



دانشگاه گیلان
۱۳۵۳_۱۹۷۴

چاپ اول

اطلس تصویری برای میکرومورفولوژیست‌های خاک

تألیف:
اریک پی. ورکیا
لوکا ترومبینو
ترجمه:
دکتر حسن رمضان پور
دانشیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

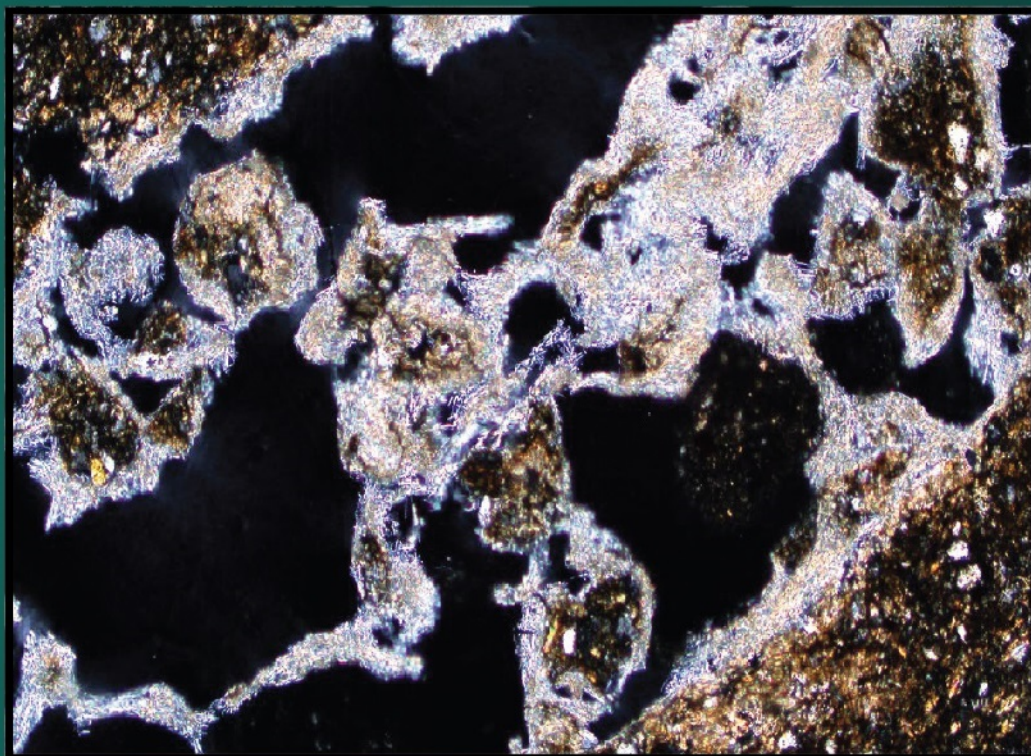
مرکز نشر دانشگاه گیلان

اطلس تصویری برای میکرومورفولوژیست‌های خاک

A Visual Atlas for Soil Micromorphologists

By:
Eric P. Verrecchia
Luca Trombino
Translated by:
Hassan Ramezanpour, Ph. D

University of Guilan Press



اریک پی. ورکیا، لوکا ترومبینو
ترجمه: دکتر حسن رمضان پور

از اهداف عملی این کتاب، ارائه مراجع تطبیقی و بصری لازم برای راهنمایی میکرومورفولوژیست خاک، در شناسایی اشیاء مختلف خاک قابل مشاهده در زیر میکروسکوپ است، که برای محققان، دانشجویان و دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری طراحی شده و به شناسایی چالش‌های مرتبط با فرایندهای خاک نیز می‌پردازد.



ISBN: 978-600-153-311-2

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اطلس تصویری برای میکرومورفولوژیست‌های خاک

تألیف:

اریک پی. ورکیا

لوکا ترومبینو

ترجمه:

دکتر حسن رمضان‌پور

دانشیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

مرکز نشر دانشگاه گیلان

۱۴۰۲



دانشگاه گیلان
۱۳۵۳-۱۹۷۴

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۵۳-۳۱۱-۲

سرشناسه	: وریچیا، اریک پی. .Verrecchia, Eric P
عنوان و نام پدیدآور	: اطلس تصویری برای میکرومورفولوژیست‌های خاک/تالیف اریک پی‌ورکیا، لوکا ترومبینو؛ ترجمه حسن رمضان‌پور؛ ویراستار علمی فرهاد خرمالی؛ ویراستار ادبی بهاره هوشیار.
مشخصات نشر	: رشت: دانشگاه گیلان، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	: ۲۵۸ص: مصور.
شابک	: 978-600-153-311-2
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: A Visual Atlas for Soil Micromorphologists
یادداشت	: کتابنامه: [۲۲۴] - ۲۲۶.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: ریزریخت‌شناسی خاک Soil micromorphology
شناسه افزوده	: ترومبینو، لوکا Trombino, Luca
شناسه افزوده	: رمضان‌پور، حسن، ۱۳۳۸ -، مترجم
شناسه افزوده	: خرمالی، فرهاد، ۱۳۵۱-، ویراستار
شناسه افزوده	: دانشگاه گیلان
رده بندی کنگره	: S۵۹۳/۲
رده بندی دیویی	: ۶۳۱/۴۳

مرکز نشر دانشگاه گیلان

عنوان کتاب	: اطلس تصویری برای میکرومورفولوژیست‌های خاک
مؤلفان	: اریک پی ورکیا، لوکا ترومبینو
مترجم	: دکتر حسن رمضان‌پور
ویراستار علمی	: دکتر فرهاد خرمالی
ویراستار ادبی	: بهاره هوشیار
نوبت چاپ	: اول، ۱۴۰۲
ناشر	: مرکز نشر دانشگاه گیلان
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد

* هر گونه چاپ و تکثیر صرفاً در اختیار مرکز نشر دانشگاه گیلان است.



تقدیم بہ ہمسرمہربان و فرزند عزیزم



پیشگفتار مترجم

بررسی ویژگی‌های میکرومورفولوژی خاک، ازجمله روش‌های مفید در تفسیر خصوصیات خاک است. شناخت میکروسکوپی خاک در کنار مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی قادر است بسیاری از مشکلات تشکیل و طبقه‌بندی خاک را پاسخگو باشد.

کتاب حاضر با هدف ایجاد ارتباط بین پژوهشگران در زمینه میکرومورفولوژی خاک تلاش می‌کند تا با استفاده از اشکال و تصاویر رنگی، منبع خوبی در اختیار آنان قرار دهد تا تفسیر مقاطع نازک را آسان نماید. تصاویر میکروسکوپی کانی‌ها در مقطع نازک که با کیفیت بسیار خوب نیز در دسترس خوانندگان قرار دارد، از ویژگی‌های بارز این اثر است که امیدواریم استادان و دانشجویان گرامی ضمن مطالعه آن، تلاش و توجه نمایند تا رهنمودهای لازم در جهت رفع اشکال کار را ارائه دهند. همچنین لازم می‌دانم از همکاری خانم مهناز بشیری، خانم الهه امینی و آقای امین احمدی تشکر نمایم.

حسن رمضان‌پور – خرداد ۱۴۰۲

ISBN 978-3-030-67805-0 ISBN 978-3-030-67806-7 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-030-67806-7>

© ویراستار(ها) و نویسنده (گان) (در صورت وجود) ۲۰۲۱. این کتاب از نوع انتشارات با دسترسی آزاد است.

دسترسی آزاد این کتاب با مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License صادر شده است. این مجوز تا زمانی که اعتبار مناسبی برای نویسنده (گان) اصلی و منبع در نظر گرفته و به مجوز Creative Commons استناد کنید و نشان دهید که آیا تغییراتی ایجاد شده یانه، امکان استفاده، به اشتراک گذاری، اقتباس، توزیع و تکثیر آن در هر رسانه یا قالبی برقرار خواهد بود. مجوز Creative Commons برای این کتاب، تصاویر یا سایر مطالب مربوط به اشخاص ثالث موجود در این کتاب را هم در برمی گیرد، مگر اینکه در مورد خط اعتباری آن به گونه دیگری بیان شده باشد. چنانچه مطالبی در مجوز Creative Commons نباشد استفاده مورد نظر شما قانوناً مجاز نبوده و یا از استفاده مجاز فراتر می رود و لذا باید مستقیماً از دارنده حق چاپ مجوز بگیرید. استفاده از نام های توصیفی عمومی، نام های ثبت شده، نشان های تجاری، علائم خدماتی و غیره در این کتاب به معنای مستثنی بودن این نام ها از قوانین و مقررات حمایتی مربوطه بوده و در نتیجه برای استفاده عمومی رایگان است ولو این که بیانیه خاصی برای آنها وجود نداشته باشد. ناشر، نویسندگان و ویراستاران مطمئن هستند که توصیه ها و اطلاعات این کتاب در زمان انتشار، درست و دقیق است. نه ناشر، نه نویسندگان یا ویراستاران، درباره مطالب مندرج در این کتاب یا اشتباهات یا حذفیاتی که ممکن است انجام شده باشد، ضمانتی، چه صریح و یا ضمنی، نمی دهند. ناشر در مورد ادعاهای قضایی درباره نقشه های منتشر شده و وابستگی های سازمانی بی طرف باقی می ماند.

این انتشارات اشپرینگر به وسیله شرکت ثبت شده Springer Nature Switzerland AG منتشر شده است.

آدرس شرکت ثبت شده: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

پیشگفتار

میکرومورفولوژی، بررسی میکروسکوپی مواد دست‌نخورده زمین، بر اساس توانایی شناسایی اجزاء و تشخیص اشکال، آرایش‌ها و الگوها در مقاطع نازک است. مشاهده میکروسکوپی دارای پیچیدگی خاصی است، زیرا با استفاده از تصاویر دوبعدی، امکان مشاهده پدیده‌های سه بعدی فراهم می‌شود؛ بنابراین، کتابی با تصاویر مرجع می‌تواند برای میکرومورفولوژیست‌ها اهمیت بسیار زیادی داشته باشد.

در گذشته، کتاب‌های راهنمای میکرومورفولوژی به صورت پراکنده با عکس‌های سیاه‌وسفید در اختیار خوانندگان قرار داده می‌شد. تنها از آغاز این قرن، استفاده از صفحات رنگی از نظر اقتصادی امکان‌پذیر شد. با اینکه ابتکاراتی برای در دسترس قرار دادن تصاویر مرجع، بیشتر برای دانشجویان و پژوهشگران انجام شد، ولی مخاطبان آن محدود بود.

در علوم زیستی مانند پزشکی، زیست‌شناسی، گیاه‌شناسی و آناتومی چوب، اطلس‌های تصاویر میکروسکوپی از اوایل قرن بیستم وجود داشت که اولین آن‌ها اغلب شامل نقاشی‌های رنگی بود. اطلس سنگ‌ها و تصاویر کانی زیر میکروسکوپ برای کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی در نیمه دوم قرن گذشته منتشر شد و با اشتیاق توسط نسل دانش‌آموز مورد استفاده قرار گرفت. از آنجایی که اطلسی در مورد میکرومورفولوژی خاک وجود نداشت ابتکار عمل /ریک ورکیا و /لوکا ترومبینو بیش از حد مورد استقبال قرار گرفت. این اطلس نه تنها برای میکرومورفولوژیست‌های مبتدی خاک، بلکه برای افراد باتجربه‌تر نیز تهیه شده است. تصاویر با توجه به متن آموزنده آن که توضیح‌دهنده مفاهیم و اصطلاحات است و یا با توجه به ارجاع به تحقیقات انجام‌شده همراه است، در صورت لزوم آن توضیحات با توصیف کامل‌تری از اصطلاحات، تکمیل می‌شود. فهرستی از ترجمه‌های اصطلاحات به زبان‌های فرانسوی، ایتالیایی و آلمانی در پایان کتاب، به استفاده وسیع از آن در سطح بین‌المللی کمک خواهد کرد.

پروفسور ام جورج استوپس. گنت، بلژیک.

سپاسگزاری‌ها

بسیاری از مردم نمونه‌ها یا مقاطع نازک خاک را برای تکمیل مجموعه کاری این پژوهش فراهم کردند که برای انجام این کار ضروری بود تا بتوانیم تنوع زیاد عارضه‌های مشاهده شده در مقطع نازک خاک را نشان دهیم: یان بیدرمن (UniNe)^۱، دکتر فیلیپو براندولینی (UniMi)^۲، دکتر گیلانه کایلو (همکاری در فراهم‌آوری داده‌ها و اطلاعات)، پروفیسور مارو کرماشی (UniMi)، دکتر ناتالی دیاز (Unil)^۳، دکتر فابین دیتریچ (یونیل)، پروفیسور آلن دوراند (دانشگاه روئن، F)، دکتر لوران امانوئل (دانشگاه سوربن، F)، دکتر استفانیا ارن (کانتون تی‌سی‌نو، سی‌اچ)، دکتر کاتیا فرو (UniNe)، پروفیسور کارل فولمی (Unil)، پروفیسور پیر فریت (Université Paris-Sud Orsay)، پروفیسور جین مایکل گوبات (UniNe)، دکتر استفانی گراند (Unil)، سلین هیمو (UniNe)، دکتر گویدو ماریانی (UniMi)، دکتر لورین مارتیگنیر (Unil)، دکتر آنا ماسرولی (UniMi)، دکتر ایوانو رلینی (Università degli Studi di Genova, I)، رمی روماننس (UniMi)، دکتر دیوید سبگ (دانشگاه روئن، اف و یونیل)، دکتر بریژیت ون ویلت لانوئه (CNRS، دانشگاه برتیه)، پروفیسور اندرو زربونی (UniMi) و دکتر لویزا زوکولی بینی (MIUR, I).

میکرومورفولوژی خاک همچنان به استعداد تکنسین‌ها، مهندسان و محققان مستعد نیاز دارد. مایلم از همکارانمان در انجام این کار پژوهشی که اسنادی را ارائه کردند یا برای ارائه تکنیک‌های خاص با ما وقت گذاشتند تشکر کنم. دکتر بنیتا پوتلیتز (یونیل)، دکتر دانیل گرولیموند (PSI.CH)، دکتر کالین کوزمانوف (CH, Université de Genève)، دکتر لارنت رموسات (Muséum National d'Histoire Naturelle, F)، دکتر الکسی اولیانوف (Unil) و دکتر پیر وانلونتن (Unil). همچنین مایلم از دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد در برنامه علوم زیستی (دانشگاه‌های لوزان و نوشاتل) برای حمایت ارزشمندشان تشکر می‌کنم که با مهربانی عنوان این اطلس را انتخاب کردند و نسخه پیش‌نویس آن، تیتی، سینتیلینا و دراگون را آزمایش کردند.

نویسندگان در طول تهیه این اطلس از منابع مختلفی از منابع مالی بهره‌مند شدند که در لوزان در چارچوب توافقنامه علمی بین دانشگاه‌های لوزان و میلان نوشته شد (با تشکر ویژه از دنیس دافلون و مارک پیلود، روابط بین‌الملل و پروفیسور فرانکوئیس باسی، دانشکده علوم زمین و محیط‌زیست از دانشگاه لوزان). بنیاد هربت هزینه اقامت پروفیسور لوکا ترومبینو در لوزان را پرداخت

۱- UniNe مخفف Université de Neuchâtel، سوئیس است.

۲- UniMi مخفف Università degli Studi di Milano، ایتالیا است.

۳- Unil مخفف Université de Lausanne, Switzerland است.

۴- پروفیسور Karl Föllmi و Pierre Freyt اندکی پیش از انتشار این اطلس متأسفانه درگذشتند.

نمود. بنیاد ملی علوم سوئیس امکان دسترسی آزاد به نسخه الکترونیکی اطلس با توجه به تأمین اعتبار مالی قرارداد برای دسترسی آزاد طلایی با اسپرینگر- نیچر را فراهم نمود. با سپاس ویژه از زاجاری رومانو (اسپرینگر-نیچر) که به پروژه ما اعتماد داشت و از ما حمایت و اطلس ما را ویرایش کرد. کمک و مهربانی او این تلاش را بسیار آسان کرد. در پایان مایلیم از کارین ورکیا به خاطر صبر زیاد و تصحیح دقیق نسخه خطی تشکر کنیم. اگر پروفیسور جورج استوپس دانشمند بزرگ، معلمی فوق العاده و چنین فرد محبوبی نبود هرگز نویسندگان تا این اندازه به بررسی میکرومورفولوژی خاک اهمیت نمی دادند. از ایشان برای کمک و توجه بی پایان سپاسگزارم.

مقدمه‌ای بر اطللس

چرا از چنین اطللسی استفاده کنیم؟

علوم طبیعی مبتنی بر مشاهدهٔ اشیاء طبیعی است. شرح دقیق خصوصیات آن‌ها برای ایجاد نام‌گذاری اساسی است. از این نام‌گذاری‌ها امکانی برای مطالعه فرایندها در منشأ ویژگی‌های متمایز آن برای طبقه‌بندی فراهم می‌شود: طبقه‌بندی‌ها با استفاده از پارامترهای کیفی، کمی و نیمه‌کمی ویژگی‌های خاص که منجر به برقراری روابط سلسله مراتبی بین اشیاء می‌شود. در نتیجه، قبل از تصمیم به درک منشأ یک شیء طبیعی، باید مرزها را شناسایی و ویژگی‌های آن را توصیف کرد و آن را با سایر اشیاء مشابه متعلق به همان نام‌گذاری مقایسه کرد. خاک‌ها از این قاعده مستثنا نیست و متأسفانه بسیاری از دانشمندان خاک ادعا می‌کنند که مستقیماً از مشاهده عدسی دستی در صحرا به جای آنالیز با طیف‌سنج جرمی در آزمایشگاه که تمام نیازها را تأمین می‌کند می‌توانند استفاده نمایند، اما آن‌ها اشتباه می‌کنند.

در واقع، خاک یک ویژگی منحصر به فرد و نوظهور از برهم‌کنش‌های پیچیده بین حیات و مواد معدنی را تشکیل می‌دهد. فقط نگاه کردن به خاک از داخل با جزئیات ریز و در مقیاس‌های میکروسکوپی مختلف، به خاکشناس اجازه می‌دهد با بهترین دقت آن را جستجو کند. برای مثال اندازه‌گیری مقدار کربنات کلسیم در خاک، اطلاعاتی در مورد محل و منشأ کربنات کلسیم ارائه نمی‌دهد. آیا آن‌ها در امتداد منافذ، به صورت نودول‌های کوچک بوده و یا داخل متن خاک قرار گرفته است؟ آیا به صورت میکريت یا کلسیت فیبری سوزنی^۱ همراه با قارچ است یا یک پوشش اسپاریتیک^۲ یا سلول‌های ریشه کلسیم‌دار است؟ اگر محقق نتواند ساختمان خود اشیاء را با استفاده از ابزار مناسب مشاهده کند، تمام این اطلاعات در دسترس، بی‌ارزش خواهد بود. خرد و آسیاب کردن نمونه خاک به پودر بسیار ریز، اطلاعاتی در مورد شیمی و ماهیت برخی از ترکیبات آن ارائه می‌دهد، اما چیزی در مورد روابط، نظم و سلسله مراتب عارضه‌ها و اشیاء مختلف که اجزاء آن را تشکیل می‌دهد و تغییرات آن عارضه را آشکار می‌کند، مشخص نمی‌نماید.

علاوه بر این، مطابق نظر ریشر و یالون (۲۰۱۲) خاک‌ها، سیستم‌های پالئوسول^۳ چند منشأ^۴ است که در طول زمان روی هم قرار گرفته و نوعی اثر پاک‌شده را تشکیل داده است؛ بنابراین، آثاری از مکانیسم‌های قدیمی، مانند زمینه‌ای از اختلال دائمی وجود دارد که سیگنال ژئوشیمیایی

1- Needle – Fibre

2- Sparitic

3- Paleosol

4- polygenetic

دینامیک هم‌زمان را تغییر می‌دهد. در نتیجه باید این سؤال مطرح شود که چه اندازه باید به مطالعات ژئوشیمیایی «کور» (توده‌ای) که خاک را عملاً به‌صورت یک محیط تک فاز در نظر می‌گیرد اهمیت داد؟

معنای استفاده از مثلاً عامل τ چیست (برانتلی و همکاران، ۲۰۰۷). زمانی که مواد مادری به‌صورت یک جزء کوچک باشد یا فازی باشد که به‌وضوح شناسایی نشود و یا وقتی که بخشی از توده مواد و وقتی کسر توده در زمان مختلف حاصل شود؟ یک روش بهتر این است که از میکرومورفولوژی خاک که موجب می‌شود اجزاء داخل بررسی و آثار خاکساز (پدوژن) گذشته شناسایی شود استفاده کنیم. چنین رویکردی این امکان را به آنالیزهای ژئوشیمیایی می‌دهد تا اشیاء مورد نظر را که معرف این نوع پدوژن گذشته است، در نظر بگیرد. این روش نیاز به تجربه گسترده‌ای دارد تا مسائل کیفی را به انتخاب عوارض وابسته و خیلی محتمل ربط دهد. دسترسی بیشتر به تجهیزات اغلب گران‌قیمت نمونه‌برداری با متد ریز، تحقیقات میکروپروب و دستگاه شتاب‌دهنده ذرات باردار الکترونی^۱، طیف‌سنجی جرمی روی مقادیر بسیار ریز^۲، فرسایش لیزری ICP-MS (در مقاطع نازک^۳ و غیره)، به‌منظور تعیین کمی عناصر در پدوفیچر یا عوارض انتخابی صورت می‌گیرد. در نتیجه، میکرومورفولوژی خاک در استفاده از ابزارها، واژگان و روش‌های مشاهده‌ای لازم که تحقیقات را تسهیل می‌کند بیشترین توانایی را دارد. ارائه مراجع تطبیقی و بصری لازم برای راهنمایی میکرومورفولوژیست خاک در شناسایی اشیاء مختلف آن که زیر میکروسکوپ مشاهده می‌کند از اهداف عملی این اطلس است. هدفش تغییر نیست، بلکه مفاهیم و واژگان میکرومورفولوژی خاک را با تصاویر واقعی دنیای خاک مرتبط می‌کند؛ بنابراین، اطلس به میکرومورفولوژیست کمک می‌کند تا مفاهیم و واژگان را با استفاده از مقایسه بین مقاطع نازک خود با مجموعه‌ای از مثال‌ها به‌طور دقیق اعمال کند. با این وجود، استوپس و همکاران (۲۰۱۸) پس از اینکه ویژگی‌ها به‌درستی انجام شد، مرجع جامعی برای تفاسیر ارائه کردند، به‌طوری‌که عوارض به شکلی درست شروع و شناسایی شد؛ بنابراین، این اطلس به‌صورت کاری تکمیلی تهیه شده است و باید پس از مطالعه کتاب/ستوپس و همکاران استفاده شود (۲۰۱۸).

این اطلس برای محققان، دانشجویان و دانشجویان در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری طراحی شده است؛ بنابراین آن‌ها می‌توانند به‌سرعت عوارض و ساختارهای مشاهده‌شده در مقاطع نازک خاک را پیدا کنند. این حالت برای خودآموزی سریع با استفاده از عکس‌های مقایسه‌ای به-راحتی انجام می‌گیرد؛ بنابراین می‌توان از آن در کلاس درس به‌عنوان یک کتاب منبع بصری نیز

-
- 1- Synchrotron Investigations
 - 2- Mass Spectrometry on very small quantities
 - 3- Laser ablation ICP-MS

استفاده کرد، زیرا این منبع می‌تواند، بهترین ابزار برای یادگیری عوارض طبیعی از طریق ارتباط حسی و مستقیم شکل‌ها و رنگ‌ها باشد یا به‌عنوان مرجع برای مقایسه در مطالعات پیشرفته به‌کار رود. در نتیجه، این اطلس می‌تواند زمینه‌ای اساسی برای ایجاد یک نام‌گذاری مناسب را فراهم کند که به شناسایی چالش‌های فرایندهای مرتبط با خاک کمک می‌کند. در نهایت، خواننده باید به خاطر داشته باشد که میکرومورفولوژی خاک چیزی بیش از یک روش علمی برای بررسی خاک است. همچنین یک‌راه پیش‌بینی علوم طبیعی است که برخلاف نظر بسیاری در مورد «علم سریع» امروزی، خود این روش به زمان نیاز دارد. میکرومورفولوژیست خاک باید منتظر تهیه‌ی مقطع نازکی از خاک باشد و سپس باید ساعت‌ها و قتش را با میکروسکوپ صرف کند تا با کسب تجربه‌ی لازم به شناسایی عوارض بی‌شماری از امور طبیعی بپردازد. این حرفه مربوط به حرفه‌گر^۱ آهسته است.

پایگاه داده‌های آنلاین و منابع رقومی^۲ در میکرومورفولوژی خاک

اگرچه وبسایت‌های زیادی برای تصاویر کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ زیر میکروسکوپ در دسترس است، فقط تعداد کمی وجود دارد که با میکرومورفولوژی خاک سروکار دارد. به‌عنوان مثال edafologia.ugr.es/english/index.htm یا spartan.ac.brocku.ca/~jmenzies. علاوه بر این، وبسایت‌های زیادی وجود دارد که اصول میکروسکوپی نوری را تشریح و توضیح می‌دهد: صفحه‌ی وب مربوط به انجمن علوم خاک آمریکا تعداد زیادی از این وبسایت‌ها را پیشنهاد می‌کند: WWW.soils.org/membership/divisions/soil-mineralogy/micromorphology.

کتاب راهنمای جورج/ستویز، در چاپ اول (استوپز ۲۰۰۳)، با یک سی‌دی-رام^۳ که با تصاویر میکرومورفولوژیکی فراوان همراه بود. متأسفانه امروز اکثر کامپیوترها دیگر از سی‌دی-رام خوان‌ها استفاده نمی‌کند، بنابراین ضروری به نظر می‌رسد که میکرومورفولوژیست‌های خاک یک اطلس به شکل یک کتاب چاپی یا یک کتاب الکترونیکی با تصاویر با درجه وضوح بالا تهیه نمایند. درواقع، این اطلس در وبسایت/سپرینگر-نیچر^۴ به‌صورت یک بخش پی‌دی‌اف با دسترسی آزاد موجود است؛ به‌طوری‌که جزئیات تصاویر با وضوح بالا، با بزرگنمایی بالا را فراهم می‌نماید و استفاده از کتاب الکترونیکی را هنگام مشاهده روی رایانه صفحه‌ای کوچک (تبلت) آسان می‌کند.

امروزه دسترسی به کامپیوترهای قدرتمند، امکان استفاده از آنالیز تصویر را برای تعیین کمیت عوارض و بافت ممکن می‌سازد. بیشتر این نرم‌افزارها در حال حاضر به‌عنوان برنامه‌های کاربردی

۱- برگ ام و سیر بی کی (۲۰۱۶). استاد آهسته - چالش برای فرهنگ سرعت در محیط آکادمیک دانشگاه تورنتو چاپ. تورنتو، کانادا

2- Digital Sources

3- CD-ROM

4- Springer - Nature

چند پلتفرمی پیشنهاد می‌شود. طی چند سال گذشته، ImageJ (<http://imagej.nih.gov/ij/download.html>)، یا نسخه همراه آن Fiji فیجی (<https://imagej.net/Fiji>)، یکی از پرکاربردترین نرم‌افزار رایگان در آنالیز تصویر بود. این نرم‌افزار جایگزین NIH-Image از نسخه قدیمی‌تر خود است، اما برخی از ماکروها هنوز هم می‌تواند روی نسخه مناسب رایانه‌ها اجرا شود. (هلبرونرو پارت ۲۰۱۴). <http://gwyddion.net> یکی دیگر از نرم‌افزارهای رایگانی است که می‌توان از آن در آنالیز تصویر استفاده کرد. برای افرادی که دوست دارند کد ایجاد کنند، سایلب^۱ به‌صورت راه‌حل منبع آزاد بسیار جالب (<http://www.scilab.org>) است و می‌تواند به‌طور مفید جایگزین نرم‌افزار مطلب^۲ قدرتمند، کاربرپسند، اما پرهزینه شود. البته نرم‌افزارهای تجاری متعددی وجود دارد که برخی از آن‌ها گاهی اوقات نسبتاً گران است و به‌عنوان یک سیستم بسته ارائه می‌شود؛ بنابراین، این انتخاب لزوماً مناسب‌ترین انتخاب برای تدریس و تحقیق در محیط دانشگاهی نیست.

1- Scilab
2- Matlab

نحوه استفاده از این اطلس بصری^۱

اصطلاحات مورد استفاده در اطلس

اصطلاحات میکرومورفولوژیکی مورد استفاده در این اطلس بیشتر بر اساس استوئیس (۲۰۰۳، ۲۰۲۱) است. با این اوصاف، برخی از مفاهیم یا کلمات کلیدی نیز به بولاک و همکاران (۱۹۸۵) و بروئر (۱۹۶۴) اشاره دارد، زیرا آن‌ها از واژه‌هایی استفاده می‌کنند که مکمل یکدیگر است و استدلال متفاوتی را در تشریح به کار می‌گیرند. کتاب‌های درسی قدیمی‌تر حاوی توضیحاتی است که بیشتر میکرومورفولوژی خاک امروزی بر اساس آن‌ها بنا شده است. آن کتاب‌ها امروزه به همان اندازه مناسب است و نباید نادیده گرفته شود.

ساختار کتاب

اطلس در شش فصل (شامل ضمیمه‌ها) سازمان‌دهی شده است و هر فصل به بخش‌هایی تقسیم می‌شود. هر بخش شامل مجموعه‌ای از تصاویر، معمولاً هشت عدد، در صفحه سمت چپ و متن توضیحی در سمت راست است. این عکس‌های میکروسکوپی معمولاً در نور پلاریزه صفحه‌ای (PPL) و نور پلاریزه متقاطع (XPL) نمایش داده می‌شود، مگر اینکه در متن مشخص نشده باشد. دیدهای PPL و XPL معمولاً به صورت دو نیمه از یک عکس میکروسکوپی نمایش داده می‌شود که در دو بخش جدا شده است. نیمه بالایی همیشه دید PPL و سمت راست پایینی XPL است. علاوه بر این، عکس‌ها که از طریق مشاهده میکروسکوپی تهیه شده است هیچ‌گونه تغییری مانند فلش‌ها، حروف یا اعداد ندارد. انتخاب تصاویر بکر، مانند تصاویر تهیه شده توسط مکنزی و همکاران (۲۰۱۷) است تا توضیح واضحی از عکس‌ها به دست آید. متن موجود در صفحه سمت راست تمام اطلاعات یا توضیحات مورد نیاز را ارائه می‌دهد. علاوه بر این هر فصل با یک پاراگراف کوتاه در یک کادر خاکستری به طور خلاصه معرفی می‌شود. مفاهیم اصلی همه عکس‌ها - اگر غیر از این ذکر نشده باشد - با میکروسکوپ پلاریزان اولمپوس BX53 یا سیستم استریو میکروسکوپ لمپوس SZX16، گرفته شده که هر دو مجهز به دوربین دیجیتال اولمپوس DP73 با نرم‌افزار تصویربرداری اولمپوس سلزنس بوده است.

شش فصل مختلف کتاب به جنبه‌های مختلف روش‌های میکرومورفولوژیکی در مطالعه خاک اختصاص یافته و جنبه‌های فنی در فصل ۱ ارائه شده است. این فصل شامل استراتژی نمونه‌برداری در پروفایل خاک تهیه مقاطع نازک، ابزارهای مختلف مورد استفاده در میکروسکوپ نوری و در

1- Visual Atlas

نهایت روش میکرومورفولوژی است که در نمودار مربوط به آن به تفصیل آمده است. فصل دوم مربوط به سازمان‌دهی مواد خاکی است، یعنی فابریک، توزیع مربوط به ذرات درشت به ریز c/f ، خاکدانه‌ها، حفره‌ها و ریز ساختمان. در فصل ۳، هر دو اجزاء معدنی و آلی از نظر اندازه، دسته‌بندی و شکل ارائه می‌شود. علاوه بر این، این فصل به معرفی ماهیت‌های مختلف آن‌ها مانند سنگ، ذرات معدنی ریز و درشت، مواد معدنی زیستی، عوارض با منشأ انسانی، یا مواد آلی می‌پردازد. فصل چهارم فهرستی از عوارض پدوژنیک به صورت آثار پدوژنز بر اساس ماهیت و شکل آن‌ها، به عنوان مثال پوشش‌های رسی، پرکننده‌های با منشأ زیستی یا نودول (گره) آهنی است. فصل پنجم نمونه‌هایی از عوارض همراه با فرایندهای اصلی خاک که در مقاطع نازک مشاهده شده را ارائه می‌دهد: نقش آب، تأثیر رس‌ها، رسوب کربنات، گچ و اکسی هیدروکسیدها و فرایندهای بیوژئوشیمیایی. فصل کوتاه ۶، دیدگاهی از آینده میکرومورفولوژی خاک ارائه می‌دهد که مقاطع نازک خاک با ابزاری غیر از میکروسکوپ نوری معمولی مانند میکروپروب‌های الکترونی یا ICP-MS با لیزر فرسایش^۱، استفاده می‌شود. در نهایت، در بخش ضمایم، فهرستی از فرمول‌کانی‌های اصلی خاک تنظیم می‌شود که برخی خطاها و موانع را معرفی و روش دقیق تشریح مقاطع نازک را پیشنهاد می‌کند و در پایان فهرستی از اصطلاحات میکرومورفولوژیکی به ۴ زبان نوشته شده است که می‌تواند برای تسهیل ترجمه استفاده شود.

فهرست مطالب

پیشگفتار مترجم.....	ب.....
پیشگفتار.....	د.....
مقدمه‌ای بر اطلس.....	ز.....
نحوه استفاده از این اطلس بصری.....	ک.....
فصل اول: مشاهده خاک: از مزرعه (صحرا) تا میکروسکوپ.....	
فایل ۱: ماهیت چند مقیاسی خاک.....	۲.....
فایل ۲: تاریخچه میکرومورفولوژی.....	۵.....
فایل ۳: مشاهده و نمونه‌برداری از خاک‌ها.....	۷.....
فایل ۴: نحوه تهیه مقاطع نازک.....	۱۰.....
فایل ۵: میکروسکوپ نوری پلاریزان.....	۱۳.....
فایل ۶: سایر تکنیک‌های مشاهده‌ای.....	۱۶.....
فایل ۷: تصویربرداری الکترونی و انرژی.....	۱۹.....
فایل ۸: رنگ کانی‌ها.....	۲۲.....
فایل ۹: روش میکرومورفولوژیکی.....	۲۵.....
فصل دوم: سازمان‌دهی ذرات درشت خاک.....	
فایل ۱۰: مفهوم فابریک.....	۲۸.....
فایل ۱۱: روش چند مقیاسی به فابریک.....	۳۱.....
فایل ۱۳: توزیع (پراکنش) نسبی c/f (بخش ۱).....	۳۵.....
فایل ۱۴: توزیع نسبی c/f (بخش ۲).....	۳۸.....
فایل ۱۵: خاکدانه‌ها و نحوه تشکیل آن‌ها.....	۴۰.....
فایل ۱۶: درجه تفکیک و انطباق خاکدانه‌ها.....	۴۲.....
فایل ۱۷: ماهیت فضاهای خالی (منافذ- حفرات).....	۴۴.....
فایل ۱۸: شکل ظاهری (مورفولوژی) حفرات، بخش ۱.....	۴۶.....
فایل ۱۹: مورفولوژی حفره‌ها (بخش ۲).....	۴۸.....
فایل ۲۰: ریزساختمان (بخش ۱).....	۵۰.....
فایل ۲۱: ریزساختمان ساختمان میکروسکوپی (بخش ۲).....	۵۲.....

فصل سوم: اجزای اساسی	۵۵
فایل ۲۲: اجزاء معدنی و آلی	۵۶
فایل ۲۳: اندازه ذرات و جورشدگی (گروه‌بندی)	۵۹
فایل ۲۴: شکل ذرات هم‌بعدی: (با ابعاد مساوی)	۶۱
فایل ۲۵: شکل ذرات (دانه‌ها) گرد و کروی بودن	۶۳
فایل ۲۶: بازالت، گرانیت و گابرو	۶۵
فایل ۲۷: شیست، گنیس و آمفیبولیت	۶۸
فایل ۲۸: کوارتزیت و مرمر	۷۱
فایل ۲۹: سنگ‌های رسوبی کلسیم‌دار	۷۴
فایل ۳۰: ماسه (شن) و ماسه‌سنگ	۷۷
فایل ۳۱: ذرات کانی‌های موجود در خاک بخش ۱: کوارتز و کلسدونی	۸۰
فایل ۳۲: کانی‌ها در خاک بخش ۲: فلدسپات و میکا	۸۳
فایل ۳۳: ذرات کانی (معدنی) در خاک بخش ۳: اینوسیلیکات‌ها و نئوسیلیکات‌ها	۸۶
فایل ۳۴: کانی‌ها در خاک بخش ۴: کربنات‌ها	۸۹
فایل ۳۵: کانی‌های در خاک بخش ۵: کلریدها و سولفات‌ها	۹۲
فایل ۳۶: کانی‌های زیستی بخش ۱	۹۵
فایل ۳۷: کانی‌های زیستی بخش ۲	۹۸
فایل ۳۸: کانی‌های زیستی بخش ۳	۱۰۰
فایل ۳۹: عارضه‌های حاصل از فعالیت بشر بخش ۱	۱۰۳
فایل ۴۰: عارضه‌های مربوط به فعالیت بشر بخش ۲	۱۰۶
فایل ۴۱: ماده آلی بخش ۱	۱۰۸
فایل ۴۲: ماده آلی بخش ۲	۱۱۱
فایل ۴۳: هوموس	۱۱۳
فایل ۴۴: ریزتوده	۱۱۵
فایل ۴۵: بی-فابریک بخش ۱	۱۱۷
فایل ۴۶: بی-فابریک بخش ۲	۱۱۹
فصل چهارم: عارضه‌های خاکسازي	۱۲۱
فایل ۴۷: آثار خاکسازي	۱۲۲
فایل ۴۸: ندول‌های دارای منگنز و آهن	۱۲۵

فایل ۴۹: نودول‌های کریناته.....	۱۲۷
فایل ۵۰: نودول‌های با چند منشأ (پلی ژنتیک).....	۱۲۹
فایل ۵۱: نودول‌ها: مورفولوژی و شکل مرزی.....	۱۳۲
فایل ۵۲: نودول‌ها: نودول‌های برجا، حمل شده (نابرجا) و جابجا شده.....	۱۳۴
فایل ۵۳: بلورها و رشد بلوری یا بین‌بلوری (رشد داخل بلور).....	۱۳۷
فایل ۵۴: تلقیح.....	۱۳۹
فایل ۵۵: تخلیه‌ها.....	۱۴۱
فایل ۵۶: پوشش رسی بخش ۱.....	۱۴۳
فایل ۵۷: پوشش‌های رسی بخش ۲.....	۱۴۶
فایل ۵۸: کفه‌های نازک، پوشش‌های درشت، کلاهک‌ها و پوسته‌ها یا قشر سطحی.....	۱۴۹
فایل ۵۹: پوشش زیرسطح یا زیرپوشش و شبه پوشش‌ها یا پوشش به موازات سطح - بی‌شکل ۱۵۲	
فایل ۶۰: پوشش‌ها (کوتینگ) و زیرپوشش‌ها یا پوشش زیر سطح (هایپوکوتینگ): بلوری.....	۱۵۵
فایل ۶۱: پرشدگی توسط کانی.....	۱۵۸
فایل ۶۲: پرشدگی مواد معدنی (کانی) با منشأ بیولوژیکی.....	۱۶۱
فایل ۶۳: به هم خوردگی (پدوتورباسیون).....	۱۶۴
فایل ۶۴: ذرات قرصی شکل دفعی یا فضله جانداران.....	۱۶۷
فایل ۶۵: کود دفعی حیوانات (پشکل پایین) و فضولات مهره داران.....	۱۶۹
فایل ۶۶: عارضه‌های خاکسازي مرکب.....	۱۷۲
فایل ۶۷: عوارض غیر معمول.....	۱۷۵
فصل پنجم: عارضه‌های (پدوفیچرهای) مرتبط با فرایندهای خاک.....	۱۷۷
فایل ۶۸: عارضه‌ها و فرایندهای خاک.....	۱۷۸
فایل ۶۹: پویایی (دینامیک) رس، بخش ۱: جابجایی.....	۱۸۰
فایل ۷۰: پویایی (دینامیک) رس - بخش ۲: انبساط.....	۱۸۳
فایل ۷۱: دینامیک آب.....	۱۸۶
فایل ۷۲: دینامیک کرینات و گچ.....	۱۸۹
فایل ۷۳: فرایندهای مربوط به اکسی هیدروکسیدهای آهن.....	۱۹۲
فایل ۷۴: فرایندهای بیوژئوشیمیایی بخش ۱.....	۱۹۵
فایل ۷۵: فرایندهای بیوژئوشیمیایی بخش ۲.....	۱۹۸

فصل ششم: آینده میکرومورفولوژی خاک	۲۰۱
فایل ۷۷: فراتر از دو بعد	۲۰۴
فایل ۷۸: چشم انداز تصویربرداری شیمیایی	۲۰۷
پیوست ها	۲۰۹
پیوست اول	۲۱۰
فرمول های شیمیایی برخی از کانی های مشاهده شده در خاک	۲۱۰
پیوست دوم	۲۱۲
خطاها و مشکلات I	۲۱۲
پیوست سوم	۲۱۴
خطاها و مشکلات II	۲۱۴
پیوست چهارم	۲۱۷
چگونه یک مقطع نازک را تشریح کنیم	۲۱۷
پیوست پنجم	۲۱۹
فهرستی از اصطلاحات مفید میکرومورفولوژیکی به زبان های مختلف	۲۱۹
منابع	۲۲۳
نمایه	۲۲۹

درباره نویسندگان



اریک پی ورکیا استاد تمام علوم زیستی در دانشکده علوم زمین و محیط دانشگاه لوزان (سوئیس) و متخصص محیط زیست، در ژئوپدولوژی و بیوژئوشیمی چرخه های کربن و کلسیم در زمین است. او در سال های ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۵ جایزه بورس تحصیلی ماری کوری برای محققان ارشد را دریافت نمود و در آزمایشگاه میکرومورفولوژی خاک پروفیسور جی استوپس در دانشگاه گنت پیوست (بلژیک)، جایی که در آن با روش میکروسکوپی برای مطالعه خاک آشنا شد، فعالیت نمود. از آن پس او این تکنیک را با روش های بیوژئوشیمیایی در خاک های مناطق استوایی تا مناطق معتدل، به ویژه در محیط های غنی از کلسیم و کربنات به کار برد.



لوکا ترومبینو استاد گروه علوم زمین در دانشگاه دلی استودیو دی میلانو (ایتالیا) است. موضوعات اصلی تحقیقاتی او در زمینه دیرینه شناسی، خاک ها و نهشته های باستان-شناسی است. او به طور گسترده از میکرومورفولوژی مقطع نازک همراه با روش های رسوب شناسی و زمین شناسی کواترنر استفاده می کند. او در سال ۱۹۹۴ با شرکت در دوره های آموزشی پروفیسور جی در دانشگاه گنت (بلژیک) شروع به فعالیت کرد و در حال حاضر میکروپدولوژی را به دانشجویان کارشناسی ارشد رشته علوم زیست-زمین و کارشناسی ارشد علوم حفاظتی در دانشگاه میلان تدریس می نماید.

فصل اول:

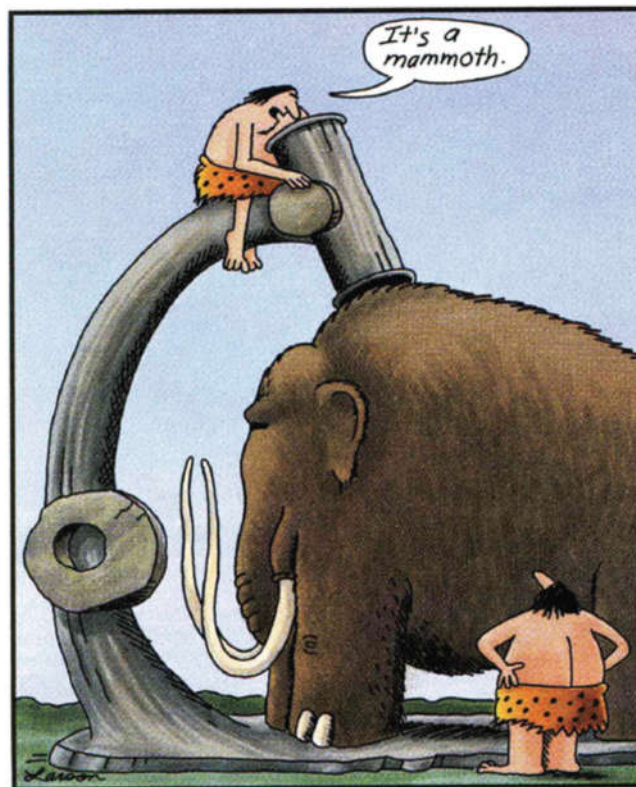
مشاهده خاک: از مزرعه (صحرا) تا میکروسکوپ

فایل ۱: ماهیت چند مقیاسی^۱ خاک

همان‌طور که توسط دبلیو-کوبینا^۲ تأکید شده است «... هیچ روش دیگری وجود ندارد که بتواند ماهیت و پیچیدگی چند منشأ خاک با جزئیات زیاد را به اندازه میکرومورفولوژی مقطع نازک توصیف و در عین حال هم‌زمان بتواند تشکیل فرایندها را پیگیری و تشریح نماید...». این جمله که توسط فدروف (۱۹۷۱) نقل شده است هدف میکرومورفولوژی خاک را برجسته می‌کند: نگاه کردن به خاک از داخل و در مقیاس‌های مختلف، از میکروسکوپ نوری گرفته تا تصویربرداری همگام. خاک‌ها اجسام چند مقیاسی را بنا به تعریف، از نمای خاکی آن‌ها (در مقیاس چشم‌انداز) تا پروفیل و افق‌های آن و تا برهم‌کنش‌های اتمی بین کوچک‌ترین کانی‌ها و مولکول‌های آلی شامل می‌شود. میکرومورفولوژی در مقیاس چند سانتی‌متری به بررسی خاک وارد می‌شود (به فایل ۳ مراجعه شود) که در آن مقطع نازک تهیه شده است. در مقیاس‌های مشاهده ردیابی از میلی‌متر تا میکرومتر و حتی تا نانومتر با استفاده از میکروسکوپ الکترونی انجام می‌شود. (به فایل ۷ و ۸ مراجعه شود)؛ بنابراین، روش میکرومورفولوژیکی مبتنی بر چند مقیاسی در مشاهدات است، زیرا عوارض و خواص مختلف خاک به بزرگنمایی‌های متفاوتی نیاز دارد. علاوه بر این، این رویکرد با استفاده از ترکیب و فابریک اثر دوگانه دارد (به فایل ۹ مراجعه شود).

1- Multi Scalar

2- Kubiena



Early microscope

این طرح که اثری از لارسن فارساید است در سمپوزیوم همایش بین‌المللی میکرومورفولوژی خاک در سن آنتونیو تگزاس، ژوئیه ۱۹۸۸ منتشر شده است.



فایل ۲: تاریخچه میکرومورفولوژی

فایل ۲: تاریخچه میکرومورفولوژی

میکرومورفولوژی خاک یک روش نسبتاً جدید است که برای اولین بار توسط کتاب کوبینا (۱۹۳۸) رایج شد. این روش، مشاهده خاک را متحول کرد، زیرا دربارهٔ درون خاک، یعنی اجزای داخلی آن مطالعه می‌کرد. در واقع، در زمان سمپوزیوم با عنوان «سن مواد مادری و خاک»، در سال ۱۹۷۰، والتر کوبینا -پدر میکروپدولوژی- اظهار داشت: «... هیچ روش دیگری وجود ندارد که بتواند ماهیت و پیچیدگی منشأ خاک را با جزئیات زیاد، همانند میکرومورفولوژی مقطع نازک توصیف نماید و در عین حال فرد را قادر سازد تا اطلاعاتی از چگونگی تشکیل آن‌ها به دست آورد...». (فدورف ۱۹۷۱)

شرح‌ها (عناوین) از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. عکس از والتر ال. کی. آر. وون کوبینا (۱۸۹۷-۱۹۷۰): او به‌عنوان پدر میکرومورفولوژی خاک شناخته می‌شود. دلیو کوبینا، تشکیل بلورهای میکروسکوپی و نئوسنتز در خاک را طی چندین بار اقامت در ایالات متحده آمریکا (بیشتر در سال‌های ۱۹۳۱ و ۱۹۳۳) بررسی نمود. روشی که وی به کار برد بر اساس مقاطع نازک و مشاهدات میکروسکوپی با میکروسکوپ پلاریزان بود که بینش جدیدی را در مورد انواع اشکال موجود در خاک به او ارائه کرد. در طول چند دههٔ بعد، او میکرومورفولوژی خاک را زمینه اصلی تحقیق خود کرد. زمانی که او برای سخنرانی در کالج ایالتی آیووا در ایمز (ایالات متحده آمریکا) دعوت شد، تصمیم گرفت تجربه خود را در کتاب میکروپدولوژی (Kubišna 1938) که اولین تحقیق بین‌المللی استاندارد در میکرومورفولوژی خاک بود ارائه و جمع‌آوری نماید. (اعتبار عکس: www.spektrum.de)

۲. عکس از اوارت آ. فیتزپاتریک (۲۰۱۸-۱۹۲۶): نویسندهٔ یکی از موفق‌ترین کتاب‌ها در زمینهٔ میکرومورفولوژی خاک با عنوان میکرومورفولوژی خاک‌ها اثر ای. آ. فیتزپاتریک که در سال ۱۹۸۴ منتشر شد. این کتاب به دلیل تصاویر زیبا و واضح که برای کاربران فاقد اصطلاحات پیچیده بود، شهرت دارد. این نویسنده همچنین تکنیک‌ها و پروتکل‌هایی را نیز توسعه داد که سبب بهینه‌سازی تهیه و تفسیر مقاطع نازک خاک شد. او مدال کوبینا را از اتحادیه بین‌المللی علوم خاک در سال ۱۹۹۶ دریافت کرد. (اعتبار عکس: اتحادیه بین‌المللی علوم خاک)

۳. عکس از جورج استوپس: او مروج اصلی میکرومورفولوژی خاک در طول ۴۰ سال گذشته است. وی اساساً به استانداردسازی اصطلاحات مورد استفاده در تشریح مقطع نازک و همچنین به طبقه‌بندی و تفسیر عوارض میکرومورفولوژیکی کمک کرد (استوپس ۲۰۰۳) و در سال ۱۹۹۲ مدال کوبینا را از اتحادیه بین‌المللی علوم خاک دریافت نمود.

۴. مجموعه‌ای از کتاب‌های اصلی مهم در میکرومورفولوژی خاک در سال‌های مختلف عبارت است از: به ترتیب زمانی: کوبینا (۱۹۳۸)؛ بروئر (۱۹۶۴)، فیتزپاتریک (۱۹۸۴)، بولاک و همکاران. (۱۹۸۵)، استوپز (۲۰۰۳) و استوپز و همکاران. (۲۰۱۸).



فایل ۳: مشاهده و نمونه‌برداری از خاک‌ها

فایل ۳: مشاهده و نمونه‌برداری از خاک‌ها

روش‌های مختلفی برای نمونه‌برداری از پروفیل‌های خاک در مزرعه (صحرا) وجود دارد تا بخش مناسب خاک مورد نظر را به دست آورند که نشان‌دهنده تغییرپذیری افق است. نمونه‌برداری می‌تواند روی افق‌ها، انتقال‌ها یا عوارض خاص خاک متمرکز شود. معمول‌ترین انتخاب نمونه بر اساس استفاده از جعبه‌های کوبینا از نظر شکل، اندازه و ترکیب مختلف است و عمدتاً در خاک‌هایی با بافت ریز استفاده می‌شود؛ با این حال، بافت خاک گاهی اوقات می‌تواند مانعی بر سر راه نمونه‌برداری صحرائی مرسوم باشد. یک تکنیک نمونه‌برداری دستی استفاده از جعبه‌هایی است که در تهیه حجم بیشتری از مواد خاک برای تلقیح در آزمایشگاه به کار می‌رود. علاوه بر این می‌توان از روکش خمیری^۱ برای پوشاندن و نمونه‌برداری از یک بلوک بزرگ از خاک دست‌نخورده استفاده کرد. (گلبرگ و مکفیل ۲۰۰۳)

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. پروفیل یک خاک پادزول^۲ از جنگل فونتنبلو (حوضه پاریس، فرانسه) با ۶ افق (E, A, O, C, Bs, Bh) مرز پایین افق E دارای زبانه‌های عمودی عمیق است. در زیر افق‌های E و Bh که به راحتی مشاهده می‌شود، نوارهای غنی شده از آهن قرار دارد که مربوط به پخشیدگی کمپلکس‌های آلی فلزی است که حاصل بی‌نظمی در اندازه ذرات مواد مادری است. مقیاس = ۸۰ سانتی‌متر

۲. نمونه‌هایی از مکان‌های نمونه‌برداری در پروفیلی که در بالا تشریح شد. سه مستطیل سمت چپ محل نمونه‌برداری از هر افق را نشان می‌دهد دو جعبه در بخش میانی افق‌های حد واسط است. در نهایت جعبه‌های سمت راست به عوارض خاصی اشاره می‌کند، مانند زبانه‌ها و لکه‌های (ماتل) ترکیبات کمپلکسی آلی-فلزی.

۳. جعبه‌های کوبینای خانگی آماده برای جمع‌آوری نمونه‌های دست‌نخورده است. این‌ها از قالب‌های مکعبی شکل فلزی توخالی آلومینیومی جامد خالی (۸ × ۸ سانتی‌متر) با لبه‌های تیز درست شده است. پس از نمونه‌برداری از درپوش‌ها برای حفظ خاک دست‌نخورده استفاده می‌شود. یک فلش باید روی قالب مکعبی که سمت بالا را (سطح زمین) نشان می‌دهد، کشیده شود. یک شماره نمونه نیز می‌تواند مستقیماً روی درب قالب فلزی با خودکار نمدی نوشته شود. چنین قالب فلزی را می‌توان به راحتی با آب و اتانول تمیز و دوباره استفاده کرد.

1- Plaster – Impregnated patch of burlap

2- Podzol

۴. قالب‌های کوبینا خانگی که می‌تواند از جنس مواد مختلف باشد مستقیماً در پروفیل خاک قرار می‌گیرد. سمت چپ: قالب‌های فلزی در خاک لومی؛ سمت راست: جعبه‌های پلاستیکی در خاک سیلتی.

۵. سمت چپ: قرار دادن قالب پلاستیکی کوبینا در پروفیل خاک با کمک چکش لاستیکی.^۱ سمت راست: خارج کردن از قالب با کمک ماله (به همان اندازه می‌توان از چاقو استفاده کرد)؛ پس از مشخص کردن مرزهای قالب، نمونه به آرامی خارج می‌شود تا از هرگونه به‌هم‌خوردگی جلوگیری شود.

۶. نمونه‌برداری از یک بلوک خاکی بزرگ بدون استفاده از قالب کوبینا: چنین نمونه‌هایی باید با بسته‌بندی مناسب بسته حفاظت شود؛ در آزمایشگاه، مستقیماً در یک سینی آغشته می‌شود.

۷. از چپ به راست: مثالی از نحوه خارج کردن بلوک از پروفیل خاک لومی با ماله



فایل ۴: نحوه تهیه مقاطع نازک

فایل ۴: نحوه تهیه مقاطع نازک

مشاهده میکرومورفولوژیکی خاک با تهیه مقاطع نازک شروع می‌شود. این فرایند، به‌طور کلی طولانی است؛ زیرا نمونه‌های خاک باید برای جامد و سخت شدن به رزین آغشته و تلقیح شود: رزین حاوی پلی استیرن، اغلب با چگالی نزدیک به آب، روی نمونه‌ها ریخته می‌شود و با گذشت زمان داخل منافذ خاک نفوذ کرده و سفت و سخت می‌شود. تهیه مقاطع نازک نیاز به تجهیزات خاصی دارد. عکس‌هایی که در اینجا گنجانده شده است، تنها مراحل اصلی مربوط به روش تهیه مقطع نازک را ارائه می‌دهد. برای اطلاعات بیشتر به مورفی (۱۹۸۶) و بنیارکو و استوپز (۲۰۰۵) رجوع کنید.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. آغشته کردن (تلقیح) بلوک‌های خاک پر شده با رزین پلی‌استیرن که داخل سینی قرار دارد به همراه با یک ماده شتاب‌دهنده (سخت‌کننده) و یک کاتالیزور (آزمایشگاه در دانشگاه گنت، بلژیک). در صورت نیاز می‌توان از استون به‌عنوان رقیق‌کننده نیز استفاده کرد.

