برآورد ذخیره اشکال مختلف کربن به عنوان تابعی از اقلیم در خاک‌های تشکیل شده بر روی بازالت

احمد حیدری، علیرضا راهب و شهلا محمودی
استاد، فارغ التحصیل دکتری و استاد بازنشسته گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران

چکیده

تغییرات اشکال مختلف کربن خاک یکی از مهمترین شاخص‌های نشان‌دهنده تاثیر اقلیم بر تشکیل خاک است. اطلاع از مقادیر هر یک از اشکال کربن خاک اعم از آلی (SOC)، غیرآلی (SIC) و کل (STC)، لازمه مدیریت کربن خاک در مقیاس جهانی است. تاثیر اقلیم خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب بر روی ذخیره کربن آلی، کربن غیرآلی و کربن کل در ۱۸ خاکرخ در یک ردیف اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار و ذخیره کربن آلی با عمق روند معکوس دارد، به گونه‌ای که در هر سه منطقه در افق‌های سطحی بیشتر از افق‌های زیرین بوده و با افزایش عمق کاهش می‌یابد. در حالیکه نتایج بیانگر افزایش غالب مقدار کربن غیرآلی در هر سه منطقه با افزایش عمق بود و عمق تجمع کربنات کلسیم نیز با افزایش بارندگی بیشتر می‌شود. بیشتر بودن مقدار ذخیره کربن غیرآلی نسبت به ذخیره کربن آلی در منطقه خشک نیز موید تاثیر بیشتر اقلیم نسبت به مقدار کربن آلی در ذخیره کربن غیرآلی است.

واژه های کلیدی: اقلیم خشک، بازالت، کربن کل خاک، کربنات کلسیم

مقدمه

نقش مهم کربن خاک در چرخه جهانی کربن و قابلیت آن در تعدیل یا تشدید انتشار گازهای گلخانه‌ای و تاثیر آن بر روی گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، موجب تمرکز مطالعات روی کربن خاک شده و مباحث مربوط به کربن به یکی از مهمترین مباحث قرن ۲۱ تبدیل گردیده است (IPCC, 2007; Lal, 2008). عوامل بسیاری مانند توپوگرافی، کاربری اراضی، نوع خاک، مدیریت اراضی و پوشش گیاهی تغییرات کربن را در مقیاس‌های مختلف کنترل می‌کنند (Iqbal et al, 2008). ولی در مناطق وسیع و در مقیاس جهانی، تنوع اقلیمی اولین عامل کنترل کننده تغییرات کربن خاک است (Wang et al, 2013). محققان بسیار زیادی در سراسر جهان جهت برآورد پتانسیل توقیف کربن خاک، اقلیم، خاک و عوامل مدیریتی را مدنظر قرار دادند (Schulp et al., 2008). اقلیم از مهمترین عوامل کنترل کننده کربن آلی خاک می‌باشد زیرا که به وسیله تنظیم بهره‌وری خالص اولیه بر روی منبع کربن ورودی به خاک و از طریق کنترل غیرآلی‌شدن بر روی هدررفت آن موثر است.

مشخص و مبرهن است که توصیف صحیح کربن خاک و کنترل عوامل موثر بر اشکال مختلف آن، پیش‌بینی پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیم و پوشش گیاهی را آسان می‌نماید (Jobbágy and Jackson, 2000). به طور کلی شرایط زیست‌اقلیمی بر روی میزان اشکال کربن خاک نقش تعیین کننده‌ای ایفا می‌نماید (Bergstrom et al., 2001). به عبارت دیگر عوامل اقلیمی شامل نوع اقلیم و متغیرهای تعیین کننده آن نظیر دما، بارندگی، تبخیر و تعرق تاثیر بیشتری بر روی تنظیم کربن موجود در خاک دارد (Alvarez and Lavado, 1998).

