نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۲، ص. ۷۱۱-۷۰۳

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.4, Sept.-Oct. 2013, p. 703-711

اثر شیب و نوع پوشش گیاهی بر میزان ترسیب کربن خاک در مراتع خشک و نیمه خشک شمال غرب ایران (مطالعه موردی: مراتع خانقاه سرخ ارومیه)

بهنام بهرامی[۱]- رضا عرفانزاده[۲*]- جواد معتمدی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۸/۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۵/۲۰

چکیده

در این تحقیق برای بررسی اثر شیب و تغییرات پوشش گیاهی بر میزان ترسیب کربن و برخی دیگر از ویژگی‌های خاک، مراتع حوزه آبخیز خانقاه سرخ انتخاب گردید. پس از شناسایی سه تیپ گیاهی، که هر کدام دارای دو کلاس شیب ۳۰-۱۰ درصد و ۵۰-۳۰ درصد بودند، اقدام به نمونه‌گیری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک از هر تیپ کرده و کربن ترسیب شده به همراه برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق (*Pteropyrum aucheri- Astragalus microcephulus*، (*Astragalous microcephalus-Acanthophyllum microcephalum*) و (*Pteropyrum aucheri- Prangus uloptera*) به ترتیب ۹۶/۱۰، ۷۳/۸۴ و ۵۲/۸۵ تن در هکتار، کربن آلی را ترسیب کرده‌اند. به طور کل، تیپ‌های گیاهی مورد بررسی در شیب‌های۳۰-۱۰ درصد، میزان ترسیب کربن خاک بیشتری به نسبت تیپ‌های موجود در شیب۵۰- ۳۰ درصد، به استثناء تیپ گیاهی *Pteropyrum aucheri- Astragalus microcephulus* از خود نشان دادند. تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه، در مجموع، به ترتیب ۱۹۲۲۰، ۱۴۷۶۸ و ۱۰۵۷۰ دلار به ازای هر هکتار، ارزش اقتصادی حاصل از پالایش کربن اتمسفری را دارا می‌باشند. نتایج مقایسه میانگین در مورد بررسی اثر تغییرات پوشش گیاهی و شیب بر برخی از خصوصیات خاک تیپ‌های گیاهی نشان داد که برای بیشتر خصوصیات خاک درجه شیب و نوع تیپ‌های گیاهی تاثیر معنی‌داری ($P< 0.01$) داشته‌اند. نتایج کلی این پژوهش نشان داد که حفظ و بهره‌برداری مناسب از پوشش گیاهی در شیب‌های پایین‌تر می‌تواند منجر به حفظ ذخیره کربن آلی خاک در مناطق خشک و نیمه خشک گردد.

واژه های کلیدی: ترسیب کربن خاک، پوشش گیاهی، خانقاه سرخ ارومیه، درجه شیب، مراتع

مقدمه

افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی موجب انتشار حجم عظیمی از گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر شده است (۲۲). دی‌اکسیدکربن مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای بوده و افزایش تراکم آن از طریق جذب طول موج‌های بازتابی، باعث افزایش گرمایش جهانی و در نتیجه تغییر اقلیم گردیده است (۲۱و ۲۳). تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار می‌باشد که اثرات بسیار زیان‌باری بر محیط زیست و حیات انسان بر روی کره زمین دارد (۲۲، ۲۳ و ۳۴).

خطرات و پیامدهای ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و به ویژه دی‌اکسیدکربن، مورد تاکید و توجه مجامع بین المللی بوده است، به طوری که در سال ۱۹۹۲ تقریبا تمامی کشورهای دنیا، کنوانسیون تغییرات اقلیمی را با هدف کاهش و متعادل نمودن غلظت گازهای گلخانه‌ای امضا کردند. متعاقب آن نیز پروتوکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ با هدف دراز مدت و محدود نمودن انتشار این گازها مورد توافق رسمی ۵۵ کشور دنیا قرار گرفت (۷).

یکی از مهم‌ترین روش‌های کاهش گازهای گلخانه‌ای، ترسیب آنها در خاک یا اندام‌های گیاهان است. بنابراین ترسیب کربن خاک اهمیت زیادی در کاهش تغییرات اقلیمی دارد (۲۸). ترسیب کربن با روش‌های مصنوعی هزینه‌های سنگینی را در بردارد به طوری که در آمریکا این هزینه را حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ دلار برای هر تن کربن تخمین زده‌اند (۱۷). هر خاکی پتانسیل متعادلی برای ترسیب کربن دارد که به وسیله پوشش گیاهی طبیعی، شرایط اقلیمی و خواص

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: Email: Rezaerfanzadeh@modares.ac.ir)
۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین می‌شود (۲۲ و ۳۳). یک روش پیشنهادی برای کاهش میزان دی‌اکسیدکربن و افزایش ذخیره جهانی کربن، ترسیب دوباره ِ آن در خاک‌ها است. لال (۲۶) نیز خاک‌های جهان را سومین ذخیره‌گاه اصلی کربن (آلی و معدنی) و حدود ۴ برابر کربن موجود در زیتوده و ۳/۳ برابر میزان کربن موجود در جو می‌داند.

اگرچه میزان یا سرعت ترسیب کربن در اکوسیستم‌های جنگلی مناطق حاره یا معتدل و مرطوب زیاد است، ولی به همان نسبت نیز سرعت فرآیندهای تجزیه شیمیایی و بیولوژیکی که موجب آزاد شدن دی‌اکسیدکربن می‌شود، به دلیل بالا بودن رطوبت محیط زیاد است (۱). این موضوع موجب شده که سازمان‌های بین المللی مانند UNDP مراتع را به دلیل برخورداری از برخی ویژگی‌ها، نظیر وسعت قابل ملاحظه و اقلیم مناسب جهت اخذ و ترسیب کربن، یکی از گزینه‌های مناسب جهت طرح‌های ترسیب کربن معرفی نمایند (۳۴). مراتع کشور ما گزینه‌های مناسبی برای تحقیق پیرامون طرح‌های ترسیب کربن هستند، زیرا از یک سو بسیاری از مراتع ایران در ناحیه خشک و نیمه خشک واقع شده که وسعتی در حدود ۹۰ میلیون هکتار را دربر می‌گیرد (۸) و از سوی دیگر بنا به گزارش برنامه عمران سازمان ملل، این مناطق قابلیت ذخیره تقریبا یک میلیارد تن کربن آلی را دارند (۳۴).