۲. سیستم خلأ مورد استفاده برای خروج هوای باقی‌مانده از نمونه‌های آغشته شده در دانشگاه لوزان سوئیس. این فرایند اغلب زمانی استفاده می‌شود که رزین حاوی پلی‌استیرن هنوز مایع است، زیرا سیستم خلأ می‌تواند دسترسی منافذ ریز آغشته به رزین را بیشتر و تا حدودی از مشکلات مربوط به حباب‌های هوا جلوگیری کند.

۳. نمونه‌های آغشته و سخت آماده برای برش (آزمایشگاه دانشگاه گنت بلژیک). فلش سمت بالای خاک را نشان می‌دهد.

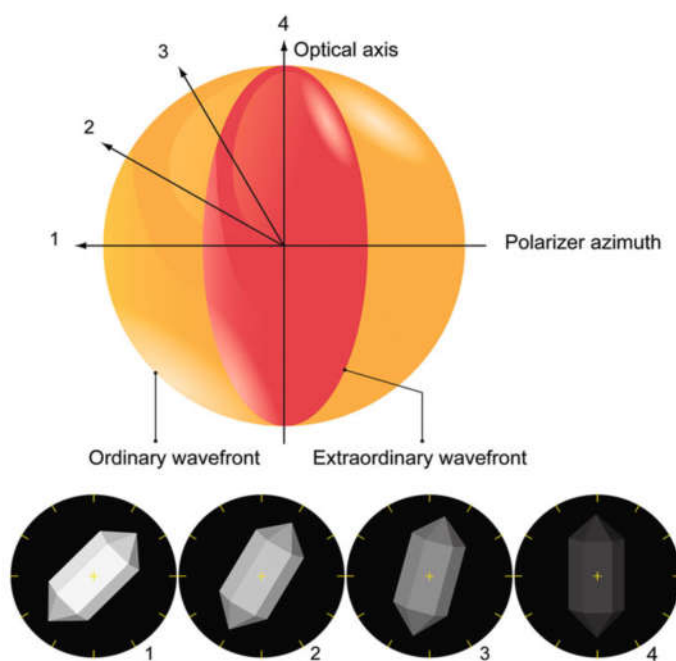
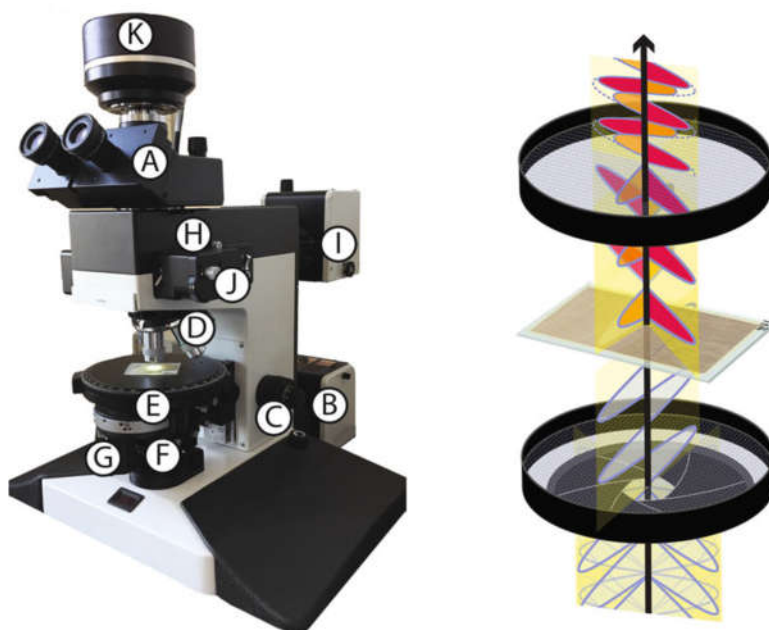
۴. دستگاه اره الماس مورد استفاده برای برش و تقسیم به قطعات کوچک‌تر جهت سایش و صیقل و چسباندن به لام در دانشگاه لوزان، سوئیس. هدف به دست آوردن قطعه‌ای است -اندکی کوچک‌تر از اندازه اسلاید شیشه‌ای که انتخاب شده- تا روی آن نمونه مقطع نازک قرار گیرد و ضخامت آن بسته به نوع اره، اما به‌طور کلی حدود ۱-۲ سانتی‌متر است.

۵. دستگاه سایش که برای صاف کردن قطعات و مات کردن لام شیشه‌ای استفاده می‌شود (آزمایشگاه در دانشگاه لوزان، سوئیس).

۶. دستگاه پولیش (صیقل‌کننده) برای ایجاد سطوح فوق‌العاده صاف (آزمایشگاه در دانشگاه لوزان سوئیس). مثلاً چنین مقاطع نازکی برای کاتدولومینسانس (به فایل ۶ مراجعه کنید) یا تصویربرداری شیمیایی با میکروپروب استفاده می‌شود. (به فایل ۷ مراجعه کنید)

۷. مثال‌هایی از اندازه‌های مختلف مقاطع نازک خاک. رایج‌ترین اندازه‌ها به شرح زیر است: استاندارد (۴۸×۲۸ میلی‌متر)، متوسط (۹۰×۶۰ میلی‌متر)، بزرگ (۱۲۰×۹۰ میلی‌متر)، خیلی بزرگ (۱۲۰×۱۸۰ میلی‌متر).

۸. نمونه‌ای از مراحل متوالی مورد نیاز برای تهیه مقاطع نازک خاک: (۱) خارج کردن نمونه از بلوک اشباع‌شده با رزین، با استفاده از دستگاه‌های اره الماس؛ (۲) محدود و مشخص کردن سطوح اولیه؛ (۳) چسباندن قطعه با سطوح مشخص به اسلاید شیشه‌ای مات؛ (۴) نازک کردن و کاهش حجم نمونه؛ (۵) ساییدن و نازک کردن مقطع نازک؛ (۶) صیقلی کردن مقطع نازک. بعد از این فاز، وقتی ضخامت مقطع نازک به ۳۰ میکرومتر می‌رسد برای مشاهده آماده است و می‌تواند روی مقاطع نازک لامل شیشه‌ای نازک قرار گیرد و یا ممکن است نیاز نباشد. از مقاطع نازک بدون پوشش لامل معمولاً برای رنگ آمیزی، انتخاب برخی نقاط (به فایل ۸ مراجعه کنید)، کاتدولومینسانس (به فایل ۶ مراجعه کنید)، تصویربرداری با الکترون‌های پخش برگشتی یا شیمیایی استفاده می‌شود. (به فایل ۷، ۷۷ و ۷۸ مراجعه شود).



فایل ۵: میکروسکوپ نوری پلاریزان

فایل ۵: میکروسکوپ نوری پلاریزان

برای انجام مشاهده‌های میکرومورفولوژیکی، میکروسکوپ نوری پلاریزان، مناسب‌ترین ابزار است. این ابزار بزرگنمایی میکروسکوپ نوری معمولی را که در آن نور توسط پلاریزور و یک آنالیزور که در امتداد مسیر نور میکروسکوپ قرار گرفته و پلاریزه می‌شود را دو برابر می‌کند. میکرومورفولوژیست‌ها از خواص ناهمسانگرد (غیرایزوتروپی) نوری اجزای تشکیل دهنده خاک برای شناسایی و مشاهده تغییر شکل در حال وقوع استفاده می‌کنند.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. نمونه‌ای از یک میکروسکوپ نوری پلاریزه کاملاً مجهز با فلورسانس: (A) لوله‌های مشاهده دوچشمی (عدسی چشمی)، (B) منبع نور عبوری، (C) تمرکز و تنظیم نور، (D) عدسی شیئی متحرک، (E) میز چرخان دایره‌ای، (F) پلاریزور با چرخش ۳۶۰ درجه‌ای، (G) کندانسور (H) تیغه آنالیزور (I) منبع نور تابشی (برای فلورسانس استفاده می‌شود)، (J) فیلترهای فلورسانس، (K) میکروفوتو یا دوربین فیلم‌برداری.

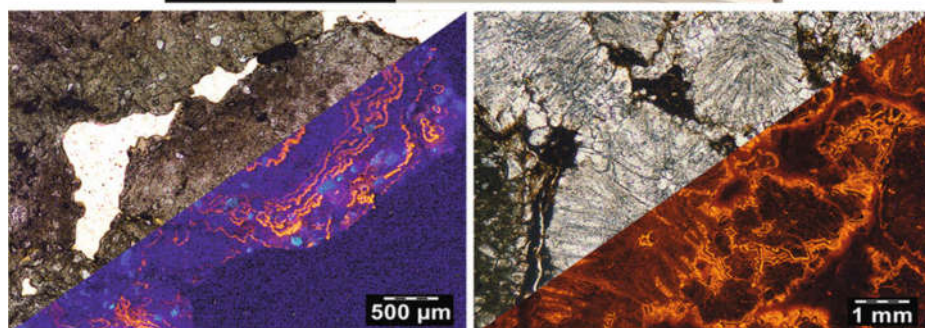
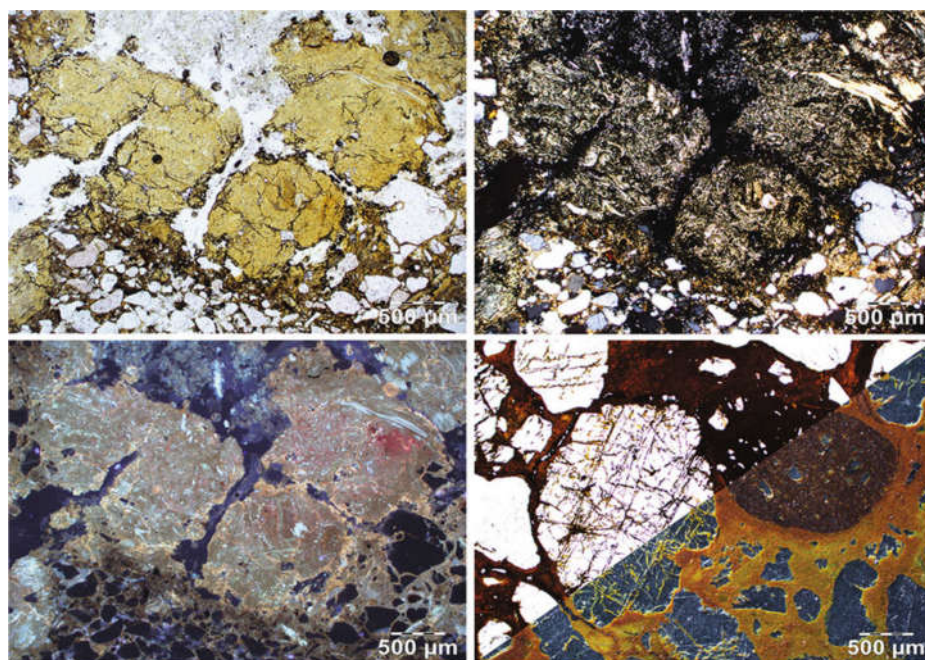
۲. اصول پلاریزاسیون نور با دو فیلتر (تیغه) پلاریزه‌کننده: اول اینکه نور از یک منبع سفید خارج می‌شود که در پایین میز دایره‌ای است. دو فیلتر پلاریزه‌کننده در طول مسیر نوری وجود دارد، پلاریزور و آنالیزور. پلاریزور، زیر میز دایره‌ای اسلاید است و مسیر ارتعاش نور را در یک جهت مشخص برقرار می‌کند که همان مسیر شمالی-جنوبی است. مسیر ارتعاش نور آنالیزور بر جهت پلاریزور که شرقی-غربی است عمود است. موقعیت آنالیزور در بالای عدسی شیئی است و می‌توان آن را وارد یا خارج نمود. وقتی آنالیزور داخل است، این حالت را نور قطبی متقاطع^۱ گویند و در این حالت نور نمی‌تواند از سیستم عبور کند (در این شرایط میدان دید به‌طور کلی تاریک است). این حالت به اختصار XPL (نور قطبی متقاطع) نامیده می‌شود. اگر مقطع نازک از خاک ناهمسانگرد بین دو پلاریزور قرار گیرد رنگ‌های پلاریزاسیون به دلیل ضریب شکست متفاوت ذرات خاک ظاهر می‌شود. اگر آنالیزور بیرون باشد (در مسیر نور نباشد)، این وضعیت به اختصار PPL (نور قطبی شده صفحه‌ای^۲) خوانده می‌شود. آن بخش از لبه‌ها و سطوح ناقص کریستال‌ها که در PPL قابل مشاهده است «رلیف» یا برجستگی نامیده می‌شود. علاوه بر این گاهی اوقات یکسری خطوط موازی، در مقطع نازک در PPL یا XPL قابل مشاهده است که رخ یا کلیواژ^۳ نام دارد. از رابطه زاویه‌ای آن‌ها می‌توان برای شناسایی برخی کانی‌ها استفاده نمود.

1- Cross – Polarized Light

2- Plane – Polarized Light

3- Cleavage

۳. اصول خاموشی در کانی: شدت رنگ‌های پلاریزاسیون در طول چرخش میز میکروسکوپ از حداکثر روشنایی تا صفر خاموشی (۴ مرحله روشن ۴ مرحله خاموشی). این توالی هنگام چرخش ۳۶۰ درجه‌ای ایجاد می‌شود. هر زمان که نمونه در حال خاموشی باشد، جهت ارتعاش نور عبوری، موازی با پلاریزور یا آنالیزر است. باین‌حال، اگر ماده در مقطع نازک همسانگرد (ایزوتروپ) باشد، حتی با چرخش ۳۶۰ درجه‌ای همیشه تاریک (خاموشی) خواهد بود.



فایل ۶: سایر تکنیک‌های مشاهده‌ای

فایل ۶: سایر تکنیک‌های مشاهده‌ای

در میکرومورفولوژی خاک، نه تنها مشاهدات در نور عبوری انجام می‌شود، بلکه در نور انعکاسی نیز انجام می‌شود. دو تکنیک رایج به فلورسانس و کاتدولومینسانس^۱ اشاره دارد. منبع نور در فلورسانس معمولاً یک لامپ جیوه‌ای با فشار بالا است که از ۵۰ تا ۲۵۰ وات متغیر است. پرتو الکترونی با انرژی بالا، منبع تحریک (برانگیختگی) در کاتدولومینسانس در ولتاژ بین ۱۰ تا ۲۰ کیلوولت است. این تجهیزات برای میکروسکوپ نوری با نور پلاریزه به این نیاز دارد که تطابق ایجاد شود.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. خاکدانه زرد حاوی مواد آلی و فسفات از رسوب سرگین (فضله حیوانی). قسمت پایین عکس: شن کوارتزی در یک ریزتوده (زمینه خاک) تیره و خاکستری. PPL.

۲. نمای مشابه ۱. در XPL. مواد آلی و فسفات در حالت خاموشی.

۳. نمای مشابه در موارد ۱ و ۲. تحت تابش برانگیخته فلورسانس آبی. ترکیبات فسفات به رنگ زرد ظاهر شده و ذرات کوارتز در خاموشی (سیاه). مقداری از مواد آلی برانگیخته شده و به رنگ مایل به آبی کدر و روشن ظاهر می‌شود.

۴. مشاهده در نور تابشی - انعکاسی مایل (OIL، گوشه سمت راست پایین). OIL تکنیکی است که از نور منعکس شده مستقیم در مقطع نازک استفاده می‌کند. به‌طور گسترده‌ای در باستان‌شناسی استفاده می‌شود (گلدبرگ و مکفیل ۲۰۰۳؛ نیکوزیا و استویس ۲۰۱۷). نودول غنی از هماتیت قهوه‌ای مایل به خاکستری تیره، توسط کوارتز خاکستری تیره در یک ریزتوده (متن یا زمینه خاک) از فرالسول، بورکینافاسو احاطه شده است.

۵. میکروسکوپ نوری مجهز به دستگاه تابناکی (لومینسانس) کاتد سرد (CL) (دانشگاه لوزان). یک میز CL که در آن نمونه توسط یک گاز یونیزه در خلأ متوسط احاطه شده است، به میکروسکوپ متصل است. پرتو الکترونی مورد استفاده برای بمباران مقطع نازک با الکترون‌های پرانرژی که از طریق تخلیه بار بین کاتد و آند در رسیدن به وضع پایدار اتفاق می‌افتد، صورت می‌گیرد. انرژی همراه پرتو به ماده کریستالی برهمکنش کرده و منجر به درخشندگی و تابش از کانی‌ها می‌شود. (مارشال، ۱۹۸۸، پازه و همکاران ۲۰۰۰، بوگز و کرینزلی ۲۰۰۶).

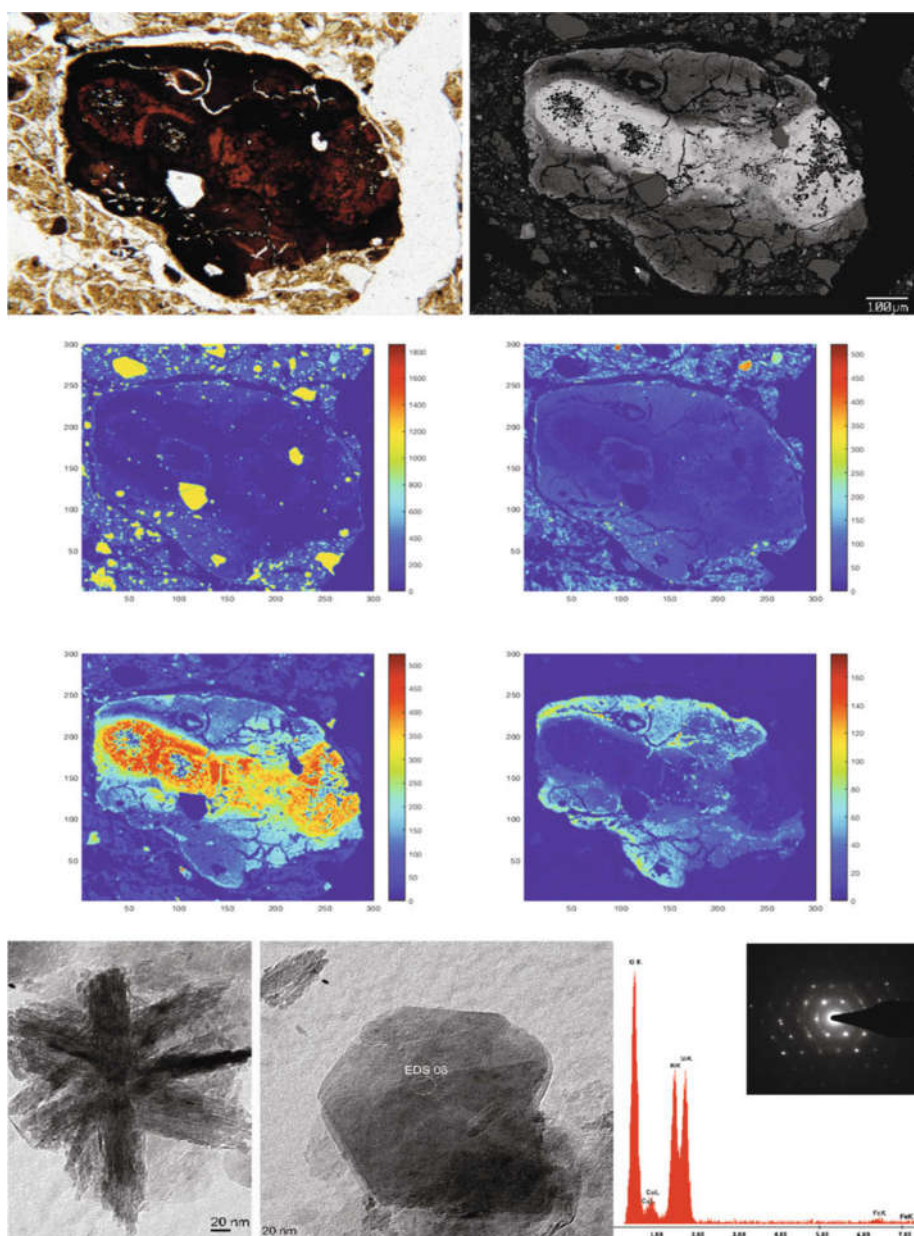
۶. گوشه سمت چپ بالا: یک نودول کربناته (PPL). کلسیت در رنگ‌های قهوه‌ای مختلف که همراه با مقداری ذرات کوارتز مایل به سفید گوشه پایین سمت راست: مشاهده در CL که لایه‌های متناوب قرمز مایل به زرد مربوط به حضور Mn^{2+} در شبکه کریستالی را نشان می‌دهد. تابش (لومینسانس) بنفش آبی به دلیل خواص ذاتی حضور Mn^{2+} با مقدار کم از کلسیت است.

1- تابناکی کاتدی Cathodoluminescence

(ریشتر و همکاران ۲۰۰۳).

۷. گوشه سمت چپ بالا: میکروکودיום^۱، یک عارضه تشریح نشده که در حال حاضر در خاک‌های قدیمی پالتوسول دوره سوم در دشت‌های سیلابی (PPL) مشاهده شده است. گوشه سمت راست پایین: نمای CL که ساختمان میکروکودיום را به رنگ نارنجی تیره نشان می‌دهد. در دیواره‌های نارنجی روشن مربوط به اواخر زمان تبلور مجدد دیاژنتیکی است. لومینسانس در حد روشن متوسط مربوط به مقدار بالای Mn^{2+} است، مشروط به اینکه، مقدار Fe^{+2} کمتر از ppm ۲۰۰۰ باشد. (باگز و کرینزلی ۲۰۰۶).

۱- یک نوع کلسیت ثانویه که با فرایند زیستی (قارچ و باکتری) در خاک پالتوسول یافت می‌شود.



فایل ۷: تصویربرداری الکترونی و انرژی

فایل ۷: تصویربرداری الکترونی و انرژی

میکرومورفولوژیست‌های خاک می‌توانند از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای تصویربرداری از عارضه‌ها در مشاهدات مقاطع نازک استفاده کنند. آن‌ها نه تنها می‌توانند تصاویر با وضوح بالا تهیه کنند تا ساختار مواد معدنی و آلی را با جزئیات ببینند، بلکه از ترکیب شیمیایی عارضه‌ها نیز اطلاعاتی به دست می‌آورند. میکرو آنالیزهای پروب الکترونی (EMPA)^۱ معمولاً برای تهیه نقشه‌های توزیع عناصر شیمیایی به کار می‌رود. درحالی‌که از میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری (TEM) معمولاً برای مشاهده ساختمان کانی‌های رسی یا اکسی هیدروکسیدها استفاده می‌شود. (به فایل ۷۸ مراجعه کنید)

شرح‌ها (عناوین) از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. نودول متشکل از اکسی‌هیدروکسید در کامبیسول که روی لس (کوه‌های ژورا، سوئیس) ایجاد شده است. در بخش کانی اطراف نودول یا گره مقداری از ذرات کوارتز و کانی‌های رسی است. (مشاهده در PPL)

۲. همان نودول مشاهده‌شده با یک میکروآنالیزپروب الکترونی (EMPA) با استفاده از آشکارساز الکترون برگشتی (حالت BSE)^۲. تعداد الکترون‌های پراکنده برگشتی که به آشکارساز می‌رسد با میانگین عدد اتمی نمونه متناسب است؛ بنابراین ناحیه خاکستری روشن با اتم‌های سنگین‌تر، یعنی آهن و منگنز همبستگی دارد. درحالی‌که مناطق تیره‌تر نشان‌دهنده عناصر سبک‌تر (مانند Al یا Si) است.

۳. نقشه پراکنش Si: ذرات کوارتز به رنگ زرد یا سبز روشن ظاهر می‌شود. آن‌ها مقدار Si بالایی دارد. ترکیبات ریز اطراف نودول که غنی از Si است قابل مقایسه با نودولی است که Si از آن خیلی تخلیه شده است.

۴. نقشه پراکنش Al: این نقشه بر میزان رس از بخش مواد ریز (آبی روشن و سبز) در اطراف نودول تأکید دارد. ترکیب Si و Al وجود آلومینوسیلیکات‌ها را در فیلولوسیلیکات‌ها تأیید می‌کند.

۵. نقشه توزیع آهن: نودول حاوی مقدار بسیار بالایی از آهن در مرکز خود است که به سمت مرز و لبه آن کمتر می‌شود.

۶. نقشه توزیع منگنز: حاشیه و محیط نودول غنی از منگنز است، درحالی‌که مرکز آن به شدت تخلیه شده است؛ همانند بخش ریز در خاک.

۷. نمای TEM از یک کریستال هماتیت مشاهده‌شده در همان کامبیسول.

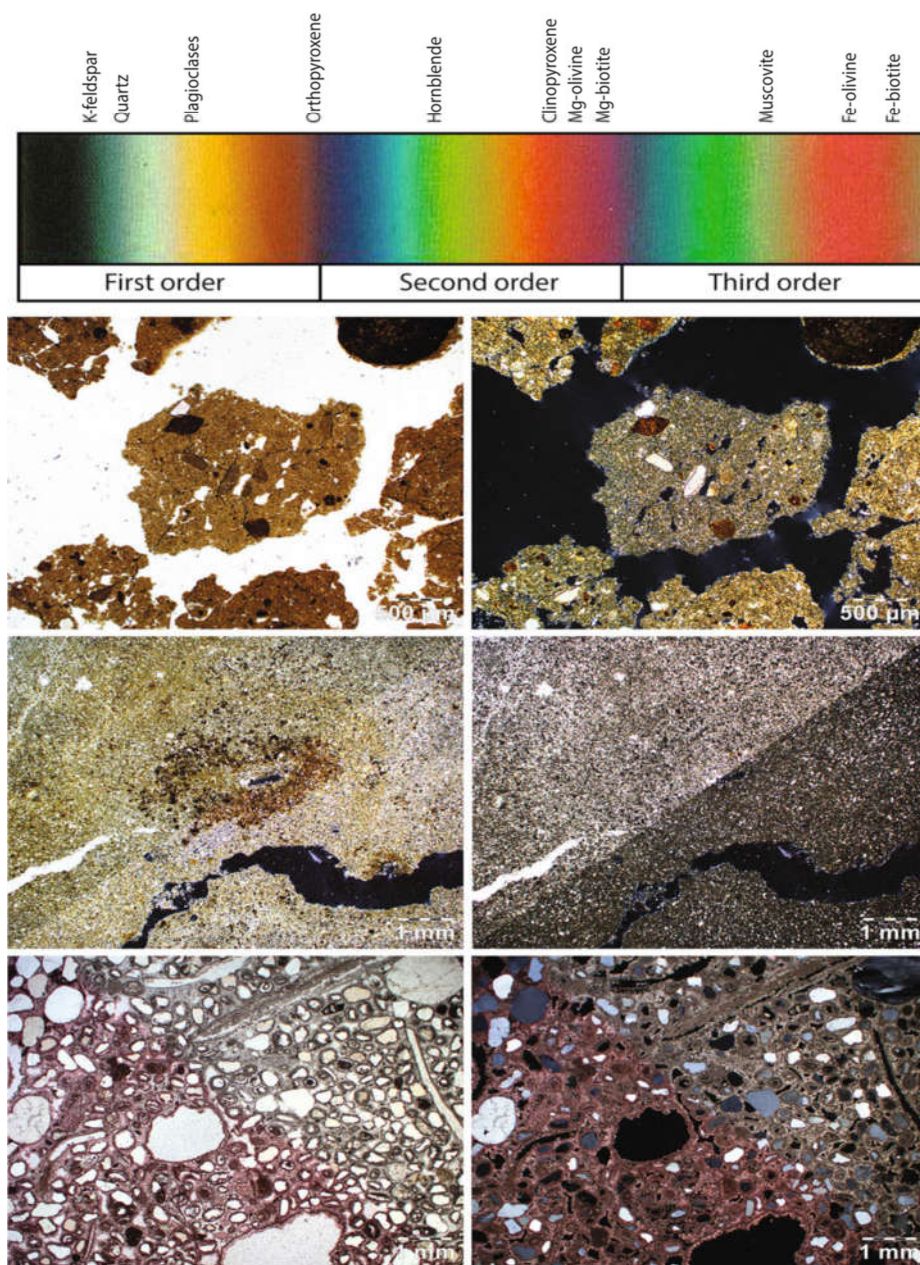
1- Electron prob micro-analyses (EMPA) درون سنج الکترونی

2- Back scattered electron detector (BSE mode)

۸. نمای TEM از کریستال ارثی کائولینیت (منشأ مواد مادری) و شکل شش ضلعی. با این بزرگنمایی می‌توان مشاهده نمود که بلورهای ورقه‌ای چگونه روی هم قرار گرفته است. برچسب «EDS 08» به آنالیز نقطه‌ای توسط EDS در ۹ اشاره دارد.

۹. در رنگ قرمز، یک طیف از آنالیز EDS^۱ (طیف‌سنجی با پراکنش انرژی اشعه ایکس) از کریستال کائولینیت که در ۸ مشاهده شده طبق انتظار، طیف، وجود Al، Si و O را نشان می‌دهد. وجود مس به دلیل بخش‌هایی از ناخالصی‌ای است که نمونه روی آن‌ها رسوب نموده است. در گوشه بالا سمت راست، تصویری از پرتو پراش الکترون از کریستال کائولینیت را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن چنین تصاویری، باید با استفاده از یک میز زاویه‌سنج که به TEM متصل شده نمونه مقداری کج شود.

1- Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS)



فایل ۸: رنگ کانی‌ها

فایل ۸: رنگ کانی‌ها

هنگام استفاده از میکروسکوپ پلاریزان، نوری که در یک صفحه ارتعاش می‌کند، از کانی غیرایزوتروپ (ناهمسانگرد) در مقطع نازک عبور می‌کند (به فایل ۵ مراجعه کنید). سپس بعد از عبور از کانی به دو شعاع نوری عمود بر یکدیگر تقسیم می‌شود و با توجه به دو ضریب شکست با سرعت‌های مختلف منتشر می‌شود. این دو ارتعاش غیر هم‌فاز خارج شده و از آنالیزور عبور می‌کند که منجر به ناپدید شدن و حذف برخی طول موج‌ها می‌شود و طول موج باقیمانده رنگ پلاریاسیون را نشان می‌دهد.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. در مقطع نازک با ضخامت ۳۰ میکرومتر، رنگ‌های کانی تابعی از تفاوت بین حداکثر و حداقل ضریب شکست، خاصیتی به نام دوشکستگی است. این ویژگی به جهت‌گیری تیغه پلاریزان متقاطع (آنالیزور) با توجه به سیستم کریستالی کانی بستگی دارد. شکست مضاعف با چرخش میز میکروسکوپ تغییر کرده و دارای چهار شدت نور حداکثر و چهار موقعیت خاموشی است. (به فایل ۵ مراجعه کنید). نمودار رنگ، مربوط به جدول شکست مضاعف میشل-لوی، سری‌های مختلف را از چپ به راست که با افزایش تأخیر همراه است نشان می‌دهد. تأخیر، به فاصله‌ای اطلاق می‌شود که پرتو آهسته (کُند) پشت پرتو سریع قرار گرفته به طوری که پرتو آهسته در نهایت دیرتر از کانی خارج می‌شود. کانی‌های موجود قابل مشاهده در خاک در طول محور افقی نمودار به نحوی ترسیم می‌شود که با حداکثر رنگ پلاریاسیون حاصل از بیشترین ضریب شکست مرتبط شود.

۲. مشاهده خاكدانه، منافذ و همچنین برخی از کانی‌ها در PPL که به رنگ سفید ظاهر می‌شود.

۳. همان نمونه مربوط به ۲ در XPL. در فضای خالی یا منافذ، تأخیر وجود ندارد؛ بنابراین هیچ نوری از آن از آنالیزور عبور نمی‌کند. پس این منطقه در حالت خاموشی قرار دارد. هنگامی که کانی‌ها در PPL شفاف و در XPL در خاموشی است، بدون توجه به جهت‌گیری میز میکروسکوپ، آن‌ها را ایزوتروپیک می‌نامند. مواد آلی اغلب ایزوتروپیک است. برعکس، برخی از کانی‌ها می‌توانند در XPL هم سفید باقی بمانند. رنگ سری اول به دلیل پرتو آهسته است، درحالی‌که سایر سری‌ها از قهوه‌ای خیلی تیره تا نارنجی روشن تغییر می‌کند.

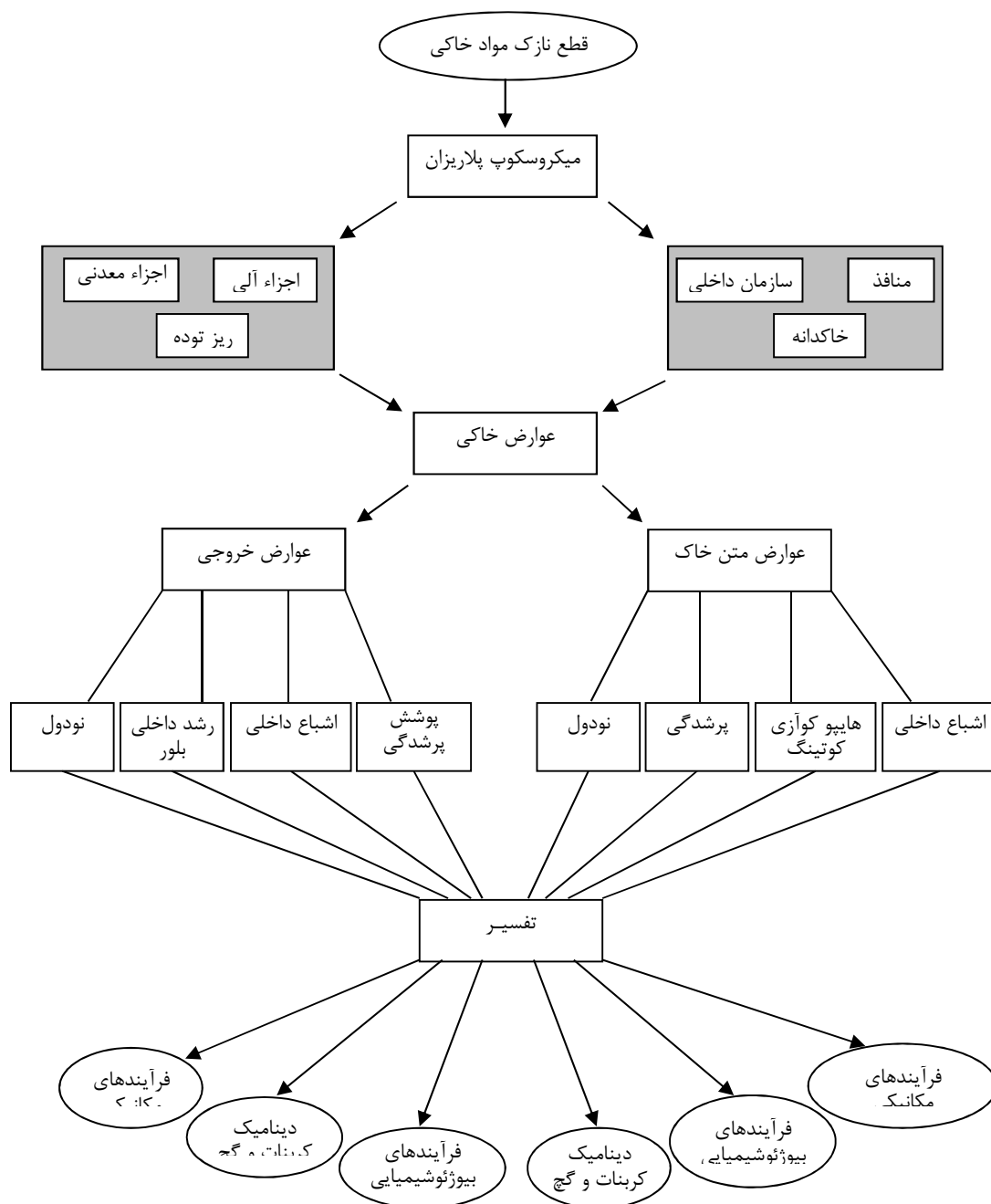
۴. تجمع اکسی‌هیدروکسید در اطراف منافذ. همچنین تلقیح اکسی‌هیدروکسید و کربنات کلسیم در متن خاک وجود دارد و رنگی زرد تا قهوه‌ای را می‌توان در نمونه مشاهده نمود.

۵. همان نمونه همانند مورد ۴. پس از حذف انتخابی CaCO_3 ، Fe و Mn. چنین روش‌هایی اجازه می‌دهد تا بی-فابریک، پوشش‌های رسی و عوارض میکروکریستالی بهتر مشاهده شود. همچنین می‌تواند ماهیت مواد مادری متن خاک را مشخص کند.

۶. خاک‌هایی که به‌تازگی روی یک رسوب سیلیس و کربناته (PPL) قرار گرفته. مثلث پایین سمت چپ.

در محلولی حاوی آلزارین قرمز و فریسیانید پتاسیم آغشته شده (استوپس ۲۰۰۳، ۲۰۲۱) که نقاط رنگ‌آمیزی نشان‌دهندهٔ کلسیت و منیزیم به مقدار زیاد است.

۷. همان نمونه همانند مورد ۶ در XPL ذرات کوارتز به رنگ‌های سفید، خاکستری و در حالت خاموشی است. کلسیت به رنگ قرمز (مثلث پایین سمت چپ) ظاهر می‌شود یا کلسیت به رنگ قهوه‌ای مایل به خاکستری. (در نقاط رنگ‌آمیزی نشده؛ مثلث سمت راست بالا)



فایل ۹: روش میکرومورفولوژیکی

فایل ۹: روش میکرومورفولوژیکی

روش میکرومورفولوژیکی بر مشاهدات چند مقیاسی از ترکیب و فابریک مبتنی است. نمودار فوق از روش ارائه شده توسط استوپز (۲۰۰۳) اقتباس شده است. اشکال بیضی به ورودی و خروجی جریان اشاره دارد. اشکال لوزی جهت تصمیم‌گیری است و کادرهای مستطیل به فرایند شناسایی و شکل مستطیلی و گرد به موضوعات اشاره دارد.

شرح موارد از بالا به پایین:

۱. مواد خاکی در مزرعه نمونه‌برداری می‌شود (مراجعه به فایل ۳) و مقطع نازک آماده می‌شود. (به فایل ۴ مراجعه شود).

۲. مطالعه با بررسی متن خاک، با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان شروع می‌شود. (به فایل ۵ مراجعه کنید). در متن خاک، ماده اساسی خاک در مقطع نازک است. در مطالعه متن یا زمینه خاک دو شاخه مختلف تحقیق انجام می‌شود. (۱) مطالعه ترکیبی (به فصل ۳ مراجعه شود) با «داده‌هایی مانند ترکیب شیمیایی یا ترکیب کانی‌شناسی یا ویژگی‌های مرتبط مانند رنگ، ضریب شکست یا رنگ‌های تداخلی» (استوپز ۲۰۰۳)؛ موضوعات مورد مطالعه شامل اجزاء معدنی، اجزاء آلی و ریزتوده و (۲) فابریک است (به فصل ۲ مراجعه کنید) که به ریزساختمان، خاکدانه و منافذ مربوط می‌شود.

۳. پس از تشریح اجزای مختلف و فابریک مقاطع نازک خاک، مرحله بعدی شامل شناسایی و تشریح عوارض خاک است. (به فصل ۴ مراجعه کنید). عوارض خاکی شامل «واحدهای فابریک مستقل موجود در مواد خاکی است که نسبت به مواد مجاور یک یا چند مورد اختلاف غلظت داشته یا از نظر فابریک داخلی متفاوت بوده است». (بولاک و همکاران ۱۹۸۵)

۴. دو گروه اصلی از عوارض خاکی وجود دارد: عوارض در متن خاک (ماتریکس) و عوارض نفوذی (استوپس، ۲۰۰۳، ۲۰۲۱). اولی به تغییرات درون متن خاک اشاره و دومی با تغییرات خارج از متن خاک آن سروکار دارد.

۵. هر یک از دو گروه از عوارض خاک (پدوفیچر) بر اساس مورفولوژی آن‌ها به زیرگروه‌های مختلف تقسیم می‌شود. (استوپس، ۲۰۲۱، ۲۰۰۳).

۶. تمام اطلاعات جمع‌آوری‌شده در تفسیر مقطع نازک از نظر پیدایش خاک، طبقه‌بندی خاک، استفاده از خاک، خاک‌های قدیمی و زمین‌شناسی گذشته قابل استفاده است. باین حال فرایندهای پدوژنتیک به‌طور کلی بر اساس مورفولوژی تعریف نمی‌شود، بلکه عمدتاً بر اساس خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی و با استفاده از مقایسه بین افق‌ها در پروفایل تعریف می‌شود. باین‌وجود، میکرومورفولوژی خاک برای شناسایی دینامیک اصلی تأثیرگذار بر خاک، مفید است.

۷. مثال‌هایی از شش دینامیک مختلف که با استفاده از میکرومورفولوژی خاک قابل شناسایی است عبارت است از: (به فصل ۵ مراجعه شود): دینامیک رس-تأثیر آب، رسوب کربنات‌ها، سولفات‌ها و کلریدها-تشکیل اکسی‌هیدروکسیدها-توسعه فرایندهای بیوژئوشیمیایی. به‌عنوان مثال برهمکنش‌های آلی معدنی-فرایندهای مکانیکی، مانند جاذبه (ثقل زمین)، تراکم، یا شخم زدن.^۱

۱- دسترسی آزاداین فصل مجوزبین‌المللی 4.0 Creative Commons Attribution دارد (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), که اجازه استفاده، اشتراک‌گذاری، انطباق، توزیع، و تکثیر را در هر رسانه یا هر جایگاهی که اعتبار مناسب را به نویسنده(های) اصلی دهد و منبع را ذکر نماید می‌تواند به Creative Commons لینک شود و تغییرات موردنیاز را هم اشاره نماید. تصاویر یا سایر مطالب شخص ثالث در این فصل در مجوز فصل Creative Commons گنجانده شده است، مگر اینکه مواردی دیگر که مشخص نشده با مجوز آورده شود. اگر مطالب موردنظر در فصل مربوط به مجوز Creative Commons گنجانده نشده باشد و مطالب مورد استفاده در مقررات قانونی نباشد یا فراتر از حد مجاز باشد نیاز هست باید مستقیماً از دارنده حق چاپ، مجوز لازم درخواست گردد.

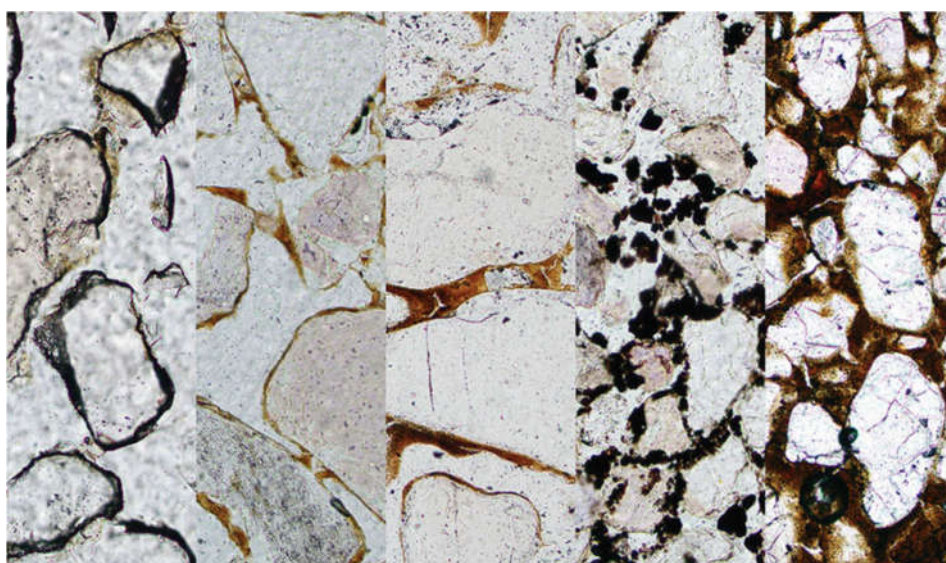
فصل دوم:

سازمان دهی ذرات درشت خاک

فایل ۱۰: مفهوم فابریک

کوبینا (۱۹۳۸) اولین کسی بود که مفهوم فابریک را در میکرومورفولوژی خاک معرفی کرد. در نتیجه، این اصطلاح برای مدت طولانی در میکرومورفولوژی خاک استفاده می‌شود. اصطلاح «فابریک» در ابتدا توسط زمین‌شناسان و سنگ‌شناس‌ها به کار برده شد. این نوع فابریک به صورت عامل بافت یک سنگ کریستالی تعریف شده که بستگی به اندازه‌های نسبی، شکل‌ها و آرایش بلورهای اجزاء تشکیل‌دهنده دارد. (متیوز و بویر ۱۹۷۶). این تعریف برای میکرومورفولوژی خاک در نظر گرفته شده و آخرین تعریف آن به نام: «فابریک خاک» توسط بولاک و همکاران ارائه شده است (۱۹۸۵) که عبارت بود از: سازمان‌دهی کل یک خاک که با آرایش فضایی اجزای تشکیل‌دهنده خاک (جامد، مایع و گاز)، شکل، اندازه و فراوانی آن‌ها از نقطه نظر نحوه آرایش، پیدایش و روابط بین آن‌ها بررسی می‌شود. در نتیجه، میکرومورفولوژیست خاک باید فابریک را به عنوان آرایش و ترتیب یا سازمان‌دهی اجزای خاک در نظر بگیرد.

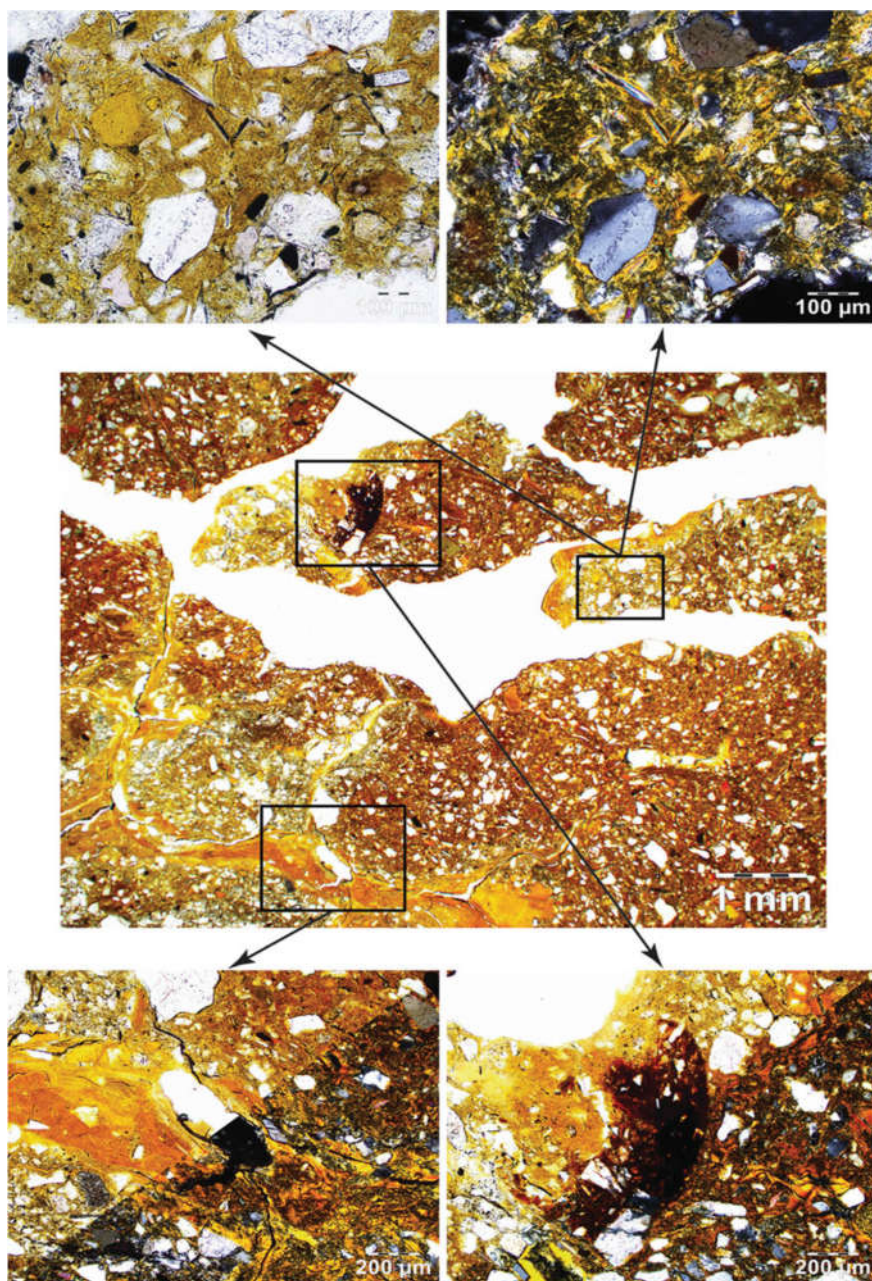
فابریک‌ها می‌تواند بسیار پیچیده باشد و این مفهوم را می‌توان در بسیاری از شرایط مختلف مشاهده نمود. برای مثال، مفهوم فابریک عمدتاً به ساختمان خاک مربوط می‌شود (به فایل ۹، ۲۰ و ۲۱ مراجعه کنید)، اما همچنین به توزیع نسبی c/f (به فایل ۱۳ و ۱۴ مراجعه شود)، بی-فابریک (به فایل ۴۵ و ۴۶ مراجعه کنید) و پدوفیچر یا عوارض خاک (به فایل ۹ و فصل ۴ مراجعه کنید) مرتبط است. به طور کلی می‌توان گفت، فابریک می‌تواند به نوع نور کاربردی، همچنین مقیاس مشاهده، یعنی بزرگنمایی عدسی میکروسکوپ (به فایل ۱۱ مراجعه کنید) بستگی داشته باشد.



مثال‌هایی از فابریک مختلف مربوط به توزیع اصلی c/f (به فایل ۱۳ مراجعه کنید). همه عکس‌های میکروسکوپی در PPL گرفته شده است.^۱

۱- @ مؤلف (مؤلفین)، ۲۰۲۱

یک اطلس بصری برای میکرومورفولوژیست‌های خاک, E. P. Verrechia, L. Trombino
<http://doi.org/10.1007/978-3-030-67806-7-2>



فایل ۱۱: روش‌های چند مقیاسی به فابریک

فایل ۱۱: روش چند مقیاسی به فابریک

فابریک یک مفهوم چند مقیاسی است که برای توصیف واحدهای همگن و ناهمگن استفاده می‌شود. مثال ارائه‌شده در این بخش فابریک‌هایی را نشان می‌دهد که در بزرگنمایی‌های مختلف با اجزا و عوارض مختلف خاک مشاهده شده است. واحدهای فابریک واحدهایی است که با مرزهای طبیعی محدود شده و از نظر بصری در مقیاس زمان مشاهده همگن بوده و متمایز از سایر واحدهای فابریک است. (بالوک و همکاران، ۱۹۸۵، استوپس ۲۰۰۳). باین حال بسته به فابریک و عارضه مورد نظر، افزایش بزرگنمایی می‌تواند منجر به افزایش همگنی یا ناهمگنی شود.

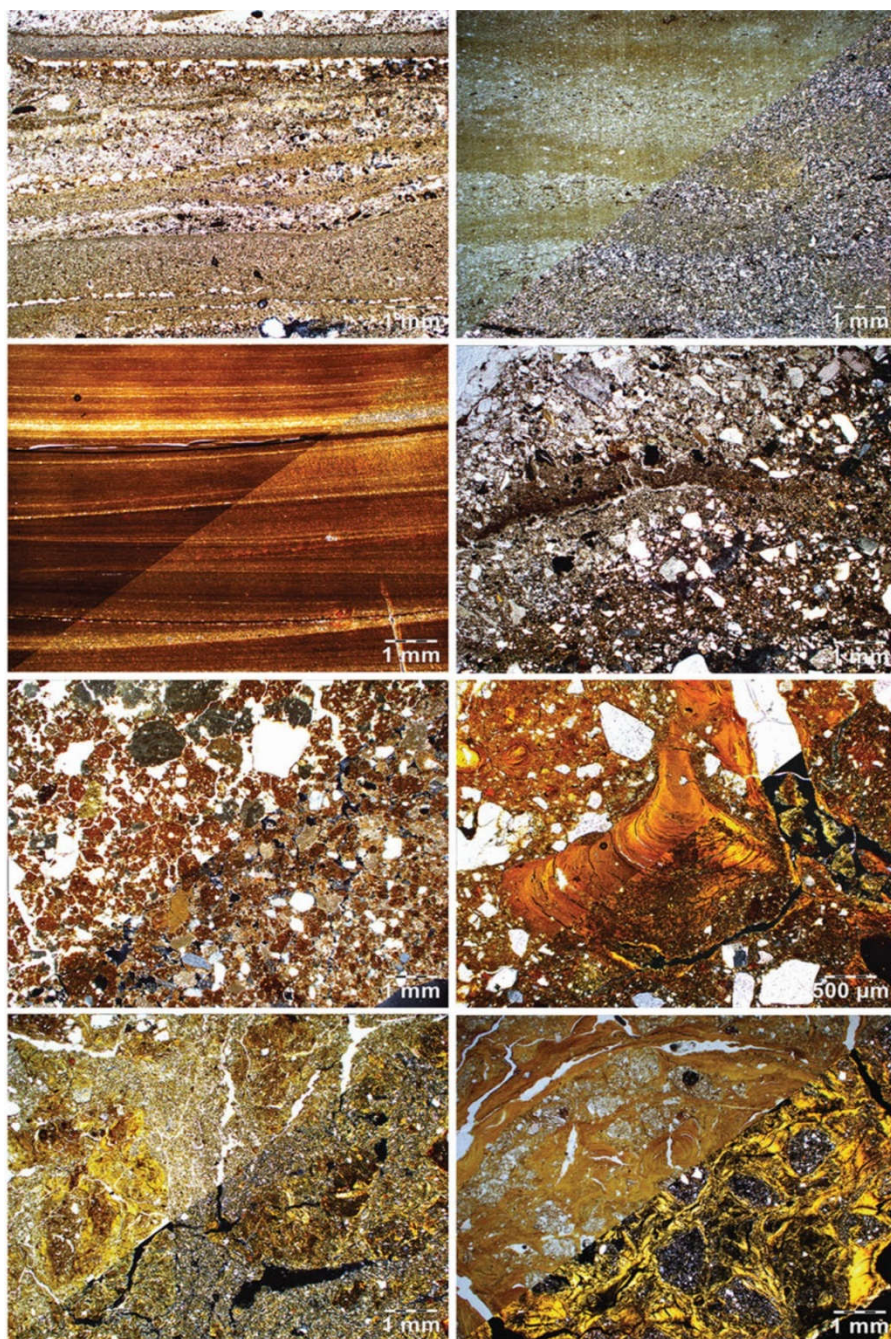
۱، نمای مرکزی، ۳۰-۲۰، نمای بالایی، ۵۰-۴۰. نماهای پایین‌تر.

۱. تصویر مرکزی: نمای کلی با بزرگنمایی کم از یک مقطع نازک خاک (در PPL) که یک متن خاک منقوطة‌دار (ماتلینگ) را با منافذ طویل بزرگ نشان می‌دهد. (به رنگ سفید). فلش‌ها به جزئیات بزرگ‌شده فابریک که در عکس آمده اشاره دارد.

۲،۳. نمای نزدیک که حضور ذرات کوارتز (هر یک از آن‌ها یک واحد فابریکی است) را در یک ریزتوده رسی و سیلتی ریز نشان می‌دهد (چپ: PPL؛ راست: XPL). این آرایش ماده اصلی خاک را تشکیل می‌دهد.

۴. سمت چپ: یک عارضه ویژه به نام «پوشش رس» (به فایل ۵۶ و ۵۷ مراجعه کنید) که توسط لایه‌های رسی همراه با اکسی‌هیدروکسید آهن تشکیل شده است. این پوشش‌ها، فابریک خاص را نشان می‌دهد که توسط بولاک و همکاران (۱۹۸۵) و استوپس (۲۰۰۳) به نام فابریک جزئی (بخشی از فابریک) در بزرگنمایی مشخص نام برده شده است.

