

خصوصیات و رده‌بندی برخی خاک‌های بادرفتی دارای لملا در مناطق خشک (مطالعه موردی: منطقه زواره، شمال شرق استان اصفهان)

نفیسه یغمائیان‌مهابادی^۱ و * جواد گیوی^۲

^۱ استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه گیلان و دانش‌آموخته دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد
تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۳

چکیده

سابقه و هدف: خاک‌های بادرفتی هم در مناطق خشک و هم در مناطق مرطوب یافت می‌شوند. لملاها به‌صورت بندهای نازک در خاک‌های آبرفتی و بادرفتی و در زمین‌نماهای گوناگون مشاهده می‌شوند. هر لملا از لملاهای دیگر توسط بندهایی با مقدار رس کم‌تر جدا می‌گردد. لملاها در افزایش قابلیت نگهداری آب و مواد غذایی خاک‌های درشت‌بافت نقش دارند. همچنین در مطالعات باستان‌شناسی و ژئومورفولوژی به‌عنوان نشانگر سن تقریبی خاک به‌کار می‌روند. هدف این پژوهش مطالعه ماکرومورفولوژی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، میکرومورفولوژی و طبقه‌بندی خاک‌های بادرفتی دارای لملا در منطقه زواره استان اصفهان بوده است.

مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه در بیست کیلومتری شرق زواره، شهرستان اردستان، شمال‌شرقی استان اصفهان واقع شده است. این منطقه دارای متوسط بارندگی سالانه ۱۱۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۹/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مواد مادری آن بادرفت و سیمای اراضی محدوده، دشت دامنه‌ای است. تعداد هشت خاک‌رخ در خاک‌های مورد مطالعه حفیر، تشریح و از تمامی افق‌های آن‌ها، نمونه‌های خاک دست‌خورده به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی جمع‌آوری گردید. از بین هشت خاک‌رخ مطالعه شده، در دو خاک‌رخ، بندهایی با رنگ و بافت متفاوت (لملا و قسمت الویال) مشاهده شد. مطالعات میکروپدولوژی شامل نمونه‌برداری دست‌نخورده، تهیه و تشریح مقطع نازک خاک برای این خاک‌رخ‌ها صورت گرفت. رده‌بندی خاک تمامی خاک‌رخ‌های مطالعه شده تا سطح فاز سری انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در بعضی از لایه‌های خاک‌های بادرفتی، لملا وجود داشته و با دارا بودن ۲۴ درصد رس، از شرایط لازم برای آرجیلیک بودن برخوردار است. ضخامت هر کدام از لملاها بین ۹ و ۵۰ میلی‌متر می‌باشد. در هر لملا، رس سیلیکاتی جهت‌دار شده به‌صورت کوتینگ و هیپوکوتینگ جدار منفذ و کوتینگ ذرات درشت خاک و اینترکالیشن، تجمع‌یافته است. اختلاف درصد رس سیلیکاتی لملا و قسمت الویال ۲۰ درصد به‌دست آمد. تعداد لملاها که توسط لایه‌های الویال از هم جدا شده‌اند، معمولاً در یک سری عمودی، دو یا بیش از دو است. ضخامت مجموعه حداقل دو لملا، بیش از ۱۵ سانتی‌متر بوده و هر یک بیش از ۰/۵ سانتی‌متر ضخامت دارند. در مرحله ژئوژنیک تشکیل لملا، با کاهش سرعت باد، ذرات ریزتر به‌صورت بندهای خیلی نازک افقی، موازی با بندهای ذرات

* مسئول مکاتبه: javgivi@gmail.com

درشت رسوب می‌کنند. در مرحله پدوژنیک، با توقف یک جبهه رطوبتی در مرز بین لایه ریزدانه و لایه درشت‌دانه زیر و قبل از اشباع شدن لایه ریزدانه، جبهه رطوبتی آب خود را از طریق تبخیر و یا جذب توسط ریشه از دست می‌دهد. ذرات رس معلق موجود در جبهه رطوبتی، پس از تبخیر رطوبت این جبهه تشکیل فیلم رسی می‌دهند. به مرور زمان، این فیلم ضخیم‌تر و از قطر منافذ لایه ریزدانه کاسته می‌شود تا این‌که در نهایت لملا تکمیل گردد. وقوع انقطاع سنگی در عمق ۱۴۰ سانتی‌متری و پرشدگی منافذ کانالی توسط کریستال‌های گچ پدوژنیک، تشکیل پدوژنتیک لملا را تسریع می‌کنند.

نتیجه‌گیری: لملائی که در خاک‌های بادرفتی وجود دارد، از شرایط لازم برای آرجیلیک بودن برخوردار است و به‌طور غیرقابل انتظار، موجب می‌شود تا در یک منطقه خشک، افق آرجیلیک بوجود آید. کاهش سرعت باد و کم‌شدن سرعت نفوذ آب در لملا، تشکیل و تکامل این لایه را باعث می‌شوند. لملا قابلیت نگهداری آب و مواد غذایی خاک‌های درشت‌بافت را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آرجیدز، افق آرجیلیک، انقطاع سنگی، خاک‌های بادرفتی، لملا

مقدمه

در شرایط وجود بادهای شدید به همراه رسوبات خشکی که توسط پوشش گیاهی پایدار نشده‌اند و از مشخصات مناسب برای حمل توسط باد برخوردارند، باد می‌تواند عامل انتقال برخی از مواد مادری خاک‌ها باشد (۱۱). لس‌ها^۱، رسوبات بادی معمولاً غیر متراکم، به رنگ کرم-قهوه‌ای، اغلب در اندازه ذرات سیلت و داری ترکیبات آهک و مقادیر زیاد میکا، فلدسپار و کوارتز می‌باشند. این رسوبات بادی از ذراتی با میانگین قطر ۲۰ تا ۶۰ میکرون (سیلت درشت تا شن خیلی‌ریز) تشکیل شده‌اند و غالباً دارای ساختمان فشرده می‌باشند (۱۸). لملاها^۲ نوارهای افقی تا موجی شکل و دارای رس تجمع‌یافته هستند و اغلب به یک لملا، بند^۳ هم گفته می‌شود. لملاها معمولاً در توالی‌های تقریباً موازی تشکیل می‌شوند، به‌طوری‌که هر لملا از لملائی دیگر توسط قسمت بین لملائی^۴ که به شکل بندهایی با مقدار رس کم‌تر است، جدا

می‌گردد. لملاها اغلب در رسوبات بادرفتی و آبرفتی و در خاک‌های شنی و رسوبی مشاهده‌شده و در زمین‌نماهای مختلفی در سرتاسر جهان دیده می‌شوند (۸ و ۱۰). لملاها می‌توانند منشأ پدوژنیک، ژئولوژیک (رسوبی) و یا هر دو منشأ را دارا باشند (۸).

در تاکسونومی خاک، لملا یک افق ایلوویال با ضخامت کم‌تر از ۷/۵ سانتی‌متر است که در آن رس سیلیکاتی جهت‌دار شده^۵ به‌صورت پوشش یا پل بین ذرات شن یا سیلت تجمع‌یافته است. مجموع حداقل دو لملا با داشتن شرط ضخامت و درصد رس می‌تواند یک افق آرجیلیک باشد (۱۳). لملاها در سامانه رده‌بندی خاک آمریکائی در سطح زیرگروه مطرح می‌شوند (۱۵).

