تأثیر فرسایش آبی و کاربری اراضی بر ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک

کاظم نصرتی[1]

چکیده

کربن آلی خاک یکی از مؤلفه‌های اصلی در ارزیابی کیفیت خاک محسوب می‌گردد. آگاهی از تغییرات میزان ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک در اثر فرآیندهای مختلف در درک نقش این فرآیندها در چرخه جهانی آن‌ها و در نتیجه کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای اهمیت زیادی دارد. ذخیره کربن آلی و نیتروژن توابعی از غلظت کربن و نیتروژن و وزن مخصوص خاک بوده که مستعد تغییر در اثر تغییرات کاربری اراضی و نوع فرسایش می‌باشند. هدف از این مطالعه ارزیابی ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک تحت تأثیر کاربری اراضی و فرآیند فرسایش در مقیاس حوزه آبخیز می‌باشد. به این منظور ذخیره کربن آلی و نیتروژن در ۱۱۲ نمونه خاک در واحدهای کاری دو حوزه هیو و زیدشت بر اساس فرسایش و کاربری اراضی شامل مرتع-فرسایش سطحی، اراضی باغ-فرسایش سطحی، اراضی دیم-فرسایش سطحی و مرتع-فرسایش آبراهه‌ای اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک تحت تاثیر کاربری اراضی و نوع فرسایش در هر دو حوزه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک در هر دو حوزه در اراضی باغ تحت تأثیر فرسایش سطحی در لایه سطحی (۲۰ سانتی‌متری) بیش از سایر کاربری‌ها می‌باشد و در حوزه هیو به ترتیب اراضی باغ- فرسایش سطحی، مرتع-فرسایش سطحی و مرتع-فرسایش آبراهه‌ای دارای ذخیره کربن آلی ٤٦، ۳۱ و ۲۱ تن بر هکتار ($p<0.005$) و در حوزه زیدشت به ترتیب اراضی باغ-فرسایش سطحی، مرتع-فرسایش سطحی، اراضی دیم-فرسایش سطحی و مرتع-فرسایش آبراهه‌ای دارای ذخیره کربن آلی ٤۳، ۲۳، ۲۳ و ۲۲ تن بر هکتار است ($p<0.005$). همچنین در مورد ذخیره نیتروژن کل خاک روند مشابه دیده می‌شود. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود هدررفت کربن آلی و نیتروژن در اثر فرسایش موجب کاهش ذخایر کربن و نیتروژن و پیرو آن سطح تولیدات در اراضی مرتعی شده است. نتایج این مطالعه می‌تواند در انتخاب روش‌های مناسب کنترل فرسایش به عنوان رویکردی کم‌هزینه و ساده در کاهش هدررفت کربن آلی و نیتروژن مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی:

ذخیره کربن آلی خاک، ذخیره نیتروژن کل خاک، کاربری اراضی، فرسایش خاک، حوزه‌های هیو و زیدشت

۱- استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی Email:k_nosrati@sbu.ac.ir

The Effect of Land use and Soil Erosion on Soil Organic Carbon and Nitrogen Stock

Nosrati K[۱]

Abstract

Soil organic carbon (SOC) is a principal component in soil quality assessment. Knowledge of SOC and total nitrogen (TN) stocks are important keys to understand the role of SOC in the global carbon cycle and, as a result, in the mitigation of global greenhouse effects. SOC and TN stocks are functions of the SOC concentration and the bulk density of the soil that are prone to changes, influenced by land use changes, and soil erosion processes. This study has evaluated SOC and TN stock under different land use types and soil erosion types at catchment scale.SOC and TN stocks were measured in 112 different sampling sites of four main groups of land use/soil erosion: rangeland/surface erosion, orchard/surface erosion, dry-farming land/surface erosion, and rangeland/streambank erosion at Hiv and Zidasht catchments, Iran. The results showed that SOC and TN stock under all land use and erosion groups was significantly different. SOC and TN stock was greatest in the orchard land use and the total SOC stock for the 20 cm soil layer under different land uses and erosion types varied for Hiv in order of orchard/surface erosion (46), rangeland/surface erosion (31), and rangeland/streambank erosion Mg/ha ($p<0.005$). For Zidasht, the variance was, in order:orchard/surface erosion (43), dry-farming land/surface erosion (23), rangeland/surface erosion (23), and rangeland/streambank erosion 22 Ton/Hector ($p<0.005$). The TN stock has the same trend in all studied land use and erosional groups. Therefore it was concluded that rangelands were affected by erosion, with a subsequent decreasein productivity level. These results can be useful as a scientific basis for selecting the proper soil erosion control methods as a simple, low-cost approach to mitigate SOC and TN loss.

Keywords:

Hiv and Zidasht catchments, Land use, Soil carbon stock, Soil erosion, Total nitrogen stock

