری‌های مختلف (جدول ۱) نشان داد که تأثیر ۳۵ سال پخش سیلاب در کاربری‌های مختلف بر ضریب پوکی، درصد کربن آلی و میزان ترسیب کربن در خاک در تراز ۱٪ و بر جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل خاک در تراز ۵٪ معنی‌دار است.

جنگل تنک اوکالیپتوس - بی پخش سیلاب، مرتع - قرق - بی پخش سیلاب هر کدام ۳ نمونه تصادفی و از کاربری مرتع - پخش سیلاب از شش نوار پخش سیلاب و از کاربری جنگل متراکم اوکالیپتوس - پخش سیلاب از سه نوار پخش سیلاب و از هر نوار سه نمونه (از ابتدا، وسط و انتها) و در مجموع، تعداد ۳۶ نمونه برداشت شد. نمونه‌برداری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک، براساس پیوست توافق‌نامه‌ی پاریس (به نقل از فراست ۲۰۱۵) در خصوص معیار اندازه‌گیری میزان ترسیب کربن در خاک در نظر گرفته شده است. علاوه‌براین، پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که میزان کربن آلی خاک در اعماق بیش از ۳۰ سانتی‌متر بسیار ناچیز است و افزایش معنی‌داری ندارد (رایس ۲۰۰۰؛ بردبار ۲۰۰۵). پس از تهیه‌ی نمونه‌های خاک، میزان کربن آلی نمونه‌ها به‌روش والکلی بلاک (نلسون و سومر ۱۹۸۶) اندازه‌گیری شد. علاوه‌براین، جرم مخصوص ظاهری خاک در هر نقطه با کاربرد روش استوانه، تعیین شد. سپس، با توجه به جرم مخصوص ظاهری و عمق خاک، میزان کربن آلی ذخیره شده در خاک (میزان ترسیب کربن) از رابطه‌ی ۱ محاسبه شد (کوچ و همکاران ۲۰۱۲):

$$Cs = OC \times BD \times D \times 0.1 \quad \text{رابطه ی (۱)}$$

میزان کربن ترسیب شده در خاک (مگاگرم در هکتار)

میزان کربن آلی خاک (گرم در کیلوگرم خاک)

جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

D = ضخامت لایه خاک (سانتی‌متر)

جدول ۱- میانگین مربع‌های ویژگی‌های بررسی‌شده در کاربری‌های مختلف پخش سیلاب.

منابع تغییرات	درجه‌ی آزادی	جرم-مخصوص-ظاهری	درصد تخلخل	ضریب پوکی	درصد کربن آلی	میزان ترسیب-کربن
تکرار	۲	۰/۰۰۰۷۴ ns	۱/۲۸۲۷۳ ns	۰/۰۰۰۵۳۸ ns	۰/۰۰۲۱۶۷ ns	۸/۶۵۳۰۹۵ ns
تیمار (کاربری‌های مختلف)	۴	۰/۰۲۹۶۵*	۲۹/۴۰۹۲۷*	۰/۰۴۷۱۷۶**	۰/۹۲۰۷۴۳**	۹۹۸/۴۲۴۷۰**
خطا	۸	۰/۰۰۴۷۱۵	۵/۲۱۱۴۵	۰/۰۰۶۳۹۶	۰/۰۰۳۰۳۳	۴/۵۹۵۰۶۲
ضریب تغییرات		۴/۸۴	۴/۹۰	۸/۹۸	۱۰/۴۸	۱۱/۶۳

ns و * و ** به ترتیب معنی‌دار در تراز ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار.

تفاوت این کاربری با کاربری‌های دیگر از نظر آماری معنی‌دار بود. علت کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک در این کاربری می‌تواند وجود ریشه‌های سطحی درختان اوکالیپتوس باشد. این نتیجه با نتایج پژوهش مهدوی و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد ولی با نتایج محمدی (۲۰۰۵) و واعظی و حسین‌شاهی (۲۰۱۳) متناقض است.