از آنجا که توان ترسیب کربن مراتع بر حسب گونه گیاهی، مکان و شیوه مدیریت متفاوت است (۲۴)، به‌جاست تا با بررسی توان ترسیب کربن تیپ‌های مختلف گیاهی، توان ترسیب کربن نواحی مختلف رویشگاهی را بدست آوریم. فولت (۱۹) در مقایسه‌ی بین ۱۴ علفزار بومی در ۹ ایالت آمریکا، متوسط کربن در عمق ۲ متری را ۱۲۳ تن در هکتار گزارش نمود. مطالعات متعددی پیرامون تاثر عملیات اصلاحی از قبیل قرق و مرتعکاری بر میزان ترسیب کربن خاک مراتع انجام شده است که از آن جمله، می‌توان به تحقیق درنر و همکاران (۱۸) پیرامون مقایسه ترسیب کربن مناطق چرا شده و قرق در عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری اشاره کرد. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر این نکته بود که ترسیب کربن در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری در منطقه چرا شده بیشتر از منطقه قرق بوده ولی اختلاف معنی‌داری در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری مشاهده نشد. اسچیومن و همکاران (۳۲) با بررسی عملیات مدیریتی و اصلاحی مراتع مانند کوددهی و چرا در آمریکا، دریافتند 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، که اختلاف در نتایج انجام شده، ناشی از تفاوت در اقلیم، خصوصیات خاک، شرایط محیطی، ترکیب جامعه گیاهی و اعمال مدیریت‌های چرایی مختلف می‌باشد (۳۲).

با توجه به ویژگی‌های مراتع ایران که شامل وسعت قابل ملاحظه، قرار گرفتن بخش اعظم آن در ناحیه خشک و نیمه‌خشک، وجود گونه‌های بوته ای پایا و مقاوم به تنش‌های محیطی و مهم‌تر از همه، انحصاری بودن اکثر این گونه‌ها در ایران است، لزوم بررسی آنها از نظر قابلیت میزان ترسیب کربن در مکان‌ها و مدیریت‌های مختلف دوچندان می‌شود. پتانسیل ترسیب کربن بر حسب گونه گیاهی، مکان و شیوه مدیریت متفاوت است. بنابراین با شناخت گونه‌هایی که دارای قابلیت بیشتری جهت ترسیب کربن بوده و همچنین بررسی عوامل مدیریتی و محیطی که بر فرآیند ترسیب کربن تاثیرگذار هستند، می‌توان اصلاح و احیاء اراضی از منظر شاخص ترسیب کربن را دنبال نمود. این امر می‌تواند یک نگرش سیستمی به اصلاح و احیاء محیط زیست باشد، چرا که در ضمن تامین حفاظت کمی و کیفی شرایط خاک، می‌تواند راهکاری موثر در جهت مقابله با آلودگی هوا و بحران تغییر اقلیم و در نهایت دست‌یابی به توسعه پایدار تلقی گردد.

این مطالعه به منظور بررسی اثر شیب و تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی بر ترسیب کربن خاک و همچنین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در حوزه آبخیز خانقاه سرخ واقع در منطقه نوشین شهر استان آذربایجان غربی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، مراتع خانقاه سرخ که با مساحتی بالغ بر ۲۰۰۰ هکتار و با طول جغرافیایی "۴ '۵۷ °۴۴ تا "۳۲ '۰۰ °۴۵ و عرض "۱۸ '۴۶ °۳۷ تا ۴۲ '۵۰ °۳۷ به عنوان عرصه مطالعاتی و معرف اقلیم رویشی آذربایجانی در استان آذربایجان غربی انتخاب شد. بالاترین ارتفاع حوزه ۲۳۷۹ متر و کمترین ارتفاع آن ۱۴۸۳ متر از سطح دریا می‌باشد. بر اساس گرادیان بارش و دما طی یک دوره ۳۰ ساله، متوسط بارندگی و دمای سالانه حوزه مورد مطالعه به ترتیب ۳۹۳/۹ میلی‌متر و ۹/۸۷ درجه سانتیگراد برآورد گردید. اقلیم حوزه مورد مطالعه با استفاده از روش اقلیم نمای آمبرژه، شامل اقلیم خشک سرد، نیمه خشک سرد و اقلیم ارتفاعات می‌باشد. بافت خاک منطقه تغییرات بسیار کمی دارد و بطور متوسط بافت خاک لومی- رسی- شنی است (۵).

به منظور بررسی و ارزیابی اثر شیب و نوع پوشش گیاهی بر ترسیب کربن خاک، پس از بازدید از منطقه و با توجه به تفاوت‌های دیده شده در پوشش گیاهی (بر اساس گونه غالب)، ۳ تیپ گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفتند: الف: تیپ *Astragalous microcephalus- Acanthophyllum microcephalum* (As. mi-Ac. mi.) ب: تیپ *Pteropyrum aucheri- Astragalus microcephulus* (Pt. au.-As. mi.) ج: تیپ *Pteropyrum aucheri- Prangus uloptera* (Pt. au-Pr. ul.). برای بررسی فرضیه تاثیر میزان شیب بر ترسیب کربن خاک در منطقه مورد مطالعه، دو کلاس شیب تشخیص داده شد و تعداد ۱۰۸ نقطه به وسیله شیب سنج تعیین و توسط دستگاه GPS ثبت گردید. بر اساس

تنوع شیب منطقه در تیپ‌های مختلف، دو شیب زیر تعیین شدند و به عنوان فاکتور در آنالیز آماری استفاده شدند: کلاس شیب ۳۰-۱۰ درصد (S_1) و شیب ۵۰-۳۰ درصد (S_2).

