مطالعه میکرومورفولوژی خاک‌های لسی جنگلی در یک شیب اقلیمی در شمال ایران

معصومه پورمعصومی پرشکوه*[۱]، فرهاد خرمالی[۲]، شمس اله ایوبی[۳]، فرشاد کیانی[۴]، مارتین کهل[۵]، پائول کانیگر[۶]

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکترا، استاد و دانشیار علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۵- استاد انستیتوی جغرافیا دانشگاه کُلن، ۶- استاد انستیتوی فدرال علوم زمین و منابع طبیعی آلمان

چکیده

به منظور بررسی درجه تکامل خاک‌های جنگلی مدرن تشکیل شده بر روی لس، ۶ خاک‌رخ واقع در یک گرادیان بارندگی در شمال ایران (استان‌های گلستان و مازندران) انتخاب گردید و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکرومورفولوژی آنها مورد مطالعه قرار گرفت. خاک‌های مورد مطالعه اغلب در رده‌های آلفی سول و مالی سول طبقه بندی شدند. نتایج نشان داد که دو فرایند مهم در تشکیل و تکامل خاک‌های این مناطق، آبشویی آهک و متعاقب آن تجمع رس می‌باشد. همچنین مطالعات میکرومورفولوژی نشان داد که رابطه مثبتی بین شیب اقلیمی (افزایش بارندگی) و شاخص میکرومورفولوژیکی تکامل خاک (MISECA) وجود دارد. بی فابریک غالب خاک‌ها بدلیل آبشویی آهک در افق‌های آرجیلیک، لکه‌ای و در افق‌های کلسیک، کریستالیتیک می‌باشد. در خاک‌رخ توشن وجود پوشش‌های ضخیم و قرمز رنگ رس و بی‌فابریک خطی نشانه تکامل بیشتر خاک و تشکیل آن تحت شرایط اقلیمی مرطوب‌تر است. نتایج این مطالعه می‌تواند در جهت تکمیل مطالعات شواهد تغییر اقلیم گذشته در خاک‌های پالئوسل بسیار مفید باشد.

واژه های کلیدی: میکرومورفولوژی، افق آرجیلیک، آبشویی کربنات، گرادیان بارندگی

مقدمه

تغییرات اقلیمی در طول دوره کواترنر توسط تناوبی از دوره های سرد و گرم مشخص می‌شود که بصورت تغییراتی در فابریک خاک‌ها یا رسوبات ثبت می‌گردد. این حقیقت که تغییرات کوچک مقیاس پیش از آنکه توسط آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی شناسایی شوند در مقاطع نازک برجسته می‌گردند، از میکرومورفولوژی ابزاری ارزشمند برای تفسیر عوارضی چون تکامل بی‌فابریک‌های خطی، عوارض ناشی از ذوب شدن و یخ زدن، فعالیت جانوری، تشکیل پوسته‌های رسی و پایداری خاکدانه می‌سازد. همچنین میکرومورفولوژی یکی از محدود تکنیک‌هایی است که منشأ لیتولوژیک و پدوژنیک کانی‌های خاص مثل کلسیت و گچ را مشخص می‌کند، در صورتیکه آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی تنها اطلاعاتی در مورد وجود یا عدم وجود این اجزاء در اختیار ما قرار می‌دهند (استوپز۲۰۰۳). خرمالی و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی درجه تکامل افق‌های آرجیلیک در خاک‌های آهکی جنوب ایران بیان داشتند که در مقاطع نازک افق‌های آرجیلیک با تکامل بالا، مناطق تهی شده از آهک فراوان دیده می‌شود. درصورتی‌که این عوارض در افق‌های آرجیلیک با درجه تکامل ضعیف خیلی کم است یا وجود ندارد. فرم‌های مختلف تجمع کربنات کلسیم در خاک به فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و فعالیت جانوری بستگی دارد. در شرایط طبیعی خاک جنگلی، به دلیل پایدار بودن اراضی و شدت نفوذ عمقی آب به خاک، ترکیبات آهک به اشکال مختلف از جمله نودول در خاک تجمع می یابند (شمسی و خرمالی، ۱۳۹۰). در گذشته مطالعات زیادی بر روی خاک‌های لسی در استان گلستان و بخشی از مازندران صورت گرفته ولی مطالعاتی که به افق Bt خاک‌های لسی با پوشش جنگلی منحصر گردد، محدود است. بنابراین از اهداف این تحقیق، بررسی میکرومورفولوژی خاک‌های تکامل یافته مشتق از لس تحت پوشش جنگلی در طول شیب اقلیمی با تمرکز بر فرایندهای خاک‌ساز بویژه درجه توسعه یافتگی افق آرجیلیک و نیز محاسبه شاخص میکرومورفولوژیکی تکامل خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه بخشی از اراضی جنگلی شمال ایران در استان‌های گلستان و مازندران و یک گرادیان اقلیمی شرقی غربی را در آن شامل می‌شود (شکل ۱). تعداد ۶ پروفیل مدرن با مواد مادری لس بر اساس مطالعات صورت گرفته در گذشته انتخاب شد و پس از تشریح، نمونه‌برداری صورت گرفت. آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی متداول شامل بافت، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی، هدایت الکتریکی و واکنش خاک با روش‌های استاندارد انجام و در نهایت خاک‌ها با استفاده از کلید تاکسونومی خاک (۲۰۱۰) طبقه بندی شدند. برای مطالعات میکرومورفولوژی نمونه‌های دست نخورده بصوت کلوخه از هر افق برداشته شد و در مجاورت هوا، خشک گردید. با استفاده از روش‌های متداول از این نمونه‌ها مقاطع نازک تهیه شد. مقاطع با میکروسکوپ پلاریزان در نور عادی (PPL) و نور پلاریزه (XPL) و بر اساس روش بولاک و همکاران (۱۹۸۵) و تعاریف استوپز (۲۰۰۳) مطالعه گردید. شاخص میکرومورفولوژی تحول خاک (MISECA) (خرمالی و همکاران، ۲۰۰۳) برای تخمین درجه تکامل خاک‌ها محاسبه گردید.

شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه برداری شده

نتایج و بحث

تمام نقاط مورد مطالعه در منطقه جنگلی واقع شده‌اند. بنابراین خاک‌ها در این مناطق دارای بیشترین تکامل بوده و در رده آلفی‌سول و مالی‌سول طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۱). در این مناطق پوشش گیاهی متراکم موجب نفوذ قسمت عمده آب باران به داخل خاک و شسته‌شدن و حذف آهک از افق‌های سطحی و تجمع در عمق خاک‌رخ می‌شود. پس از حذف آهک که عامل فلاکوله‌کننده ذرات رس است آبشویی موجب حرکت ذرات رس و تجمع آن بالای افق کلسیک و تشکیل افق آرجیلیک می‌گردد. نتایج آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی نشان می‌دهد که سیلت جز غالب در خاک‌های مورد مطالعه است که بیانگر منشأ بادرفتی رسوبات لسی است. بطور کلی مقدار رس از قپان به سمت نکا افزایش و مقدار سیلت کاهش می‌یابد. این مسأله می تواند بدلیل هوادیدگی و انتقال رس و فاصله از منشأ برداشت باشد. جدول ۲ ویژگی‌های مهم میکرومورفولوژی و شاخص MISECA را در افق‌های Bt نشان می‌دهد. افق‌های آرجیلیک مطابق این شاخص دارای درجه تکامل متوسط تا خوب می باشند. در واقع می‌توان خاک‌رخ‌ها را به دو دسته تقسیم نمود. در قسمت شرقی این گرادیان اقلیمی، خاک‌رخ‌ها دارای تکامل متوسط و در قسمت غربی این گرادیان، خاک‌رخ‌ها دارای تکامل خوب می‌باشند. ریز ساختمان از حالت کانالی و چمبری در خاک‌های با توسعه متوسط تا مکعبی زاویه‌دار و بدون‌زاویه در خاک‌های خوب توسعه‌یافته متغیر است. بدلیل کاربری جنگلی و حضور ماده آلی قابل توجه در خاک و نیز آثار فراوان ناشی از فعالیت موجودات خاک‌زی، مشاهده چنین حفراتی دور از انتظار نیست. تجمع کربنات کلسیم پدوژنیک با اشکال مختلف و رس ایلوویال فرایندهای غالب در خاک‌های مورد مطالعه هستند. پوشش‌های رسی در همه افق‌های Bt مشاهده شد ولی از نظر مقدار، ضخامت و درجه خلوص متفاوت بودند (شکل ۲ الف و ب). روند افزایش سطح و اندازه پوسته‌های رسی و نیز مناطق تخلیه شده از آهک با افزایش بارندگی در این شیب اقلیمی مشاهده می‌شود. نکته قابل توجه، خاک‌رخ واقع در منطقه توشن است که از تکامل بالایی برخوردار است. حضور پوسته‌های