خاک‌ها سومین منبع جهانی کربن هستند و کربن موجود در خاک یکی از مهم‌ترین منابع کربن موجود در جهان بوده و شامل دو شکل کربن آلی (SOC)[1] و غیرآلی (SIC)[2] است (Shi et al, 2012). اهمیت منابع آلی و غیرآلی کربن خاک در چرخه کربن مشخص است (Lal, 2004)، به گونه ای که طبق گزارشات خاک‌ها تا عمق یک متری خود حاوی ۲۵۰۰ پتاگرم کربن

[1] SOC: Soil Organic Carbon
[2] SIC: Soil Inorganic Carbon

بوده که ۱۵۰۰ پتاگرم آن کربن آلی و ۱۰۰۰ پتاگرم آن غیرآلی می‌باشد. ذخیره کربن آلی خاک ۳/۳ برابر بیشتر از کربن اتمسفری (۸۰۰ پتاگرم) و ۴/۵ برابر ذخیره زیستی موجود درگیاهان و موجودات زنده زمین (۶۳۰ پتاگرم) می‌باشد (Wang et al, 2013).

در کنار کربن آلی خاک، بسیاری از خاک‌ها دارای شکل متفاوتی از کربن تحت عنوان کربن غیرآلی نیز هستند. این نوع کربن حدود یک سوم از منابع کربن را به خود اختصاص داده است (Hirmas et al, 2010) اما در ارتباط با عوامل موثر بر آن و پویایی آن اطلاعات بسیار اندکی وجود دارد (Wu et al, 2009). کربن غیرآلی نقش مهمی در ذخیره درازمدت کربن در خاک دارد (Aranda and Oyonarte, 2005). از سوی دیگر در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ذخایر کربن غیرآلی ۲ تا ۱۰ برابر بیشتر از ذخیره کربن آلی می‌باشد و علاوه بر این سرعت تشکیل و تجمع کربن غیرآلی بسیار بیشتر از کربن آلی است (Lal, 2008).

نتایج اغلب بررسی‌ها حاکی است که مراتع جهان به‌طور فعال در حال ذخیره‌کردن کربن و تعدیل و کاهش غلظت دی-اکسیدکربن اتمسفر هستند و مقدار آن در آینده ممکن است به‌طور فزاینده‌ای افزایش یابد و بر طبق مطالعات گذشته مراتع ۱۰-۳۰ درصد کربن آلی اکوسیستم‌های جهان را ذخیره می‌کنند (Snyman and du Preez, 2005). به همین دلیل سازمان-های بین‌المللی مانند FAO و UNDP مناطق خشک و نیمه خشک دارای پوشش مرتعی را برای اجرای برنامه‌های توقیف کربن به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای معرفی نمودند (Lal, 2008). البته میزان ظرفیت ذخیره اشکال کربن به نوع مرتع، اقلیم، مدیریت و خصوصیات خاک بستگی دارد (Cui et al, 2005).

بیشتر مطالعات انجام شده درباره تغییرات کربن خاک در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب جهان بوده است و اطلاعات در رابطه با میزان و چگونگی ذخیره کربن در زیست‌بوم‌های خشک و نیمه‌خشک به طور قابل ملاحظه‌ای کم است. در حالیکه این موضوع در ایران اهمیت ویژه‌ای می‌یابد چرا که بیش از ۸۲ درصد مساحت کشور در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود. به همین دلیل هدف این تحقیق بررسی ذخیره اشکال مختلف کربن تحت تاثیر اقلیم در سه زیست اقلیم متفاوت در خاک‌های دارای پوشش مرتعی می باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سه منطقه با کاربری مرتعی از یک ردیف اقلیمی واقع در سه زیست‌اقلیم متفاوت در تشکیلات زمین‌شناسی بازالتی دوره ائوسن صورت گرفت. منطقه خشک واقع در شهرستان اشتهارد استان البرز با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۱۵۰ میلی‌متر دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک بوده و منطقه نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی مزیک به ترتیب در شهرستان قزوین با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر و شهرستان رودبار با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۴۰۰ میلی‌متر واقع می‌باشد (USDA-NRCS, 2012b). پوشش گیاهی مناطق مورد مطالعه در مناطق خشک غالباً گیاهان مرتعی یک ساله با تراکم کم بوده در حالی‌که در منطقه نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب علاوه بر آن، گراس‌ها و گرامینه‌ها با تراکم بیشتر نیز مشاهد شدند. پس از تعیین محدوده و بررسی نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و زمین-شناسی منطقه، تعداد ۱۸ خاکرخ (۶ خاکرخ در هرمنطقه) انتخاب، حفر، تشریح و نمونه‌برداری گردید.

