تاثیر خصوصیات زیست اقلیمی بر تغییرات کربنات کلسیم اجزاء اندازه‌ای ذرات خاک

علیرضا راهب [۱]، احمد حیدری [۲] و 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
با توجه به اینکه بخش عمده ای از ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک فرا گرفته، منبع کربن غیرآلی (کربنات) خاک و پویایی آن می‌تواند در فهم بهتر مباحث علوم خاک بسیار مهم و تاثیرگذار باشد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی ۶ خاکرخ در سه منطقه با اقلیم خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب مورد مطالعه قرار گرفت. مقدار کربنات کلسیم در هر سه منطقه در افق‌های سطحی کمتر از افقهای زیرین بوده و با افزایش عمق افزایش می‌یابد. همچنین جز شن و سیلت در تمامی اعماق نسبت به جزء رس خاک مقدار درصد کربنات کلسیم بیشتری دارد. تجمع آهک در مناطق خشک و نیمه خشک بعلت بارندگی کمتر بیشتر در سطح بوده در حالیکه بارندگی بیشتر در اقلیم‌های نیمه‌مرطوب سبب افزایش عمق تجمع کربنات کلسیم در خاک می‌شود.

واژه های کلیدی: خشک و نیمه خشک، رس، کربن غیرآلی

مقدمه
آب و هوا از طریق عوامل اقلیمی مانند بارندگی، دما، تبخیر و تعرق، یخبندان، باد و همچنین تشعشع برروی بعضی از فرآیندهای خاکسازی تأثیر می‌گذارد (جعفری و سرمدیان، ۲۰۰۳). پدوژنز خاکهای خیلی جوان مثل خاکهای ایران به طور نسبتاً ثابت تحت تأثیر شرایط اقلیمی فعلی می‌باشد، در حالیکه در مورد بسیاری دیگر از خاکهای دنیا تحول پروفیلی تحت تأثیر بیش از یک نوع اقلیم صورت گرفته است (منافی، ۱۳۸۷). 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 (Jobbagy and Jackson, ۲۰۰۰). با این وجود اکثر مطالعات، بیشتر بر روی مقادیر کربن آلی در لایه‌های سطحی خاک متمرکز شده و تغییرات کربن غیرآلی نادیده گرفته شده است (Wang et al., ۲۰۱۰).

در کنار کربن آلی خاک، بسیاری از خاکها دارای شکل متفاوتی از کربن تحت عنوان کربن غیرآلی (SIC) هستند. این نوع کربن تقریبا حدود یک سوم از منابع کربن را به خود اختصاص داده است (Hirmas et al., ۲۰۱۰) اما در ارتباط با عوامل موثر بر آن و پویایی آن اطلاعات بسیار اندکی وجود دارد (Wu et al., ۲۰۰۹). بیشتر کربن غیرآلی خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک مشاهده شده و غالبا به دو شکل کربنات کلسیم ($CaCO_3$) و دولومایت [$Ca, Mg (CO_3)_2$]وجود دارد و همچنین کربن غیرآلی می‌تواند به دو کلاس کربن غیرآلی زمین ساخت (لیتوژنیک) و کربن غیرآلی خاکساخت (پدوژنیک) تقسیم گردد (Batjes, ۱۹۹۶). کربن غیرآلی لیتوژنیک به ارث رسیده از مواد مادری و بدون دخالت تغییرات و فرآیندهای خاکسازی است در حالیکه کربن غیرآلی پدوژنیک شکلی از کربن غیرآلی است که تحت تاثیر فرآیندهای خاکسازی حاصل شده و ناشی از انحلال و رسوب کربنات‌های موجود در مواد مادری و تحت تاثیر فشار دی‌اکسیدکربن است (Drees et al., ۲۰۰۱). وجود کربنات کلسیم در حد ایده‌آل در خاکها سبب تشکیل خاکدانه‌های مناسب، افزایش پایداری و ایجاد ساختمان‌های مطلوب، افزایش قابلیت نفوذپذیری آب، افزایش فراهمی و قابلیت جذب برخی عناصر غذایی، تعدیل کننده pH خاک می‌گردد. البته مطالب فوق در حالتی مصداق دارد که فراوانی کربنات کلسیم در خاک بیش از حد نباشد، زیرا در صورتی که مقدار کربنات کلسیم از حد متعارف در عمقی از خاک بیشتر باشد نفوذ آب و ریشه گیاهان با دشواری مواجه شده و قابلیت جذب و فراهمی بسیاری از عناصر غذایی تغییر خواهد نمود.