رسی با لایه‌بندی میکروی قوی و ضخامت بالا (شکل ۲ پ و ت) در این پدون که اغلب توسط رسوب اکسیدهای آهن پوشیده شده و نیز برخی فاکتورهای دیگر دخیل در شاخص میکرومورفولوژیکی تکامل خاک مانند بی‌فابریک که نمرات بالایی را بخود اختصاص داده‌اند، باعث شده علیرغم بارندگی متوسط سالانه ۶۳۰ میلی‌متر در این منطقه، شاخص MISECA در این پدون بالاتر از سایر پدون‌ها باشد. بررسی توالی لس-خاک در منطقه دیگری از توشن توسط ولامینگ و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از شاخص قرمزی نشان‌دهنده مقادیر نسبی بالای اکسیدهای آهن و حضور هماتیت در افق Bt (MIS5e) می‌باشد. کورنل و شوارتزمن (۲۰۰۳) بیان کردند که هماتیت می‌تواند از طریق دهیدراسیون هیدروکسیدهای آهن آمورف مانند فری‌هیدرات و تبدیل اکسیدهای آهنی مثل گئوتیت تشکیل شود. این دگرسانی‌ها نیازمند تغییرات شدید فصلی دما و رطوبت قابل دسترس خاک می‌باشد. تورنت و کابدو (۱۹۸۶) شرایط مطلوب برای تشکیل فری‌هیدرات را زمستان‌های سرد و مرطوب ذکر می‌کنند در حالیکه معتقدند دگرسانی فری‌هیدرات به هماتیت در تابستان‌های گرم و خشک رخ می‌دهد. با توجه به شواهد فوق به نظر می‌رسد افق Bt در توشن در شرایط اقلیمی مرطوب‌تری نسبت به زمان حال تشکیل شده است. بنابراین احتمالاً این پدون یک پالئوسل رلیکت می‌باشد که بدلیل لندفرم پایدار جنگلی دچار تغییرات فرسایش و رسوب نشده است. در مطالعه خاک‌های فوق فرض بر این است که خاک‌ها از نظر همه فاکتورهای خاکساز بجز اقلیم مشابه هستند اما با توجه به مشاهدات صحرایی و میکرومورفولوژی که در بالا به آن اشاره شد به‌نظر می‌رسد خاک در منطقه توشن تحت تأثیر دو عامل اقلیم و زمان تشکیل شده باشد.

