بررسی مکانیسم تشکیل افق پتروکلسیک در خاک‌های آبرفتی فشند

کاظم زمانیان، شهلا محمودی و محمد حسن مسیح آبادی
به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه تهران و عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران

مقدمه

افق پتروکلسیک به اختصار به صورت یک افق تجمع کربنات کلسیم یا کربنات کلسیم و منیزیوم تعریف می شود که در آن، تجمع کربنات ها به حدی است که افق تجمع آهک عمدتاً با کربنات‌ها مسدود و سخت و سیمانی گردیده است. به گونه ای که تکه های خشک آن در آب متلاشی نمی شود(۹). این افق ها که به صورت های مختلف بر روی خصوصیات زراعی و غیر زراعی خاک تاثیرگذارند(۲)، به عنوان معیاری معتبر برای رده بندی خاک ها به شمار رفته و با مکانیسم های شناخته شده ای ایجاد می گردند. یکی از مکانیسم های اصلی تشکیل اینگونه افق‌ها؛ انحلال، جابجایی، رسوب و تجمع مجدد کربنات ها از سطح و تجمع آنها در عمق (Carbonate Elluviation & Illuviation) معرفی گردیده است (USDA, 1975)، بر این اساس گایل و همکاران(۱۹۶۶) مراحل تشکیل افق های کلسیک و پتروکلسیک را در خاک های سنگریزه دار و بدون سنگریزه به چهار مرحله تقسیم و مورد مطالعه قرار داده اند(۳ و ۴). این تئوری متعاقباً توسط مچت (۱۹۸۵) به مراحل Vو VI که شامل پوسته ای شدن (soil brecciation) و تشکیل پیزولیت (ساختمان صفحه ای) در خاک های فوق العاده مسن می باشد، توسعه یافته است(۱، ۳ و ۵)؛ به هرحال مطالعات بیشتر و بویژه در نظر گرفتن زمان لازم برای تحول این افق ها نشان داده است که احتمالاً مکانیسم های دیگری نیز در تشکیل آنها نقش دارند. چنانکه در تئوری تناوبی رابنهورست و وایلدینگ(۱۹۸۶) تشکیل افق های پتروکلسیک در خاک های شکل گرفته بر روی سنگ آهک سخت مادری، با مکانیسم دیگری صورت می پذیرد. این دانشمندان نشان دادند که تشکیل افق پتروکلسیک، نتیجه مایکرایتی شدن و سازمان یافتن مجدد کربنات ها در اطراف حفرات سنگ آهک می باشد. در این مدل سهم آهکی که به طور موضعی و درجا از سنگ آهک انحلال و مجدداً رسوب یافته است، بیشتر از آهکی است که احتمالاً از لایه های بالایی در اثر فرآیند الوویشن- ایلوویشن انتقال پیدا کرده است(۶). همچنین مدل وست و همکاران (۱۹۸۸) برای خاک های شکل گرفته بر روی سنگ آهک مادری لایه لایه با درجات سختی متفاوت، مبین این واقعیت است که لایه سخت آهکی اساساً منجر به تشکیل افق پتروکلسیک در این گونه مواد گردیده است، در این مدل تبلور مجدد و درجای کربنات‌های لیتوژنیک در توسعه و تکامل افق‌های پتروکلسیک اهمیت دارد به نحوی که بقایای سنگ آهک مادری توسط آهک پدوژنیک احاطه می‌شوند(۱۰).