۱ - Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University

مقدمه

بخش خشکی زیست‌کره می‌تواند هم به عنوان منبع رهاسازی و هم به عنوان محل ته‌نشست CO_2 هوا عمل نماید و به عنوان بخش کلیدی چرخه جهانی کربن مورد توجه قرار گیرد. رهاسازی کربن به اتمسفر حدود ۰/۳۷ تا ۱ پتاگرم در سال است (Lal و همکاران، ۲۰۰۳) در حالی‌که ته‌نشست آن ۰/۵۶ تا ۱ پتاگرم در سال است (Smith و همکاران، ۲۰۰۵). بررسی پویایی و چرخه کربن در خاک در قالب بررسی تغییرات اقلیم جهانی در اثر افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای و به ویژه CO_2 ناشی از فعالیت‌های انسان مورد توجه قرار گرفته است (IPCC، ۲۰۰۷). هدررفت تجمعی کربن به اتمسفر در نتیجه تغییرات کاربری اراضی در فاصله یک تا دو قرن گذشته ۱۸۰ تا ۲۰۰ پتاگرم کربن در سال بوده و برآورد میزان CO_2 با توجه به سناریوهای مختلف نشان از افزایش چشمگیر آن در قرن آتی دارد (IPCC، ۲۰۰۷). فرسایش خاک موجب افزایش غنی‌شدگی رسوبات از کربن (Wang و همکاران، ۲۰۱۰) و باعث انتقال و جابجایی کربن و تسریع فرآیند معدنی شدن (به طور مثال انتشار کربن) می‌گردد. Van Oost و همکاران (۲۰۰۷) میزان هدررفت سالانه کربن توسط فرسایش خاک را حدود ۲۶ درصد (سالانه حدود ۰/۱۲ پتاگرم کربن) برآورد نمودند که اهمیت نقش فرسایش خاک را به عنوان عامل مهم و اصلی ایجاد دی‌اکسید کربن اتمسفر بیان می‌نماید. بدین‌ترتیب رویکرد جدید در کاهش تغییر اقلیم، مدیریت خاک‌ها در حفظ ذخیره کربن موجود و افزایش ذخیره کربن از طریق تثبیت کربن اتمسفر می‌باشد.

ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک یکی از منابع طبیعی با ارزش خاک است که فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک را تعدیل نموده و موجب بهبود کیفیت آب با جذب آلاینده‌ها (به طور مثال آفت‌کش‌ها) می‌شود (Carter، ۲۰۰۲). همچنین تهی شدن ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک خطر فرسایش خاک را شدیدتر نموده و تولید محصولات را کاهش می‌دهد. هدرروی کربن آلی و نیتروژن از خاک‌های کشاورزی و مراتع (که تحت فشار مضاعف جهت تولید محصولات می‌باشند) به دلیل فرسایش و تخریب اراضی به صورت گاز، آبشویی و رواناب افزایش می‌یابد و موجب کاهش ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک می‌گردد. بنابراین به منظور کاهش میزان CO_2 در اتمسفر شناخت ذخیره‌گاه‌های کربن و نیتروژن آلی خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مطالعات متعددی در زمینه تغییرات ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک در مقیاس حوزه آبخیز در اثر تنش‌های محیطی انجام شده است که نتایج متفاوتی ارائه شده است. Guo و Gifford (۲۰۰۲) کاهش ۵۹ درصدی کربن آلی خاک را در اثر تغییر کاربری از چراگاه به کشاورزی و Dawson و Smith (۲۰۰۷) افزایش ۵۰ درصدی ذخیره کربن آلی پس از تبدیل اراضی زراعی به جنگل را گزارش نمودند. Boix-Fayos و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که در مقیاس حوزه آبخیز میزان

٤ درصد ذخیره کربن آلی در اثر فرسایش آبی کاهش می‌یابد. با این وجود Wang و همکاران (۲۰۱۰a) نشان دادند که اثر کاربری اراضی بر کربن آلی خاک تنها در لایه سطحی خاک (صفر تا ۵ سانتی‌متری) معنی‌دار است. Shukla و Lal (۲۰۰۵) نشان دادند که میزان ذخیره کربن آلی در لایه سطحی خاک به ترتیب در خاک‌های فاقد فرسایش، رسوبات، و خاک‌های فرسایش یافته (متوسط و شدید) کاهش می‌یابد که به دلیل تاثیر فرسایش بر کاهش کربن آلی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین ذخیره کربن آلی مربوط به خاک‌های جنگلی می‌باشد. این نتایج اثبات می‌نماید که کاربری اراضی و انواع فرسایش تاثیر بسزایی بر ذخیره کربن آلی خاک دارد. بدین ترتیب لازم است به منظور انتخاب راهکارهای مدیریت پایدار اراضی، رابطه مواد آلی و فرسایش را تحت تأثیر کاربری اراضی و سیستم مدیریت مختلف مورد بررسی قرار داد. بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی ذخیره کربن آلی و نیتروژن تحت تأثیر شرایط کاربری اراضی با توجه به نوع فرسایش در مقیاس حوزه آبخیز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مطالعاتی

