

بررسی رابطه خاک - لندفرم در جنوب هرات، غرب افغانستان

فرسیلا محمودیان^۱ - علیرضا کریمی^{۲*} - امیر لکزبان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۸

چکیده

خاک به عنوان یکی از اجزای اصلی لندفرمها، تغییر و تحولات آنها به یکدیگر وابسته است و شناسایی رابطه خاک- لندفرم، پایه مطالعات شناسایی خاک است. هدف از این مطالعه شناسایی فرایندهای ژئومورفیک و خاکسازي تغییر و تحول خاکهای در جنوب هرات افغانستان بود. بدین منظور، ۵ خاکرخ در امتداد یک برش از سطوح ژئومورفیک مخروط افکنه، حد واسط مخروط افکنه و دشت دامنه‌ای، دشت دامنه‌ای و دشت سیلابی تشریح و نمونه‌برداری شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، کانی‌شناسی رس و ویژگی‌های میکرومورفولوژیکی خاکها تعیین شد. متکامل‌ترین خاک با افق آرچیلیک - کلسیک (Btk) در سطح ژئومورفیک مخروط افکنه مشاهده شد. در سطوح ژئومورفیک دیگر، به دلیل اضافه شدن رسوبات، خاک تکامل نداشته است. در اراضی حد واسط مخروط افکنه - دشت دامنه‌ای و بخش از دشت دامنه‌ای، به دلیل گود افتادگی این اراضی، املاح، در سطح تجمع پیدا کرده‌اند و هدایت الکتریکی خاکها تا بیش از ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌رسید. در دشت سیلابی به دلیل نوسانات آب زیر زمینی، خاکها شرایط احیایی و اکسیدی را نشان می‌دادند. ایلیت، کلریت، اسمکتیت، کائولینیت، پالیگورسکیت کانی‌های غالب در بخش رس خاک می‌باشند. وجود پوشش‌های رسی روی نودول کربنات‌های ثانویه در افق Btk نشان دهنده دوره‌های تناوب خشک و مرطوب اقلیم می‌باشند. تغییر و تحولات خاک در منطقه مورد مطالعه در جنوب هرات، با خاک‌های مناطق خشک ایران مشابهت دارد.

واژه‌های کلیدی: تغییر و تحول خاک، تشکیل خاک، کانی‌شناسی رس، مخروط افکنه

مقدمه

قهوه‌ای یا قرمزی که داند نشان دهنده شرایط گرم‌تر و مرطوب‌تر در گذشته است. وجود کربنات‌های ثانویه و گچ در این خاکها توالی فرایندهای خاکسازي است که باعث تشکیل خاکهای پلی‌ژنتیک می‌شود که نشان از تغییرات پیوسته اقلیم و تغییر فرایندهای خاکسازي دارد (۲، ۱۸، ۲۴، ۳۱ و ۲۵).

در لندفرم‌های پائین دامنه و در دشت‌های سیلابی حاشیه رودخانه‌ها، معمولاً به دلیل رسوبگذاری‌های متوالی، فرصت تشکیل خاک و تکامل آن کمتر وجود دارد. در این لندفرم‌ها رسوبگذاری و تفاوت در زهکشی، نقش اساسی در ویژگی‌های خاکها دارد. معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک، افق‌های کلسیک و کمبیک و در صورت زهکشی نامناسب، خاک‌های شور و احیایی در این این لندفرم‌ها معمول هستند (۱۵ و ۲۱).

علاوه بر ویژگی‌هایی که در مقیاس ماکرومورفولوژی در صحرا قابل تشخیص هستند. ویژگی‌های میکرومورفولوژی و کانی‌شناسی، برای تعیین شدت و ضعف فرایندهای خاکسازي، تغییرات اقلیمی و تقدم و تأخر فرایندهای خاکسازي استفاده می‌شود. افزایش کانی‌های اسمکتیت، در افق‌های آرچیلیک و همچنین تغییرات آنها بین خاک‌های قدیمی، نشان دهنده تفاوت در شدت فرایندهای

تشکیل خاک در بستر لندفرم‌ها انجام می‌شود و تغییر و تحول آنها به یکدیگر وابسته می‌باشد. شناسایی ارتباط خاک- لندفرم پایه مطالعات پدولوژی، پالئوپدولوژی و نقشه‌برداری خاک است (۱۳ و ۱۵). امروزه با توجه درک اهمیت خاکها به عنوان شاهد ارزنده از نحوه تغییرات محیطی و تأثیر فرایندهای ژئومورفیک در تغییر و تحول خاکها، از اطلاعات خاک برای بازسازی تاریخچه تغییر و تحول لندفرم‌ها استفاده می‌شود (۳۳).

در مناطق خشک، ترتیب و توالی رسوبگذاری و تشکیل خاک، در لندفرم‌های دامنه‌ای، به ویژه در مخروط افکنه و پدیمنت در نقاط مختلف دنیا شناسایی شده است (۲، ۱۳، ۱۵ و ۱۷). انتقال و تجمع رس که منجر به تشکیل افق آرچیلیک می‌شود از معمول‌ترین افق‌های تشکیل شده در مناطق خشک است که با رنگ متمایل به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: karimi-a@um.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jsw.v32i5.68495

ژئومورفیک شناسایی شده از سمت شمال به جنوب منطقه شامل مخروط افکنه، اراضی پست حد واسط مخروط افکنه و دشت دامنه‌ای شور، دشت دامنه‌ای غیرشور و دشت سیلابی بود. شکل ۱ موقعیت منطقه و محل حفر خاکرخ‌ها را در سطوح ژئومورفیک مختلف نشان می‌دهد.

بر اساس واحدهای مختلف ژئومورفیک شناسایی شده، تعداد ۵ خاکرخ در امتداد یک برش از مخروط افکنه به سمت هریرود حفر شد. خاکرخ‌ها تشریح و از افق‌های ژنتیکی نمونه برداری شد. خاک‌ها بر اساس سیستم رده‌بندی آمریکایی (۳۵) طبقه بندی شدند. یک نمونه دست نخورده برای مطالعات میکرومورفولوژی از برخی از افق‌ها برداشته شد.

آنالیزهای آزمایشگاهی

آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی

پس از هوا خشک کردن نمونه‌ها و عبور دادن آنها از الک ۲ میلی‌متری، آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی روی آنها انجام شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (۵)، اسیدیته خاک در حالت گل اشباع با دستگاه pH سنج، قابلیت هدایت الکتریکی پس از استخراج عصاره اشباع در نسبت ۲:۱ آب به خاک با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی تعیین گردید (۸). کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن با اسیدکلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (۳۰)، مکرین آلی به روش اکسیداسیون تر (۲۸) و آهن دی‌تیونات به روش سیترات-دی تیونات-بی کربنات (۲۷) اندازه‌گیری شد.

کانی‌شناسی بخش رس و میکرومورفولوژی

برای تفکیک جزء رس از روش کیتریک و هوپ (۲۶) استفاده شد. از هر نمونه رس، تیمارهای اشباع با منیزیم، منیزیم و اتلین گلیکول، پتاسیم و پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس آماده و توسط دستگاه پراش پرتو ایکس مدل زمینس D-5000 در ولتاژ ۴۰ کیلوولت و شدت جریان ۳۰ میلی‌آمپر در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال غرب ایران مورد آنالیز قرار گرفتند.

برای انجام مطالعات میکرومورفولوژی کلوخه‌های دست نخورده با ترکیبی از ۶۰ درصد رزین پلی استر، ۴۰ درصد استن به عنوان رقیق کننده، ۲۸ قطره اسید استاریک و ۱۴ قطره کبالت به عنوان سخت کننده، اشباع و سخت شدند. از نمونه‌های سخت شده برش‌های به ضخامت ۲ میلی‌متر تهیه شد و پس از چسباندن روی لام ضخامت آنها توسط سایش با پودر کاربراندوم به حدود ۳۰ میکرون رسید. مقاطع نازک تهیه شده توسط میکروسکوپ پلاریزان در دو حالت نور پلاریزه عادی (PPL) و نور پلاریزه متقاطع (XPL) بر اساس روش استوپس (۳۶) مورد مطالعه قرار گرفتند.

خاک‌سازی است. همچنین، بر اساس وجود پدوفیچرهای مرکب کربنات‌ها و پوشش‌های رسی، تغییر در شرایط خاک‌سازی تعیین می‌شود (۱۵، ۲۵ و ۳۲).