برای انجام تحقیق حاضر، در تیپ‌های مورد نظر، مناطق معرف برای نمونه‌برداری تشخیص داده شد. در هر واحد کاری با توجه به وسعت واحد کاری و تیپ‌های گیاهی موجود در منطقه، تعداد ۳ ترانسکت ۱۰۰ متری در جهت شیب (شمالی) و ۳ ترانسکت در جهت عمود برشیب در هر یک از تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه مستقر (شکل ۱) و از ابتدا، وسط و انتهای هر ترانسکت اقدام به نمونه‌گیری خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری گردید (۳). لازم به ذکر است این عمق با توجه به عمق ریشه‌دوانی گیاهان مرتعی و عمق خاک مناطق کوهستانی انتخاب شد. در مجموع از هر کدام از تیپ‌های گیاهی ۱۸ نمونه خاک برداشت شد. سپس نمونه‌ها در هوای آزاد خشک گردید و بعد از خرد نمودن کلوخه‌ها، جدا کردن ریشه ها، سنگ و سایر ناخالصی‌ها، آسیاب و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و ویژگی‌های خاک شامل: ماده آلی و کربن آلی با استفاده از روش سرد و بر مبنای اکسیداسیون کربن آلی به کمک بیکربنات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در محیط کاملا اسیدی (H_2SO_4) اندازه‌گیری شد (۱۱)، نیتروژن به روش کجلدال، اسیدیته خاک در حالت گل اشباع و با استفاده از دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی در عصاره اشباع انجام شد (۲۷). بافت خاک با استفاده از روش دانسیمتری بایکاس (۱۶)، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب (۱۴) مورد آزمایش قرار گرفت.

مقدار ترسیب کربن بر حسب تن در هکتار بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید:

$$Cs = 100 \times OC\ (\%) \times Bd \times e$$

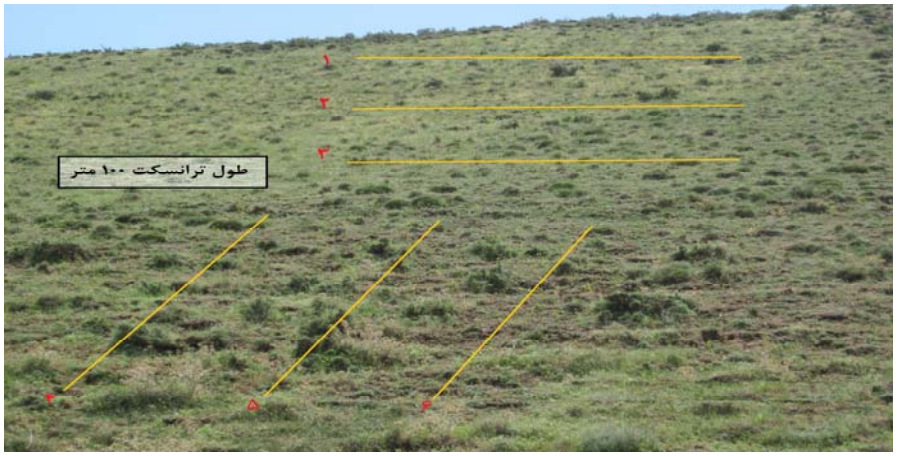
Cs = کربن آلی (t/ha)، OC % = درصد کربن آلی Bd = وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3) e = عمق نمونه‌داری (m)

برای بررسی تاثیر تیپ‌های گیاهی و درصد شیب بر خصوصیات و ترسیب کربن خاک در منطقه مورد مطالعه، از آزمون GLM توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ و مقایسه میانگین به روش دانکن استفاده شد.

نتایج

نتایج بررسی تاثیر نوع پوشش گیاهی و شیب بر خصوصیات خاک نشان داد که برای بیشتر خصوصیات خاک درجه شیب و نوع تیپ‌های گیاهی تاثیر معنی‌داری ($P< 0.01$) داشته‌اند (جدول ۱).

تیپ‌های مختلف گیاهی بر حسب نوع پوشش گیاهی در میزان درصد رس، سیلت و شن تفاوت معنی‌داری داشتند. گرچه نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در کلاس شیب ۵۰-۳۰ درصد بیانگر این نکته می‌باشد که در تیپ‌های Pt. au.- As. mi. و As. mi.- Ac. mi. از لحاظ دانه‌بندی خاک تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. همان طور که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد بین تیپ‌های مورد مطالعه و شیب‌های مختلف تفاوت معنی‌داری در میزان ذخیره کل کربن آلی خاک وجود دارد. بیشترین کربن آلی در تیپ Pt. au.- As. mi. و در کلاس شیب بیشتر با مقدار ۱/۴۳ درصد و کمترین مقدار نیز مربوط به تیپ Pt. au.- Pr. ul. و در کلاس شیب بیشتر با مقدار ۰/۳۶ درصد است. نیتروژن در بین تیپ‌های اندازه‌گیری شده تفاوت‌های معنی‌داری از خود نشان داد، بدین صورت که تیپ گیاهی Pt. au.- Pr. ul. اندازه-گیری شده در شیب ۵۰-۳۰ درصد (۰/۴۶ درصد) بیشترین مقدار و تیپ Pt. au.- As. mi. واقع در شیب۳۰-۱۰ درصد با معادل ۰/۰۸ درصد نسبت به سایر تیپ‌ها نیتروژن کمتری را دارا بود.