جهت انجام مطالعات فیزیکوشیمیایی، نمونه‌های مورد نظر پس از هواخشک کردن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و آزمایش‌های لازم از جمله وزن مخصوص ظاهری به روش سیلندر، کربن آلی (والکلی-بلاک، ۱۹۳۴) و درصد کربن غیرآلی (درصد کربنات کلسیم معادل-CCE) با استفاده از روش کلسیمتری انجام گردید (Sparks, 1996). ذخیره کربن آلی هر افق خاک براساس معادله ۱ بر حسب مگاگرم در هکتار ($Mg\ ha^{-1}$) برآورد گردید (Batjes, 1996).

$$SOC = \sum SOC_i = \rho_i \times P_i \times D_i \times (1-S_i) \times 10^4 \quad (1)$$

در این رابطه تعداد افق‌های مطالعه شده هر پروفیل k، مقدار کربن آلی ذخیره SOCi برحسب $Mg\ ha^{-1}$، کربن آلی هر افق Pi بر حسب $g\ C\ g^{-1}$، وزن مخصوص ظاهری هر افق خاک ρi بر حسب $Mg\ m^{-3}$، ضخامت هر افق نیز Di بر حسب متر وSi درصد سنگریزه‌های بزرگتر از دو میلی‌متر می‌باشد.

جهت برآورد ذخیره کربن غیرآلی بر حسب مگاگرم در هکتار ($Mg\ ha^{-1}$) نیز از معادله ۲ استفاده شد:

$$SIC = \sum_{i=1}^{k} SICi = \sum_{i=1}^{k} 0.12 \times \rho i \times Pi \times Di \times (1 - Si) \times 10^4 \quad (۲)$$

در این رابطه تعداد افق‌های مطالعه شده هر پروفیل k ، مقدار کربن غیرآلی ذخیره SICi برحسب $Mg\ ha^{-1}$، کربن غیرآلی هر افق Pi بر حسب $g\ C\ g^{-1}$، وزن مخصوص ظاهری هر افق خاک ρi بر حسب $Mg\ m^{-3}$، ضخامت هر افق نیز Di بر حسب متر و Si درصد سنگریزه‌های بزرگتر از دو میلی‌متر می‌باشد. ضریب ۰/۱۲ عبارتست از جز مولی کربن در ترکیب $CaCO_3$ برای برآورد دقیق کربنات اندازه‌گیری شده در ترکیب کربن غیرآلی می‌باشد (Li et al., 2007). ذخیره کربن کل نیز از مجموع ذخیره کربن آلی و غیرآلی حاصل گردید. توصیف آماری نتایج شامل مقادیر حداقل، حداکثر، میانیگن و خطای استاندارد با استفاده از نرم افزار SPSS (ver. 16.0) انجام و به منظور بررسی تغییرات نمونه های مطالعه شده، آنالیز واریانس (ANOVA) در طرح کامل تصادفی، بوسیله مقایسه میانگین داده‌ها، با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد ($P<0.05$) با استفاده از نرم افزار SAS (ver. 9.4) انجام شد. تشریح خاکرخ‌ها بر اساس روش‌های استاندارد (USDA-NRCS, 2012a) صورت گرفت.