در کشور عمدتاً کوهستانی افغانستان، با توجه به شرایط سیاسی و اجتماعی حاکم بر افغانستان اطلاعاتی از خاک‌ها در این کشور موجود نیست؛ حال آنکه با توجه به قرار گرفتن این کشور بین مناطق خشک ایران و ارتفاعات هیمالیا، مطالعه خاک‌ها و تغییر و تحول آنها می‌تواند دانش ما را در باره تشکیل خاک و تغییر و تحول آنها در مقیاس جهانی افزایش دهد.

شهر هرات در غرب افغانستان بین سفید کوه در شمال و سیاه کوه در جنوب واقع شده است. در دامنه ارتفاعات غربی سفید کوه در شمال هرات، مخروط افکنه‌های گسترده‌ای وجود دارد که منتهی به دشت هرات و دشت سیلابی رودخانه هریرود می‌شود. مطالعه خاک‌ها تشکیل شده در امتداد این لندفرم‌ها، اطلاعات مناسبی در زمینه تغییر و تحول خاک‌های منطقه در دوره‌های مختلف فراهم می‌کند. هدف از این مطالعه شناسایی خاک‌ها در امتداد یک برش از مخروط افکنه به سمت رودخانه هریرود در جنوب هرات، بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی، کانی‌شناسی و میکرومورفولوژیکی خاک‌های مورد مطالعه و بررسی تغییر و تحول و مقایسه آنها با مناطق دیگر جهان بود.

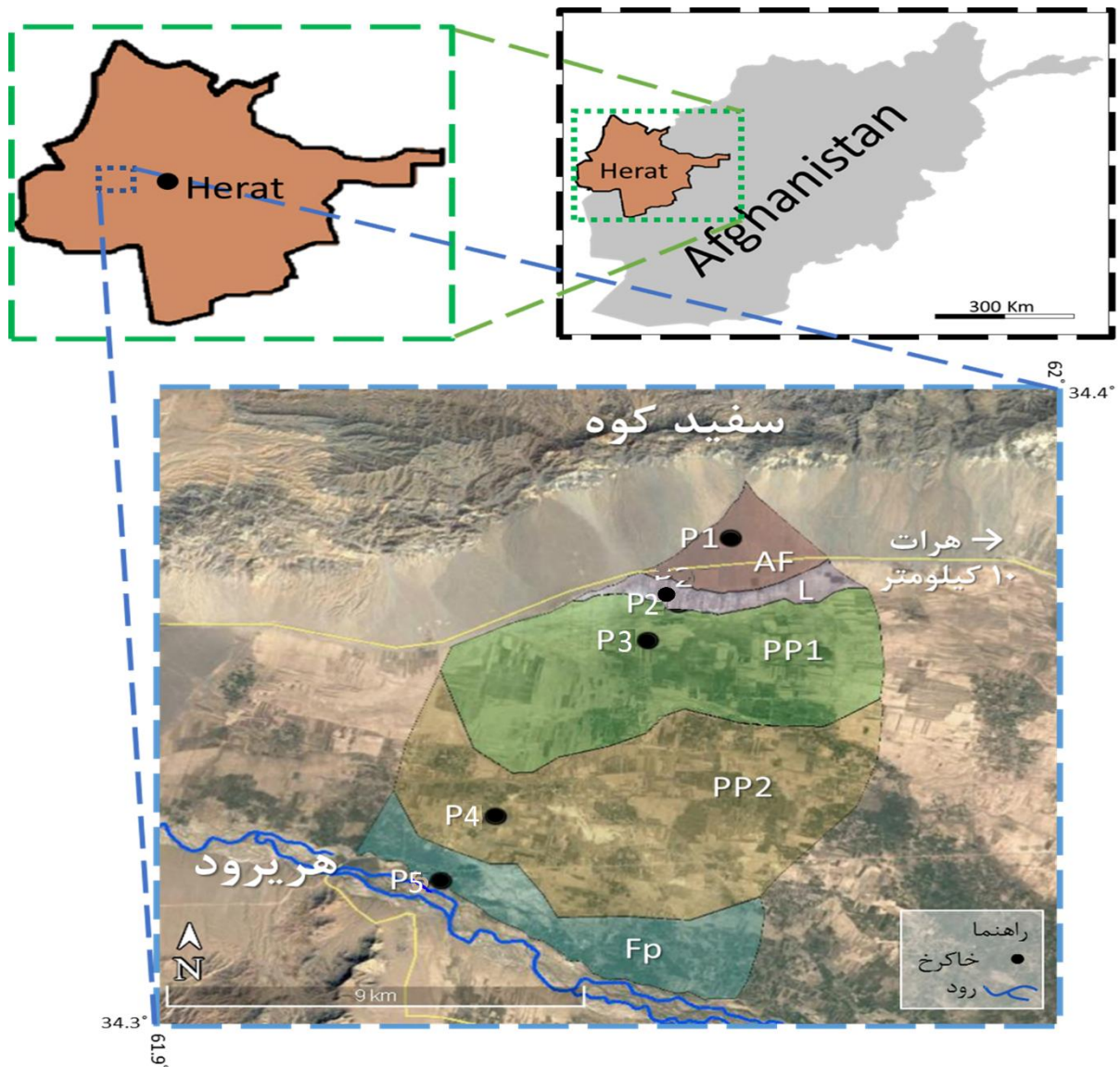
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

هرات در غرب افغانستان قرار دارد. در جنوب این شهر، دشت هرات بین طول‌های جغرافیایی $33^{\circ} 25' 34''$ تا $21^{\circ} 20' 43''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $33^{\circ} 25' 34''$ تا $21^{\circ} 20' 43''$ شمالی قرار گرفته است. این دشت بین دامنه‌های سفیدکوه در شمال تا رودخانه هریرود در جنوب منطقه قرار گرفته است (شکل ۱). بیشترین ارتفاع در منطقه مورد مطالعه ۹۱۰ متر در سفید کوه است که به ۸۷۰ متر در رودخانه هریرود می‌رسد. میانگین بارندگی و دمای سالانه به ترتیب ۲۵۰ میلی‌متر و $16/1$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و دارای اقلیم خشک با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد می‌باشد. رژیم رطوبتی خاک‌های مورد مطالعه اریدیک و رژیم حرارتی ترمیک است.

نمونه‌برداری

برای مطالعه خاک‌ها، یک برش از مخروط افکنه در دامنه سفید کوه تا رودخانه هریرود انتخاب شد که سطوح ژئومورفیک مختلف در امتداد این برش بر اساس بازدیدهای صحرائی، نقشه‌های توپوگرافی و تفسیر تصاویر گوگل‌ارت شناسایی شدند (شکل ۱). سطوح



شکل ۱- موقعیت سطوح ژئومورفیک و محل حفر خاکرخ‌ها در منطقه مورد مطالعه در غرب افغانستان؛ P1 تا P5: محل خاکرخ، AF: مخروط افکنه، L: حدواسط مخروط افکنه و دشت دامنه‌ای، PP1 و PP2: به ترتیب دشت دامنه‌ای شور و غیرشور و Fp: دشت سیلابی

Figure 1- Location of geomorphic surfaces and soil profiles in the study area in western Afghanistan; P1 to P5: soil profiles, Af: Alluvila fan, L: Alluvial fan-piedmont plain transition, PP1 and PP2: Saline and non-saline piedmont plain, Fp: Flood plain

نواحی خشک، به دلیل شرایط هوادیدگی در زمان تشکیل این افق، رنگ خاک به سمت قرمز یا قهوه‌ای متمایل می‌شود. قرمز شدن خاک در مقایسه با مواد مادری نشانه‌ای از تکامل خاک است و هرچه درجه قرمزی بیشتر باشد هوادیدگی و تکامل افق‌ها بیشتر است (۱)، ۴ و ۲۴). در زیر افق 2Btk لایه‌های بدون تکامل قرار گرفته‌اند که تفاوت در مقدار سنگریزه (جدول ۱)، تفاوت در شکل سنگریزه‌ها و همچنین، لایه‌بندی مشخص حاصل از تناوب رسوبگذاری، به عنوان انقطاع سنگی شناسایی شدند. در این لایه‌ها، کربنات‌ها به شکل