شکل ۱ - تصویر شماتیک نحوه استقرار ترانسکت‌ها در هر یک از مکان‌های نمونه‌برداری

جدول ۱- اثر تیپ‌های گیاهی و شیب بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه

کلاس شیب	تیپ‌های گیاهی	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	SOC(%)	نیتروژن(٪)	BD(g/cm^3)	pH	EC(ds/m^{-1})
S_1	As. mi.-Ac. mi.	۳۲/۶۰±۱/۱۶a	۳۰±۰/۶۸a	۳۷/۴۰±۱/۱۸c	۰/۹۵±۰/۰۴a	۰/۱۲±۰/۰۰۴A	۱/۳۰±۰/۰۳b	۸/۱۴±۰/۰۱a	۰/۱۸±۰/۰۰۱a
	Pt. au.- As. mi.	/۷۵±۰/۷۱b ۲۵	/۵۰±۰/۷۲b ۱۴	/۷۵±۰/۹۵b ۵۹	۰/۵۴±۰/۰۲c	۰/۰۸±۰/۰۰۳c	۱/۵۱±۰/۰۳a	/۹۴±۰/۰۱b ۷	/۱۴±۰/۰۰۱b ۰
	Pt. au. – Pr. ul.	۲۱/۶۵±۰/۶۳c	۱۱±۰/۷۲c	۶۷/۳۵±۱/۰۶a	۰/۷۹±۰/۰۳b	۰/۱۱±۰/۰۰۳b	۱/۴۶±۰/۰۲a	۷/۷۹±۰/۰۱c	۰/۱۰±۰/۰۰۴c
S_2	As. mi.-Ac. mi.	۲۷/۷۵±۱/۴۰a	۲۱/۳۰±۱/۲۵a	/۹۵±۲/۱۰b ۵۰	۰/۸۴±۰/۰۵b	۰/۱۳±۰/۰۰۵a	۱/۴۶±۰/۰۴b	۸/۳۲±۰/۰۱a	۰/۱۴±۰/۰۰۱a
	Pt. au.- As. mi.	۲۴/۴۰±۱/۷۱a	۲۵/۲۰±۲/۲۹a	/۴۰±۳/۸۵b ۵۰	۱/۴۳±۰/۱۲a	۰/۱۱±۰/۰۱b	۱/۶۷±۰/۰۳a	۸/۳۰±۰/۰۳a	/۱۱±۰/۰۰۵b ۰
	Pt. au.- Pr. ul.	/۶۵±۰/۳۵b ۱۴	/۳۰±۰/۸۴b ۱۰	۷۵/۰۵±۱/۰۳a	/۳۶±۰/۰۰۸c ۰	/۴۶±۰/۰۰۰۹c ۰	۱/۶۹±۰/۰۳a	/۰۵±۰/۰۱b ۸	۰/۱۰±۰/۰۰۳c

S1: شیب ۳۰ – ۱۰ درصد، S2: شسب ۵۰–۳۰ درصد، EC: هدایت الکتریکی خاک ،pH : اسیدیته خاک، BD: وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm3)، SOC: درصد کربن آلی خاک. حروف کوچک انگلیسی نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار هر فاکتور خاک در مناطق نمونه‌برداری می‌باشد. اعداد داخل جدول، میانگین ± اشتباه از معیار می‌باشند.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری خاک، بیانگر این نکته است که تیپ‌های Pt. au.- As. mi. و Pt. au. – Pr. ul. در هر دو کلاس شیب تفاوت معنی‌داری را نداشتند و این در حال بود که تیپ As. mi.- Ac. mi. تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن مخصوص ظاهری نسبت به سایر تیپ‌ها داشت. گرچه مشاهدات بر معنی‌دار بودن اختلاف، مابین تیپ‌های گیاهی در شیب‌های مختلف از لحاظ میزان pH و EC تاکید می‌نماید اما تغییرات بین تیمارها ناچیز می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری اسیدیته خاک در شیب ۵۰–۳۰ درصد بیانگر این نکته می‌باشد که تیپ‌های As. mi.- Ac. mi و . Pt. au.- As. mi اختلاف معنی‌داری ندارند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار ترسیب کربن خاک در بین سه تیپ گیاهی انتخاب شده، اختلاف معنی‌داری دارد. نتایج حاصل از جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین میزان ترسیب کربن خاک به ترتیب، مختص تیپ‌های Pt. au.- As. mi. و Pt. au.- Pr. ul. با شیب ۵۰–۳۰، است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که ترسیب کربن خاک در شیب۳۰–۱۰ درصد بین تیپ‌های مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌داری است، اما در شیب ۵۰–۳۰ درصد تغییرات زیادی در محدوده تیپ‌های مورد بررسی از لحاظ میزان ترسیب کربن خاک مشاهده شد.

جدول ۲- اثر تغییرات پوشش گیاهی و شیب بر مقدار ترسیب کربن خاک و نسبت C/N در منطقه مورد مطالعه