فولکس و ریکن (۱۹۵۶) یکی از اولین مطالعات را بر روی لملاها در خاک‌های شنی آیوا آمریکا انجام دادند. آن‌ها پی بردند که لملاها غنی از آهن و رس می‌باشند (۲). نتایج مطالعات اسکاتز (۲۰۰۱) درباره شواهد مورفولوژیک لملا در خاک‌های شنی میشیگان نشان داد که موازی بودن بندهای رسی و شنی بیانگر

- 1- Loess
- 2- Lamellae
- 3- Band
- 4- Interlamellae

5- Oriented clay

بارندگی سالیانه ۱۱۰ میلی‌متر است. میانگین دمای سالیانه، حداکثر و حداقل دما به ترتیب، ۱۹/۴۵، ۴۲/۵۴ و ۲/۱- سانتی‌گراد می‌باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک، به ترتیب اریدیک و ترمیک (۱۵)؛ مواد مادری آن بادرفت و سیمای اراضی محدوده، دشت دامنه‌ای با شیب کم‌تر از ۲ درصد است.

پس از شناسایی و پیمایش منطقه مطالعاتی، هشت خاک‌رخ حفر و بر اساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک‌ها در صحرا (۱۲) تشریح و از تمامی افق‌های آن‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از هوا خشک نمودن نمونه‌های برداشت‌شده، درصد حجمی قطعات درشت^۱ آن‌ها توسط الک، تعیین گردید. در نمونه‌های خاک عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متری، بافت خاک‌ها به روش هیدرومتری، مقدار کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی، درصد گچ به روش کربنات سدیم، درصد مواد آلی به روش واکلی-بلاک، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات آمونیوم (۱۴)، پ‌هاش (۷) و هدایت الکتریکی گل اشباع (۹) به ترتیب با استفاده از پ‌هاش‌متر و هدایت‌سنج اندازه‌گیری شدند. از بین خاک‌رخ‌های مطالعه شده، در دو خاک‌رخ، بندهایی با رنگ و بافت متفاوت (لملا و قسمت الویال) که از ضخامت کافی جهت نمونه‌برداری خاک برخوردار بودند، مشاهده شد. لازم به ذکر است که مطالعات میکروپدولوژی شامل نمونه‌برداری دست‌نخورده، تهیه و تشریح مقطع نازک خاک (۱۶) برای یکی از این دو خاک‌رخ صورت گرفت. رده‌بندی تمامی خاک‌رخ‌های حفرشده تا سطح فاز سری (۵، ۱۵ و ۱۷) انجام شد.

نتایج و بحث

در شمال منطقه مورد مطالعه، خاک‌های بادرفتی و در جنوب آن، خاک‌های آبرفتی وجود دارند. خاک‌های

ژئولوژیک بودن منشأ این بندها است که در زمان تشکیل تپه‌های شنی، نهشته شده‌اند (۱۰). مطالعات بوخیم و هارتمینک (۲۰۱۳) در مورد رده‌بندی و توزیع خاک‌های دارای لملا در آمریکا نشان داد که لملاها اغلب دارای بافت شنی لومی و لومی شنی هستند و معمولاً یک کلاس بافتی، ریزتر از قسمت‌های بین لملائی می‌باشند. همچنین در این خاک‌ها تعداد دو یا بیش از دو لملا مشاهده شد که ضخامت هر لملا بین ۶ تا ۲۲ میلی‌متر و متوسط کم‌ترین و بیش‌ترین عمق لملا، به ترتیب ۷۲ و ۱۵۵ سانتی‌متر بود (۱).

لملاها نقش مهمی را در نگهداری آب و مواد غذایی خاک و همین‌طور رشد گیاه، به‌خصوص در خاک‌های درشت‌بافت ایفا می‌کنند. همچنین به‌عنوان نشانگر سن تقریبی خاک در مطالعات باستان‌شناسی و ژئومورفولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱، ۴ و ۶). با توجه به محدود بودن مطالعه لملاها در خاک‌های ایران، در نظر گرفتن این مهم که مطالعه لملاها در خاک می‌تواند بیان روشنی از شدت فرایندهای خاک‌ساز و تکامل افق‌ها را ارائه نماید و دیگر این‌که وجود لملا ممکن است خواص فیزیکی خاک از جمله نفوذپذیری خاک را تحت تأثیر خود قرار دهد، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی مشخصات و رده‌بندی خاک‌های بادرفتی دارای لملا در منطقه خشک زواره استان اصفهان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور شناسایی و رده‌بندی خاک‌های بادرفتی، قسمتی از اراضی واقع در بیست کیلومتری شرق شهر زواره، در حداثصل عرض‌های جغرافیایی "۲۰' ۲۵' ۳۳° تا "۲۵' ۳۰' ۳۳° شمالی و طول‌های جغرافیایی "۱۴' ۲۱' ۵۲° تا "۰۲' ۲۲' ۵۲° شرقی انتخاب شد. این منطقه با ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا، دارای متوسط

۱۰۰ سانتی‌متری (Eyzn&Btyzn) پروفیل شماره ۱ وجود دارد، مشاهده می‌گردد. این افق ایلوویال طبق سیستم رده‌بندی خاک آمریکایی (۱۳ و ۱۵) از شرایط لازم برای لملا و آرچلیک بودن برخوردار است. لملاها که در اثر تجمع رس ایلوویال به وجود می‌آیند، دارای ضخامت کم‌تر از ۷/۵ سانتی‌متر بوده؛ به‌طوری‌که ضخامت هرکدام از آنها بین ۹ تا ۵۰ میلی‌متر می‌باشد و در رسوبات بادی (رگولیت سخت‌نشده)، با ضخامت بیش از ۵۰ سانتی‌متر تشکیل شده‌اند (شکل ۱- الف). در هر لملا، رس سیلیکاتی جهت‌دار شده به‌صورت کوتینگ^۳ و هیپوکوتینگ^۴ جدار منفذ (شکل ۲- الف) و کوتینگ ذرات درشت خاک (شکل ۲- ب) و ایتترکالیشن^۵ (شکل ۳- الف) تجمع یافته است. این پدوفیچرها بعضاً خود زیر پوششی از اکسید آهن قرار گرفته‌اند (شکل ۳- ب). رنگ این پوشش در تشریح خاکرخ با 7.5YR3/4 نشان داده شد (جدول ۱). اختلاف درصد رس سیلیکاتی لملا و قسمت الوویال ۲۰ درصد به‌دست آمد (جدول ۲). در بعضی از قسمت‌های افق الوویال، به‌ترتیب تا بیش از ۶۰ و ۴۰ درصد سیلت و شن وجود دارند و مقدار رس به صفر درصد می‌رسد (جدول ۲). تعداد لملاهایی که توسط لایه‌های الوویال از هم جدا شده‌اند، معمولاً در یک سری عمودی، دو یا بیش از دو است (شکل ۱- الف). ضخامت مجموعه حداقل دو لملا، بیش از ۱۵ سانتی‌متر بوده و هر یک بیش از ۰/۵ سانتی‌متر ضخامت دارند (شکل ۱- الف). چون درصد رس قسمت الوویال کم‌تر از ۱۵ درصد (۴ درصد) است (جدول ۲)، لملا باید حداقل ۳ درصد رس به‌طور مطلق، بیش‌تر از قسمت