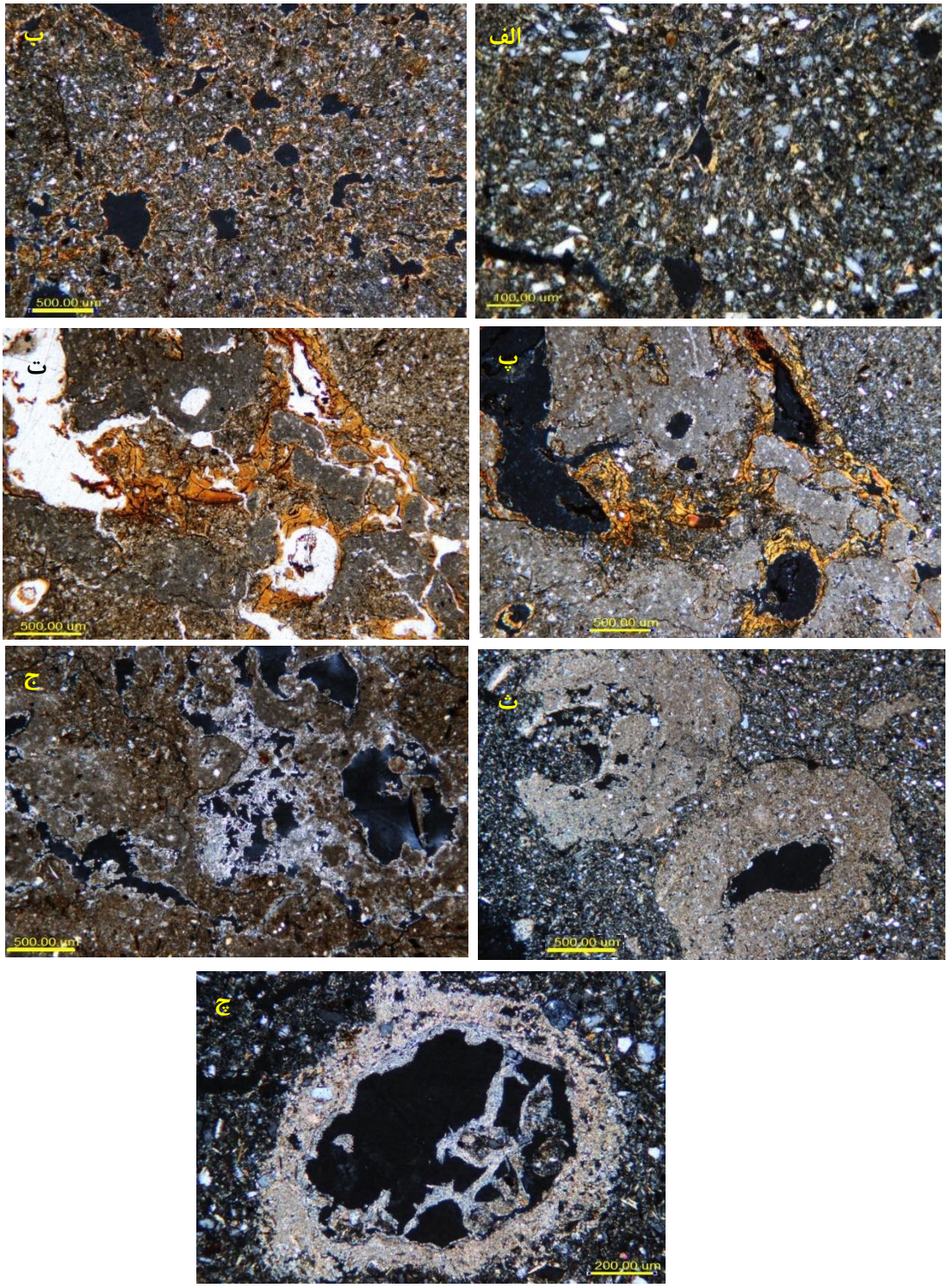
جدول ۱- خلاصه‌ای از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و طبقه بندی خاک‌های مورد مطالعه

