بررسی تغییرات غنی‌شدن کربن در اجزاء اندازه‌ای خاکهای مناطق نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب

علیرضا راهب [۱]، احمد حیدری [۲]، شهلا محمودی [۳]
۱-دانشجوی دکتری تخصصی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران، ۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران،
۳-استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران

چکیده
تعادل میان بخش‌های مختلف منابع کربن از نظر محیط زیست و کیفیت خاک بسیار حائز اهمیت است. در این تحقیق کربن آلی خاك کمپلکس شده با ذرات اولیه و فاکتور غنی شدن آن در ۶ خاکرخ از دو اقلیم متفاوت نیمه‌خشک و نیمه مرطوب مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که با افزایش عمق مقدار کربن آلی در هر سه جز کاهش یافت و جز رس در تمامی اعماق نسبت به سایر اجزای اندازه‌ای خاک مقدار درصد کربن آلی بیشتری دارد. فاکتور غني‌شدن کربن آلی خاك دارای روندی مشابه تغییر کربن آلی در سه جز بوده و حداکثر مقادیر آن در بخش رس و حداقل آن نیز در بخش شن مشاهده گردید.

واژه های کلیدی: خاکرخ، کربن آلی، کیفیت خاک

مقدمه
کربن خاک به عنوان شاخص اصلی کیفیت و سلامت خاک قویا تحت تاثیر مدیریت خاک است. به همین دلیل تعادل میان بخش‌های مختلف منابع کربن از نظر محیط زیست و کیفیت خاک بسیار حائز اهمیت است. از سوی دیگر رشد سریع جمعیت جهان، تخریب خاك‌های کشاورزی و آزادسازی گازهای گلخانه‌ای از چالش‌های اصلی قرن ۲۱ مي‌باشند. با در نظر گرفتن این نکته که بخش قابل توجهی از چرخه کربن در خاک قرار دارد، توجه به مطالعات تغییرات کربن خاک مورد توجه بسیاری از شاخه‌های علوم واقع گردیده است (Lal, ۲۰۰۴).

بیشتر مطالعات انجام شده درباره تغییرات کربن آلی در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب جهان بوده است (Aranda and Oyonarte, ۲۰۰۵). مناطق خشک بیش از ۳۰ درصد مساحت خشکی‌های جهان را شامل شده و برآوردها بیانگر آن است که بین ۲۰-۱۰ درصد کربن زیست کره (آلی و غیرآلی) در این مناطق ذخیره شده است (Rasmussen et al., ۲۰۰۶). با وجود این اطلاعات کمی در رابطه با میزان و چگونگی ذخیره کربن در زیست‌بوم‌های خشک و نیمه‌خشک وجود دارد (Bonino, ۲۰۰۶). بنابراین، مشخص است که مطالعه دقیق کربن خاک و عوامل موثر بر اشکال مختلف آن، پیش‌بینی پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیم و پوشش گیاهی را آسان می‌نماید (Jobbagy and Jackson, ۲۰۰۰). با این وجود اکثر مطالعات، بر روی مقادیر کربن آلی در لایه‌های سطحی خاک متمرکز شده است (Wang et al., ۲۰۱۰). اثر کربن آلی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاك همچون رنگ، بافت، ساختمان، نگهداری رطوبت، جلوگیری از انقباض و خشك شدن خاك، بهبود تهویه و تبادل گازها، افزایش خواص بافری خاك، حلالیت عناصر غذایی، افزایش تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروبی بسیار چشمگیر مي‌باشد (Magdoff and Weil, ۲۰۰۴).