نتایج و بحث

مقدار کربن آلی در هر سه منطقه مورد مطالعه در افق‌های سطحی بیشتر از افق‌های زیرین بوده و با افزایش عمق کاهش می‌یابد و دامنه تغییرات آن در نمونه‌های مورد مطالعه بین حداقل ۰/۰۲تا ۱/۹۳ درصد است و حداکثر مقدار آن در افق سطحی خاکرخ منطقه نیمه‌خشک (رده مالی‌سول) و حداقل آن در افق‌های تحت‌الارضی خاکرخ منطقه خشک (رده اریدی-سول) مشاهده شد (جدول ۱). نتایج بررسی خصوصیات اقلیمی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی نشان می‌دهد که مقادیر کربن آلی با افزایش بارندگی سالیانه (MAP)[3] و کاهش دمای سالیانه (MAT)[4]، افزایش می‌یابد. ونگ و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تاثیر اقلیم بر مقادیر کربن آلی خاک در مناطق شمال چین گزارش دادند که به طور قابل ملاحظه‌ای مقدار کربن آلی خاک در یک ردیف بارندگی با کاهش بارندگی از ۴۴۸ میلی‌متر (در مناطق جنگلی) به ۱۰۲ میلی‌متر (در مناطق خشک بیابانی)، کاهش می‌یابد. زیرا که در مناطق با بارندگی بیشتر، سرعت تولید کربن آلی بیشتر از سرعت تجزیه آن است، در حالیکه در مناطق با دمای بیشتر سرعت تجزیه ترکیبات آلی بیشتر از سرعت تولید آن است (Wang et al., 2010). اما برخلاف تصور اولیه میانگین کربن آلی دارای روند منطقه نیمه‌خشک> نیمه‌مرطوب>خشک بود. پوشش گیاهی متراکم مرتعی با ریشه‌های کوتاه افشان از یک طرف و دمای مناسب از مهمترین دلایل بیشتر بودن مقدار کربن آلی در این منطقه بود که وجود افق‌های مالیک موید آن است. خاک‌های مناطق خشک، عمدتاً شامل خاک‌هایی هستندکه به دلیل کمی بارندگی و حساسیت به تخریب و فرسایش فاقد مقادیر قابل توجهی از کربن آلی بوده و شرایط برای تولید و تثبیت کربن آلی را ندارند (FAO, 2004).

مقدار کربن غیرآلی (کربنات کلسیم معادل) در هر سه منطقه مورد مطالعه برخلاف تغییرات کربن آلی در افق‌های سطحی کمتر از افق‌های زیرین بوده و با افزایش عمق افزایش می‌یابد و دامنه تغییرات آن در نمونه‌های مورد مطالعه بین مقادیر ناچیز (صفر) تا ۴۸ درصد متغیر است (جدول ۱). بر طبق نتایج، مقادیر کربن غیرآلی در ردیف اقلیمی مطالعه شده با افزایش بارندگی سالیانه و کاهش دمای سالیانه، افزایش می‌یابد. گائو و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه خود درباره تاثیر عوامل اقلیمی در مقدار ذخیره کربن غیرآلی در آمریکا بیان نمودند که در مناطق با بارندگی های بیشتر از ۱۰۰۰ میلی متر ارتباط معنی‌داری بین میانگین بارندگی سالیانه و مقادیر کربن غیرآلی وجود ندارد (Gao et al., 2006). برخلاف نتایج بدست آمده، می و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که مقدار ذخیره کربن غیرآلی در هر خاکرخ رابطه مثبت و معنی داری با MAT و رابطه منفی و معنی دار با MAP دارد. البته زیادبودن میزان کربن غیرآلی در اعماق پایین‌تر خاک به ویژه در منطقه نیمه‌مرطوب می‌تواند به دلیل بارندگی بیشتر منطقه و پدیده آبشویی در خاک باشد، که احتمالاً سبب انتقال کربنات‌ها به اعماق خاک شده است. عمق تشکیل افق کلسیک رابطه مستقیم با میزان بارندگی مؤثر داشته و حداکثر تجمع کربنات کلسیم به طور عمده به منطقه نفوذ آب در خاک مربوط می‌شود که اغلب بیشتر از عمق نفوذ باران است. عوامل دیگری نیز می‌تواند بر عمق شستشوی کربنات

[3] Mean Annual Precipitation
[4] Mean Annual Temperature

کلسیم مؤثر باشد که از آن جمله قابلیت نفوذ خاک، میزان شیب زمین، بافت، ساختمان، سن خاک، تراکم و درصد کربنات کلسیم می‌باشد (Wilding et al, 1983).