خاک‌رخ	pH	EC	شن٪	سیلت٪	رس٪	کربنات کلسیم معادل٪	مواد آلی٪
قپان			**Calcic Haploxeralfs (Calcic Luvisols)**				
میانگین	۶/۸۲	۰/۸۲	۱۶/۵۷	۵۴/۱۴	۲۹/۲۸	۸/۷۸	**۱/۲**
حداقل	۶/۱۵	۰/۵۱	۱۲	۵۲	۲۴	۰/۵	**۰/۲۷**
حداکثر	۷/۵	۱/۲۸	۲۴	۶۰	۳۵	۱۸	**۴/۵۵**
توشن			**Calcic Haploxeralfs (Calcic Luvisols)**				
میانگین	۶/۷۴	۱/۲۴	۱۵	۵۲/۶	۳۲/۴	۱۱/۴	**۰/۸۹**
حداقل	۵/۹۵	۰/۲۸	۱۱	۳۸	۱۸	۰/۵	**۰/۳۷**
حداکثر	۷/۶۳	۲/۶۵	۲۰	۶۲	۵۰	۲۷	**۲/۲۹**
النگدره			**Calcic Haploxeralfs (Calcic Luvisols)**				
میانگین	۷/۰۶	۰/۸۲	۱۹/۲۵	۴۸/۸۷	۳۱/۸۷	۱۵/۵۶	**۰/۹۱**
حداقل	۵/۸۵	۰/۵۴	۸	۳۸	۱۶	۱	**۰/۲۳**
حداکثر	۷/۸	۱/۵۳	۲۸	۶۶	۵۲	۳۶/۵	**۴/۲۵**
نوده			**Typic Hapludalf (Haplic Luvisol)**				
میانگین	۶/۵	۰/۸	۱۹	۵۱	۳۰	۱۴/۴۱	**۱/۴**
حداقل	۵/۴۱	۰/۵۴	۱۲	۴۶	۲۴	۱	**۰/۲۷**
حداکثر	۷/۱۶	۱/۰۳	۲۸	۵۶	۴۲	۲۹	**۵/۲۶**
آق سو			**Calcic Haploxeralfs (Calcic Luvisols)**				
میانگین	۶/۹۶	۱/۰۵	۱۶/۶۶	۵۰	۳۳/۳۳	۱۶	**۰/۹۰**
حداقل	۶/۸۶	۰/۷۲	۸	۴۴	۲۸	۱/۵	**۰/۳۵**
حداکثر	۷/۰۴	۱/۳۴	۲۸	۵۸	۴۲	۲۶/۵	**۲/۰۸**
نکا			**Calcic Argixerolls (Luvi_Calcic Chernozem)**				
میانگین	۷/۰۲	۰/۸۲	۱۴/۲۵	۴۸/۲۵	۳۷/۵	۱۶/۶۲	**۰/۸۶**
حداقل	۶/۶۷	۰/۵۸	۸	۳۸	۲۲	۱/۵	**۰/۱۹**
حداکثر	۷/۳۶	۰/۹۹	۲۰	۶۴	۵۲	۳۷	**۲/۵۳**

پدوفیچرهای آهکی که در مقاطع نازک مشاهده شد شامل کریستال‌های سوزنی شکل آهک ثانویه، پوشش‌های آهکی داخل خلل و فرج خاک بصورت کوتینگ آهک که در افق‌های پایینی برخی خاک‌رخ‌ها بصورت پرشدگی‌های ناقص درآمده، نودول‌های آهکی با اشکال تیپیک و ژئود و نیز در مواردی بلورهای کلسیت سیتومورف می‌باشد (شکل ۲ ث، ج و چ). بژدک و همکاران (۱۹۹۷) وجود فرم سوزنی شکل آهک را بیان کننده رطوبت کافی در خاک و حضور مواد آلی تجزیه‌پذیر دانسته‌اند، به همین دلیل این فرم بطور غالب در خاک‌رخ نوده مشاهده شد. این پژوهش‌گران همچنین بیان داشتند که تشکیل این فرم به بیومینرالیزاسیون در درون میسیلیوم قارچ‌ها ارتباط دارد و اشباع بودن محلول خاک با کاتیون کلسیم در حفظ این فرم در خاک مؤثر است. بی‌فابریک غالب مشاهده شده در همه افق‌های Bt بجز منطقه توشن، لکه‌ای است. بی‌فابریک لکه‌ای می‌تواند در نتیجه آبشویی بخشی از آهک به اعماق زیرین و ویژگی بایرفرینجنسی رس ایجاد شود (فیتزپاتریک، ۱۹۹۳). در اراضی با کاربری جنگل، تشکیل افق آرجیلیک با بی‌فابریک لکه‌ای نشان‌دهنده پایداری اراضی است که باعث ایجاد زمان کافی برای شستشوی کربنات از افق سطحی و انتقال به طرف پایین ذرات رس می‌شود (خرمالی و همکاران، ۲۰۰۶).

جدول ۲- برخی از خصوصیات مهم میکرومورفولوژی و شاخص MISECA افق‌های Bt پدون‌های مورد مطالعه

خاک‌رخ/ افق	میکروساختمان	بی- فابریک	پوشش رسی	منطقه‌تخلیه شده از آهک٪	درجه هوادیدگی	اکسیدهای آهن و منگنز	MISECA	متوسط‌بارندگی سالانه (mm)
قپان/Bt	Channel, chamber and vughy	لکه‌ای	Few	۷۰<	۴	۲>	۱۵ moderately developed	۵۳۵
توشن/Bt1	Well sep. sbk to abk	خطی	Many	۱۰۰	۴	۵<	۲۳ well developed	۶۳۰
النگدره/Bt1	Mod. to well sep. sbk	لکه‌ای	Common	۷۰<	۴	۵-۲	۱۸ well developed	۶۷۰
نوده/Bt	Wea sep sbk < channel =chamber	لکه‌ای	Few	۷۰<	۴	۵-۲	۱۶ moderately developed	۷۰۰
آق سو/Bt1	Wea sep sbk < channel =chamber	لکه‌ای	Few	۷۰<	۴	۵-۲	۱۵ moderately developed	۶۰۰
نکا/Bt2	Well sep. sbk to abk	لکه‌ای	Common	۱۰۰	۴	۵<	۲۰ well developed	۸۰۰