با توجه به تئوری ها و مدل های ارائه شده برای تشکیل افق های پتروکلسیک و وجود چنین افق هایی در خاک های آبرفتی فشند، این منطقه برای مطالعه مکانیسم تشکیل افق های پتروکلسیک در نظر گرفته شد تا با استفاده از روش های دقیق میکرومورفولوژیکی، مینرالوژیکی و همچنین در نظر گرفتن نتایج فیزیکوشیمیایی دقیق تهیه شده از موقعیت تشکیل این گونه افق ها در نیمرخ خاک، این مطالعه صورت پذیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بر روی رسوبات آبرفتی فشند در نزدیکی شهر جدید هشتگرد در "۴۱' و°۵۰ طول شرقی و '۵۹ و °۳۵ عرض شمالی واقع است. آب و هوای منطقه خشک و میزان متوسط بارندگی سالیانه ۲۴۰mm، میانگین درجه حرارت سالیانه $^{\circ}C$ ۱۳/۵ و پوشش گیاهی آن اغلب خارشتر، گون و آرتمیزیا می باشد که در قسمت های مختلف منطقه در حدود۳۰ تا ۷۰ درصد سطح زمین را پوشش می دهد، تشکیلات زمین شنا سی مخروط افکنه ها مربوط به دوره کواترنر است که تشکیلات هزاردره و کهریزک را شامل می شود و اینگونه رسوبات غالباً نشأت گرفته از رسوبات دوره ترشیاری و متشکل از سنگ آهک، توف آهکی، گدازه ها، مادستون، آگلومرا، کنگلومرا، ماسه سنگ، و گچ است.

با توجه به تنوع پوشش گیاهی، تنوع مواد مادری و تنوع پستی و بلندی های موجود در منطقه تعداد ۱۲ پروفیل حفر گردید و خصوصیات افق ها در روی زمین از نظر ضخامت، مرز افق‌ها، رنگ، ساختمان، پایداری خاکدانه ها، وضعیت ریشه ها و جوشش با اسید کلریدریک و وارفتن قطعات سخت شده آهکی در آب تشریح و خاک‌ها بطور آزمایشی به روش سامانه جامع آمریکایی (۲۰۰۳) طبقه‌بندی گردیدند، سپس از افق‌های تعیین شده جهت انجام آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی، مینرالوژیکی و میکرومورفولوژیکی نمونه های دست خورده و دست نخورده تهیه گردید و پس از هوا خشک شدن، کوبیدن و عبور از الک دو میلی‌متری، درصد سنگ و سنگریزه و درصد رطوبت اشباع محاسبه و بافت به روش هیدرومتری، کربنات کلسیم معادل به روش کلسیمتری، گچ به روش استون، CEC به روش باور، ماده آلی به روش واکلی و بلاک، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه، pH و EC عصاره اشباع خاک و آنیونها و کاتیونهای محلول با روش های متداول در عصاره اشباع خاک، تعیین گردید(۷)، نمونه های دست نخورده نیز با رزین تلقیح گردیدند و پس از خشک شدن، برش دادن و تهیه مقاطع نازک، توسط میکروسکوپ پلاریزان و بر اساس اصول واژگان بولاک و همکاران(۱۹۸۵) و استوپس(۲۰۰۳) تفسیر گردیدند. در مواردی نیز نمونه‌هایی انتخاب گردید تا با روش SEM و استفاده از منحنی های EDS مورد مطالعات دقیق تر قرار گیرد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج بدست آمده(جدول۱)، مقدار آهک در تمامی خاک ها به مقدار قابل توجهی حضور داشته و با عمق به شدت مقدار آن افزایش می یابد. به گونه ای که در قسمت فوقانی افق های پتروکلسیک که به شکل کلاهک ورقه ای به ضخامت متغیر ۵-۳ سانتیمتر می باشد به حداکثر(۶۴/۷-۶۸/۴) رسیده و مجدداً کاهش می یابد. همچنین وزن مخصوص ظاهری در این گونه لایه ها حداکثر و به مقدار gr/Cm3 ۲-۱/۹۴ رسیده است در حالی که مقدار آن در لایه های رویین و زیرین به مراتب کمتر می باشد(جدول۱). با توجه به نتایج میکرومورفولوژیکی اینگونه خاک ها(جدول۲)، ظاهراً دو مکانیسم متفاوت در تشکیل افق‌های پتروکلسیک در این منطقه نقش داشته است. در افق های پتروکلسیک مشاهده شده در اعماق زیرین(عمق ۱۰۵-۸۰)، با توجه به میکروفابریک پیچ و واپیچ(Convoluted) و حفرات انحلال و ترسیب مجدد آهک درون قطعات بزرگ و فراوان سنگ آهک، احتمالاً افق پتروکلسیک بر روی سنگ مادر آهکی بوجود آمده است، وایلدینگ و راین هورست(۱۹۸۶) نیز تشکیل افق های پتروکلسیک را در خاک های فلات ادواردز عمدتا" به این مکانیسم نسبت داده اند(۶).