۵. سمت راست: یک عارضه ویژه به نام «نودول در زمینه خاک» که از تجمع اکسی-هیدروکسیدها در متن خاک (به فایل ۴۸ مراجعه کنید) تشکیل شده است. این نودول در بزرگنمایی معین به صورت فابریک ویژه مشخص می‌شود.



فایل ۱۲: الگوهای پراکنش (توزیع) پایه‌ای

فایل ۱۲: الگوهای توزیع (پراکنش) پایه‌ای و اولیه:

یک الگو، آرایش فضایی واحدهای فابریک است. (استوپس ۲۰۰۳). معمولاً دو نوع الگو تعریف می‌شود: الگوهای توزیع و الگوهای جهت‌گیری. این بخش الگوی توزیع اولیه را که در مقطع نازک قابل مشاهده است نشان می‌دهد که در واقع توزیع واحدهای فابریک از همان نوع مشابه یکدیگر است. (استوپس ۲۰۰۳).

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱،۳. سه نمونه از الگوی نواری که توسط لایه‌های متناوب با اندازه مختلف ذرات تشکیل شده است. (۱) لایه‌های متناوب رسی، سیلتی و درشت‌تر (PPL)؛ (۲) لایه‌های متناوب درشت و سیلتی؛ (۳) لایه‌های متناوب رسی خیلی ریز و ریز.

۴. الگوی خطی^۱ که توسط یک واحد فابریک ایجاد شده و به‌صورت خطی آرایش یافته.

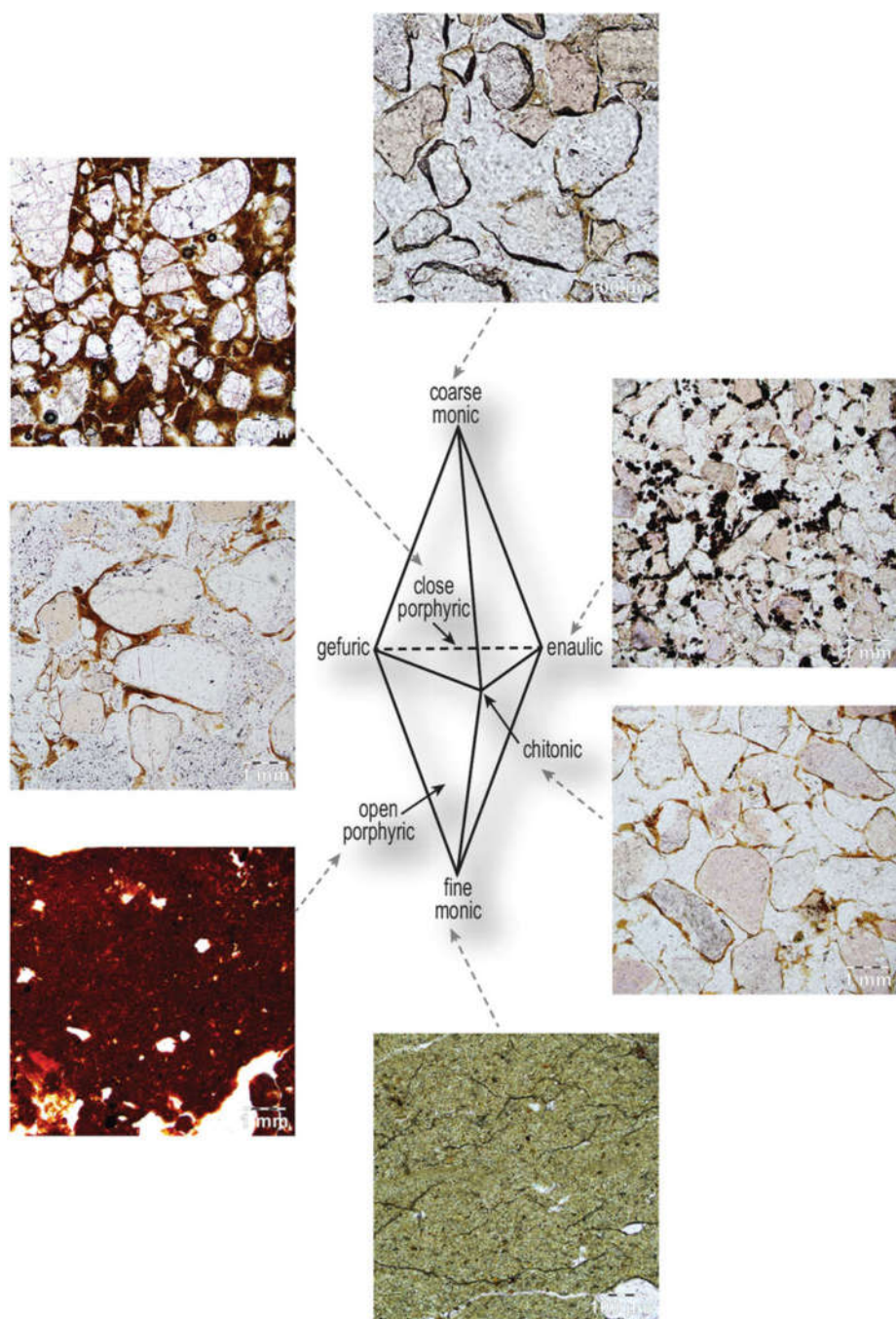
۵. الگوی تصادفی^۲ که با توزیع تصادفی واحدهای فابریک مشخص می‌شود.

۶. الگوی بادبزی‌شکل^۳ که توسط انواع پرکننده‌های رسی تشکیل شده است و به شکل بادبزن آرایش یافته. در این حالت، واحدهای فابریکی می‌تواند الگوی بادبزی را در مقیاس خاصی ایجاد کند.

۷. الگوی خوشه‌ای^۴ تعریف شده توسط گروهی از واحدهای فابریک به‌طوری‌که رنگ و نحوه توزیع حفرات آن‌ها در این حالت نقش دارد.

۸. الگوی درهم‌آمیخته^۵ (مشبک) که واحدهای فابریک درهم‌آمیخته متشکل از پوشش‌ها و پرشدگی خاک‌های رس را در این حالت نشان می‌دهد.

-
- 1- Linear pattern
 - 2- Random pattern
 - 3- Fan-Like pattern
 - 4- Cluster pattern
 - 5- Interlaced pattern



فایل ۱۳: توزیع (پراکنش) نسبی ذرات درشت به ریز (c/f) بخش ۱

فایل ۱۳: توزیع (پراکنش) نسبی c/f (بخش ۱)

توزیع نسبی c/f به توزیع واحدهای فابریک درشت در مقایسه با واحدهای فابریک ریز و در صورت لزوم، منافذ مرتبط با آن‌ها اشاره دارد. لازم به ذکر است که این مفهوم کاملاً توصیفی است و تفسیر این چنین واحدهای فابریکی را در نظر نمی‌گیرد. استوپس و جونگریوس (۱۹۷۵) یک دو هرمی از چهار وجهی برای خلاصه کردن توزیع نسبی اولیه c/f را پیشنهاد کردند. این شکل هندسی اصلاح و در این بخش برای تشریح الگوی اصلی c/f استفاده شده است.

شرح‌ها در جهت عقربه‌های ساعت از تصویری که کمی بالاتر از بقیه در بالا است شروع می‌شود. همه عکس‌ها در PPL تهیه شده است.

۱. مونیک^۱ (هم بعد) درشت: در این حالت فقط یک اندازه از واحد فابریکی وجود دارد که از حد انتخاب شده c/f توسط مشاهده‌گر درشت‌تر است. ذرات کوارتز در فضای بازتر که ذرات ریز تقریباً وجود ندارد آرایش یافته است.

۲. انولیک^۲: واحدهای فابریک ریز به صورت خاکدانه‌های کوچک (خاکدانه‌های ریز) داخل فضای بین واحدهای فابریکی درشت قرار می‌گیرد. واحدهای فابریکی ریز آلی داخل فضای بین ذرات کوارتز پخش می‌شود.

۳. کیتونیک^۳: واحدهای فابریک درشت توسط واحدهای فابریک ریز پوشانده می‌شود. ذرات کوارتز توسط لایه‌های نازک اکسی‌هیدروکسید و رس قهوه‌ای رنگ احاطه می‌شود.

۴. مونیک ریز: فقط یک اندازه از واحد فابریکی وجود دارد که در این حالت از حد c/f انتخاب‌شده توسط مشاهده‌گر، ریزتر است. مخلوط رسی و سیلتی بسیار ریز که تقریباً فاقد مواد درشت بوده است.

۵. پورفیریک باز^۴: واحدهای فابریک درشت در یک ریزتوده (متن خاک) متراکم از واحدهای فابریک ریز پراکنده شده و فاصله بین واحدهای فابریک درشت بیش از دو برابر اندازه متوسط آن‌ها است. ذرات کوارتز به‌ندرت در متن خاک رسی متمایل به قرمز دیده می‌شود.

۶. گفوریک^۵: واحدهای فابریک درشت توسط پلهایی از واحدهای فابریکی ریز به هم متصل می‌شود. ذرات کوارتز با مواد رس و اکسی‌هیدروکسید رنگ قهوه‌ای پیوند خورده است.

1- Coarse Monic

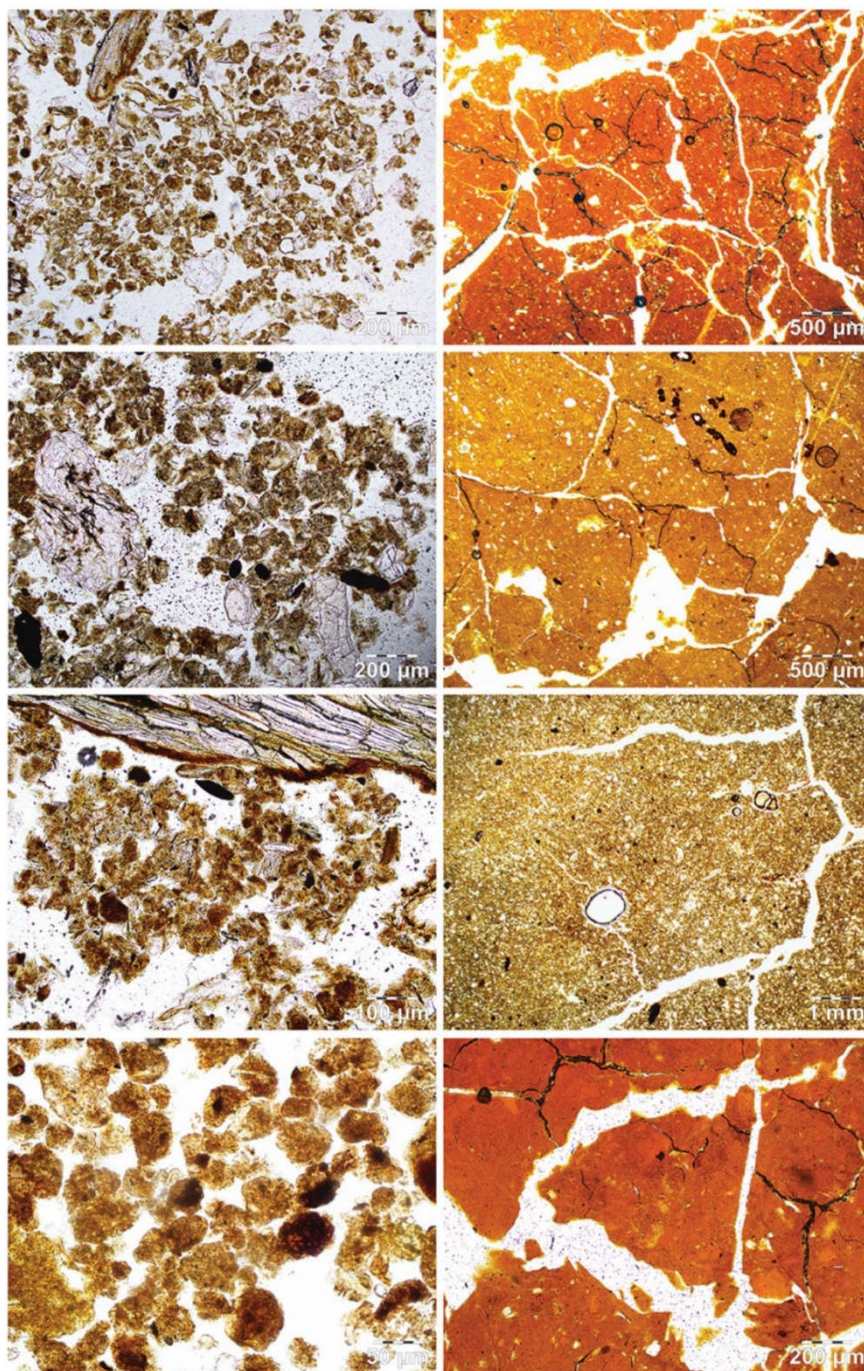
2- Enaulic

3- Chitonic

4- Open Porphyric

5- Gefuric

۷. پورفیریک بسته: واحدهای فابریک درشت که در یک متن خاک متراکم از واحدهای فابریک ریز پراکنده شده و بسیاری از آن‌ها در تماس با یکدیگر است. ذرات کوارتز در یک متن خاک رسی مایل به قرمز قرار گرفته است.



فایل ۱۴: توزیع (پراکنش) نسبی ذرات c/f بخش ۲

فایل ۱۴: توزیع نسبی c/f (بخش ۲)

توزیع نسبی c/f به توزیع واحدهای فابریک درشت در مقایسه با واحدهای فابریک ریز و در صورت لزوم به منافذ مرتبط با آن‌ها اشاره دارد. لازم به ذکر است که این مفهوم کاملاً توصیفی است و تفسیر واحدهای فابریکی را در نظر نمی‌گیرد. این بخش تغییرات مختلفی را در توزیع نسبی c/f کیتونیک، گفوریکی و پورفیریکی نشان می‌دهد.

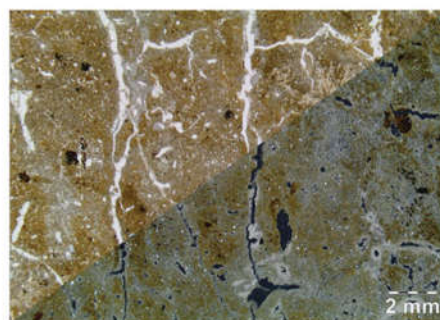
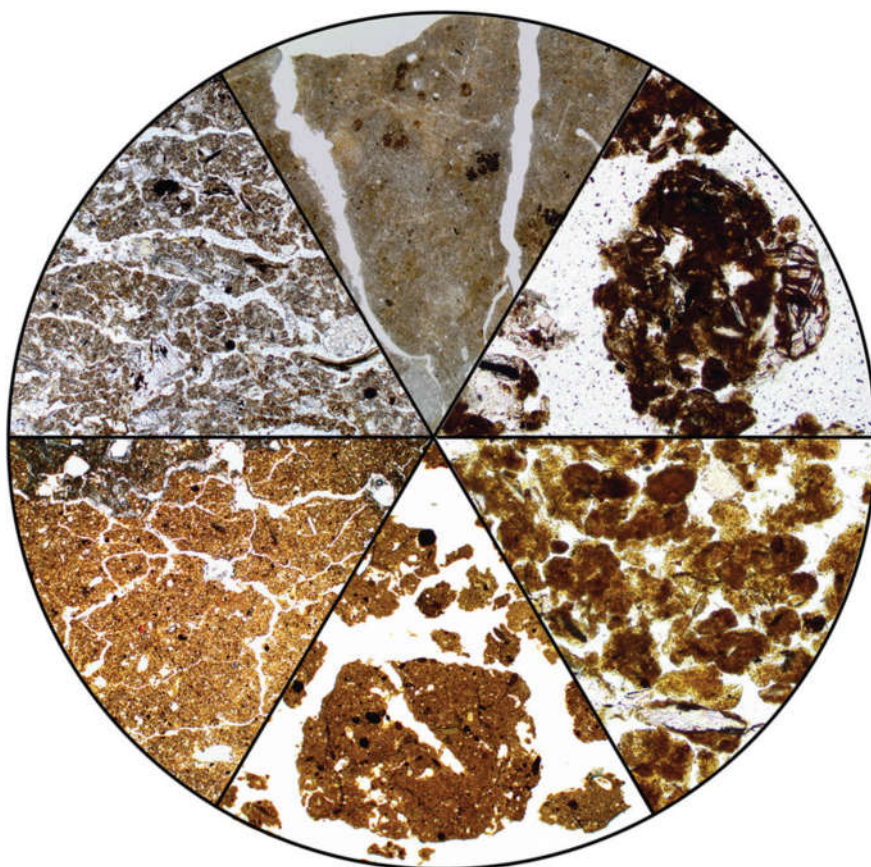
شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱-۲. کیتونیک: واحدهای فابریک درشت که با واحدهای فابریک ریز پوشانده می‌شود. در تصویر، ذرات کوارتز توسط لایه‌های نازک کلسیت میکرواسپاریتی احاطه شده است. فضای بین ذرات توسط سیمانی از کلسیت میکروسپاریت ثانویه پر می‌شود. (چپ: PPL؛ راست: XPL)

۳-۴. کیتو- گفوریکی: واحدهای فابریک درشت که توسط پل‌هایی از واحدهای فابریک ریز پوشیده و به هم متصل می‌شود. ذرات کوارتز توسط رس قهوه‌ای‌رنگ و مواد ریز غنی از اکسی-هیدروکسید احاطه و محصور شده است. (سمت چپ: PPL؛ سمت راست: XPL)

۵-۶. پورفیریکی تک فاصله: واحدهای فابریک درشت که در یک متن خاک متراکم از واحدهای فابریک ریز پراکنده است، اما فاصله بین واحدهای فابریک درشت کمتر از اندازه متوسط آن‌ها است. ذرات کوارتز در متن خاک رسی مایل به قرمز پراکنده است. (چپ: PPL؛ راست: XPL)

۷-۸. پورفیریکی دوفاصله: واحدهای فابریک درشت در یک متن خاک متراکم از واحدهای فابریک ریز قرار گرفته و فاصله بین آن‌ها بیش از یک برابر و کمتر از دو برابر اندازه متوسط آن‌ها است. ذرات کوارتز در ریزتوده (متن خاک) رسی مایل به قرمز قرار گرفته است. (سمت چپ: PPL؛ راست: XPL)



فایل ۱۵: خاکدانه‌ها و تشکیل آن

فایل ۱۵: خاکدانه‌ها و نحوه تشکیل آن‌ها

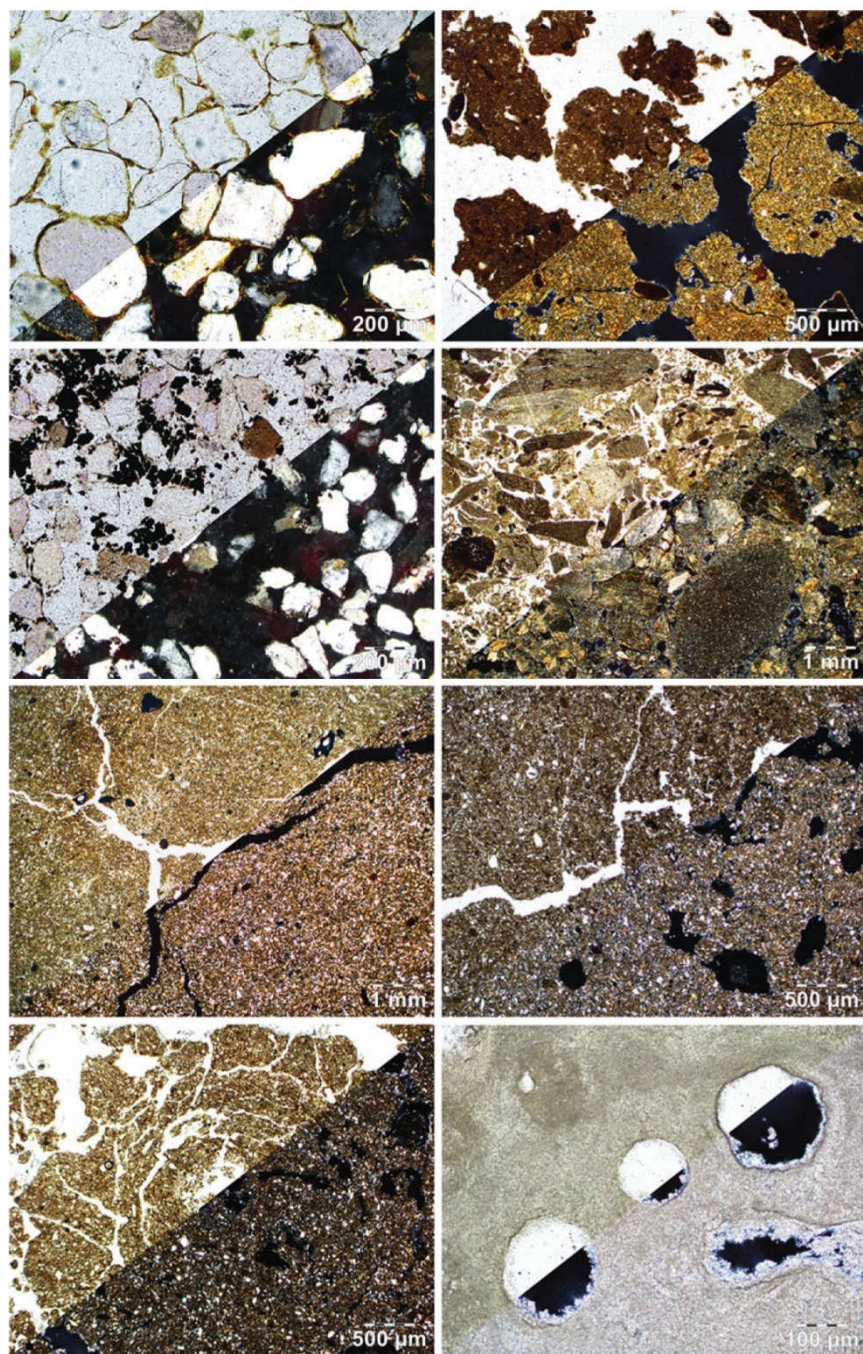
خاکدانه‌ها و تشکیل آن‌ها (به آن پد نیز می‌گویند) مستقیماً با ساختمان خاک مرتبط است. نقش آن‌ها در تعریف خواص خاک اساسی و مهم است، زیرا خاکدانه‌ها معمولاً محصول خاکسازي است. خاکدانه‌ها به صورت توده‌هایی جدا از متن خاک است که از یکدیگر جدا بوده و یا مواد خاکی را احاطه می‌کند. در مطالعه میکروسکوپی خاک، از طریق شکل می‌توان آن‌ها را جدا نمود.

شرح‌ها از دایره بالا در جهت عقربه‌های ساعت به گوشه پایین سمت راست.

۱. شرح‌ها در جهت عقربه‌های ساعت و از بالاترین قسمت شروع می‌شود. عکس‌ها در PPL تهیه شده است. **منشورها:** آن‌ها خاکدانه‌های عمودی کشیده (طویل) است که معمولاً توسط منافذ صفحه‌ای به هم متصل می‌شود. منشورها فقط در صورتی به وضوح قابل مشاهده است که مقطع نازک به اندازه کافی بزرگ باشد که آن‌ها را در خود جای دهد. (به مورد ۳ این صفحه مراجعه کنید). **کرامب (ریز خاکدانه‌ها):** پدهایی با گردی مختلف و متخلخل در مقیاس میکروسکوپی ظاهر می‌شود. **گرانول‌ها:** پدهای مختلف مدور که در مقیاس میکروسکوپی متخلخل است. **خاکدانه‌های مکعبی شکل بدون زاویه (بدون گوشه تیز):** پدهایی با اندازه کم و بیش مساوی با شکل بدون زاویه که اغلب با ساختمان بلوکی بدون زاویه در صحرا مطابقت دارد. **پدهای بلوکی زاویه‌دار:** پدهایی با اندازه کم و بیش مساوی با لبه‌های تیز زاویه‌دار. آن‌ها اکثراً با یک ساختمان چند وجهی ماکروسکوپی (صحرائی) مطابقت دارد. **پدهای صفحه‌ای:** معمولاً این صفحات به صورت خاکدانه‌های دراز و نیمه افقی تشکیل شده است. در تصویر، این صفحات عدسی شکل بوده اما این امکان نیز وجود دارد صفحات به صورت صاف و ساده مشاهده شود.

۲. خاکدانه‌های بلوکی زاویه‌دار: در این بزرگنمایی کم، می‌توان شکل کلی پدهای بزرگ زاویه‌دار را مشاهده کرد.

۳. منشورها در بزرگنمایی کم: شبکه‌ای از منافذ صفحه‌ای عمودی و افقی که خاکدانه‌های منشوری را از هم جدا می‌کند.



فایل ۱۶: درجه تفکیک و انطباق خاکدانه‌ها

فایل ۱۶: درجه تفکیک و انطباق خاکدانه‌ها

خاکدانه‌ها و تشکیل آن‌ها (به آن پد یا خاکدانه نیز می‌گویند) مستقیماً با ساختمان خاک مرتبط است. نقش آن‌ها در تعریف خواص خاک اساسی و مهم است، زیرا خاکدانه‌ها معمولاً محصول خاکساز است. خاکدانه‌ها، به صورت توده‌هایی جدا از متن خاک بوده که یا از یکدیگر جدا است و یا مواد خاکی را احاطه می‌کند. علاوه بر مورفولوژی، با درجه تفکیک و تطبیق آن‌ها نیز تعریف می‌شود. درجه تفکیک به مناطق ترجیحاً سست و ضعیف اشاره دارد که توسط منافذ در مطالعه میکروسکوپی نشان داده شده است. انطباق، درجه‌ای است که سطوح پد مجاور به‌طور هم‌زمان تکمیل و تشکیل می‌شود.

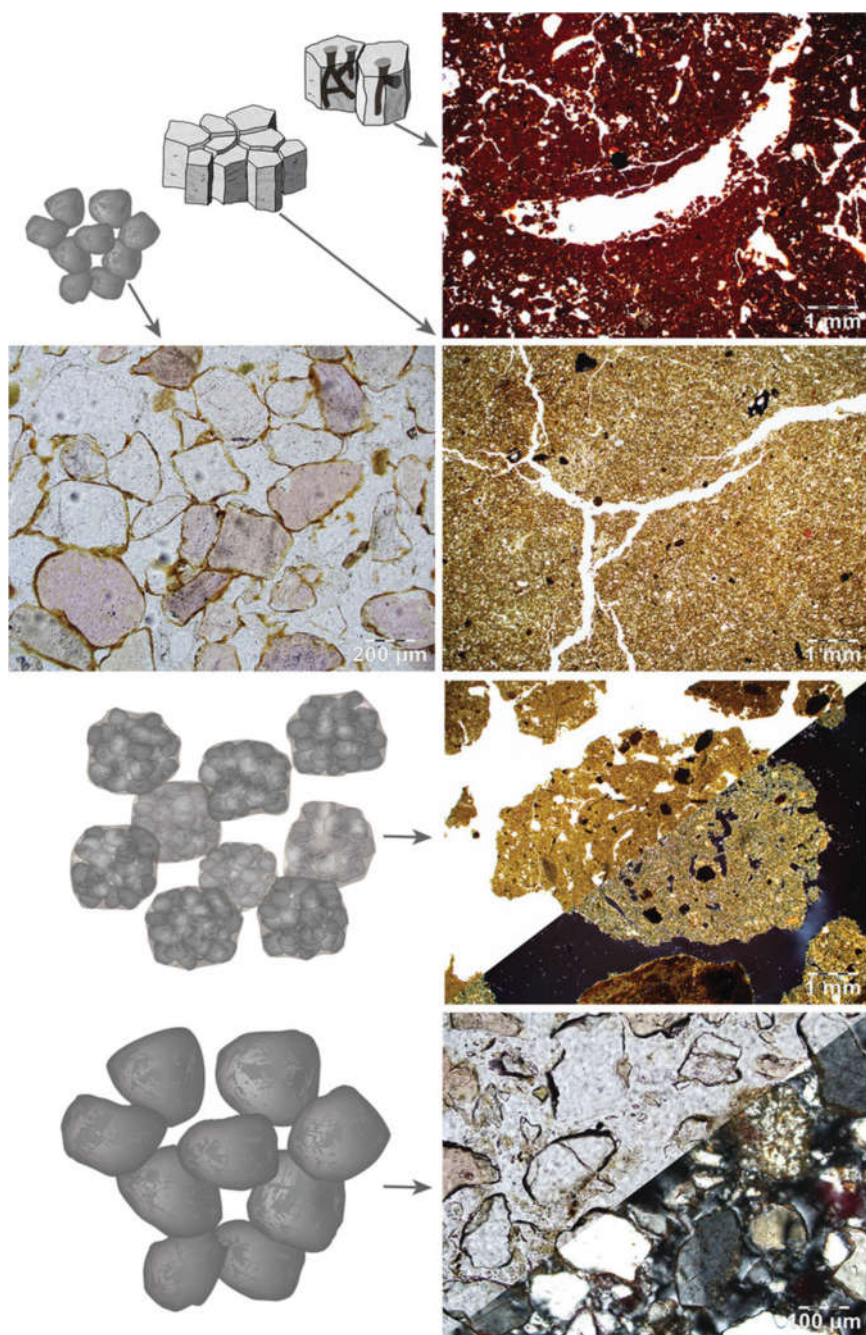
شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست. همه عکس‌های میکروسکوپی در PPL تهیه شده است.

۱. خاکدانه‌های مدور^۱ که درجه بالایی از جدایی را نشان می‌دهد.
۲. پدهای (خاکدانه) بلوکی زاویه‌دار^۲ با درجه جدایی بالا.
۳. خاکدانه مدور متخلخل^۳ با درجه تفکیک متوسط.
۴. پدهای بلوکی زاویه‌دار با درجه تفکیک متوسط.
۵. خاکدانه مدور متخلخل با درجه تفکیک ضعیف.
۶. پدهای بلوکی زاویه‌دار که ضعیف از هم جدا شده است.
۷. خاکدانه‌های مدور که با یکدیگر جایگیری یا تطابق ندارد.
۸. نمونه‌ای از خاکدانه‌های بلوکی دارای جایگیری.

1- Granular aggregate

2- Angular blocky ped

3- Crumb aggregate



فایل ۱۷: ماهیت فضاهای خالی (منافذ)

فایل ۱۷: ماهیت فضاهای خالی (منافذ - حفرات)

فضاهای خالی فضاهایی است که توسط مواد خاک اشغال نشده است. میکرومورفولوژیست‌های خاک بین انواع مختلف حفرات با توجه به شکل و آرایش (ترتیب) آن‌ها تمایز قائل می‌شوند. علاوه بر این در مطالعه میکروسکوپی خاک، فضای خالی بین ذرات رس در نظر گرفته نمی‌شود؛ زیرا درجه وضوح کمتری دارد و با میکروسکوپ نوری قابل رؤیت نیست.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. دانشمندان خاک معمولاً ماهیت منافذ را از روی شناسائی انواع آن‌ها بر اساس منشأ تشریح می‌کنند که عبارت است از: (الف) جمع شدن (پاکینگ) ذرات اولیه خاک (پایین سمت چپ)، (ب) شکاف‌های جداکننده پدهای ساختمانی (مرکز) و (ج) فعالیت بیولوژیکی (گوشه سمت راست بالا). طرح اصلاح شده از ویل و برادی (۲۰۱۷).

۲. نمونه‌ای از منافذ بیولوژیکی: به این نوع منافذ «کانال»^۱ (PPL) می‌گویند.

۳. حفره‌های آرایشی ساده^۲ بین ذرات کوارتز با پوشش مواد ریز (PPL).

۴. منافذ صفحه‌ای، یعنی حفره‌های مسطح بین پدهای زاویه‌دار (PPL).

۵. در برخی از خاکدانه‌های خاک، دو نوع منفذ باید تشخیص داده شود: منافذ درون پد^۳ و بین

پد^۴. طرح اصلاح شده از ویل و برادی (۲۰۱۷).

۶. پد (خاکدانه) مکعبی بدون زاویه با منافذ داخل خاکدانه که توسط حفره‌های آرایشی مرکب احاطه شده است.

۷. هنگامی که مواد خاک عمده‌تاً توسط ذرات معدنی مستقل تشکیل شده است، حفره‌ها فقط

توسط فضای بین خود ذرات تشکیل می‌شود. طرح اصلاح شده ویل و برادی (۲۰۱۷)

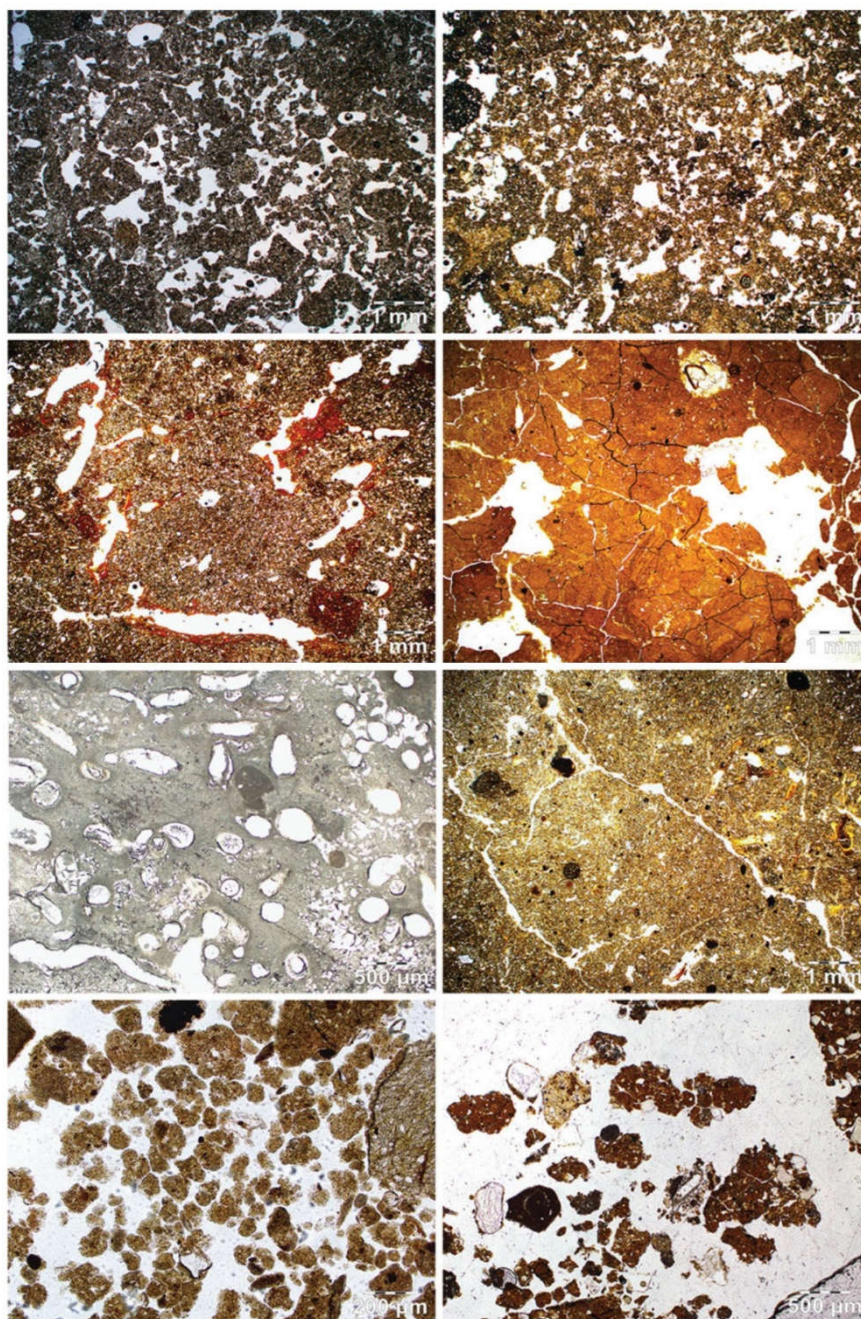
۸. ذرات کوارتز که با حفره‌های آرایشی ساده احاطه شده است.

1- Channel

2- Simple Packing Void

3- Intrapedal

4- Inter Pedal



فایل ۱۸: مورفولوژی حفره‌ها بخش ۱

فایل ۱۸: شکل ظاهری (مورفولوژی) حفرات. بخش ۱

فضاهای خالی فضاهایی است که توسط مواد خاکی اشغال نشده است. میکرومورفولوژیست‌های خاک بین انواع مختلف حفرات با توجه به شکل و آرایش (ترتیب) آن‌ها تمایز قائل می‌شوند. هنگامی که ماهیت آن‌ها مشخص شد، حفره‌ها را بر اساس مورفولوژی آن‌ها می‌توان طبقه‌بندی کرد. شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

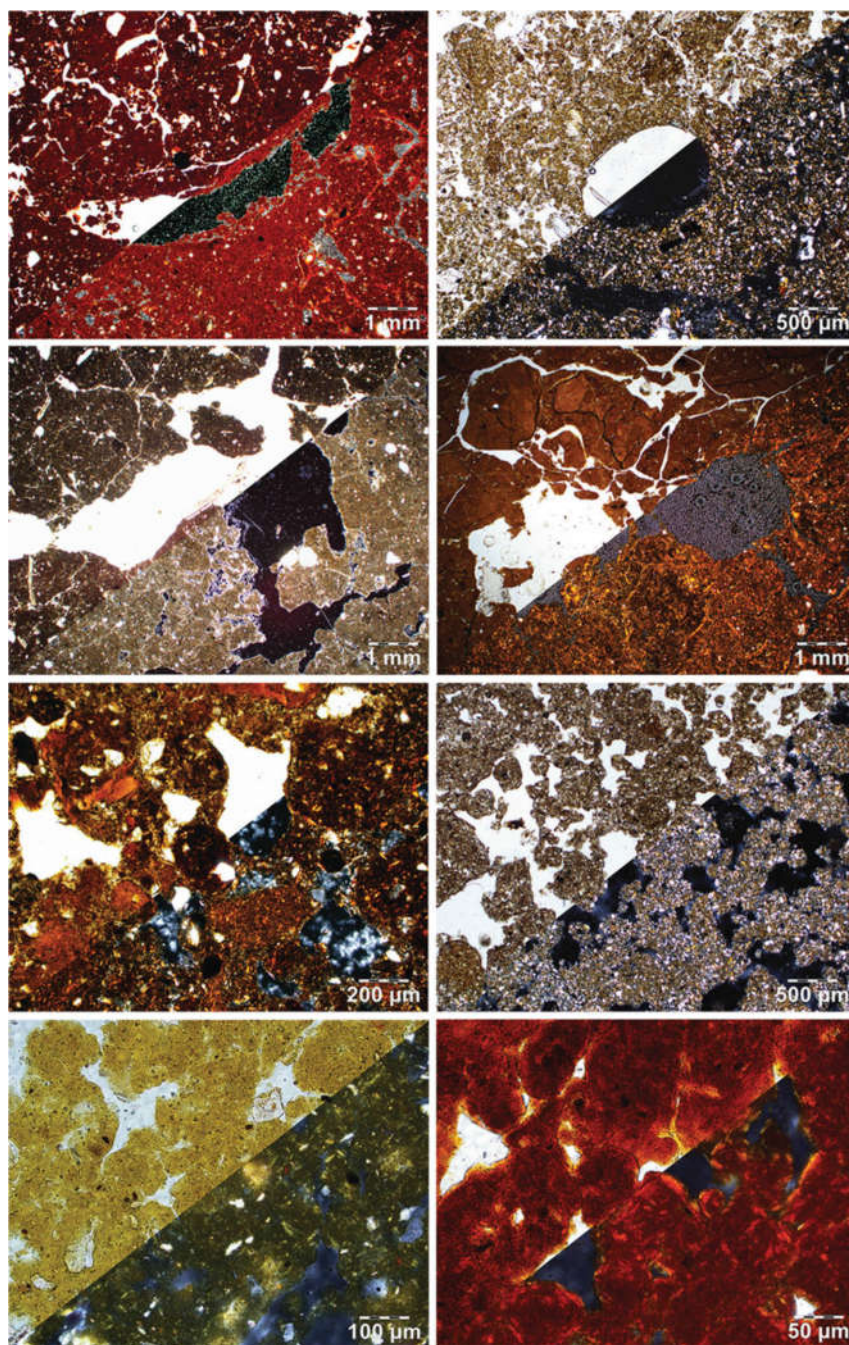
۱. حفره‌های آرایشی ساده^۱ که ذرات کوارتز با پوشش مواد ریز را جدا می‌کند.
۲. حفره‌های آرایشی مرکب^۲ بین خاکدانه‌های ریز فاقد تطابق تا پدهای بدون زاویه‌ای.
۳. حفره‌های آرایشی مجتمع^۳ که ذرات کوارتز و خاکدانه‌های ریز آلی را جدا می‌کند.
۴. حفرات آرایشی مجتمع بین ذرات درشت و خاکدانه‌های خاک با اندازه‌های مختلف.
۵. منافذ صفحه‌ای هموار^۴ (مستقیم) از حفره‌های مسطح است که با انتهای نوک‌تیز جای می‌گیرد.

۶. حفرات صفحه‌ای زیگزاگی^۵ ترک‌هایی است که به‌طور ناگهانی جهت را در طول خود تغییر می‌دهد.

۷. حفرات صفحه‌ای انحنادار^۶ به‌صورت حفرات قوسی تا دایره‌ای شکل است که گاهی به‌صورت پوست پیاز با لایه‌های متعدد ظاهر می‌شود.

۸. حفرات وسیکول^۷ حفره‌های گردی است که اغلب به‌صورت گروهی مشاهده می‌شود. آن‌ها معمولاً نشان‌دهنده وجود حباب‌های هوا در مواد خاکی است.

1- Simple Packing Void
 2- Compound Packing Void
 3- Complex Packing Void
 4- Straight Planes
 5- Zigzag Planes
 6- Curved Planes
 7- Vesicles



فایل ۱۹: مورفولوژی حفره‌ها. بخش ۲

فایل ۱۹: مورفولوژی حفره‌ها (بخش ۲)

فضاهای خالی فضاهایی است که توسط مواد خاکی اشغال نشده است. میکرومورفولوژیست‌های خاک بین انواع مختلف حفره‌ها، با توجه به شکل و آرایش (ترتیب) آن‌ها تمایز قائل می‌شوند. هنگامی که ماهیت آن‌ها مشخص شد، حفره‌ها را می‌توان با توجه به مورفولوژی آن‌ها طبقه‌بندی کرد

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. مقطع طولی یک کانال: این حفره‌ها در برش طولی به صورت لوله‌ای، صاف و استوانه‌ای یا قوسی شکل است که در تمام طول خود نسبتاً یکنواخت است.

۲. مقطع عرضی یک کانال: مشابه منفذی که در بالا توضیح داده شد، برش عرضی معمولاً گرد و صاف و ممکن است شواهدی از مواد خاکی فشرده در اطراف لبه‌ها را نشان دهد.

۳-۴. محفظه‌ها (حجره‌ها)^۱ حفره‌های خاصی است که به منافذ کانالی و صفحه‌ای از داخل به-هم متصل می‌شود. به‌طور کلی اغلب بزرگتر از سایر حفرات دیگر در همان مقطع نازک است.

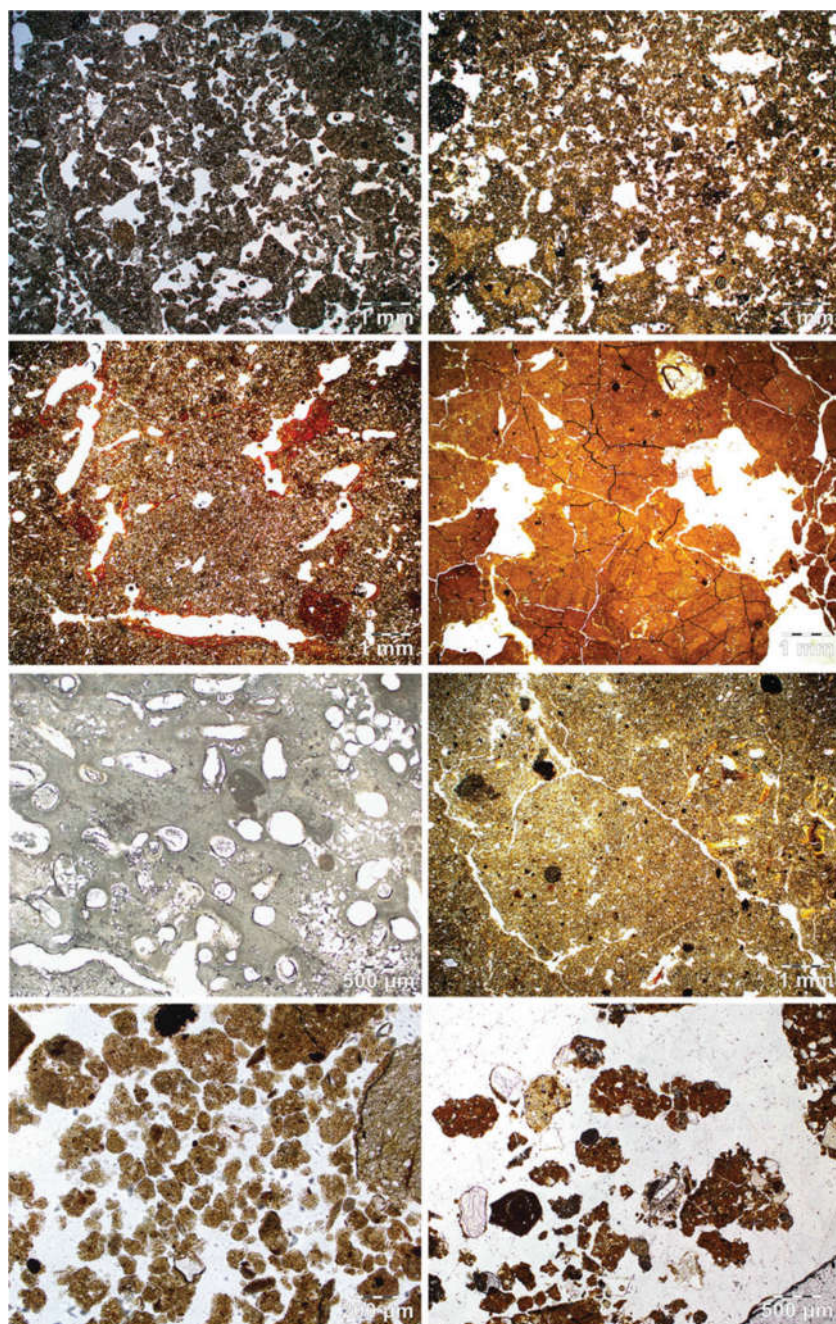
۵-۶. حفرات واگی^۲، حفره‌هایی که نامنظم و غیر کشیده است.

۷-۸. حفرات واگی ستاره‌ای شکل به حفره‌هایی اطلاق می‌شود که شکل مثلثی تا چند ضلعی

دارد که ناشی از اتصال خاکدانه‌های مدور است.

1- Chamber

2- Vugh



فایل ۲۰: ریز ساختمان (ساختمان میکروسکوپی) بخش ۱

فایل ۲۰: ریزساختمان (بخش ۱)

ریزساختمان اصطلاحی است که برای توصیف رابطه بین فازهای جامد و غیر جامد خاک استفاده می‌شود. با استفاده از مورفولوژی خاکدانه‌ها و منافذ، درجه جدایی خاکدانه‌ها و همچنین روابط بین حفره‌ها، خاکدانه‌ها و ذرات معدنی در تعریف ریزساختمان نقش دارد. واضح است که خاک‌ها با توجه به بزرگنمایی مورد استفاده هنگام مشاهده دارای انواعی مختلف از ریزساختمان است؛ با توجه به این انتخاب، باید برای تشریح انجام شود، زیرا این مفهوم توسط روش جامع راهنمای مقطع نازک تبیین می‌شود.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست. همه عکس‌ها در PPL است.

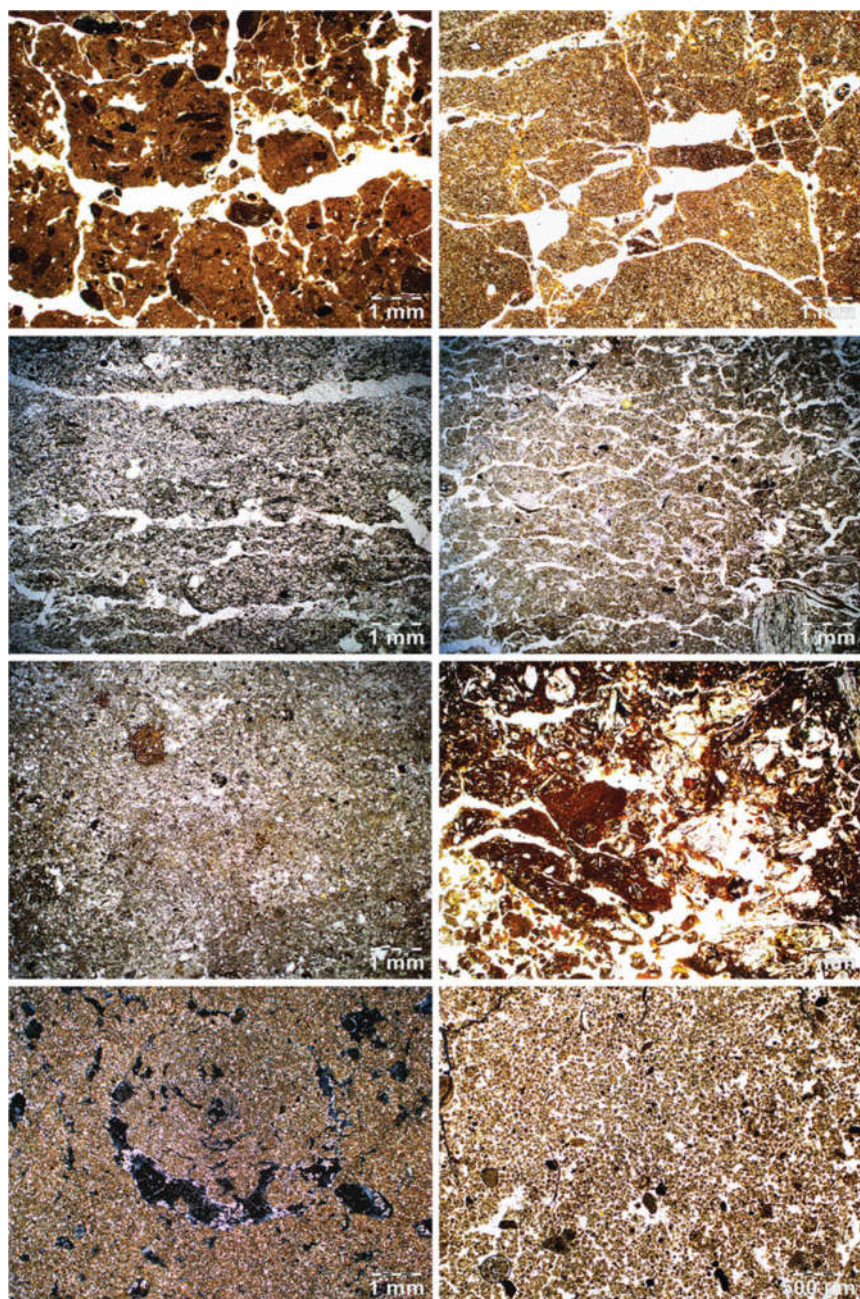
۱. ریزساختمان واگی^۱: واگی‌های غالب، پیوستگی مواد ریز خاک را گسسته می‌کند.
۲. ریزساختار اسفنجی^۲: بسته به نوع حفره‌ها، این ریزساختمان متعدد بوده و اغلب به یکدیگر راه دارد و پیوستگی مواد خاکی را قطع می‌کند.
۳. ریز ساختمان کانالی: کانال‌های فراوانی داخل متن خاک وجود دارد.
۴. ریز ساختمان محفظه‌ای (حجره‌ای): محفظه‌های فراوانی داخل متن خاک وجود دارد.
۵. ریز ساختمان وسیکولی^۳: وسیکول‌های فراوانی داخل متن خاک وجود دارد. برخی از منافذ همچنین کانال‌هایی دارد که در شکل مثال مورد نظر دیده می‌شود.
۶. ریزساختمان شکاف یا ترک^۴ (بولوک و همکاران ۱۹۸۵): خاکدانه‌های بلوکی به‌طور کامل از هم جدا نیست. به‌طور کلی، همان‌طور که در تصویر نشان داده شده است، به جز چند منفذ صفحه‌ای و در صورت امکان برخی از کانال‌ها، زمینه یا متن خاک متراکم است.
۷. گرانول یا دانه‌ای: خاکدانه‌های کوچک، گرد، غیر جای‌گیر (فاقد تطابق) که به‌طور قابل توجهی فاقد تخلخل داخلی بوده.
- آن‌ها توسط حفره‌های آرایشی مرکب جدا شده که در این حالت، ریزساختمان را دانه‌ای (گرانوله) می‌نامند.
۸. ریزساختمان کرامبی (متخلخل): خاکدانه‌های متشکل از خوشه‌های کوچک، حتی ریز، از متن خاک که به‌طور غیریکنواخت به هم متصل شده، اغلب کم و بیش گرد بوده و دارای منافذ کوچکی به‌صورت مخلوط است. وقتی خاکدانه‌های کرامبی شکل کنار یکدیگر قرار گیرد می‌تواند ریزساختمان کرامبی را ایجاد کند.

1- Vugy Microstructure

2- Spongy Microstructure

3- Vesicular Microstructure

4- Fissure / Crack Microstructure



فایل ۲۱: ریزساختمان (ساختمان میکروسکوپی) بخش ۲

فایل ۲۱: ریزساختمان ساختمان میکروسکوپی (بخش ۲)

ریزساختمان اصطلاحی است که برای توصیف رابطه بین فازهای جامد و غیر جامد خاک استفاده می‌شود. با استفاده از مورفولوژی خاکدانه‌ها و منافذ، درجه جدایی خاکدانه‌ها و همچنین روابط بین حفره‌ها، خاکدانه‌ها و ذرات معدنی در تعریف ریزساختمان نقش دارد. واضح است که خاک‌ها با توجه به بزرگنمایی مورد استفاده هنگام مشاهده، دارای انواع مختلفی از ریزساختمان است؛ با توجه به این انتخاب، باید برای تشریح انجام شود، زیرا این مفهوم توسط روش جامع راهنمای مقطع نازک تبیین می‌شود.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

همه عکس‌ها در PPL هست، در صورتی که غیر از این مشخص نشده باشد.

۱. ریزساختمان مکعبی بدون زاویه: حفره‌های صفحه‌ای کوتاه که پدهای مکعبی بدون زاویه را در تمام یا بیشتر قسمت‌ها جدا می‌کند. برخی از حفره‌های دیگر، مانند کانال‌های کوچک یا واگی‌ها نیز می‌تواند داخل یا بین خاکدانه‌ها وجود داشته باشد. در نهایت، سطوح خاکدانه‌ها به خوبی یکدیگر را در خود جای می‌دهد.

۲. ریزساختمان بلوکی زاویه‌دار: خاکدانه‌هایی با لبه‌های زاویه‌دار تیز. خاکدانه‌ها توسط شبکه‌ای از حفره‌های صفحه‌ای از هم جدا شده و به خوبی یکدیگر را در خود جای می‌دهد. انواع دیگر حفره‌ها نادر است.

۳. ریزساختمان بشقابی: وقتی خاکدانه‌های دراز و افقی روی هم قرار می‌گیرد، معمولاً توسط حفره‌های صفحه‌ای از هم جدا می‌شود.

۴. ریزساختمان عدسی شکل: خاکدانه‌های دراز اما عدسی شکل (صفحات) که روی هم قرار گرفته و توسط حفره‌های صفحه‌ای نیمه افقی، موج‌دار یا زیگزاگی از یکدیگر جدا می‌شود.

۵. ریزساختمان توده‌ای: یک فاز جامد فراوان که در آن جداسازی خاکدانه‌ها یا پدها غیرممکن است. مقداری از حفره‌های کوچک را می‌توان مشاهده کرد، اما آنچه در تصویر هست، لکه‌های سفید از جنس ذرات کوارتز است و حفره نیست.