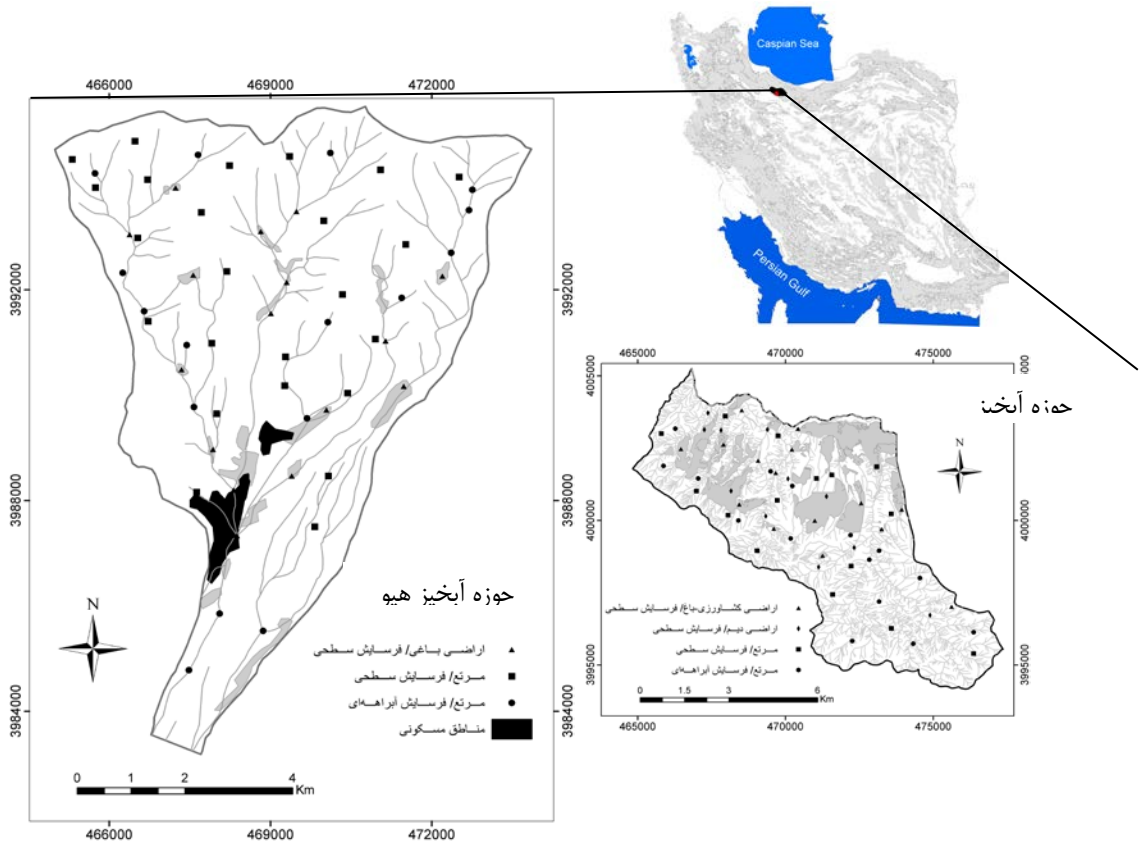
منطقه‌های مورد مطالعه در دو حوزه آبخیز هشتگرد و طالقان در منطقه ساوجبلاغ واقع شده است. حوزه آبخیز زیدشت یکی از زیرحوزه‌های آبخیز طالقان در موقعیت جغرافیایی "٤٦ '٣٧ °٥٠ و "٥٦ '٤٤ °٥٠ طول شرقی و "٣٥ '٥ °٣٦ و "٤٦ '١١ °٣٦ عرض شمالی در ارتفاعات جنوبی البرز مرکزی و در ۹۰ کیلومتری شمال غرب تهران واقع شده است (شکل ۱). مساحت حوزه تقریبا ٦٥ کیلومتر مربع است. طولانی‌ترین آبراهه آن به طول تقریبی ۲۱ کیلومتر و میانگین شیب حوزه ۱۹/۳ درصد و تراکم آبرهه‌ها ۲ است. میانگین بارش سالانه طولانی‌مدت (۲۰۰۳-۱۹۷۵) منطقه ٤٦٠ میلی‌متر می‌باشد. ارتفاع حداقل، حداکثر و ارتفاع متوسط وزنی به ترتیب برابر با ۱٦۹۰، ۳۰۳۸ و ۱۸۷۵ متر است. حوزه آبخیز هیو از زیرحوزه‌های آبخیز هشتگرد در مختصات جغرافیایی '٣٦ °٥٠ و '٤٣ °٥٠ طول شرقی و '٥٩ °٣٥ و '٧ °٣٦ عرض شمالی واقع شده است. مساحت حوزه تقریبا ۵۵ کیلومتر مربع است (شکل ۱). میانگین بارش سالانه طولانی‌مدت (۲۰۰۳-۱۹۷۵) منطقه ٤٤٤/٥ میلی‌متر می‌باشد. طولانی‌ترین آبراهه آن به طول تقریبی ۱۷ کیلومتر به امتداد شمالی–جنوبی است. شیب متوسط وزنی حوزه ۲۷ درصد و تراکم آبرهه‌ها ۵/۵۳ است. ارتفاع حداقل، حداکثر و ارتفاع متوسط وزنی به ترتیب برابر با ۱۲۸۰، ۲۷۲۰ و ۱۸٤۲ متر است.

نمونه برداری و تجزیه فیزیک و شیمیایی نمونه‌ها

با توجه به هدف مطالعه انواع فرسایش در دو گروه فرسایش‌های سطحی (سطحی و شیاری) و فرسایش زیرسطحی (آبراهه‌ای) تقسیم‌بندی و بر اساس کاربری اراضی واحدهای کاری تعریف و نمونه‌برداری انجام شد. در حوزه آبخیز

زیدشت تعداد ۱۵ نمونه خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) از واحد کاری مرتع- فرسایش کناره‌ای، تعداد ۱۵ نمونه از واحد کاری کشاورزی باغ - فرسایش سطحی، تعداد ۱۵ نمونه از واحد مرتع- فرسایش سطحی و تعداد ۱۱ نمونه از واحد کاری دیم فرسایش سطحی برداشت شد. در حوزه آبخیز هیو تعداد ۱۶ نمونه از واحد کاری مرتع- فرسایش کناره‌ای، تعداد ۱۶ نمونه از واحد کاری کشاورزی باغ- فرسایش سطحی و تعداد ۲۴ نمونه از واحد مرتع- فرسایش سطحی جمع‌آوری گردید (شکل ۱). در مجموع در منطقه مطالعاتی تعداد ۱۱۲ نمونه جمع‌آوری شد.

در نمونه‌های خاک به منظور محاسبه ذخیره کربن آلی و نیتروژن، خصوصیات کربن آلی و وزن مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شد. مقدار کربن آلی با استفاده از روش اکسیداسیون تر- واکلی بلاک تعیین شد. در این روش مواد آلی را با بیکرومات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک اکسید نموده و باقیمانده بیکرومات پتاسیم را با افزودن فرو آمونیوم سولفات از طریق تیتراسیون در مجاورت معرف ارتوفنانترولین اندازه‌گیری و مقدار کربن آلی محاسبه گردید (Skjemstad و Baldock، ۲۰۰۸).