جدول(۱) رده بندی و برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی پروفیلهای مورد مطالعه.

شماره پروفیل	افق	عمق (Cm)	رنگ[a]	بافت[b]	pH_{se}	EC_{se} (dS/m)	CCE %	CEC (meq/100gr)	gravel %	$\rho_{b\ 3}$ (gr/Cm^3)	وارفتن کلوخه ها در آب
5	Clayey-skeletal carbonatic mesic petrocalcids										
	A	0-10	7.5YR5.5/4	vgC	7.7	0.3	14.4	ND.	30.6	1.78	ND.
	AB	10-38	7.5YR6/6	vgC	8.0	0.5	28.8	ND.	43.7	1.90	ND.
	Bk	38-56	7.5YR7/3	vgC	8.0	0.3	48.7	ND.	59.6	1.32	+
	Bkm1	56-66	7.5YR8/2	SCL	7.9	0.5	64.7	ND.	ND.	1.94	-
	2Bkm2	66-83	7.5YR8/3	vgSCL	8.2	2.0	60.1	ND.	ND.	2.36	-
6	Clayey-skeletal carbonatic semiactive mesic petrocalcids										
	A1	0-11	7.5YR6/4	vgC	7.9	0.63	13.5	19.43	37.4	1.58	ND.
	A2	11-27	7.5YR6/4	vgC	7.8	0.44	17.2	21.12	23.3	1.60	ND.
	Bk	27-35	7.5YR6/4	vgC	7.9	0.52	28.8	21.96	48.9	ND.	+
	Bkm1	35-55	7.5YR8/3	C	7.9	0.45	65.6	4.90	ND.	ND.	-
	Bkm2	55-80	7.5YR8/3	vgC	8.1	0.33	49.7	10.64	2.4	1.54	-
	Bkm3	80-105	7.5YR8/3	SCL	8.3	0.49	66.9	3.38	ND.	2.00	-
	2Bkm4	>150	7.5YR8/2	vgSCL	7.9	1.50	34.4	8.45	71.7	ND.	-
7	Clayey-skeletal carbonatic semiactive mesic petrocalcids										
	A	0-4	7.5YR6/3	gCL	7.8	0.70	15.6	14.02	16.2	1.79	ND.
	AB	4-12	7.5YR6/4	vgC	7.8	0.38	14.4	15.71	23.6	ND.	ND.
	Bw	12-24	7.5YR5/4	vgC	8.0	0.48	20.9	15.04	50.7	1.58	ND.
	Bkm1	24-34	7.5YR8/3	SCL	7.6	0.37	68.4	3.72	ND.	1.94	-
	Bkm2	34-54	7.5YR8/2	vgSC	7.6	0.64	62.0	6.08	47.5	1.39	-
	Bkm3	54-74	7.5YR8/2	vgCL	7.8	1.44	59.2	6.59	39.0	1.45	-
	Bkm4	>74	7.5YR8/2	vgSCL	8.0	1.80	54.9	7.43	44.9	ND.	-

[a] رنگ خاک در حالت خشک

[b] تعیین بافت بدون حذف آهک(vg=very gravely, C=clayey, CL=clay loam, SL=sandy loam, SCL=sandy clay loam)