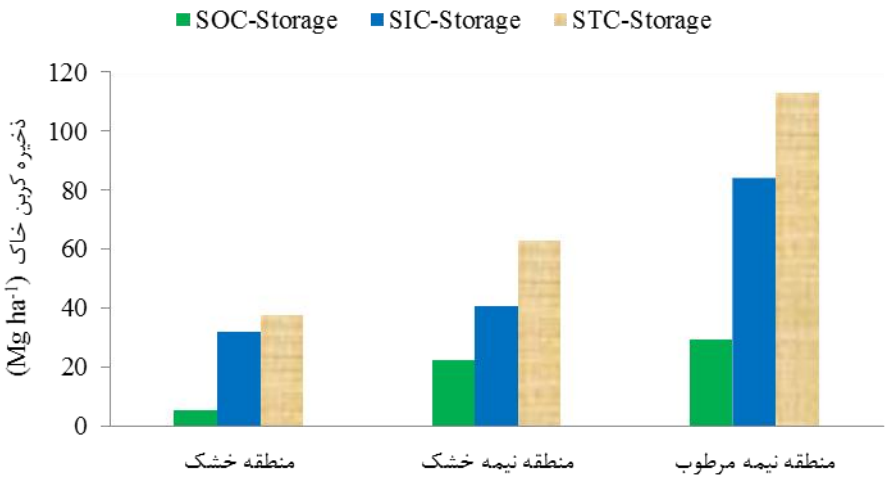
جدول۱- حداقل (Min)، حداکثر (Max)، میانگین (Mean) و خطای استاندارد (S.E) برخی خصوصیات فیزیکوشیمایی خاک‌های مناطق مورد مطالعه

منطقه		CF>2mm %	BD gcm^{-3}	SOC %	SIC %	SOCs $Mgha^{-1}$	SICs $Mgha^{-1}$	STCs
خشک	Min	۲۹	۱/۱۲	۰/۰۲	Trace	۰/۶۶	Trace	۴/۲۲
	Max	۵۱	۱/۵۶	۰/۵۳	۱۸/۶	۱۴/۰۱	۷۰/۹	۷۳/۴۱
	Mean	۳۸/۸۴a**	۱/۳۲a**	۰/۲۱b**	۸/۹۹b**	۵/۵۳c**	۳۱/۹۶b**	۳۷/۴۹b**
	S.E	۱/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۸۶	۰/۵۳	۳/۵۵	۳/۴۳
نیمه خشک	Min	۲	۰/۹۲	۰/۳۳	Trace	۱۰/۸۲	Trace	۱۰/۸۲
	Max	۲۸	۱/۲۱	۱/۹۳	۴۸	۳۹/۱۶	۶۴۲/۶۵	۶۷۹/۴۸
	Mean	۱۴/۸۴b**	۱/۰۶b**	۰/۹۱a**	۱۱/۹۶b**	۲۲/۲۵b**	۴۰/۵۴b**	۶۲/۷۸b**
	S.E	۱/۳۸	۰/۰۱	۰/۰۹	۲/۲	۱/۶۹	۲۵/۷۵	۲۶/۳۰
نیمه مرطوب	Min	۲	۰/۹۳	۰/۱۸	Trace	۴/۱	Trace	۱۵/۱۲
	Max	۲۸	۱/۱۹	۱/۹۳	۳۸	۶۳/۶۲	۲۷۹/۵۳	۳۰۰/۳۸
	Mean	۱۰/۸۲c**	۱/۰۱c**	۰/۷۷a**	۱۵/۸۴a**	۲۹/۱۵a**	۸۳/۹۶a**	۱۱۳/۱۲a**
	S.E	۱/۳۳	۰/۰۱	۰/۰۸	۱/۷۳	۳/۰۳	۱۴/۳۴	۱۴/۴۶