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی و مکان‌های نمونه‌برداری در واحدهای کاری مختلف کاربری اراضی-فرسایش.

برای تعیین غلظت نیتروژن در نمونه‌های خاک، به نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه و به مدت ۲ ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد در مجاورت کاتالیزور (سولفات مس، پتاسیم و سلنیم) عمل هضم انجام شد، پس از آن غلظت نیتروژن با استفاده از دستگاه تقطیر کلدال FOSS مدل ۲۱۰۰ به روش کلدال اندازه‌گیری گردید (Rutherford و همکاران، ۲۰۰۸). وزن مخصوص ظاهری از طریق حجمی و کلوخه تعیین شد (Forster،

۱۹۹۵). در نهایت ذخیره کربن آلی و نیتروژن در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری در هر مکان نمونه‌برداری با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) محاسبه گردید (Morisada و همکاران، ۲۰۰٤).

$$SOCS = SOC \times BD \times D \quad (۱)$$

$$STNS = STN \times BD \times D \quad (۲)$$

که SOCS و STNS به ترتیب میزان ذخیره کربن آلی و نیتروژن کل خاک ($kg\ m^{-2}$)، SOC و STN به ترتیب غلظت کربن آلی و نیتروژن کل خاک ($gr\ kg^{-1}$)، BD وزن مخصوص ظاهری خاک ($Mg\ m^{-3}$) و D عمق نمونه‌برداری (m) می‌باشد.

تحلیل داده‌ها

جهت تحلیل داده‌ها از برنامه STATISTICA (StatSoft، ۲۰۰۱) استفاده شد. قبل از تحلیل، ابتدا داده‌ها جهت آزمون نرمال بودن با آماره کلموگروف–اسمیرنوف[۱] و جهت آزمون همگنی با آماره لیون[۲]، آزمایش شدند. همچنین داده‌ها در صورت عدم همگنی به $\arcsin\sqrt{\%}$ تبدیل شدند. در نهایت داده‌ها با آزمون تحلیل واریانس[۳] با روش Tukey-HSD تحلیل شدند و جهت مقایسه از آماره Post-hoc استفاده شد.

نتایج و بحث

ذخیره کربن آلی و نیتروژن کل برای عمق ۲۰–۰ سانتی‌متر برای حوزه‌های آبخیز هیو و زیدشت ارائه گردیده است. عمق ۲۰–۰ سانتی‌متر مستقیما تحت تأثیر اقلیم، فرسایش و مدیریت اعمال شده بر خاک و دارای اثر متقابل با اتمسفر بوده و به تغییرات محیطی، فرسایش و استفاده اراضی حساس می‌باشد. میزان کربن که در لایه لاشبرگ بعضی خاک‌ها وجود دارد، به دلیل بررسی اثر فرسایش، اندازه‌گیری نشده و در محاسبات منظور نگردیده است. نتایج تحلیل واریانس در واحدهای کاری مورد نظر در هر دو حوزه در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد تفاوت مقدار ذخیره کربن آلی خاک در حوزه هیو در واحدهای کاری مختلف تحت تأثیر فرسایش، بارز و از نظر آماری معنی‌دار است ($F = ١٤/٧,\ p<٠/٠٠٥$؛ جدول ۱). بنابراین ذخیره کربن آلی در این حوزه تحت تأثیر فرسایش و نوع استفاده از اراضی می‌باشد. با توجه به شکل ۲ بر اساس آزمون Post-hoc و به روش توکی میانگین ذخیره کربن آلی در تمام گروه‌ها دارای تفاوت معنی‌دار است (شکل ۲). به طور متوسط مقدار کربن آلی ذخیره شده در عمق ۲۰–۰ سانتی‌متر واحد کاری با کاربری اراضی باغ و فرسایش سطحی به ترتیب ۱۵ و ۲۵ تن در هکتار ($Mg\ ha^{-1}$) بیش از واحدهای کاری مرتع با فرسایش سطحی و مناطق با فرسایش آبراهه‌ای است.

---

۱ - Kolmogorov-Smirnov

۲ - Levene Test

۳ - Analysis of Variance (ANOVA)

همچنین میانگین ذخیره نیتروژن کل در تمام واحدهای تحت فرسایش در حوزه هیو دارای تفاوت معنی‌دار است (F = ۱۳/۲, p= <۰/۰۰۵) و مقایسه درون گروهی با روش توکی نشان داد که گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار هستند (شکل ۳).

مقایسه میانگین ذخیره کربن آلی بر اساس تحلیل واریانس در حوزه آبخیز زیدشت نشان داد که در ٤ واحد کاری تحت فرسایش اختلاف معنی‌دار است (F = ٦/٦, p= ۰/۰۰۵؛ جدول ۱)، اما با مقایسه درون‌گروهی مشخص شد که میانگین ذخیره کربن آلی در واحد اراضی کشاورزی با فرسایش سطحی با دیگر واحدها دارای تفاوت معنی‌دار است اما بقیه گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند (شکل ۲). همین رویه در مورد نیتروژن کل در این حوزه نیز صدق می‌کند (F = ٤/٦, p= ۰/۰۰٦؛ جدول ۱). به طور متوسط میزان کربن آلی ذخیره شده در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر واحد کاری با کاربری کشاورزی باغ- فرسایش سطحی دو برابر واحدهای کاری دیگر است. Kuhn و همکاران (۲۰۰۹) نتیجه گرفتند که فرسایش تأثیر قابل توجهی بر هدررفت کربن در اراضی کشاورزی و در نتیجه بر کاهش ذخیره کربن و نیتروژن و درنهایت تأثیر در چرخه کربن دارد. همچنین نتایج مشابه توسط Wang و همکاران در بلژیک (۲۰۱۰b) ارائه شده است. مواد آلی در شرایطی که به اکوسیستم آبی وارد گردد موجب اثرات مهم بر کیفیت آب می‌گردد. نتایج مطالعه Yimer و همکاران (۲۰۰٦) در اتیوپی نشان داد ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک به طور قوی تحت تأثیر توپوگرافی و پوشش گیاهی قرار دارد.