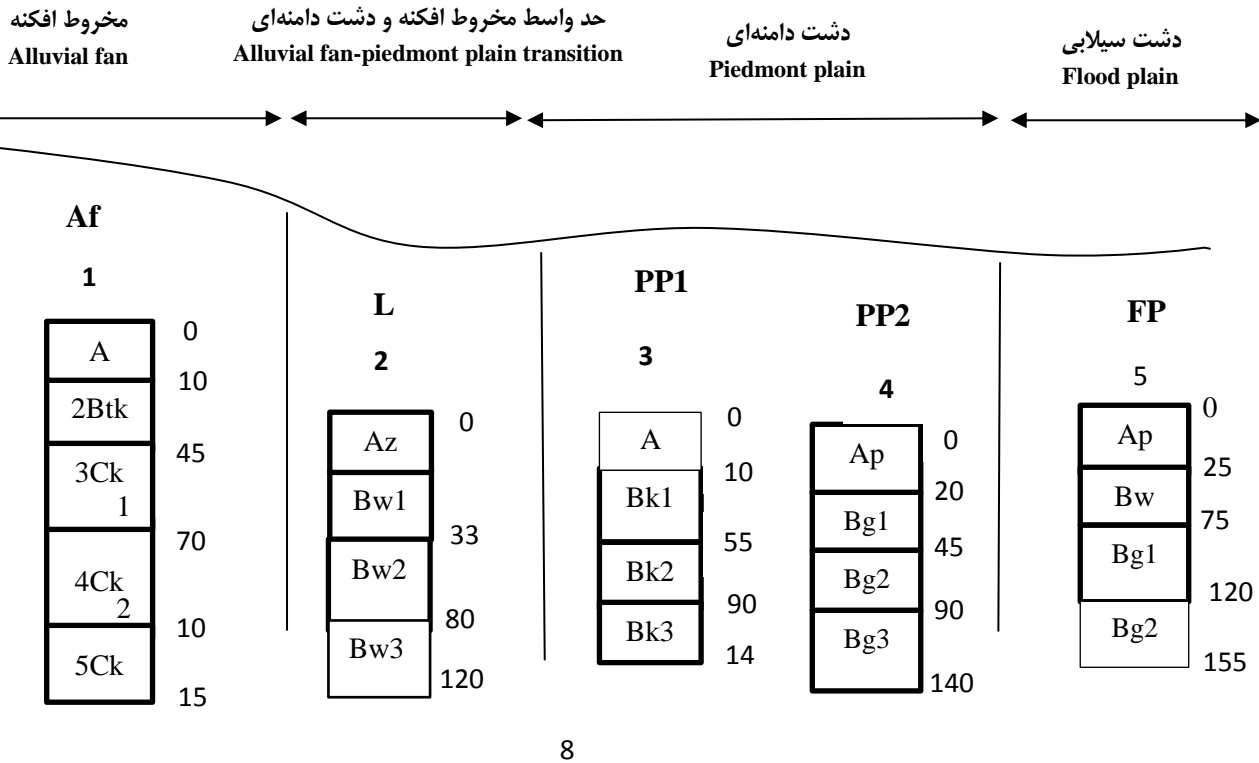
نتایج و بحث

توصیف خاک‌ها

شکل ۲ سطوح ژئومورفیک، موقعیت خاکرخ‌ها و توالی افق‌ها در هر خاکرخ را نشان می‌دهد. در خاکرخ شماره ۱ بر اساس شواهد صحرایی و میکرومورفولوژی یک افق آرچیلیک-کلسیک (Btk) در زیر افق سطحی A مشاهده شد که تکامل‌ترین افق در خاک‌های مورد مطالعه است. رنگ این افق قهوه‌ای (7.5YR 5/4) است که در

در زمان تشکیل افق آرچیلیک در این خاک‌ها، منطقه مورد مطالعه پایدار بوده است و پایداری مورفولوژیکی منطقه همراه با سایر شرایط مساعد برای جا به جا رس در طول خاکرخ (مانند اقلیم مرطوب) منجر به تشکیل افق آرچیلیک در این منطقه شده است.

پندانت در زیر سنگریزه‌ها مشاهده شدند و به همین دلیل از علامت k برای نشان دادن این تجمع استفاده شد. به اعتقاد خرمالی و همکاران (۲۵) وجود یک افق آرچیلیک در مواد مادری آهکی در آب و هوای نیمه‌خشک می‌تواند به یک فرآیند قدیمی در شرایط ژئومورفولوژیک پایدار اشاره نماید. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که



شکل ۲- نمایش شماتیک از موقعیت خاکرخ‌ها و ترتیب و توالی افق‌ها در سطوح ژئومورفیک مختلف (ضخامت لایه‌ها بر حسب سانتی متر است)
 Figure 2- Schematic representation of soil profiles locations and horizons in geomorphic surfaces (The thickness of the layers is in centimeter)

بر متر می‌رسد.

دشت دامنه‌ای، اراضی با شیب کم تا مسطح با خاک‌های عمیق، بافت سنگین و بدون سنگریزه هستند که براساس میزان هدایت الکتریکی به دو سطح ژئومورفیک شور و غیرشور تقسیم شد. سطح ژئومورفیک شور که با فاصله کمی از منطقه پست قرار دارد تحت تأثیر رواناب‌های منتقل شده از مخروط افکنه شور شده است؛ به طوری که سله‌های نمکی تشکیل شده در سطح خاک مشاهده می‌شود. در سطح ژئومورفیک غیرشور دشت دامنه‌ای به دلیل گود افتادگی منطقه و سرازیر شدن هرز آب‌ها از اطراف به این اراضی طی فصول پر باران سال، شرایط احیایی اشباع از سطح به صورت دوره‌ای ایجاد شده است.

سطح ژئومورفیک حدواسط مخروط افکنه- دشت دامنه‌ای به صورت یک نوار باریک بین مخروط افکنه و دشت دامنه‌ای قرار گرفته است و حالت مقعر دارد، که باعث ایجاد شرایط غرقابی در ماه‌های مرطوب سال می‌شود. خاکرخ ۲ در این سطح قرار دارد که افق‌های زیر افق Az، فقط بر اساس استحکام به افق‌های Bw1 تا Bw3 تقسیم شدند (شکل ۲). سیلت بخش غالب ذرات را در این خاکرخ را تشکیل می‌دهد و فاقد سنگریزه است (جدول ۱). آب وارده از اراضی مخروط افکنه، بالا بودن سطح آب زیرزمینی (در فاصله ۲ متری از سطح زمین) و تبخیر و تعرق باعث تجمع املاح در قسمت‌های سطحی این خاکرخ شده است؛ به طوری که سطوح پف کرده نمکی به صورت سله در سطح خاک به وضوح قابل مشاهده است. EC در افق سطحی، ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر است که در لایه‌های زیرین به شدت کاهش پیدا می‌کند و به ۱/۵ دسی‌زیمنس

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مورفولوژیکی خاک‌های مورد مطالعه
Table 1- Some physical, chemical and morphological properties of the studied soils

افق Horizon	عمق Depth (cm)	رنگ خشک Dry color	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	سنگریزه Gravel	کربنات		هدایت الکتریکی EC	بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH
							کربن آلی خاک SOC	کلسیم معادل CCE			
%											
(dSm ⁻¹)											
Pedon 1, Alluvial fan, Typic Calcicgids خاک‌خ شماره ۱، انتهای مخروط افکنه											
A	0-10	7.5YR 5/4	15	8	77	54	14	0.3	1.8	LS	7.3
2Btk	10-45	7.5YR 5/4	19	5.5	75.5	45	15	0.6	2	LS	7.3
3Ck1	45-70	10YR 6/3	12.4	22.9	64.7	66	13.2	0.4	3.8	SL	7.9
4Ck2	0-100	10YR 6/3	15.7	42	42.3	73	13.2	0.5	3.3	L	7.7
5Ck3	100-150	10YR 6/3	15	45	40	62	13	0.3	3.2	L	7.8
Pedon 2, Alluvial fan-piedmont plain transition, Typic Haplocambids خاک‌خ شماره ۲، حدواسط مخروط افکنه-دشت دامنه‌ای											
Az	0-8	7.5YR 5/2	15.7	25.3	59	-	13.2	1.7	40	LS	8.5
Bw1	8-33	7.5YR7/2	32.4	51.9	15.7	-	16.4	1.2	2.8	SiCL	8.1
Bw2	33-80	7.5YR7/2	12	72	16	-	15.1	1.1	2	SiL	8.1
Bw3	80-120	7.5YR7/2	12.5	72	14.5	-	13.5	1	1.5	SiL	8
Pedon 3, Saline piedmont plain, Aquic Haplocambids خاک‌خ شماره ۳، دشت دامنه‌ای شور											
A	0-10	5YR 5/3	15.6	68.8	15.7	-	15.6	1.7	49	SiL	8.6
Bk1	10-55	5YR 5/3	12.3	65.4	22.3	-	13	1.2	15.8	SiL	8.3
Bk2	55-90	5YR 5/3	12.3	72	15.7	-	15.1	1.5	10	SiL	8.1
Bk3	90-145	5YR 5/3	14	71.5	14.5	-	14.1	1.1	8.3	SiL	8
Pedon 4, Non-saline piedmont plain, Typic Aquicambids خاک‌خ شماره ۴، دشت دامنه‌ای غیرشور											
Ap	0-20	7.5YR 6/2	52.3	32	15.7	-	16.6	1.8	1.4	C	7.7
Bg1	20-45	10YR 6/1	52.3	35.3	12.3	-	16.6	0.8	1.1	C	7.7
Bg2	45-90	2.5YR 6/2	45.7	32	22.3	-	16.6	0.4	1.2	C	8.1
Bg3	90-140	7.5YR 7/2	35.7	45.3	19	-	16.5	0.6	1	SiCL	8.2
Pedon 5, Flood plain, Typic Aquicambids خاک‌خ شماره ۵، دشت سیلابی											
Ap	0-25	7.5YR 6/2	16	44	40	-	13	1	1.2	L	7.9
Bw	25-75	2.5YR 6/4	19	42	39	-	15.6	0.8	1.3	L	8.1
Bg1	75-120	2.5YR 6/4	20	39	41	-	12	0.5	1	L	7.1
Bg2	120-155	2.5YR 6/5	17.5	37	38	5	13.5	0.4	1	L	8