کربن غیرآلی خاک با مقدار تقریبی ۱۰۰۰ پتاگرم در یک متری خاک در مقیاس جهانی یکی از منابع بزرگ کربن است (Eswaran et al., ۲۰۰۰). کربن غیرآلی نقش بسیار زیادی در توقف دراز مدت کربن دارد (Lal, ۲۰۰۴). از طرف دیگر در مناطق خشک و نیمه خشک منابع کربن غیرآلی حدود ۲ تا ۱۰ برابر بیشتر از ذخیره کربن آلی هستند (Eswaran et al., ۲۰۰۰; Batjes, ۲۰۰۴b).

از اینرو در وسعت جهانی، منبع کربن غیرآلی خاک و پویایی آن می‌تواند بسیار مهم و تاثیرگذار باشد به ویژه در خاک‌های ایران که بخش عمده‌ای از آنها را مناطق خشک و نیمه‌خشک فرا گرفته که غنی از کربن غیر آلی هستند. بهمین دلیل در بررسی و تجزیه و تحلیل کربن در خاک، بررسی منبع غیرآلی آن در ایران بسیار مهم است. بنابراین این مطالعه با منظور بررسی نقش اقلیم در تشکیل و توزیع کربنات کلسیم در خاك و همچنین اجزای اندازه‌ای ذرات خاک سه اقلیم متفاوت خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق مورد نظر در سه منطقه کشور با اقلیم متفاوت خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب براساس شاخص دومارتن انجام گردید. منطقه خشک واقع در استان البرز، شهرستان اشتهارد با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۲۰۰ میلی‌متر دارای رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک، منطقه نیمه خشک واقع در استان قزوین، شهرستان قزوین با بارندگی متوسط سالیانه حدود ۳۵۰ میلی‌متر دارای رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی مزیک 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 (۲ خاکرخ در هر منطقه) 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)، EC ، pH و درصد کربنات کلسیم معادل (CCE) با استفاده از روش کلسیمتری 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). 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

رده‌بندی خاکهای مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. مطالعه خاکرخ‌های حفر شده نشان می‌دهد خاک‌های منطقه در سه رده اینسپتی‌سولز، اریدی‌سول و مالی‌سولز طبقه‌بندی می‌شوند. در منطقه خشک به لحاظ دمای بالا، بارندگی کمتر و عدم وجود پوشش گیاهی مناسب نسبت به دو منطقه مورد مطالعه دیگر، عوامل خاکسازی نتوانسته‌اند تأثیر چندانی در تحول و تکامل خاک داشته باشند (جدول ۱).

از جمله فرآیندهای بارز خاکسازی در مناطق مورد مطالعه می‌توان به حرکت و آبشویی کربنات کلسیم در عمق نیم رخ خاک اشاره نمود که از منطقه خشک به نیمه‌مرطوب به وضوح قابل مشاهده می‌باشد. آهک ثانویه در افقهای زیر سطحی پروفیل‌ها، به شکل رگه‌های نازک، میسیلیوم، نودولها حضور دارد که درجه تکاملی آنها در منطقه نیمه‌مرطوب بیشتر است. میزان کربنات کلسیم خاکها دامنه گسترده‌ای را بر حسب میزان آبشویی نشان می‌دهد. مقدار کربنات کلسیم در هر سه منطقه مورد مطالعه در افق‌های سطحی کمتر از افقهای زیرین بوده و با افزایش عمق افزایش می‌یابد و دامنه تغییرات آن در نمونه‌های مورد مطالعه بین حداقل مقدار تا ۹/۲۵ درصد متغیر است (جدول ۱، شکل ۱).