بادرفتی در مجاورت تپه‌های شنی و خاک‌های آبرفتی در کنار مسیل‌ها و بستر جریان‌های آب سطحی خشک‌شده دیده می‌شوند. وجود تپه‌های شنی در نزدیکی خاک‌های بادرفتی، بادرفتی بودن این خاک‌ها را تأیید می‌کند. مشخصات خاک‌های بادرفتی با مشخصات خاک‌های آبرفتی اختلاف زیادی دارند، ولی شبیه مشخصات تپه‌های شنی می‌باشند. یکی از اختلافات مهم رسوبات بادرفتی و آبرفتی، وجود سنگریزه در رسوبات آبرفتی و عدم وجود آن در رسوبات بادرفتی است. رنگ خشک 10YR7.5/3 (قهوه‌ای خیلی روشن)، ساختمان فشرده^۱ (جدول ۱)، بافت لوم سیلتی با ۵۸ درصد سیلت که به‌خوبی جور شده‌اند^۲، وجود شن خیلی‌ریز که بخش عمده‌ای از جزء شن را تشکیل داده است (جدول ۲) و گردشگری شن‌های کوارتزی (شکل ۴- ب) از دیگر خصوصیات خاک‌های بادرفتی منطقه مطالعاتی می‌باشند.

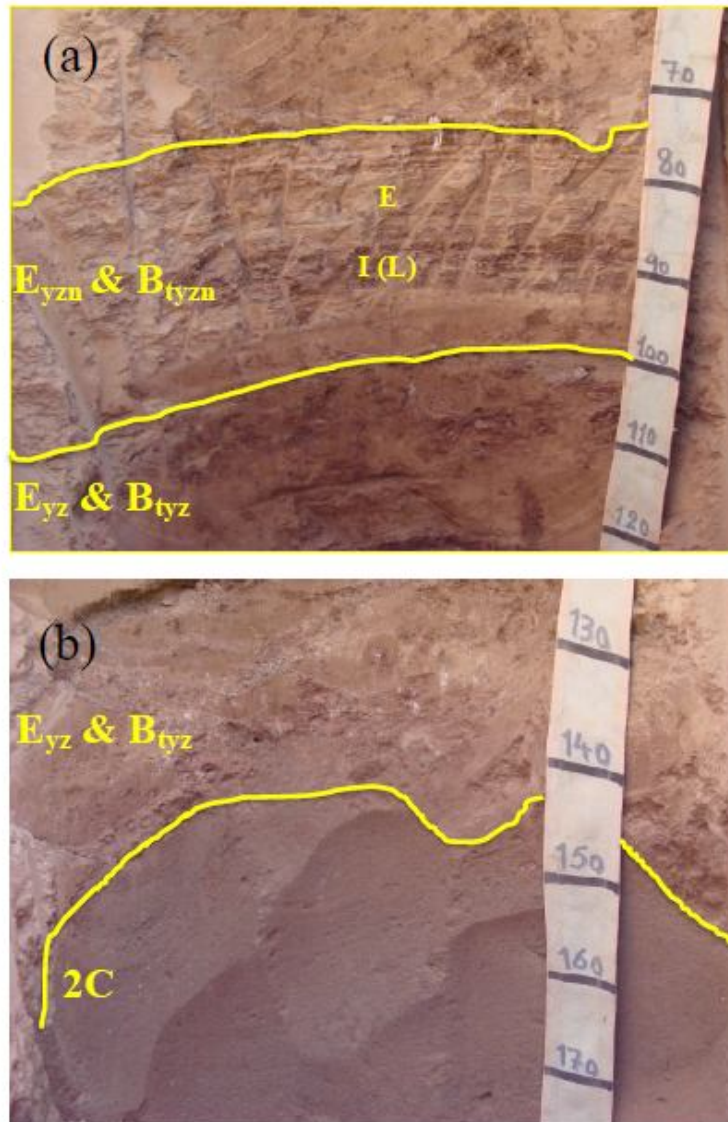
در منطقه مورد مطالعه، خاک‌های Typic Argigypsis بادرفتی هستند. در این خاک‌ها (خاک‌رخ‌های ۱ و ۲) بندهایی بارنگ و بافت متفاوت مشاهده شد که طبق سیستم رده‌بندی آمریکایی خاک (۱۳) شرایط لازم برای لملا و افق آرچلیک را دارا می‌باشند (شکل ۱- الف). جدول‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ به‌ترتیب خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی، میکرومورفولوژیکی و طبقه‌بندی خاک خاک‌رخ‌های ۱ و ۲ را نشان می‌دهند. برای نشان دادن لملا و قسمت الوویال از راه‌های مختلفی استفاده می‌شود: افق E and Bt و یا افق E/Bt (۱۵). در جدول ۱، لملا و قسمت الوویال به شکل افق E&Bt نشان داده شده است. در شکل ۱- الف، مجموعه‌ای از افق الوویال و افق ایلوویال (لملا) که در عمق ۷۰ تا

3- Coating
4- Hypo-coating
5- Intercalation

1- Massive
2- Sorted

لملاها بیش از ۵ درصد است (۱). در شکل (۱-ب)، وقوع انقطاع سنگی و وجود مرز شارپ در عمق ۱۴۰ سانتی متری (بین افق‌های سوم و چهارم) خاکرخ ۱ مشاهده می‌شود.

الویال داشته باشد. بنابراین لملاها با دارا بودن ۲۴ درصد رس در این خاکرخ، آرچلیک محسوب می‌شوند. بوخیم و هارتمینک (۲۰۱۳) نیز در مطالعه خاک‌های دارای لملا در آمریکا نشان دادند که میانگین اختلاف درصد رس لملاها و قسمت‌های بین



شکل ۱- (الف) مجموعه‌ای از قسمت‌های الویال (E) و ایلویال (I) (لملا) (L) در افق Eyzn&Btyzn خاکرخ ۱، (ب) وقوع انقطاع سنگی در عمق ۱۴۰ سانتی متری خاکرخ ۱ که با خط زرد نشان داده شده است.

Figure 1. (a) Combination of elluvial [E] and illuvial [I] (lamella)[L] parts in Eyzn&Btyzn horizon of profile 1, (b) Lithologic discontinuity at depth of 140 cm of the profile 1 that has been shown by a yellow line.

جدول ۱- خصوصیات مورفولوژیکی خاک‌های ۱ و ۲.
Table 1. Morphological characteristics of the profiles 1 and 2.