برگشت مواد آلی به خاك در اثر فرایندهای بیولوژیکی و در فرایندهای تشکیل ساختمان و قابلیت دسترسی تجزیه کنندگان به سوبسترا نه تنها به خصوصیات ذاتی مواد آلی بلکه به نحوه اتصال و همراهی این مواد با اجزا معدنی خاك نیز وابسته است (Christensen, ۲۰۰۱). مواد آلی موجود در جزء شن را اغلب مواد آلی درشت تشکیل می‌دهند که به صورت تازه یا نیمه تجزیه شده می‌باشند. مواد آلی موجود در جزء سیلت بیشتر شامل ترکیبات حلقوی (آروماتیک) بوده و نسبت به تجزیه میکروبی نسبتا مقاوم هستند. کربن موجود در مواد آلی جزء رس بیشتر از نوع آلکیل C-بوده و ترکیبات آروماتیک کمتری دارند و همچنین حاوی هیدراتهای کربن میکروبی می‌باشد. اغلب مواد آلی مرتبط با اجزای سیلت و رس به تغییرات مدیریتی خاك دیرتر واکنش نشان می‌دهند (Lorenz et al., ۲۰۰۸). نتایج اغلب بررسی‌ها نشان می‌دهد که قسمت اعظم کربن خاك در جزء رس ذخیره می‌شود. باقری فام و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعات خود دریافتند که در میان اجزاء بافت خاك، بخش رس همبستگی قوی با میزان ماده آلی خاك دارد. مطالعات نشان داده بیش از ۹۰ درصد کل کربن آلی خاك‌ها به صورت کمپلکس‌های مواد آلی و رس وجود داشته است (Crow et al., ۲۰۰۷).

در زمینه مقدار کربن آلی اجزا فیزیکی خاك در ایران پژوهش‌های کمی انجام گرفته است و این پژوهش‌ها بیشتر محدود به مناطق مرطوب بوده است و اطلاعات بسیار کمی در ارتباط با مناطق خشک و نیمه‌خشک وجود دارد. بنابراین این مطالعه با منظور بررسی کربن آلی خاك کمپلکس شده با ذرات اولیه و فاکتور غنی شدن آن در دو اقلیم متفاوت نیمه خشک و نیمه مرطوب انجام شد.

مواد و روش‌ها
تحقیق مورد نظر در دو منطقه با اقلیم متفاوت نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب براساس شاخص دومارتن انجام گردید. منطقه نیمه‌خشک واقع در استان قزوین، شهرستان قزوین با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۳۵۰ میلي‌متر و منطقه نیمه مرطوب واقع در

استان گیلان، شهرستان رودبار با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد. پس از تعیین محدوده و بررسی نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع و زمین‌شناسی منطقه، تعداد ۶ خاکرخ (۳ خاکرخ در منطقه نیمه خشک و ۳ خاکرخ در منطقه نیمه مرطوب) 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 بافت به روش هیدرومتر (بایوکاس، ۱۹۳۶) و کربن آلی بر مبنای روش اکسیداسیون تر (واکلی-بلاک، ۱۹۳۴) انجام گردید (Sparks, ۱۹۹۶). جهت تعیین توزیع اندازه ذرات رس و سیلت و جداسازی آنها با توجه به قانون استوکس از روش رسوب و سیفون (Bronick and Lal, ۲۰۰۵) و برای جدا نمودن ذرات بخش شن از روش الک کردن (الک ۲۷۰ مش) استفاده گردید (Gee and Or, ۲۰۰۲). فاکتور غنی شدن کربن آلی خاک برای تمامی نمونه‌های خاک با استفاده از نسبت وزن کربن آلی در جزء موردنظر به وزن کربن آلی در کل توده خاک محاسبه گردید (Christensen, ۱۹۹۲). تشریح خاکرخ‌ها بر اساس روش های استاندارد (USDA-NRCS, ۲۰۰۲) و رده‌بندی خاک‌ها نیز براساس رده‌بندی امریکایی (Soil Survey Staff, ۲۰۱۴) صورت گرفت.