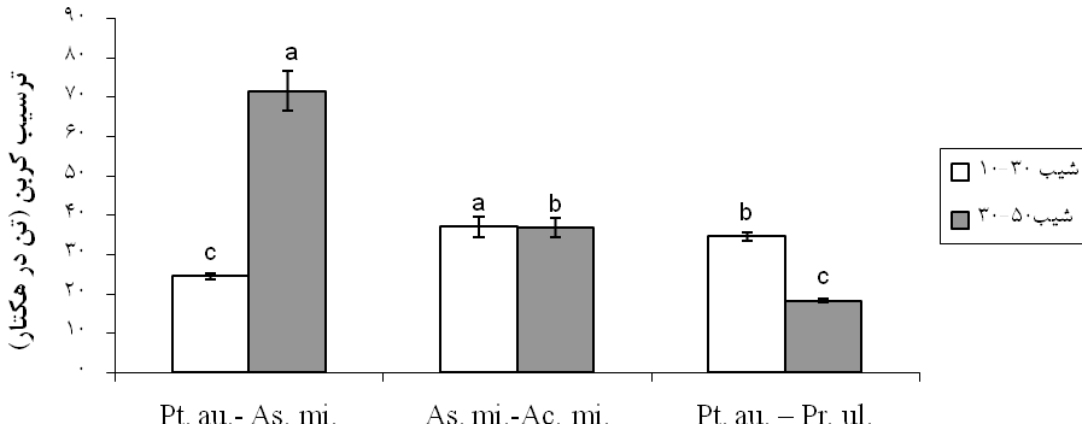
کلاس شیب	تیپ‌های گیاهی	ترسیب کربن خاک تا عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری (تن در هکتار)	C/N
S_1	As. mi.-Ac. mi.	۳۷/۰۵±۲/۵۸ a	۷/۶۹±۰/۳۰a
	Pt. au.- As. mi.	۲۴/۴۶±۰/۷۱ c	۶/۴۰±۰/۳۹b
	Pt. au. – Pr. ul.	۳۴/۶۰±۱/۰۲ b	۶/۸۸±۰/۲۱ab
S_2	As. mi.-Ac. mi.	۳۶/۷۹±۲/۳۴b	۶/۴۹±۰/۴۵b
	Pt. au.- As. mi.	۷۱/۶۴±۵/۰۳ a	۱۶/۵۸±۲/۷۲a
	Pt. au.- Pr. ul.	۱۸/۲۵±۰/۵۶ c	۷/۹۰±۰/۲۴b

S1: شیب بین ۳۰–۱۰ درصد، S2: شیب ۵۰–۳۰ درصد. ($P< 0.01$) اعداد داخل جدول، میانگین ± اشتباه از معیار می‌باشند.

جدول ۳- تجزیه واریانس فاکتور ترسیب کربن در بین تیمارها

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مجموع مربعات	F محاسباتی	Sig

تیپ	۲	۴۶۱۲/۶۹	۹۲۲۵/۳۸	۱۷/۵۲	۰/۰۰**
شیب	۱	۲۲۹۸۴/۲۰	۲۲۹۸۴/۲۰	۸۷/۳۱	۰/۰۷ns
تیپ×شیب	۲	۲۷۱۹/۲۶	۵۴۳۸/۵۳	۱۰/۳۳	۰/۰۰**



شکل ۲- اثر شیب و تغییر پوشش گیاهی تیپ‌ها بر فاکتور ترسیب کربن خاک در منطقه مورد مطالعه. شیب ۳۰-۱۰ درصد و شیب ۵۰-۳۰ درصد (P< 0.01)

نسبت C/N تغییرات زیادی را در بین تیمارهای مورد بررسی به استثناء تیپ Pt. au.- As. mi. شیب ۵۰-۳۰ درصد از خود نشان نداد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ترسیب کربن خاک در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک خانقاه سرخ ارومیه مطابق با نمودار شکل ۲ بیانگر این می‌باشد که شیب ۵۰-۳۰ درصد و تیپ گیاهی Pt. au.- As. mi. دارای بیشترین جذب کربن و تیپ Pt. au. – Pr. ul. در همان کلاس شیب کمترین جذب کربن را به خود اختصاص دادند. روند زیر را برای مقایسه ترسیب کربن بین تیپ‌های گیاهی مختلف و شیب‌های مختلف می‌توان نشان داد:

As. mi.-Ac. mi.	$S_1 > S_2$
Pt. au.- As. mi.	$S_2 > S_1$
Pt. au.- Pr. ul.	$S_1 > S_2$

تیپ‌های گیاهی مورد بررسی در شیب‌های ۳۰-۱۰ درصد میزان ترسیب کربن خاک بیشتری به نسبت تیپ‌های موجود در شیب۵۰-۳۰ درصد از خود نشان دادند (به استثناء تیپ گیاهی *Pteropyrum aucheri- Astragalus microcephulus*) و این در حالی بود که مقدار جذب کربن ترسیب شده در تیپ Pt. au.- As. mi. نسبت به سایر تیپ‌های منطقه، بیشتر بود. مقایسه کربن آلی در توده‌های مذکور نیز نشان داد که کربن آلی در تیپ‌های گیاهی شیب اول نسبت به شیب دوم به استثنا تیپ Pt. au.- As. mi. مقدار بیشتری را شامل می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در مناطق مورد مطالعه در این پژوهش، نوع پوشش گیاهی و تغییرات شیب موجب ایجاد تغییرات معنی‌دار بر ترسیب کربن خاک شده است. کیفیت و شدت میزان ترسیب کربن خاک در مناطق مورد مطالعه بستگی به نوع پوشش گیاهی و میزان شیب دارد، به گونه‌ای که در برخی موارد، افزایش و در موارد دیگر، کاهش میزان ترسیب کربن خاک بر اثر تغییر نوع پوشش و شیب مشاهده شد.

در ارتباط با اثر متقابل شیب بر میزان ترسیب کربن خاک نیز، نتایج بیانگر تاثیر محسوس عامل شیب بر میزان ترسیب کربن خاک مراتع بر اثر تغییرات پوشش گیاهی است. در این تحقیق، تغییرات نوع پوشش گیاهی در شیب‌های مختلف، منجربه واکنش‌های متفاوت ترسیب کربن خاک شده است. رابطه مابین میزان کاهش کربن ترسیب شده خاک و شیب بر اثر تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مورد مطالعه، بیانگر آن است که با افزایش میزان شیب در دو تیپ مورد بررسی (*Astragalous microcephalus- Acanthophyllum microcephalum* و *Pteropyrum aucheri- Prangus uloptera*)، کربن ترسیب شده خاک، کاهش پیدا می‌کند، به گونه‌ای که در شیب‌های بیشتر از ۳۰ درصد تغییر محسوسی در ترسیب کربن خاک به وجود آمده است.