جدول ۱- تحلیل واریانس ذخیره کربن آلی و نیتروژن تحت تاثیر کاربری اراضی و نوع فرسایش

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
ذخیره کربن آلی خاک حوزه هیو				
بین گروهی	۱۱۸۱۸	۲	۵۹۰۹	**۱٤/۷
درون گروهی	۲۱۳۲٦	۵۳	٤۰۲/٤	
کل	۳۳۱٤٤	۵۵		
ذخیره نیتروژن کل خاک حوزه هیو				
بین گروهی	۹۳/۳	۲	٤٦/٦	**۱۳/٦
درون گروهی	۱۸۱/۵	۵۳	۳/٤	
کل	۲۷٤/۸	۵۵		
ذخیره کربن آلی خاک حوزه زیدشت				
بین گروهی	۱۰۰۷۷/۲	۳	۳۳۵۹	*٦/٦
درون گروهی	۲٦۲۹۲/٤	۵۲	۵۰۵/٦	
کل	۳٦۳٦۹/٦	۵۵		
ذخیره نیتروژن کل خاک حوزه زیدشت				
بین گروهی	۷۱/۹	۳	۲٤	*٤/٦
درون گروهی	۲۷۰/٦	۵۲	۵/۲	
کل	۳٤۲/۵	۵۵		

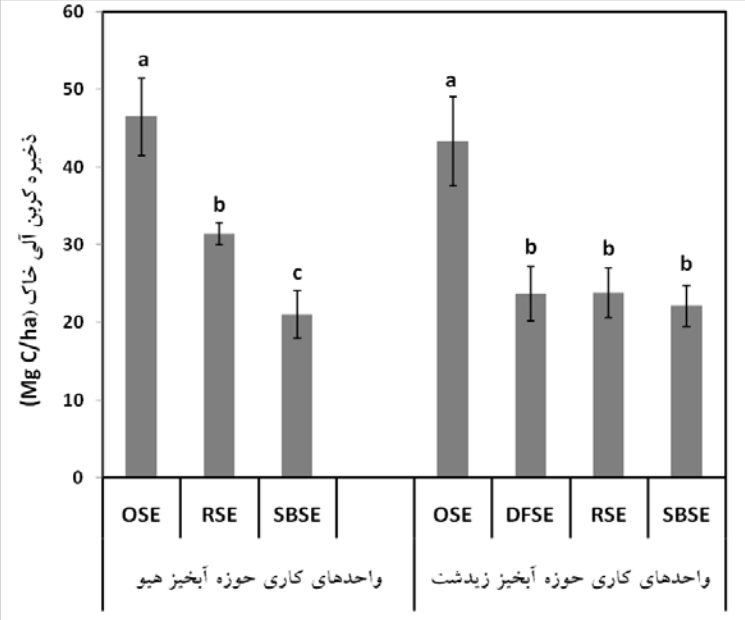
** و * به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱ می‌باشد.

هرچند کاربری اراضی کشاورزی باغ در هر دو حوزه تحت فرسایش است اما بالاتر بودن میزان کربن آلی و نیتروژن کل در این اراضی می‌تواند با عملیات مدیریتی در این اراضی مرتبط باشد. کشاورزان به طور وسیع و گسترده از حاصلخیزکننده‌ها مانند کود اوره و دامی و همچنین کمپوست‌ها استفاده می‌نمایند. بنابراین در این اراضی حجم بیشتری از مواد آلی در خاک باقیمانده موجب افزایش کربن آلی و نیتروژن خاک در این اراضی می‌گردد. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه Wang و همکاران (۲۰۱۰a) در فلات رسی چین مطابقت دارد. آنها نتیجه گرفتند که میزان ذخیره کربن آلی در اراضی باغ حتی بیش از اراضی جنگلی می‌باشد. Zinn و همکاران (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند سیستم متراکم کشاورزی موجب کاهش ۱۰/۳ درصدی ذخیره کربن آلی در عمق ۲۰ سانتی‌متری در اراضی کشاورزی در برزیل شده است. Woomer و همکاران (۲۰۰٤) میزان ذخیره کربن را بین ۹ تا ۱۱۳ تن کربن بر هکتار به ترتیب در اراضی تخریب شده ساوانا تا اراضی جنگلی در سنگال برآورد نمودند.