جدول ۱ - برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکهای مناطق مورد مطالعه

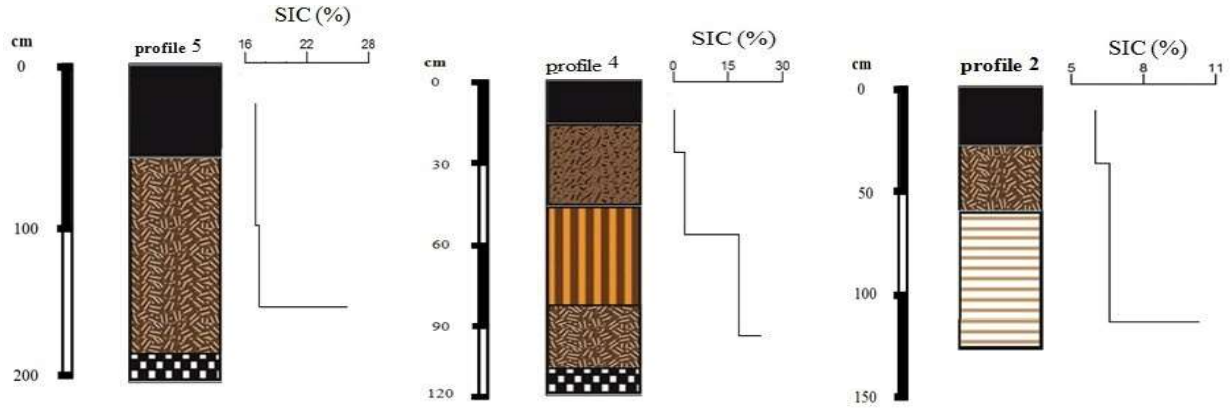
افق	عمق cm	بافت خاک	pH	EC dSm^{-1}	تجمعات مورفولوژیک آهک*	CCE %	درصد کربنات کلسیم (CCE)		
							شن	سیلت	رس
منطقه خشک- خاکرخ ۱- Typic Haplocalcids									
A	۱۵-۰	L	۵/۰	۰۴/۰	۱۰	۳/۲	۲۵/۱	۴۴/۳	۷۲/۱
Bk۱	۴۰-۱۵	C.L	۴/۸	۳۳/۱	F SS ۱	۱۳	۱۰	۱۲/۱	۲۷/۸
Bk۲	۷۰-۴۰	S.C.L	۴/۸	۸۳/۱	F SS ۱,۲	۶/۱۸	۸۷/۶	۶۲/۳	۲۴/۷
منطقه خشک- خاکرخ ۲- Typic Haplocambids									
A	۲۸-۰	S.C.L	۳/۰	۸۳/۰	۲۰	۶	۵۶/۶	۲۵/۶	۰۶/۲
Bk	۵۲-۲۸	S.L	۴/۸	۵۷/۰	F SS ۱	۶/۶	۸۷/۶	۱۹/۷	۱/۳
BCk۱	۸۰-۵۲	S.L	۴/۸	۵۴/۰	F SS ۱	۶/۶	۵	۶۹/۹	۴۵/۳
BCk۲	۱۲۰-۸۰	S.L	۲/۸	۵۸/۰	F SS ۱	۳/۱۰	۱۲/۸	۱۵	۸۳/۴
منطقه نیمه خشک- خاکرخ ۳- Typic Calcixerepts									
A	۱۴-۰	S.C.L	۲/۰	۷۱/۰	۳۰	۷/۱	۵/۲	۳۱/۰	۴۵/۳
Bk	۳۵-۱۴	S.C.L	۳/۸	۷۳/۰	M SS ۲	۶/۷	۱۹/۷	۹۴/۵	۴۵/۳
Cr	۸۰-۳۵	L	۳/۸	۴۸/۰	M SS ۲	۴/۱۸	۷۵/۱۳	۳۷/۲	۶۳/۲
منطقه نیمه خشک- خاکرخ ۴- Calcic Argixerolls									
A	۱۵-۰	C	۵/۰	۵۹/۰	۴۰	Trace	۲۵/۱	۸۷/۱	۰۶/۲
Bt	۴۵-۱۵	C	۵/۸	۵۷/۰	-	۱/۳	۲۵/۶	۹۴/۵	۳۸/۱
Btk	۸۰-۴۵	C	۵/۸	۵۸/۰	M SS ۱	۱۸	۶۲/۵	۳۷/۱	۵۸/۷
Bk	۱۱۰-۸۰	C	۶/۸	۳۳/۰	M SS ۱	۲۴	۸۷/۳۶	۵۶/۲۹	۴۸/۱۴