علائم اختصار: CF> 2mm: درصد سنگریزه، BD: وزن مخصوص ظاهری، SOC: درصد کربن آلی، SIC: درصد کربن غیرآلی، SOCs: ذخیره کربن آلی، SICs: ذخیره کربن غیرآلی، STCs: ذخیره کربن کل

کمترین مقدار ذخیره کربن آلی و غیرآلی در منطقه خشک به دلیل پوشش گیاهی ضعیف، ورودی کمتر کربن آلی و تشکیل کمتر کربن غیرآلی و همچنین عمق توسعه کمتر خاک‌های این مناطق، مشاهده گردید. بیشترین مقدار ذخیره کربن اعم از کربن آلی، غیر آلی و کل نیز در منطقه نیمه‌مرطوب مشاهده شد که از دلایل آن می‌توان به تکامل بیشتر خاکرخ‌های این منطقه و افزایش عمق توسعه خاک اشاره نمود. بیشترین مقدار ذخیره کربن آلی همانند مقدار کربن آلی در افق‌های سطحی سه منطقه مشاهده گردید. در مقابل آن نیز حداکثر مقدار ذخیره کربن غیرآلی در افق‌های تحتانی وجود داشت. روند تغییرات کربن کل ذخیره (STCs) در هر سه منطقه بسیار شبیه به روند تغییرات ذخیره کربن غیرآلی (SICs) بود (شکل ۱). مقایسه بین نسبت ذخیره کربن غیرآلی به ذخیره کربن آلی (SICs/SOCs) (بیشتر بودن منطقه خشک از دو منطقه دیگر) موید این نکته است که تاثیر اقلیم بسیار پراهمیت‌تر از مقدار کربن آلی در ذخیره کربن غیرآلی است.

با توجه به تشکیل خاک‌های مناطق مورد مطالعه بر روی سنگ مادر بازالت فاقد کربن و همچنین وجود پوشش گیاهی مرتع، ذخیره کربن آلی و غیرآلی تحت تاثیر فرآیندهای خاک‌ساخت قرار دارد. به دلیل سرعت هوادیدگی کمتر، تشکیل زیست توده و بقایای کمتر حداقل مقدار کربن آلی و غیرآلی در منطقه خشک مشاهده گردید. اوانس و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که مقدار کربن آلی در منطقه مطالعاتی مغولستان با افزایش مقدار بارندگی و کاهش دما افزایش یافته است. به عبارت دیگر با افزایش بارندگی سرعت تولید کربن آلی خاک بیشتر از تجزیه و تخریب آن بوده و با افزایش دما سرعت تجزیه بیشتر از سرعت تولید می‌باشد (Evans et al., 2011). نتایج نشان داد که کربن آلی به ترتیب ۱۵/۲، ۳۵ و ۲۵/۶ درصد کل کربن موجود در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب را به خود اختصاص داده است. در حالی‌که مقدار کربن غیرآلی به ترتیب ۸۴/۸، ۶۵ و ۷۴/۴ درصد از کل کربن موجود در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب را شامل می‌شود.