نتایج و بحث

بیان توزیع اندازه ذرات در غالب کلاسهای بافتی خاک که گستره وسیعی از ترکیب‌های ممکن گروه‌های سه گانه ذرات (شن، سیلت و رس) را در بر می‌گیرد، اطلاعات ناچیزی درباره چگونگی توزیع آن‌ها ارایه می‌دهد، بنابراین تغییرات اندازه هر جزء بافت جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. مطالعه خاکرخ‌های حفر شده نشان می‌دهد خاک‌های منطقه در دو رده اینسپتی سولز و مالی‌سولز طبقه‌بندی می‌شوند. جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مقدار کربن آلی در هر دو 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 ۲۲/۰ تا ۹۳/۱ درصد متغیر است و حداکثر مقدار آن در افق سطحی (A) خاکرخ ۳ منطقه نیمه خشک و دارای رده مالی سولز است و حداقل آن در افق‌های تحت‌الارضی خاکرخ ۴ منطقه نیمه‌مرطوب دارای رده اینسپتی‌سولز مشاهده می‌گردد (جدول ۱).

جدول۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک های مناطق مورد مطالعه

افق	عمق cm	بافت خاک	درصد کربن آلی	درصد کربن الی			فاکتور غنی شدن کربن الی		
				شن	سیلت	رس	شن	سیلت	رس
منطقه نیمه خشک- خاکرخ ۱- Calcic Haploxerolls									
A	۲۶-۰	C	۹۳/۰	۳/۰	۱	۱۱/	۳۲/۰	۰۷/۱	۱۹/۱
Bk	۵۷-۲۶	C	۶۱/۰	۱۶/	۶۹/۰	۱۴/	۲۶/۰	۱۳/۱	۸۷/۱
Cr	۱۷۰-۸۷	C.L	۳۳/۰	۲۹/	۴۷/۰	۸۱/	۸۸/۰	۴۲/۱	۴۵/۲
منطقه نیمه خشک- خاکرخ ۲- Typic Calcixerepts									
A	۱۴-۰	S.C.L	۴۹/۱	۳۲/	۹۵/۱	۶۱/	۲۱/۰	۳/۱	۰۹/۳
Bk	۳۵-۱۴	S.C.L	۸۲/۰	۰۷/	۱۵/۰	۱۴/	۰۸/۰	۱۸/۰	۳۵/۱
Cr	۸۰-۳۵	L	۵۱/۰	۰۸/	۸/۰	۱۷/	۱۶/۰	۵۷/۱	۲۹/۲
منطقه نیمه خشک- خاکرخ ۳- Calcic Argixerolls									
A	۱۵-۰	C	۹۳/۱	۱۶/	۳۲/۱	۳۲/	۰۸/۰	۶۸/۰	۶۸/۰
Bt	۴۵-۱۵	C	۸۴/۰	۲۹/	۶۴/۰	۷۱/۰	۳۴/۰	۷۶/۰	۸۴/۰
Btk	۸۰-۴۵	C	۳۹/۰	۱۱/	۴۸/۰	۶۸/	۲۸/۰	۲۳/۱	۷۴/۱
Bk	۱۱۰-۸۰	C	۳۷/۰	۱۲/	۴۳/۰	۵۲/	۳۲/۰	۱۶/۱	۴/۱
منطقه نیمه مرطوب- خاکرخ ۴- Typic Calcixerepts									
A	۴۵-۰	C	۱۱/۱	۹۸/	۰۷/۱	۱۸/	۸۸/۰	۹۶/۰	۰۶/۱
Bk۱	۱۲۰-۴۵	C	۷۹/۰	۳۵/	۹/۰	۹۸/	۴۴/۰	۱۴/۱	۲۴/۱
Bk۲	۲۰۰-۱۲۰	C	۲۲/۰	۱۲/	۳۸/۰	۵۴/	۵۴/۰	۷۳/۱	۴۵/۲
منطقه نیمه مرطوب- خاکرخ ۵- Calcic Haploxerepts									
A	۲۱-۰	C.L	۱۵/۱	۲۵/	۰۵/۱	۳۳/	۲۲/۰	۹۱/۰	۱۶/۱
Bk۱	۹۰-۲۱	C	۱	۳۴/	۰۲/۱	۰۴/	۳۴/۰	۰۲/۱	۰۴/۲
Bk۲	۱۶۰-۹۰	C	۴۶/۰	۳۳/	۴۶/۰	۱۸/	۷۲/۰	۱	۵۶/۲
منطقه نیمه مرطوب- خاکرخ ۶- Petrocalcic Calcixerepts									