مقووط‌های به رنگ خاکستری و آبی روشن مشاهده می‌شود. وجود رگه‌های با رنگ قرمز در افق‌های سفید و آبی رنگ این خاک‌خ نشان‌دهنده‌ی از تناوب شرایط اکسیداسیون و احیا است.

آخرین سطح دشت سیلابی رودخانه هریرود است و رسوبات آن عمدتاً توسط این رودخانه تامین می‌شود. اراضی این منطقه جز اراضی حاصلخیز کشاورزی محسوب می‌شود. توسعه، تکامل و خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی این خاک‌ها به شدت تحت تأثیر شرایط خشک و مرطوب در اثر نوسانات آب زیرزمینی و همچنین فاصله از رودخانه هریرود است. خاک‌خ ۵ در این واحد، تحت تأثیر اشباع از آب زیرزمینی قرار داشت. لایه‌بندی در این خاک‌خ نشان‌دهنده تناوب رسوبگذاری رودخانه‌ای است و در عمق ۱۳۰ سانتی‌متری این خاک‌خ رسوبات درشت در اندازه سنگریزه در خاک دیده می‌شود. با افزایش عمق و ایجاد شرایط نامناسب زهکشی زمینه خاک به رنگ خاکستری تیره مایل به سیاه تبدیل می‌شود که حاکی از شرایط احیایی در این منطقه است. به علت تناوب دوره‌های خشک و مرطوب در طول سال، افق (Bg1) این خاک‌خ مملو از

خاک‌خ شماره ۳ بر روی سطح ژئومورفیک شور دشت دامنه‌ای قرار دارد (شکل ۱). هدایت الکتریکی در افق سطحی تا ۴۹ دسی‌زیمنس بر متر است که با افزایش عمق از مقدار آن کاسته می‌شود و در افق Bk3 به ۸/۳ دسی‌زیمنس بر متر می‌رسد (جدول ۱). هیچ یک از افق‌ها بر اساس کلید شناسایی خاک (۳۵) شرایط تشکیل افق سالیک را نداشتند. در این خاک‌خ کربنات‌های ثانویه به صورت رشته‌های نازک مشاهده شدند ولی نظر به این که مقدار کربنات کلسیم معادل کمتر از ۱۵ درصد بود و همچنین کربنات ثانویه مشاهده شده در مقیاس ماکرومورفولوژی به کمتر از ۵ درصد می‌رسید. لذا افق کلسیک شناسایی نشد.

خاک‌خ شماره ۴ روی سطح ژئومورفیک غیرشور دشت دامنه‌ای قرار دارد و EC در همه افق‌ها حدود ۱ دسی‌زیمنس بر متر است. تکامل در این خاک‌خ، ناشی از ساختمان و ایجاد رنگ‌دانه ناشی از نوسان سطح آب در خاک محدود شده است. در همه افق‌ها، به دلیل بالا بود سفره آب زیرزمینی شرایط اکسید و احیا دیده می‌شود. در افق‌های تحتانی Bg2 و Bg3 شرایط اکسید و احیایی به صورت

منقوطة‌های قرمز رنگ اکسید آهن است. به نظر می‌رسد در منطقه تحتانی خاکرخ، افق (Bg2) جایی که رنگ خاک خاکستری تیره است شرایط احیایی حاکم است و در افق (Bg1) که به سطح خاک نزدیک‌تر است به دلیل وجود اکسیژن کافی شرایط اکسیدی فراهم شده و آهن رسوب کرده است.