۶. ریزساختمان مجتمع: مخلوطی از دو یا چند نوع ریزساختمان. در این مورد، ریزساختمان می‌تواند با استفاده از ترکیبی از اصطلاحاتی که ریزساختمان‌های مختلف مشاهده شده در مقطع نازک خاک را تعریف می‌کنند، نام‌گذاری شود.

۷. ریزساختمان کروی، یا ریزساختمان پوست‌پیزی (فیتز پاتریک ۱۹۹۳): یک ریزساختمان خاص شناخته‌شده در نام‌گذاری که توسط استوپس (۲۰۰۳) پذیرفته شده است. شکل نشان‌دهنده حفره‌های صفحه‌ای انحنادار ناپیوسته و متحدالمرکز در زمینه خاک است که در نمای XPL تهیه شده است.

۸. ریزساختمان ورمیکولار: شبیه توده درهم تنیده‌ای از اشکال کرم مانند است. این یک شبکه پیچیده از پرشدگی‌های کامل متراکم است که توسط حفره‌های کرم مانند پیوسته یا ناپیوسته متصل شده است. آنچه توسط فیتز پاتریک (۱۹۹۳) معرفی شد در واقع یک ریزساختمان خاص بود که در نام‌گذاری توسط استوپس (۲۰۰۳) استفاده شد.^۱

۱- دسترسی آزاد این فصل مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 دارد (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), که اجازه استفاده، اشتراک‌گذاری، انطباق، توزیع، و تکثیر را در هر رسانه یا هر جایگاهی که اعتبار مناسب را به نویسنده(های) اصلی دهد و منبع را ذکر نماید می‌تواند به Creative Commons لینک شود و تغییرات موردنیاز را هم اشاره نماید. تصاویر یا سایر مطالب شخص ثالث در این فصل در مجوز فصل Creative Commons گنجانده شده است، مگر اینکه مواردی دیگر که مشخص نشده با مجوز آورده شود. اگر مطالب موردنظر در فصل مربوط به مجوز Creative Commons گنجانده نشده باشد و مطالب مورد استفاده در مقررات قانونی نباشد یا فراتر از حد مجاز باشد نیاز هست باید مستقیماً از دارنده حق چاپ، مجوز لازم درخواست گردد.

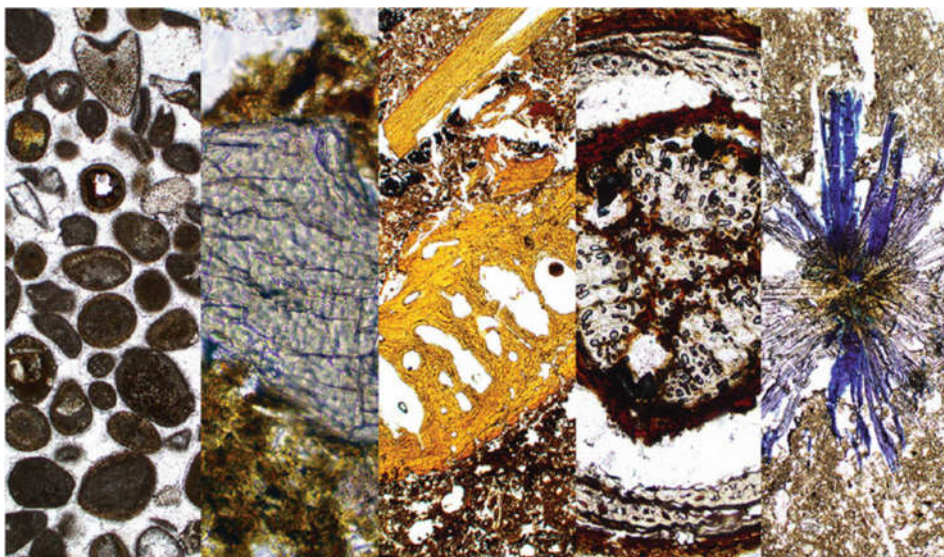
فصل سوم:

اجزای اساسی

فایل ۲۲: اجزاء معدنی و آلی

اجزاء معدنی و آلی از اجزای اساسی مشاهده شده در مقاطع نازک خاک است. به‌عنوان مثال، این اجزاء می‌تواند به‌صورت ذرات سنگی درشت یا ذرات معدنی مستقل به‌صورت ذرات شنی ظاهر شود. همچنین می‌تواند بخش بزرگی از مواد ریز را که توسط کانی‌های رسی یا بخش‌هایی از ریشه گیاه یا قطعات برگ، یعنی مواد آلی اشغال شده را تشکیل دهد. این اجزاء بدنه خود خاک را تشکیل می‌دهد و در میکرومورفولوژی خاک به متن خاک تعلق دارد و نیز موادی که تشکیل‌دهنده عوارض خاکساخت^۱ است (به فایل ۹ مراجعه کنید). دو نوع از اجزای اساسی توسط استوپز (۲۰۰۳، ۲۰۲۱)، شناسایی شده است. آنهایی که در بزرگنمایی میکروسکوپ نوری قابل تشخیص است و آنهایی که نیست. استوپس (۲۰۰۳، ۲۰۲۱) به مشکل وضوح میکروسکوپ نوری و ضخامت معمولی مقاطع نازک اشاره کرد. به علاوه ترجیحاً یک حد اندازه‌ای استاندارد بین مواد درشت و ریز وجود ندارد. در نتیجه سه نوع اصلی از اجزای اساسی وجود دارد: اجزاء معدنی درشت، فاز مواد معدنی ریز و اجزاء مرتبط با مواد آلی.

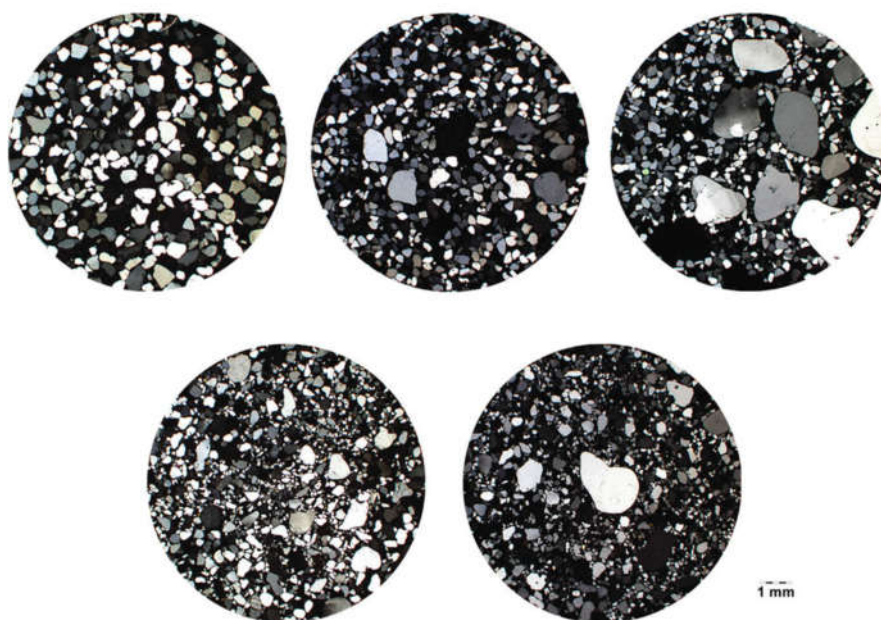
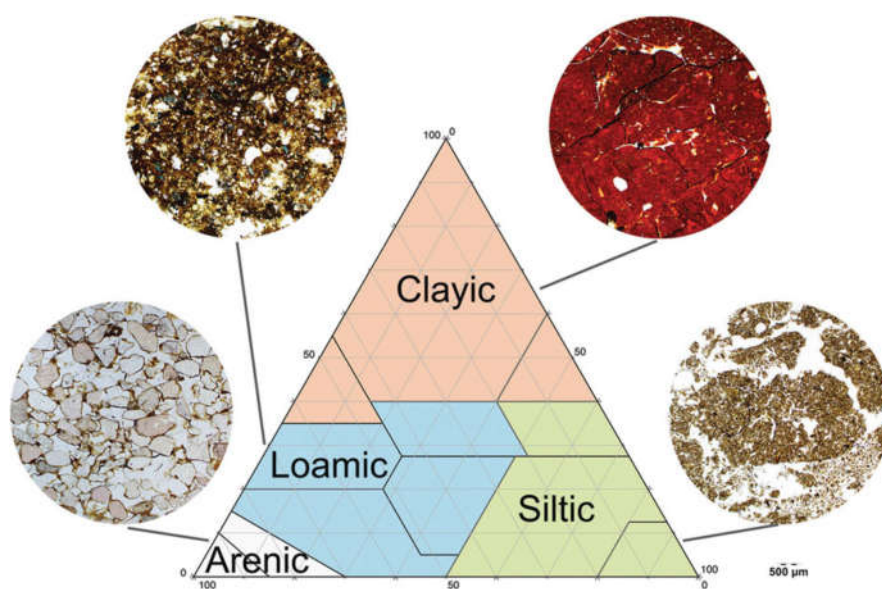
پس از تشریح گروه‌بندی و شکل ذرات درشت، پنج مقطع وجود دارد که سنگ‌های اصلی موجود در خاک‌ها را بیان می‌کند. در زمان فاز هوازدگی، سنگ‌ها می‌تواند ذرات معدنی را در محیط خاک آزاد کند و این حالت در پنج مقطع دیگر نشان داده شده است. در سه مقطع از سنگ‌ها تنوع زیادی از ریزتوده (مواد ریز) و سایر اجزای تشکیل‌دهنده متن گراندماس را نشان می‌دهد برخی از کانی‌ها از سنگ‌ها منشأ نمی‌گیرند، بلکه از موجودات زنده مانند گیاهان، باکتری‌ها، قارچ‌ها و حیوانات منشأ می‌گیرند که به نام: «کانی‌های زیستی» شناخته می‌شود و در سه مقطع نازک، موارد مشترک گزارش می‌شود. مواد آلی، نقش اساسی در خاک دارد و آثار زیادی از تأثیر خود را در مقیاس ریز به‌جای می‌گذارد: سه مقطع نازک ویژگی‌های مختلف آن را شرح می‌دهد. در نهایت، خاک پایه و اساس همه تمدن‌ها است: آن‌ها اغلب شامل آثاری از نوع بشر دارد که به آن‌ها عوارض حاصل از فعالیت بشر می‌گویند. این‌ها توسط دو مقطع نشان داده شده است.



تنوع مواد تشکیل‌دهنده، از مواد معدنی تا عوارض آلی یا انسانی. همهٔ عکس‌های میکروسکوپی در PPL تهیه شده است.^۱

۱- @ مؤلف (مؤلفین)، ۲۰۲۱

یک اطلس بصری برای میکرومورفولوژیست‌های خاک
E. P. Verrechia, L. Trombino
<http://doi.org/10.1007/978-3-030-67806-7-3>



فایل ۲۳: اندازه ذرات و جورشدگی

فایل ۲۳: اندازه ذرات و جورشدگی (گروه‌بندی)

نسبت مواد درشت و ریز، با توجه به اندازه، درجه گروه‌بندی (جورشدگی) آن‌ها و شکل آن‌ها از عوامل اساسی در تعیین بافت خاک در مقاطع نازک است. همه این اصطلاحات در حال حاضر در سنگ‌شناسی رسوبی برای توصیف سنگ‌های رسوبی آواری انتقالی استفاده می‌شود. آن‌ها همچنین در خاک‌شناسی تا حد تعیین خواص فیزیکی خاک استفاده می‌شود. علاوه بر این، با توجه به اندازه ذرات، باید تأکید کرد که اندازه‌گیری اندازه اجزاء در مقاطع نازک دشوار است، زیرا اندازه آن‌ها به جهت‌گیری ذرات و صفحه برش عرضی آن نسبت به سطح مقطع نازک بستگی دارد.

شرح تصاویر با طرح سه‌تایی از بالا شروع می‌شود. تصاویر گرد در زیر نمودار سه‌تایی از گوشه سمت چپ به گوشه سمت راست پایینی فهرست شده است.

۱. قطعه (پلات) سه‌تایی اندازه ذرات خاک و کلاس بافت طبق پایگاه مرجع جهانی منابع خاک (IUSS و کارگروه 2014 WRB). نمونه‌هایی از بافت در عکس میکروسکوپی (در PPL) است که برای هر نوع بافت نشان داده شده است؛ مثلاً رسی، سیلتی، آرنیک و لومیک. این مثال‌ها توسط نمونه‌های واقعی خاک که آنالیز توزیع اندازه ذرات برای آن‌ها انجام شده، تشریح شده است. بافت رسی: خاک از سواحل لیگوریا (شمال ایتالیا)؛ بافت سیلتیک: خاک از فلات لسی (چین)؛ بافت لومی: خاک از شمال آپنین (ایتالیا)؛ بافت آرنیک: خاک از صحرای مرکزی (لیبی).

۲-۶. پس از آنالیز توزیع اندازه ذرات از یک ماده اولیه، کلاس‌های به دست آمده به صورت انتخابی با هم مخلوط شد تا بازسازی نمونه‌های بصری با توزیع مناسب اندازه ذرات به دست آید. همه نماها در XPL

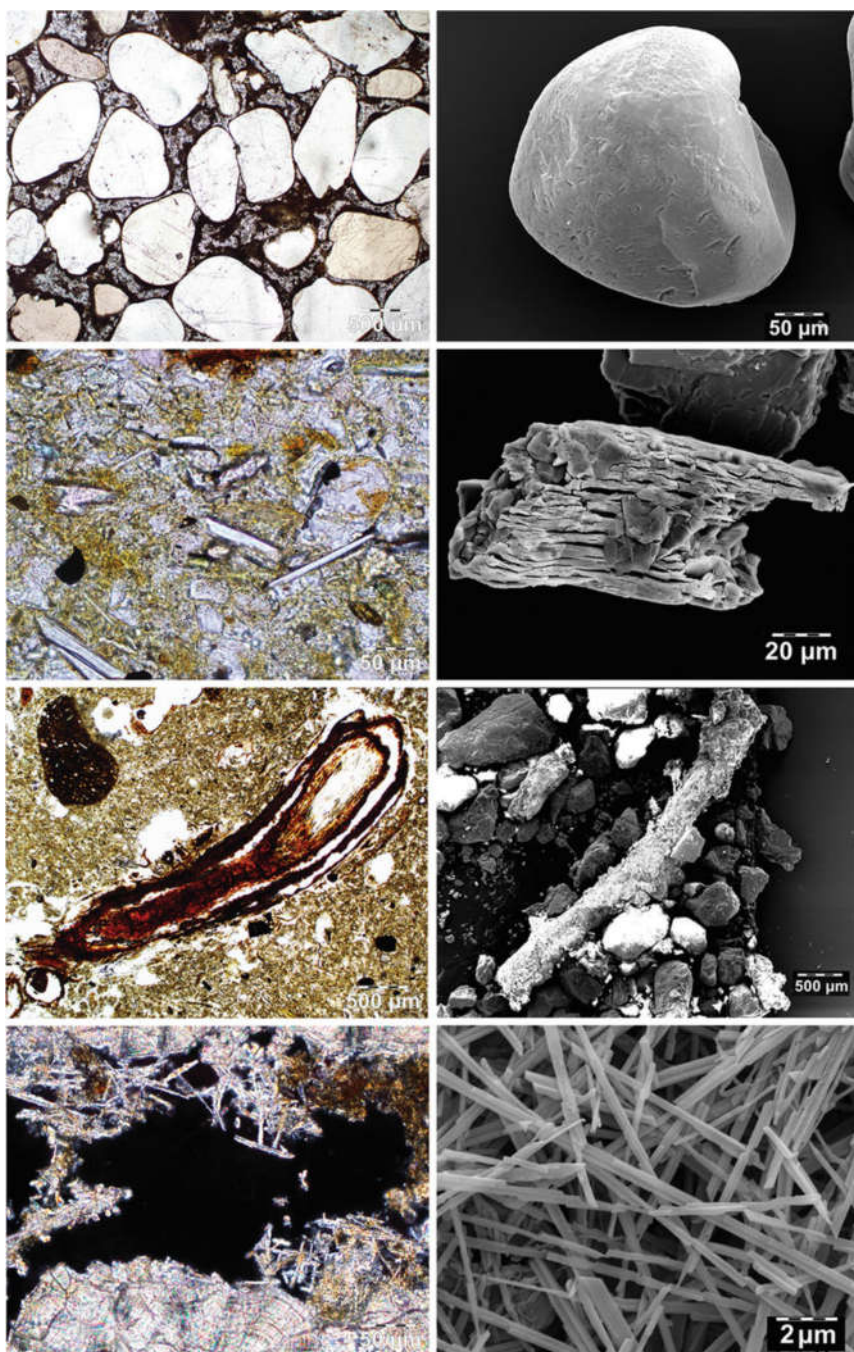
۲. فقط یک بخش از اندازه شن کوارتزی موجود است که گروه‌بندی (جورشدگی) را کامل می‌کند.

۳. فقط تا ۱۰ درصد از بخش اندازه ذره به غیر از بخش اندازه‌ای شن کوارتز غالب وجود دارد که منجر به گروه‌بندی (جورشدگی) خوب خاک می‌شود.

۴. بخش‌هایی به غیر از بخش اندازه شن کوارتز غالب که ۱۰ تا ۳۰ درصد از ذرات معدنی را دربر گرفته، در نتیجه بافت خاک با گروه‌بندی (جورشدگی) متوسط را در مقطع نازک ایجاد می‌کند. حداقل دو بخش متفاوت وجود دارد: ریز و بسیار درشت.

۵. بخش شن کوارتزی با گروه‌بندی (جورشدگی) کامل دیگر جزء غالب نیست و در نتیجه حاصل آن (جورشدگی) ضعیفی خواهد بود. هیچ اندازه مستقلی شکل غالب را به‌وضوح ندارد.

۶. انواع اندازه‌های شن کوارتز که مقدار مشابهی دارد، جورشدگی بسیار ضعیف است و رسوب به‌صورت گروه‌بندی نشده (جور نشده) تعریف می‌شود.



فایل ۲۴: شکل ذرات هم‌اندازه بودن

فایل ۲۴: شکل ذرات هم‌بعدی^۱: (با ابعاد مساوی)

«هم‌بعدی» به روش اندازه‌گیری ذرات با توجه به سه بعد عمود بر هم در فضا و اینکه چگونه ابعاد مساوی دارد، اشاره می‌کند. با این حال، اشکال ذرات را فقط می‌توان بر اساس دو بعد در مقطع نازک تشریح کرد؛ بنابراین، مورفولوژی سه‌بعدی واقعی ذره باید به‌طور دقیق استنباط یا استنتاج شود، زیرا این حالت به جهت‌گیری جسم و جهت صفحه برش مقطع آن نسبت به سطح مقطع نازک بستگی دارد.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. ذرات شن کوارتز شکل هم‌بعد^۲ (اکوانت) که توسط لایه‌های نازک اندازه میکریته احاطه شده و توسط میکرواسپاریت سیمان شده است (ساحل بیزرت، تونس؛ XPL). مورفولوژی اکوانت (هم‌بعد) یعنی دامنه یکسان در طول سه محور دارد.

۲. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی^۳ سه‌بعدی از یک ذره شن کوارتز با منشأ بادی. (چوب اینکلاو، بوتسوانا).

۳. ذرات میکای صفحه‌ای پراکنده در ریزتوده (مواد ریز) خاکستری مایل به زرد. (شمال به دشت پو، ایتالیا؛ PPL). در مورفولوژی صفحه‌ای، یک محور بسیار کوتاه‌تر از دو محور دیگر است و شکلی مسطح و پهن به جسم می‌دهد.

۴. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سه‌بعدی از یک کریستال میکای مسطح (صفحه‌ای) هم‌اندازه در بند ۳. (کوه ژورا، سوئیس).

۵. قطعاتی از ریشه فرعی دوکی شکل^۴ داخل یک منفذ کانالی در یک خاک لومی (شمال آپنین، ایتالیا؛ XPL). چنین مورفولوژی‌هایی معمولاً حالت کشیده است و یک محور آن‌ها بلندتر از محورهای دیگر است.

۶. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سه‌بعدی از قطعه ریشه فرعی دوکی شکل پرولاتی در خاک شنی درشت. (بخش مرکزی دشت پو، ایتالیا).

۷. بلورهای سوزنی شکل^۵ از کلسیت الیافی - سوزنی^۶ که دیواره منفذ کانالی را در خاک سیلتی می‌پوشاند. (لوس فلات، چین؛ XPL). همانند بلورهای کلسیت نشان داده شده در عکس، شکل سوزنی نوک‌تیز به مورفولوژی‌های کشیده و سوزنی مانند اشاره دارد.

۸. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سه‌بعدی از بلورهای سوزنی شکل نوک‌تیز کلسیت فیبری - سوزنی (کوهستان ژورا، سوئیس).

1- Equidimensionality

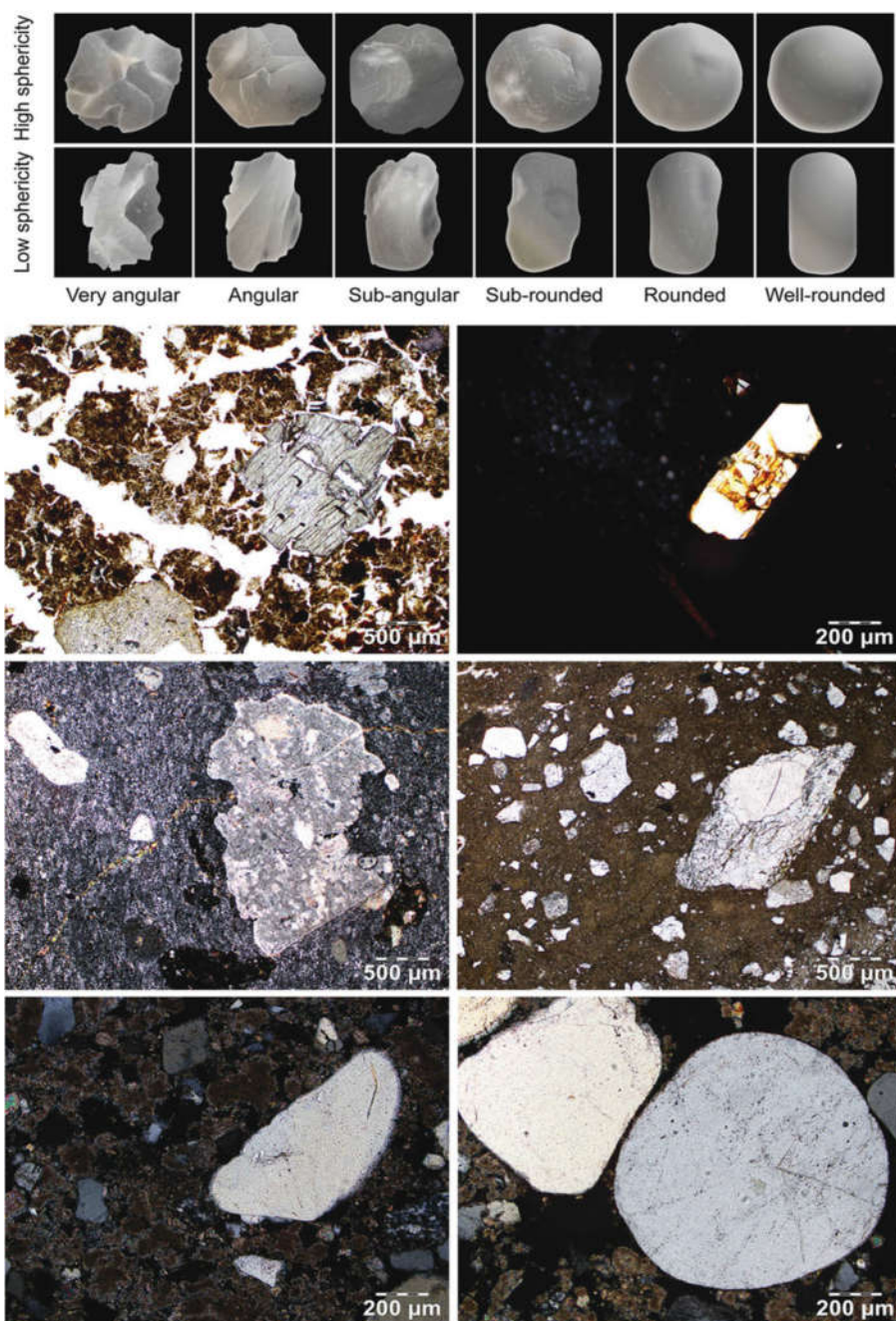
2- Equant

3- Scanning electron microscope

4- Prolate rootlet fragment

5- Acicular crystal

6- Heedle – Fiber calcite



فایل ۲۵: شکل ذرات گرد و کروی بودن

فایل ۲۵: شکل ذرات (دانه‌ها) گرد و کروی بودن

گردی یک ذره با وضوح لبه‌ها و گوشه‌های آن، مستقل از شکل خود ذره تعیین می‌شود. کروی بودن ذره با شکل کلی آن به‌طور مستقل از تیزی (وضوح) لبه‌ها و گوشه‌های آن تعیین می‌شود. هر دو ویژگی معمولاً با استفاده از نمودارهای تخمین بصری ارزیابی می‌شود؛ حتی اگر امروزه نرم‌افزار پردازش تصویر بتواند به‌طور خودکار پارامترهایی را تولید کند که گردی و کروی بودن ذرات منفرد را توصیف کند. (به فایل ۷۷ مراجعه کنید).

شرح تصاویر با نمودار تخمین بصری در بالا شروع می‌شود. سپس آن‌ها از گوشه سمت چپ بالا به گوشه راست در پایین فهرست می‌شود.

۱. نمودار تخمین بصری گردی و کروی بودن، از پاورز (۱۹۵۳) دوباره ترسیم شده است. شش کلاس گردی و دو کلاس کروی ارائه شده است. در کار اصلی پاورز (۱۹۵۳)، ذرات از رس مدل‌سازی شد تا امکان افزودن جزئیاتی مانند شکل، کروی و گرد بودن ذرات را فراهم کند. سایر نمودارها از آن زمان ترسیم شده است، اما از هر نوع که باشد، همه آن‌ها بر اساس همان رویکرد پاورز است (۱۹۵۳). آن‌ها معمولاً برخی از مراحل میانی را در تغییرپذیری پارامترها اضافه می‌کنند. کلاس‌های گردی پاورز (۱۹۵۳) بر اساس نسبت ویژه $\rho = r/R$ است که r شعاع انحنای بزرگ‌ترین دایره محصور و R شعاع کوچک‌ترین دایره محصور است. اعداد مربوط به این نسبت در دامنه کلاس‌های «بسیار زاویه‌دار» تا «کاملاً گرد» متغیر است که به شرح زیر است: ۰,۱۲ تا ۰,۱۷، ۰,۲۵ تا ۰,۳۵، ۰,۳۵ تا ۰,۴۹، ۰,۴۹ تا ۰,۷۰ و ۰,۷۰ تا ۱. بر اساس کار وادل (۱۹۳۲)، کرومبین (۱۹۴۱) برای تخمین کرویت فرمول $\psi = \left(\frac{bc}{a^2}\right)^{1/3}$ پیشنهاد شد که a ، b و c به ترتیب ابعاد محور بلند، میانی و کوتاه ذره است. امروزه پردازش تصویر به‌طور کمی به‌صورت خودکار امکان انتخاب ذره را میسر می‌نماید و پارامترهای شکل باید محاسبه شود. (هیل برونر و بارت ۲۰۱۴).

۲. کرویت بالا، بسیار زاویه‌دار: ذره آمفیبول از اندوسول، آفریقای شرقی استوایی، PPL.

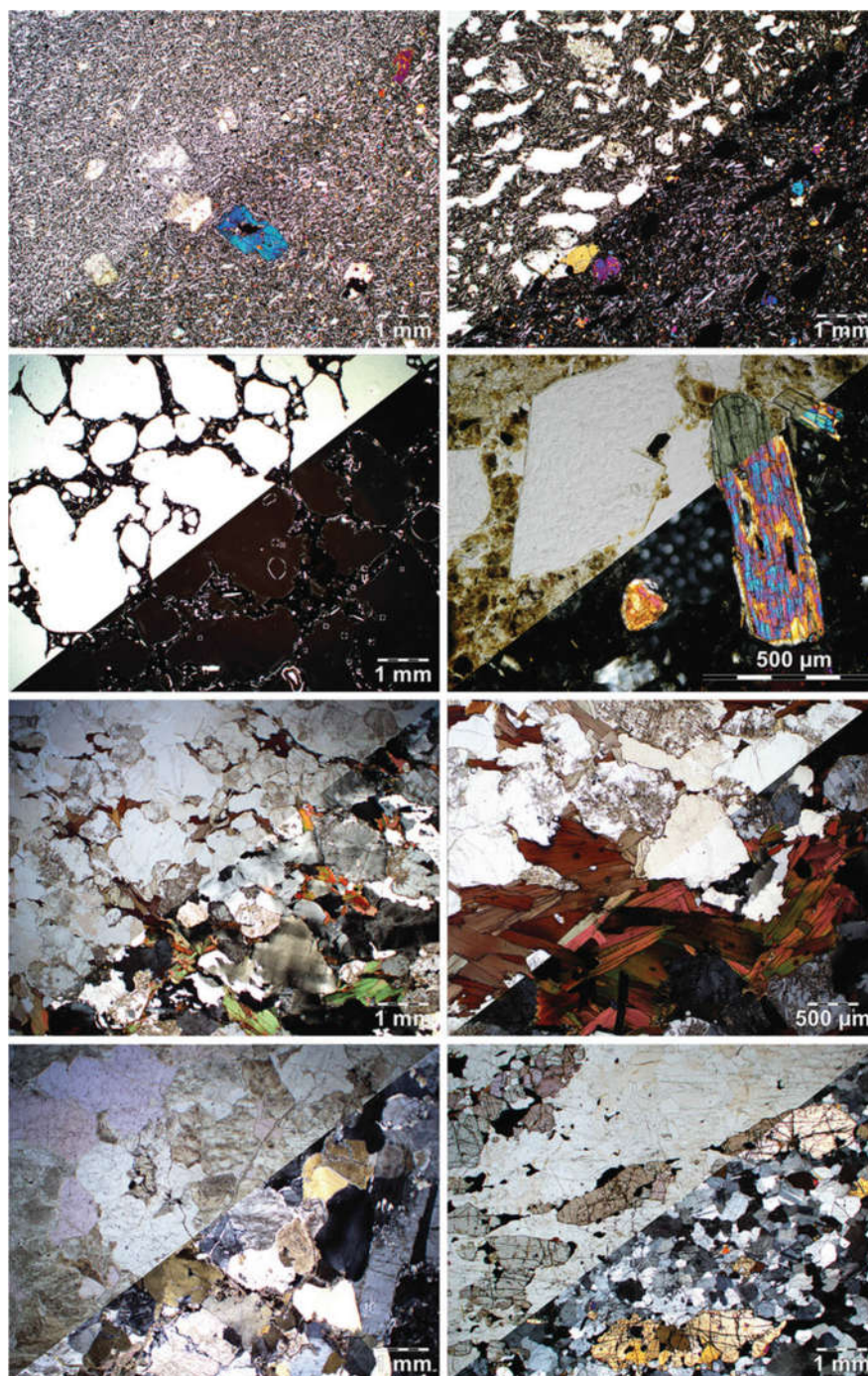
۳. کرویت کم، زاویه‌دار: دانه فلدسپات هوازده در یک میکروتوده تیره متراکم از اندوسول، شرق استوایی آفریقا؛ XPL.

۴. کرویت کم، بدون زاویه: نودول میکریتیک تا میکرواسپاریتیک از ورتی‌سول، کامرون شمالی. XPL

۵. کرویت کم، نیمه‌گرد: ذره کوارتز در یک ریزتوده کربناته میکریتی از کلسیسول، مراکش. PPL.

۶. کرویت کم-گرد: ذره کوارتز همراه با ذرات قرصی شکل کربنات کلسیم در کلسیسول، شمال تونس XPL.

۷. کرویت بالا، کاملاً گرد: ذره کوارتز در رسوبات بادی مشاهده شده در کاستانوزم، بوتسوانا. XPL



فایل ۲۶: بازالت، گرانیت و گابرو

فایل ۲۶: بازالت، گرانیات و گابرو

مشاهده قطعات سنگی درشت در مقاطع نازک خاک بسیار رایج است؛ بنابراین شناخت بافت و ماهیت آن‌ها مهم است، زیرا آن قطعات بر نقش مواد مادری خاک تأکید دارد یا می‌تواند نتیجه تغییراتی در یک افق خاک مشاهده شده باشد و نشان‌دهنده این موضوع که منشأ این مواد از جای دیگر است. این بخش سه سنگ آذرین رایج یعنی بازالت، گرانیات و گابرو را شرح می‌دهد.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. بازالت‌ها سنگ‌های آذرین آتش‌فشانی تیره با بافت میکروولیتی است که عمدتاً از بلورهای ریز پلاژیوکلازها در بخش مواد ریز متن خاک تشکیل شده است. در تصویر بلورهای آبی روشن و نارنجی در XPL فنوکریست‌هایی کانی الیوین بوده و آن‌هایی که رنگی مایل به سفید دارد کلینوپیروکسن‌های کلسیمی است. ماسیف مرکزی، فرانسه.

۲. بازالت وسیکول‌دار که دارای بافت و کانی‌های مشابه بند ۱ است، اما به دلیل وجود گاز، دارای حفره‌های بزرگ است. چنین ریزساختاری باعث می‌شود این نوع بازالت بیشتر در معرض هوازگی قرار گیرد. ماسیف مرکزی، فرانسه.

۳. سنگ پامیس بازالتی با حفره‌های بزرگ که هوا را حبس نموده و توسط لایه‌های نازکی از مواد زمینه‌ای بازالتی پر شده از حباب، جدا شده است. حباب‌ها؛ مرکز ماسیف، فرانسه

۴. خاکستر آتش‌فشانی که نزدیک منبع فوران رسوب کرده است. کریستال‌های درشت توسط شیشه‌های هوازده‌ای احاطه شده که مواد آمورف تشکیل‌دهنده در ریزتوده است (حالت خاموشی در XPL). دو کریستال درشت فلدسپات (به رنگ سفید در PPL) و آمفیبول است. (سبز در PPL که معمولاً با رنگ‌های حاصل از دو ضریب شکست سری دوم متوسط در XPL دارد)؛ ماسیف مرکزی، فرانسه.

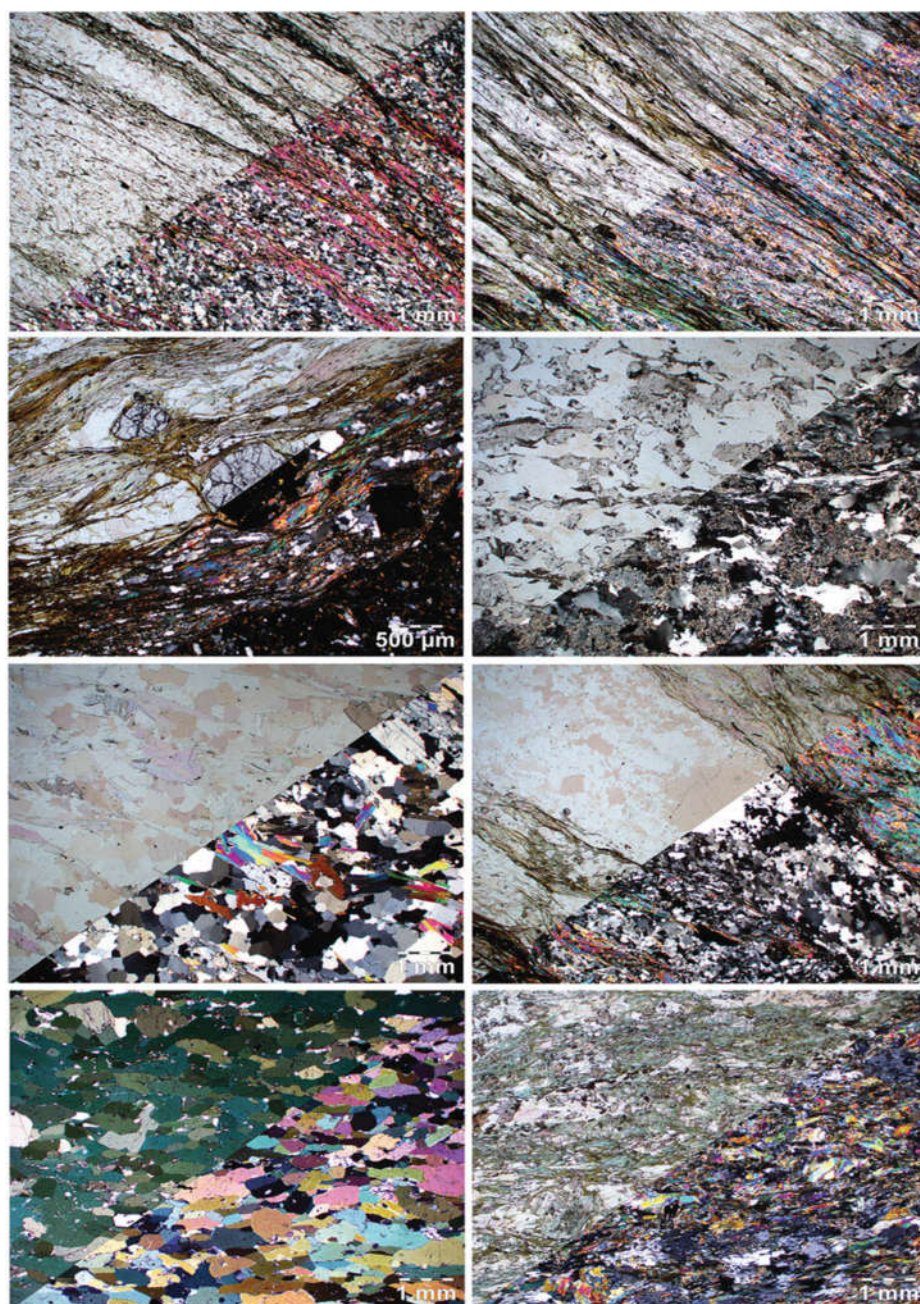
۵. گرانیات یک سنگ آذرین پلوتونیک (آتش‌فشانی بیرونی) با بافت دانه‌ای است. در این مثال که از منطقه فورز، فرانسه است، کوارتز یک کانی غالب (کریستال‌های سفید شفاف در PPL) همراه با فلدسپات‌ها، مانند میکروکلین سطوح چندگانه در حال تغییر را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که یک الگوی متقاطع در XPL را تشکیل می‌دهد. برخی از میکاها با رنگ نارنجی یا سبز روشن مایل به قرمز در XPL از سایر کانی‌ها قابل تشخیص است.

۶. گرانیات با ذرات کوارتز درشت (PPL و XPL). کریستال‌هایی که در PPL به‌صورت شفاف و غبارآلود و در XPL خاکستری بوده فلدسپات است، ولی کانی‌های قهوه‌ای (در PPL) و قهوه‌ای تیره تا نارنجی مایل به قرمز همان میکا (بیوتیت) است. منطقه کبک، کانادا.

۷. گرانیات متشکل از کوارتز، ارتوکلاز (یک فلدسپات پتاسیم‌دار) و پلاژیوکلازها. ارتوکلازها به‌صورت بلورهای غبارآلود در PPL و خاکستری در XPL ظاهر می‌شود. کریستال زرد روشن یک

میکا است. این نوع گرانیت تحت مقداری از هوازدگی قرار داشته و دلیل آن حضور مقدار کم از کریستال‌های کلسیت (سفید روشن مایل به زرد غبارآلود در XPL) به‌طور ثانویه است که در برخی از منافذ رسوب نموده. کوه‌های آلپ سوئیس.

۸. گابرو، سنگ آذرین مافیک معمولی است که عموماً مایل به سبز و تیره‌رنگ است. این نمونه از انتاریوی کانادا، حاوی تعدادی زیاد از پلاژیوکلاز (در PPL سفید و از سفید تا خاکستری و خاموشی یا تیره در XPL) و مقدار جزئی از الیوین است (سبز روشن در PPL و زرد روشن در XPL).



فایل ۲۷: شیست، گنیس و آمفیبولیت

فایل ۲۷: شایست، گنیس و آمفیبولیت

برخی از قطعات سنگی درشت در مقاطع نازک خاک از سنگ‌های دگرگونی سرچشمه می‌گیرد؛ بنابراین بافت و ماهیت آن‌ها مهم است، زیرا آن‌ها بر نقش مواد مادری خاک تأکید دارد یا اینکه تغییراتی در یک افق خاک مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد این مواد از جای دیگر منشأ گرفته است. در این بخش چهار سنگ سیلیکاتی دگرگونی رایج یعنی شایست، گنیس، آمفیبولیت و شایست سبز را تشریح می‌نماید.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. بافت شایست معمولی که ذرات ورقه‌مانند را با جهت‌گیری ترجیحی نشان می‌دهد؛ یعنی در جهت شمال غربی - جنوب شرقی NW-SE. مناطق روشن در PPL عمدتاً توسط ذرات کوارتز تشکیل شده است، درحالی‌که لایه‌های ریز و تیره در PPL و صورتی تا زرد در XPL، میکاهای جهت یافته است؛ یعنی بیوتیت و مسکویت. منطقه آلپ - ایتالیا

۲. رخساره میکا شایست شبیه به ۱، اما با لایه‌های نازک فراوان میکا که داخل آن‌ها نوارهای نازک کوارتز قرار گرفته است. کوارتز در XPL سفید، خاکستری و در حالت XPL در خاموشی است، درحالی‌که میکا در رنگ‌های سری دوم ظاهر شده. آلپ ایتالیا

۳. یک میکا - شایست - گارنت که یک کریستال گارنت را در مرکز خود نشان می‌دهد. (ایزوتروپیک در XPL، یعنی سیاه). نوارهای رنگی سری بالا در XPL از میکای مسکویت که همراه با مقداری از کریستال‌های قهوه‌ای میکای بیوتیت تشکیل شده است. بلورهای خاکستری و سفید در XPL کوارتز همراه با فلدسپات است. آلپ ایتالیا

۴. نمونه‌ای از شایست حاوی مقادیر قابل توجهی سربیسیت، نوعی میکای ریزدانه. (رنگی سری بالا و کریستال‌های ریز در XPL). آثاری از ساختمان صفحه‌ای - ورقه‌ای شایستوزیتی در وسط دیده می‌شود. انتاریو، کانادا

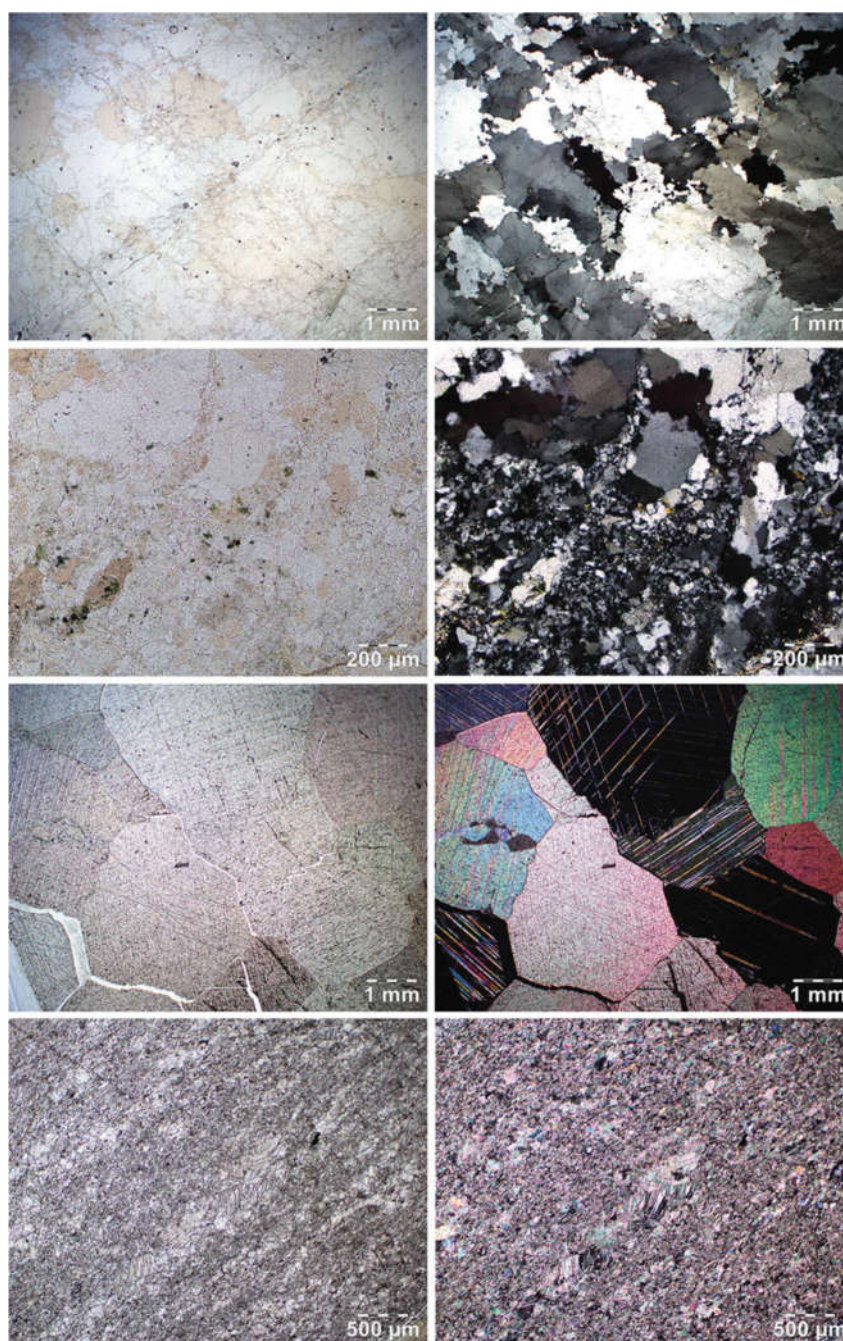
۵. ارتوگنیس شبیه گرانیت است، زیرا از دگرگونی سنگ‌های آذرین حاصل می‌شود که مقداری کمی میکا دارد. (بیوتیت قهوه‌ای در XPL و مسکویت با نوارهای رنگی سری بالا در XPL) همچنین کریستال‌های درشت کوارتز و فلدسپات دارد. (سفید، خاکستری و حالت خاموشی یا تیره در XPL)؛ کوه‌های آلپ سوئیس.

۶. پاراگنیس که گنیس حاصل از سنگ رسوبی را نشان می‌دهد. در این نمونه میکاها بسیار فراوان است و نوارهایی از کریستال‌های دانه درشت به هم پیوسته کوارتز دارد. (سفید، خاکستری و حالت خاموشی در XPL). کوه‌های آلپ سوئیس.

۷. آمفیبولیت دگرگونی که توسط یک کانی آمفیبول غالب به نام هورنبلند که همراه با مقدار کمی از پلاژیوکلاز، تشکیل شده است. هورنبلند در PPL سبز است و رنگ‌های تداخلی روشن

سری دوم را در XPL نشان می‌دهد. چنین سنگ‌هایی نتیجه دگرگونی سنگ‌های آذرین است. (بازالت یا گابرو) انتاریو، کانادا.

۸. گرین شیس: یک سنگ دگرگونی است که معمولاً توسط دگرگونی ناحیه‌ای تولید می‌شود. رنگ آن به خاطر وجود مقادیر زیادی از کانی سبز مانند کلریت (سبز در PPL و دارای رنگ تداخلی سری دوم) یا اپیدوت (کریستال‌های کوچک اندازه اکوانت سبز روشن در PPL) است. با توجه به ساختمان ورقه‌ای - صفحه‌ای در کانی‌های سبز در PPL شیس‌توزیته آن تأکید و تأیید شده است. سایر کانی‌ها شامل فلدسپات و آمفیبول بوده، ولی مقدار کوارتز آن کم است؛ انتاریو، کانادا



فایل ۲۸: کوارتزیت و مرمر

فایل ۲۸: کوارتزیت و مرمر

برخی قطعات سنگی درشت در مقاطع نازک خاک از سنگ‌های دگرگونی سرچشمه می‌گیرد؛ بنابراین تشخیص بافت و ماهیت آن‌ها مهم است، زیرا بر نقش مواد مادری خاک تأکید دارد یا این‌که تغییراتی در یک افق خاک مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد این مواد از جای دیگر منشأ می‌گیرد. در این بخش دو سنگ معمولی که از دگرگونی سنگ‌های رسوبی قبلی حاصل شده، توضیح داده می‌شود؛ یعنی کوارتزیت و مرمر.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. هنگامی که یک ماسه‌سنگ دچار دگرگونی می‌شود، می‌تواند به سنگ کوارتزی تبدیل شود. (نمونه‌ای از انتاریو، کانادا). این تصویر که در PPL گرفته شده است، چندرنگی خاصی را نشان نمی‌دهد. تمام مقطع نازک از کوارتز بی‌رنگ تشکیل شده است.

۲. نمای مشابه در ۱ در XPL. تمام کریستال‌های کوارتز یا رنگ‌های سری اول را نشان می‌دهد یا خاموشی دارد. کانی‌ها یک ساختار دانه‌ای نمونه واقعی کوارتزیت را تشکیل می‌دهد؛ یعنی کریستال‌ها دارای مرزهای بسیار نامنظم و به هم پیوسته است و به صورت موزاییکی ظاهر می‌شود. این کوارتزیت از فنوکریست‌های کوارتز تشکیل شده است.

۳. همان نوع سنگ مشابه در ۱ در PPL. این کوارتزیت از انتاریو کانادا نیز، فقط از ذرات کوارتز تشکیل شده است.

۴. نمای مشابه در ۳ در XPL. ساختار دانه‌ای هنوز وجود دارد، اما اندازه متوسط ذرات کوارتز، بسیار کوچک‌تر از ۲ بوده است. اگرچه برخی از کریستال‌های درشت را می‌توان در بالای عکس مشاهده کرد.

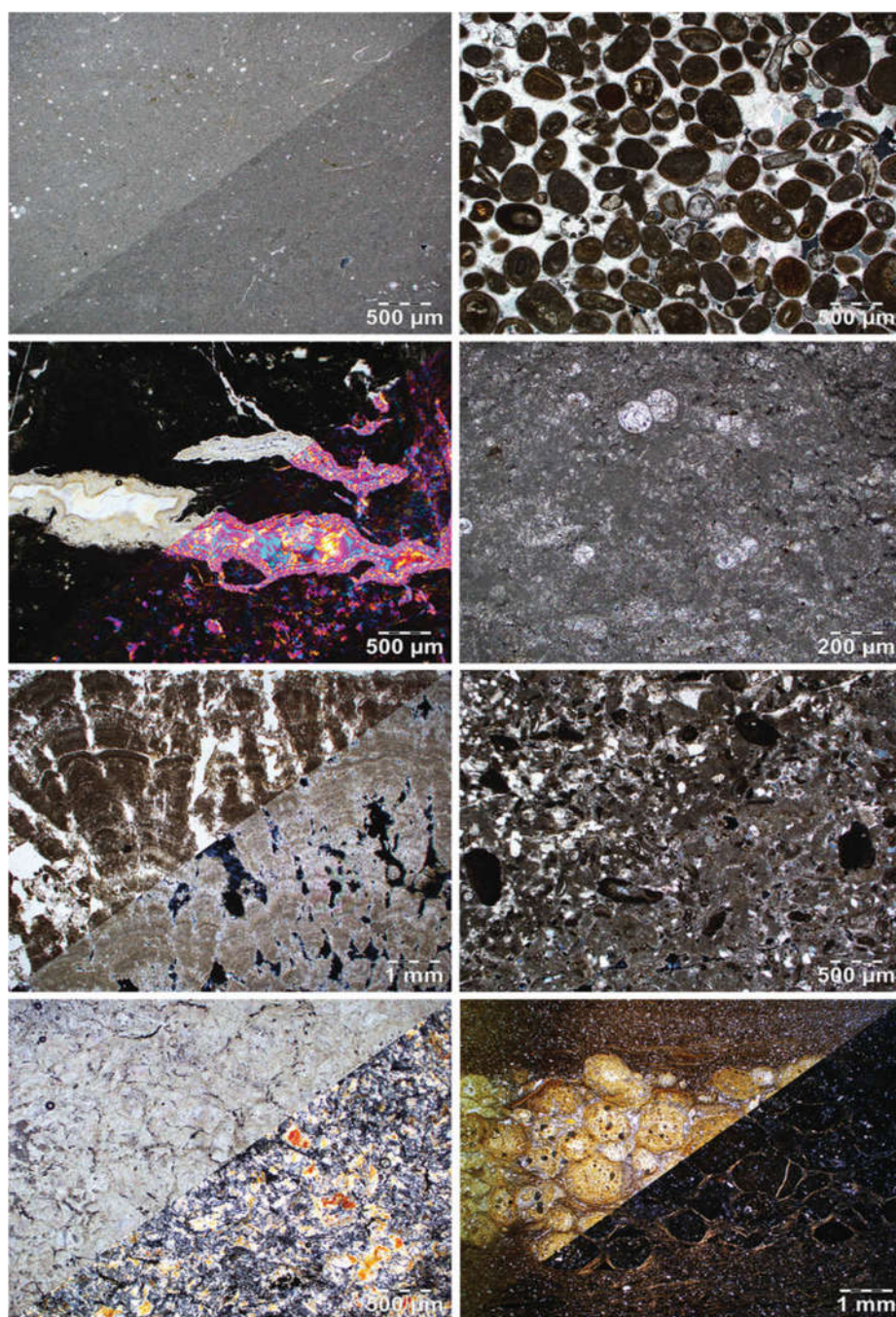
۵. مرمر سنگی دگرگونی است که متشکل از سنگ‌های کربناته با تبلور بوده و از کلسیت یا دولومیت تشکیل شده است که در PPL فقط می‌توان مرز بلور فنوکریست کلسیت را دید. کانی در PPL بی‌رنگ است. کبک، کانادا.

۶. نمای مشابه در ۵ در XPL. فنوکریست‌های اسپاریت به وضوح به صورت بلورهای کلسیت به هم پیوسته و نوارهای دوگانه (دوقلوی) روشن در کانی‌های دارای حالت خاموشی قابل مشاهده است. کلسیت معمولاً رنگ‌های سری بالایی حاصل از اختلاف ضریب شکست را نشان می‌دهد. کبک، کانادا

۷. سنگ مرمر ریزدانه، سنگ دگرگونی متشکل از کلسیت با تبلور مجدد از یک گل رسوبی اولیه، فقط مقداری که کریستال اسپاریت وجود دارد. فابریک سنگی عمدتاً از میکرواسپاریت ریز تشکیل شده است. PPL، کبک، کانادا

۸. نمای مشابه در ۷. در XPL. رنگ‌های چندگانه و متنوع سری بالا حاصل از اختلاف ضریب شکست نشان‌دهنده وجود کریستال‌های کوچک متعددی است که در جهات مختلف قرار گرفته است. این جهت‌ها را می‌توان با استفاده از پراش الکترون برگشتی^۱ ترسیم کرد. (EBSD؛ به فایل ۷۷ مراجعه کنید). برخی از مناطق دارای سطوح دوگانه (دوقلویی) را می‌توان در بلورهای درشت‌تر در مرکز عکس مشاهده کرد؛ کبک، کانادا.