A	۲۱-۰	C.L	۸۹/۰	۳۵/	۰۱/۲	۷۹/	۵۲/۱	۲۶/۲	۱۳/۳
Bk۱	۳۲-۲۱	C.L	۴۲/۰	۳۲/	۸۸/۰	۲۹/	۷۶/۰	۰۹/۲	۰۷/۳
Bk۲	۹۵-۳۲	S.C.L	۳۶/۰	۲۵/	۵۲/۰	۵۸/	۶۹/۰	۴۴/۱	۳۸/۴
Bkm	۱۶۰-۹۵	C	۳۴/۰	۱۴/	۲۴/۰	۷۱/	۴۱/۰	۷/۰	۰۸/۲

نتایج حاصله گویای این مطلب است که با افزایش عمق مقدار کربن آلی در هر سه جز کاهش می‌یابد و همچنین جز رس در تمامی اعماق نسبت به سایر اجزای اندازه‌ای خاک مقدار درصد کربن آلی بیشتری دارد. به عبارت دیگر تجمع مواد آلی بیشتر در اجزای ریز خاک می‌باشد. مشابه نتایج بدست آمده از مطالعه درصد کربن آلی در اجزای اندازه‌ای ذرات خاک در مناطق مورد مطالعه، نتایج قربانی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی کربن آلی در اجزای ذرات اولیه خاک در مراتع نیز نشان داد میزان کربن جزء رس بیشترین مقدار و کربن جزء شن کمترین مقدار می‌باشد. کربن جزء سیلت حدواسط قرار دارد و به طور کلی به ترتیب از اجزای درشت به ریز میزان کربن افزایش یافت. تشکیل کمپلکسهای مواد آلی- رس یکی از مکانیسم‌های اصلی در حفظ مواد آلی خاک است، بنابراین مقدار کربن آلی در اجزاء ریز بیشتر است. افزایش مقدار کربن در اجزای ریز خاک نشان می‌دهد که ماده آلی این جزء خاک از درجه هوموسی بالاتری برخوردار است (باقری فام و همکاران، ۱۳۹۲).

فاکتور غنی‌شدن کربن آلی خاک که عبارتست از نسبت وزن کربن آلی در جزء موردنظر به وزن کربن آلی در کل توده خاک که دارای روندی مشابه تغییر کربن آلی در سه جز بوده و حداکثر مقادیر آن در بخش رس و حداقل آن نیز در بخش شن مشاهده گردید. مقادیر بیشتر فاکتور غنی‌شدن کربن برای بخش رس با نتایج مطالعات کریستنسن،۱۹۹۲ و سیکس و همکاران، ۲۰۰۲ هم‌خوانی دارد. نکته قابل توجه این است که رس در حفظ و نگهداری کربن و جلوگیری از تجزیه میکروبی آن نقش مهمی ایفا می‌کند و این مسأله می‌تواند ناشی از چندین عامل باشد ۱) بخش رس با هوای کمتر تجزیه میکروبی را محدود می‌کند ۲) سطح ویژه بیشتر کانی‌های رسی و بخش رس باعث جذب بیشتر کربن می‌شود ۳) ذرات رس همچنین قادرند تا آنزیم‌های میکروبی را جذب و آنها را غیرفعال نمایند (Balabane and Plante, ۲۰۰۴).