Secondary gypsum گچ ثانویه	پایداری Consistency		ساختار Structure	بافت Texture	رنگ Color		افق Horizon	عمق Depth (cm)	شماره خاک‌ریخ Profile No.
	مرطوب Moist	خشک Dry			مرطوب Moist	خشک Dry			
G1f1	VH		2 m pl (0-10cm), M, 1f-cosbk	SIL	10YR4/4	10YR6/3	Apyzn	0-70	1
G1f1	VH		M	SIL	7.5YR4/4	10YR7.5/3	Eyzn&Btyzn (Bt part)	70-100	
G1f1	VH		M	SIL	10YR4.5/3	10YR7.5/3	Eyzn&Btyzn (E part)	70-100	
G1f1	FI		M	SIL-SL	10YR4/6&10YR6/4&7.5YR3/4	-	Eyz&Btyz	100-140	
-	SH		Sg	S	10YR3/3	10YR5/4	2C	140-200	2
-	VH-EH		1-2 m co-vc sbk, lco-vc pl	SL	10YR4/3	10YR5/4	Apzn	0-25	
G1cl	VH		M	L	7.5YR4/4&10YR4/4		E & Btyzn	25-70	
G1ml	S		M	SIL	7.5YR4/4&10YR4/4		Byz	70-185	
G1f1	L		Sg	SL-LS	10YR4/3		2By	185-200	

جدول ۲ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های ۱ و ۲.
Table 2. Physical and chemical characteristics of the profiles 1 and 2.

SAR	O.M (%)	شن (%)		سیلت (%)	رس Clay (%)	سنگریزه Coarse fragments (%)	CEC (cmol.kg ⁻¹)	گچ Gypsum (%)	کربنات کلسیم CaCO ₃ (%)	EC (dS.m ⁻¹)	pH	افق Horizon	عمق Depth (cm)	شماره خاک‌رخ Profile No.	
		0.1 ≤ (mm)	0.05-0.1 (mm)												
21.4	0.4	14.1	19.9	52	14	2.5	8.4	8.4	12	12.3	7.8	Apyzn	0-70	1	
13.6	0.0	1.8	21.2	53	24	2.0	4.0	5.4	12	7.5	7.9	Eyzn&Btyzn (Bt part)	70-100		
12.5	0.0	11.4	26.6	58	4	1.0	-	5.7	12	8.6	7.7	Eyzn&Btyzn (E part)	70-100		
9.4	0.0	4.5	15.5	60	20	2.6	-	5.9	13	8.2	7.8	Eyz&Btyz	100-140		
3.6	0.0	32.8	54.2	13	0	3.3	-	0.1	8	2.4	8.3	2C	140-200		
14.6	0.34	6.2	42.4	26	19	2.5	6.09	6.09	11	7.6	7.5	Apzn	0-25		2
16.8	0.17	9.7	30.4	41	17	2	9.2	7.5	14	7.3	7.7	E & Btyzn	25-70		
10.3	0.17	13.1	28.6	54	4	0.7	3.1	20.8	15	4.7	7.8	Byz	70-185		
2.4	0.10	45.2	36.4	2	14	1	1.07	1.07	10	1.9	8.2	2By	185-200		

جدول ۳- خصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک ریح ۱.

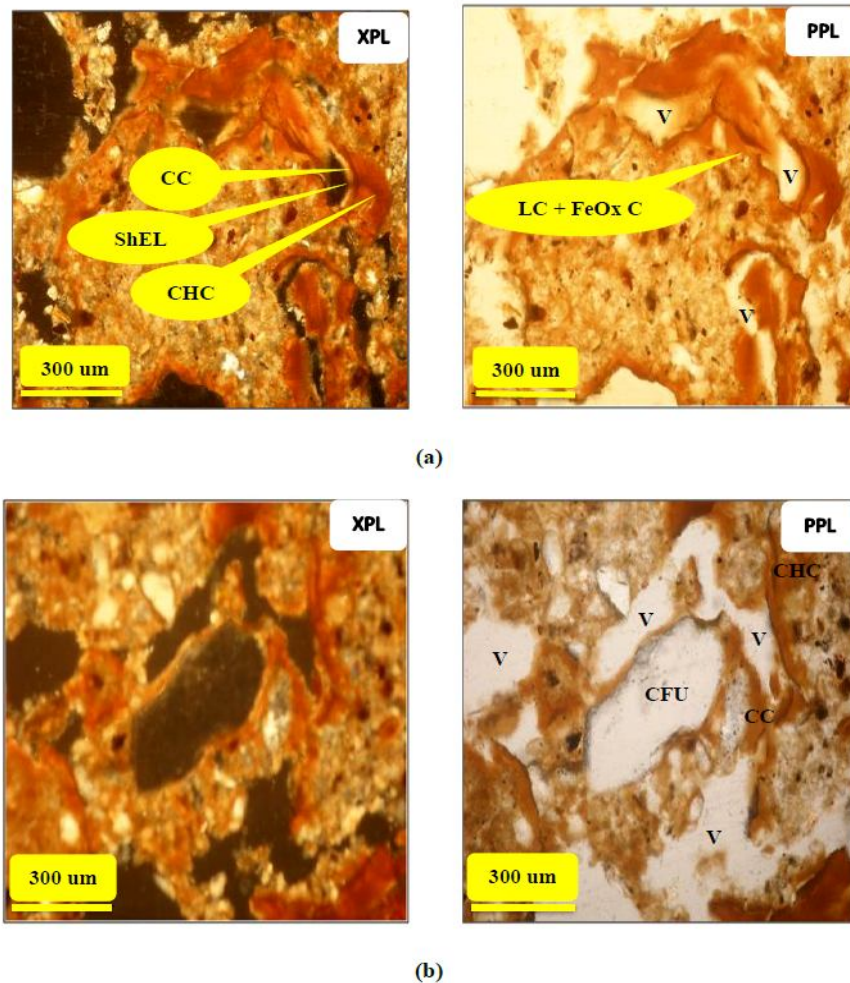
Table 3. Micromorphological characteristics of the profile 1.

ویژگی های خاک ساز Pedofeatures	بسی فابریک b-fabric	مواد درشت Coarse materials	توزیع ذرات ریز نسبت به ذرات درشت C/F related distribution	میکروساختمان و حفرات Microstructure and porosity	عمق و افق Depth (cm) and horizon
Dense complete infillings of idiotopic gypsum crystals (m.s.,2%), Diffuse strongly impregnative typical matrix nodules of iron oxides (c.s.,5%)	Crystallitic	Rounded quartz (f.s.-m.s.,20%), subangular feldspar (m.s., 9%) and subgranular calcite (m.s.-c.s.,15%)	1:9 Open porphyric	Weakly separated subangular blocky microstructure (0.5-5mm), moderately separated platy microstructure with accommodating planer voids (0.3-1 mm), planes (m.s.,32%) and chambers (c.s.,10%)	Apyzn 0-10
Dense complete and incomplete infillings of channels with xenotopic/hypidiotopic gypsum crystals. Simple intercalation of speckled clay as an impregnative matrix pedofeature, mostly with sharp boundary. Hypocoating or quasioating of speckled clay. Some of the textural coatings are juxtaposed by reddish iron oxide coatings.	Crystallitic	Subangular quartz (f.s.-m.s.,8%), subangular feldspar (m.s.-c.s.,7%) and granular calcite (v.f.s.,8%)	1:4 Open porphyric	Moderately separated subangular blocky microstructure (0.5-5mm), weakly separated platy microstructure with accommodating planer voids (1mm), common vesicles (f.s.,20%) and channels (c.s., 10%)	Eyzn&Btyzn 90-100
Dense complete and incomplete infillings and coatings of channels with lenticular, xenotopic and hypidiotopic gypsum crystals. Simple intercalation of speckled clay as an impregnative matrix pedofeature, mostly with sharp boundary. Hypocoating or quasioating of speckled clay. Typic coating of limpid clay on surfaces of some voids. Most of the textural coatings are juxtaposed by reddish iron oxide coatings.	Crystallitic	Subangular quartz (f.s.,18%), subangular feldspar (m.s., 8%) and subgranular calcite (f.s.,5%)	1:1 Close porphyric	Moderately separated subangular and angular blocky microstructure with accommodating planer voids (0.5-5 mm), channels (c.s.,18%), chambers (v.c.s.,5%)	EyZ&BtyZ 110-120
Sharp strongly impregnative typical matrix nodules of iron oxides (f.s.,2%)	-	Subangular quartz (f.s.,15%), subangular feldspar (c.s., 11%) and subgranular calcite (f.s.,2%)	1:9 Monic	Single grain, simple packing voids	2C 160-170