۹۶/۸	۱۵	۱۲/۸	۱۷	۵۰	۷۵/	۴/	C	۴۵-۰	
۳۴/۱	۱۵	۱۲/۱۸	۴/۱۷	F SF ۱	۰۷/	۳/	C	۱۲۰-	Bk۱
۲۷/۸	۶۸/۲	۱۵/۲۱	۹/۲۵	C SF, Nodule ۳	۵۶/	۳/	C	۲۰۰-۱۲۰	Bk۲
منطقه نیمه مرطوب- خاکرخ ۶- Calcic Haploxerepts									
۱۴/۴	۱۸/۱	۸۲/۱۳	۵/۱۲	۶۰	۱	۴/	C.L	۲۱-۰	A
۹۳/۷	۱۸/۱	۳۱/۱۵	۵/۱۲	۲M SS,SF	۵۱/	۵/	C	۹۰-۲۱	Bk۱
۶۵/۹	۶۸/۱	۵/۱۲	۴/۱۵	۲M SS,SF	۳۶/	۴/	C	۱۶۰-۹۰	Bk۲

*** فراوانی تجمع کربنات کلسیم: ۱ (کمتر از ۲ درصد)، ۲ (۲۰-۲ درصد) و ۳ (بیشتر از ۲۰ درصد)- اندازه تجمع کربنات کلسیم: F (کوچک)، M (متوسط)، C (بزرگ)- شکل کربنات کلسیم: SS (اشکال پودری)، SF (اشکال میسیلیومی)**

نتایج حاصله گویای این مطلب است که با افزایش عمق مقدار کربنات کلسیم در هر سه جز افزایش می‌یابد و همچنین جز شن و سیلت در تمامی اعماق نسبت به جزء رس خاک مقدار درصد کربنات کلسیم بیشتری دارد. آهک موجود در جزء شن حدواسط دو جزء دیگر می‌باشد و به عبارت دیگر تجمع کربنات کلسیم در مناطق مورد مطالعه بیشتر در اجزای درشت خاک می‌باشد. با توجه به اینکه در میان اجزای اندازه‌ای ذرات خاک سیلت نقش تعدیل کنندگی و افزایش حاصلخیزی خاک را به عهده دارد، می‌توان چنین بیان نمود که در مناطق سه گانه مورد مطالعه به طور خاص و در اقلیم های مورد بررسی بطور عام سیلت نقش مهمی در تعادل بین خاک و گیاه از نظر تغذیه‌ای با تاثیرگذاری بر pH و فراهمی عناصر غذایی ایفا می‌کند.