نتایج مقایسه‌ی میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در کاربری‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه‌ی میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک، در کاربری‌های مختلف نشان داد که جنگل متراکم اوکالیپتوس کاشته‌شده در سامانه‌های پخش سیلاب دارای کم‌ترین جرم مخصوص ظاهری در مقایسه با سایر کاربری‌ها بود، و

ارزش زیست‌محیطی کربن ذخیره‌شده در خاک عرصه‌های

جدول ۲- تأثیر کاربری‌های مختلف بر بعضی ویژگی‌های خاک و میزان ترسیب کربن در خاک.

کاربری	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد تخلخل	ضریب پوکی	درصد کربن آلی	میزان ترسیب کربن (تن در هکتار)
مرتع - بی پخش سیلاب - بی قرق (شاهد)	۱/۴۸ a	۴۵/۳۹ b	۰/۸۶ b	۰/۱۴ c	۶/۰۷ c
مرتع - قرق - بی پخش سیلاب	۱/۴۵ a	۴۵/۳۸ b	۰/۸۳ b	۰/۲۴ c	۷/۳۵ c
مرتع - پخش سیلاب	۱/۴۵ a	۴۵/۵۰ b	۰/۸۴ b	۰/۳۷ b	۱۲/۳۹ b
جنگل تنک اوکالیپتوس - بی پخش سیلاب	۱/۴۷ a	۴۴/۵۲ b	۰/۸۰ b	۰/۳۸ b	۱۶/۰۵ b
جنگل متراکم اوکالیپتوس - پخش سیلاب	۱/۲۴ b	۵۲/۱۵ a	۱/۱۱ a	۱/۵۰ a	۵۰/۲۷ a

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری با آزمون دانکن در تراز احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

پخش سیلاب، میزان کربن آلی خاک را از ۰/۳۸٪ در کاربری جنگل اوکالیپتوس بی پخش سیلاب به ۱/۵۰٪ در کاربری جنگل متراکم اوکالیپتوس همراه با پخش سیلاب افزایش داد (حدود ۴ برابر). در کاربری جنگل متراکم اوکالیپتوس همراه با پخش سیلاب، بیشترین کربن به‌میزان ۵۰/۲۷ تن در هکتار (در مقایسه با شاهد، ۴۴/۲ تن در هکتار) ترسیب شد. با توجه به این که هر تن کربن معادل با ۳/۶۷ تن گاز دی‌اکسید کربن است، مقدار ۱۶۲/۲ تن گاز دی‌اکسید کربن موجود در هوا در خاک ذخیره شده است. با توجه به ۳۵ سال پخش سیلاب در این عرصه‌ها، هر هکتار از عرصه‌ی جنگل متراکم اوکالیپتوس به‌طور متوسط سالانه ۴/۶ تن گاز دی‌اکسید کربن موجود در هوا را به‌صورت ماده‌ی آلی در خاک ترسیب کرده، از این نظر، نقش مهمی در کاهش آلودگی ایفا نموده، و توسعه‌ی این روش در مناطق مستعد پخش سیلاب توجیه اقتصادی دارد. ارزش اقتصادی-زیست‌محیطی این مقدار کربن ترسیب شده در خاک براساس پیشنهاد ریورز (۲۰۱۴)، یعنی ۲۰۰ دلار به ازای هر تن دی‌اکسید کربن ترسیب شده و با توجه به این که نرخ رسمی برابری هر دلار هم اکنون ۴۲۰۰۰ ریال است، معادل ۱/۳۶ میلیارد ریال در هکتار است. در بررسی اقتصادی-زیست‌محیطی جنگل‌های زاگرس، میزان کل دی‌اکسید کربن جذب شده ۲۹۹۱۳۰ تن در سال و ۱/۱۱ تن در هکتار در سال تعیین شد و ارزش دی‌اکسید کربن جذب شده ۳۷/۶۴ میلیارد ریال (۴ میلیون دلار) محاسبه شد (مرادی ۲۰۰۸). کرمی و همکاران (۲۰۱۰)، برآورد کردند که در خاک رویشگاه درمنه میزان ۹/۷۵ تن کربن در هکتار ترسیب می‌شود. نتایج پژوهش بردبار (۲۰۱۲) نشان داد که ارزش اقتصادی سالانه‌ی ترسیب کربن در جنگل بلوط با ۱۵۴/۸۴ دلار است.