1- Electron backscatter diffraction (EBSD)



فایل ۲۹: سنگ‌های رسوبی کلسیم‌دار

فایل ۲۹: سنگ‌های رسوبی کلسیم‌دار

کلسیم پنجمین عنصر فراوان روی زمین است که ترکیب اصلی بسیاری از سنگ‌های رسوبی است. تحقیق روی منشأ آن همچنان یک مسئله اساسی در علم خاک است، زیرا کلسیم یک عنصر حیاتی در بسیاری از فرایندهای پدوژنیک و مسیرهای بیوژئوشیمیایی است. (رولی و همکاران ۲۰۱۸). اگرچه کلسیم در بسیاری از ترکیب ساختاری سیلیکات‌ها وجود دارد، ولی تأمین آن از سنگ‌های رسوبی کلسیم‌دار تا حد زیادی به توسعه خاک کمک می‌نماید.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. سنگ‌آهک ریزدانه مرکب از میکریت. این گونه سنگ‌های آهکی به صورت گل و لای تشکیل شده و در طی دیاژنز سخت می‌شود. زمانی که کلسیت بسیار ریز باشد، رنگ قهوه‌ای مایل به خاکستری در PPL و رنگ‌های تداخلی سری بالا در XPL دارد؛ کوه‌های ژورا، سوئیس

۲. سنگ‌آهک اوولیتی^۱ که به دو روش حالت سیمانی دارد: نوارهای ایزوتروپ (همسانگرد) از دیاژنتیک اولیه از بلورهای کوچک و گوشه‌دار و کریستال‌های اسپاریتیک بزرگ که به دلیل رسوب بعدی دیاژنتیکی، حفره‌ها از آن بلور پر می‌شود. چنین سنگ‌آهکی در محیط‌های دریایی متغیر که در آن اوولیت است (دانه‌های کروی متشکل از لایه‌های متحدالمرکز) تشکیل می‌شود. PPL؛ کوه‌های ژورا، سوئیس

۳. سنگ‌آهک سیلیسی شده از حوضه آکیتن، فرانسه. سنگ آهک میکریتی تحت تأثیر یک مرحله پایانی دیاژنز قرار می‌گیرد. فرایندی که طی آن دو نوع سیمان سیلیسی رسوب می‌کند: کریستال‌های کوچک کلسدونی که منافذ را می‌پوشاند و اسفرولیت‌های بزرگ کلسدونی که فضاهای خالی را پر می‌کند. پیدایش رنگ سری دوم کریستال‌های سیلیسی در XPL به دلیل استفاده از تیغه کمکی گچی است که اختلاف ضریب شکست کانی‌ها را به اندازه یک طول موج تغییر می‌دهد.

۴. نمونه گچ سنوزوئیک متشکل از میکروفسیل‌های میکریتی و گرد روزن‌داران^۲. PPL؛ گاليله، اسرائیل

۵. سنگ تراورتن متئوژن^۳، بر اساس تعریف پنتکاست (۲۰۱۰) که توسط رسوب نامنظم روی هم قرار گرفته، مجموعه‌ای از مؤکداران^۴ با لایه‌بندی داخلی تیره تشکیل شده است که می‌تواند در PPL و XPL دیده شود. حوضه آکیتن، فرانسه.

1- Oolitic limestone

2- Globi gerina

3- Meteogen travertine

4- Schizothrix fasciculata

۶. مارن یک سنگ رسوبی است که در آن فاز کرینات کلسیم با مقداری رس و ذرات کوارتز مخلوط شده است که در XPL، برخی از ذرات کوارتز به رنگ‌های سفید، خاکستری یا در حالت خاموشی است. (بیابان Negev، اسرائیل).

۷. گچ از رسوب رایج محیط‌های تبخیری از گذشته است. گچ می‌تواند بسترهای بزرگ را تشکیل دهد یا در شکاف داخل سنگ‌ها نفوذ کند. کوه‌های آلپ سوئیس.

۸. لایه‌ای از فسفات کلسیم در یک گل‌سنگ مارنی غنی از مواد آلی از کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا. گل‌سنگ در PPL قهوه‌ای تیره است، در حالی که فسفات‌ها به صورت ندول‌های ریز زرد روشن تا قهوه‌ای است که رس روی آن‌ها را می‌پوشاند. فاز کلسیم فسفات، با اختلاف ضریب شکست کم، در XPL حالت خاموشی یا تیره دارد و پوشش‌های رسی از طریق نوارهای رنگ روشنی که ایجاد می‌کند در XPL قابل مشاهده است.



فایل ۳۰: ماسه (شن) و ماسه سنگ

فایل ۳۰: ماسه (شن)^۱ و ماسه سنگ

شن‌ها (ماسه‌ها) معمولاً توسط ذرات تخریبی سست ذرات درشت سنگی بین ۰,۵ تا ۲ میلی‌متر تشکیل می‌شود. ذرات کوارتز عمدتاً در شن‌های سطح قاره‌ها وجود دارد. در طول دیاژنز، شن‌ها با سیمانی شدن سخت می‌شود و ماسه سنگ‌ها را تشکیل می‌دهد. انواع سیمان می‌تواند ترکیب کانی‌شناسی مختلفی داشته باشد، به طوری که از سیلیس تا کربنات کلسیم و از اکسی هیدروکسید آهن تا سولفات‌ها تغییر می‌کند.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. شن متوسط تا درشت، عمدتاً با منشأ کوارتز که از نهشته‌ها یا رسوبات بادی است. با نزدیک شدن فضاهای خالی ناشی از آرایش ساده ذرات سست شرایط جدا شدن ذرات فراهم می‌شود. آلپ ایتالیا

۲. شن بسیار ریز حاصل از طغیان مواد آبرفتی از رودخانه رون، سوئیس. لایه‌هایی از اندازه‌های مختلف ذرات، با تأکید بر اندازه حفرات نزدیک شده به هم که در اثر توالی رویدادهای رسوبی کوتاه از انواع شدت جریان‌ها صورت می‌گیرد.

۳. ماسه سنگ ریز خالص که فقط از ذرات کوارتز بسیار مرتب‌شده (جور شده) تشکیل شده است. یک سیمان سیلیسی نازک ذرات کوارتز را به صورت متصل به هم نگه می‌دارد؛ جنگل فونتنبلو، فرانسه

۴. ماسه سنگ متوسط خالص ساخته شده از ذرات کوارتز به خوبی گروه‌بندی شده (جور شده) که مقداری کم از میکا دارد، همانند شرایط بند ۳، ماسه سنگ، توسط سیمان سیلیسی سخت شده است؛ کوه‌های آلپ سوئیس.

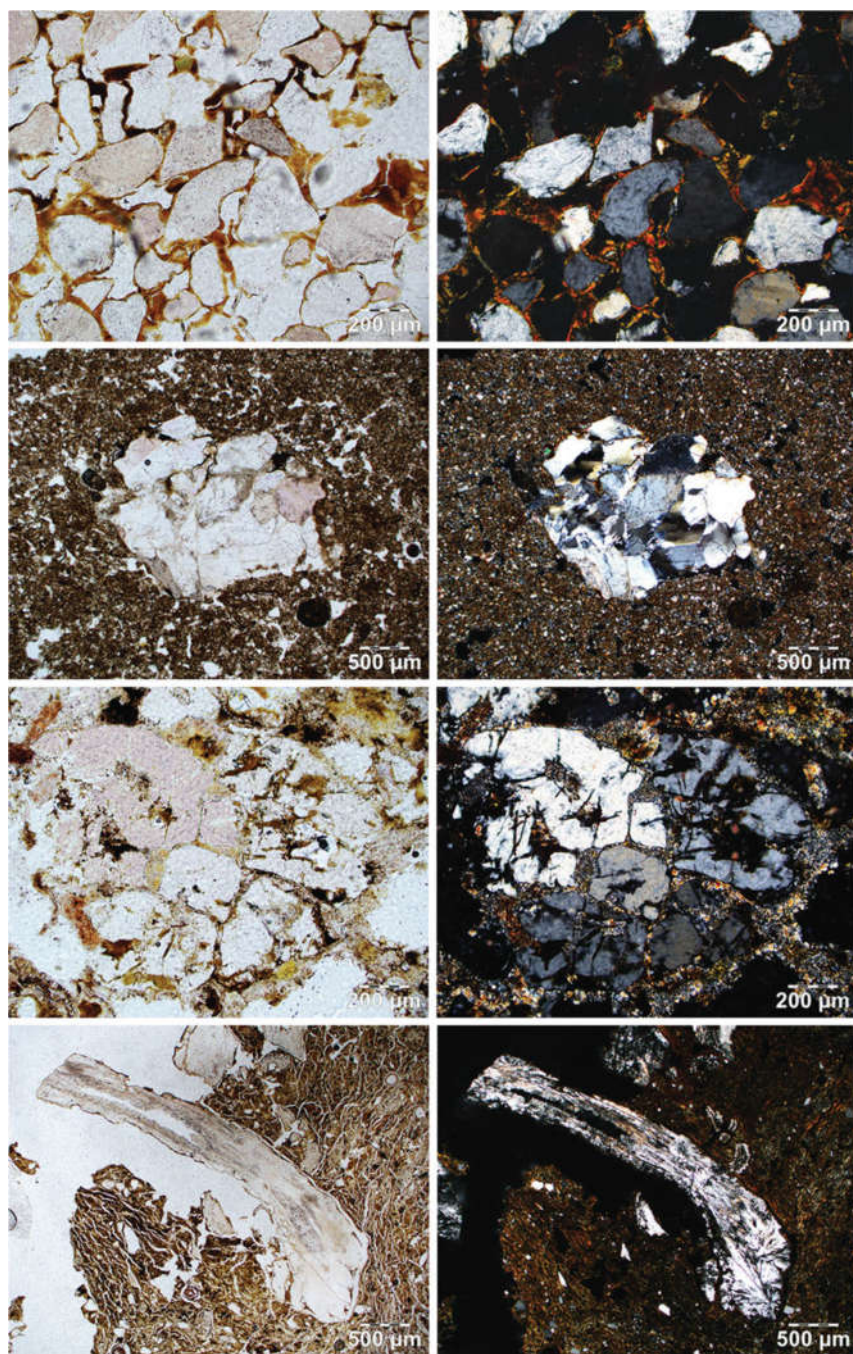
۵. ماسه سنگ آهکی متشکل از ذرات کوارتز که توسط تک کریستال‌های بسیار درشت کلسیت، سیمانی شده است. ماهیت کریستال بزرگ در سیمان در نمای XPL نمایش داده شده است که در آن سه کریستال منفرد اسپاریتیک می‌تواند با رنگ‌های پلاریزه کننده آن‌ها شناسایی شود: صورتی، مایل به آبی و خاموشی یا تیره. چنین سیمانی به طور کلی دو منشأ سیمانی شدن دارد: (الف) در محیط آبی (محلول) یا (ب) در طول اواخر دیاژنز پس از مدفون شدن مواد. نمونه از ساختمان مخروط در مخروط (آسومی و همکاران، ۱۹۹۲)، مراکش.

۶. ماسه سنگ آهکی متشکل از ذرات کوارتز به خوبی گرد و مرتب‌شده (جور شده) که پوششی از آهک میکریتیک و سیمانی از میکرواسپاریت دارد؛ ساحل بیزرت، تونس.

۷. ماسه‌سنگ آهن‌دار^۱ با ناخالصی از کوارتز که توسط اکسی هیدروکسید آهن، سیمانی شده است و در PPL قهوه‌ای تیره است و در XPL خاموش یا تیره به نظر می‌رسد؛ آکیتن، فرانسه

۸. ذرات کوارتز که به‌خوبی مرتب‌شده^۲ (جور شده) و با سیمانی از مالاکیت یک ماسه‌سنگ سبز را تشکیل می‌دهد. مالاکیت، کربنات مس است که به‌راحتی با رنگ سبز در PPL شناسایی می‌شود. صحرای نگب، اسرائیل.

1- Ferruginous sandstone
2- Well sorted quartz



فایل ۳۱: ذرات کانی‌ها در خاک بخش ۱: کوارتز و کلسدونی

فایل ۳۱: ذرات کانی‌های موجود در خاک بخش ۱: کوارتز و کلسدونی

ذرات سیلیسی شامل کوارتز دارای چند شکلی‌های مختلف و کانی‌های سیلیسی بی‌شکل تا شبه کریستالی است، همانند کلسدونی در سنگ چخماق. در مواد آتش‌فشانی، ذرات سیلیسی می‌تواند به صورت کریستوبالیت یا تری دیمیت ظاهر شود.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. نمای PPL ذرات کوارتز منفرد و تک‌بلوری در یک خاک دارای ذرات شنی (آرنیک) که با الگوی توزیع نسبی c/f کیتو- جی‌فوریک دارای حفرات آرایشی^۱ (منافذ نزدیک به هم) مشخص می‌شود. ذرات کوارتز به رنگ سفید تا نخودی روشن، نیم‌گرد تا کمی کروی است. (به فایل ۲۵ مراجعه کنید). مواد ریز از خاک رس همراه با اکسی هیدروکسید آهن تشکیل شده است. پالئوسول، صحرای لیبی.

۲. نمای همان زمینه مشابه در ۱ در XPL. ذرات کوارتز به رنگ‌های سفید، خاکستری یا خاموش شده (سیاه) که با اختلاف ضریب شکست ضعیف تا خاکستری سری اول ظاهر می‌شود. (به فایل ۸ مراجعه کنید). پوشش قهوه‌ای تا نارنجی از خاک‌های رس همراه با اکسی هیدروکسید به صورت نوار و حلقه‌ای روی ذرات را فراگرفته است.

۳. خرده‌سنگ متشکل از ذرات کوارتز متعدد از یک سنگ دگرگونی. (به فایل ۲۸ مراجعه کنید). ذرات کوارتز بی‌رنگ و فاق چندرنگی به نظر می‌رسد؛ یعنی هنگام چرخش میز دایره‌ای میکروسکوپ، هیچ‌گونه تغییر رنگی از خود نشان نمی‌دهد. بلورها، اشکال متنوعی دارد و هیچ‌گونه رخ (کلیواژ) واضحی ندارد و برجستگی بسیار کمی را نشان می‌دهد. این قطعه در زمینه سیلیتی-رسی قرار می‌گیرد. کامبیسول، کوه‌های ژورا، سوئیس.

۴. نمای مشابه در بند ۳ در XPL. کوارتز موجود در این قطعه با رنگ‌های مختلف خاکستری سری اول، از سفید تا سیاه (خاموشی) را نشان می‌دهد. با این حال، خاموشی برخی از بلورهای کوارتز، یکنواخت (سایه‌دار) نیست که این مورد از ویژگی معمولی کوارتز در سنگ‌های تغییر شکل یافته است. نمای نزدیک‌تر نشان می‌دهد که برخی از ذرات کوارتز دارای مرزهای چندگانه پنجه انگشتی است و برخی دیگر رگه‌های تیره و روشن را نشان می‌دهد که به داخل بلور نفوذ می‌کند و لایه‌بندی با سطوح متفاوت را تأکید می‌کند.

۵. تجمع ذرات کوارتز شفاف با ناخالصی‌های ریز و تیره (نمای PPL). کوه‌های ژورا، سوئیس

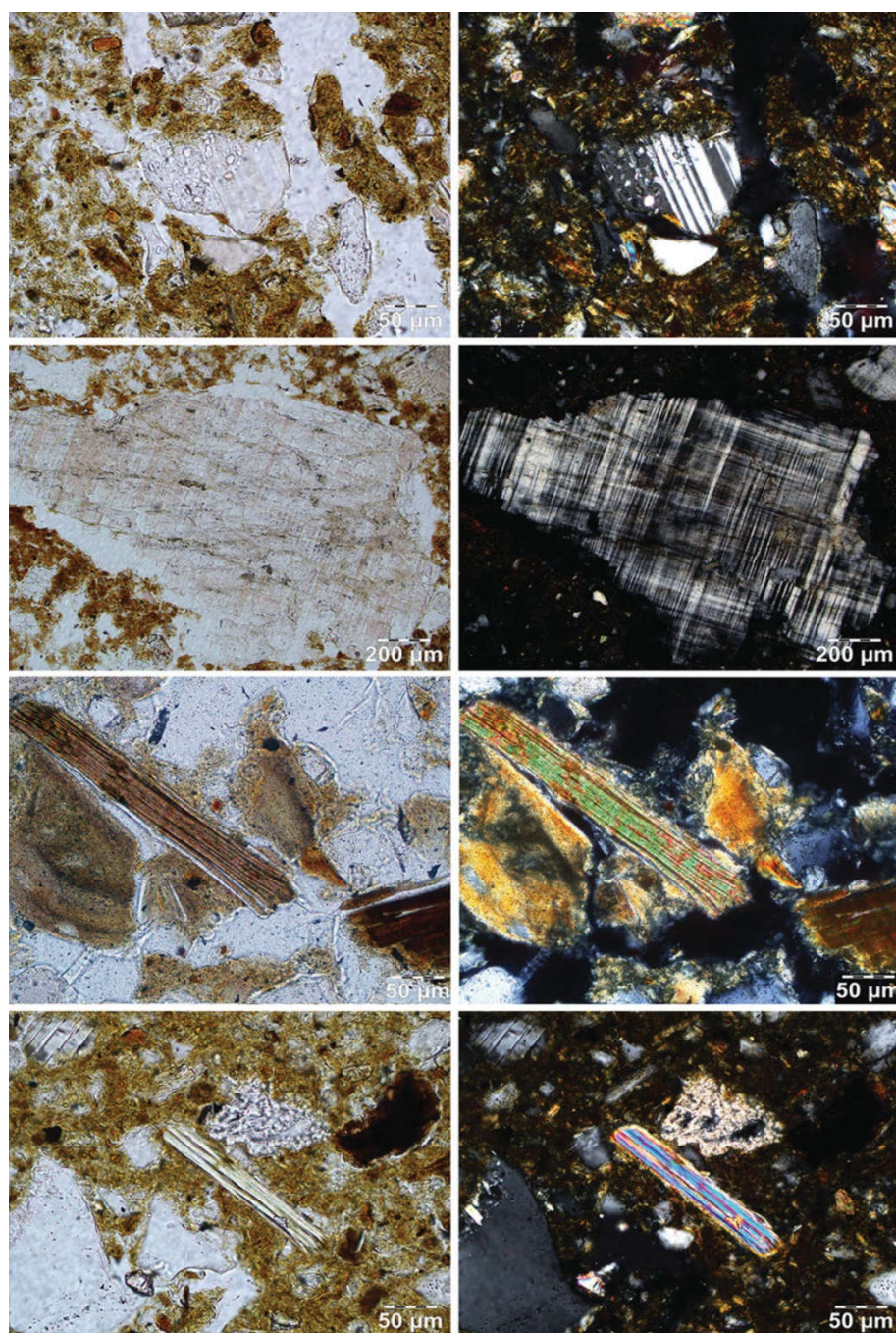
۶. نمای مشابه مورد ۵ در XPL. مرکز ذرات کوارتز نشان‌دهنده عارضه‌های معمولی مانند شکاف‌های باز بزرگ، مواد حبس شده و احتمالاً ناخالصی مواد مذاب است که بعداً با محصولات

هوازدگی مانند رس و سیلیس بی‌شکل (احتمالاً کلسدونی) پر شده است. چنین کوارتزی احتمالاً منشأ آتش‌فشانی دارد.

۷. نمایی در PPL از پوسته بی‌رنگ سنگ چخماق به شکل چوب فرورفته چوگانی که در زمینه خاک لومی جاسازی شده است. کوه‌های ژورا، سوئیس.

۸. نمای مشابه ۷ در XPL. کلسدونی با رنگ‌های خاکستری بسیار کم‌رنگ تا سفید مشخص می‌شود. محور «چوب‌چوگانی» از کلسدونی با طویل‌شدگی آهسته (کند‌گذر)^۱ ساخته شده، در حالی که تیغه آن از کره‌های با طویل‌شدگی سریع (تندگذر)^۲، تشکیل شده است.

1- Length slow
2- Length fast



فایل ۳۲: کانی‌ها در خاک بخش ۲: فلدسپار

فایل ۳۲: کانی‌ها در خاک بخش ۲: فلدسپات و میکا

فلدسپات‌ها تکتوسیلیکات‌هایی است که معمولاً در سنگ‌های آذرین و دگرگونی یافت می‌شود. (به فایل ۲۶ مراجعه کنید) و با دو خانواده معدنی مشخص می‌شود: K-فلدسپات‌ها و پلاژیوکلازها که محلول جامد پیوسته با مقادیر مختلف سدیم و کلسیم، از آلbite (یک فلدسپات سدیم) تا آنورتیت (یک فلدسپات کلسیم) را تشکیل می‌دهد. در طی هوازدگی، یون‌های کلسیم، سدیم و پتاسیم در محلول خاک آزاد و فلدسپات تا حدی به رس یا اکسی‌هیدروکسید تبدیل می‌شود. میکاها فیلسیلیکات‌هایی است که اغلب با گرانیات و گرانودیوریت و همچنین با سنگ‌های دگرگونی مانند شست و گنیس مرتبط است. (به فایل ۲۶ و ۲۷ مراجعه کنید). مسکوویت اغلب به صورت دانه‌ای در خاک مشاهده می‌شود، درحالی‌که بیوتیت کمتر در خاک است، زیرا به راحتی هوازده شده و به رس تبدیل می‌شود. تفاوت بین دو میکا به فرمول شیمیایی ساختمانی آن‌ها مربوط می‌شود. آلومینیوم موجود در مسکوویت نسبت به منیزیم و آهن موجود در بیوتیت در برابر هوازدگی مقاوم‌تر است.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. ذرات شفاف در زمینه ریز مایل به قهوه‌ای. تشخیص واضح ماهیت کانی‌شناسی ذره دشوار است. اگرچه برخی از خطوط موازی ضعیف را می‌توان در سمت راست ذره مرکزی پیدا کرد. نمای PPL، ورتیسول، کامرون.

۲. نمای مشابه مورد ۱ در XPL. ذره مرکزی، پلاژیوکلازی است که با ماکل^۱ (رشد هم‌زمان سطوح مختلف) پلی‌سنتتیک لایه‌های متناوب تیره و روشن مشخص می‌شود. دو ذره دیگر کوارتز است. زمینه مواد از کانی رسی، ذرات کوارتز ریز و پولک‌های ریز از مسکویت آبی روشن تشکیل شده است.

۳. ذره درشت شفاف با لایه‌های نازک موازی و متناوب سفید و صورتی کم‌رنگ. نمای PPL، فلوویسول، کامرون.

۴. نمای مشابه مورد ۳ در XPL. بلور میکروکلین که ماکل درهم‌پیچیده^۲ مخصوص را با الگوی شطرنجی^۳ و خطوط متقاطع^۴ نشان می‌دهد.

1- Twin

2- Interwoven

3- Tartan

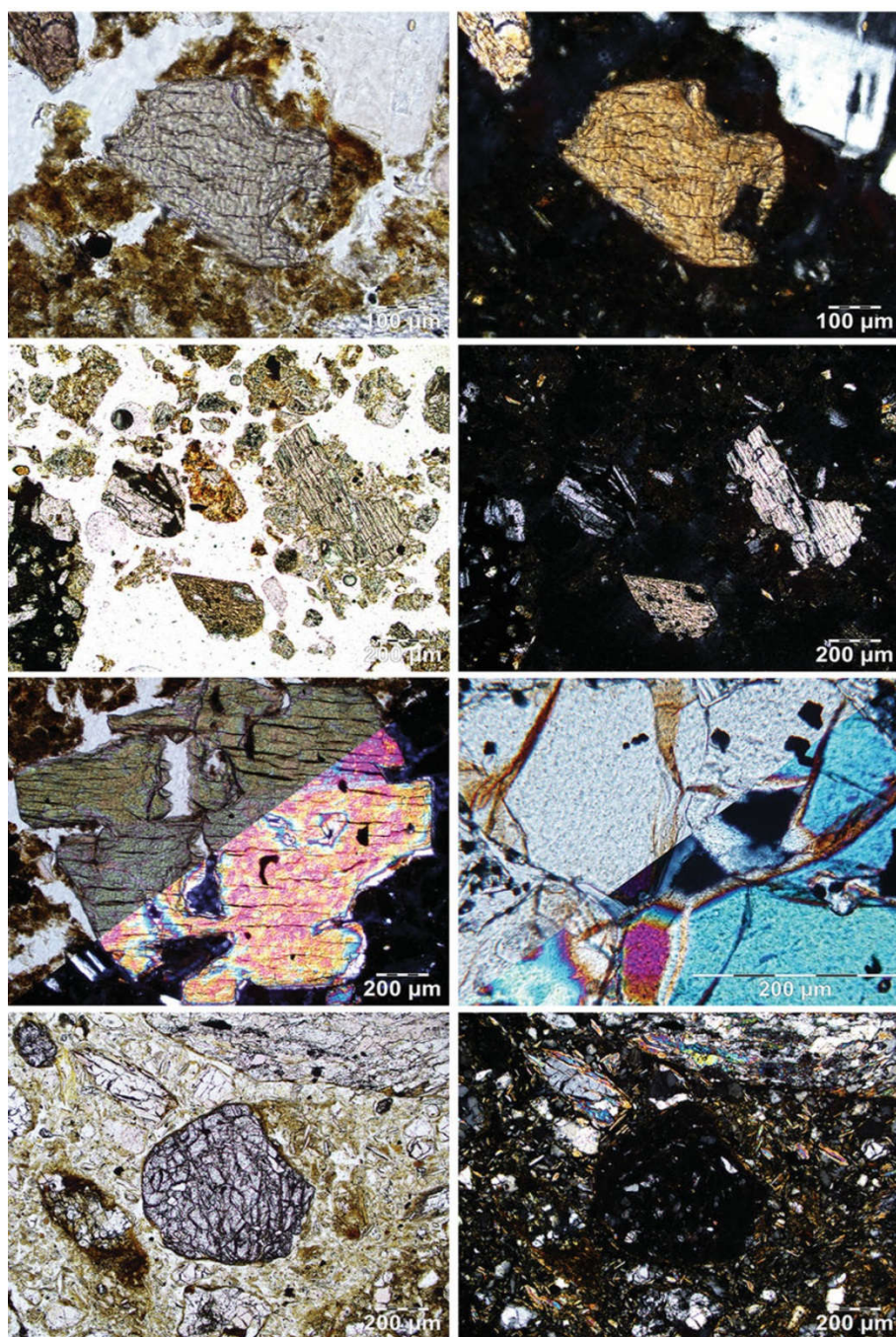
4- Cross - Hatched

۵. یافتن بلور تازه بیوتیت در خاک‌ها به دلیل هوازگی سریع آن‌ها بسیار دشوار است. این پولک قهوه‌ای‌رنگ، برخی از ویژگی‌های بیوتیت را حفظ می‌کند. (به فایل ۲۶ مراجعه کنید). نمای PPL، فلاویسول، کامرون.

۶. نمای مشابه ۵ در XPL. بلور بیوتیت که توسط کوارتز، (از سفید تا خاکستری، یا خاموشی سیاه) رس‌ها و اکسی‌هیدروکسید احاطه شده است و به دلیل ورقه‌ای شدن همراه با تشکیل کانی‌های ثانویه (احتمالاً ورمیکولیت) همچنان رنگ مایل به سبز را نشان می‌دهد.

۷. بلور شفاف مسکوویت که از ورقه‌های نازک قابل مشاهده با برجستگی نسبتاً بالا که نشان‌دهنده رخ یا کلیواژ است تشکیل شده است. نمای PPL، کامبیزول، سوئیس.

۸. نمای مشابه مورد ۷ در XPL. بلور در رنگ‌های شکست مضاعف آبی و صورتی روشن معمولاً تا اواسط سری سوم متوسط ظاهر می‌شود. رنگ‌های آبی روشن و صورتی متناوب، نشان‌دهنده ساختمان ورقه‌ای چنین بلورهایی است.



فایل ۳۳: ذرات کانی‌ها در خاک بخش ۳: اینوسیلیکات‌ها و نئوسیلیکات‌ها

فایل ۳۳: ذرات کانی (معدنی) در خاک بخش ۳: اینوسیلیکات‌ها و نروسیلیکات‌ها

اینوسیلیکات‌ها از زنجیره‌های به هم پیوسته چهار وجهی سیلیکات تشکیل می‌شود و شامل دو گروه اصلی از کانی‌ها است: پیروکسین‌ها، به صورت سیلیکات‌های تک زنجیره‌ای و آمفیبول‌ها به صورت سیلیکات‌های دو زنجیره‌ای است که معمولاً کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ آذرین است، اما می‌تواند با سنگ‌های دگرگونی با دمای بالا نیز مرتبط باشد. در نروسیلیکات‌ها، چهار وجهی سیلیکاتی مجزا بوده و توسط پیوندهای یونی به یکدیگر متصل می‌شود که ساختار آن‌ها را به طور خاصی متراکم و مقاومتی در برابر هوازدگی ایجاد می‌کند. البوین‌ها (مواد معدنی موجود در سنگ‌های آذرین با دمای بالا) و گارنت‌ها (کانی‌های غالب در سنگ‌های دگرگونی) دو عضو متداول نروسیلیکات‌ها را تشکیل می‌دهد. هر دوی گروه‌های سیلیکاته سنگ‌ساز، اینوسیلیکات‌ها و نروسیلیکات‌ها را می‌توان در خاک‌ها به عنوان ذرات معدنی باقی‌مانده در بخش درشت مشاهده کرد.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. ذره مجزا از پیروکسن، رنگ پریده با چندرنگی خفیف مایل به سبز. بلور با برجستگی بالا با دو سری از رخ با زاویه ۹۰ درجه مشخص می‌شود. ذره پیروکسن توسط ریزتوده^۱ (زمینه ریز) قهوه‌ای، کدر و تمایز نیافته احاطه شده است. نمای PPL، آندوسول، آفریقای مرکزی.

۲. نمای مشابه مورد ۱ در XPL. رنگ بلور به قهوه‌ای روشن تغییر می‌کند و دارای رخ کاملاً قابل مشاهده است. ریزتوده کاملاً در حالت خاموشی (سیاه) بوده و مربوط به فازهای شبه کریستالی تا بی‌شکل است.

۳. قطعاتی از بلورهای آمفیبول که رنگ‌های چندرنگی مایل به قهوه‌ای تا سبز مایل به زرد کم‌رنگ را در PPL نشان می‌دهد. شکل بلور به صورت گوشه‌دار و نیمه‌لوزی (قسمت پایین میکروگراف) به دلیل زوایای رخ ۶۰ درجه و ۱۲۰ درجه در آمفیبول‌ها است که ضعیف بودن شبکه بلوری هنگام هوازدگی در خاک را توصیف می‌گند. آندوسول، آفریقای مرکزی

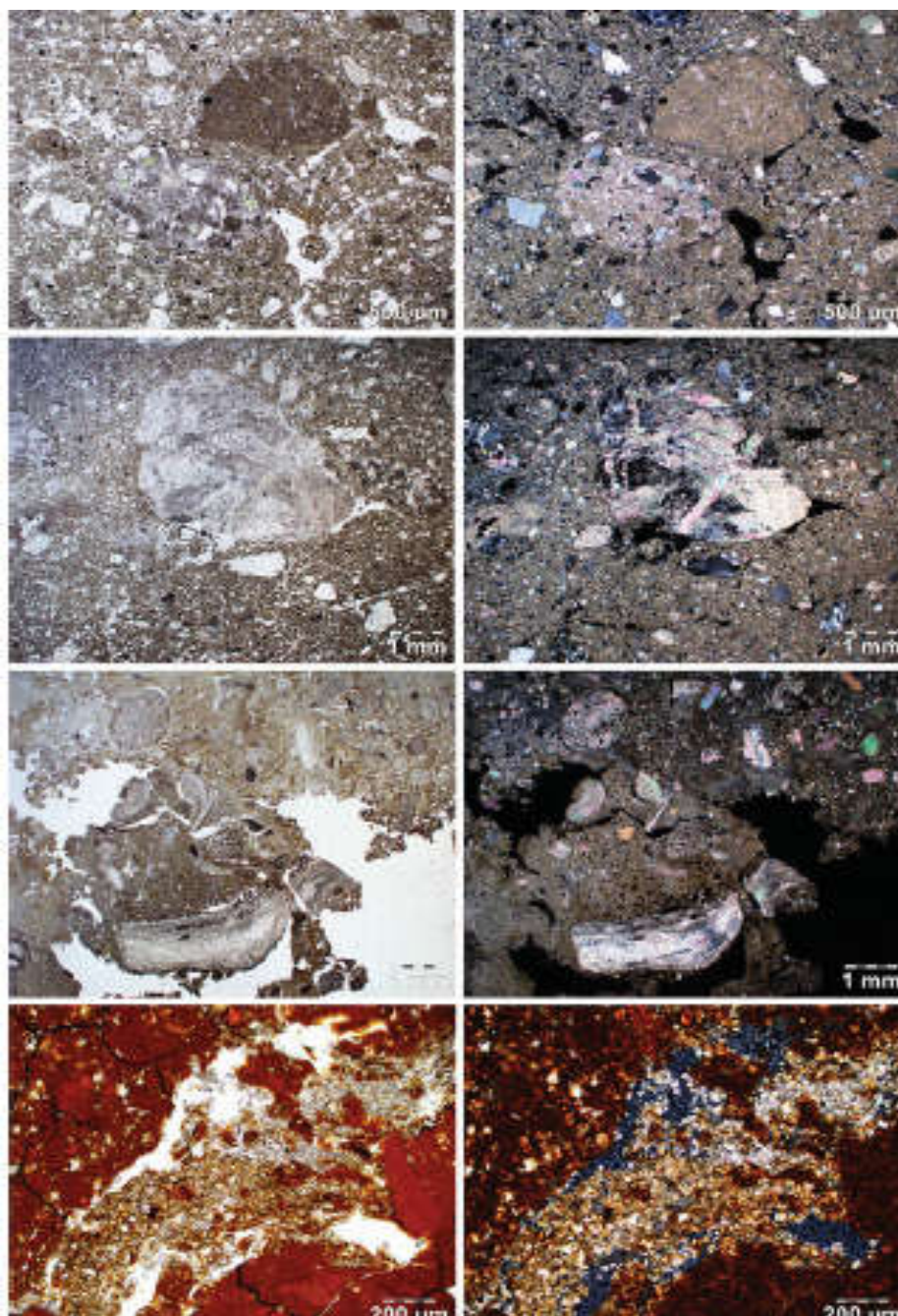
۴. نمای مشابه مورد ۳ در XPL. بلورهای آمفیبول، رنگ‌های تداخلی را در اواخر سری اول یا اوایل سری دوم نشان می‌دهد. جهت‌گیری جداگانه رخ در بلور بالایی به دلیل جهت‌گیری آن است. سایر بلورهای خاکستری تیره و روشن، فلدسپات است.

۵. گاهی اوقات، آمفیبول‌ها رنگ‌های تداخل سری دوم را نشان می‌دهد. در اینجا زرد روشن تا صورتی با سایه‌های آبی. آندوسول، آفریقای مرکزی

۶. الیوین با محصولات هوازدگی در شکاف‌ها (قهوه‌ای روشن در PPL) که توسط ایدینگسیت تشکیل شده است. الیوین، معمولاً بی‌رنگ در PPL، رنگ‌های معمول تداخلی سری دوم معمولی را در XPL (در اینجا آبی روشن) نشان می‌دهد. آندوسول، بخش مرکزی ماسیف، فرانسه،^۱ گارنت کانی بی‌رنگی است که دارای برجستگی زیاد تا شدید بوده و بلورهای هم‌بعد^۱ (اکوانت) را تشکیل می‌دهد. هیچ رخ قابل مشاهده‌ای وجود ندارد. نمای PPL، کرایوسول، لمباردی (ایتالیا).

۸. نمای مشابه مورد ۷ در XPL. به‌عنوان یک کانی نوری همسانگرد^۲، گارنت در XPL در حالت خاموش باقی می‌ماند. ریزتوده، به دلیل هوازدگی در سنگریزه‌های سنگ دگرگونی از بلورهای کوارتز ریز و مسکویت تشکیل شده است.

1- Equidimensionality
2- Equidimensionality



فایل ۳۴: کانی‌ها در خاک بخش ۴: کربنات‌ها

فایل ۳۴: کانی‌ها در خاک بخش ۴: کربنات‌ها

کانی‌های کربناته از عوارض معمولی در خاک است که می‌تواند از مواد مادری کربناته خاک به ارث برده (برای مشاهده نمونه به فایل ۲۹ مراجعه کنید) یا به‌عنوان عوارض خاک‌سازی ثانویه رسوب داده شود. (به فایل ۷۲ مراجعه کنید). در این بخش، ذرات کربنات موجود در خاک از سنگ‌بستر به ارث رسیده است. این عناصر در بخش درشت خاک، قطعات سنگی را تشکیل می‌دهد نه عوارض خاک‌سازی (خاک‌ساخت) را. قطعات سنگی کربناته موجود در خاک معمولاً از سه نوع سنگ اصلی به ارث برده شده است: سنگ‌آهک، مارن و دولومیت.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. دو قطعه سنگ آهکی بزرگ که داخل خاکی غنی از ذرات کربنات تخریبی ادغام شده است. این قطعه سنگ‌ها از خرده‌سنگ‌های آهک میکریتی (قطعه قهوه‌ای) و میکرواسپاریتی تشکیل شده است. ریزتوده قهوه‌ای‌رنگ، مخلوطی از میکریت، رس و ذرات کوارتز بسیار ریز است. نمای PPL، کالکاریک کامبی‌سول، کوه‌های ژورا، سوئیس.

۲. نمای مشابه مورد ۱ در XPL. ماهیت میکرواسپاریتی پایین‌ترین قطعه که با رنگ‌های تداخلی سری بالای کلسیت در XPL نشان داده شده است. ذرات خاکستری‌رنگ، کوارتز است. کالکاریک کامبی‌سول، کوه‌های ژورا، سوئیس.

۳. ذرات تخریبی اسپاریتی به ارث رسیده در همان نوع خاک در عکس میکروسکوپی ۱. بلورهای اسپاریتی بی‌رنگ و دارای برجستگی کم است. نمای PPL، کالکاریک کامبی‌سول، کوه‌های ژورا، سوئیس.

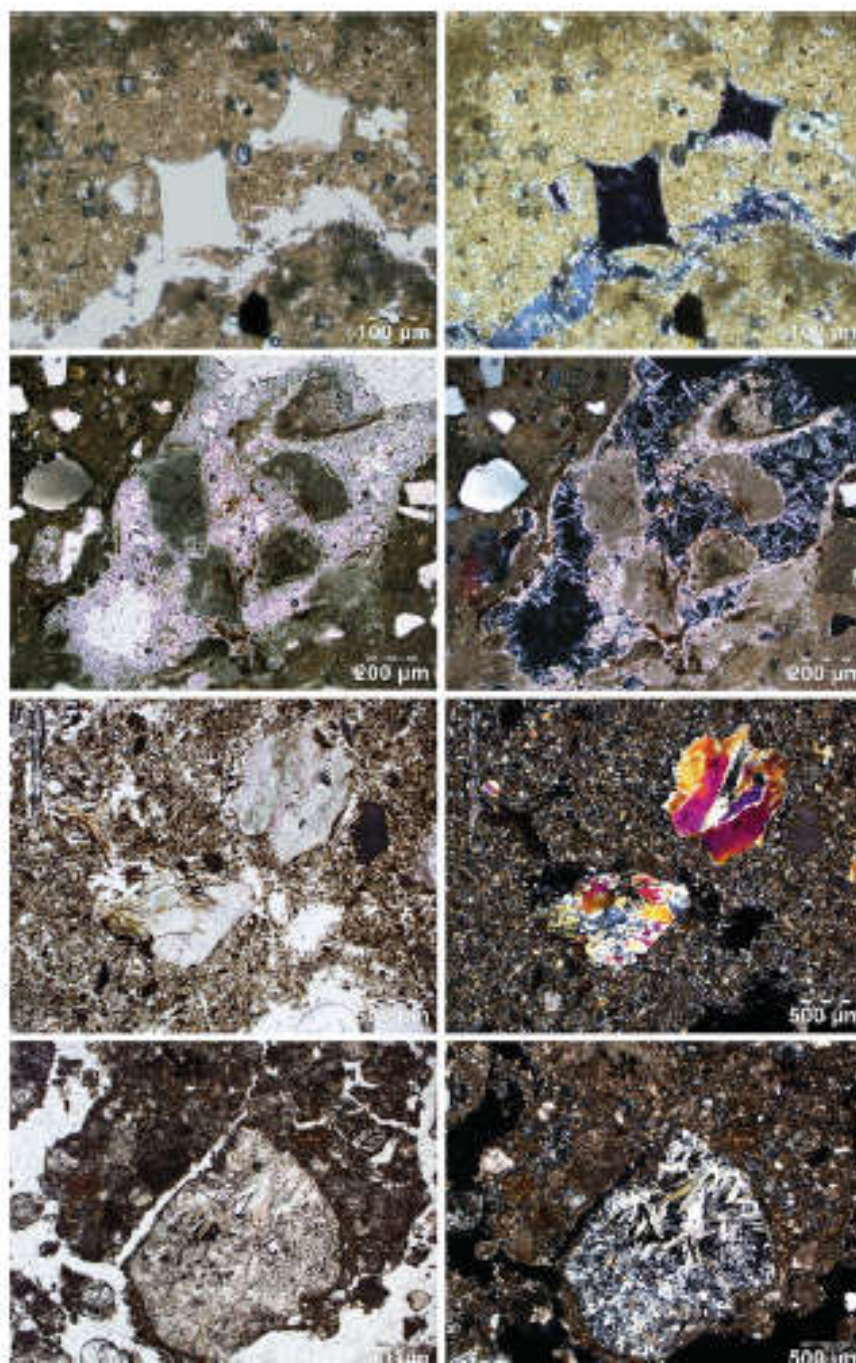
۴. نمای مشابه مورد ۳ در XPL. ماهیت اسپاریتی این قطعه در XPL با رنگ‌های تداخلی سری بالای کلسیت مورد تأکید قرار گرفته است. این قطعه‌سنگی (لیتوکلست) بزرگ توسط ذرات ریز کلسیت و کوارتز در ریزتوده قهوه‌ای‌رنگ احاطه شده است. کالکاریک کامبی‌سول، کوه‌های ژورا، سوئیس.

۵. قطعات سنگ‌آهک ارثی و فسیلی با ذرات تخریبی بریوزوئرها (به‌عنوان مثال، فوقانی) و پوسته‌ها (پایینی؛ احتمالاً یک پوسته صدف) در یک ریزتوده آهکی. نمای PPL، کالکاریک کامبی‌سول، کوه‌های ژورا، سوئیس.

۶. نمای مشابه مورد ۵ در XPL. کربنات کلسیم و ماهیت تا حدی فیبری زیست‌کلاست‌ها (قطعات ارگانیسیم‌ها) در XPL با رنگ‌های تداخلی سری بالا و همچنین خاموشی درهم‌پیچیده و لوله‌ای نشان داده می‌شود. کالکاریک کامبی‌سول، کوه‌های ژورا، سوئیس.

۷. بلورهای دولومیتی به ارث رسیده در ریزتوده رسی قرمز و غنی از اکسی‌هیدروکسید آهن. نمای PPL، پالتوسل، لیگوریا، ایتالیا.

۸. نمای مشابه مورد ۵ در XPL. بلورهای دولومیتی، رنگ‌های تداخلی مایل به خاکستری خود را نشان می‌دهد، اگرچه این رنگ‌ها تا حدی با حضور پوشش‌های نازک غنی از اکسی‌هیدروکسید آهن و رس قرمز، تغییر می‌کند. پالتوسل، لیگوریا، ایتالیا.



فایل ۳۵: کانی‌ها در خاک بخش ۵: کلریدها و سولفات‌ها

فایل ۳۵: کانی‌های در خاک بخش ۵: کلریدها و سولفات‌ها

اگرچه بسیاری از کلریدها و سولفات‌های موروثی می‌تواند به راحتی در طول هوازدگی حل شود، برخی از خاک‌ها می‌تواند بقایا یا آثار این مواد را حفظ کند. هنگامی که این مواد از سنگ‌بستر به ارث می‌رسد، نباید آن‌ها را برحسب فرایندهای خاکسازي تفسیر کرد. به همین دلیل است که شناسایی آن‌ها به عنوان لیتوکلست، بسیار مهم است. این صفحه، نمونه‌هایی از کلرید (هالیت) و سه نوع سولفات مختلف را نشان می‌دهد: باریت، انیدریت و گچ. در این صفحه، تمام کانی‌ها از سنگ بستر به ارث برده شده است.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. بلورهای هالیت موجود در ریزتوده کربناته و رسی. به دلیل سیستم کریستالوگرافی ایزومتريک (شکل مکعبی) که با شکل مربع یا مستطیلی قابل تشخیص است. به این ترتیب، آن‌ها در PPL با رنگ سفید و با برجستگی بسیار کم ظاهر می‌شود. دریای قدیمی متروکه، اسرائیل.

۲. نمای مشابه مورد ۱ در XPL. هالیت، ایزوتروپیک اس؛ یعنی بلور هیچ رنگ تداخلی نشان نمی‌دهد و در XPL خاموشی دارد. دریای قدیمی متروکه، اسرائیل.

۳. بلورهای بی‌رنگ باریت (سولفات باریم)، که برجستگی بالایی را نشان می‌دهد و مرتبط با لیتوکلست‌های کربنات کلسیم (میکریتی) در منافذ بزرگ سنگ آهک پالوسترین است: نمای PPL، چوب/تکلاو، بوتسوانا.

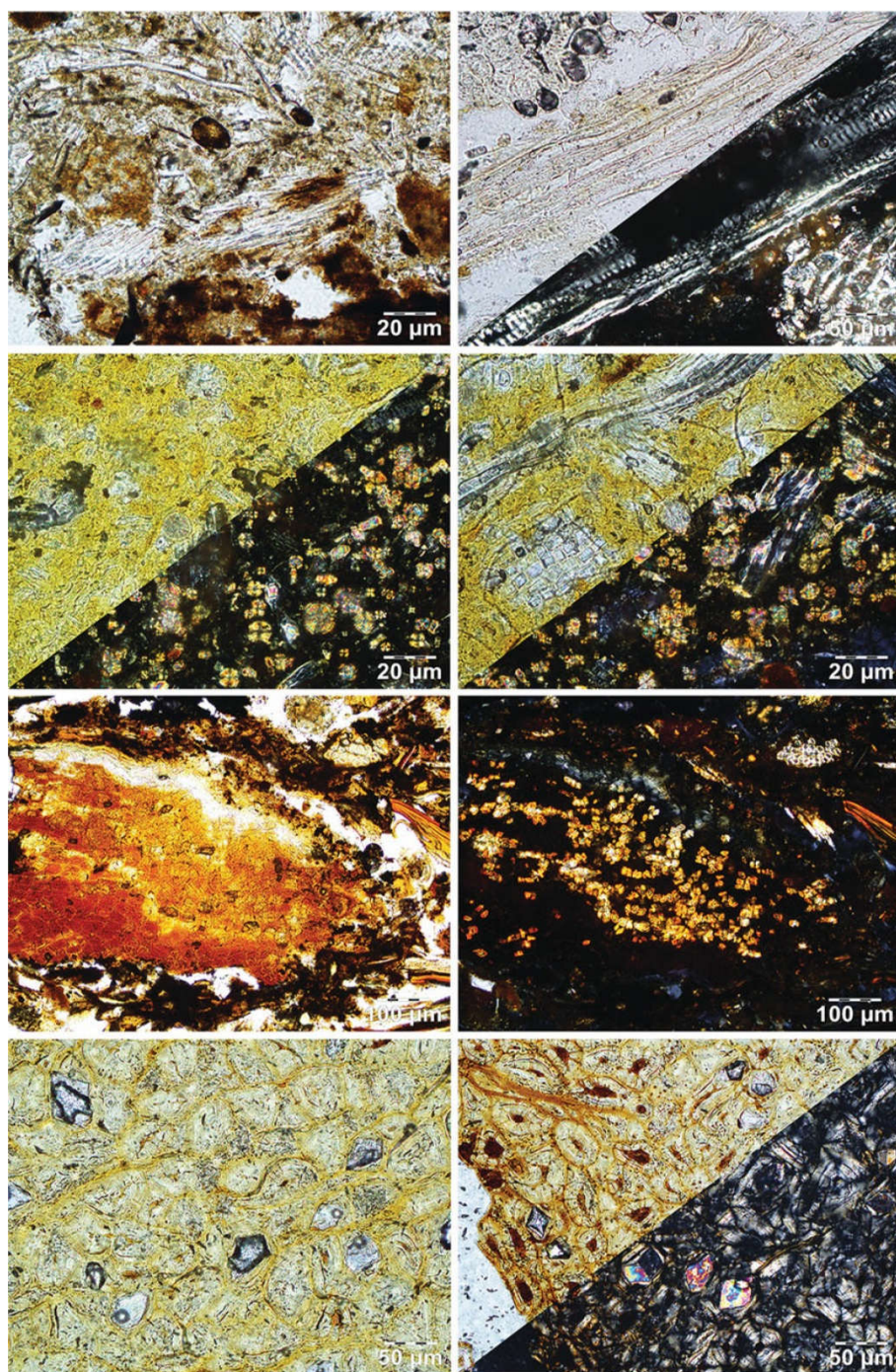
۴. نمای مشابه ۳ در XPL. بلورهای باریت، فیبری تا ستونی، به رنگ زرد کم‌رنگ تا اواخر سری اول است. سنگ آهک پالوسترین در محیط‌های بالقوه هیدروترمال. چوب/تکلاو بوتسوانا.

۵. لیتوکلست‌های انیدریت سولفات کلسیم در زمینه لسی (loessic). این قطعات معدنی مستقیماً از سنگ بستر به ارث رسیده و در لایه فوقانی خاک از طریق به هم خوردگی مخلوط شده است. این خوشه‌های انیدریت در PPL، بی‌رنگ می‌ماند. این گونه خاک روی سنگ‌های رسوبی گچی تریاس ایجاد شده است. سن لئونارد، والایس، سوئیس.

۶. نمای مشابه مورد ۵ در XPL. دو مجموعه بزرگ انیدریت، رنگ‌های روشن تداخلی سری دوم و سوم را نشان می‌دهد؛ عمدتاً بنفش، قرمز و زرد، اما رنگ سبز نیز معمول است. در لیتوکلست پایینی، برخی از رنگ‌های تداخلی خاکستری و سفید سری اول سری بلورهای گچ را نشان می‌دهد. (در پایین نگاه کنید)

۷. لیتوکلست بلورهای گچ بی‌رنگ در ریزتوده رسی و کربناتی. بلورهای دارای برجستگی کم، سبک، رشد مختلفی به شکل کشیده تا دانه‌ای را نشان می‌دهد. نمای PPL، خاک‌های توسعه‌یافته روی سنگ‌های رسوبی گچی تریاس. نمای PPL، سینت لئونارد، والایس، سوئیس.

۸. نمای مشابه مورد ۷ در XPL. گچ با رنگ‌های تداخلی معمولی خاکستری و سفید سری اول مشخص می‌شود. شکل عدسی تا سوزنی بلورها در قسمت بالایی مجموعه اهمیت دارد، درحالی‌که قسمت پایینی، طرز رشد ساکاروئیدی (دانه‌ای) را نشان می‌دهد.



فایل ۳۶: کانی‌های زیستی بخش ۱

فایل ۳۶: کانی‌های زیستی بخش ۱

استوپس (۲۰۰۳، ۲۰۲۱) کانی‌های زیستی را به‌عنوان باقیمانده‌های معدنی با منشأ بیولوژیکی تعریف می‌کند که شامل بخش‌هایی از اسکلت‌های داخلی یا خارجی حیوانات و همچنین محصولات معدنی مستقیم یا غیرمستقیم متابولیسم ارگانیسم است. (برای کسب جزئیات بیشتر، به مقاله مان (۲۰۰۱) و اسکینر و ارلیچ (۲۰۱۷) مراجعه کنید). فیتولیت‌ها در سلول‌های گیاهی مشخص، در فضاهای بین سلولی یا همراه با دیواره‌های سلولی تولید می‌شود. (استوپز ۲۰۰۳). رسوب اغزالات کلسیم، تجمع بلورهایی با شکل کلی تقریباً کروی است (باران و مونز ۲۰۰۸) و همچنین از گیاهان منشأ می‌گیرد. اشکال دیگری از بلورهای اغزالات، مانند مورفولوژی‌های هم‌بعد (اکوانت) یا سوزنی-شکل^۱ وجود دارد، اما هر دوی آن‌ها با گیاهان و ریشه‌های قارچی همراه است. (ورشیا و همکاران، ۱۹۹۳). این کانی‌ها نشان‌دهنده حضور موجودات زنده است، حتی اگر مواد آلی کاملاً پوسیده شده باشد.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. مجموعه‌های فیتولیت‌های عقیق شیری‌رنگ (جسم‌های شفاف و کشیده) همراه با بقایای گیاهی (به رنگ قهوه‌ای). این فیتولیت‌ها در طول به‌هم‌خوردگی جدا شده و بازسازی شده است. نمای PPL، صحرای لیبی، رسوب باستان‌شناسی.

۲. مجموعه‌ای از فیتولیت‌های اوپال کشیده، شفاف در PPL و با شکست مضاعف کم تا حالت خاموشی تیره در XPL. آرایش بلورهای ترکیب‌شده داخل بافت‌های گیاهی به‌خوبی حفظ شده است. صحرای لیبی، رسوب باستان‌شناسی.

۳. اسفرولیت‌های کلسیتی همراه با برخی تجمع اغزالات موجود در رسوب کود حیوانی. اسفرولیت‌ها با یک ضربدر سیاه مشخص می‌شود که بر ماهیت فیبری-شعاعی^۲ آن‌ها تأکید دارد. تجمع‌ها دارای ساختار بیشتر شعاعی با حاشیه‌های نامنظم است. در PPL مشاهده این کانی‌های زیستی دشوار است.

۴. جمع شدن بلورهای تجمعات اغزالات با ساختار شعاعی و مرزهای نامنظم در XPL. همانند منبع مورد ۳.

۵. قطعه گیاهی در کود حیوانی بیابان و صحرا. بخشی از مواد آلی گیاه در حال تجزیه است، یعنی به‌صورت رنگ تیره ظاهر می‌شود. در بخش مرکزی عکس میکروسکوپی، برخی از بلورهای شفاف به‌صورت خوشه‌ای درآمده، اما شناسایی آن دشوار است. نمای PPL.

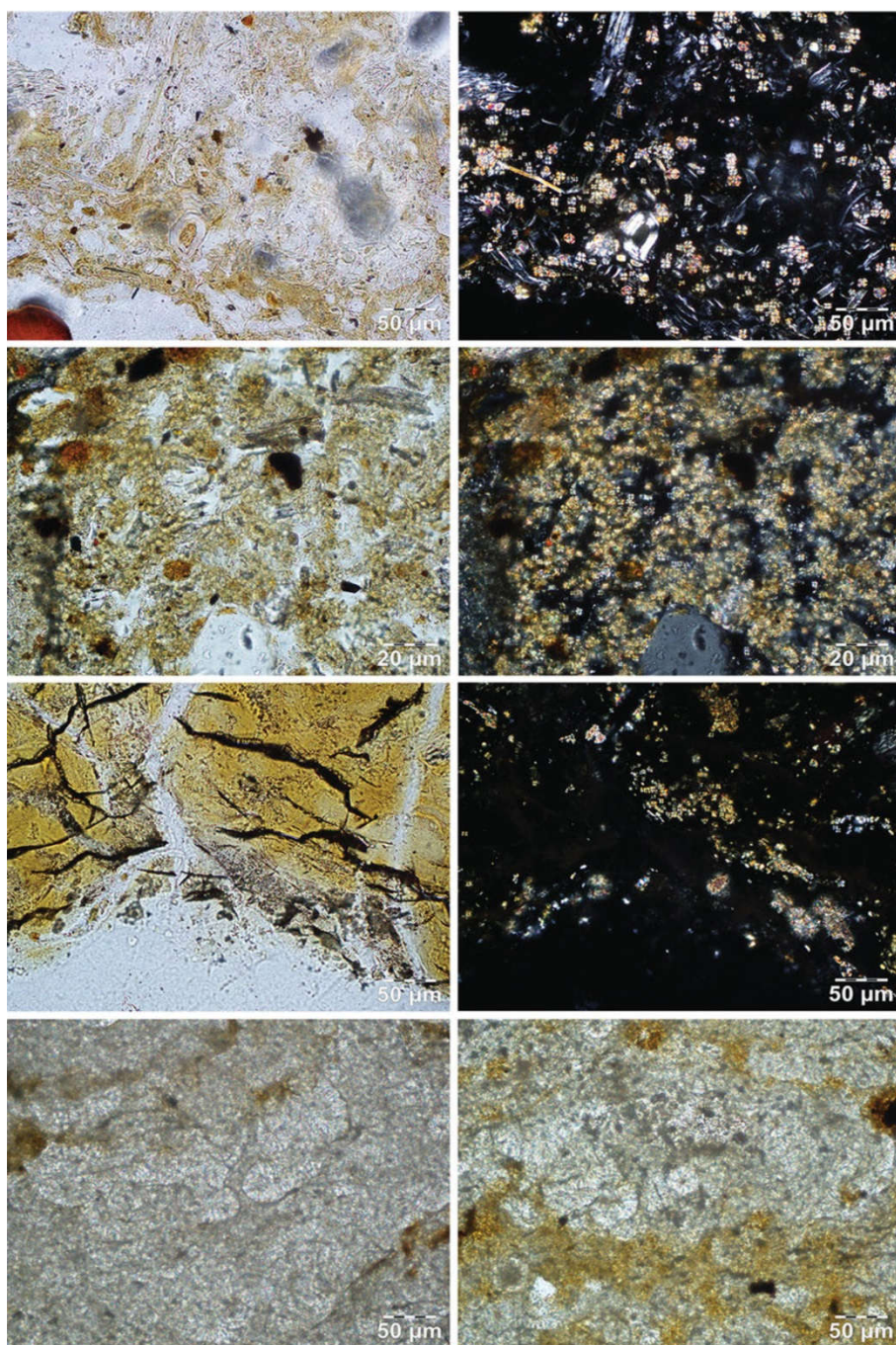
1- Needle - Shaped

2- Millica excelsa

۶. نمای مشابه ۵ در XPL. به وجود بلورهای هم‌اندازه (اکوانت) اغزالات کلسیم در بقایای بافت‌های گیاهی توجه کنید.