رامشنی و ابطحی (۱۳۷۲) در بررسی تأثیر اقلیم در تحول خاکها، نتیجه گرفتند که با افزایش بارندگی و کاهش درجه حرارت، خاکها از تکامل پروفیلی و تنوع افق‌های بیشتری برخوردار می‌شوند. نتایج جدول ۱ و شکل ۱ نشان می‌دهد که عمق تجمع کربنات کلسیم در اقلیم نیمه‌مرطوب بیشتر از مناطق خشک و نیمه‌خشک است. از یک طرف چون باران مناطق خشک و نیمه‌خشک سیلاب و اغلب به صورت رگبار است و از طرف دیگرسطحی بودن خاک نیز مزید بر علت گشته آبشوئی املاح کلسیم، سدیم و منیزیم نیز اکثرا درجهت کاملا عمودی صورت نمی‌گیرد، در نتیجه تجمع آهک در مناطق خشک و نیمه خشک بیشتر در سطح (تا یک متر) صورت می‌گیرد. در حالیکه بارندگی زیاد و طولانی مدت در اقلیم‌های نیمه‌مرطوب سبب آبشویی عمودی عناصر گشته و نتیجه آن افزایش عمق تجمع کربنات کلسیم در خاک بوده و علائم تجمع آهك ثانویه در افق‌های تحتانی مشاهده می‌شود. احتمالاً مکانیسم آن به این صورت است که گاز کربنیك در آب باران حل شده و باعث تبدیل کربنات کلسیم نامحلول به بی‌کربنات محلول می‌گردد. این بی‌کربنات شسته شده و در محلی از پروفیل که فشار جزئی گازکربنیك کم باشد یا خاك بسیار خشك باشد دوباره به صورت کربنات درآمده و رسوب می‌کند (Suarez and Rhoades, ۱۹۸۲). عمق تشکیل افق کلسیك رابطه مستقیم با میزان بارندگی مؤثر داشته و حداکثر تجمع آهك به طور عمده به منطقه نفوذ آب مؤثر در خاك مربوط می‌شود که اغلب بالاتر از عمق نفوذ باران است (Boul et al., ۱۹۸۹). عوامل دیگری نیز می‌تواند بر عمق شستشوی کربنات کلسیم مؤثر باشد که از جمله قابلیت نفوذ خاك، میزان شیب زمین، بافت، ساختمان، سن خاك، تراکم و درصد کربنات کلسیم می‌باشد (Wilding et al., ۱۹۸۳).



شکل ۱- روند تغییرات کربنات کلسیم (SIC) در برخی خاکرخ های مناطق مورد مطالعه

منابع

جعفری، م. و سرمدیان، ف. ۱۳۸۲، مبانی خاکشناسی عمومی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۷۶.

رامشنی، خ. و ابطحی، ع. ۱۳۷۲، تاثیر اقلیم و توپوگرافی بر تشکیل خاکهای کهگیلویه، چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

منافی، ش. ۱۳۸۷، مطالعه مینرالوژی و میکرومورفولوژی خاک‌های خشک و نیمه خشک و امکان استفاده از آن‌ها برای بازسازی اقلیم دیرین در بخشی از البرز جنوبی (منطقه قزوین)، پایان‌نامه‌ی دکتری علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

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.

Buol S.W., Hole F.D. and McCraken R.J. ۱۹۸۹. Soil genesis and classification. ۲nd edition. Iowa State Univ. Press. Ames. Iowa., ۴۴۶p.

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.

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.

Suarez D.L., and Rhoades J.D. ۱۹۸۲. The apparent solubility of calcium carbonate in soil. Soil Science Society America Journal, ۴۶: ۷۱۶-۷۲۲.

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

Wilding L.P., Smeck N.E., and Hall G.F. ۱۹۸۳. Pedogenesis and soil taxonomy. I. Concepts and interactions. Elsevier Publishing Company, ۳۰۳p.

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

As regards much of Iran is covered by arid and semi-arid regions, source of inorganic carbon (carbonates) of soil and its dynamics can have very important and effective to better understanding of the topics of the soil sciences. Physicochemical properties of ۶ profiles were studied in the three regions with arid, semi-arid and semi-humid climates. The amount of calcium carbonate in all three regions in the surface horizons is lower than sub-surface horizons and increases with depth. As well as sand and silt components have more calcium carbonate percent at the all depth to the clay component. Due to less rainfall in arid and semi-arid regions, accumulation of lime is high on the surface; while more rainfall in semi-humid climates increases depth of the calcium carbonate concentration in the soil.