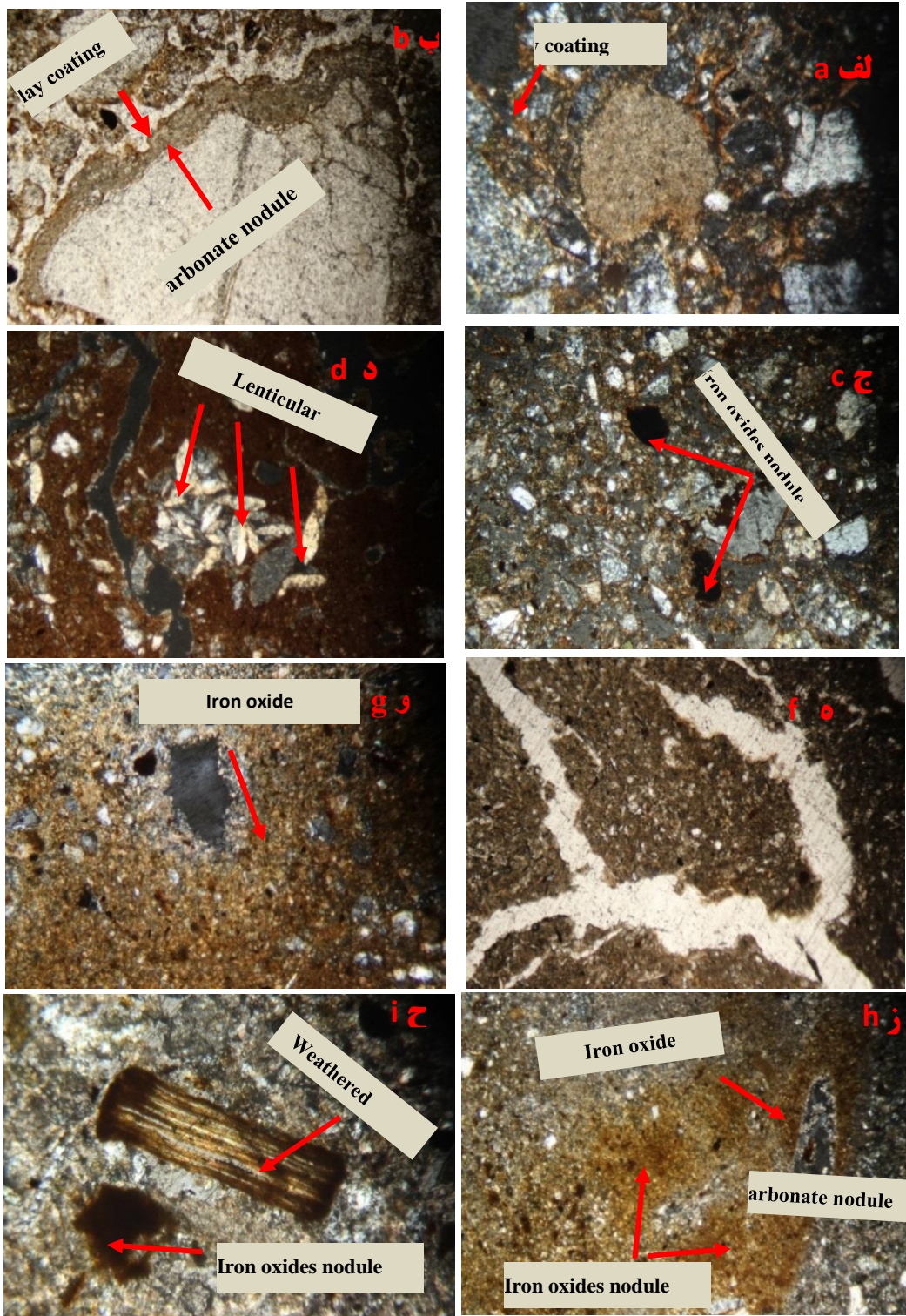
میکرومورفولوژی

در مطالعه مقاطع نازک، خاکرخ‌های مورد مطالعه، پوشش‌های رسی روی نودول‌های کربنات کلسیم افق آرچلیک (Btk) در خاکرخ شماره ۱ واقع در سطح ژئومورفیک مخروط افکنه مشاهده شد (شکل ۳ الف). وجود پوشش‌های رسی روی نودول‌های کربنات‌ها نشان دهنده این مطلب است که ابتدا تجمع کربنات‌ها در این افق صورت گرفته و به دنبال آن رس‌ها طی دوره‌های مرطوب از افق‌های بالایی به افق تحتانی انتقال یافته و به صورت پوششی اطراف نودول‌های کربنات قرار گرفته است. توالی پوشش رس و کربنات‌ها روی ذرات درشت (شکل ۳ ب) نشان دهنده پلی‌ژنتیک بودن این خاک است (۱۶ و ۳۸). وجود دوره‌های خشک نیز به عنوان عامل کلیدی برای تجمع رس گزارش گردیده است به این صورت که دوره‌های خشک، این امکان را فراهم می‌آورند تا رس انتقال یافته نگهداری شود (۱۱). در افق Btk این خاکرخ علاوه بر تجمع کربنات‌های ثانویه و پوسته‌های رسی، نودول‌های آهن از دیگر پدیده‌های خاک‌سازی د است که می‌تواند به دلیل آزاد شدن آهن و رسوب به صورت اکسیدهای آهن در زمان تشکیل افق آرچلیک

باشد (شکل ۳ ج).

در خاکرخ شماره ۳ که روی سطح ژئومورفیک شور دشت دامنه ای قرار دارد بلورهای ریز گچ به صورت عدسی شکل مشاهده گردید (شکل ۳ د). بلورهای گچ عدسی شکل، عمدتاً از نوع گوشه‌دار (II-hedral) است که می‌تواند نشان‌دهنده تشکیل در جای آنها باشد. فرم عدسی‌شکل گوشه‌دار فراوان‌ترین شکل بلورهای گچ در مناطق خشک و نیمه خشک است (۸). به‌طور کلی دمای زیاد در مناطق پست، همراه با بافت ریز خاک و کمبود سنگریزه، از عوامل تأثیرگذار در تشکیل بلورهای گچ سوزنی و عدسی شکل می‌باشد (۱۳). اولیایی و ابطحی (۲۹) بیان نمودند، فوق اشباع بودن محلول خاک از سولفات کلسیم در حفرات کوچک خاک به مدت طولانی، موجب رشد بلورهای عدسی شکل گچ می‌شود.

در خاکرخ شماره ۴ واقع در سطح ژئومورفیک غیرشور، ساختمان بلوکی شکل مشاهده گردید. (شکل ۳ ه). در افق Bg1 خاکرخ شماره ۵ در دشت سیلابی، علاوه بر نودول‌های آهن، کوتینگ، هایپوکوتینگ و کواسی کوتینگ اکسیدهای آهن در اطراف حفرات به چشم می‌خورد (شکل ۳ و و ز). موقعیت نودول اکسید آهن که به فاصله کمی از حفرات قرار دارد می‌تواند نشانگر شرایط احیایی‌تر در فضای خلل و فرج و شرایط اکسیدی‌تر در ماتریکس خاک باشد؛ بنابراین اکسیدهای محلول با حرکت به ماتریکس خاک و برخورد با شرایط اکسید، به صورت نامحلول درآمده و به صورت نودول رسوب و تجمع پیدا کرده‌اند. شکل ۳ ح، بیوتیت هواپدیده شده را به صورت لایه لایه در این افق نشان می‌دهد.



شکل ۳- الف) پوشش‌های رسی بر روی نودول کربنات‌ها و ب) توالی پوشش رسی و کربنات‌ها بر روی ذرات درشت و ج) نودول‌های اکسید آهن در افق Btk خاکرخ ۱ در نور XPL، د) در نور XPL، د) پرشدگی ناقص حفرات توسط بلورهای عدسی شکل گچ در افق Bk1 خاکرخ شماره ۳ در نور XPL، ه) ساختمان بلوکی زاویه دار در افق Bg1 خاکرخ شماره ۴. ز و ح) هیپوکوتینگ و پوشش اکسید آهن و ح) بیوتیت هوا دیده در افق Bg1 خاکرخ شماره ۵

Figure 3- a) Clay coating on carbonate nodule, b) sequence of clay and carbonate coating on coarse fragment and c) iron oxides nodule in Btk horizon of pedon 1 (XPL), d) incomplete infilling of lenticular gypsum in Bk1 horizon of pedon 3 (XPL), e) subangular blocky microstructure in Bg1 of pedon 4, (XPL), g and h) hypocoating and coating of iron oxides and h) weathered biotite in Bg1 of pedon 5 (XPL)

کانی شناسی خاکها

ایلیت می‌باشد. قله ۷۷/۱۱ آنگستروم در تیمار پتاسیم و حرارت نشان دهنده کانی مختلط اسمکتیت-ایلیت است. از سوی دیگر شرایط لازم جهت تشکیل اسمکتیت از قبیل pH بالا و محلول خاک غنی از کاتیون‌های بازی در این خاکرخ مهیا گردیده است. بزرگ‌ترین (۳) معتقد است که سرعت تشکیل رس‌های انبساط پذیر (مانند اسمکتیت) با افزایش رطوبت زیاد شده و بیشترین میزان رس در محیط مرطوب و گرم ایجاد می‌شود. از این رو انتظار می‌رود بخشی از اسمکتیت موجود در این خاکرخ از طریق نوتشکیلی از محلول خاک حاصل شده باشد.

در خاکرخ شماره ۵ که در دشت سیلابی واقع شده است و تحت تأثیر شرایط اکسید و احیا قرار دارد نیز کانی‌های اسمکتیت، ایلیت، کلریت و کائولینیت شناسایی شد (شکل ۴ ه). به علت تیز بودن قله ۵ آنگستروم در این نمونه که رده دوم ایلیت را تشکیل می‌دهد به نظر می‌رسد ایلیت در این افق از نوع دی اکتاهدرال باشد (۱۲).