۷. بلورهای اغزالات منوکلینیک در سلول‌های خاص یک چوب استوایی (درخت ایروکو^۱) تشکیل شده است. سلولز به رنگ زرد روشن ظاهر می‌شود و معادل با کامبیوم است. نمای PPL، ساحل عاج.

۸. قطعه درخت ایروکو کمی پوسیده، از جمله بلورهای اغزالات. در XPL، سلولز با شکست مضاعف بسیار بالا مشخص می‌شود، درحالی‌که بلورهای اغزالات، رنگ‌های سری دوم را نشان می‌دهد.



فایل ۳۷: کانی‌های زیستی بخش ۲

فایل ۳۷: کانی‌های زیستی بخش ۲

استوپس (۲۰۰۳، ۲۰۲۱) کانی‌های زیستی را به صورت باقیمانده‌های معدنی با منشأ بیولوژیکی تعریف می‌کند که شامل قطعاتی از اسکلت‌های داخلی یا خارجی حیوانات و همچنین محصولات معدنی مستقیم یا غیرمستقیم متابولیسم ارگانیسم است. (برای کسب جزئیات بیشتر، به تحقیق مان (۲۰۰۱) و اسکینر و اهرلیچ (۲۰۱۷) مراجعه کنید). این بخش عمدتاً به سه نوع اسفرولیت اشاره دارد: (۱) ذرات کروی (اسفرولیت) کلسیتی مدفوعی که از فرایندهای گوارشی حیوانات حاصل می‌شود و در سرگین (فضله حیوانی) گیاهخواران فراوان تر است. (دوراند و همکاران، ۲۰۱۸). (۲) نوع دیگری از اسفرولیت‌های کلسیتی و شعاعی در پوسته‌های لایه‌لایه مناطق بیابانی یافت می‌شود که احتمالاً به عنوان محصول جانبی فعالیت فتوسنتزی توسط سیانوباکتری‌ها است. (ورشیا و همکاران، ۱۹۹۵). (۳) در فضولات پرندگان و خزندگان، می‌توان اسفرولیت‌های با ترکیب اسید اوریک را یافت. (کانتی، ۱۹۹۸). این کانی‌ها نشان‌دهنده وجود فعالیت بیولوژیکی سابق است، حتی اگر مواد آلی به طور مستقیم مشاهده نشود.

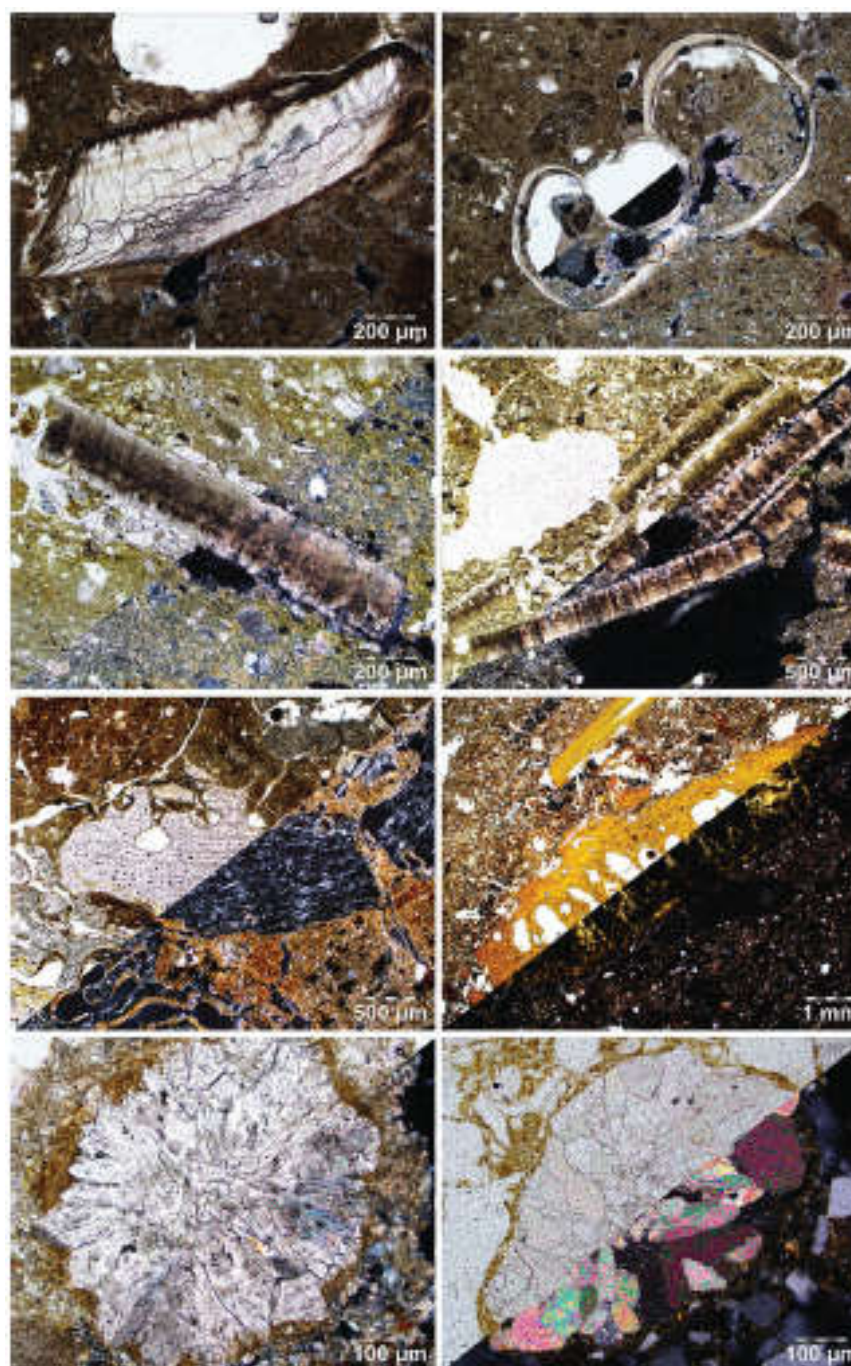
عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱-۲. ذرات کروی کلسیتی فضولات حیوانی در زمینه سرگین موجود در رسوب باستان‌شناسی پراکنده شده است. صحرای لیبی. در PPL (۱)، بلورها تقریباً نامرئی است، در حالی که در XPL (۲) به دلیل ساختار شعاعی‌شان، مقطع خاموش را تشکیل می‌دهد.

۳-۴. ذرات کروی کلسیتی فضولات، به طور متراکم در سرگین باستان‌شناسی متراکم شده است. صحرای لیبی. به وجود یک ذره کوارتز در بخش مرکزی پایین عکس توجه کنید.

۵-۶. ذرات کروی اسید اوریک در زمینه آلی پراکنده بوده و در بستر دیواره غار مشاهده شده است. لیبی، صحرای مرکزی. در PPL (سمت چپ)، آن‌ها در زمینه فسفاتی قابل مشاهده نیست. در XPL، آن‌ها مقطع خاموش سیاه یا شبه ایزوجار شبیه به شکل تداخلی دو محوره را نشان می‌دهد (کانتی، ۱۹۹۸) که در مرکز عکس قابل مشاهده است.

۷-۸. دو نمونه از ذرات کروی کلسیتی که در مقاطع نازک مربوط به پوسته لایه‌لایه‌ای مشاهده شد. سمت چپ: خوشه متراکم حاصل از ذرات کروی شعاعی در پوسته لایه‌لایه پلیستوسن حاصل از شفله، اسرائیل. سمت راست: یک لایه ضخیم از اسفرولیت‌ها با بلور فیبری شعاعی کاملاً گرد در مرکز. پوسته لایه‌لایه پلیستوسن، جنوب مراکش. برای کسب اطلاعات در مورد پیدایش آن‌ها به جزئیات مقاله ورشیا و همکاران (۱۹۹۵) مراجعه نمایید.



فایل ۳۸: کانی‌های زیستی بخش ۳

فایل ۳۸: کانی‌های زیستی بخش ۳

استوپس (۲۰۰۳) کانی‌های زیستی را به صورت بقایای معدنی با منشأ بیولوژیکی تعریف نمود. این کانی‌ها شامل قطعات اسکلت داخلی یا خارجی حیوانات و همچنین محصولات معدنی مستقیم یا غیرمستقیم متابولیسم ارگانیسم است. (برای کسب جزئیات بیشتر به مقاله مان (۲۰۰۱) و اسکینر و اهرلیچ (۲۰۱۷) مراجعه کنید). پوسته نرم‌تنان، مواد معدنی زیستی ژنتیکی است. (مان ۲۰۰۱). شناسایی نرم‌تنان با منشأ محیط دریایی یا قاره‌ای، می‌تواند در شناخت نوع مواد مادری خاک کمک کند. پوسته‌های تخم حیوان و استخوان‌ها نیز به‌طور ژنتیکی به کانی‌های زیستی تعلق دارد. (مان؛ ۲۰۰۱): هر دوی آن‌ها از عوارض معمول در مکان‌های باستان‌شناسی است. (دوراند و همکاران، ۲۰۱۸). در نهایت برخی از تجمعات بلوری شفاف و کوچک اغلب در خاک‌های مناطق معتدل یافت می‌شود که به صورت کروی‌های کلسیتی، در مقطع نازک ظاهر می‌گردد و معمولاً توسط کرم‌های خاکی به عنوان محصولات فرعی متابولیسمی در آشیانه حیوان تشکیل می‌شود. (دوراند و همکاران؛ ۲۰۱۸، بیزدیک و همکاران ۱۹۹۷).

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱- قطعه‌ای از پوسته نرم‌تنان^۱ که مقطع عرضی دو لایه متشکل از دو نوع ساختمان را نشان می‌دهد: لایه منشوری در بالا و لایه لایه‌ای در پایین. قطعات پوسته می‌تواند از آراگونیت یا کلسیت ساخته شود. هوازدگی فیزیکی لایه منشوری می‌تواند منجر به تشکیل کلسیت فیبری - سوزنی در خاک شود. (ویلاگران و پوچ ۲۰۱۴). مکان باستان‌شناسی، سوریه.

۲- مقطع عرضی پوسته با محفظه‌های به‌خوبی حفظ شده داخل زمینه میکریتی. این نمونه، از حلزون^۲ صدف‌دار آب شیرین (احتمالاً از خانواده پلانوربیدا) است. رسوبات مردابی کربناته از دوره هولوسن، سوریه.

۳ و ۴- قطعه پوسته‌های تخم پرنده: پوسته، از بلورهای کلسیت ستونی (لایه پالیسید یا پرچینی) که عمود بر سطح تخم آرایش یافته تشکیل شده است. اغلب دارای فابریک بادبزی شکل محدود است.

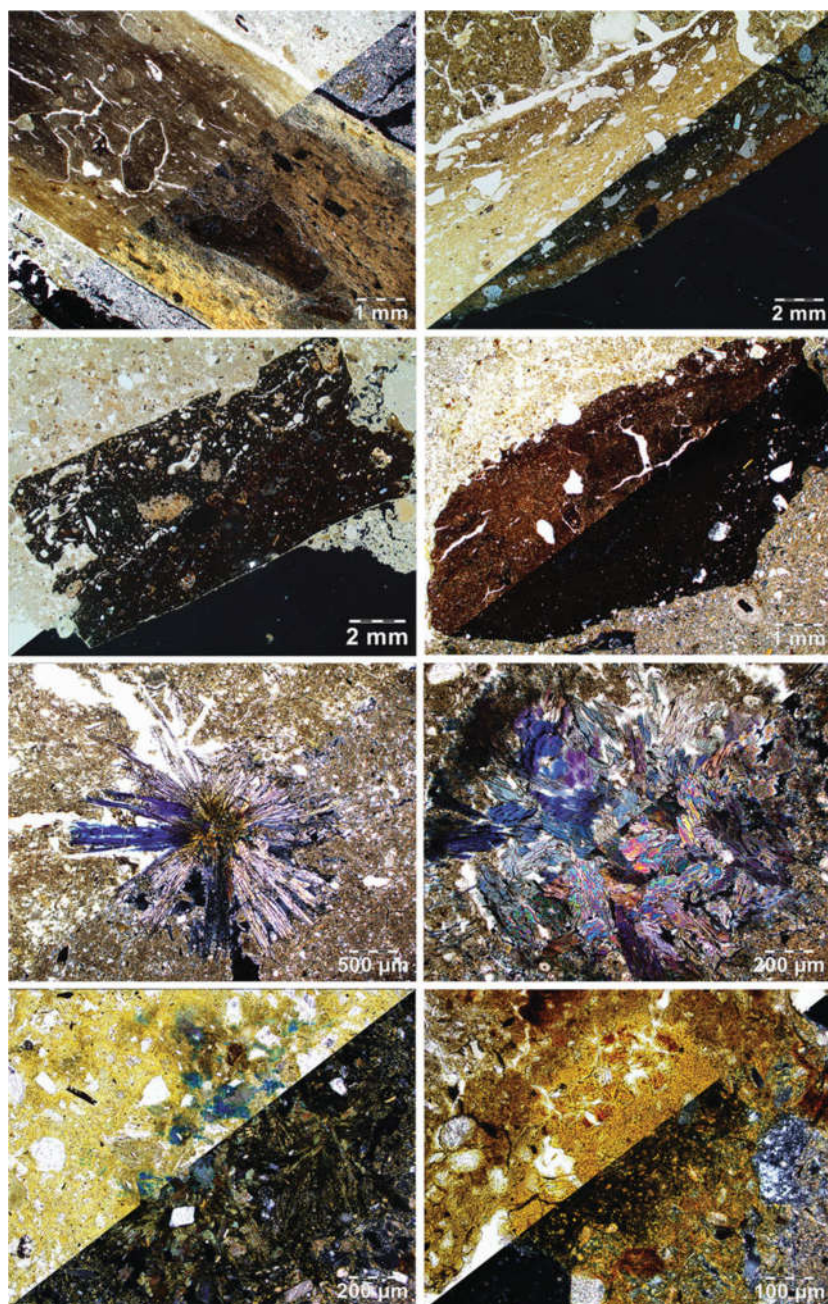
۵ و ۶- قطعات استخوانی که رنگ‌های تداخلی پایین را نشان می‌دهد. (خاکستری سری اول). این رنگ می‌تواند نه تنها از آپاتیت باشد که قسمت معدنی استخوان‌ها را تشکیل می‌دهد، بلکه از بقایای پروتئین‌های رشته‌ای داخل استخوان نیز باشد. سوراخ و مجاری داخل استخوان (کانال هاورس) اغلب حفظ (به عنوان مثال در ۶) و توسط الیاف آپاتیت احاطه می‌شود. قطعات استخوان به‌طور کلی از زرد کم‌رنگ تا زرد یا قهوه‌ای مایل به زرد در PPL است.

1- Molluse

2- Shail

۸ و ۷- دو نمونه مواد مترشحه کروی از کرم خاکی به دست آمده از کمبیسول، سوئیس. مواد مترشحه کروی کلسیتی، بسته به گونه های کرم خاکی، عمدتاً به شکل های بیضی با مرزهای تیز و صاف موج یا ناهموار است. فابریک داخلی آن ها شبیه ژئودها^۱ است (سنگ پوک پر از مواد بلورین) که متشکل از بلورهای کلسیت کشیده شعاعی و دراز است و هسته آن از بلورهای ریزتر اشغال شده است. چگالی آن ها در مقطع نازک می تواند از یک یا دو و گاهی اوقات بیش از بیست، متغیر باشد.

1- Geod



فایل ۳۹: عارضه‌های حاصل از فعالیت بشر بخش ۱

فایل ۳۹: عارضه‌های حاصل از فعالیت بشر^۱ بخش ۱

بسیاری از انواع عارضه‌های خاک مستقیماً با فعالیت‌های محیط کاری انسان مرتبط است. حضور آن‌ها در سایت‌های باستان‌شناسی آشکار است، اما می‌توان آن‌ها را در خاک‌های «طبیعی» نیز مشاهده کرد که شواهدی از حضور تصادفی نوع بشر ارائه می‌دهد. (نیکوسیا و استوپز، ۲۰۱۷). معمولاً در مکان‌های باستان‌شناسی، قطعات سفالی یافت می‌شود. تکه‌های آجر را می‌توان در خاک‌های تحت فعالیت بشر در دوره‌های اخیر مشاهده نمود. علاوه بر این، نه تنها می‌توان مصنوعات بشری را در خاک یافت، بلکه رسوبات شیمیایی ثانویه مانند فسفات بی‌شکل یا بلورهای ویوانیت نیز یافت می‌شود. این رسوبات اغلب به محیط‌های غیر هوازی غنی از مواد آلی مثل، چاله‌های فاضلاب و توالت‌های عمومی مربوط می‌شود.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۲. مورد ۱. خرده‌های سفال^۲ محوطه باستان‌شناسی عصر برنز، شمال ایتالیا. عمدتاً از مواد متن با رس پخته با مقداری ناخالصی از مواد درشت و فضاهای خالی تشکیل شده است. ماهیت و ترکیبات در طول زمان و مکان و شرایط پخت با آتش متفاوت بوده است، اما ویژگی‌های مشترک نشان‌دهنده اثر گرمایی روی خاک رس است که می‌تواند رنگ، مقدار و شکل حفره‌های صفحه‌ای را تغییر دهد. در مورد ۱ این تغییرات را می‌توان به صورت دو لایه خارجی زرد رنگ که در مجاورت یک قسمت مرکزی قهوه‌ای است، مشاهده کرد. در مورد ۲، این تغییر رنگ برعکس است.

۳. قطعه‌ای از آجر گلی خام^۳ (پخته نشده) مربوط به سایت عصر برنز، مرکز سوریه که از یک زمینه رسی با مقداری ناخالصی از ذرات درشت معدنی و بقایای گیاهی تشکیل شده است.

۴. قطعه‌ای از آجر گلی پخته‌شده از یک مکان باستان‌شناسی قرون وسطایی از شمال ایتالیا. متشکل از زمینه یا ماتریکس رس با مقداری ناخالصی از ذرات معدنی درشت با منافذ صفحه‌ای است.

۵. مجموعه فیبری-شعاعی از بلورهای ویوانیت در زمینه لومی. همانند مکان مورد ۴، رنگ آبی آن در PPL، در شناسایی کانی کمک می‌کند. در XPL، ویوانیت، شکست مضاعف را در رنگ‌های سری اول با چندرنگی خیلی خوب نشان می‌دهد.

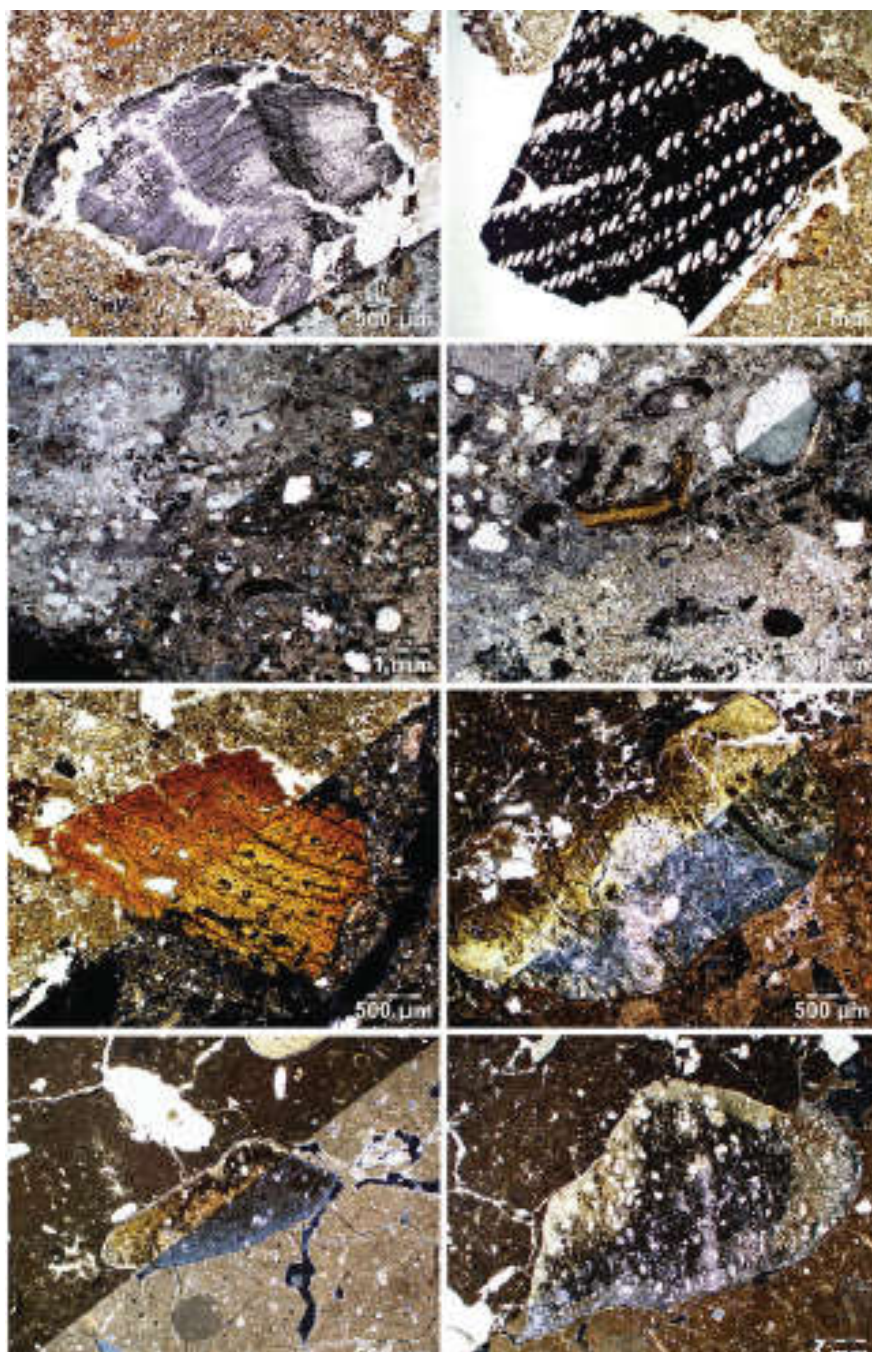
۶. مجموعه‌ای از بلورهای ویوانیت در شکل‌های کشیده با اندازه‌های مختلف از مکان باستان‌شناسی قرون وسطایی شمال ایتالیا. رنگ آبی بلور در PPL مشخص‌کننده این کانی است.

1- Anthropogenic Feature

2- Ceramic Shard

3- Raw mud brick

۷. مخلوطی از فسفات آمورف و ویوانیت (آبی در PPL) در متن سیلتی و رسی فسفاته شده، از مکان باستان‌شناسی قرون وسطایی شمال ایتالیا. در XPL، بی‌فابریک به صورت تمایز نیافته است و به تلقیح و نفوذ فسفات به داخل زمینه یا متن مربوط می‌شود.
۸. همانند مورد ۵، به جز عدم حضور ویوانیت و متن ماتریکس درشت‌تر.



فایل ۴۰: عارضه‌های حاصل از فعالیت بشر بخش ۲

فایل ۴۰: عارضه‌های مربوط به فعالیت بشر بخش ۲

بسیاری از انواع عارضه‌ها در خاک مستقیماً با فعالیت‌های محیط کاری انسان مرتبط است. (نیکوسیا و استوپز ۲۰۱۷) حضور آن‌ها در سایت‌های باستان‌شناسی آشکار است، اما می‌توان آن‌ها را در خاک‌های «طبیعی» نیز مشاهده کرد. در واقع، آتش‌سوزی می‌تواند توسط طبیعت (آتش‌سوزی جنگل‌های تابستانه یا صاعقه) یا توسط انسان ایجاد شود. در این بخش، ویژگی‌های نشان داده شده به فعالیت‌های انسانی ناشی از آتش‌سوزی، یعنی زغال چوب، خاکستر، استخوان‌ها و خرده‌سنگ‌های گرما داده شده مربوط می‌شود.

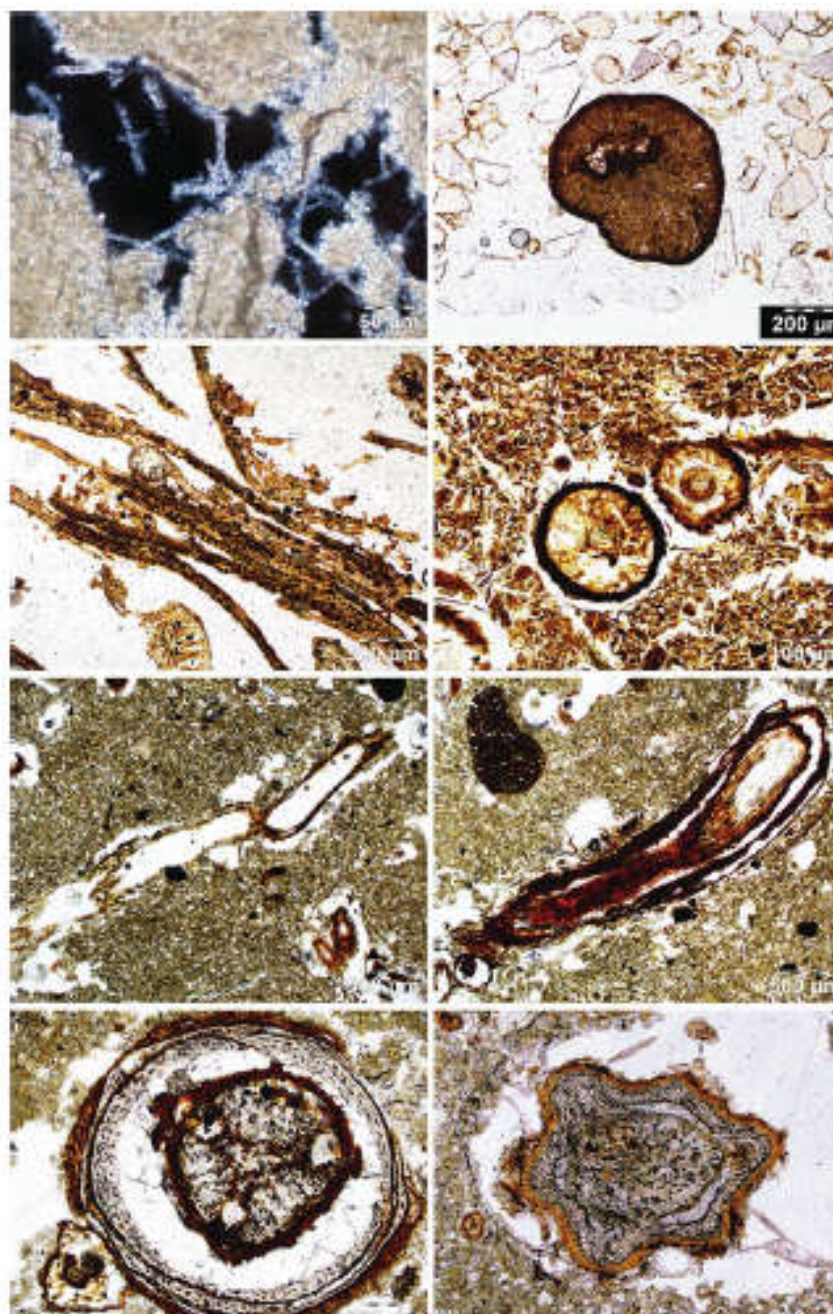
عناوین، از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱-۲. قطعات زغال چوب، مات و کدر در PPL (همچنین در XPL که نشان داده نشده) به ترتیب با الگوهای تخلخل خیلی ریز (در مورد ۱) و درشت (در مورد ۲). گیاه‌شناسان می‌توانند از این الگوها برای شناسایی نوع چوب استفاده کنند. علاوه بر این، ریزساختمان دانه‌ای ریز دارد که به فعالیت بیولوژیکی مربوط می‌شود. پالتوسول، شمال آپنین، ایتالیا.

۳-۴. نهشته‌های خاکستر از مکان باستان‌شناسی در صحرای مرکزی، لیبی. خاکستر به رنگ خاکستری در PPL، متشکل از تجمعی از ریزبلورهای کربنات کلسیم است که به‌وضوح در XPL مشاهده می‌شود. زمینه این نمونه‌ها نیز شامل تعدادی ذرات درشت کوارتز و برخی بقایای گیاهی زغالی شده کشیده (به رنگ قهوه‌ای یا سیاه) است.

۵-۶. قطعات استخوان گرمایافته در آتشدانی با سنگ‌ریزه‌های سوخته از مکان نوسنگی که در شمال ایتالیا پیدا شد. در مورد ۵، رنگ استخوان، قهوه‌ای مایل به قرمز- نارنجی در PPL و مایل به قرمز- نارنجی روشن در XPL است. این رنگ می‌تواند ناشی از دمای گرمایش ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد. (ویلاگران و همکاران ۲۰۱۷). در مورد ۶، ناحیه گرمایافته به سمت چپ بالا محدود می‌شود که به رنگ مایل به قهوه‌ای است، درحالی‌که استخوان، رنگ زرد روشن تا متوسطی را در PPL نشان می‌دهد که حاکی از دمای گرمایش پایین‌تر است. (ویلاگران و همکاران، ۲۰۱۷)

۷-۸. قطعاتی از سنگ چخماق گرمایافته در چاله‌ای از سنگ‌ریزه‌های سوخته از مکان نوسنگی که در شمال ایتالیا پیدا شده است و به دلیل اکسیداسیون، رنگ‌های آن‌ها تغییر نموده. علاوه بر این، این خرده‌سنگ‌ها توسط ریزتوده (متن) رسی احاطه شده است.



فایل ۴۱: ماده آلی بخش ۱

فایل ۴۱: ماده آلی بخش ۱

ماده آلی، عارضه رایج خاک در سراسر جهان است. مواد آلی خاک شامل بقایای تمام قسمت‌های گیاه و همچنین حیوانات کوچک (حشرات، بندپایان و غیره)، قارچ‌ها و باکتری‌ها است. مشخصه افق‌های آلی، رنگ تیره آن‌ها ناشی از ملانی شدن (تیره شدن) مواد آلی خاک و همچنین تشکیل مولکول‌های آلی خاص است. عمدتاً گیاهان از لیگنین و سلولز تشکیل شده است که به برخی از مواد آلی، شکست مضاعف متعلق به رنگ‌های سری اول در XPL را می‌دهد. در این بخش عارضه‌های قارچی و همچنین مواد گیاهی از برگ تا ریشه توضیح داده شده است. عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. رشته‌های قارچی پوشیده شده توسط بلورهای اگزالات در کلسیسول، نازره، اسرائیل. زمینه آن از میکریت تشکیل شده است. چنین رشته‌هایی توسط ودلایت^۱، اگزالات کلسیم هیدراته، پوشیده شده است (در بزرگنمایی بالا، شکل، اندازه و نحوه اتصال بلورها به رشته، سرخ‌های خوبی برای شناسایی چنین اگزالاتی است) که اغلب با کربنات کلسیم اشتباه گرفته می‌شود؛ بنابراین، باید از اصطلاحات «رشته‌های کلسیم‌دار» اجتناب شود، زیرا آن‌ها به کربنات کلسیم اشاره دارد و نه اگزالات. (بیندشدر و همکاران ۲۰۱۶). نمای XPL

۲. اسکروتیوم قارچی^۲ در افق A خاک پادزول. (جنگل لیس-آدام، فرانسه). اسکروتی‌ها، اجسامی قهوه‌ای‌رنگ با مرز واضح و متشکل از سلول‌های گرد کوچک متعدد و تجمع یافته است. مرز به‌طور کلی ضخیم است و می‌تواند شکسته شود و اسکروتیوم را باز کند. زمینه از ذرات کوارتز شنی تشکیل شده که الگوی توزیع نسبی c/f به نام کیتونی دارد. نمای PPL

۳. برش عرضی برگ‌ها در نمونه هوموسی (افق O از برونیسول، سوئیس). این قطعات زنده از انواع مختلف بافت نازک دراز و قهوه‌ای، یعنی کوتیکول و مزوفیل تشکیل شده است. نمای PPL

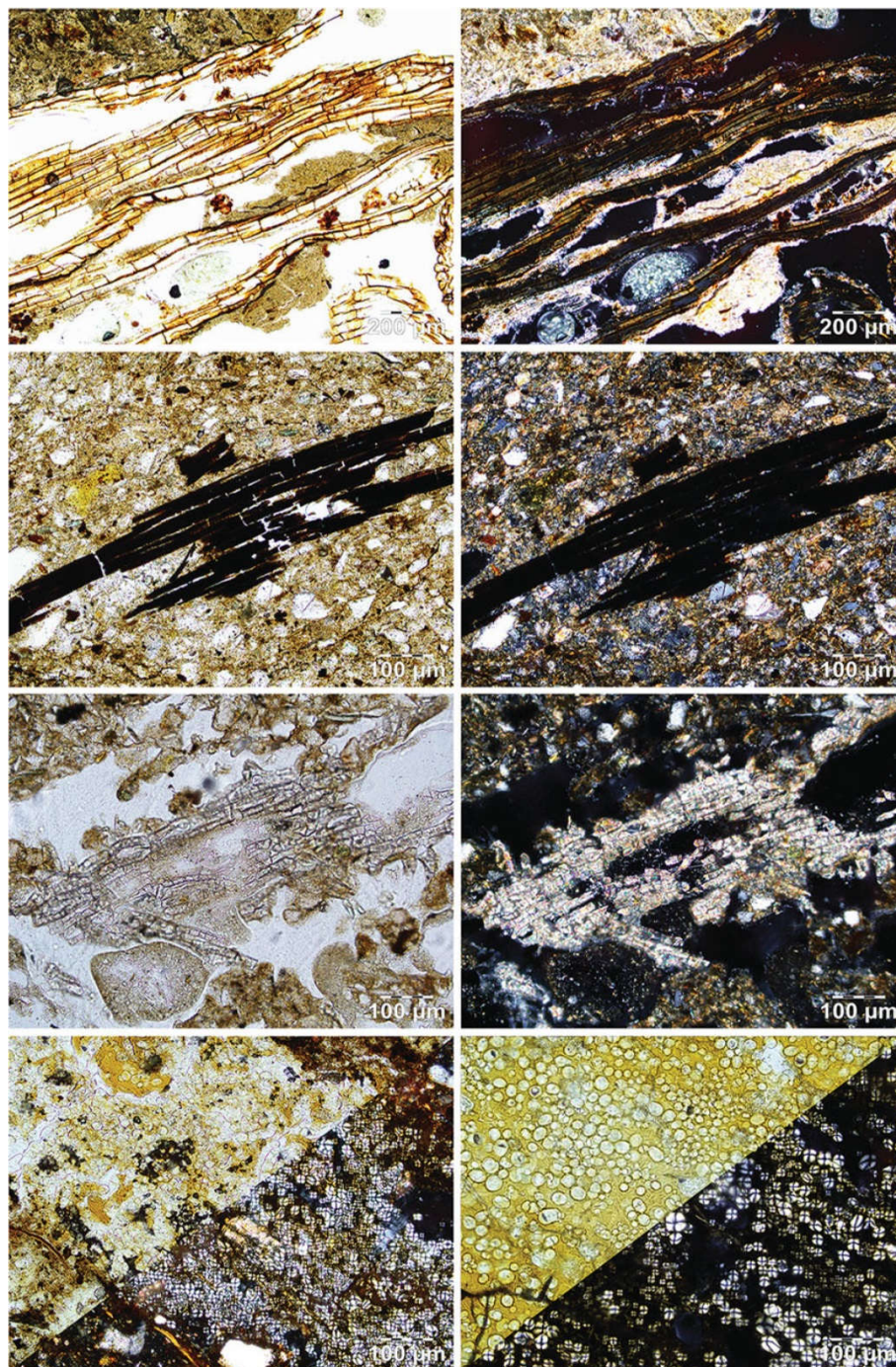
۴. مقطع عرضی در افق Ah از لپتوسول آهکی (کوه‌های ژورا، سوئیس). حاشیه قهوه‌ای تیره مربوط به اپیدرم و اسکلرانسیم گیاه دو لپه‌ای است. زمینه از مقدار زیاد مواد آلی ژل‌مانند قهوه‌ای ساخته شده است. نمای PPL

۵-۶. برش‌های طولی ریشه در لپتوسول لومی، آپنین شمالی، ایتالیا. فقط قسمت خارجی (اپیدرم) در مورد ۵ حفظ می‌شود، درحالی‌که پوسته بیرونی (روپوست-اپیدرم) و برخی از سلول‌های قشر (پوست-کورتکس) قابل مشاهده است. برخی از مواد آلی در حال پوسیدگی تا حدی ملانیزه می‌شود (قسمت‌های تیره تا سیاه) و ناپدید شدن ریشه پس از تجزیه کامل می‌تواند حفره‌های کانالی را ایجاد کند. نمای PPL

1- Weddellite

2- Fungal sclerotium

۸-۷. برش عرضی ریشه‌ها در لپتوسول لومی، شمال آپنین، ایتالیا. ساختار داخلی ریشه‌ها به‌خوبی حفظ شده است، زیرا می‌توان اپیدرم (روپوست)، سلول‌های قشر (پوست-کورتکس)، دایره محیطی و همچنین اندودرم (داخلی‌ترین بخش) را مشاهده کرد. نمای PPL



فایل ۴۲: ماده آلی بخش ۲

فایل ۴۲: ماده آلی بخش ۲

ریشه‌ها، رایج‌ترین بقایای آلی مشاهده شده در خاک است که نه تنها بسته به زاویهٔ برش، متفاوت است (به فایل ۴۱ مراجعه کنید)، بلکه بر اساس نحوه ماندگاری یا تخریب نیز از هم متمایز است. سه نمونه از ریشه‌های مشابه برای سه روش مختلف پوسیدگی و حفظ آورده شده است. علاوه بر این، ممکن است یک محصول زیستی (بیوژنیک)، نشاسته، در خاک در مکان‌های خاص، به عنوان مثال در خاک‌های منطقه خشک حفظ شود.

عناوین از گوشه سمت چپ بالا به گوشه پایین سمت راست.

۱. برش طولی اپیدرم ریشه که شبکه سلول‌های آن را به دلیل وجود لیگنین، به رنگ قهوه‌ای

نشان می‌دهد. نمای PPL

۲. نمای مشابه مورد ۱ در XPL. ماده آلی دارای شکست مضاعف پایین است. زمینه خاک

به ندرت غنی از کربنات کلسیم است.

۳. برش طولی اپیدرم ریشه پس از تیره شدن کامل. ماده آلی به رنگ سیاه تیره ظاهر می‌شود

(ملانیزاسیون) اما ساختار بافت ریشه را حفظ می‌کند. رسوب مواد لس مانند، زمینه را احاطه می‌کند. فلات لس، بائوجی، شمال مرکزی چین.

۴. نمای مشابه مورد ۳ در XPL. توده ریشه کاملاً از بین رفته به نظر می‌رسد.

۵. نمونه ریشه‌ای که در آن واکوئل‌های سلولی با کلسیت جایگزین شده است. این سلول‌های

ریشه کلسیم‌دار (جیلارد و همکاران، ۱۹۹۱) از ویژگی‌های مشترک خاک و پالئوسول‌ها است. در اینجا مورفولوژی سلولی حفظ شده با بافت‌های اپیدرمی مطابقت دارد. (جیلارد و همکاران، ۱۹۹۱).

سلول‌های ریشه کلسیم‌دار زمانی تشکیل می‌شود که واکوئل توسط یک بلور کلسیت پر می‌شود که جایگزین کل سلول می‌گردد و بافت ریشه را فسیل می‌کند. رسوب مواد لس مانند، زمینه را تشکیل می‌دهد. فلات لس، شمال مرکزی چین.

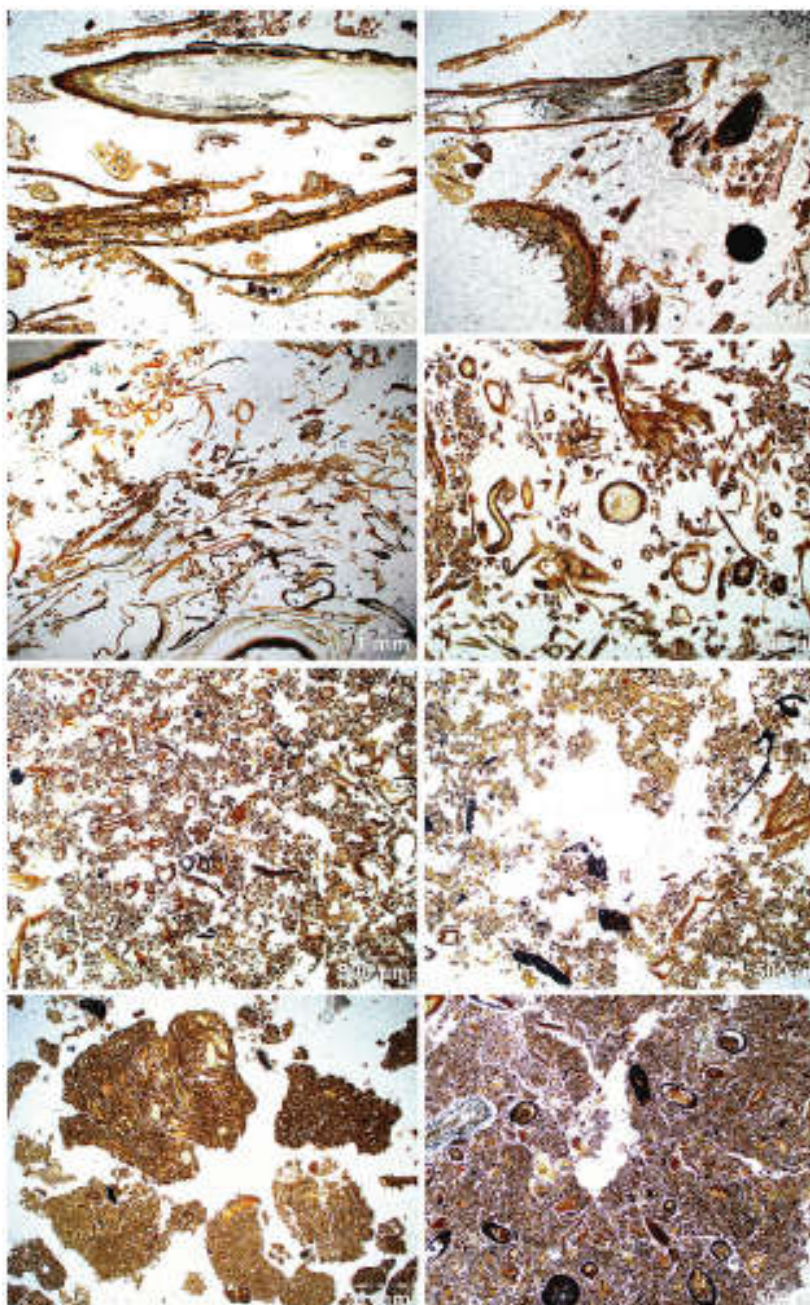
۶. مانند مورد ۵ در XPL. رنگ‌های پلاریزه با کلسیت مطابقت دارد.

۰۷-۰۸ رسوب سرگین^۱ (فضله حیوان) از صحرای مرکزی (لیبی) که در آن ترکیبات آلی

به خوبی حفظ می‌شود، از جمله سلول‌های بافتی ذخیره‌ای. در این سلول‌ها نشاسته به شکل کره وجود دارد که در PPL و XPL کاملاً قابل مشاهده است. در XPL، کره‌ها، به حالت خاموشی^۲ سیاه بوده، اما رنگ شکست مضاعف خاکستری غیرعادی را نشان می‌دهد.

1- Dung

2- Extinction

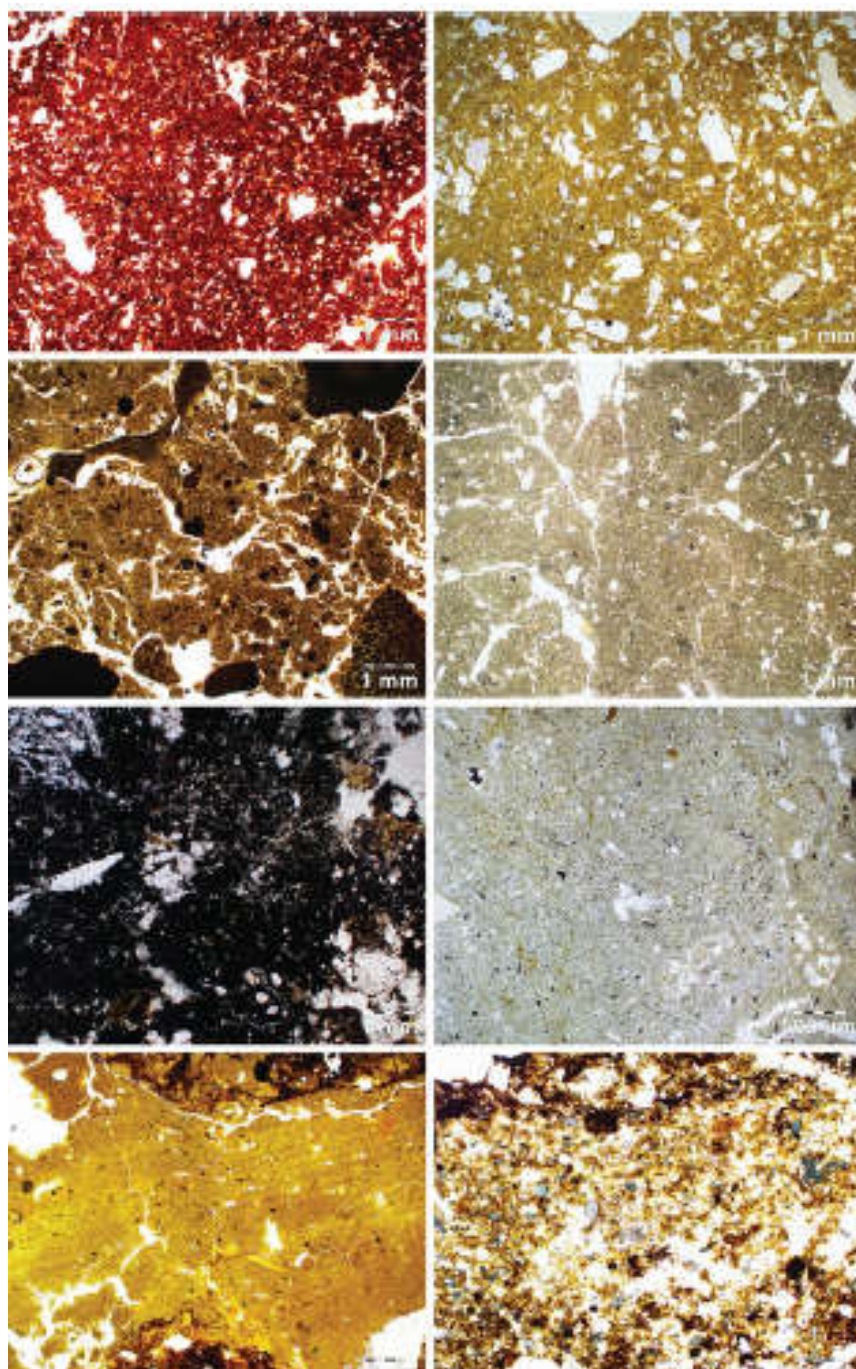


فایل ۴۳: هوموس

فایل ۴۳: هوموس

اشکال هوموس از مواد آلی تجزیه شده که در سطح خاک یا در ۳۰ سانتی متر قسمت بالایی آن وجود دارد، به وجود می آید. عمدتاً از ترکیب افق های Oi، Oe، Oa و A تشکیل شده است. (IUSS و گروه کاری WRB 2014). وضعیت حفظ و تجزیه بافت های گیاهی می تواند امکان تشخیص نوع هوموس را فراهم کند. شکل های هوموس اغلب با لانه های کرم خاکی و فضولات حیوانات کوچک همراه است. مواردی از لاشبرگ تا افق A در این بخش ارائه شده است که در مقطع نازک خاک فولیک اومبری سول و کالسکاریک لپتوسول، کوت د بالنز، کوه های ژورا، سوئیس وجود دارد.

- عناوین، از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست. همه تصاویر در PPL است.
- ۱-۲. مقطع نازک افق Oi که برش عرضی برگ، شاخه ها و قطعه های بافت شاخه یا پوست را نشان می دهد. مواد آلی در این مقیاس تجزیه نشده یا بسیار اندک تجزیه شده است و از قسمت های بزرگی از گیاه تشکیل شده است.
۳. مقطع نازک افق Oe که در آنجا مواد آلی توسط جانداران متوسط خاک خرد می شود. برخی از بافت ها یا اندام های بزرگ تر هنوز قابل تشخیص است، اما اکثر اجسام به قطعات کوچک برش داده شده و عمدتاً نمایانگر لایه های آلی است که در برابر پوسیدگی مقاوم تر است. مقایسه با موارد ۱ و ۲. در همان مقیاس، بر کاهش اندازه مواد آلی تأکید دارد.
۴. مقطع نازک افق Oe با مشخصات کلی مشابه مورد ۳. در مرکز، برش عرضی یک ساقه است. برخی از توده های کوچک مواد آلی غیر قابل تشخیص، در حاشیه های چپ و راست عکس مشاهده می شود.
۵. مقطع نازکی از افق Oa که در آن بیشتر مواد آلی دیگر قابل تشخیص نیست. فرایندهای هوموسی شدن در مرحله شروع بوده و فقط چند قطعه مقاوم یا تازه مخلوط شده از بافت های گیاهی هنوز به صورت شکل های پیوسته حضور دارد.
۶. مقطع نازک افق Oa با مشخصات کلی مشابه مورد ۵. تنها تفاوت، وجود تکه های کوچک سیاه زغال چوب و نزدیک به حاشیه سمت راست که یک بافت مثلی حفظ شده است.
۷. مقطع نازک افق A که توده ای تجمعی آلی معدنی را نشان می دهد و خاکدانه های دانه ای منفذدار (کرامب) را تشکیل می دهد. تفاوت در تیرگی مربوط به درجه و میزان مخلوط شدن با مواد هوموسی شده است. بزرگ ترین ساختمان دانه ای کرامب دارای مقداری مواد آلی نسبتاً پوسیده است.
۸. جزئیات از ساختمان کرامب که توسط کرم خاکی در افق A حاصل می شود. زمینه با ریز-توده مواد آلی هوموسی شده است که (به صورت خاکدانه دانه ای ریز) با حضور برخی از بافت های گیاهی نسبتاً تجزیه شده تشکیل شده است. اسکالروتیوم قارچی در قسمت پایین و وسط سمت چپ تصویر دیده می شود.



فایل ۴۴: ریزتوده

فایل ۴۴: ریز توده^۱

به گفته بولاک و همکاران (۱۹۸۵)، ریز توده، اصطلاحی کلی است که برای نشان دادن ریزترین ذرات در مواد زمینه استفاده می شود. استوپس (۲۰۰۳، ۲۰۲۱) ریز توده را با وجود کانی های رسی بلوری یا بی شکل، همراه با اکسی هیدروکسیدها یا بدون آن ها، مواد آلی بی شکل و احتمالاً حضور بلورهای ریز کلسیت (به عنوان مثال میکریت) یا میکا توصیف می کند. ریز توده را می توان با استفاده از رنگ، شفافیت^۲ آن (خالص^۳ بودن) و رنگ های تداخلی (بی- فابریک^۴ آن) توصیف کرد. میزان خلوص از شفاف تا مات (کدر)^۵، با حالت های میانی مانند ابری، لکه ای^۶ و نقطه دار^۷ متغیر است. این بخش، نمونه ها یا رنگ های ریز توده و شفاف را ارائه می دهد که باید در PPL مشاهده شود. علاوه بر این، دو بخش بعدی، نمونه هایی از بی- فابریک قابل مشاهده در XPL را نشان می دهد.

عناوین، گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. ریز توده قرمز: رنگ قرمز به دلیل وجود هماتیت مخلوط با رس است. کرومیک لوویسول، لیگوریا، ایتالیا.

۲. ریز توده زرد: رنگ زرد روشن به دلیل حضور گوتیت مخلوط با کانی های رسی است. لیکسی سول، آفریقای استوایی

۳. ریز توده قهوه ای بسیار تیره: رنگ قهوه ای به دلیل وجود آهن و مواد آلی است که تشکیل دهنده کمپلکس رسی-هوموس است. لوویسول، شمال آبنین، ایتالیا.

۴. ریز توده خاکستری مایل به قهوه ای و ابری: رنگ کدر (کم رنگ) مربوط به ریز توده غنی از کلسیت (میکریت) است. کالکاریک لپتوسول، کوه های ژورا، سوئیس.

۵. ریز توده سیاه و مات از خاک پیت که در مرکز سوره تشکیل شده است. ماده آلی ملانیزه رنگ سیاه می دهد.

۶. ریز توده مایل به خاکستری و شفاف: فرایندهای احیا، تمام آهن اکسید شده را حذف کرد و حالت روشن و شفاف به ریز توده داده شد. گلی سول که روی خاک های رس یخچالی- دریاچه ای، کوه های ژورا، سوئیس، تشکیل شده است.

۷. ریز توده زرد و کدر: رنگ زرد روشن به دلیل وجود گوتیت است. فرالسول آفریقای گرمسیری.

۸. ریز توده قهوه ای و لکه ای (نقطه ای): ریز توده در مقایسه با نمونه های دیگر یکنواخت نیست، کامبی سول، آپولیا، ایتالیا.