شکل ۱- ذخیره اشکال کربن (آلی، غیرآلی و کل) در سه منطقه مورد مطالعه

بنابراین با افزایش سن تکاملی خاک، مقدار کربن غیرآلی به طور قابل ملاحظه‌ای به علت آبشویی بیشتر می‌گردد. چرا که علی‌رغم پایداری نسبی کربن آلی با اضافه شدن آن به خاک نمی‌تواند در برابر تجزیه میکروبی مقاومت کند و به سرعت تحت تاثیر واکنش‌های شیمیایی به شکل غیرآلی تبدیل می‌شود. در تایید این مطلب عمق توسعه بیشتر خاک‌ها در منطقه نیمه-مرطوب و همچنین مقادیر بیشتر کربن غیرآلی را می‌توان اشاره نمود. از طرف دیگر کم بودن میانگین کربن آلی در منطقه نیمه‌مرطوب (۰/۷۷ ٪) نسبت به منطقه نیمه‌خشک (۰/۹۱ ٪) و در مقابل بیشتر بودن میانگین کربن غیرآلی در منطقه نیمه-مرطوب (۱۵/۸۴ ٪) نسبت به منطقه نیمه‌خشک (۱۱/۹۶ ٪) به وضوح نشان دهنده تاثیر بیشتر فعالیت‌های بیولوژیکی در تبدیل و تغییر شکل آلی کربن به شکل غیرآلی می‌باشد. به عبارت دیگر تغییر پوشش گیاهی در ردیف اقلیمی مطالعه شده از پوشش گیاهی ضعیف در منطقه خشک تا پوشش گیاهی متراکم در مناطق نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب، علت ورودی بیشتر کربن آلی به خاک و در نتیجه تجزیه آن تشکیل بیشتر کربن غیرآلی است. یکی از دلایل دیگر تجمع بیشتر کربنات در اقلیم نیمه‌مرطوب می‌تواند هوادیدگی بیشتر سنگ مادر بازالت باشد که در ساختار خود دارای کلسیم و منیزیم بالایی بوده و با مصرف دی‌اکسیدکربن اتمسفر و ذخیره آن به شکل کربنات در نگهداشت کربن در خاک موثر می‌باشد (Raheb et al., 2017).

به طور کلی تغییرات اقلیمی با تاثیر بر رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک سبب ایجاد تغییر میزان پوشش گیاهی و در نهایت بر روی اشکال مختلف کربن به ویژه کربن آلی خاک اثر گذاشته است. افزایش دمای خاک سبب تشدید معدنی‌شدن شده و در نتیجه آن کربن آلی خاک کاهش و کربن غیرآلی افزایش می‌یابد.

منابع

Alvarez, R. and Lavado, R.S. 1998. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. Geoderma, 83(1-2): 127-141.

Aranda, V. and Oyonarte, C. 2005. Effect of vegetation with different evolution degree on soil organic matter in a semi-arid environment. Journal of Arid Environments, 62(4): 631-647.

Batjes, N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. European Journal of Soil Science, 47: 151-164.

Bergstrom, D., Monreal, C. and St. Jacques, E. 2001. Influence of tillage practice on carbon sequestration is scale-dependent. Canadian Journal of Soil Science, 81(1): 63-70.

Cui, X., Wang, Y., Niu, H., Wu, J., Wang, S., Schnug, E., Rogasik, J., Fleckenstein, J. and Tang, Y. 2005. Effect of long-term grazing on soil organic carbon content in semiarid steppes in Inner Mongolia. Ecological Research, 20: 519-527.

Evans S.E., Burke, I.C. and Lauenroth, W.K. 2011. Controls on soil organic carbon and nitrogen in Inner Mongolia, China: A cross-continental comparison of temperate grasslands. Global Biogeochemical Cycles, 25(3):1-14

Food and Agriculture Organization. 2004. Carbon sequestration in dryland soils. World soil Resources reports.

Guo Y., Gong, P., Amundson, R. and Yu, Q. 2006. Analysis of factors controlling soil carbon in the conterminous United States. Soil Science Society of American Journal, 70:601–612

Hirmas, D.R., Amrhein, C. and Graham, R.C. 2010. Spatial and process-based modeling of soil inorganic carbon storage in an arid piedmont. Geoderma, 154: 486-494.

Iqbal, J., Ronggui, H., Lijun, D., Lan, L., Shan, L., Tao, C. and Leilei, R. 2008. Differences in soil CO_2 flux between different land use types in midsubtropical China. Soil biology and biochemistry, 40(9): 2324-2333.