کربن آلی خاک در نتیجه تغییر کاربری اراضی تغییر می‌نماید که در چرخه کربن نیز مؤثر می‌باشد. افزایش میزان کربن آلی و نیتروژن خاک بیانگر افزایش ورودی کربن است. با این وجود کاربری اراضی متفاوت یا پوشش گیاهی مختلف پتانسیل متفاوتی در افزایش کربن آلی خاک دارند. در این مطالعه اراضی باغ بیشترین ذخیره کربن و نیتروژن را نشان داد. این مشخص می‌نماید که پوشش اراضی مرتعی به دلایل مختلف مانند چرای بیش از حد بسیار فقیر شده است که امکان افزایش مواد آلی در این اراضی بسیار محدود می‌باشد. در صورتی که پوشش گیاهی طبیعی می‌تواند نقش مهمی در بهبود کیفیت خاک از طریق افزایش مواد آلی به لایه‌های خاک سطحی داشته باشد. سیستم‌های مدیریت کاربری اراضی مورد استفاده در حفاظت آب و خاک موجب بهبود کیفیت خاک و در نتیجه تأثیر بر چرخه جهانی کربن و بیلان کربن اکوسیستم می‌گردد. ذخیره کربن آلی خاک عامل قابل ملاحظه بزرگ از ذخیره کربن خشکی است که پویایی آن به طور شدید تحت تاثیر چرخه کربن جهانی است. تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به کشاورزی باعث تهی شدن ذخیره کربن آلی خاک می‌شود به طوری‌که شخم بیش از حد و کاربرد حاصلخیز کننده‌ها در اثر عملیات‌های کشاورزی عامل انتشار یک پنجم کربن به اتمسفر می‌باشد (Robert، ۲۰۰٦).

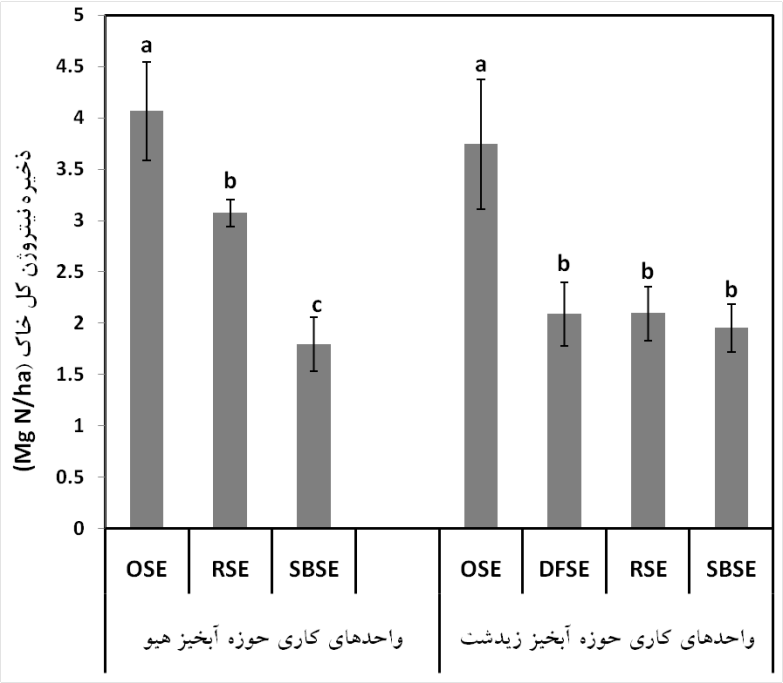
میانگین ذخیره کربن آلی تا عمق ۲۰ سانتی‌متری در حوزه هیو برای واحدهای کاری باغ–فرسایش سطحی، مرتع–فرسایش سطحی و فرسایش آبراهه‌ای در حوزه آبخیز هیو به ترتیب برابر ٤/٦، ۳/۱ و ۲/۱ کیلوگرم بر متر مربع، و برای حوزه زیدشت برای واحدهای کاری کشاورزی باغ–فرسایش سطحی، مرتع–فرسایش سطحی، دیم‌زار–فرسایش سطحی و فرسایش آبراهه‌ای در حوزه آبخیز هیو به ترتیب برابر ٤/۳، ۲/٤، ۲/٤، و ۲/۲ کیلوگرم بر متر مربع برآورد شد. میانگین جهانی کربن آلی خاک تا این عمق حدود ۳/٤ کیلوگرم در هر متر مربع تخمین زده

شده است (Robert، ۲۰۰۶). بدین ترتیب تنها واحد کاری اراضی تحت کشت وکار کشاورزی آبی و باغ دارای ذخیره کربن آلی بیشتر و واحدهای کاری دیگر دارای ذخیره کربن آلی کمتر از میانگین جهانی هستند.



شکل ۲- میزان ذخیره کربن آلی در واحدهای کاری تحت تاثیر فرسایش و کاربری اراضی مناطق مطالعاتی. حروف مشابه در هر حوزه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ می‌باشد. RSE: واحد کاری مرتع-فرسایش سطحی؛ SBSE: واحد کاری مرتع-فرسایش آبراهه‌ای و OSE: واحد کاری اراضی باغی-فرسایش سطحی و DFSE: واحد کاری اراضی دیم-فرسایش سطحی.

حوزه‌های هیو و زیدشت دارای اقلیم با بارندگی حدود ۵۵۰-٤٤۰ میلی‌متر و عمدتا به صورت برف در زمستان و با زمستان‌های سرد می‌باشند. بنابراین هنگامی که رطوبت کافی در خاک وجود دارد دمای مناسب برای فعالیت موجودات زنده تجزیه کننده وجود نداشته و کربن آلی و به تبع آن نیتروژن در خاک تجمع می‌یابد. اما به دلیل فرآیند فرسایش به ویژه در خاک‌های بدون پوشش گیاهی تولید زیتوده گیاهی کمتری وجود دارد و به دلیل فرسایش ذخیره مواد آلی خاک کاهش می‌یابد. Harms و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده نمودند که مقدار ذخیره کربن در منطقه با بارش ٦۰۰ تا ۷۰۰ میلیمتر تقریبا دو برابر مناطقی است که ٤۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر بارندگی دارند. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد میزان ذخیره کربن آلی در عمق ۳۰ سانتی‌متری در اثر از بین رفتن پوشش گیاهی حدود ۷ درصد کاهش می‌یابد. Morisada و همکاران (۲۰۰٤) نیز مقدار ذخیره کربن آلی در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری را ٦ کیلوگرم در متر مربع در خاک‌های حاصل از خاکسترهای آتشفشانی ژاپن گزارش نموده‌اند. Lettens و همکاران (۲۰۰۵) میزان ذخیره کربن آلی را در اراضی جنگلی، گراسلند و اراضی کشاورزی در بلژیک را به ترتیب ٦/٦، ٦/٤ و ۳/٦ کیلوگرم در متر مربع گزارش نمودند.