در شرایط بی پخش سیلاب، جنگل کاری با اوکالیپتوس، مقدار

مقایسه‌ی میانگین درصد تخلخل خاک و ضریب پوکی در کاربری‌های مختلف، نشان داد که جنگل متراکم اوکالیپتوس در سامانه‌های پخش سیلاب، در مقایسه با سایر کاربری‌ها، باعث افزایش معنی‌دار این ویژگی‌ها شده اند. کم‌ترین مقدار جرم‌مخصوص ظاهری خاک، بیش‌ترین درصد تخلخل، ضریب پوکی و درصد کربن آلی در خاک عرصه‌های با جنگل متراکم اوکالیپتوس مشاهده شد. علت کاهش جرم‌مخصوص ظاهری خاک می‌تواند افزایش مقدار ماده‌ی آلی و وجود ریشه‌های سطحی درختان اوکالیپتوس و سایر گیاهان مرتعی باشد. نتایج به‌دست آمده در این بررسی از تخلخل خاک، با نتایج واعظی و حسین‌شاهی (۲۰۱۳) متناقض است.

میزان کربن آلی خاک در کاربری مرتع همراه با پخش سیلاب و در کاربری جنگل بی پخش سیلاب به‌ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۳۸٪ بود. مقایسه‌ی این مقادیر با مقدار کربن آلی موجود در خاک شاهد نشان می‌دهد که این دو کاربری باعث افزایش حدود ۲/۵ برابری میزان کربن آلی خاک در مقایسه با شاهد (مرتع بی پخش سیلاب) شد. در صورتی که قرق مرتع هم بی پخش سیلاب نتوانست باعث افزایش معنی‌دار میزان کربن آلی خاک شود. بنابراین، مشخص می‌شود که وجود رطوبت تأمین‌شده از پخش سیلاب در خاک در این شرایط مهم‌تر از تأثیر قرق است. کاربری مرتع بی پخش سیلاب و بی قرق باعث ترسیب کربن در خاک به‌میزان ۶/۰۷ تن در هکتار شد، در صورتی که کاربری مرتع بی پخش سیلاب در شرایط قرق، این میزان ترسیب کربن را تنها به‌میزان ۱/۲۸ تن در هکتار افزایش داد (۷/۳۵ تن در هکتار)، در حالی که پخش سیلاب در مرتع ترسیب کربن را به‌میزان ۶/۳۲ تن در هکتار نسبت به مرتع بی پخش سیلاب افزایش داده است و به ۱۲/۳۹ تن در هکتار رسیده است.

کاشت درختان اوکالیپتوس به‌صورت جنگل متراکم همراه با

درختان، و به دنبال آن افزایش فعالیت جانوران خاک‌زی، قارچ‌ها و باکتری‌ها شده است. علاوه بر این، میزان تخلخل خاک را به دلیل تشکیل و پایداری خاک‌دانه‌ها افزایش داده و در نهایت باعث افزایش ضریب پوکی خاک گردیده و شرایط مناسبی را برای نفوذ آب و هوا در خاک فراهم کرده است.

نتیجه‌گیری

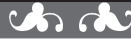
با توجه به ۳۵ سال اجرای پخش سیلاب در عرصه‌های جنگل کاری شده با درختان اوکالیپتوس، هر هکتار از این عرصه‌ها به‌طور متوسط سالانه ۴/۶ تن گاز دی‌اکسید کربن موجود در هوا را به‌صورت ماده‌ی آلی در خاک ترسیب کرده، و نقش مهمی را در کاهش آلودگی ایفا نموده است. از آن‌جا که ارزش اقتصادی-زیست‌محیطی کل کربن ترسیب‌شده در عرصه‌های جنگل متراکم اوکالیپتوس ۱/۳۶ میلیارد ریال در هکتار با میانگین ۳۸/۸۵ میلیون ریال در هکتار در سال است، توسعه‌ی این روش در مناطق مستعد پخش سیلاب از نظر اقتصادی کاملاً توجیه‌پذیر است.