1- Micromass

2- Transparency

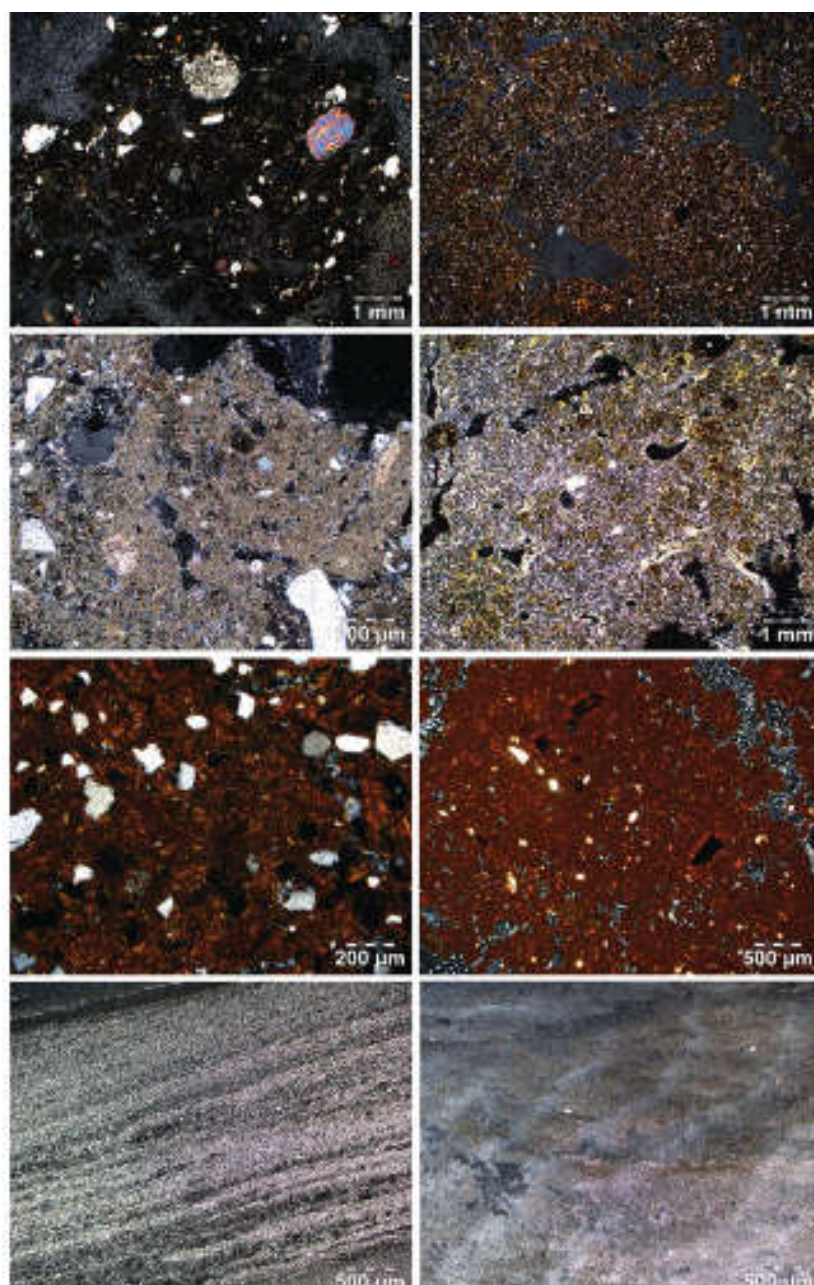
3- Limpidity

4- B-Fabric

5- Limpid to Opaque

6- Speckled

7- Dotted



فایل ۴۵: بی‌فابریک بخش ۱

فایل ۴۵: بی - فابریک بخش ۱

به گفته بولاک و همکاران (۱۹۸۵)، ریزتوده اصطلاح کلی است که برای نشان دادن ریزترین مواد زمینه استفاده می‌شود. استوپس (۲۰۰۳، ۲۰۲۱) ریزتوده را با حضور کانی‌های رسی بلوری یا بی‌شکل، همراه با اکسی‌هیدروکسیدها یا بدون آن‌ها، مواد آلی بی‌شکل و احتمالاً وجود بلورهای ریز کلسیت (میکریت) یا میکا توصیف می‌کند. ریزتوده را می‌توان با استفاده از رنگ، شفافیت آن (خلوص) و رنگ‌های تداخلی (بی - فابریک آن) توصیف کرد. بی - فابریک «منشأ و الگوهای جهت‌گیری و توزیع رنگ‌های تداخلی در ریزتوده» را توصیف می‌کند. (بولاک و همکاران، ۱۹۸۵). این بخش نمونه‌هایی از مقاطع نازک مشاهده شده در XPL را نشان می‌دهد.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. بی‌فابریک نامتمایز^۱ ناشی از قابلیت کانی‌های فاقد شکل بلوری، به‌عنوان مثال آلوفان‌ها، در خاک آتش‌فشانی (آندوسول). دو کانی بزرگ از این دسته شامل بلور الیوین و بلور آمفیبول است.
۲. بی - فابریک نامتمایز ناشی از توده‌بلورهای ریز اکسی‌هیدروکسید. پالئوسول (پالئو-اکسیسول)، صحرای مرکزی، لیبی.
۳. بی - فابریک خرده بلوری^۲ (کریستالیتیک) تشکیل شده از کلسیت با شکست مضاعف کم (میکریت). کالکاریک لپتوسول، کوه‌های ژورا، سوئیس.
۴. بی - فابریک خرده بلوری (کریستالیتیک) متشکل از مقادیر زیادی از بلورهای بسیار ریز میکا. خاک روی لس، شمال ایتالیا تشکیل یافته است.
۵. بی - فابریک لکه‌ای - موزاییکی^۳ که خاک‌های رس جهت‌یافته در مجموعه‌ای تصادفی آرایش یافته است که از الگوی موزاییک مانند ایجاد کرده است. پالئوسول (پالئو-لویسول)، صحرای مرکزی، لیبی.
۶. بی - فابریک نقطه‌ای - لکه‌ای^۴ با مجموعه‌ای از خاک‌های رس توجیه شده مجزا که به‌طور تصادفی در متن خاک آرایش یافته است. کرومیک لووسیول، آفریقای استوایی
۷. بی‌فابریک تک نواری^۵ که توسط ریزتوده جهت‌یافته موازی تشکیل شده و نشان‌دهنده نمونه‌ای از الگوی رسوبی است. فلاویسول، دره رونه، سوئیس.
۸. بی‌فابریک نواری دوگانه^۱ که توسط دو مسیر جهت‌گیری ترجیحی در ریزتوده تشکیل شده است و نوعی از الگوی رسوبی است. فلوویزول، دره رون. سوئیس.

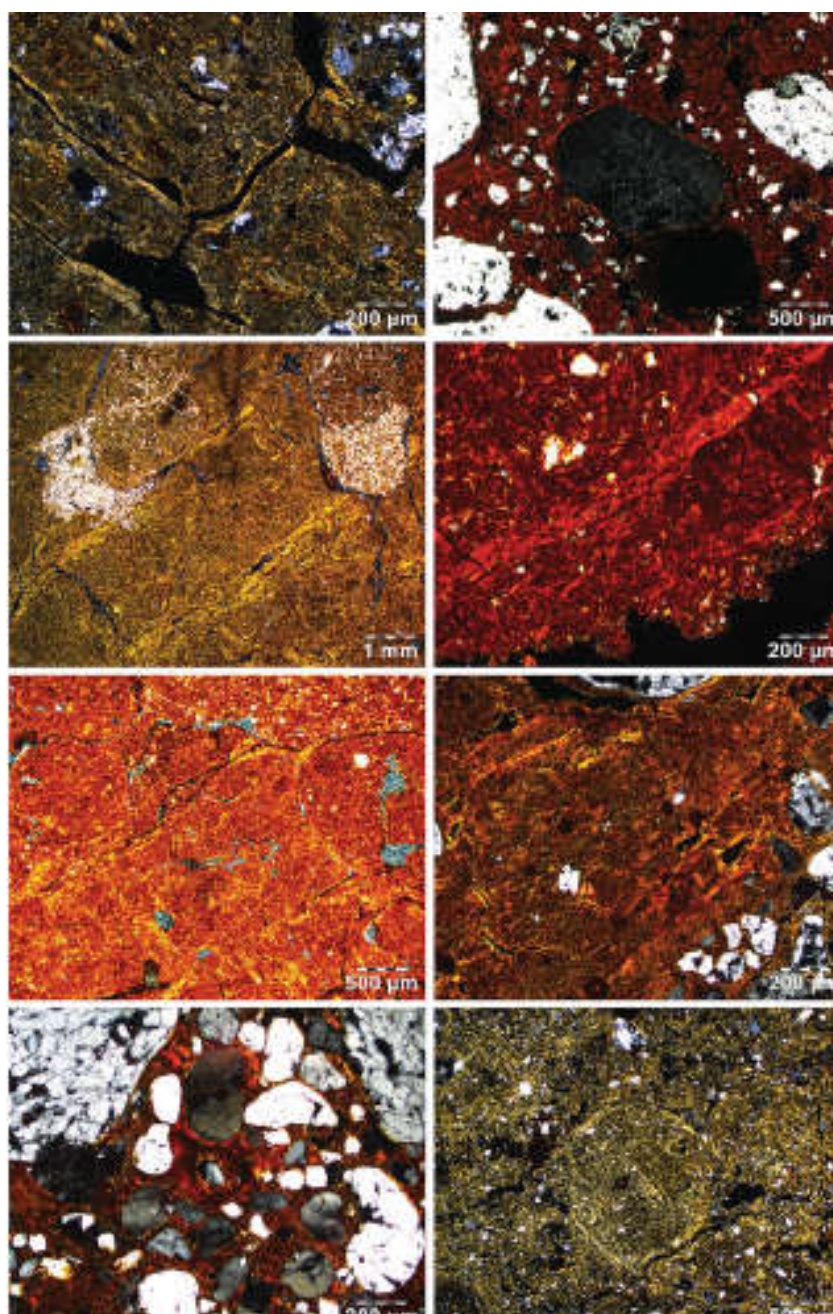
1- Undifferentiated b-fabric

2- Crystalitic b-fabric

3- Mosaic speckled b-fabric

4- Stipple – speckled b-fabric

5- Unistrial b-fabric



فایل ۴۶: بی-فابریک بخش ۲

1- Bistrial b-fabric

فایل ۴۶: بی‌فابریک بخش ۲

به گفته بولاک و همکاران (۱۹۸۵)، ریزتوده یک اصطلاح کلی است که برای نشان دادن ریزترین مواد زمینه استفاده می‌شود. استوپس (۲۰۰۳، ۲۰۲۱) ریزتوده را با حضور کانی‌های رسی بلوری یا بی‌شکل، همراه با اکسی‌هیدروکسیدها یا بدون آن‌ها، مواد آلی بی‌شکل و احتمالاً وجود بلورهای ریز کلسیت (میکریت) یا میکا توصیف می‌کند. ریزتوده را می‌توان با استفاده از رنگ، شفافیت (خلوص) و رنگ‌های تداخلی (بی-فابریک آن) توصیف کرد. بی‌فابریک، منشأ و الگوهای جهت‌گیری و توزیع رنگ‌های تداخلی در ریزتوده را توصیف می‌کند (بولاک و همکاران، ۱۹۸۵). این بخش نمونه‌هایی از مقاطع نازک مشاهده شده در XPL را نشان می‌دهد که حاکی از بخش‌های طولی است که در آنجا، رس تقریباً به‌طور هم‌زمان خاموشی دارد.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. بی-فابریک خطی-منفذی^۱ (پورو استریتد) یا حفره محور یا حفره راستا که در آنجا مجموعه رسی به موازات سطوح منافذ قرار گرفته است. کرومیک پالئو لوویسول، ساردینیا، ایتالیا.
۲. بی-فابریک خطی-دانه‌ای^۲ (گرانواستریتد) یا ذره محور یا ذره راستا که در آنجا مجموعه رسی به موازات سطح ذرات کوارتز توزیع شده است. کرومیک پالئو لوویسول، ساردینیا، ایتالیا.
۳. بی-فابریک خطی-موازی^۳ که آرایش موازی مجموعه‌های رسی را نشان می‌دهد. کرومیک پالئو لوویسول، ساردینیا، ایتالیا.
۴. بی-فابریک خطی جدا^۴ که مجموعه جدا و مستقل از خاک‌های رس را در ریزتوده نشان می‌دهد، کرومیک پالئو لوویسول، شمال ایتالیا.
۵. بی-فابریک خطی متقاطع^۵ که تقاطع مجموعه‌های متعدد رس را نشان می‌دهد. کرومیک لویسول، لیگوریا، ایتالیا.
۶. بی-فابریک خطی تصادفی، هیچ نظمی در آرایش رس نشان نمی‌دهد و الگویی نامنظم دارد. کرومیک پالئو لوویسول کرومیومی، ساردینیا، ایتالیا.
۷. بی-فابریک خطی متحدالمرکز^۶ که حلقه‌های متحدالمرکز متعددی از مواد رسی جهت‌یافته را نشان می‌دهد. پالئوسول، لیبی، صحرای مرکزی.

1- Poro striated
 2- Grano striated
 3- Parallel striated
 4- Monostriated
 5- Cross striated
 6- Concentric striated

۸. بی- فابریک خطی مدور^۱ که در آنجا مجموعه رسی به صورت آرایش مدور، به عنوان مثال به شکل حلقه توزیع شده است. لوویسول، آپولیا، ایتالیا.

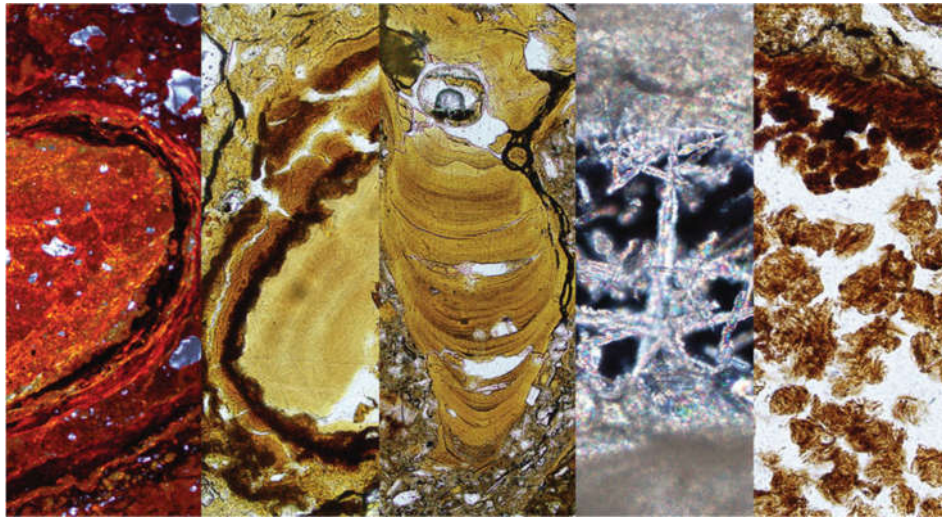
فصل چهارم:

عارضه‌های خاکسازی

فایل ۴۷: آثار خاکسازی

از نقطه نظر تاریخی، میکرومورفولوژی خاک برای اولین بار به منظور تحقیق روی فرایندهای خاکسازی در مقیاس کوچک مورد استفاده قرار گرفت. (کوبینه ۱۹۳۸). در فصل‌های قبل، این اطلس مجموعه‌ای از ابزارهای توصیفی کمک به شناسایی موضوعات را فهرست کرده است. این فصل به عارضه‌های خاصی می‌پردازد که در تنوع خاک‌ها نقش دارد و مستقیماً با فرایندهای پدوژنیک مرتبط است. عوارض پدولوژیک (برویر ۱۹۶۴) یا عوارض خاکساخت (بولاک و همکاران ۱۹۸۵) واحدهای فابریکی مجزا در مواد خاک است که با اختلاف غلظت در یک یا چند جزء یا با تفاوت در فابریک داخلی از یک ماده مجاور قابل تشخیص است. (استوپس، ۲۰۲۱، ۲۰۰۳). در کتاب استوپس (۲۰۰۳، ۲۰۲۱)، عوارض خاکسازی به دو دسته تقسیم می‌شود: عوارض خاکسازی متن خاک و عوارض خاکسازی خارج از متن. عوارض خاکسازی متن خاک را می‌توان بر اساس رابطه آن‌ها با زمینه (عوارض خاکسازی تخلیه‌ای، تلقیحی^۱، فابریکی) و مورفولوژی آن‌ها (زیرپوشش‌ها^۲، شبه پوشش‌ها، پوشش در امتداد سطح)^۳ پر شدن متن خاک^۴، نفوذ داخل متن^۵ (مواد الحاقی) و گره‌ها در متن) تقسیم‌بندی کرد. با توجه به عوارض خاکساخت خارج از متن، آن‌ها شامل پوشش‌ها، پرکننده‌ها، بلورها و رشد بین بلورها، مواد نفوذی (الحاقی) و درنهایت ندول‌ها اشاره کرد. اصطلاحات پیشنهادی این فصل بر اساس ماهیت و مورفولوژی عوارض خاکسازی است که از بولاک و همکارانش اقتباس شده است. (۱۹۸۵)

-
- 1- Impregnation
 - 2- Hypocoating
 - 3- Quasicoating
 - 4- Inter calation
 - 5- Intensive pedo feature

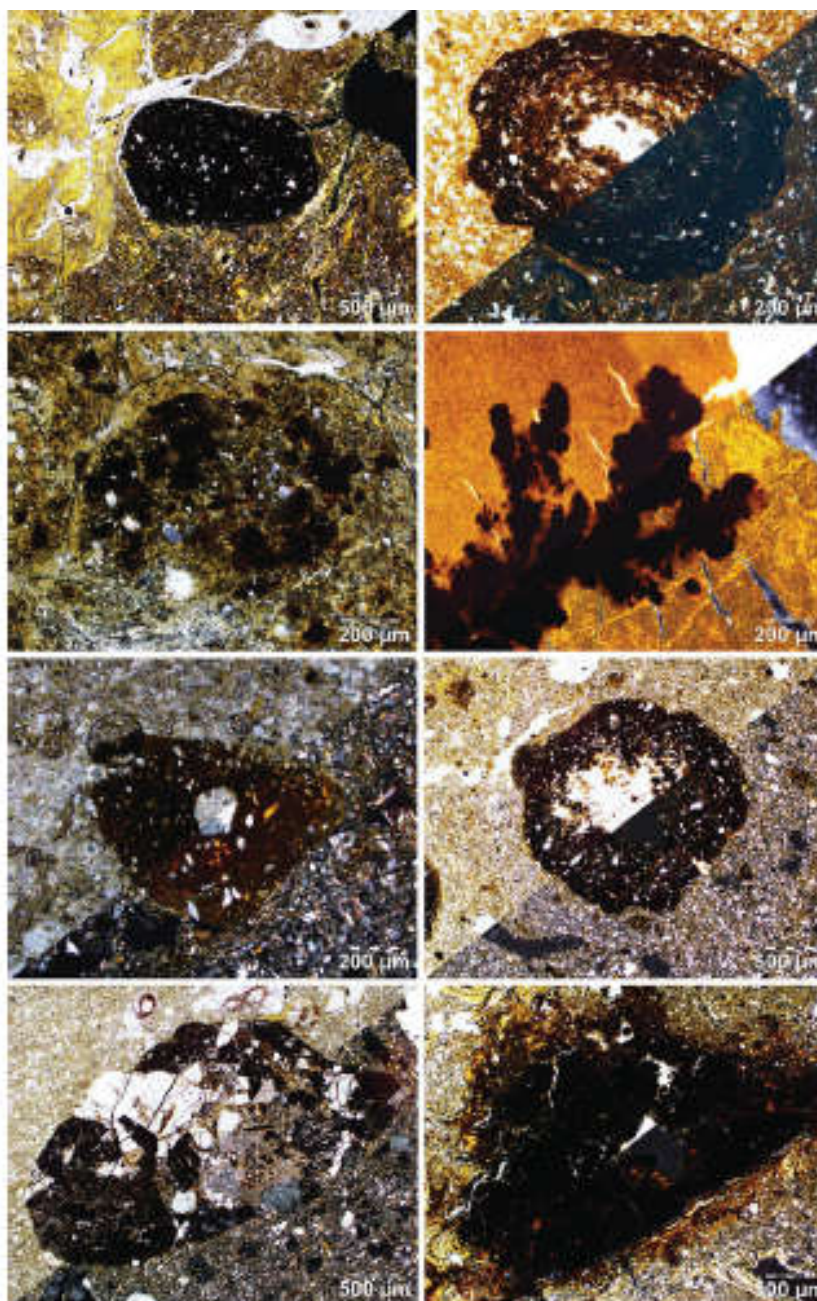


فایل ۴۷: آثار خاکسازی

نمونه عوارض خاکسازی از چپ به راست: نودول چند منشأ (XPL)، پوشش‌های زیرپوشش (هیپو) و شبه پوشش‌ها یا پوشش در امتداد سطح (PPL)، پر شدن از رس (PPL)، پر شدن از کلسیت فیبری-سوزنی (XPL) و ذرات قرصی شکل (PPL)^۱

۱- @ مؤلف (مؤلفین)، ۲۰۲۱

یک اطلس بصری برای میکرومورفولوژیست‌های خاک
E. P. Verrechia, L. Trombino,
<http://doi.org/10.1007/978-3-030-67806-7-4>



فایل ۴۸: نودول‌های دارای آهن و منگنز

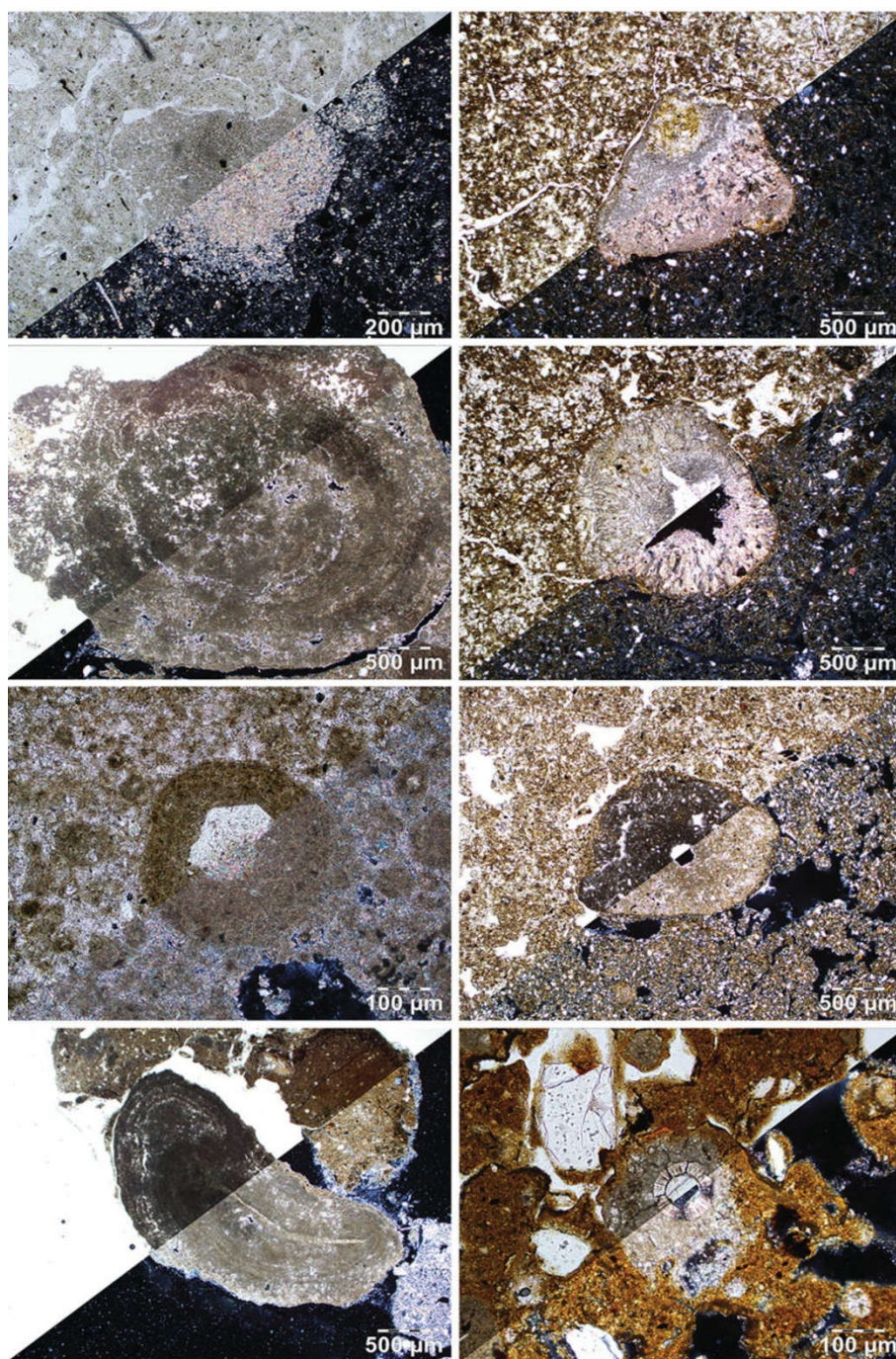
فایل ۴۸: ندول‌های دارای منگنز و آهن

ندول‌ها، به‌عنوان عوارض خاکسازی تقریباً هم‌بعد تعریف می‌شود که به سطوح یا حفره‌های طبیعی وابسته نبوده و از تک‌بلورها تشکیل نمی‌شود. از نقطه نظر نظری، ندول‌ها را می‌توان به‌عنوان عوارض خاکسازی تلقیحی یا نفوذی در متن (خارج از متن) نظر گرفت. (استوپس ۲۰۰۳). این صفحه ندول‌های آهن‌دار را نشان می‌دهد و مطابق نظر بولاک و همکاران (۱۹۸۵)، آن‌ها را می‌توان بر اساس فابریک داخلی و مورفولوژی بیرونی به‌عنوان عوارض خاکساز بی‌شکل یا شبه بلور طبقه‌بندی کرد. ماهیت شیمیایی ندول‌ها اغلب با استفاده از میکروپروب الکترونی تأیید می‌شود. به‌عنوان مثال، نقشه‌برداری عنصری اغلب اجتماع آهن و منگنز را نشان می‌دهد. (به فایل ۷ مراجعه کنید).

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. ندول معمولی^۱: ندول آهن‌دار با فابریک داخلی نامتمایز و مرزهای واضح در زمینه لومی. پالئو لوویسول، منطقه دشت دامنه‌ای (پیدمونت)، ایتالیا.
۲. ندول متحدالمرکز: ندول آهن‌دار با لایه‌های متحدالمرکز از مواد و مرزهای واضح در زمینه شنی-رسی. کرومیک لوویسول کرومیومی، آپولیا، ایتالیا.
۳. ندول مجتمع^۲: چنین ندول‌هایی از تجمع ندول‌های کوچک که عمدتاً معمولی است تشکیل و اغلب در ورتیسول‌ها یافت می‌شود. ورتیسول، دشت پو، ایتالیا.
۴. ندول دندان‌های: استوپس (۲۰۲۱، ۲۰۰۳) آن‌ها را ندول‌های تجمعی از آهن و منگنز در نظر می‌گیرند که در الگوی دندان‌های آرایش یافته است. ندول دندان‌های داخل ریزتوده رسی ایجاد شده است. کرومیک پالئو لوویسول، ساردینیا، ایتالیا.
۵. ندول هسته‌ای^۳: نمونه‌ای از ندول آهن و منگنزدار که در اطراف ذره کوارتز، رسوب می‌کند، یعنی هسته با منشأ از اطراف^۴، در زمینه لومی. اکسی‌اکوئیک کرایوسول، آلپ ایتالیا.
۶. ندول توخالی^۵: ندولی که یک هسته خالی را نشان می‌دهد، یعنی یک فضای خالی با شکل نامنظم در زمینه سیلتی. پالئوسول با منشأ لس؛ دشت پو مرکزی، ایتالیا.
۷. ندول‌های دگرسان: این نوع ندول معمولاً محصول هوازدگی است. این ندول‌ها همچنین با شکلی مشابه مواد معدنی یا آلی مشخص می‌شود. در مورد ۷، ندول دگرسان از یک‌خرده سنگ در پالئوسول با منشأ از لس ایجاد شد. کوه‌های آلپ لیگوریا؛ ایتالیا.
۸. در مورد ۸، ندول دگرسان حاوی مخلوطی از بقایای گیاهی است. پالئو لوویسول؛ منطقه پیدمونت، ایتالیا.

1- Typic nodule
 2- Aggregate nodule
 3- Nucleic nodule
 4- Geodic nodule
 5- Allochthonous



فایل ۴۹: نودول‌های کریناته

فایل ۴۹: نودول‌های کربناته

نودول‌ها، به‌عنوان عوارض خاکسازی تقریباً هم‌بعد تعریف می‌شود که به سطوح یا حفره‌های طبیعی وابسته نبوده و از تک بلورها تشکیل نمی‌شود. از نقطه نظر نظری، نودول‌ها را می‌توان به‌عنوان عوارض خاکسازی (خاک ساخت) تلقیحی یا نفوذی در متن یا خارج از متن در نظر گرفت. (استوپس ۲۰۰۳). این صفحه نودول‌های کربناته را نشان می‌دهد و به نظر بولاک و همکاران (۱۹۸۵)، آن‌ها را می‌توان بر اساس فابریک داخلی و مورفولوژی خارجی به‌عنوان عوارض خاکسازی بلوری طبقه‌بندی کرد. علاوه بر این، اندازه بلورهای کربنات تشکیل‌دهنده نودول (به‌عنوان مثال میکريت، میکرواسپاريت يا اسپاريت) نیز یکی از ویژگی‌های مربوط به عوارض خاکسازی است.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. نودول معمولی (تیپیک): نودول میکریتی با فابریک داخلی همگن و مرزهای واضح در ریزتوده

کربناته. کامبی‌سول، حوضه پاریس، فرانسه.

۲. نودول اسپاریتیک: نودول کربناته متشکل از بلورهای اسپاریتیک بزرگ و مرزهای واضح (به

فایل ۵۱ مراجعه کنید) در یک زمینه سیلتی-رسی. پلانوسول دشت پو؛ ایتالیا.

۳. نودول متحدالمرکز: این‌گونه گره‌ها (نودول‌ها) با رشد و افزودن لایه‌های متحدالمرکز میکريت تشکیل می‌شود. این نودول خاص می‌تواند نتیجه رسوب مواد در یک محیط باتلاقی باشد.

کلی‌سول (گلییک)؛ سوریه.

۴. نودول ستاره شکل: فضای خالی مرکز ناشی از درز و ترک شعاعی است. این نودول ستاره-

شکل در زمینه سیلتی-رسی شکل گرفته است. آن‌ها به‌ندرت در ورتیسول‌های گرمسیری مشاهده می‌شود. پلانوسول، دشت پو، ایتالیا.

۵. نودول هسته‌ای: نمونه‌ای از نودول میکریتی که در اطراف ذره کوارتز رسوب می‌کند، یعنی

هسته با منشأ از بیرون، در زمینه میکرواسپاریتیک و میکریتی. کالسیسول، صحرای نگب؛ اسرائیل.

۶. نودول توخالی: نودولی که هسته خالی را نشان می‌دهد، یعنی فضای خالی گردی در این

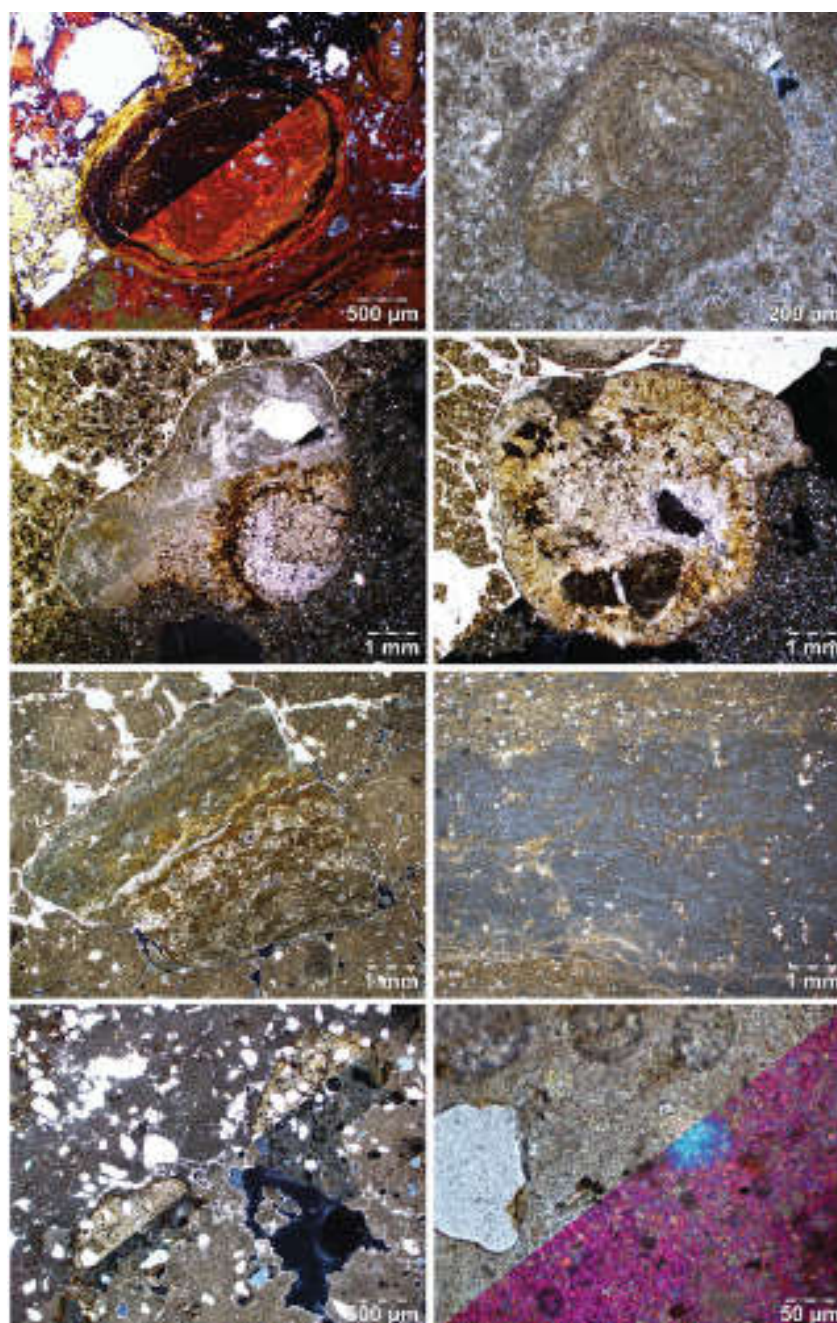
مورد، در زمینه سیلتی. کامبیک کالسیسول، کوه‌های ژورا، سوئیس.

۷-۸. لیتوکلست‌ها و نه نودول‌ها: شکل برخی از لیتوکلست‌های کربناته را می‌توان با نودول‌های

خاکساز (پدوژنیک) اشتباه گرفت. در مورد ۷، نمونه‌ای از انکوید تراورتن^۱ از کالسیسول (گلییک)

سوریه. در مورد ۸ لیتوکلست از سنگ آهک دریایی با قطعاتی از روزن‌داران (عارضه گرد اسپاريت

در مرکز) در کرومیک کامبی‌سول، آپولیا، ایتالیا.



فایل ۵۰: نودول‌های با چند منشأ

فایل ۵۰: نودول‌های با چند منشأ (پلی ژنتیک)

نودول‌های چند منشأ یا نودول‌هایی که از لایه‌هایی با چند منشأ متفاوت تشکیل شده و یا محصولاتی که حاصل فاز مختلف خاکساز است. نوع خاصی از نودول پلی‌ژنتیکی با پوسته‌های پرلیتی همراه است. این پوسته‌ها از نودول‌های متنوع پلی‌ژنتیکی که اووئیدها نیز نامیده می‌شود، تشکیل شده است (دوراند و همکاران ۲۰۱۸) که دارای اندازه‌های مختلف است و توزیع نسبی c/f به صورت مونیک‌تاپورفیریک نزدیک به هم بوده و تقریباً همیشه با پوسته‌های لایه‌ای کربنات همراه است.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. نودول چندلایه آهن‌دار با منشأ متفاوت. قسمت داخلی از هسته بزرگ حاوی اکسی-هیدروکسید آهن تشکیل شده است که به داخل زمینه و رس تلقیح شده و نفوذ می‌کند. این هسته از پوسته بیرونی‌تر جدا می‌شود که متشکل از چندلایه با ترکیب کانی‌شناسی یکسان است. پالتوسول، لیتوریا، ایتالیا.

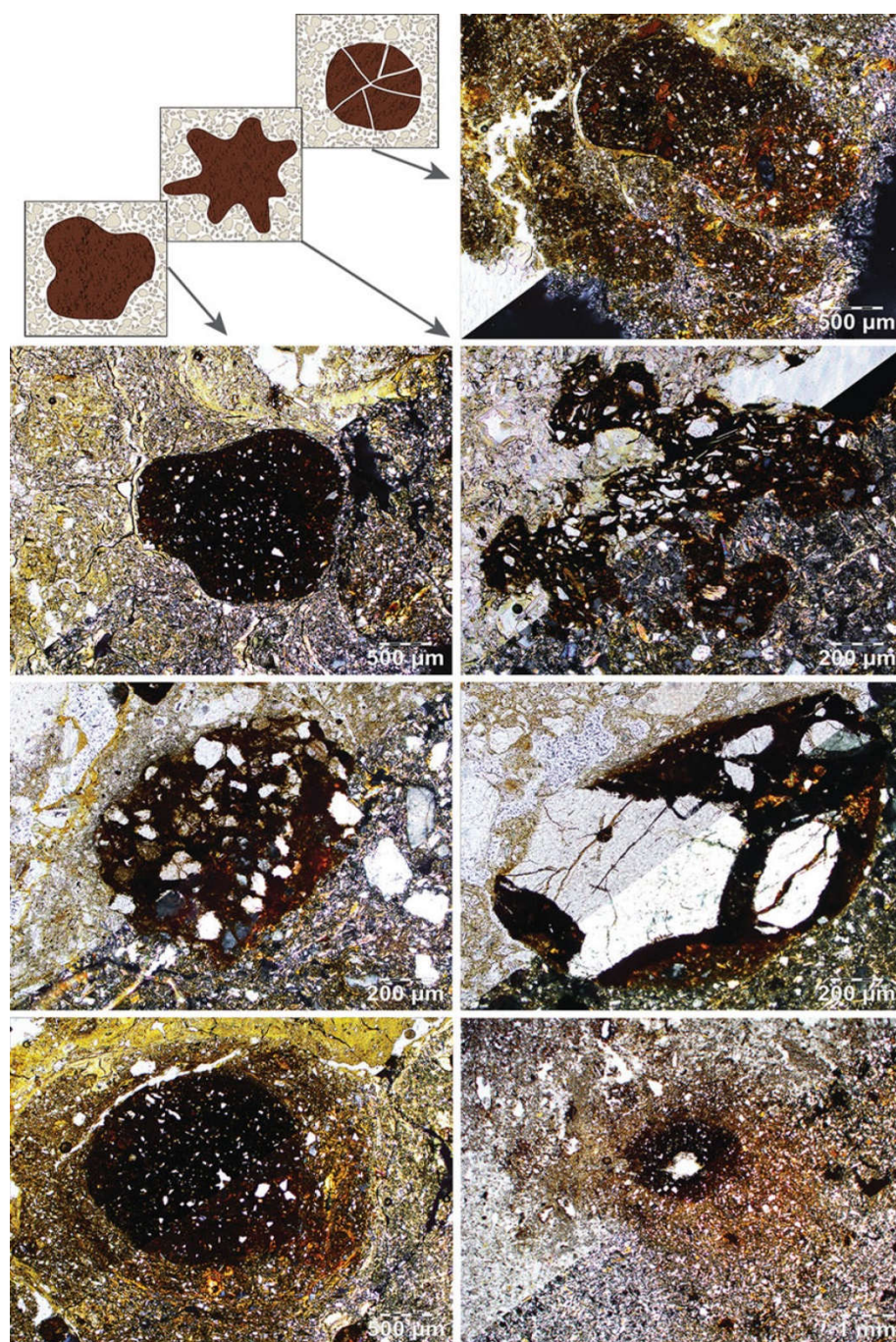
۲. نودول کربناته چند منشأ یا پلی‌ژنتیکی متشکل از نودول‌های کوچک‌تر که توسط قشر میکریته پلی‌ژنتیکی داخل ریزتوده از پوسته پرلیتی احاطه شده است. کلسیسول، صحرای نگب، اسرائیل.

۳. نودول کربناته با منشأ چندگانه (پلی ژنتیکی) ابتدا توسط یک نودول تیپیک اسپاریتیک تشکیل شده است که با یک لایه قهوه‌ای اکسی‌هیدروکسید آهن پوشانده شده و داخل یک نودول عمده‌تاً توخالی و میکریته بزرگ‌تر تجمع می‌یابد. ورتیسول، منطقه شمالی، کامرون.

۴. نودول اسپاریتیک پلی ژنتیک. فضای خالی در مرکز توسط سیمان اسپاریتیک شفاف احاطه شده است، درحالی‌که قسمت مرکزی نودول شامل اسپاریت با مقداری از اکسی‌هیدروکسید آهن است. قشر آن نیز کلسیتی با مقداری از اکسی‌هیدروکسید آهن است، اما بلورها با چیدمان پنکه مانند آرایش می‌یابد. چنین نودول‌هایی اغلب به دلیل نوسانات سطح آب ایجاد می‌شود. ورتیسول، منطقه خیلی شمالی، کامرون.

۵-۶. در مورد ۵، قطعه‌ای از پوسته لایه‌ای بازسازی شده موجود در کلسیسول (گلیک)، سوریه. این عارضه به طور دقیق به عنوان نودول «پدوژنیک» در نظر گرفته نمی‌شود، اما واقعیت این است که از محیطی مشابه با این زمینه سرچشمه گرفته است، با این وجود آن را پلی‌ژنتیکی می‌کند؛ زیرا فرسایش یافته، جابجا شده و کمی دورتر از محل تشکیل خود رسوب کرده است. در مورد ۶، پوسته لایه‌لایه موجود در محل که تناوب لایه‌های میکرواسپاریتیک خاکستری روشن و میکریته مایل به قهوه‌ای مایل به زرد را نشان می‌دهد. لایه‌های میکرواسپاریتیک از اسفرولیت کلسیتی ساخته شده است. (به فایل ۳۷ و ورشیا و همکاران ۱۹۹۵ مراجعه کنید). نمای PPL، صحرای نگب، اسرائیل.

۷-۸. دو ندول سیلیسی پلی ژنتیکی که از قطر تصویر برش داده شده است. آن‌ها از سیلیسی شدن ثانویه نودول‌های کلسیتی اولیه که دانه‌های کوارتز را به دام می‌اندازند، ناشی شده و همچنین توسط لایه بسیار نازک اکسی‌هیدروکسیدها محصور شده است. زمینه، متشکل از دانه‌های کوارتز در یک ریزتوده میکریتی است. در مورد ۸ نمای نزدیک. نمای XPL با تیغه گچی بر فراوانی سیلیس در ریزتوده (رنگ‌های سری بالا) تأکید دارد. دانه کوارتز به رنگ آبی روشن ظاهر می‌شود. کلسیسول، چوب اینکلاو؛ بتسوانا.



فایل ۵۱: نودول‌ها: مورفولوژی و شکل مرزی

فایل ۵۱: نودول‌ها: مورفولوژی و شکل مرزی

نودول‌ها را می‌توان با مورفولوژی‌های بیرونی خاص خود مشخص کرد. نودول‌ها نیز همانند عوارض خاکساز (خاکساخت)، رابطه مکانی با زمینه اطراف خود دارد. این رابطه با شکل مرز نودول توصیف می‌شود.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. طرحی از مورفولوژی‌های مختلف بیرونی نودول‌ها (استوپس ۲۰۰۳). نوع ظاهر نوک‌گرد در گوشه پایین سمت چپ به شکل خارجی موج اشاره دارد. نوع پنجه‌ای (مرکز) نوعی نفوذ شبیه انگشتان داخل زمینه مجاور را ایجاد می‌کند. نوع منفصل، در گوشه سمت راست بالا، از قطعات قابل جایگیری (قابل انطباق) زاویه‌دار تشکیل شده است.

۲. نمونه‌ای از نودول آهن‌دار منفصل. پالئو-لوویسول منطقه پیدمونت، ایتالیا.

۳. نمونه‌ای از نودول آهن‌دار با ظاهر نوک‌گرد. پالئو-لوویسول، منطقه پیدمونت، ایتالیا.

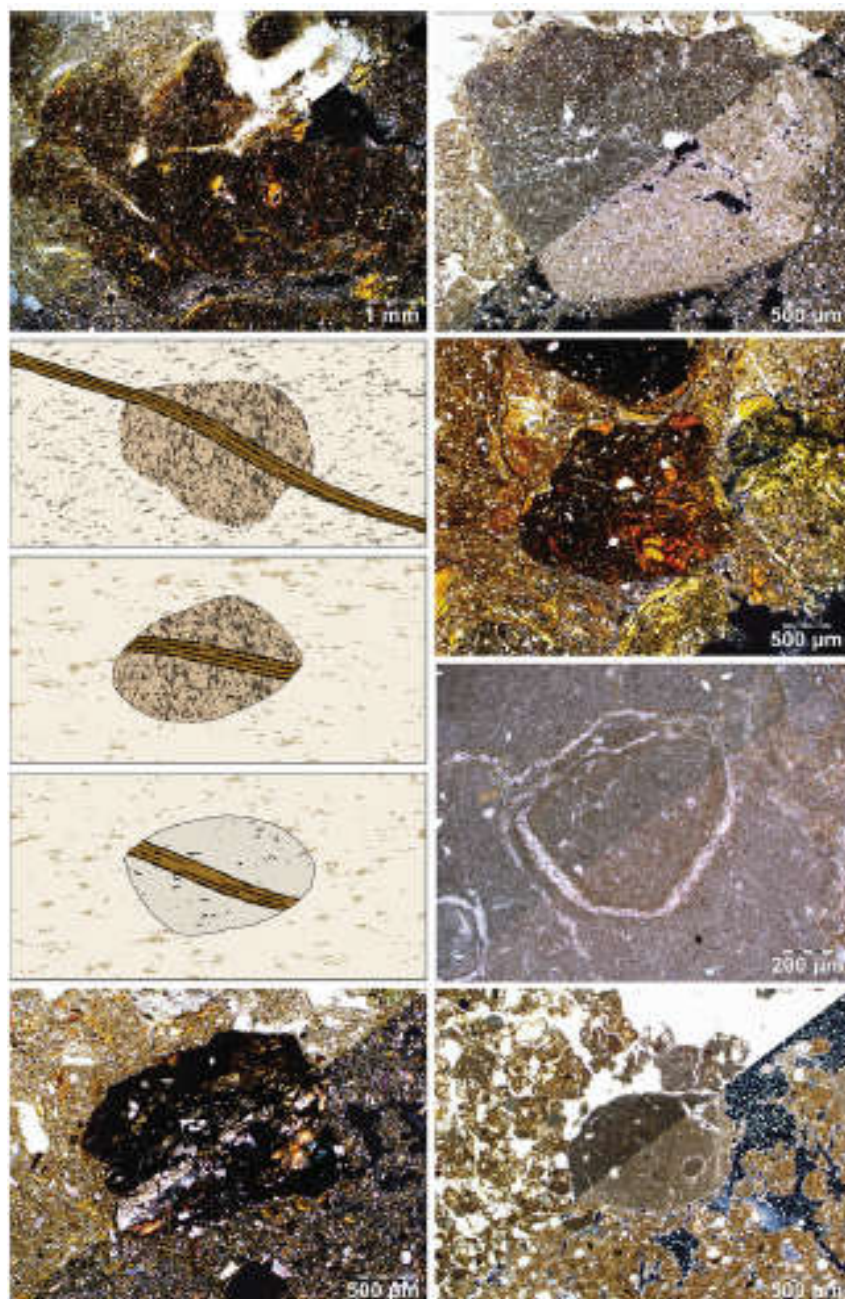
۴. نمونه‌ای از نودول آهن‌دار پنجه‌ای. پالئو-لوویسول، منطقه پیدمونت، ایتالیا.

۵-۶. نمونه‌ای از دو نوع نودول آهن‌دار مختلف با مرزهای واضح. این نوع مرز اغلب نشان‌دهنده منشأ از جای دیگر^۱ (غیربومی) نودول‌ها است. پالئو-لوویسول، لیگوریا، ایتالیا.

۷-۸. نمونه‌ای از دو نوع نودول آهن‌دار مختلف با مرزهای پخشیده. در هر دو عکس، لایه‌های

بیرونی نودول در مورد ۷ به‌صورت همسانگرد (ایزوتروپ) داخل زمینه پخش می‌شود و در مورد ۸ به‌صورت هاله‌ای که به تدریج در حال محو شدن است، در زمینه پخش می‌شود. این نوع نودول‌ها با مرز پخشیده اغلب به فرایند تشکیل درجا مربوط می‌شود. این نودول‌ها که مربوط به بند ۷ است در پالئو لوویسول، منطقه پیدمونت (دشت)، ایتالیا و در مورد ۸ در فلوویسول، کوه‌های ژورا، سوئیس مشاهده شده است.

1- Allochthonous



فایل ۵۲: نودول‌ها: نودول‌های برج، حمل شده و جابجا شده

فایل ۵۲: نودول‌ها: نودول‌های برجا^۱، حمل شده (نابرجا)^۲ و جابجا شده^۳

نودول‌ها می‌تواند در محل، (درجا) تشکیل شود؛ به درجات مختلف دوباره تغییر کند و یا از مواد مادری تشکیل شود. (استوپس ۲۰۰۳، ۲۰۲۱). به منظور شناسایی منشأ آن‌ها، ویدر و یالون (۱۹۷۴) طبقه‌بندی پیشنهادی خود را مطرح می‌کنند. هنگامی که نودول‌ها از مواد مادری به ارث می‌رسد و یا به‌وضوح از نوعی با منشأ از جای دیگر است، نودول حمل شده (انورتیک) نامیده می‌شود. اگر نودول‌ها در محل (درجا) ایجاد شود و هیچ علامت تغییر نشان ندهد، نودول برجا (اورتیک) محسوب می‌شود. اگر به‌صورت موضعی داخل خاک جابجا شده (دیس اورتیک) باشد، به نام نودول جابجا شده شناخته می‌شود. عناوین، با طرحی در ستون مرکزی سمت چپ شروع می‌شود. سپس، عکس‌ها در جهت عقربه‌های ساعت در اطراف طرح توصیف می‌شود. شروع از گوشه سمت چپ بالا تا گوشه پایین سمت چپ است.

۱. طرحی از سه نوع رابطه بین نودول‌ها و زمینه خاک اطراف آن (استوپس ۲۰۰۳). بالا: نودول برجا (اورتیک) در محل (درجا) تشکیل می‌شود و جابه‌جا نمی‌شود، همان‌طور که با عوارض خاکسازي خطی در برش عرضی نودول و همچنین زمینه نشان داده می‌شود. وسط: یک نودول جابجا شده (دیس اورتیک) که داخل خاک تشکیل شده است، اما به‌صورت موضعی تغییر ساختاری داشته است. عوارض خاکسازي خطی فقط داخل نودول مشاهده می‌شود، اما در زمینه مشاهده نمی‌شود. پایین: ماهیت نودول حمل شده (انورتیک) متفاوت از زمینه است و به‌وضوح، منشأ آن از جای دیگر است.

۲. مثالی از نودول آهن‌دار برجا: بخش درشت زمینه (ذرات کوارتز در اندازه سیلت)، الگوی توزیع یکسانی را داخل و خارج نودول نشان می‌دهد و بر تجمع درجا برای ترکیبات آهن خاک را تأکید دارد. پالئو-لوویسول، منطقه پیدمونت، ایتالیا.

۳. نمونه نودول برجا در محیط غنی از کربنات: این نودول برجا از رسوب میکریت و میکرواسپاریت پدوژنیک تشکیل می‌شود. کالسی‌سول، کوه‌های ژورا، سوئیس.

۴. اگر چه ترکیبات و اجزای یکسانی را همانند زمینه تعبیه کرده است، اما این نودول جابجا شده به‌صورت موضعی پروفیل جابجا شده است، به همین دلیل با پوشش‌های رسی نازنجی روشن نشان داده شده است که با زمینه حالت پیوسته ندارد. پالئو-لوویسول، منطقه پیدمونت، ایتالیا.

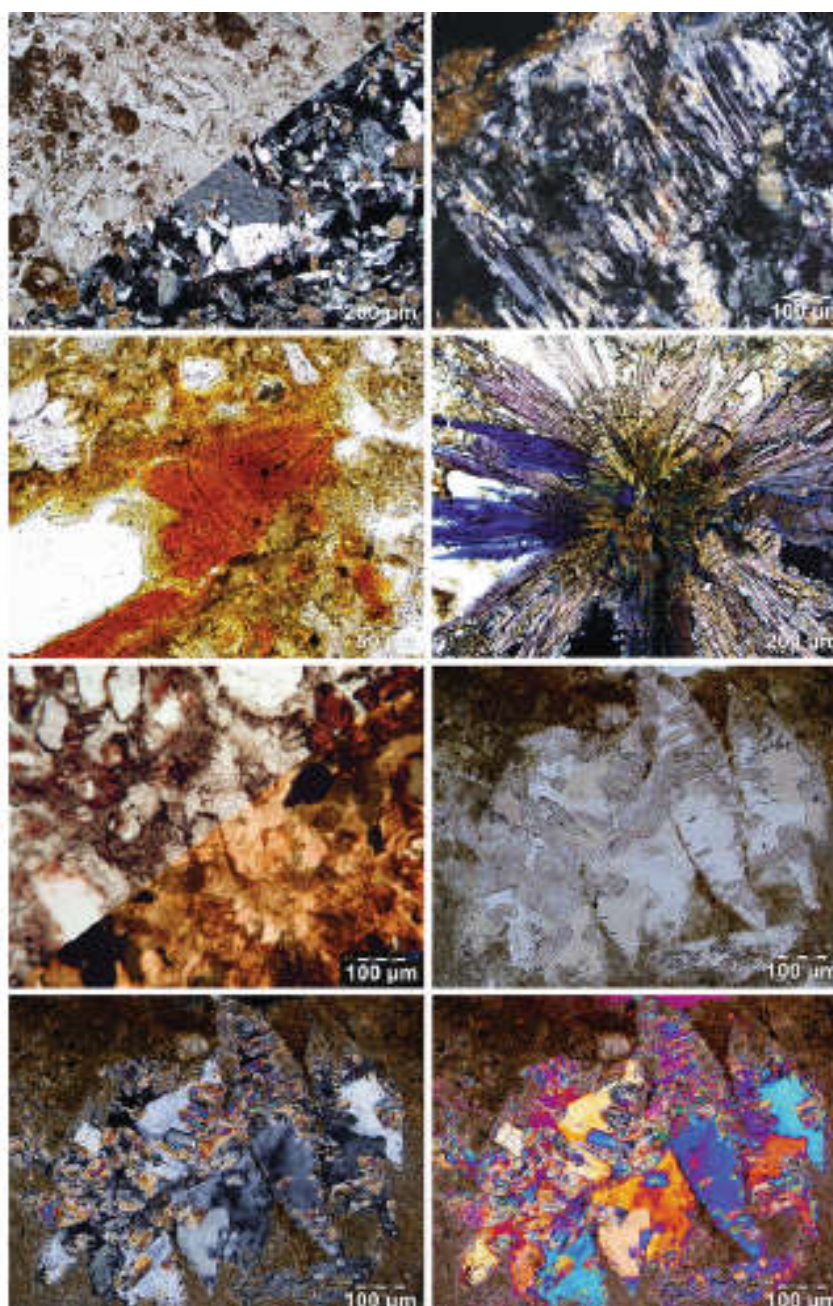
۵. شناسایی این عارضه خاکسازي به‌صورت نودول جابجا شده نه تنها مبتنی بر ماهیت مشابه با زمینه است، بلکه بیشتر بر اساس حضور حاشیه قهوه‌ای رنگ در اطراف آن است. لازم به ذکر

1- Orthic
2- Anorthic
3- Disorthic

است که تشخیص نودول‌های داخل زمینه به نام برجا از نودول جابجا شده (همچنین حمل شده) نسبتاً دشوار و گاهی غیرممکن است. پالتوسول کلسیک، حوضه آکیتن، فرانسه.

۶. نودول حمل شده معمولی متشکل از میکربت مایل به خاکستری است و به‌وضوح از مواد زمینه دارای کوارتز سیلتی در ریزتوده کربناته-سیلیکاته، متفاوت است. کلسیسول، سوریه

۷. نودول حمل شده (انورتیک) معمولی آهن‌دار که از مواد مادری خاک به ارث رسیده و در افق ریزدانه قرار گرفته است. پالتوسول، لیگوریا، ایتالیا.



فایل ۵۳: بلورها و رشد بلوری یا بین‌بلوری (رشد داخل بلوری)

فایل ۵۳: بلورها و رشد بلوری یا بین‌بلوری^۱ (رشد داخل بلور)

بلورها و رشد توأم بلور یا بین‌بلوری به صورت مجزا یا خوشه‌ای از بلورهایی است که داخل زمینه خاک رسوب می‌کند. چنین بلورهایی از ماده مادری به ارث نمی‌رسد، بلکه محصول فرایندهای خاکسازی (پدوژنیک) است. طبق نظر استوپز (۲۰۰۳، ۲۰۲۱)، رشد بلوری یا بین‌بلوری بر اساس الگوی توزیع و یا جهت‌گیری آن‌ها تقسیم‌بندی می‌شود و طبق نظر بولاک و همکاران (۱۹۸۵)، آن‌ها را می‌توان بر اساس فابریک داخلی و مورفولوژی خارجی به صورت عوارض (فیچر) خاکسازی طبقه‌بندی کرد.

عناوین از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. بلورهای تصادفی گچ در چیپسیک کلسیسول. چنین رشد بلوری یا بین‌بلوری در الگوی تصادفی توزیع شده است و با تنوع اندازه‌های مختلفی از ذرات را شامل می‌شود. صحرای نگب، اسرائیل.