تشکیل و تغییر و تحول خاکها

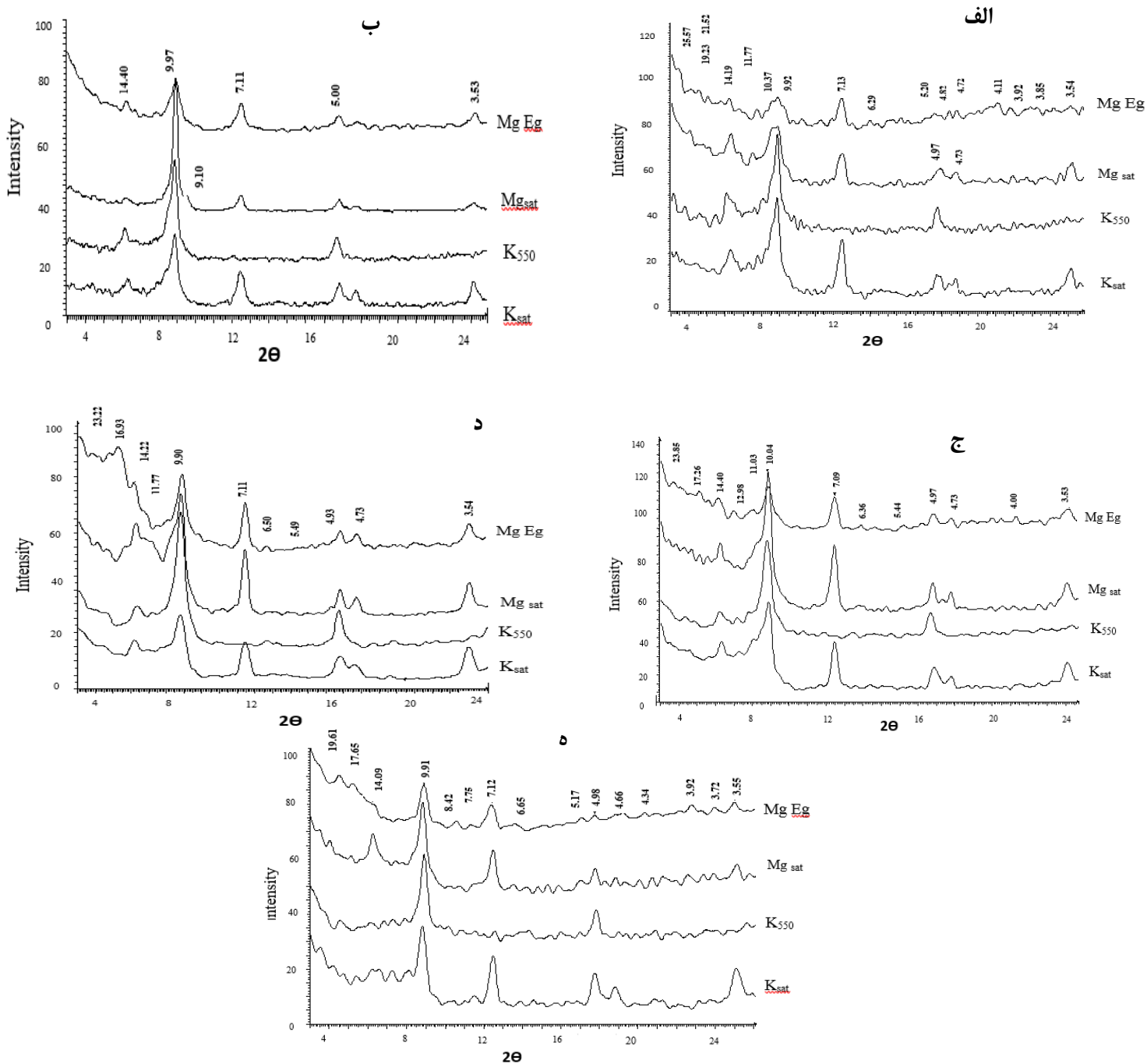
وجود خاک‌های قدیمی، لایه‌های متناوب که نشان از انقطاع های سنگی در سطح ژئومورفیک مخروط افکنه داشت نشان دهنده مسیرهای متفاوت تغییر و تحول خاک و دوره‌های مختلف فرسایش و رسوب گذاری بودند. مدل ینی (۱۹) خاک را نتیجه تشکیل پنج عامل خاک‌سازی معرفی می‌کند که در زمان صفر از مواد مادری شروع می‌شود و به سمت نقطه تکامل خود که تحت تأثیر اقلیم و پوشش گیاهی در شرایط پایدار از نظرتوپوگرافی پیش می‌رود. ولی، تغییرات اقلیمی باعث تغییر در فرآیندهای پدوژنیک و ژئومورفیک می‌شود و در نتیجه خاک، لزوماً به سمت تکامل پیش نخواهد رفت. بر اساس مدل جانسون و واتسون - استگنر (۲۰)، خاک تحت تأثیر فرآیندهای پیش‌رونده و پس‌رونده ممکن است به سمت تکامل یا در خلاف جهت آن حرکت کند. بنابراین، مدل جانسون و واتسون - استگنر (۲۰) برای توضیح تغییر و تحول خاک‌های مناسب است. مورفولوژی خاکرخ ۱ در مخروط افکنه، نشان دهنده فرآیندهای پیش‌رونده و پس‌رونده تغییر و تحول خاک در تشکیل این خاک هستند. وجود لایه‌های با مقادیر متفاوت سنگریزه در زیر افق آرجیلیک در خاکرخ ۱، نشان دهنده دوره‌های فرسایش و رسوب و شرایط ناپایدار لندفرم است. تشکیل افق آرجیلیک نشان دهنده دوره ثبات و فراهم بودن شرایط اقلیمی برای فرآیندهای هوازدگی و پدوژنیک است که سبب انتقال رس شده است. پس از یک دوره ثبات، افق‌های سطحی در اثر فرسایش از بین رفته و باعث قرار گرفتن افق آرجیلیک - کلسیک در سطح خاک گردیده است.

پراش نگاشت بخش رس افق 2Btk خاکرخ شماره ۱ واقع در سطح ژئومورفیک مخروط افکنه در شکل ۴ الف نشان داده است. قله ۱۴/۱۹ آنگستروم در تیمار اشباع با منیزیم (Mgsat) که بخشی از آن در تیمار اشباع با منیزیم با اتلین گلیکول (Eg Mg) به قله ۱۷/۶۵ آنگستروم منتقل شده و در تیمار K550 حذف و به شدت ۱۰ آنگستروم اضافه شده است دلیلی بر وجود اسمکتیت است. قله ۲۵/۹۵ آنگستروم در تیمار منیزیم اتلین گلیکول در این نمونه دلیل بر وجود کانی مختلط میکا - کلریت است. قله‌های ۷/۱، ۴/۷۶ و ۳/۵۴ به ترتیب رده‌های دوم، سوم و چهارم کلریت را تشکیل می‌دهند. قله‌های ۷/۱ و ۳/۵۴ در تیمار Mg-sat مربوط به رده‌های اول و دوم کانی کائولینیت است که با رده‌های دوم و چهارم کلریت هم‌پوشانی دارند. حذف قله ۷/۱ آنگستروم در تیمار K550 نیز دلیلی بر وجود کائولینیت است. با توجه به نبود شرایط لازم برای تشکیل این کانی در خاک‌های خشک منطقه مورد مطالعه، می‌توان نتیجه گیری کرد که این کانی از مواد مادری به ارث رسیده است که در مطالعات انجام شده در مناطق خشک ایران به آن اشاره شده است (۱۳، ۲۴ و ۹).

قله‌های ۱۰/۳۷ و ۶/۲۹ آنگستروم در این نمونه وجود کانی پالیگورسکیت را نشان می‌دهد. پالیگورسکیت یک کانی معمول در افق‌های کلسیک در مناطق خشک ایران است. دلیل آن را به کاهش نسبت Ca/Mg در اثر رسوب کربنات کلسیم ربط می‌دهند که شرایط را برای تشکیل این کانی فراهم می‌کند (۱۳ و ۲۴). بوزوا و همکاران (۶) کانی‌های رسی فیبری در افق‌های کلسیک و پتروکلسیک را در شمال شرقی پاتاگونیا گزارش کردند.

در افق Bw خاکرخ شماره ۲ واقع در سطح ژئومورفیک حد واسط مخروط افکنه و دشت دامنه‌ای کانی‌های میکا، کلریت و کمی اسمکتیت مشاهده شد (۴ ب). پراش نگاشت افق Bk خاکرخ شماره ۳ واقع در سطح ژئومورفیک شور دشت دامنه‌ای تقریباً مشابه خاکرخ شماره ۱ است (شکل ۴ ج) با این تفاوت که قله ۲۳/۸۵ آنگستروم در تیمار منیزیم اشباع اتلین گلیکول مربوط به کانی مختلط ایلیت - کلریت در این خاکرخ است. همچنین، شدت زیاد قله ۱۶/۹۳ آنگستروم در تیمار Mg-Eg نشان دهنده افزایش اسمکتیت است. در این افق هم پالیگورسکیت نیز شناسایی شد.

در خاکرخ شماره ۴ واقع در سطح ژئومورفیک غیر شور دشت دامنه‌ای که در آن، شرایط احیایی اشباع از سطح ایجاد شده است، به نظر می‌رسد وجود مواد آلی و رطوبت مناسب موجب تغییر و تحول کانی‌ها بویژه تشکیل کانی‌های مختلط شده است (شکل ۴ ج). کانی‌های کلریت، ایلیت، اسمکتیت، کائولینیت در این خاکرخ وجود دارند. اما وجود قله ۲۳/۲۲ آنگستروم مربوط به کانی مختلط کلریت -



شکل ۴- الف) پراش نگاشت رس افق Btk خاکرخ شماره ۱، ب) افق Bw خاکرخ شماره ۲ و ج) افق Bk خاکرخ شماره ۳، د) افق Bg1 خاکرخ شماره ۴ و ه) افق Bg1 خاکرخ شماره ۵؛ Mg-Sat: اشباع با منیزیم، Mg-Eg: اشباع نمونه با منیزیم و اتیلین گلیکول، K: اشباع با پتاسیم و K550: اشباع با پتاسیم و حرارت 550 درجه سانتی گراد

Figure 4- XRD diffractograms of clay fraction of a) Btk horizon of pedon 1, b) Bw horizon of pedon 2, c) Bk horizon of Pedon 3, d) Bg1 horizon of Pedon 4 and e) Bg1 horizon of pedon 5; Mg-Sat: Mg saturated, Mg-Eg: Mg and ethylene glycol saturated, K: K saturated and K550: K saturated and heated at 550 °C

فرسایش شدید در اثر تغییرات شدید اقلیمی در دوره‌های یخچالی و از

کهل (۲۳) عدم حضور افق‌های A را در خاک‌های قدیمی به

نمایانگر تغییر اقلیم تعبیر کردند.