بر اساس منابع با افزایش درصد شیب، به علت سخت‌ترشدن شرایط رویشگاهی نظیر کاهش عمق خاک، کمی حاصل‌خیزی، زهکشی زیاد و ...، میزان ذخایر کربن کاهش می‌یابند (۶). به این ترتیب در این تحقیق نیز انتظار می‌رفت که ترسیب کربن کاهش یابد، اما می‌توان گفت به دو دلیل در تیپ گیاهی *Pteropyrum*

aucheri- Astragalus microcephulus، عکس این اتفاق افتاد، اول اینکه گونه‌های دارای فرم رویشی بوته‌ای یا بالشتکی (گونه‌های *Astragalus microcephalus* و *Acanthophyllum microcephalum* و ...)، پراکنش بالایی در شیب بالاتر (۵۰-۳۰ درصد) به خود اختصاص داده‌اند. این گونه‌ها دائمی بوده و دارای ثبات بیشتری نسبت به گونه‌های دائمی اما علفی می‌باشند. همچنین حجم وسیع این گونه‌ها حاکی از تولید زیتوده بالای این گونه‌ها است (۹). تولید بیشتر گونه‌های بالشتکی در شیب‌های بالاتر، شاید یکی از دلایل عمده افزایش مواد آلی در این شیب‌ها باشد. وجود بقولات چند ساله به دلیل تولید زیتوده پایدار و کیفیت بالا و از جهت دیگر افزایش نیتروژن خاک، می‌تواند موجب افزایش حاصل‌خیزی خاک و در نتیجه افزایش توان ذخیره کربن اکوسیستم‌ها در شیب‌های بالاتر شود (۹). نتایج تحقیقات بروس و همکاران (۱۵) و سینگ و همکاران (۳۱) بیانگر رابطه ترسیب کربن آلی خاک با درصد پوشش گیاهی، نوع گونه‌های گیاهی، مقدار لاشبرگ، بقایای گیاهی و نوع کاربری اراضی و مدیریت می‌باشد. تحقیقات بیان داشته‌اند که اگر در یک منطقه، پوشش گیاهی به خوبی استقرار یابد، در بلندمدت مقدار کربن آلی خاک افزایش می‌یابد، زیرا تغییرات کربن آلی خاک تدریجی است (۹). دلیل دوم اینکه احتمالا تخریب‌های شدیدی که در رویشگاه‌های کم-شیب به سبب نزدیک بودن به جاده و روستا و بهره‌برداری از گیاهان توسط اهالی روستاهای اطراف مراتع (خانقاه و امام کندی) و چرای دام در تیپ *Pteropyrum aucheri- Astragalus microcephulus* ، رخ داد، موجب شد که ترسیب کربن خاک رویشگاه‌های کم‌شیب، کمتر از رویشگاه‌های پرشیب بدست آید. تولید کم، برداشت اندام‌های هوایی و شدت چرای دام در تیپ *Pteropyrum aucheri- Astragalus microcephulus* در شیب‌های کمتر، در نهایت موجب کاهش شدید ورودی بقایای گیاهی به خاک و در نهایت کاهش ذخایر کربن آلی این خاک‌ها شده است.

به طور کلی، در مورد عدم کاهش ترسیب کربن خاک بر اثر افزایش شیب در تیپ *Pteropyrum aucheri- Astragalus microcephulus* باید بیان کرد که وجود پوشش پایا و همچنین دست‌خوردگی کمتر خاک نسبت به سایر تیپ‌های گیاهی مورد بررسی در شیب‌های مشابه، کاهشی در ترسیب کربن آلی خاک در شیب‌های بیشتر مشاهده نشده است. پس در صورت مدیریت اصولی، این شیب‌ها قادرند میزان ذخایر کربن خاک را افزایش دهند.

محاسبات نشان داد که هر هکتار از تیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق (Pt. au.- As. mi. و As. mi.- Ac, mi و Pt. Au.- Pr. . ul) به ترتیب ۹۶/۱۰، ۷۳/۸۴ و ۵۲/۸۵ تن در هکتار کربن آلی را شامل شده‌اند. اگر متوسط هزینه ترسیب کربن به ازای هر تن، ۲۰۰ دلار (۸) در نظر گرفته شود، بنابراین برآورد می‌گردد، تیپ‌های مورد مطالعه، در مجموع، به ترتیب ۱۹۲۲۰، ۱۴۷۶۸ و ۱۰۵۷۰ دلار به ازای هر هکتار، ارزش اقتصادی حاصل از پالایش کربن اتمسفری را دارا می‌باشند. چنانچه مقدار کربن ترسیب شده در زیتوده هوایی و زیرزمینی گیاهان به عدد یاد شده اضافه گردد، اهمیت اقتصادی مراتع از منظر ترسیب کربن چشمگیرتر می‌شود.