جدول ۴- رده بندی خاک های خاک رخی های ۱ و ۲.

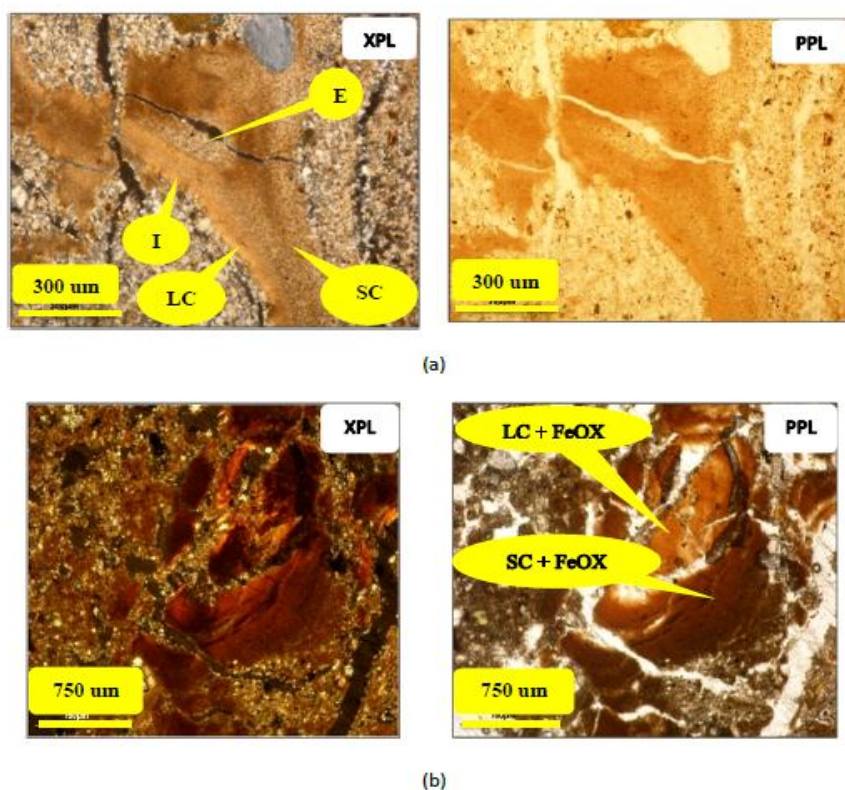
Table 4. Soil classification of the profiles 1 and 2.

شماره خاک رخی Profile No.	فاز سری خاک Phase of soil series
1	Moderately deep and thick argillic horizon, very shallow and extremely thick gypsic horizon, eolian, well drained, low surficial organic matter; coarse-silty, mixed, active, thermic Typic Argigypsid; silty loam, very slightly to moderately saline, non to moderately alkali, low to moderate gypsum content, very deep, 0-2% slopes
2	Shallow and moderately thick argillic horizon, shallow and extremely thick gypsic horizon, eolian, well drained, low surficial organic matter; coarse-silty, mixed, active, thermic Typic Argigypsid; sandy loam, non to slightly saline, non to moderately alkali, moderate to high gypsum content, very deep, 0-2% slopes



شکل ۲- (الف) کوتینگ (CC) و هیپوکوتینگ (CHC) رس لیمپید (LC) با پوشش اکسید آهن (FeOx C) به ترتیب در جدار داخلی و خارجی منافذ (V) افق Eyz & Btyz خاک رخی ۱ ملاحظه می گردد (XPL و PPL). وجود اکستینشن لاین شارپ (ShEL) در پوشش رسی حکایت از جهت گیری موازی قوی ذرات رس می کند. (ب) کوتینگ (CC) رس لیمپید با پوشش اکسید آهن در جدار خارجی واحد فابریک درشت خاک افق خاک رخی ۱ (XPL و PPL).

Figure 2. (a) Coating (CC) and hypocoating (CHC) of limpid clay (LC) that are superimposed by iron oxide coating (FeOx C) respectively on the internal and the external surfaces of the voids (V) of Eyz & Btyz horizon of the profile 1 (PPL & XPL). Presence of sharp extinction line (ShEL) in the clay coatings shows that the clay particles of the clay coatings are strongly parallel oriented. (b) Coating (CC) of limpid clay, superimposed by reddish iron oxide coating, on coarse fabric unit (CFU) surface of Eyz & Btyz horizon of profile 1 (PPL & XPL).



شکل ۳- الف) رس اسپکلد (SC) (درشت) و لیمپید (LC) (ریز) به صورت ایتروکالیشن ساده به ترتیب با مرزهای دیفیوز و شارپ در افق Eyzn&Btyzn (عمق ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی متری) خاک رخ ۱ دیده می شوند. بندهای رس لیمپید، رنگ تداخلی زرد نشان می دهند (در نور XPL)، این رس ها ایلوویال (I) هستند که از قسمت الوویال (E) (زمینه خاک) حرکت کرده و در لملا (I) رسوب کرده اند. ب: پوشش اکسید آهن (FeOX) روی ایتروکالیشن ساده رس اسپکلد (SC) و لیمپید (LC) در افق Eyzn&Btyzn خاک رخ ۱ مشاهده می گردد (XPL و PPL).

Figure 3. (a) Simple intercalation of speckled (SC) (coarse) and limpid clay (LC) (fine) respectively with diffuse and sharp boundary is seen in Eyzn&Btyzn horizon of the profile 1 (XPL). Limpid clay bands show yellowish interference colors (XPL). These clays which are illuvial (I) have been depleted from the eluvial part (E) (groundmass) and have been precipitated in the lamella (I). (b) Iron oxide (FeOX) coatings are observed on simple intercalation of speckled (SC) and limpid clay (LC) in Eyzn&Btyzn horizon of the profile 1 (PPL & XPL).