[c] +=بیش از ۵۰٪ حجم کلوخه، -=کمتر از ۵۰٪ حجم کلوخه، ND=not determined

اما با توجه به عدم وجود میکروفابریک convoluted و همین طور حفرات انحلال و ترسیب در لایه کلاهک رویین (عمق ۵۵-۳۵)، در این پدون و در سایر پدون های مورد مطالعه، و برعکس وجود ریز لایه های متعدد آهک مایکرایتی و میکرواسپارایتی، احتمالاً لایه های رویین، عمدتاً با مکانیسم آبشویی و تجمع آهک بوجود آمده‌اند. وجود مقادیر بسیار کم آهک در افق های سطحی و وجود پوشش کامل ریزلایه ها با آهک ثانویه مایکرایتی، می تواند شواهدی بر این مدعا باشد. این روش که به عنوان روش شناخته شده اصلی مورد تأیید در سامانه رده‌بندی آمریکایی است (USDA ،۱۹۹۹) توسط گایل و همکاران(۱۹۶۶) نیز مورد مطالعه قرار گرفته و با توجه به درجه انحلال بسیار کم آهک نیازمند زمانی بسیار طولانی است(۴) که احتمالاً در مورد منطقه اخیر نیز صادق می‌باشد.

جدول(۲) برخی مشخصات میکرومورفولوژیکی پدون شماره۶ (۷).

Deth (Cm)	Microstracture	Fine mass		C/F=2μm		Pedological features
		b-fabric	Composition	R.D.P.	Ratio	
0-11	Subangular block, with many plannar voids, some channels	Crystallitic	Clay and Calcite	Porphyric	2/8	Many carbonatic nodules
35-55	Microlaminated, with plannar voids, some vesicles and vughy dissolution voids	Crystallitic	Dominantly micrite with little clay	Monic to very open porphyric	0.3/9.7	Many microlaminar micritic layers, common microlaminar sparitic and microsparitic layers, some microlayers of calcite concentration, some hipocoating plannar depleted zones, some microlaminar clay with micrite
80-105	Convoluted on top, microlaminated at the bottom	Crystallitic	Dominantly micrite with little clay	Porphyric to citonic	5/5	dominantly convoluted On top fabric of microcristalline calcite and many dissolution vughy with coating of recrystallized micrite, central part is composed of silt-sand size rounded microaggregates of micrite with brown rim of oriented clay, lower part is mainly microlaminar micrite and sparitic calcite

منابع مورد استفاده

1- Amundson, R., R.C. Graham and E. Franco-Vizcaino. 1997. Orientation of carbonate laminations in gravelly soils along a winter/summer precipitation gradient in baja California, Mexico, Soil Sci., 162: 940-952.

2- Georgen, P.G., J. Davis-Carter and H.M. Taylor. 1991. Root growth and water extraction patterns from a calcic horizon, Soil Sci. Soc. Am. J., 55: 210-215.

3- Gile, L.H. 1999. Eolian and associated pedogenic features of Jornada basin floor, southern New Mexico, Soil Sci. Soc. Am. J., 63: 151-163.

4- Gile, L.H., F.F. Peterson and R.B. Grossman, 1966. Morphological and genesis sequences of carbonate accumulation in desert soils, Soil Sci., 101:347-360.

5- Machette, M.N. 1985. Calcic soils of the southwestern United States, in Weide, D.L., ed., Soils and Quaternary geology of the southwestern United States: Geological Society of America, Special Paper 203, p. 1-21.

6- Robenhorst, M.C. and L.P. Wilding. 1986. Pedogenesis in the Edwards plateau, Texas: III. New model for the formation of petrocalcic horizons, Soil Sci. Soc. Am. J., 50:693-699.

7- Sparks, D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Leoppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, G.T. Johnston and M.E. Sumner. 1996. Methods of soil analysis, Soil Sci. Soc. of Am., Madison, Wisconsin, USA.

8- Stoops, G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections, Soil Sci. Soc. of Am., Madison, Wisconsin.

9- Treadwell-Steitz, C. and L.D. McFadden. 2000. Influence of parent material and grain size on carbonate coatings in gravelly soils, Palo Duro Wash, New Mexico, Geoderma, 94:1-22.

10- West, L.T., L.P. Wilding and C.T. Hallmark. 1988. Calciustolls in central Texas: II. Genesis of calcic and petrocalcic horizons, Soil Sci. Soc. Am. J., 52:1731-1740.