منابع

باقری فام، س.، کریمی، ع.، لکزیان، ا. و ایزانلو، ا. ۱۳۹۲. تأثیر مدیریت اراضی بر تغییرات کربن آلی خاک، توزیع اندازه ذرات و پایداری خاک دانه ها در طول چند توپوسکوئنس، در مناطق نیمه خشک خراسان شمالی. نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۰، شماره‌ی ۴، صفحه‌های ۵۱ تا ۷۳.

قربانی قهفرخی، ن.، رئیسی، ف. و قربانی، ش. ۱۳۹۲. اثر چرای دام بر توزیع کربن آلی، نیتروژن کل و معدنی شدن کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک در مراتع شیدا با سابقه کشت. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۳ شماره ۱ ، صفحه های ۲۰۹ تا ۲۲۲.

مختاری کرچگانی، پ.، ایوبی، ش.، مصدقی، م. و 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، جلد اول، شماره‌ی ۱، صفحه‌های ۲۳ تا ۴۱.

Balabane M., and Plante A.F. ۲۰۰۴. Aggregation and carbon storage in silty soil using physical fractionation, techniques. European Journal of Soil Science, ۵۵: ۴۱۵-۴۲۷.

Bronick G.J., and Lal R. ۲۰۰۵. Manuring and rotation effect on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils northeastern Ohio, USA. Soil Tillage Research, ۸۱: ۲۳۹-۲۵۲.

Christensen B.T. ۱۹۹۲. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. Advance Soil Science, ۲۰: ۱-۹۰.

Christensen B.T. ۲۰۰۱. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. European Journal of Soil Science, ۵۲: ۳۴۵-۳۵۳.

Crow S.E., Swantson C., and Lajtha K. ۲۰۰۷. Density fraction of forest soils: Methodological question and interpretation of incubation result and turnover time in an ecosystem context. Biogechemistry, ۸۵: ۶۹-۹۰.

Gee G.W. and Or D. ۲۰۰۲. Particle-size analysis Pp.۲۵۵-۲۹۵. In: Warren AD (ed). Methods of Soil Analysis. Part ۴. Physical Methods. Soil Science Society America Inc., USA.

Jobbagy EG, Jackson RB. ۲۰۰۰. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. Ecol Appl, ۱۰:۴۲۳-۳۶.

Lal R. ۲۰۰۴. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, ۱۲۳: ۱-۲۲.

Lorenz K, Lal R and Shipitalo MJ, ۲۰۰۸. Chemical stabilization of organic carbon pools in particle size fractions in no-till and meadow soils. Biology and Fertility of Soils, ۴۴: ۱۰۴۳-۱۰۵۱.

Soil Survey Staff. ۲۰۱۴. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. ۱۲nd Ed. NRCS. ۳۷۲p.

Sparks D.L. ۱۹۹۶. Method of soil Analysis. Part ۳. Chemical Methods. American Society of Agronomy, ۱۳۹۰ p.

Six J., Conant R.T., and Paul E.A. ۲۰۰۲. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. Plant Soil, ۲۴۱ : ۱۵۵-۱۷۶.

USDA-NRCS. ۲۰۰۲. Field Book for Describing and Sampling Soils. Version ۲.۰, National Soil Survey Center, pp. ۲۲۸.

Wang Y., Li Y., Ye X., Chu Y., and Wang X. ۲۰۱۰. Profile storage of organic/inorganic carbon in soil: From forest to desert. Science of the Total Environment, ۴۰۸: ۱۹۲۵-۱۹۳.

Abstract

It is too important the balance between different parts of carbon sources in the environment and soil quality. In current study, soil organic carbon complex with primary particles and its enrichment factor were studied in ۶ profiles of two different climates of Iran included semi-arid and semi-humid. Results showed that the amount of organic carbon in all three components fell with increasing depth and also clay component has more organic carbon percent in all depths than other components of soil. Enrichment factor of soil organic carbon has a similar trend with the change of organic carbon in the three components and the maximum and minimum amounts of this were observed in clay and sand particles, respectively.