شکل ۲- تصاویر مقاطع نازک الف: پوشش رسی در افق Bt خاک‌رخ قپان (XPL) ب: پوشش رسی در افق Bt خاک‌رخ نکا (XPL) پ و ت: پوشش رسی ضخیم و قرمز رنگ درون حفرات در افق Btk1 خاک‌رخ توشن (XPL و PPL) ث: نودول آهک ژئود در افق C خاک رخ آق‌سو (XPL) ج: کلسیت سوزنی درون حفره افق Bk2 خاک‌رخ نوده (XPL) چ: پوشش آهک درون حفره افق BCk3 خاک‌رخ قپان (XPL)

منابع

شمسی محمودآبادی، س.، خرمالی، ف. ۱۳۹۰. میکروموفولوژی تحول خاک در کاربری‌های مختلف در اراضی لسی منطقه آق‌سو، استان گلستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۵۵: ۱۱۱-۱۲۵.

Becze- Deak J., Langhor R. and Verrechia E. P. 1997. Small scale secondary CaCO3 accumulations in selected section of the European loess belt. Geoderma, 76: 221-252.

Bullock P., Federoff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T. and Babel U. 1985. Handbook for soil thin section Description. Wainer research Publication, Wolverhampton, U.K.

Cornell R.M. and Schwertmann U. 2003. The Iron Oxides - Structure, Properties, Reactions, Occurences and Uses. Wiley-VCH, Weinheim.

Fitzpatrick E.A. 1993. Soil microscopy and micromorphology. John Wiley and Sons Pub., Chichester Country.

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.

Khormali F., Abtahi A. and Stoops G. 2006. Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, Southern Iran. Geoderma, 132: 31-46.

Vlaminck S., Kehl M., Lauer T., Shahriari A., Sharifi J., Eckmeier E., Lehndorff E., Khormali F. and Frechen M. 2016. The loess-soil sequence at Toshan (Northern Iran): insights into late Pleistocene climate change. Quaternary International, 399: 122-135.

Soil survey staff. 2010. Keys to soil taxonomy. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

Stoops G. 2003. Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. SSSA. Madison, WI.

Torrent J. and Cabedo A. 1986. Sources of iron oxides in reddish brown soil properties from calcarenites in southern Spain. Geoderma, 37: 57-66.

Micromorphological study of loess forest soils along a climosequence in northern Iran

M. Pourmasoumi[1], F. Khormali[2], S. Ayoubi[3], F. Kiani[4], M. Kehl[5], P. Koeniger[6]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2] Professor, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,[3] Professor, Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, [4]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [5] Professor, Institute of Geography, Cologne University,[6] Professor, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover.

Abstract

In order to investigate the degree of development of modern forest soils formed on loess, six representative soil pedons were selected along a precipitation gradient in Golestan and Mazandaran provinces. Physiochemical and micromorphological properties of soils were studied. Soils are mainly classified as Alfisols and Mollisols. The results showed that the downward decalcification and the subsequent clay illuviation were the main criteria influencing assessment of soil development in this study. Micromorphology study of soil indicated that there is a positive relationship between climate gradient (increasing rainfall) and MISECA index. The area and thickness of clay coatings show an increasing trend with rainfall. In Argillic horizons of all pedons except Toshan, dominant b-fabric is speckled due to carbonate leaching while in calcite horizon, it is crystallitic b-fabric. In Toshan, the presence of abundant and thick clay coatings often covered by iron oxides and striated b-fabric suggest moister conditions than the present day and simultaneous effect of climate and time on soil formation. Our results will provide complementary information for past climate change studies in paleosols.

Keywords: Micromorphology, Argillic horizon, Carbonate leaching, Precipitation gradient