۱۶/۰۵ تن در هکتار کربن را در خاک ترسیب نمود. از مقایسه‌ی این دو کاربری می‌توان چنین استنباط کرد که پخش سیلاب باعث افزایش بیش از سه برابری میزان ذخیره‌ی کربن در خاک شده است. افزایش توان حفظ رطوبت خاک سبب ایجاد شرایط مساعد برای رشد گیاهی و افزایش ذخیره‌ی تولید لاش‌برگ و ذخیره‌ی کربن در خاک رویشگاه می‌شود. بنابراین، احتمالاً وضعیت آبی خاک عامل مهم تعیین‌کننده‌ی میزان کربن است (وانگ و همکاران ۲۰۱۲). نتایج این پژوهش با نتایج مادیرا و همکاران (۲۰۰۲) هماهنگی دارد. از آن‌جا که بافت خاک عاملی مهم در ترسیب کربن است، و بررسی‌های نادری و همکاران (۲۰۰۰) نقش ته‌نشینی مواد معلق سیلاب را در تغییر بافت خاک از شنی به شنی متوسط در گریبانگان نشان داده است، افزایش توان نگاه‌داری آب قابل استفاده‌ی خاک در این پدیده مؤثر بوده است. به‌طور کلی، می‌توان گفت که کاشت درختان اوکالیپتوس در عرصه‌های پخش سیلاب، باعث افزایش مقدار ماده‌ی آلی خاک از طریق اضافه کردن شاخ‌وبرگ، بقایای ریشه‌ی درختان، بقایای گیاهان مرتعی رشد کرده در زیراشکوب

- Abdi N. 2005. Estimation of carbon sequestration capacity by *Astragalus* in Markazy and Isfahan Provinces. Ph.D. Rangeland Sciences. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran. 194 p. (In Persian).
- Abdi N. 2006. Introduction of carbon sequestration as an indicator for sustainable natural resources development. Abstract of the articles of the Third Conference on the Implementation of Sustainable Development in Agriculture and Natural Resources, January 5th 2006. Arak. pp. 62–75. (In Persian).
- Abdi N, Maddah Arefi H, Zahedi Amiri Gh. 2008. Estimation of carbon sequestration in *Astragalus* rangelands of Markazi province (Case study: Malmir rangeland in the Shazand Region). Iranian Journal of Range and Desert Research. 15(2): 269–282. (In Persian).
- Ardo J, Olsson L. 2003. Assessment of soil organic carbon in semi-arid Sudan using GIS and the CENTURY model. Journal Arid Environ. 54: 633–651.
- Atkin J, Dayal p. 1999. Carbon sequestration using sustainable forestry management in south America. In proceeding of the electric utilities Environmental conference, Tucson, Arizona.
- Azarnivand H, Joneidi H, Zare Chahooki MA, Maddah Arefi H. 2011. Investigation of the effects of some ecological factors on carbon sequestration in *Artemisia sieberi* rangelands of Semnan province. Journal of Range and Watershed Management. 64(1): 107–127. (In Persian).
- Bordbar SK. 2005. Study of carbon storage potential in eucalyptus and acacia forests in western regions of Fars province, Ph. D thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch. 153 pp. (In Persian).
- Bordbar SK. 2012. Estimation of carbon sequestration in Kamfirouz oak shoots of Fars Province, Final report of research project, Agriculture Research, Education and Extension Organization. Iran. (In Persian).
- Bordbar SK, Mortazavi Jahromi SM. 2006. Investigation of carbon storage potential in Eucalyptus and Acacia forests in western regions of Fars province, Journal of Pezhouhesh and Sazandegi. 70: 90–103. (In Persian).
- Brahim N, Blavet D, Gallali T, Bernoux M. 2011. Application of structural equation modeling for assessing relationships between organic carbon and soil properties in semiarid Mediterranean region. Int. J. Environ. Sci. Tech. 8 (2): 305–320.
- Bruce JP, Frome M, Haites E, Janzen H, Lal R, Paustian K. 1999. Carbon sequestration in soils. Journal of Soil and Water Conservation. 54(1):382–389.
- Chenini I, Khemiri S. 2009. Evaluation of ground water quality using multiple linear regression and structural equation modeling. Int. J. Environ. Sci. Tech. 6 (3): 509–519.
- Frasat M. 2015. Paris Consensus on Climate Change: 195 countries took the path to keep Earth's temperature below 2 C °, United Nations Climate Change. <http://newsroom.unfccc.int/unfccc-newsroom/finale-cop21/>. (In Persian).
- Garten JR, Charles T. 2002. Soil carbon storage beneath recently established tree plantations in Tennessee and South Carolina, USA. Biomass and Bioenergy. 23(2): 93–102.
- Jacob H and Clarke G, 2002. "Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method", Soil Science Society of America, Inc, Madison, Wisconsin, USA. 1692 p.
- Kalbasi MR. 1996. The status of organic matter