درشت تر لایه درشت دانه زیر شود، منافذ ریز لایه ریزدانه باید تقریباً از آب اشباع شده باشند. تا زمان این اشباع شدن، جبهه رطوبتی در مرز بین دو لایه ریزدانه و درشت دانه برای مدتی توقف می کند. در طول مدت زمان این توقف، ریشه ها آب را جذب می کنند و یا آب تبخیر می شود و آنچه باقی می ماند ذرات رس است که به صورت معلق در جبهه رطوبتی وجود داشته و در زمان توقف این جبهه، این ذرات در جدار منافذ و یا روی سطح ذرات شن و سیلت رسوب می کنند و بدین ترتیب پوشش رسی تشکیل می شود. هر بار که این رسوب گذاری انجام شود، از

طرز تشکیل لملا اینگونه توضیح داده می شود: زمانی که سرعت باد یا روان آب کم می شود، ذرات با بافت ریزتر به صورت بندهای خیلی نازک افقی موازی با بندهای درشت دانه رسوب می کنند. پس از تشکیل این بندها، مرحله ژئوژنیک تشکیل لملا به پایان می رسد و مرحله دوم که پدوژنیک نامیده می شود، به شرح زیر شروع می شود: این بندهای ریزدانه منافذ کوچکتری نیز نسبت به بندهای درشت دانه بالاتر یا پائین تر از خود دارند. قبل از این که یک جبهه رطوبتی بتواند از این لایه های ریزدانه عبور کند و وارد منافذ

1- Bedding planes

وجود جبهه رطوبتی متغیر دانستند (۱). فرکیوم و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه فرایندهای تشکیل لملا در خاک‌های جنوب شرقی برزیل، منشأ اصلی لملاها را تخریب افق Bt و آبشویی رس توسط جریان‌های زیرسطحی جانبی در خاک‌های منطقه گزارش نمودند که در مرز بین افق Bt و افق‌های بالایی آن که دارای نفوذپذیری بیش‌تر می‌باشند، اتفاق می‌افتد (۳).

رسوب اکسید آهن در سطح لملاها (هيو 7.5YR در جدول ۱، شکل‌های ۲- الف، ۳- ب و ۴- الف) به‌خاطر وجود کانی‌های آهن‌دار اولیه مثل بیوتیت در مواد تشکیل‌دهنده لملاهاست که در اثر هوادیدگی شیمیایی (اکسیداسیون)، آهن آن‌ها به اکسید آهن آزاد تبدیل می‌شود. این رسوب تحت‌تأثیر احیا و اکسیداسیون مجدد آهن در اثر ماندایی در لملاها تشکیل نشده است، زیرا آن‌چه که در خاک دیده می‌شود، فقط بیانگر وجود شرایط اکسیداسیون بوده و نشانه‌های انجام فرآیند احیا در خاک مشاهده نشد.

نتایج مطالعات میکروپدولوژی (جدول ۳) نشان داد که منافذ کانالی، شکل غالب بوده (شکل ۵- الف) و منافذ حجره‌ای^۵، و زیکول و صفحه‌ای (شکل ۵- الف) در رده‌های بعدی قرار دارند. منافذ و زیکول افق Eyz&Btyz مربوط به قسمت‌های الوویال افق (E part) می‌باشد. میکرومورفولوژی منافذ به‌وسیله پرشدگی گچ و پوشش رس تحت‌تأثیر قرار گرفته است. فرم مشخص آرایش بلوره‌های گچ در افق‌ها، پرشدگی کامل و ناقص منافذ کانالی است. پرشدگی بخشی از منافذ به‌وسیله بلوره‌های عدسی شکل گچ نشان‌دهنده حضور گچ‌های پدوژنیک است (شکل ۵- ب). بی‌فابریک در همه افق‌ها، کریستالیتیک بوده که ناشی از فراوانی ذرات ریز کلسیت میکریتیک در خاک است (۱۶). ریزساختمان غالب افق‌ها، مکعبی بدون زاویه است که وجود این نوع ساختمان میکروسکوپی نشان‌دهنده تکامل خاک است. اصلی‌ترین کانی درشت، کوارتز زاویه‌دار و بدون زاویه می‌باشد.

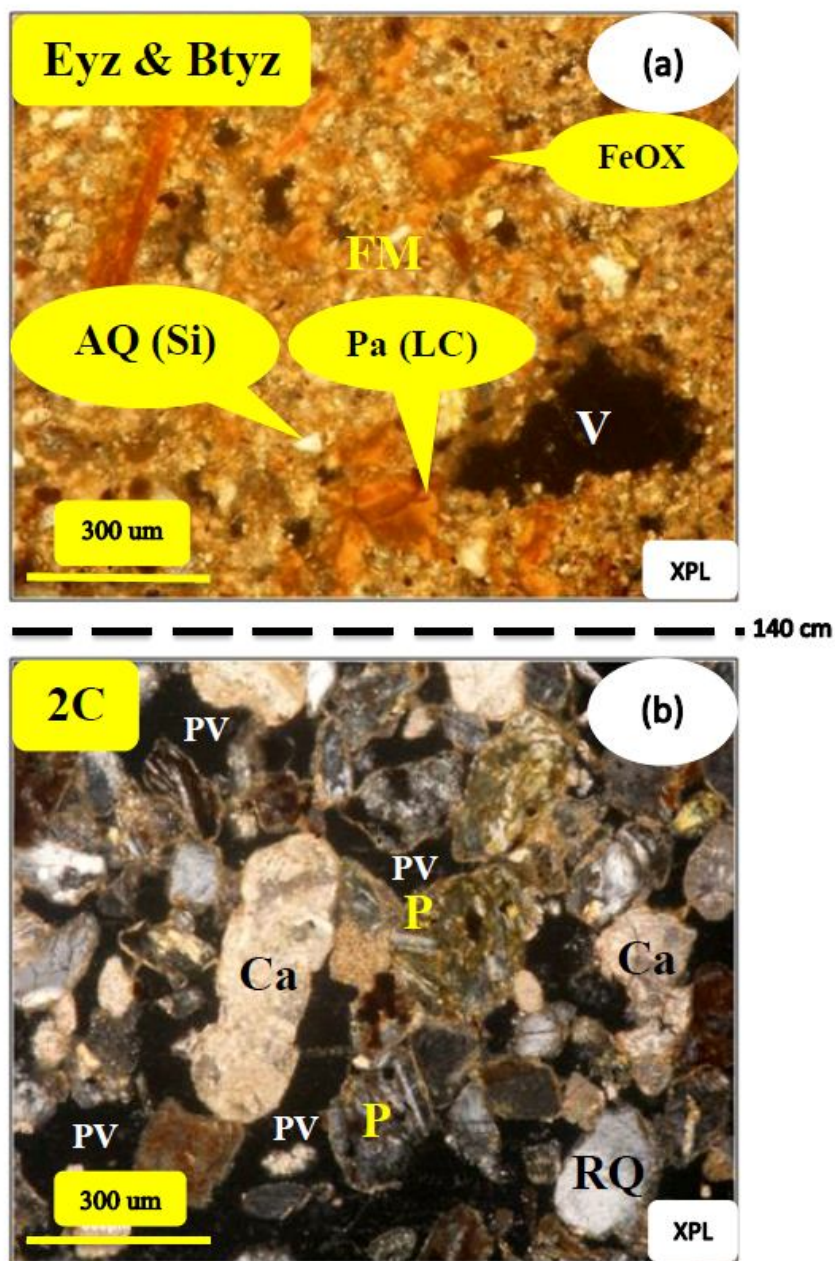
قطر منافذ لایه ریزدانه کاسته می‌شود تا این‌که در نهایت لملا تشکیل شود (۱۳). منشأ رسی که در لملا تشکیل فیلم رسی می‌دهد، لایه‌های بین لملاها (Eyzn) در عمق ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و Eyz در عمق ۱۰۰ تا ۱۴۰ سانتی‌متر) می‌باشد. با توجه به این‌که خاک خاک‌رخ ۱ قلیا نیست، بلکه شور و قلیا است (جدول ۲)، نمک محلول همراه با سدیم، اجازه پراکندگی رس^۱ را نمی‌دهد. بنابراین به‌خاطر وجود نمک اضافی، سدیم نقشی در پراکندگی ذرات رس نمی‌تواند داشته باشد.