IPCC. 2007. Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland.

Jobbágy, E.G. and Jackson, R.B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. Ecological Applications, 10(2): 423-436.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123: 1-22.

Lal, R. 2008. Carbon sequestration. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 363: 815-830.

Li, Z.P., Han, F.X., Su, Y., Zhang, T.L., Sun, B., Monts, D.L. and Plodinec, M.J. 2007. Assessment of soil organic and carbonate carbon storage in China. Geoderma, 138: 119-126.

Mi, N.A., Wang, S., Liu, J. Yu, G., Zhang, W. and Jobbágy, E. 2008. Soil inorganic carbon storage pattern in China. Global Change Biology, 14:2380-2387.

Raheb, A., Heidari, A., and Mahmoodi, S. 2017. Organic and inorganic carbon storage in soils along an arid to dry sub-humid climosequence in northwest of Iran. Catena, 153: 66-74.

Schulp, C.J.E., Nabuurs, G.J., and Verburg, P.H. 2008. Future carbon sequestration in Europe effects of land use change. Agriculture, Ecosystems and Environment, 127: 251-264.

Shi, Y., Baumann, F., Ma, Y., Song, C., Kuhn, P., Scholten, T. and He, J.S. 2012. Organic and inorganic carbon in the topsoil of the Mongolian and Tibetan grasslands: pattern, control and implications. Biogeosciences, 9: 2287-2299.

Sparks, D.L. 1996. Method of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. American Society of Agronomy.

Snyman, H.A. and du Preez, C.C. 2005. Rangeland degradation in a semi-arid South Africa-II: influence on soil quality. Journal of Arid Environments, 60(3): 483-507.

USDA-NRCS. 2012a. Field Book for Describing and Sampling Soils. Version 3.0, National Soil Survey Center.

USDA-NRCS. 2012b. jNSM: Java Newhall Simulation Model. Version 1.6.0. User guide-part 1. National Soil Survey Center.

Wang, Y., Li, Y. Ye, X. Chu Y. and Wang, X. 2010. Profile storage of organic/inorganic carbon in soil: From forest to desert. Science of the Total Environment, 408: 1925-193.

Wang, Z.P., Han, X.G., Chang, S.X., Wang, B., Yu, Q., Hou, L.Y. and Li, L.H. 2013. Soil organic and inorganic carbon contents under various land uses across a transect of continental steppes in Inner Mongolia. Catena, 109: 110-117.

Wilding, L.P., Smeck, N.E. and Hall, G.F. 1983. Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and Interactions. Elsevier Publishing Company.

Wu, H., Guo, Z., Gao, Q. and Peng, C. 2009. Distribution of soil inorganic carbon storage and its changes due to agricultural land use activity in China. Agriculture, Ecosystems and Environment, 129: 413-421.

Estimation the storage of different forms of carbon as a function of climate in soils developed on basalt

Ahmad Heidari[1], Alireza Raheb [2] and Shahla Mahmoodi[1]
[1]Professor and [2]Ph.D of Soil Science Department, University of Tehran

Abstract
Changes of different forms of soil carbon are one of the most important indicators showing the climate change impacts on the soil genesis. Knowledge on the amount of each form carbon in soil, including organic (SOC), inorganic (SIC) and total carbon (STC) are essential for the proper management of soil carbon on a global scale. The effects of arid, semiarid, and semihumid climates on SOC, SIC, and soil total carbon storage in 18 pedons along a soil climosequence were investigated. Results demonstrated that, SOC content and storage showed reverse trends with increasing soil depth, so that in all three regions in the surface horizons is higher than sub-surface horizons and decreases with depth. Whereas results indicated that prevailing increase the amount of SIC in all three regions with increasing depth and the depth of the accumulation of calcium carbonate become more with the increase of precipitation. The highest SICs/SOCs ratio was obtained in the arid climate indicating the more important effect of climate than SOC content in SIC storage.

Keywords: Arid climate, Basalt, Soil total carbon, Calcium carbonate