- in Iranian soils and the role of compost fertilizer. Summary of the articles of the fifth Iranian Soil Science Congress, Karaj, September. 7 p.
- Karami M, Bandak AS, Farajollahi A. 2010. Evaluation and estimation of carbon sequestration and reduction of greenhouse gases in *Artemisia* and its habitat. National Conference on Natural Resources, Damage, Challenges, Applied Researches and Practical Solutions, May 2010. University of Ilam. Ilam, Iran. (In Persian).
- Kerckhoffs LHJ, Reid JB. 2007. Carbon sequestration in the standing biomass of orchard crops in New Zealand. Hastings, New Zealand: New Zealand Institute for Crop & Food Research Ltd. 1–4 p.
- Kolahchy N. 2005. Investigation of carbon sequestration in dominant shrubs and soil pastureland in Heidara, Hamedan. Master thesis Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, 75 p. (In Persian).
- Kooch Y, Hosseini SM, Zaccane C, Jalilvand H, Hojjati SM. 2012. Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darab Kola forest (north of Iran) case study. *J. Environ. Monit.* 14: 2438–2446.
- Lal R, Follett RF, Kimble J M. 2003 Achieving soil carbon sequestration in the United States: a challenge to the policy makers. *Soil Sci.* 168: 827–845.
- Lal R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma.* 123:1–22.
- Lal R. 2008. Soil carbon stocks under present and future climate with specific reference to European ecoregions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 81(2):113–127.
- Madeira MV, Fabiao A, Pereira JS, Araajo MC, Ribeiro C. 2002. Changes in carbon stocks in *Eucalyptus globules* Labill. Plantations induced by different water and nutrient availability, *Forest Ecology and Management.* 171:75–85.
- Mahdavi SKh, Azarian A, Javadi M, Mahmoudi. J. 2016. Study of the effect of floods preading on some physical-chemical properties and soil fertility (Case study: Band-Alikhan Varamin), *Scientific and Research Journal of Range.* 10 (1): 68–81. (In Persian).
- Mesbah SH. 2003. Study the effects of flood spreading on quantitative and qualitative changes in vegetation of Gareh-Bygon, Fasa, Final report of the research project, Agricultural Research Center and Natural Resources Research Center of Fars. (In Persian).
- Mesbah SH. 2012. Comparison of soil carbon sequestration and dominant plant species inside and outside of Bamu national park, Final report of the research project, Agricultural Research Center and Natural Resources Research Center of Fars. 55 p. (In Persian).
- Mohammadi A. 2005. The Effect of flood-spreading on some soil properties, Proceedings of the Third National Conference on Erosion and Sedimentation, Soil and Water Conservation Research Institute, Tehran. 6 p. (In Persian).
- Moradi M. 2008. Environmental and economic study of Zagros forests of Iran (Case study: Kohgiluyeh and Boyeramad province). Ph.D. thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, 183 p.
- Naderi A, Kowsar SA, Sarafraz AA. 2000. Reclamation of a sandy desert through floodwater spreading. I. sediment induced changes in selected soil chemical and physical properties. *Journal of Agricultural Science and Technology.* 2: 9–20.
- Nelson DW, Sommers LP. 1986. Total carbon,