در دشت دامنه‌ای و دشت سیلابی، به دلیل اضافه شدن رسوبات، خاک‌های فرصت تکامل زیادی نداشته‌اند و حداکثر تکامل خاک، تجمع کمی کربنات‌های ثانویه است. در مطالعات انجام شده، در ایران، معمولاً، متکامل‌ترین خاک‌ها در دامنه و در مخروط افکنه‌ها و پدیمنت است که دارای افق Btk هستند ولی در دشت‌ها حداکثر تکامل تشکیل افق Bk است (۱۵ و ۲۱). در دشت سیلابی نیز، رسوبگذاری‌های متوالی اجازه تکامل خاک را نداده است که لایه‌بندی قابل تشخیص آنها مؤید این مطلب است.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این مطالعه، رابطه خاک- لندفرم در دشت هرات افغانستان، مشابه تشکیل و تغییر و تحول خاک با مناطق خشک ایران است. بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و میکرومورفولوژیکی، در مخروط افکنه منطقه مورد مطالعه یک خاک قدیمی دارای افق کلسیک-آرجیلیک (Btk) شناسایی شد که در شرایط مرطوب‌تر و گرم‌تر از زمان حاضر تشکیل شده است. توالی رسوبات بدون تحول و خاک قدیمی، دلالت بر توالی رسوبگذاری و تشکیل خاک دارند. وضعیت تغییر و تحول خاک در مخروط افکنه در جنوب هرات، مشابه با مناطق مرکزی، شرقی و شمال شرقی ایران است که افق کلسیک-آرجیلیک (Btk) که باقیمانده یک خاک قدیمی است به صورت مدفون در زیر لایه‌های رسوبی جدید شناسایی شد. در دشت دامنه‌ای و دشت سیلابی به دلیل رسوبگذاری‌های متوالی، خاک‌ها تکامل زیادی ندارند و مهم‌ترین فرآیند پدوژنیک، انتقال کربنات‌ها است. همچنین، انتقال آب از ارتفاعات و تجمع آنها در مناطق پست باعث ایجاد شرایط احیایی و شور شدن خاک شده است.

دست رفتن این افق‌های نسبت می‌دهد. کریمی و همکاران (۲۲) در مطالعات خود روی لس‌های جنوب مشهد به این نتیجه رسیدند که پس از یک دوره مناسب خاک‌سازی در آخرین دوره بین یخچالی، بخش سطحی خاک قدیمی و حتی بخشی از افق آرجیلیک در این منطقه در اثر فرسایش از بین رفته است.

تشکیل افق آرجیلیک در خاک‌های این منطقه با توجه به اقلیم کنونی (مقدار کم بارندگی، ۲۵۰ میلی‌متر) منطقه امکان پذیر نمی‌باشد و در یک اقلیم مرطوب‌تر در گذشته که رطوبت کافی و شرایط برای پراکنش و حرکت رس مهیا بوده است تشکیل شده است. بنابراین، افق‌های آرجیلیک در این منطقه یک عارضه باقی مانده از اقلیم‌های مرطوب‌تر گذشته هستند. غفارپور (۱۴) براساس نتایج مطالعه پذیرفتاری مغناطیسی افق آرجیلیک تشکیل شده در منطقه مبارک آباد با توسعه یافتگی بالا و ضخامت زیاد (۱۶۰ سانتی‌متر) بیان نمود که احتمالاً میزان متوسط سالیانه بارندگی در زمان تشکیل این افق بیش از ۱۲۰۰ میلی‌متر بوده است. این موضوع توسط عبدالخالق ابراهیم (۱) و بوخیم و هارتمنگ (۴) نیز گزارش شده است. شانکر و همکاران (۳۴) وتانر (۳۷) نیز اظهار داشتند برای انتقال کربنات‌ها و تشکیل افق کلسیک حد اقل ۴۰۰ میلی‌متر بارندگی لازم است. کربنات‌های لیتوژنیک در شرایط موجود رطوبتی خاک و فشار جزئی نسبتاً زیاد دی‌اکسید کربن خاک حل گردیده و یون‌های کلسیم، منیزیم و کربنات همراه با آب نفوذی به سمت پایین حرکت نموده و با کاهش رطوبت خاک رسوب می‌نمایند که تکرار این اعمال در سالیان دراز سبب تشکیل افق کلسیک گردیده است. تجمع رس و کربنات در افق آرجیلیک- کلسیک به صورت توأم، نشان دهنده پلی ژنتیک بودن خاک است. کریمی و همکاران (۲۲) نیز تجمع کربنات‌ها در رسوبات لسی مناطق خشک شمال شرق ایران را در زمان‌های از هولوسن که اقلیم مرطوب‌تر از زمان حاضر بوده است نسبت دادند. کارلستون و همکاران (۱۰) یک افق کلسیک محتوی رس انتقال یافته معمولاً را

منابع

- 1- Abdelkhalik Ibrahim M.A. 2011. Argillic horizons and clay-sized particles - an alternative interpretation of their dynamics in sola development and across catenas. Ph.D. Thesis, Iowa State University, 127p.
- 2- Bayat O., Karimzadeh H.R., Karimi A., Eghbal M.K., and Khademi H. 2013. Pedogeomorphic evolution of an alluvial fan in central Iran. *Journal of Rane and Watershed Management*, 66: 192-206.
- 3- Birkeland P.W. 1999. *Soils and Geomorphology*, 3rd edition. Oxford University Press, New York.
- 4- Bockheim J.G., and Hartemink A.E. 2013. Distribution and classification of soils with clay-enriched horizons in the USA, *Geoderma*, 209-210: 153-160.
- 5- Boixadera J., Poch R.M., Garcia-Gonzalez M.T., and Vizcayno C. 2003. Hydromorphic and clay-related processes in soils from the Llanosde Moxos (Northern Bolivia), *Catena* 54: 403-424.
- 6- Bouza P.J., Simon M., Aguilar J., del Valle H., and Rostagno M. 2007. Fibrus-clay mineral formation and soil evolution in Aridisols of northeastern Patagonia, Argentina, *Geoderma*, 139: 38-50.
- 7- Buck B. J., and Van Hoesen J. G. 2002. Snowball morphology and SEM analysis of pedogenic gypsum. Southern New Mexico. USA, *Journal of Arid Environments*, 51: 469-487.
- 8- Chapman H.D. 1965. Cation exchange capacity. In *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Black, C. A. (ed.). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