اختلاف فاحش بافت در دو افق Eyz&Btyz و 2C و وقوع انقطاع سنگی در مرز بین این دو افق (عمق ۱۴۰ سانتی‌متری)، باعث توقف جبهه رطوبتی در عمق ۱۴۰ سانتی‌متری خاک نیز می‌شود. به‌عبارت دیگر، این جبهه هم در مرز بین بندهای ریزدانه و درشت‌دانه توقف می‌کند و هم در عمق ۱۴۰ سانتی‌متری. این توقف دوم تشکیل پدوژنتیک لملا را در افق Eyz&Btyz تسریع می‌کند. پرشدگی^۲ منافذ کانالی توسط کریستال‌های گچ پدوژنیک (شکل ۵- ب) نیز در توقف بیش‌تر آب در افق Eyz&Btyz می‌تواند نقش داشته باشد.

تشکیل پوشش رسی در جدار منافذها بیانگر پدوژنیک بودن مرحله دوم فرآیند تشکیل لملا است. علاوه بر ژئوژنیک بودن مرحله اول این تشکیل که قبلاً به آن اشاره شد، مشاهده قطعات فیلم رسی (پاپیول^۳) (شکل ۴- الف) نشان دیگری از این ژئوژنیک بودن می‌باشد. اسکاتز (۲۰۰۱) لملاهای تشکیل‌شده از طریق فرایند فوق را هم پدوژنیک و هم ژئوژنیک قلمداد کرد (۱۰). بوخیم و هارتمینک (۲۰۱۳) نیز منشأ پدوژنیک لملا را حرکت رس^۴ همراه با ایجاد پل رسی بین ذرات شن و پوشش داده شدن این ذرات با رس و تشکیل لملا را متأثر از

- 1- Dispersion
- 2- Infilling
- 3- Papule
- 4- Argilluviation

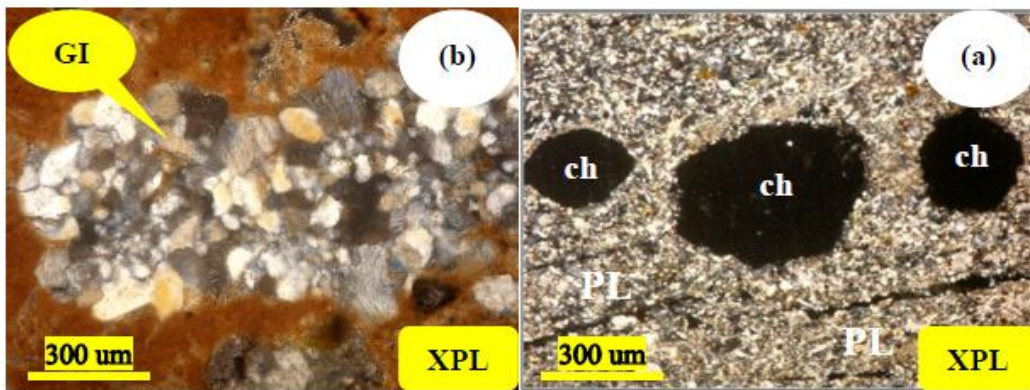
5- Chambers



شکل ۴- وقوع انقطاع سنگی در عمق ۱۴۰ سانتی متری (بین افق‌های Eyz&Btyz و 2C) خاک‌رخ ۱. (الف) در افق Eyz&Btyz، مقدار رس (FM) خیلی بیش‌تر از افق 2C می‌باشد. قطعات پوشش رسی یا پاپیول (Pa) که از رس لیمپید (LC) تشکیل شده در زمینه خاک دیده می‌شود. این پاپیول‌ها زیر پوششی از اکسید آهن سه ظرفیتی (FeOX) قرار دارند. در این افق ذرات کوآرتز، زاویه‌دار (AQ) و در اندازه سیلت (Si) می‌باشند نسبت به افق 2C، منفذهای (V) کم‌تری وجود دارد (XPL). (ب) در افق 2C، ذرات شن از کانی‌های کوآرتز گرد شده (RQ)، پلاژیوکلاز (P) و کلسیت (Ca) تشکیل شده‌اند. در این افق، منفذهای پکینگ^۱ (PV) زیاد دیده می‌شود (XPL).

Figure 4. Lithologic discontinuity at depth of 140 cm of the profile 1 (between Eyz&Btyz and 2C horizons). (a) In Eyz&Btyz horizon, clay content (FM) is much higher than in the 2C horizon. Clay coating fragments (papules)(Pa) which has been formed from limpid clay (LC) can be seen in the groundmass. These papules are superimposed by ferric oxide coating (FeOX). In this horizon, quartz particles are angular (AQ) and silt sized (Si). There are less voids (V) compared to the 2C horizon (XPL). (b) In 2C horizon, sand forming minerals are rounded quartz (RQ), plagioclase (P) and calcite (Ca). There are many packing voids (PV) (XPL).

1- Packing voids



شکل ۵- (الف) مقدار رس در قسمت الویال افق Eyzn&Btyzn خاک رخ ۱ صفر درصد است. منفذهای کانالی (ch) و خاکدانه‌های ورقه‌ای (PL) نیز در این افق دیده می‌شوند. (ب) منفذ کانالی (ch) با کریستال‌های گچ عدسی شکل زونوتوپیک و هیپیدوتوپیک در افق Eyz&Btyz خاک رخ ۱ پر شده است (GI) (XPL).

Figure 5. (a) Clay content in the eluvial part of the Eyzn&Btyzn horizon of the profile 1 is zero percent. Channels (ch) and platy structure (PL) can also be observed in this horizon (XPL). (b) A channel has been filled with zoned and hydrioditic lenticular gypsum crystals (GI) in the Eyz&Btyz horizon of the profile 1 (XPL).

یک جبهه رطوبتی قبل از اشباع شدن لایه ریزدانه در مرز بین این لایه و لایه درشت‌دانه زیر، مدتی توقف می‌کند و توسط ریشه جذب و یا تبخیر می‌شود. ذرات رس معلق موجود در جبهه رطوبتی، پس از تبخیر این جبهه در جدار منافذ و یا روی سطح ذرات شن و سیلت تشکیل پوشش رسی می‌دهند. به مرور زمان، این پوشش ضخیم‌تر و از قطر منافذ لایه ریزدانه کاسته می‌شود تا این‌که در نهایت لملا تشکیل شود. لملاها قابلیت نگهداری آب و مواد غذایی خاک‌های درشت‌بافت را افزایش می‌دهند.