نتایج حاصل از مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ترسیب کربن آن، بیانگر وجود رابطه مابین آنها می‌باشد. اسکولبرگ (۳۰) با مطالعه تغییرات pH در لایه‌های مختلف خاک به این نتیجه رسید که pH می‌تواند ارتباط معنی‌داری با کربن آلی خاک داشته باشد، در حالی که زاهدی (۳۵) ارتباط معنی‌داری بین کربن و pH خاک مشاهده نکرد. بانفیلد و همکاران (۱۳) یک رابطه نمایی بین بافت خاک و کربن زیتوده و سپس ذخیره کربن آلی خاک مشاهده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که ذخایر کربن در خاک با محتوای رس خاک ارتباط دارد. مختاری و همکاران (۶) به این نتیجه دست یافتند که در شیب‌های بالاتر، به دلیل تجزیه مواد آلی و از هم پاشیده شدن خاکدانه‌ها، ذرات ریزتر از طریق فرسایش حمل شده و ذرات درشت‌تر بر جای می‌مانند که با نتایج این تحقیق، به استثنا تیپ گیاهی *Pteropyrum aucheri- Astragalus microcephulus* همخوانی دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که علی‌رغم کاهش درصد رس در شیب بیش از ۳۰ درصد میزان کربن آلی در تیپ گیاهی *Pteropyrum aucheri- Astragalus microcephulus* افزایش پیدا کرده است، که شاید چرای دام و بهره‌برداری بیش از حد از اندام‌های گیاهی، باعث کاهش در میزان ذخایر کربن ورودی به خاک گردیده است. بهرامی و همکاران (۲) نیز در تحقیقی پیرامون قابلیت خاک اکوسیستم‌های مرتعی در ترسیب کربن اتمسفری و تعدیل بحران تغییر اقلیم به این نتیجه دست یافتند که درصد رس و نیتروژن به ترتیب مهمترین اجزاء تاثیرگذار بر مقدار کربن آلی خاک بودند. بالدوک و ادز (۱۲) معتقدند، تجمع کربن آلی در عمق‌های مختلف خاک به مقدار هوموس، سطح تاج پوشش و نوع گونه‌های موجود بستگی دارد. نتایج تحقیقات عبدی (۴) نیز نشان داد که در مراتع گون‌زار، با افزایش درصد سنگ و سنگریزه و شن در بافت خاک، ترسیب کربن افزایش یافت و این موضوع را به سازگاری بالای گون-ها در خاک‌های سبک و واریزه‌ای نسبت داد.

به دلیل اینکه قسمت اعظم کربن ترسیب شده، در خاک قرار دارد، فرآیند فرسایش خاک موجب هدر رفت کربن می‌گردد و هر گونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که مانع سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی شود، قطعا گام مثبتی در جهت مدیریت ترسیب کربن خواهد بود (۴ و ۱۰).

به طور کلی در مناطق مورد مطالعه در این تحقیق، تغییرات پوشش گیاهی، دارای تاثیر معنی‌دار بر ذخایر کربن اکوسیستم می‌باشد. نوع و شدت اثرات، بستگی به تغییرات پوشش گیاهی و توپوگرافی خواهد داشت. افزایش شدت چرا در شیب‌های کمتر، نیز

می‌تواند بدترین نوع بهره‌برداری مرتع، از حیث فقر کمیت کربن آلی خاک به حساب آید. در نهایت رعایت شدت چرا و بهره‌برداری توسط اهالی محلی و رعایت استانداردهای توصیه شده توسط منابع معتبر علمی تاکید می‌شود.

منابع

۱- بردبار ک. ۱۳۸۳. بررسی توان ذخیره کربن در جنگل کاری های اکالیپتوس و آکاسیای استان فارس. رساله دکترای جنگل داری دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات، ۱۵۸ صفحه.

۲- بهرامی ب.، عرفانزاده ر.، معتمدی ج. ۱۳۹۱. قابلیت خاک اکوسیستم های مرتعی در ترسیب کربن اتمسفری و تعدیل بحران تغییر اقلیم. سومین همایش بین المللی تغییر اقلیم و گاهشناسی درختی، پژوهشکده اکوسیستم های خزری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- زارع‌چاهوکی م.ع.، جعفری م. و آذرنیوند ح. ۱۳۸۴. بررسی رابطه بین تنوع گونه‌ای و عوامل محیطی در مراتع پشتکوه استان یزد، مجله پژوهش و سازندگی، ۲۱: ۱۹۲-۱۹۹.

۴- عبدی ن. ۱۳۸۴. برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون در استان های مرکزی و اصفهان، رساله دکتری علوم مرتع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۹۴ صفحه.

۵- معتمدی ج. ۱۳۸۵. مطالعات توجیهی- اجرایی پوشش گیاهی حوزه خانقاه سرخ ارومیه. دانشکده منابع طبیعی ارومیه.

۶- مختاری پ.، ایوبی ش.، مصدقی م.ر.، ملکیان م. ۱۳۹۰. اثر شیب و تغییر کاربری اراضی بر ذخایر مواد آلی خاک در اجزاء اندازه ای ذرات و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در اراضی تپه ماهوری لردگان.مجله مدیریت خاک و تولید پایدار.۱(۱): ۲۳-۴۲.

۷- محمودی طالقانی ا.، زاهدی امیری ق.، عادلی ا.، ثاقب طالبی خ. ۱۳۸۶. بررسی ترسیب کربن لایه های خاک در جنگل مدیریت شده. مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۵(۳):۲۴۱-۲۵۲.

۸- مصداقی م. ۱۳۸۳. مرتعداری در ایران. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۳۳ صفحه.

۹- ورامش س. ۱۳۸۸. مقایسه میزان ترسیب کربن گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در جنگل شهری (مطالعه موردی پارک چیتگر تهران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۲ صفحه.

۱۰- ورامش س.، حسینی م.، عبدی ن. ۱۳۹۰. تاثیر جنگل کاری با گونه های پهن برگ بر ترسیب کربن در خاک پارک جنگلی چیتگر. مجله پژوهش های خاک. ۲۵(۳): ۱۸۷-۱۹۶.

11- Allison L.E. 1975. Organic carbon. In: Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger L.E., Clark F.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Madison, pp. 1367.

12- Baldock J.A., and Oades. 1992. Aspects of the chemical structure of soil organic material as revealed by solid-state. Soil Biology and Biochemistry, 16: 1-42.

13- Banfield G.E., Bhatti J.S., Jiang H., Apps M.J. and, Karjalainen T. 2002. Variability in regional scale estimates of carbon stocks in boreal forest ecosystems: results from west-central Alberta. Forest Ecology Management, 169: 15–27

14- Blake G.R., and Hartge K.H. 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America. , 9(1):361-376.