- 9- Chorom M., Baghernejad M., and Jafari S. 2009. Influence of rotation cropping and sugarcane production on the clay mineral assemblage, *Applied Clay Science*, 385-395.
- 10- Christenson G.E., and Purcell C. 1985. Correlation and age of Quaternary alluvial fan sequences. Basin and Range province. Southwestern United States. in: Weide D.I., Faber M.L., (Eds.), *Soils and Quaternary geology of the Southwestern United States*. Geological Society of America Boulder, pp. 115-121.
- 11- Day P. 1965. Particle fractionation and particle-size Analysis. In *Methods of Soil Analysis*, Part 1 edition, Black, C.A. American Society of Agronomy, Madison, WI. Pp: 545-567.
- 12- Dixon J.B., and Schuzele D. 2002. *Soil mineralogy with environmental applications*. Soil sciencesociety of America, Madison, Wisconsin. USA.
- 13- Farpoor M.H., Neyestani M., Eghbal M.K., and Esfandiarpour Borujeni I. 2012. Soil-geomorphology relationships in Sirjan playa, south central Iran, *Geomorphology*, 138: 223-230.
- 14- Ghafarpour A., Khormali F., Balsam W., Karimi A., and Ayoubi Sh. 2016. Climatic interpretation of loess-paleosol sequences at Mobarakabad and Aghband, Northern Iran, *Quaternary Research*, 86: 95-109.
- 15- Ghasemzadeh Ganjehie M., Karimi A., Zeinadini A., and Khorassani R. 2017. Investigation of clay mineralogy, micromorphology and evolution of soils in Bajestan playa. *Journal of Water and Soil*, 30: 2046-2059.
- 16- Gunal H., and Ransom M.D. 2006. Clay illuviation and calcium carbonate accumulation along a precipitation gradient in Kansas. *Geoderma*, 68: 59-69.
- 17- Harvey A.M., Mather A.E., and Stokes M. 2005. Alluvial fans geomorphology, sedimentology, dynamics-introduction. A review of alluvial-fan research. in: Harvey, A. M. Mather A. E. and Stokes, M. (Eds.), *Alluvial Fans Geomorphology, Sedimentology and Dynamics*. Geological Society of London, pp. 1-7.
- 18- Irannejad M., and Farpoor M.H. 2012. Genesis, clay mineralogy, and micromorphology of paleosols located on Givdary alluvial fan, Rafsanjan. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 19: 761-772.
- 19- Jenny H. 1941. *Factors of Soil Formation*. McGraw-Hill, New York.
- 20- Johnson D.L., and Watson-Stegner D. 1987. Evolution model of pedogenesis. *Journal of Soil Science*, 143: 349-366.
- 21- Karimi A., Esfandiarpour I., and Ghasemzadeh Ganjehie M. 2017. Description of soil evolution in southern Mashhad city using the conceptual models of Jenny, and Johnson and Watson-Stegner. *Pedosphere*, In Press.
- 22- Karimi A., Frechen M., Khademi H., Kehl M., and Jalalian A. 2011. Chronostratigraphy of loess deposits in northeast Iran, *Quaternary International*, 234: 124-132.
- 23- Kehl M. 2010. Loess, loess-like sediments, soils and climate change in Iran, *Relief, Boden, Paläoklima*, 208p.
- 24- Khademi H., and Mermut A.R. 1998. Source of palygorskite in gypsiferous Aridisols and associated sediments from central Iran, *Clay Minerals*, 33: 561-578.
- 25- Khormali F., Abtahi A., Mahmoodi S., and Stoops G. 2003. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semi-arid regions of southern Iran, *Catena*, 53: 273-301.
- 26- Kittrick J.A., and Hope E.W. 1963. A procedure for particle size separation of soils for x-ray diffraction. *Journal of Soil Sciences*, 35: 621-629.
- 27- Mehra O.P., and Jackson M.L. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite citrate system with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*, 7: 317-327.
- 28- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1982. Total Carbon, Organic matter. In: A.L. Page et al. (Ed.), *Method of Soil Analysis*. Part 2. 2nd ed., Agron. Monger. No. 9. ASA and SSSA. Madison, WI. 539-577.
- 29- Owliaie H.R., Abtahi A., and Heck R.J. 2006. Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on transect southwestern Iran. *Geoderma*, 134: 62-81.
- 30- Page S.E., Wust R.A.J., Wriess D., Rieley J.O., Shotyk W., and Limins S. 2004. A Record of Late Pleistocene and Holocene carbon accumulation and implication for past, present and future carbon dynamics. *Journal of Quaternary Science*, 19: 625-635.
- 31- Pope R., Wilkinson K., Skourtsos E., Triantaphyllou M., and Ferrier G. 2008. Clarifying stages of alluvial fan evolution along the Sfakian piedmont, Southern Crete: New evidence from analysis *Advance, Soil Science*, 1: 172-200.
- 32- Sanjari S., Farpoor M.H., Karimian Eghbal M., and Esfandiarpour Borujeni I. 2011. Genesis, micromorphology and clay mineralogy of soils located on different geomorphic surface in Jiroft area. *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, 25: 411-425.
- 33- Schaetzl R.J., and Thompson M L. 2015. *Soils Genesis and Geomorphology*. 2nd edition, Cambridge University Press, New York. Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. 12th ed. USDA. SCS. Agric. U.S. Gov. Print office. Washington. D.C. 362p.
- 34- Shankar N., and Achyuthan H. 2007. Genesis of calcic and petrocalcic horizons from Combatore, Tamil Nadu: Micromorphology and geochemical studies. *Quaternary International*, 175: 140-154.
- 35- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. 12th ed. USDA. SCS. Agric. U.S. Gov. Print office. Washington. D.C. 362p.
- 36- Stoops G. 2003. *Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science

Society of America Journal, Madison, 182p.

- 37- Tanner L.H. 2010. Continental Carbonates as Indicators of Paleoclimate. In: D. M. Deocampo. Chapter 1 The Geochemistry of Continental Carbonates. Elsevier, 62: 1-59.
- 38- Ufnar D.F. 2007. Clay coatings from a modern soil chronosequence: A tool for estimating the relative age of well drained paleosols. Geoderma, 141: 181-200.



Investigation of the Soil-Landform Relationship in South of Herat, Western Afghanistan

F. Mahmoudian¹ - A. Karimi^{2*} - A. Lakzian³

Received: 04-12-2017

Accepted: 30-07-2018

Introduction: The soils developed in the context of the landforms and they evolve under influence of similar factors. Therefore, the identification of soil-landform relationship is the first step for the soil survey, pedology and paleopedology and geomorphology researches. Afghanistan is located between arid environments of Iran and cold and humid highlands of Himalaya. Due to special social and political conditions, little information existed on the soils of Afghanistan. Alluvial fans are the common land forms in arid environments which usually are archive of soil formation and sedimentation periods in the past. Landform assemblage in southern Herat (alluvial fans to piedmont plain and flood plain), could provide suitable information on the soil landform relationship in arid areas of Afghanistan. This study was the first pedology research in Afghanistan. The objectives of this research was to identify the soils along a transect from alluvial fan to flood plain of Hariroud River, determine the clay mineralogy and micromorphological features of the soils and finally determine the soil evolution in the study area.

Material and Methods: The study area located in southern Herat between longitudes of 34° 20' 21" to 34° 25' 33" E and latitudes of 43° 20' 21" to 43° 25' 33" N. The mean annual precipitation and temperature of the study area are 250 mm and 16.1 °C. A transect from an alluvial fan from Sefidkouh Mountain to flood plain of Hariroud River were selected. The geomorphic surfaces along the studied transect were alluvial fan, alluvial fan-piedmont plain transition, saline and non-saline piedmont plain and flood plain. Five representative soil profiles along a transect of Alluvial fan, intermediate Alluvial fan- piedmont plain (lowland), piedmont plain and flood plain were described and sampled. Undisturbed samples were taken for thin section analysis and recognizing pedofeatures. The mineralogy of the clay fraction was determined using X-ray diffraction method.

Results and Discussion: Calcic-argillic (Btk) horizon was the most developed horizon which occurred in alluvial fan. Alternation of paleosol (Btk horizon) and undeveloped coarse-alluvial layers indicated alternation of soil formation and sedimentation periods in the past. Regarding the argillic horizon development conditions, the Btk is the relict features from a wetter climate in the past. Similar soils were observed in arid regions of Iran. The gleization and few secondary carbonates and salt accumulation was the pedogenic processes in other landforms. Bw horizon was common horizon in other studied soils. In Alluvial fan - piedmont plain transition geomorphic surface, due to depression in the landform, salt accumulated in the surface soil and electrical conductivity reached to 40 dS/m. However, salic horizon because of limited thickness was not identified. In non-saline piedmont plain and floodplain geomorphic surfaces, soils showed oxidizing and reducing conditions and consequently gleyic color pattern. Maximum EC (49 dS/m) was occurred in saline piedmont plain surface. The results showed that electrical conductivity values increased from alluvial fan toward lowland positions. Besides, fine soil textures were found in downward positions. The Soil Taxonomy classification of the soils were Typic Calcicargids in alluvial fan, Aquic Haplocombids in alluvial fan-piedmont plain transition, non-saline piedmont plain and flood plain as well as Typic Haplocambids in saline piedmont plain. Chlorite, illite, palygorskite, smectite, and kaolinite were the main clay minerals. Chlorite and illite were inherited from parent materials. Micromorphological observations proved clay coating on carbonate nodules and coarse fractions in Btk horizon. The alternation of secondary carbonates on clay coating is the evidence of polygenetic soils and change of from wetter to drier climate. Also, iron oxides nodules in Btk horizon indicated suitable weathering conditions during clay accumulation. Lenticular gypsum was observed in the soil in saline piedmont plain geomorphic surface. Coating and hypocoating of iron oxides identified in flood plain soil. Results of this research showed the role of geomorphic processes and climate change in the soil evolution in the area.

Conclusion: The results of this study indicated the progressive and regressive processes which are preserved in the soil of alluvial fan. The Btk horizon in alluvial fan represent wetter condition than today. The morphological, mineralogical and micromorphological features of the soil in the alluvial fan were similar to

1, 2 and 3- M.Sc. Student, Associate Professor and Professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively

(*- Corresponding Author Email: karimi-a@um.ac.ir)

correspondence soil in arid environments of Iran. Continuous sedimentation in the piedmont plain and flood plain prevent the soil development in these landforms.

Keywords: Alluvial fan, Clay mineralogy, Soil evolution, Soil genesis