شکل ۳- میزان ذخیره نیتروژن کل در واحدهای کاری تحت تاثیر فرسایش و کاربری اراضی مناطق مطالعاتی. حروف مشابه در هر حوزه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ می‌باشد. RSE: واحد کاری مرتع-فرسایش سطحی؛ SBSE: واحد کاری مرتع-فرسایش آبراهه‌ای و OSE: واحد کاری اراضی باغی-فرسایش سطحی و DFSE: واحد کاری اراضی دیم-فرسایش سطحی.

شکل ٤ میانگین ذخیره کربن در واحدهای کاری هر دو حوزه مورد مطالعه را در مقایسه با ذخیره کربن آلی در برخی بیوم‌های جهانی دیگر و مناطق فرسایش یافته آمریکا نشان می‌دهد. با مقایسه میزان کربن ذخیره خاک مناطق مورد مطالعه مشخص می‌گردد که به دلیل فرسایش میزان زیادی از ذخیره کربن در این دو حوزه کاسته شده است. همچنین میزان ذخیره کربن در بیوم‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی و گراسلندها در مقیاس جهانی بیش از میزان کربن در این دو حوزه می‌باشد.

میزان نیتروژن کل ذخیره شده در خاک در عمق تا ۲۰ سانتی‌متری در هر دو حوزه مورد مطالعه از روند مشابه ذخیره کربن آلی خاک تبعیت نموده و همبستگی بالایی دارند. بیشترین میزان ذخیره نیتروژن در اراضی کشاورزی در هر دو حوزه مشاهده شده است که حداقل میزان ۲ تن در هکتار بیش از سایر واحدها است. حال چنانچه بخواهیم با استفاده از روش‌های مدیریتی میزان نیتروژن از دست رفته در اثر فرسایش را جبران نماییم حداقل بایستی میزان ٤٠ تن در هکتار کود با فرض ۵ درصد نیتروژن به خاک اضافه گردد. در نتیجه راهکارهای کنترل فرسایش یا پیشگیری از فرسایش مناسب‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش جلوگیری از هدررفت و کاهش کربن آلی خاک و نیتروژن کل می‌باشد. Woomer و همکاران (۲۰۰٤) با اندازه‌گیری و مدل‌سازی تغییرات کربن آلی مشاهده نمودند که ترمیم ذخیره کربن آلی مراتع تخریب شده بسیار کندتر از روند تخریب بوده و به زمان زیادی نیاز دارد.

شکل ٤- مقایسه کربن آلی خاک تا عمق ۲۰ سانتی‌متری حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه با برخی مطالعات منطقه‌ای و جهانی بر اساس داده‌های Shukla و Lal (۲۰۰۵) و ICCP (۲۰۰۷).

کربن موجود در اتمسفر حدود ۷٦۰ پتا گرم بوده که با سرعت ۳/۲ پتا گرم در سال افزایش می‌یابد. میزان ذخیره کربن بیوم‌های خشکی، ۳/۲ برابر کربن اتمسفر می‌باشد (IPCC، ۲۰۰۷). بنابراین کمترین دستخوردگی می‌تواند باعث افزایش سطح CO_2 اتمسفر گردد. همچنین با توجه به زمان طولانی جهت تثبیت کربن در اقیانوس و ژئولوژیک، مناسب‌ترین گزینه در تثبیت کربن بخش خاک و گیاه می‌باشد. بدین ترتیب تخمین ذخیره کربن خاک و بیلان آن در مقیاس‌های مختلف مانند پلات، حوزه آبخیز، ملی، منطقه‌ای و جهانی و مدل‌سازی آن بسیار مهم می‌باشد. همچنین به دلیل توجهات زیست‌محیطی مرتبط با افزایش و غنی شدن گازهای گلخانه‌ای، تهی‌شدگی و کاهش مداوم کربن آلی خاک در اراضی کشاورزی و غیر کشاورزی و تأثیر معکوس بر تولیدات خاک، ذخیره کربن آلی و نیتروژن خشکی‌ها موضوع جهانی مهمی محسوب می‌گردد.

نتیجه‌گیری

میزان ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک شاخصی از ارزیابی کیفیت خاک محسوب می‌گردد. تغییرات مکانی ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک بر اساس نوع کاربری اراضی و فرسایش در مقیاس حوزه آبخیز متفاوت می‌باشد. در منطقه مطالعاتی در هر دو حوزه اراضی باغ دارای بیشترین میزان ذخیره کربن آلی و نیتروژن است که می‌تواند دلیلی بر استفاده از حاصلخیزکننده‌های مختلف باشد. در حوزه هیو پس از اراضی باغ به ترتیب مراتع با فرسایش سطحی و مراتع با فرسایش آبراهه‌ای بیشترین ذخیره مواد آلی را به خود اختصاص داده‌اند. در حوزه زیدشت