15- Bruce J.P., Frome M., Haites E., Joanne H., Lal R. and Faustion K. 1999. Carbon sequestration in soils. Journal of Soil and Water Conservation, First Quarter. 124-139.

16- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 56: 464–465.

17- Cannel M. Dewar R.C. and Thorneley J.H.M. 1992. Carbon flux and storage in European forests. In: Teller, A, Mathy, P, Jeffers, J. N. R. (Eds.), Responses of Forest ecosystems to Environmental Chages. 208 pp.

18- 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.

19- Follett R.F. 2001. Organic Carbon Pools in Grazing Land Soils. In: Follett, R.F., J.M. Kimble and R. Lal (Eds), The Potential of US Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. Lewis Publishers, Boca Raton FL, pp. 65-86.

20- Gupta R.J. and, Rao, D.L.N. 1994. Potential of wastelands for sequestering carbon by reforestation. Current Science, 66: 378–380.

21- Hamburg S.P., Harris N., Jaeger J., Karl T.R., McFarland M., Mitchell J.F.B., Oppenheimer M., Santer S., Schneider S., Trenberth K.E. and, Wigley T.M.L. 1997. Common questions about climate change. United Nation

Environment Program, World Meteorology Organization.11pp.
22- IPCC. 2001. Climate Change. 2001. The Scientific Basis. IPCC third assessment report, Working group I, Technical Summary, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 881 pp.
23- IPCC. 2007. Climate Change. The scientific basis. IPCC fourth assessment report.
24- Janson A. and Olsson I. 2003. Assessment of soil organic carbon in semi-arid Sudan using GIS and the CENTURY model. Journal of Arid Environments, 54: 633-651.
25- Ken NC. 1999. Farming System Carbon Sequestration , Sustainable Intensive and Management, and Trade in Certified Emission Reductions , Proceeding of the June 15 and 16, world Bank round table.
26- Lal R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123: 1-22.
27- Page A.L., Miller R.H. and Keeney D.R. 1982. Methods of Soil Analysis. 2th ed. Part 2: Chemical and biological properties. Soil Science Society of America. Inc. publisher.
28- Rossi J., Govaerts A., De Vos B., Verbist B., Vervoort A., Poesen J., Muys B. and Deckers J. 2009. Spatial structures of soil organic carbon in tropical forests—a case study of Southeastern Tanzania. Catena, 77 : 19–27.
29- Six J., Conant R.T., Paul E.A. and Paustian K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. Plant and Soil, 241:155–176.
30- Skullberg U. 1991. Seasonal Variation of pH h_2o and pH $cacl_2$ in centimeter- layers of Mor Humus in a Picea Abies (L.) Karst stand. Sweden University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research.
31- Singh G., Bala N., Chaudhuri K.K. and Meena R.L. 2003. Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. Indian Forester, 129(7): 859-864.
32- Schuman G.E., Janzen H. and Herrick J.E. 2002. Soil Carbon Information and Potential Carbon Sequestration by Rangelands, Environmental Polltion, 116: 391-396.
33- Schlesinger. 1999. Soil Organic matter a Source of atmospheric CO_2. Department of Botany. North Carolina, USA. 111-125.
34- UNDP. 2000. Carbon sequestration in the decertified rangelands of Hossein Abad, Through community based management, program coordination, pp: 1-7.
35- Zahedi Gh. 1998. Relation between vegetation and soil characteristics in a mixed hard wood stand. Academic press, Ghent University (Belgium). 319pp.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.4, Sept.-Oct. 2013, p. 703-711

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۲، ص. ۷۱۱-۷۰۳

Effect of Slope and Vegetation on Carbon Sequestration in a Semi-dry Rangeland of Western Iran, Case Study: Khanghah Sorkh, Urmia

B. Bahrami[1] - R. Erfanzadeh[2]*- J. Motamedi[3]

Received:22-10-2012
Accepted:11-08-2013

Abstract

In this study, Khanghag Sorkh watershed was selected to study on the effect of vegetation and slope changes on soil carbon sequestration. Therefore, three vegetation communities were recognized and soil sampling was done within 0-30 cm depth in two slopes (10-30% and 30-50%). Soil samples were analyzed to measure carbon sequestration rate and some of other physico-chemical characteristics. The results showed that the soil of *Pteropyrum aucheri-Astragalus microcephulus, Astragalus microcephulus-Acanthophyllum microcephalum* and *Pteropyrum aucheri-Prangus uloptera* communities has sequestrated 96.10, 73.84 and 52.85 ton carbon per hectare, respectively. The slope of 10-30% and 30-50% has sequestrated 96.11 and 126.68 ton carbon per hectare, respectively. In general, the slope of 10-30% had higher carbon sequestration compared with the slope of 30-50% with the exception of *Pteropyrum aucheri-Astragalus microcephulus* community. Our estimations revealed That the soil of *Pteropyrum aucheri-Astragalus microcephulus*, *Astragalus microcephulus-Acanthophyllum microcephalum* and *Pteropyrum aucheri-Prangus uloptera* had ca. 19220$, 14768 and 10570$ economical values per hectare in respect to carbon fixation, , respectively. An investigation on other edaphic factors showed that most of soil factors were also significantly different between vegetation communities and slope classes (P<0.001). The results showed that in lower slopes, conservation and suitable utilization of vegetation could lead to conservation of soil organic carbon in dry and semi-dry regions.

Keywords: Khanghah Sorkh Urmia, Rangelands, Slope gradient, Soil carbon sequestration, Vegetation

1,2- MSc Student and Assistant Professor of Rangeland Management Department, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran
(*- Corresponding Author Email: Rezaerfanzadeh@modares.ac.ir)
3- Assistant Professor, Rangeland Management Department, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Iran