- organic carbon and organic matter, p 539–579. In: Page, A.L. (ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 2, Agronomy Handbook No 9*, American Society of Agronomy and Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.
- Rajabi Nouqab V. 2011. Estimation of carbon sequestration in mountain almond and grape plants and the possibility of calibration of carbon sequestration models (Case study of Hoseinabad Station). Master thesis, Shiraz University. 119 p. (In Persian).
- Rice CW. 2000. Soil organic C and N in rangeland soils under elevation CO₂ and land management. *Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurements and Monitoring Conference in Raleigh, North Carolina*, October. pp. 15–24.
- Rivers N. 2014. The Case for a carbon tax in Canada, Canada 2020. Article available at <http://canada2020.ca/canada-carbon-tax/>.
- Scott N. 2000. Land-cover effects on soil carbon storage in New Zealand, A National Monitoring System. *Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, Measurement, and Monitoring Conference in Raleigh, North Carolina*. pp. 60–65.
- Sheidaye Karkaj E, Sepehri A, Barani H, Moatamedi J. 2017. Correlation of organic carbon storage with some soil characteristics in East Azarbaijan rangelands, *Scientific Journal of Rangeland*. 11 (2): 125–138.
- Shimy P. 1995. Effects of straw burning on wheat fields. olive. *Ministry of Agriculture Scientific-Specialist Monthly, Zeitoune*. 125: 9–18.
- Singh G, Bala N, Chaudhuri KK, Meena RL. 2003. Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India, *Indian Forester*. 129: (7): 859–864.
- Skidmore EL, Layton JB, Armbrust BV, Hooker ML. 1986. Soil physical properties as influenced by cropping and residue management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 415–416.
- Vaezi AR, Hoseinshhi A. 2013. Spatial variability of soil properties as affected by flood spreading in gharacharyan Plain. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*. 7(22): 29–38. (In Persian).
- Varamesh S. 2009. Comparison of the carbon sequestration of leaf and scalloped species in urban forests (Case study: Chitgar park, Tehran). Master thesis. Tarbiat Modarres University. Faculty of Natural Resources and Marine Sciences. 130 p. (In Persian).
- Wang Sh, Wang X, Ouyang Zh. 2012. Effects of land use, climate, topography and soil properties on regional soil organic carbon and total nitrogen in the upstream watershed of Miyun Reservoir, North China. *Journal of Environmental Sciences*. 24(3): 387–395.
- Woomer DL, Tourc AS. 2004. Carbon stocks in Senegals Sahel transition zone. *Journal of Arid Environment*. 59 (3): 499–510.



Watershed Management Research

VOL. 32, No. 1, Ser.No: 122, Spring 2019, pp. 31-41

DOI: 10.22092/wmej.2018.122551.1129

The Environmental Value of Stored Carbon in the Soil of Floodwater Spreading Fields of Gareh-Bygon Plain, Fasa, Iran

Mohammad Javad Rousta*

(Corresponding Author)* Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

Kowkab Enayati

M.Sc., Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

Seyed Masoud Soleimanpour

Assistant professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

Seyed Hamid Mesbah

Research Educator, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

*Corresponding Email: mjrousta@yahoo.com

Received: 07 July 2018 Accepted: 27 November 2018

Abstract

Carbon sequestration (CS) in soils is a phenomenon consistent with the principles of sustainable development. Further, it is a vital solution for reducing the atmospheric CO₂ and other GHGs. To identify the role of spate irrigation (SI) of afforested plots and rangeland in CS, 36 soil samples were collected from the 0–30 cm top soil in different spate-irrigated and control treatments in November 2017. Organic carbon (OC) was measured by the standard laboratory procedures, and then converted to the sequestered soil carbon (SOC). The data were analyzed using the randomized complete block design benefitting from the SAS software. The means were compared with the Duncan test at P<0.05 level. The results of analysis of variance showed that the effect of 36 years of flood spreading on different vegetative covers was significant for OC, and SOC at the P<0.01 level. The soil under the dense eucalyptus forest had sequestered 44.2 tons/ha of carbon after 35 years of operation above the unirrigated control; this is equivalent to 162.12 tons of CO₂; this amounts to 4.6 tons of CO₂ per year on average. The total income from the carbon rent of the dense *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. afforested plots at the Kowsar Station is \$32381.00 per hectare with an annual mean of \$925.17 per hectare.

■ **Keywords:** Carbon sequestration, Fars, Flood spreading, Kowsar Station ■