دیمزار و مراتع با فرسایش سطحی و آبراهه‌ایی بیشترین سهم ذخیره مواد آلی را به خود اختصاص می‌دهند. محققان متعددی ذخیره ٤٠ تا ٥٠ درصد کربن آلی و نیتروژن موجود در خاک را در افق‌های سطحی خاک گزارش نموده‌اند (به طور مثال: Yimer و همکاران، ٢٠٠٦). ذخیره مقدار زیادی از کربن آلی و نیتروژن خاک در افق‌های سطحی نشان دهنده اهمیت حفاظت از این لایه‌های سطحی در برابر عواملی است که باعث هدررفت عناصر غذایی به صورت مستقیم مانند فرآیندهای مختلف فرسایش و یا غیر مستقیم از طریق فراهم‌آوری شرایط تجزیه سریع‌تر مواد آلی از خاک می‌گردند. نتایج این تحقیق اثبات می‌نماید که روش‌های کنترل فرسایش علاوه بر بهبود کیفیت خاک موجب ترسیب کربن آلی در خاک شده و نقش مهمی در کنترل تغییر اقلیم خواهد داشت. همچنین عدم قطعیت در برآورد میزان ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک در نتیجه عدم همگنی محیطی و پیچیدگی اکولوژیک در مقیاس‌های مختلف تحت تأثیر کاربری اراضی و فرسایش وجود دارد. بنابراین لازم است محققان ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک را در مقیاس‌های مختلف پلات و منطقه‌ای تحت تأثیر فرسایش با لحاظ نمودن شرایط محیطی مختلف مورد بررسی قرار دهند.

منابع

1-Boix-Fayos, C., de Vente, J., Albaladejo, J. and Martínez-Mena, M. 2009. Soil carbon erosion and stock as affected by land use changes at the catchment scale in Mediterranean ecosystems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 133: 75-85.

2-Carter, M.R. 2002. Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. Agronomy Journal, 94: 38-47.

3-Dawson, J.J.C. and Smith, P. 2007. Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. Science of The Total Environment, 382: 165-190.

4-Forster, J.C. 1995. Soil physical analysis. In: K. Alef and P. Nannipieri (Editors), Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry, Academic Press Inc, San Diego, CA.

5-Guo, L.B. and Gifford, R.M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. Global Change Biology, 8: 345-360.

6-Harms, B.P., Dalal, R.C. and Cramp, A.P. 2005. Changes in soil carbon and soil nitrogen after tree clearing in the semi-arid rangelands of Queensland. Australian Journal of Botany, 53: 639-650.

7-IPCC. 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, NewYork.

8-Kuhn, N.J., Hoffmann, T., Schwanghart, W. and Dotterweich, M. 2009. Agricultural soil erosion and global carbon cycle: controversy over? Earth Surface Processes and Landforms, 34: 1033–1038.

9-Lal, R., Griffin, M., Apt, J., Lave, L. and Morgan, M.G. 2004. Managing Soil Carbon. Science, 304: 393.

10-Lettens, S., Van Orshoven, J., van Wesemael, B., De Vos, B. and Muys, B. 2005. Stocks and fluxes of soil organic carbon for landscape units in Belgium derived from heterogeneous data sets for 1990 and 2000. Geoderma, 127: 11-23.

11-Morisada, K., Ono, K. and Kanomata, H. 2004. Organic carbon stock in forest soils in Japan. Geoderma, 119: 21-32.

12-Robert, M. 2006. Global change and carbon cycle: the position of soils and agriculture. In: E. Roose, R. Lal, C. Feller, B. Barthès and B. Stewart (Editors), Soil Erosion and Carbon Dynamics Advances in Soil Science, CRC Press Boca Raton.

13-Rutherford, P.M., McGill, W.B., Arocena, J.M. and Figueiredo, C.T. 2008. Total nitrogen. In: M.R. Carter and E.G. Gregorich (Editors), Soil Sampling and Methods of Analysis, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.

14-Shukla, M.K. and Lal, R. 2005. Erosional effects on soil organic carbon stock in an on-farm study on Alfisols in west central Ohio. Soil and Tillage Research, 81: 173-181.

15-Skjemstad, J.O. and Baldock, J.A. 2008. Total and organic carbon. In: M.R. Carter and E.G. Gregorich (Editors), Soil Sampling and Methods of Analysis, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.

16-Smith, S.V., Sleezer, R.O., Renwick, W.H. and Buddemeier, R.W. 2005. Fates of eroded soil organic carbon: Mississippi basin case study. Ecological Applications, 15: 1929-1940.

17-StatSoft. 2001. STATISTICA: [data analysis software system], Version 6.0 for Windows update. StatSoft, Inc.

18-Van Oost, K., Quine, T.A., Govers, G., De Gryze, S., Six, J., Harden, J.W., Ritchie, J.C., McCarty, G.W., Heckrath, G., Kosmas, C., Giraldez, J.V., Marques Da Silva, J.R. and Merckx, R. 2007. The impact of agricultural soil erosion on the global carbon cycle. Science, 318: 626-629.

19-Wang, Y., Fu, B., Lü, Y., Song, C. and Luan, Y. 2010a. Local-scale spatial variability of soil organic carbon and its stock in the hilly area of the Loess Plateau, China. Quaternary Research, 73: 70-76.

20-Wang, Z., Govers, G., Steegen, A., Clymans, W., Van den Putte, A., Langhans, C., Merckx, R. and Van Oost, K. 2010b. Catchment-scale carbon redistribution and delivery by water erosion in an intensively cultivated area. Geomorphology, 124: 65-74.

21-Woomer, P.L., Tieszen, L.L., Tappan, G., Touré, A. and Sall, M. 2004. Land use change and terrestrial carbon stocks in Senegal. Journal of Arid Environments, 59: 625-642.

22-Yimer, F., Ledin, S. and Abdelkadir, A. 2006. Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by topographic aspect and vegetation in the Bale Mountains, Ethiopia. Geoderma, 135: 335-344.

23-Zinn, Y.L., Lal, R. and Resck, D.V.S. 2005. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. Soil and Tillage Research, 84: 28-40.