نتیجه‌گیری کلی

از میان خاک‌های مورد مطالعه، در خاک‌های Coarse-silty, mixed, active, thermic Typic Argigypsis (پروفیل‌های ۱ و ۲)، بندهایی با رنگ و بافت متفاوت مشاهده شد که طبق سیستم رده‌بندی خاک آمریکایی، شرایط لازم برای لملا و افق آرچیلیک را دارا هستند. زمانی که سرعت باد یا روان‌آب کم می‌شود، ذرات با بافت ریزتر به صورت بندهای خیلی نازک افقی موازی با بندهای درشت‌دانه رسوب می‌کنند. این مرحله از تشکیل لملا، ژئوژنیک می‌باشد. مرحله پدوژنیک از زمانی شروع می‌شود که

منابع

1. Bockheim, J.G., and Hartemink, A.E. 2013. Classification and distribution of soils with lamellae in the USA. *Geoderma*. 206: 92-100.
2. Folks, H.C., and Riecken, F.F. 1956. Physical and chemical properties of some Iowa soil profiles with clay-iron bands. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 20: 575-580.
3. Furquim, S.A.C., Coltrinari, L., Ferreira, R.P.D., Castro, S.S., and Pugliese, G.R. 2013. Lamellae formation processes in tropical soils in southeastern Brazil. *Catena*. 107: 15-25.
4. Gile, L.H. 1979. Holocene soils in eolian sediments of Bailey County, Texas. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 994-1003.
5. Givi, J., and Sohrabi, A. 2005. The role of soil classification at phases of series level in land suitability evaluation and yield prediction. *Eurasian Soil Sci.* 38: 49-54.
6. Holliday, V.C., and Rawling, J.E. 2006. Soil-geomorphic relations of lamellae in eolian sand on the High Plains of Texas and New Mexico. *Geoderma*. 131: 154-180.

7. Mc Lean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. P 199-224, In: A.L. Page (Ed.), Methods of soil analysis. Part 2, 2nd ed., American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI.
8. Rawling, J.E. 2000. A review of lamellae. *Geomorph.* 35: 1-9.
9. Roades, J.D. 1982. Soluble salts. P 167-178, In: A.L. Page (Ed.), Methods of soil analysis. Part 2, 2nd ed., American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI.
10. Schaetzl, R.J. 2001. Morphologic evidence of lamellae forming directly from thin clayey bedding planes in a dune. *Geoderma.* 99: 51-63.
11. Schaetzl, R.J., and Anderson, S. 2005. Soil genesis and geomorphology. Cambridge University Press, New York, 817p.
12. Schoenberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Broderson, W.D. 2002. Field book for describing and sampling soils, Version 2. National Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, USA.
13. Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy. 2nd ed., Handbook No. 436, United States Department of Agriculture and National Resources Conservation Service, Washington DC, USA, 869p.
14. Soil Survey Staff. 2014. Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 5.0. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 1001p.
15. Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12th ed., United States Department of Agriculture and National Resources Conservation Service, Washington DC, USA, 360p.
16. Stoops, G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, 184p.
17. Van Wambeke, A., and Forbes, T. 1986. Guidelines for using "Soil Taxonomy" in the names of soil map units. SMSS Technical Monograph No. 10, Cornell University, Ithaca, N.Y., USA, 75p.
18. Wright, J.S. 2001. "Desert" loess versus "glacial" loess: Quartz silt formation, source areas and sediment pathways in the formation of loess deposits. *Geomorph.* 36: 231-256.



Characteristics and classification of some loess-derived soils with lamellae in arid regions (A case study: Zavvareh area, north-east of Isfahan province)

N. Yaghmaeian Mahabadi¹ and *J. Givi²

¹Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Guilan University and Ph.D. Graduate, Dept. of Soil Science, Shahrekord University, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Shahrekord University

Received: 06/29/2016; Accepted: 02/21/2017

Abstract

Background and Objectives: Eolian soils are found in both arid and humid areas. Lamellae as thin bands are observed in both alluvial and eolian soils in various landscapes. Each lamella separates from the other one by a band with less clay content. The lamellae play a role in increasing water and nutrient holding capacities of the coarse textured soils. Also lamellae in archaeological and geomorphological studies, indicate the approximate age of the soils. The objective of this research has been to study the macro-morphology, physical and chemical characteristics, micro- morphology and classification of eolian soils with lamella in Zavvareh area, Isfahan province.

Materials and Methods: The study area is located twenty kilometers east of Zavvareh, Ardestān city, north-east of Isfahan province. This area has an average annual rainfall of 110 mm and an average annual temperature of 19.5 °C. Its parent materials are loess and its land form is piedmont plain. In the study soils, eight soil profiles were excavated, described and disturbed soil samples were collected from all of their horizons to investigate about the physical and chemical characteristics of the soils. Of the eight studied soil profiles, in two profiles, bands with different color and texture (lamella and the eluvial part) were observed. Micropedological studies including undisturbed soil sample collections, preparation and description of soil thin sections were carried out for these soil profiles. All of the studied soil profiles were classified at phase of soil series level.

Results: The results showed that in some horizons of the loess-derived soils, there are lamellae that their clay content is 24% and as a result, meet argillic horizon requirements. The thickness of each lamella is between 9 and 50 mm. In each lamella, oriented silicate clay is accumulated as coating and hypo-coating on the surface of the pores, as coating on the surface of the coarse soil particles and as intercalation. The difference between clay content of the lamella and the clay content of the eluvial part is 20 percent. The number of lamellae that are separated from each other by the eluvial horizons in a vertical series is normally two or more. The thickness of a combination of at least two lamellae is more than 15 cm and each of the lamellae is more than 0.5 cm thick. In geogenic stage of lamella formation, with decreasing wind speed, finer particles precipitate in the form of very thin horizontal bands, parallel with the bands of coarse particles. In the pedogenic stage, with stop of a wetting front at the border between the layer of fine-grained and the underlying coarse-grained layer and before saturation of the fine-grained layer, the wetting front loses its moisture through evaporation or absorption by the roots. Clay particles suspended in the wetting front, after evaporation of the front moisture, form clay film on wall of the pores or on the surface of the sand and silt grains. Over time, the film thickens and the fine pores diameter of the fine textured bands is reduced until the lamella finally is formed. Occurrence of lithologic discontinuity at a depth of 140 cm and filling the channels by pedogenic gypsum crystals accelerate pedogenic formation of the lamella.

Conclusion: The lamella that is present in the eolian soils meets the requirements of the argillic horizon and unexpectedly cause formation of argillic horizon in an arid region. Reduction of wind speed and infiltration rate of water in the lamella result in formation and development of the lamella. Lamella increases water and nutrient holding capacity of the coarse textured soils.

Keywords: Argids, Argillic horizon, Eolian soils, Lamella, Lithologic discontinuity

* Corresponding Author; Email: javgivi@gmail.com