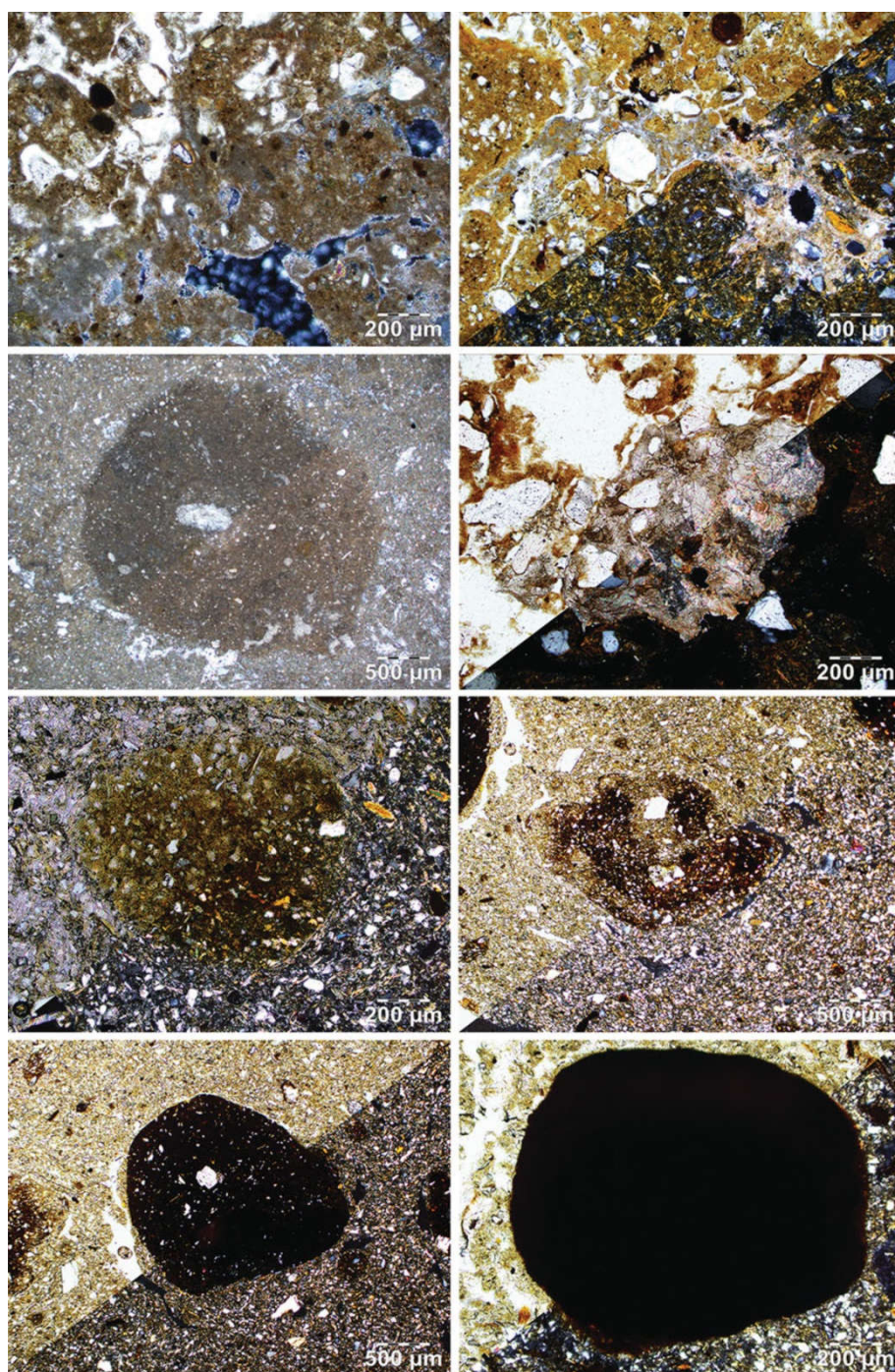
۲. رشد بلوری یا بین‌بلوری گچ به‌طور موازی در چیپسیک کلسیسول. نمای XPL، صحرای نگب، اسرائیل.

۳. رشد بلوری یا بین‌بلوری بادبزی شکل گوتیت (خوشه نارنجی در مرکز عکس). نمای PPL، پالئوسل، دشت پو مرکزی، ایتالیا.

۴. رشد بلوری ارشد بین‌بلوری ویویانیت که با الگوی شعاعی اطراف نقطه مرکزی متمرکز شده است. به رنگ آبی مشخصه بلورهای ویویانیت در PPL توجه کنید. خاک باستان‌شناسی قرون وسطی، دشت پو، ایتالیا.

۵. بلورهای کلسیت داخل زمینه میکریتی ایجاد می‌شود، جایی که آن‌ها رشد بلوری یا بین‌بلوری اسپاریتیکی را تشکیل می‌دهد. به نوک سطح‌دار برخی از بلورها توجه کنید. پتريک کالسیول، حوضه مادرید، اسپانیا.

۶-۸. رشد بلوری یا بین‌بلوری تصادفی بلور گچ. تغییر در چندرنگی بلورها در ۶ (در PPL) که به دلیل تغییر در کانی‌شناسی است و نشان داده شده است. در ۷ (در XPL)، بلورهای گچ در شدت‌های مختلف خاکستری همراه با برخی کانی‌های دیگر با رنگ‌های تداخلی سری بالا که همان بلورهای کلسیت است. استفاده از تیغه کمکی گچی در ۸ به وضوح روند پیوسته شکل‌گیری کلسیت و گچ به صورت سودومورف را نشان می‌دهد. چیپسیک کلسیسول، لیبی.



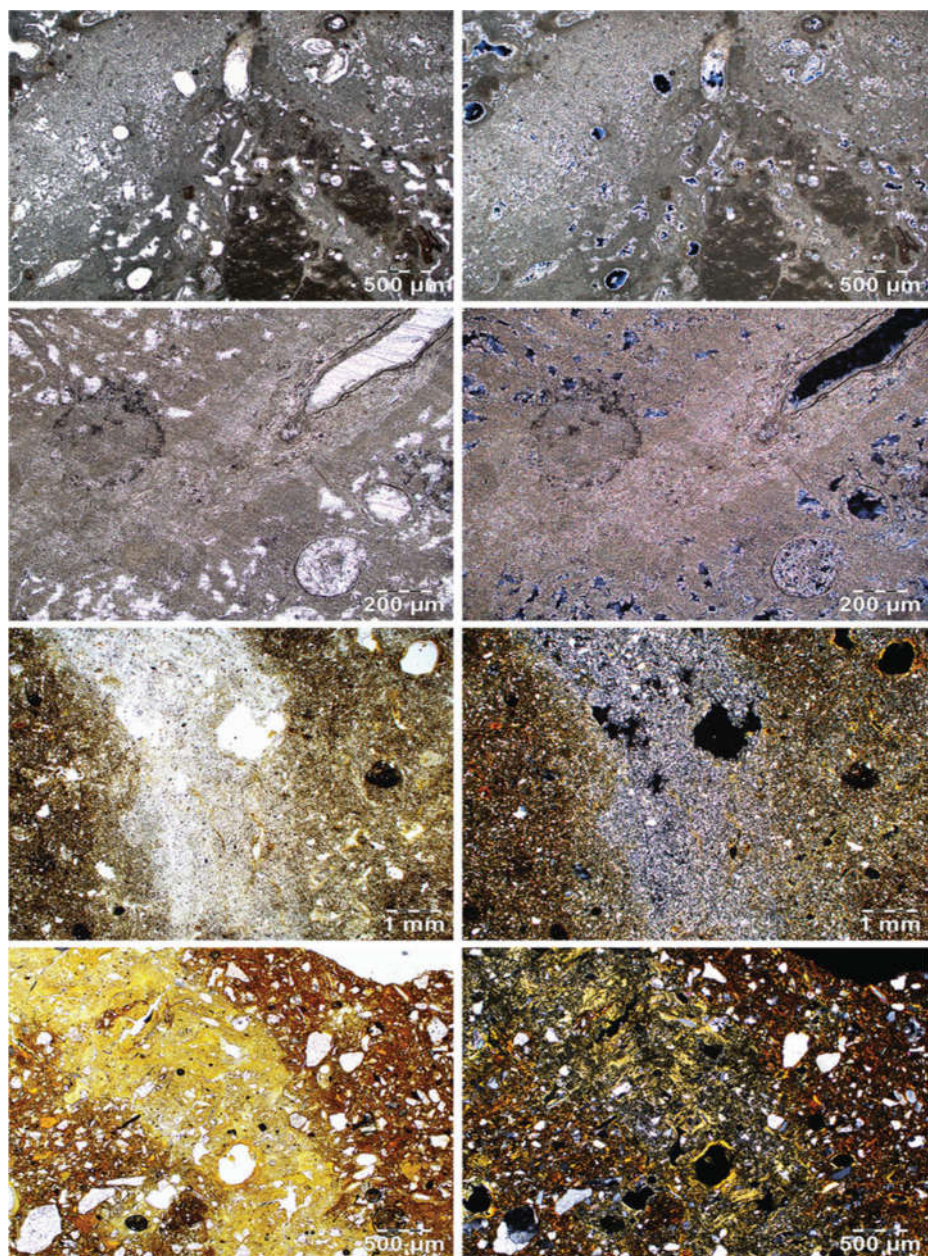
فایل ۵۴: تلقیح

فایل ۵۴: تلقیح

یکی از پارامترهای توصیفی عوارض خاکسازی یا خاکساختی (پدوفیچر) متن خاک، شامل درجه تلقیح است. گاهی اوقات نودول‌ها به‌عنوان عوارض خاکسازی متن خاک در نظر گرفته می‌شود. (به فایل ۴۸ و ۵۲ مراجعه کنید). چهار درجه تلقیح توسط استوپس (۲۰۲۱، ۲۰۰۳) مطابق با مقدار مؤلفه‌های قابل تشخیص زمینه، یعنی توجه به خلوص عارضه پیشنهاد شده است: به‌طور ضعیف تلقیح شده؛ به‌طور متوسط تلقیح شده؛ شدیداً تلقیح شده و خالص. چهار عکس اول به محیط کربناته اشاره دارد، درحالی‌که چهار عکس آخر به مجموعه غنی از آلومینوسیلیکات و آهن اشاره دارد.

عناوین از گوشه سمت چپ بالا به پایین گوشه سمت راست

۱. زمینه با تلقیح توسط کلسیت پدوژنیک مایل به خاکستری، به‌عنوان اولین مرحله از تشکیل نودول کربناته. کلسیسول (گلییک)، سوریه.
۲. زمینه با تلقیح متوسط توسط کلسیت پدوژنیک (خاکستری در PPL و زرد مایل به قهوه‌ای در XPL) با توجه به‌اندازه میکریتم و میکرواسپاریتم. اجزای زمینه هنوز قابل مشاهده است. کرومیک کامبی‌سول، آپولیا، ایتالیا.
۳. زمینه با تلقیح قوی که نودول تو خالی (ژئودیک) را تشکیل می‌دهد. غلظت ماده میکریتمی به‌طور معناداری در عوارض خاکسازی افزایش می‌یابد، اما ماهیت زمینه هنوز هم قابل شناسایی است. فلوویک استاگنوسول، کوه‌های ژورا، سوئیس.
۴. نودول اسپاریتیک خالص که در آنجا ریزتوده داخل زمینه دیگر قابل شناسایی نیست، درحالی‌که برخی از ذرات درشت کوارتز قابل مشاهده است. کرومیک کامبی‌سول، حوضه مادرید، اسپانیا.
- ۵-۸. نمونه‌هایی از تلقیح فزاینده زمینه توسط اکسی‌هیدروکسیدهای آهن که نودول‌های با تلقیح ضعیف تا نودول‌های آهن‌دار معمولی خالص را تشکیل می‌دهد. توجه داشته باشید که اجزای زمینه به تدریج، کمتر قابل تشخیص می‌شود تا زمانی که کاملاً ناپدید شود. پالو-لوویسول، منطقه پیدمونت، ایتالیا.



فایل ۵۵: تخلیه‌ها

فایل ۵۵: تخلیه‌ها

عارضه خاکساز تخلیه‌ای^۱ (پدوفیچر) به این صورت تعریف می‌شود که بخشی از اجزاء ریزتوده دارای غلظت پایین‌تری است. به‌عنوان مثال: کلسیت یا اکسی‌هیدروکسید آهن. (بولاک و همکاران ۱۹۸۵؛ استوپس ۲۰۰۳، ۲۰۲۱).

از دست رفتن ماده می‌تواند یا به انحلال مرتبط باشد، مثلاً در یک محیط کربناته، یا فرایندهای اکسید و احیاء مثلاً در محیط‌های غنی از آهن. یون‌های متحرک به ترتیب داخل یا خارج از پروفیل جابجا یا شسته می‌شود.

شرح تصاویر از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱-۲. نمای PPL از یک منطقه تخلیه شده از کربنات که توسط اختلاف رنگ و شدت رنگ خاکستری از ریزتوده (میکرومس^۲) میکربیتی نشان داده شده است.

۲. نمای مشابه در XPL. شبکه منافذ به دلیل وجود ریشه است. پتربیک کلسیسول، گاليله، اسرائیل

۳-۴. نمای PPL از یک منطقه خالی از کربنات ناشی از ریشه.

۴. نمای مشابه در XPL. کریستال‌های کلسیتی ضعیف‌تر رنگ‌های تداخلی سری‌های بالاتر را نشان می‌دهد. پتربیک، کلسیسول، گاليله، اسرائیل

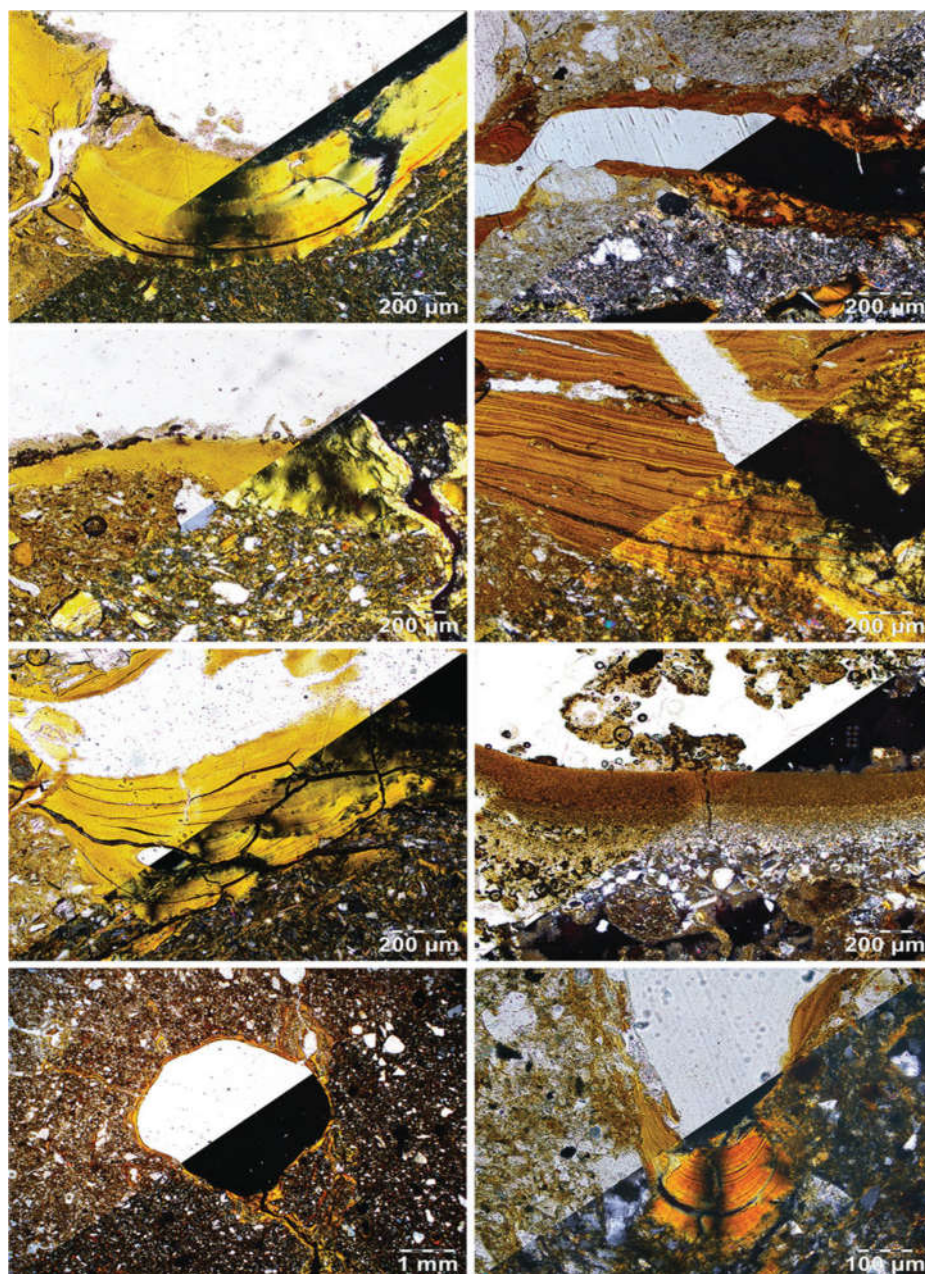
۵-۶. نمای PPL از ناحیه تخلیه‌شده با اختلاف رنگ و شدت رنگ‌های تیره/ روشن از ریزتوده. (میکرومس)

۶. نمای مشابه در XPL. رنگ‌های تداخلی متضاد در XPL باقی می‌ماند. علاوه بر این، این تغییر رنگ به دلیل از اتلاف اکسی‌هیدروکسید آهن است. (پالئولوویسول، منطقه پیدمونت، ایتالیا)

۷-۸. نمای PPL از ناحیه تخلیه‌شده به رنگ زرد در مقایسه با ریزتوده اولیه که قهوه‌ای مایل به قرمز است.

۸. نمای مشابه در XPL. خاک‌های رس زرد در ناحیه تخلیه‌شده که مقادیر زیادی از اکسی-هیدروکسید آهن جذب شده را از لایه‌های خود از دست داده است. در نتیجه به آن‌ها رنگ روشن-تری نسبت به خاک‌های رس داخل زمینه می‌دهد. (پالئوسول، دشت پو مرکزی، ایتالیا).

1- Depletion pedofeature
2- Micromass



فایل ۵۶: پوشش رسی بخش ۱

فایل ۵۶: پوشش رسی بخش ۱

پوشش‌ها به‌عنوان عارضه‌های نفوذی یا خاکساخت خارج از متن^۱ (پدوفیچر) تعریف می‌شود که سطوح طبیعی منافذ، ذرات یا خاکدانه‌های داخل خاک را می‌پوشانند. (استوپس، ۲۰۰۳، ۲۰۲۱). پوشش‌ها را نباید با پرکننده‌ها^۲ اشتباه گرفت. (به فایل ۶۱ مراجعه کنید). پوشش‌ها از انواع مختلفی از مواد مانند رس و مواد درشت، مواد بی‌شکل (آمورف) یا کریستالی تشکیل شده است. این بخش پوشش‌های تشکیل شده توسط رس را نشان می‌دهد که یکی از اولین عارضه‌های خاکساز (پدوفیچر پدوژنیک) شناخته شده در مقطع نازک است. پوشش‌های رسی درجا از ویژگی‌های تشخیصی فرایندهای شستشو (آبشویی) است و در طبقه‌بندی خاک نیز استفاده می‌شود.

پوشش‌های رسی با توجه به رنگ آن‌ها، حضور یا عدم حضور لایه‌بندی، ضخامت و اندازه ذره آن‌ها توصیف می‌شود. (می‌توان آن‌ها را عارضه‌های بافتی نامید). شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. پوشش رسی که داخل یک منفذ قرار گرفته است. این پوشش رسی زرد ضخیم از دو تا سه لایه کریستال‌های رسی ریز تشکیل شده که بعضی در یک‌جهت توجیه شده است. این جهت‌گیری ترجیحی کریستال‌ها با مشاهده یک نوار بزرگ خاموشی در XPL مشخص شده. رنگ زرد می‌تواند مربوط به وجود گوئیت باشد. (پالئو لوویسول، پیدمونت، ایتالیا)

۲. پوشش رسی قرمز در دو طرف یک کانال. هیچ جهت‌گیری ترجیحی آشکاری برای کریستال‌های رس وجود ندارد. علاوه بر این، رنگ قرمز می‌تواند مربوط به وجود هماتیت باشد. (پالئوسول، سواحل لیگوریا، شمال ایتالیا)

۳. پوشش رسی زرد فاقد لایه‌بندی. (پالئو-لوویسول، پیدمونت، ایتالیا)

۴. پوشش رسی نارنجی با لایه‌بندی قوی. توالی زیاد لایه‌ها به دلیل فازهای چندگانه از انتقال رس است. فازهای فرسایش همچنین می‌تواند نظم لایه‌بندی را مختل کند. (پالئوسول، مرکزی دشت پو، ایتالیا)

۵. پوشش خالص که توسط کریستال‌های رس بسیار ریز تشکیل شده است. این پوشش لایه‌لایه، نشان‌دهنده سطوح فرسایشی داخلی است که گودی آن در XPL رؤیت و تأکید شده است. (پالئولوویسول، پیمونت، ایتالیا)

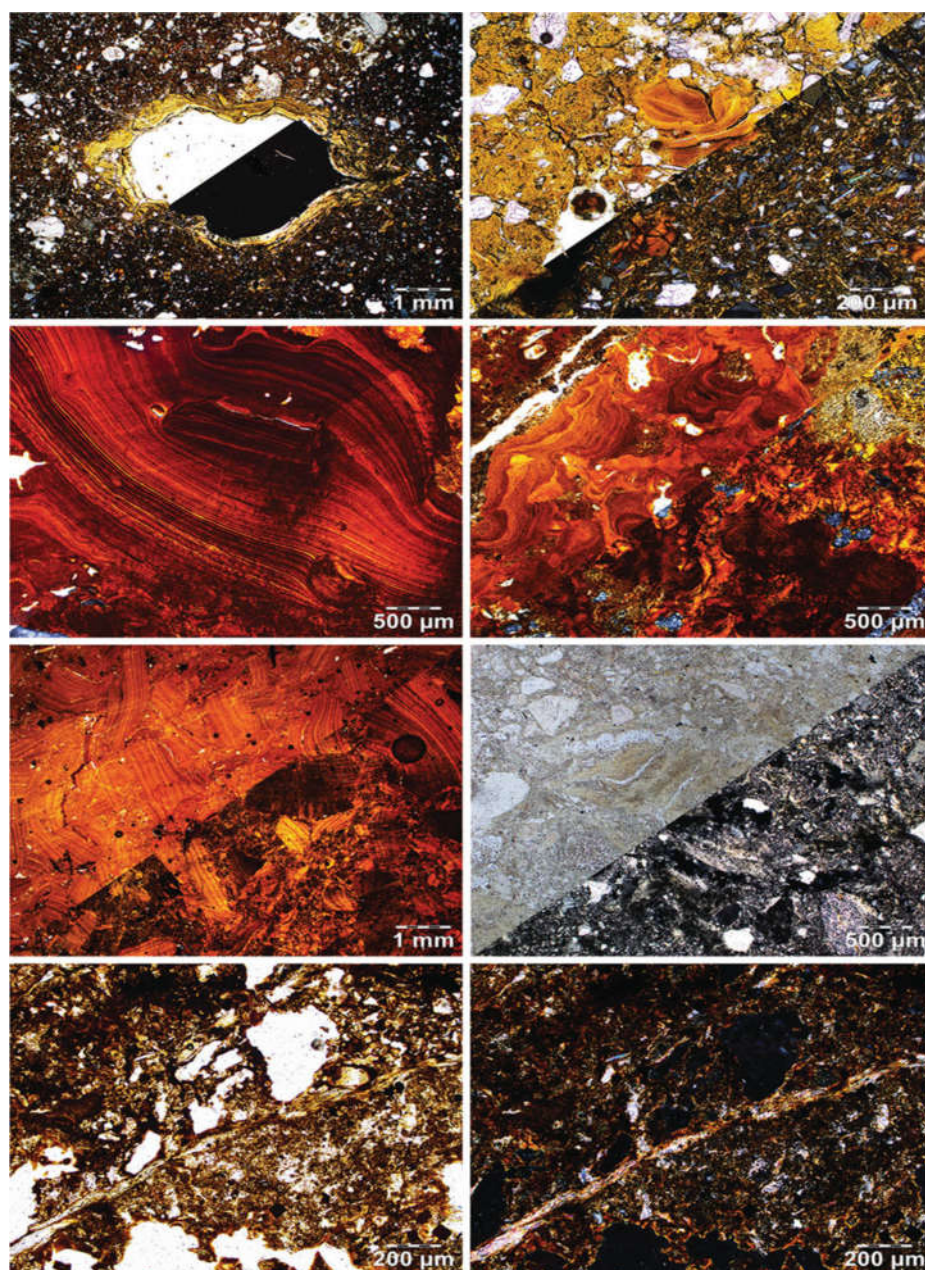
1- Intrusive Pedofeature

2- Infilling

۶. پوشش ذرات درشت در منافذ. این پوشش از توالی لایه‌هایی از ذرات درشت‌تر تا ریزتر به سمت بالا یعنی از سیلت به رس تشکیل می‌شود. بالاترین لایه حاوی بزرگ‌ترین بخش رسی است. (پالئوسول، لیبی، مرکزی صحرا)

۷. پوشش رس معمولی در اطراف یک مقطع عرضی از کانال که ضخامت یکنواخت را در همه جهات نشان می‌دهد. (کرومیک لوویسول، آپولیا، ایتالیا)

۸. پوشش هلالی (کاسه‌ای) که با ضخامت بیشتری در بخش پایینی نسبت به طرفین یک منفذ مشخص می‌شود. این پوشش لایه‌لایه، حالت نوار خاموشی واضح را نشان می‌دهد و بر جهت‌گیری موازی پیوسته خاک‌های رس رسوبی تأکید دارد. (پالئوسول، سواحل لیگوریا، شمال ایتالیا)



فایل ۵۷: پوشش‌های رسی بخش ۲

فایل ۵۷: پوشش‌های رسی بخش ۲

پوشش‌ها به‌عنوان عارضه نفوذی یا خاکساخت خارج از متن تعریف می‌شود که سطوح طبیعی منافذ، ذرات یا خاکدانه‌های داخل خاک را می‌پوشانند. (استوپس، ۲۰۰۳، ۲۰۲۱). این بخش ویژگی‌های خاص پوشش‌های تشکیل شده توسط رس را که مربوط به تغییرات، رسوب توده‌ای، یا اثرات غرقابی است نشان می‌دهد. علاوه بر این، پوشش‌های رسی نباید با نتوسنتز رس در شکاف ساپرولیت اشتباه گرفته شود، موردی که در دو تصویر آخر نشان داده شده است.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. پوشش معمولی رس در اطراف مقطع عرضی یک منفذ کانال. این وضعیت نمونه‌ای از افقی است که تحت تأثیر انتقال رس قرار گرفته است. (کرومیک لوویسول، آپولیا، ایتالیا)

۲. قطعات جدا شده از پوشش‌های رسی لایه‌لایه داخل زمینه خاک. این نوع عارضه امکان تغییر افق قبلی تحت تأثیر آبشویی رس را نشان می‌دهد. چنین قطعاتی در گذشته «پاپیول» نیز نامیده شده است. (برویر ۱۹۶۴). بازلس‌های تغییر یافته، پیومونت، ایتالیا.

۳. پوشش رسی بسیار ضخیم که لایه‌بندی متناوب متعددی را نشان می‌دهد. رنگ قرمز احتمالاً به دلیل وجود نانوکریستال‌های هماتیت است. انتقال رس آن قدر شدید است که تقریباً تمام مقطع نازک توسط لایه‌های رسی اشغال شده است. برخی از مناطق بین لایه‌ها مربوط به سطوح فرسایشی است. (کرومیک لوویسول، ساردینیا، ایتالیا)

۴. پوشش‌های رسی بسیار ضخیم و به هم پیچیده که توسط لایه‌بندی چندتایی مربوط به فازهای انتقال مختلف تشکیل شده است. برخی از ارتباطات بین لایه‌ها مربوط به سطوح فرسایشی است. (پالئوسول، لیگوریایی ساحل، شمال ایتالیا)

۵. قطعاتی از پوشش‌های رسی که هنگام انتقال شدید رس ایجاد شده است (شبه به مورد ۳) که دوباره تغییر نموده و دوباره رسوب‌گذاری شده است. (کرومیک لوویسول، ساردینیا، ایتالیا)

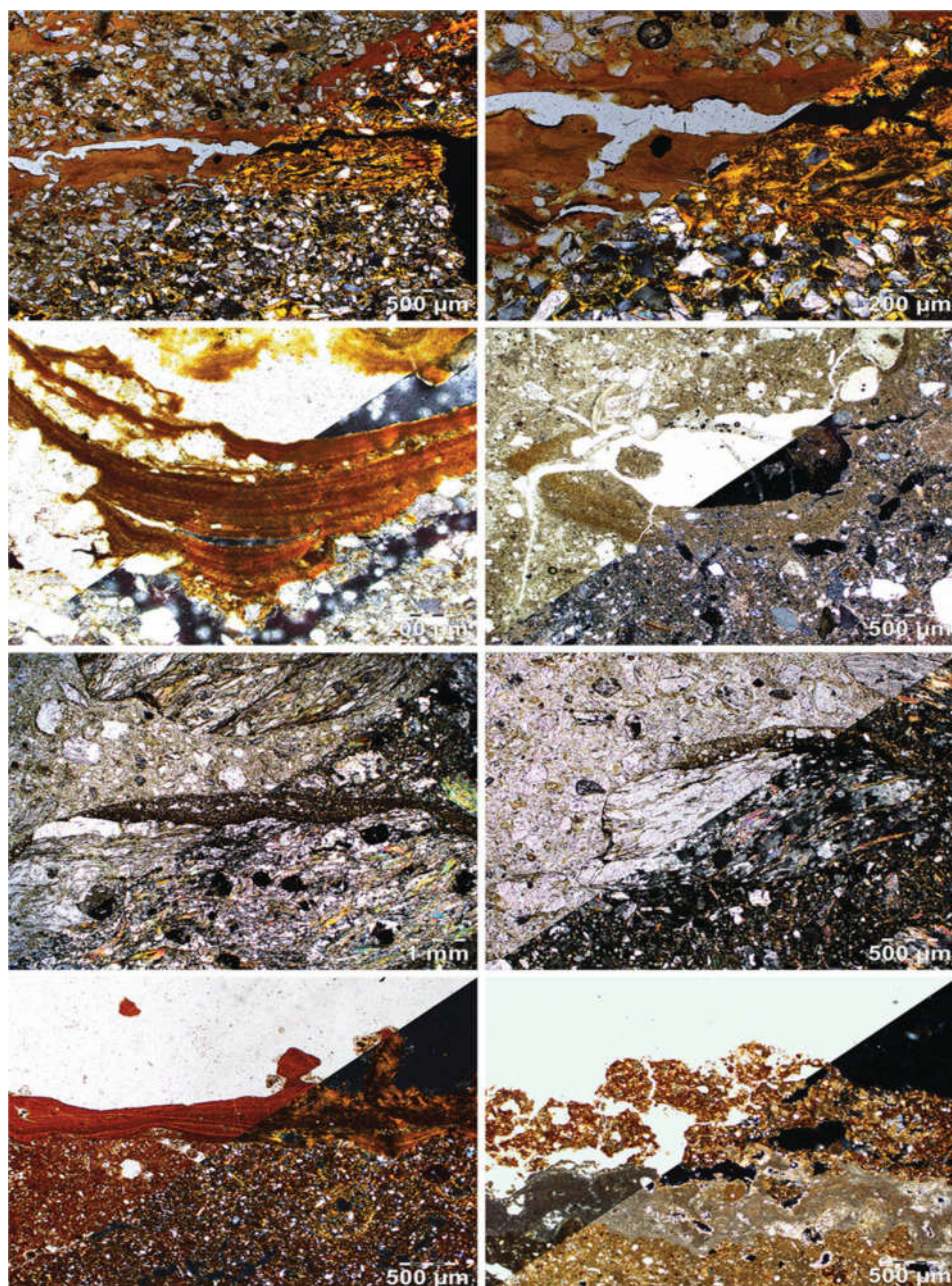
۶. مواد الحاقی رسی^۱ که در مناطق سفید شدگی^۲ برخی از خاک‌های غرقاب^۳ مشاهده شده است. بنا به نظر فدوروف و کورتی (۲۰۱۲)، چنین مواد الحاقی از پوشش‌های رسی معمولی به خاطر رنگ خاکستری متمایل به سفید و عدم حضور گروه‌بندی و لایه‌بندی و جهت‌گیری متوسط تا ضعیف آن‌ها متفاوت است. (خاک در کانال چمبر پیدمونت، ایتالیا)

1- Clay Intercalation

2- Bleached

3- Water Logged

۸-۷. در نمونه‌ای از حضور رس داخل شکاف. چنین عارضه‌ای یک پوشش رسی نیست، بلکه یک لایه نئوسنتز رس داخل یک ساپرولیت است. همان نمای ۷ در XPL. (پالئوسول، ساحل لیگوریا، شمالی ایتالیا)



فایل ۵۸: ریزکفه‌ها (کفه نازک)، پوشش‌های درشت، کلاهیک و پوسته‌ها (قشر سطحی)

فایل ۵۸: کفه‌های نازک^۱، پوشش‌های درشت، کلاهک‌ها^۲ و پوسته‌ها^۳ یا قشر سطحی

پوشش‌ها به‌عنوان عارضه نفوذی (خاکساخت خارج از متن) تعریف می‌شود که سطوح طبیعی منافذ، ذرات یا خاکدانه‌های داخل خاک را می‌پوشاند. (استوپس ۲۰۰۳، ۲۰۲۱). از نظر مورفولوژی، پوشش‌ها را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد. انواع آن مانند انواع تیپیک و هلالی (کاسه‌ای) در فایل ۵۶ و ۵۷ و کفه‌های نازک، پوسته‌ها و کلاهک‌ها در این بخش نشان داده شده است. این‌ها اغلب از مواد درشت‌تر از رس تشکیل شده است. در نتیجه این بخش شامل نمونه‌هایی از پوشش‌های درشت نیز هست.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. ریزکفه (کفه نازک) به‌عنوان «یک پوشش زیر افقی ضخیم با ضخامت‌های متفاوت قابل توجه» تعریف می‌شود. (استوپس، ۲۰۰۳). در این دو عکس، ذرات کوارتز شنی در زمینه غالب است که بر پدوفیچر بافتی تأکید دارد. ریزکفه‌ی نازک عمدتاً از مواد کانی رسی است. (قهوه‌ای متمایل به زرد در PPL و زرد موج با لکه‌های قهوه‌ای در XPL).

۲. نمای نزدیک از نمای نشان داده شده در ۱. برجسته کردن فراوانی ذرات رس. (پالئوسول، سواحل لیگوریا، شمال ایتالیا).

۳. پوشش‌های لایه‌ای مرکب که از لایه‌های متناوب مواد رسی، سیلتی و شنی تشکیل شده است. رس‌ها با لایه‌های سیلت گاهی به‌صورت پوشش‌های رسی غبارگونه یا به‌طور کلی پوشش‌های درشت توصیف می‌شود. (پالئوسول، دشت پو مرکزی، ایتالیا)

۴. پوشش سیلت در لوویک استگنوسول از سوریه. چنین پوشش‌هایی توسط ذراتی به‌اندازه سیلت تشکیل می‌شود که می‌تواند ریز، متوسط یا درشت باشد.

۵-۶. کلاهک‌های (کاپینگ) ایجادشده روی خرده‌سنگ بزرگ (گارنت میکا شیست؛ گارنت‌ها ذرات با شکل هندسی سیاه در XPL است، درحالی‌که میکا به‌صورت نوارهای زرد تا سبز ظاهر می‌شود. صفحه ۵۳ را ببینید). کلاهک‌ها عمدتاً مواد درشتی است که در بالای ذرات آزاد یا داخل متن تشکیل و اغلب در کرایوسول^۴ مشاهده می‌شود. (کرایوسول، آلپ غربی، لمباردی، ایتالیا).

۷. پوسته‌ها (قشر سطحی) به‌عنوان پوشش‌های ضخیم روی سطح خاک، صرف‌نظر از توزیع اندازه ذره و ماهیت آن‌ها تعریف می‌شوند. (هایپو کوآزی کوتینگ؛ به صفحه ۱۱۷ رجوع کنید).

1- Micropan

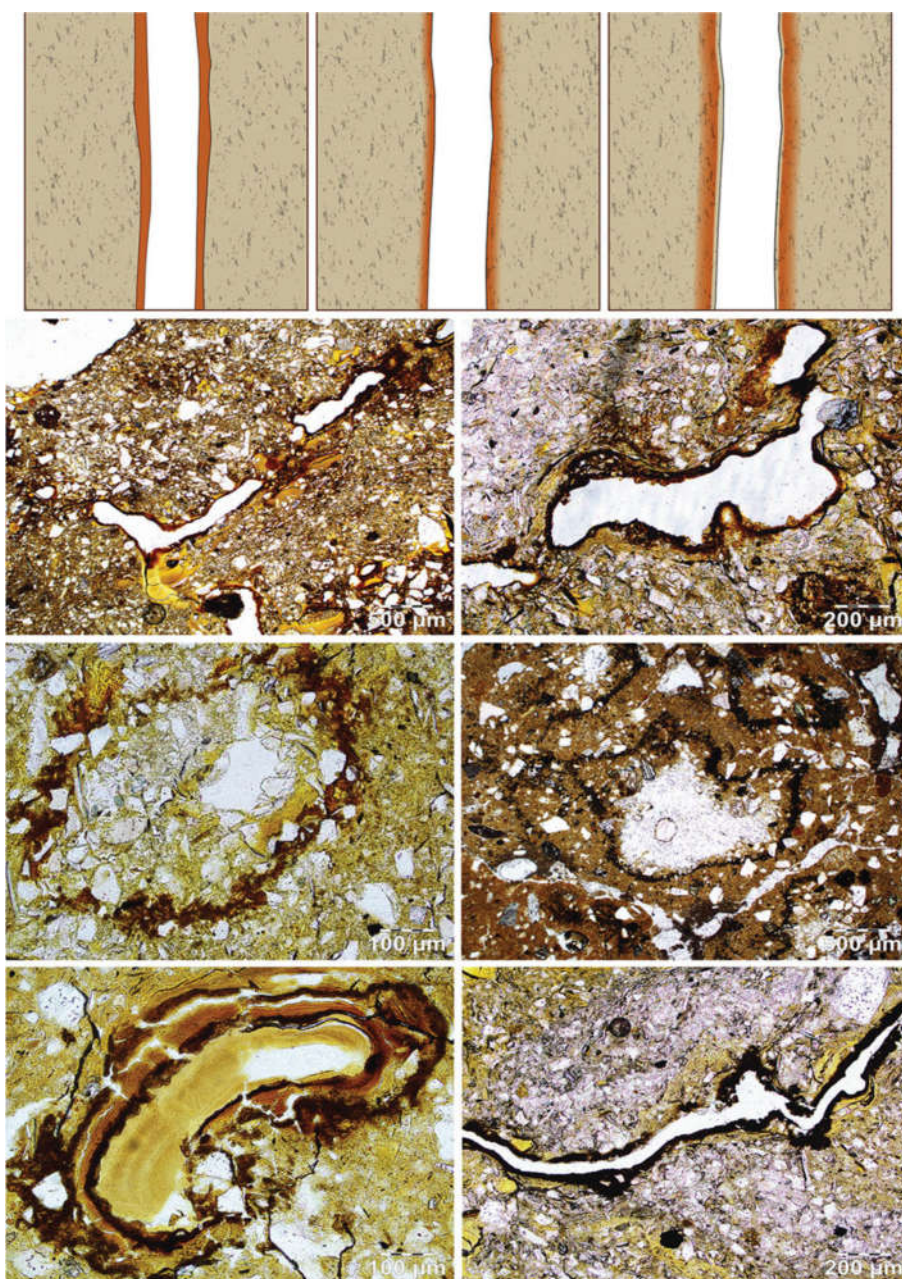
2- Capping

3- Crust

4- Cryosol

پوسته نشان داده شده در این عکس روی یک زمینه خاک سیلتی ایجاد شده است. این پوسته‌ها همان‌طور که در نمای XPL واضح است، توسط کانی‌های رسی تشکیل شده است. (کرومیک لوویزول، آپولیا منطقه، ایتالیا).

۸. پوسته درشت متشکل از سیلت، رس و مقداری از ذرات شنی در بالای یک لایه کربناته (رنگ خاکستری در PPL و خاکستری مایل به قهوه‌ای در XPL)، روی یک زمینه رسی_سیلتی قهوه‌ای مایل به زرد (در XPL) همپوشانی دارد. (کالکاریک کامبی‌سول، منطقه آپولیا، ایتالیا).



فایل ۵۹: پوشش زیر سطح یا زیرپوشش (هایپوکوتینگ) و (شبه پوشش‌ها یا پوشش به موازات سطح (کوازی کوتینگ)) (بی‌شکل) (آمورف)

فایل ۵۹: پوشش زیرسطح یا زیرپوشش^۱ و شبه پوشش‌ها یا پوشش به موازات سطح^۲ - بی‌شکل^۳

تفاوت بین پوشش^۴، زیرسطحی، شبه پوشش‌ها، در مکانی است که مواد با توجه به سطح داخلی خاک قرار می‌گیرد. پوشش زیرسطح (هایپوکوتینگ) به تجمع مواد اشاره دارد که در زمینه خاک به صورت تلقیح شده مستقیماً در مجاورت دیواره منفذ (سطوح داخلی خاک) قرار گرفته است. شبه پوشش (کوآزی کوتینگ)ها در تماس مستقیم با مرز منافذ نیست: بین فضای خالی (منفذ) و عارضه خاکساز دیوار و حاشیه‌ای از مواد زمینه خاک وجود دارد به خاطر ماهیت این مواد تلقیحی، پوشش زیرسطح و شبه پوشش عمدتاً آمورف (این بخش) یا کریستالی است. (فایل ۶۰) «آمورف» به خواص همسانگرد (ایزوتروپیک) اکسی‌هیدروکسیدهای آهن و منگنز که عمدتاً این نوع عارضه‌ها را تشکیل می‌دهد و مطابق با نظر بولاک و همکاران (۱۹۸۵) است. آن‌ها را می‌توان به عنوان عارضه آمورف (بی شکل) یا شبه بلوری در نظر گرفت. شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. طرحی که رابطه هندسی بین پوشش‌ها، پوشش زیرسطح و شبه پوشش‌ها یا پوشش موازات سطح را نشان می‌دهد (از چپ به راست)، محدوده منافذ و زمینه خاک.

۲-۳. زیرپوشش‌ها یا پوشش زیرسطح با دو بزرگنمایی متفاوت شامل فاز اکسی‌هیدروکسید که زمینه لومی-شنی را تلقیح می‌کند و نیز همراه با منافذ کانالی. به وجود قطعاتی از پوشش‌های رسی توجه کنید. (نمای PPL، استاگنیک لوویسول، پیدمونت، ایتالیا).

۴. شبه پوشش‌های (کوآزی کوتینگ) فاز اکسی‌هیدروکسید که داخل زمینه خاک لومی-شنی تلقیح و نفوذ کرده است. به حضور حاشیه مرزی بین منفذ و شبه پوشش توجه کنید. (نمای PPL، استاگنیک کامبی‌سول، آپولیا، ایتالیا)

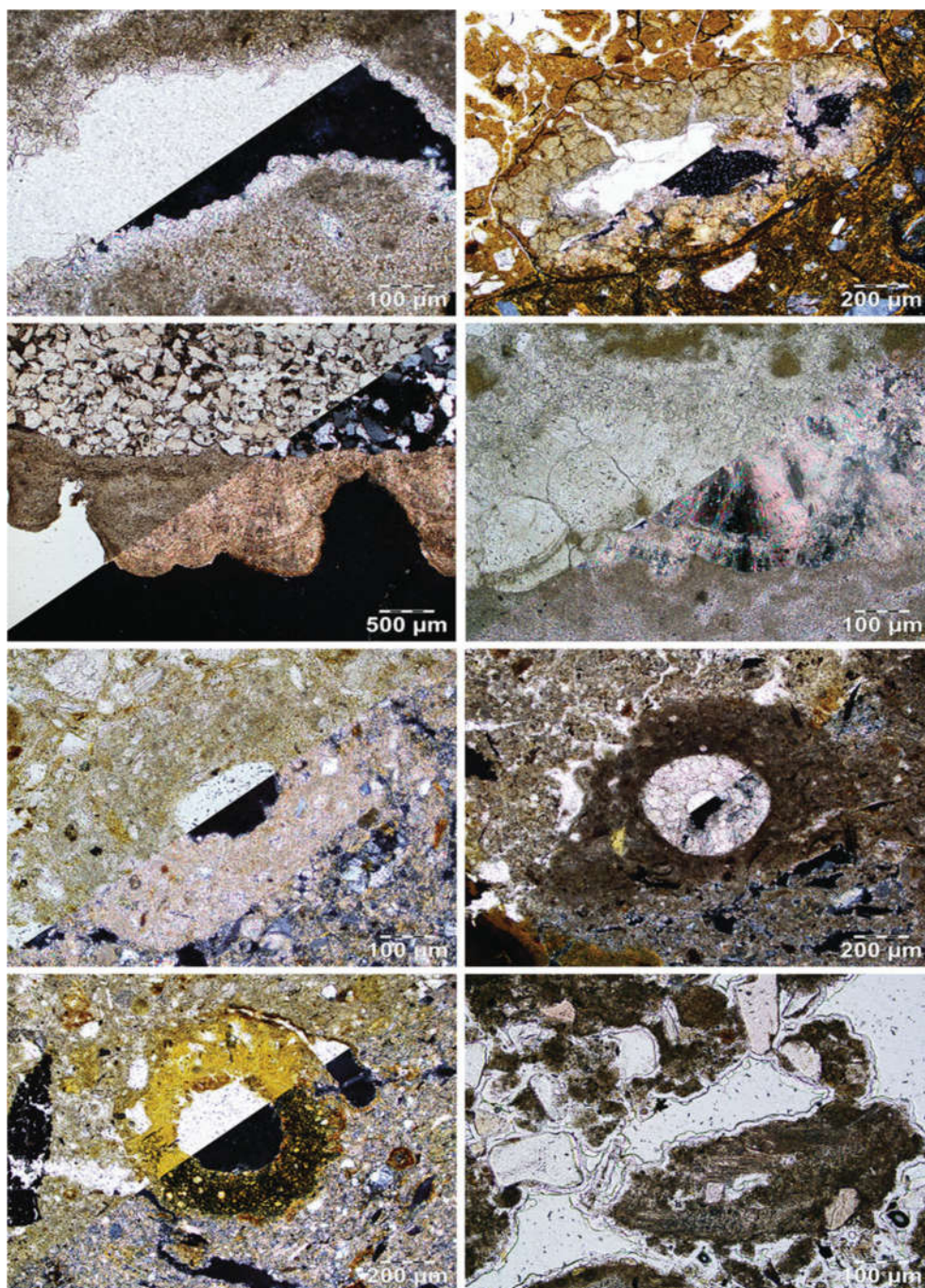
۵. عارضه تلقیح شده که هم‌پوشانی بخشی از پوشش زیرسطح (هایپوکوتینگ) را با شبه پوششی (کوآزی کوتینگ) شبیه حلقه‌های Liesegang نشان می‌دهد. این زیرپوشش‌ها (هایپو) با شبه پوشش‌ها (کوآزی) از اکسی‌هیدروکسیدهای آمورف تشکیل شده است. (نمای PPL، استاگنیک کامبی‌سول، آپولیا، ایتالیا)

۶. نمونه‌ای از پدوفیچرهای مرکب روی هم قرار گرفته و کنار هم قرار گرفته. شروع شکل‌گیری شبه پوشش تیره تا زیرپوشش مواد بی‌شکل که به دنبال رسوب‌گذاری یک پوشش رس قهوه‌ای که

-
- 1- Hypo coating
 - 2- Quasi coating
 - 3- Amorphous
 - 4- Coating

خود تحت تأثیر یک زیرپوشش (هایپوکوتینگ) از مواد آمورف است، رخ می‌دهد. در نهایت، پرشدگی ناقص رس زردرنگ می‌تواند توالی پدوفیچرها را تکمیل کند. همچنین به فایل ۶۶ مراجعه کنید. (نمای PPL، استاگنیک لوویسول، آپولیا، ایتالیا)

۷. موادی که روی عارضه (پدوفیچر) قرار می‌گیرد متشکل از زیرپوششی از مواد آمورف است که بر پوشش رسی واقع بر امتداد طولی دیواره منفذ تأثیر می‌گذارد. (نمای PPL، استاگنیک لوویسول، پیدموننت، ایتالیا)



فایل ۶۰: پوشش‌ها (کوتینگ) و زیرپوشش‌ها یا پوشش زیر سطح (هایپوکوتینگ): بلوری (کریستالین)

فایل ۶۰: پوشش‌ها (کوتینگ) و زیرپوشش‌ها یا پوشش زیر سطح (هایپوکوتینگ): بلوری^۱

تفاوت بین پوشش‌ها و پوشش‌های زیرسطح در مکانی است که مواد با توجه به سطح داخلی خاک قرار می‌گیرد. پوشش‌ها عارضه‌های نفوذی (خارج از متن) است که سطوح طبیعی حفره‌ها، ذرات، یا خاکدانه‌ها را می‌پوشاند. پوشش زیر سطح (هایپوکوتینگ) به تجمع مواد اشاره دارد که در زمینه خاک به صورت تلقیح شده مستقیماً در مجاورت دیواره منفذ (سطوح داخلی خاک) قرار گرفته است. این بخش شامل انواع مختلفی از عارضه‌های بلورین است (بولاک و همکاران ۱۹۸۵) که به حاشیه یا دیواره منافذ مربوط می‌شود.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. پوشش کلسیتی در اطراف یک منفذ در یک زمینه کربناته تشکیل شده است. (با یک ریزتوده میکریتیک). پوشش کلسیت توسط کریستال‌های کوچک (میکروسپاریت) تشکیل می‌شود. (کلکاریک لپتوسول، کوه‌های ژورا، سوئیس)

۲. پوشش کلسیتی در اطراف یک حفره در یک متن و زمینه رسی ایجاد شده است. پوشش کلسیت توسط کریستال‌های درشت (اسپاریت) شکل گرفته است که احتمالاً از سلول‌های کلسیم‌دار ریشه منشأ می‌گیرد. یک پوشش کلسیتی شفاف ثانویه (میکروسپاریت) در کنار پوشش درشت قرار گرفته است. (پالتوسول، صحرای مرکزی)

۳. کلسیت به شکل آویزان^۲ (پندانت) در سطح پایینی یک ذره ماسه‌سنگ ایجاد شده است. این شکل آویزان (پندانت) از بلورهای نواری و ریزدانه فیبری-شعاعی ساخته شده است. (کرایوسول، اسپیتسبرگن، جزایر سوالبارد، نروژ)

۴. کلسیت به شکل آویزان که از لایه‌های متعددی تشکیل شده که با یک پوشش فیبری در تماس با ریزتوده کربناته شروع می‌شود (بالا) و به دنبال آن، یک نوار میکروسپاریت و درنهایت مجموعه‌ای از اشکال بادبزنی کلسیت فیبری تکمیل می‌شود. (پتریک کالسیول، مادرید، اسپانیا)

۵. زیرپوشش کلسیتی که توسط کریستال‌های کوچک (میکریت) شکل گرفته و در ریزتوده غنی از کربنات همراه با مقداری از ذرات کوارتز تلقیح می‌شود. (باستان‌شناسی عصر برنز، دشت پو، ایتالیا)

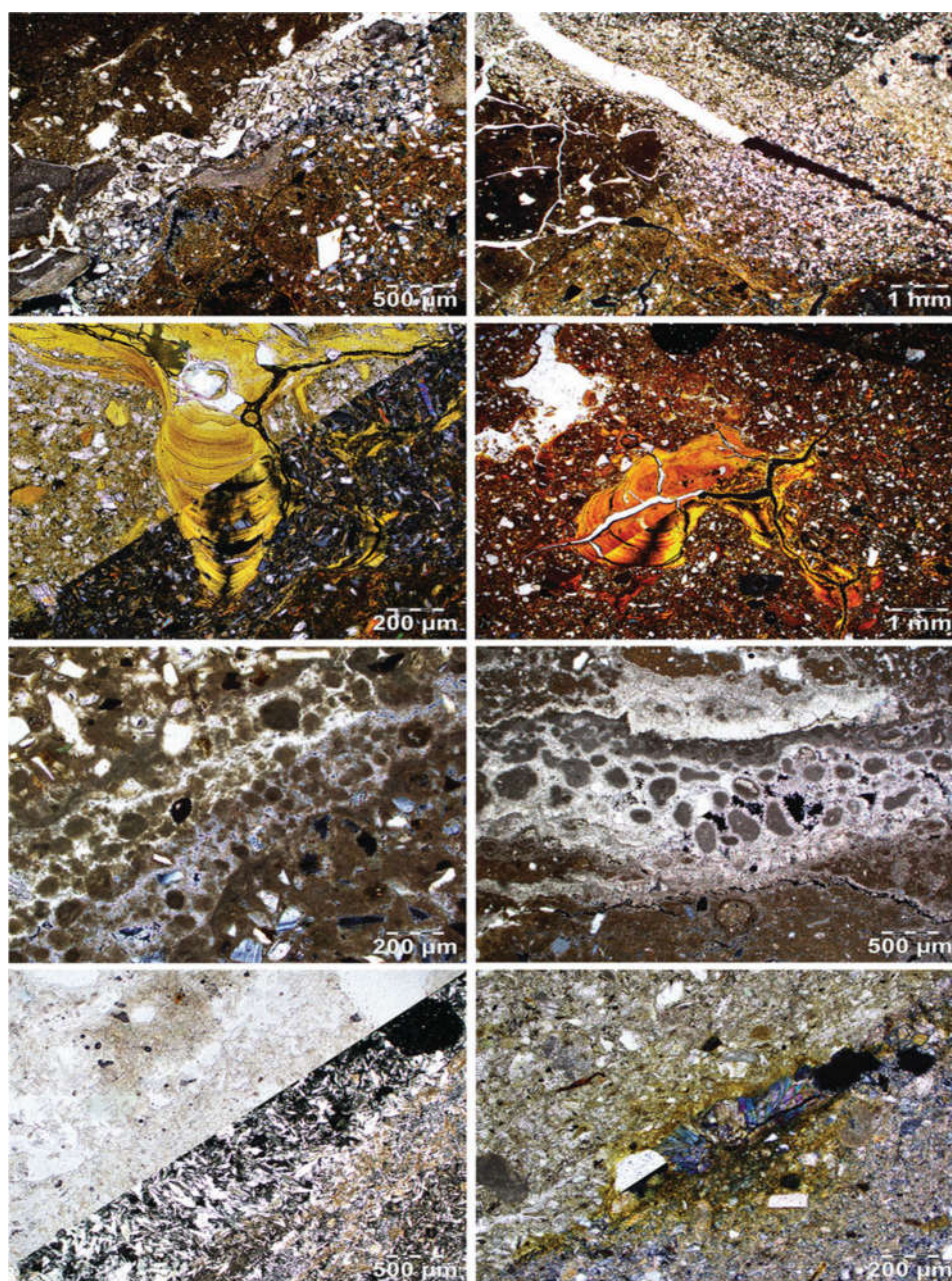
1- Crystallin

2- Calcite Pendent

۶. پدوفیپرهای کریستالی در کنار هم: یک زیرپوشش از کلسیت ریز کریستالی (میکریت) که در تماس با یک پوشش میکرواسپاریت داخل منفذ ریشه است. (باستان‌شناسی عصر برنز، دشت پو، ایتالیا)

۷. زیرپوشش یا پوشش زیرسطح (هایپوکوتینگ) فسفات در اطراف سطح مقطع یک منفذ کانالی در یک ریزتوده (میکرومس) غنی از کربنات. (باستان‌شناسی قرون وسطی، دشت پو، ایتالیا)

۸. پوشش شفاف ساخته شده از ترکیب سیلیسی شبه کریستالی (احتمالاً سیلیس) در اطراف ذرات کوارتز و خاکدانه‌های غنی از کربنات. پوشش‌ها به دلیل برجستگی زیاد قابل مشاهده است. (نمای PPL، دوریک کاستانوزم، مانگا، نیجر)



فایل ۶۱: پر شدگی از کانی‌ها

فایل ۶۱: پرشدگی توسط کانی

پرشدگی‌ها توسط مواد خاک یا بخشی از آن شکل می‌گیرد که هرگونه منفذی غیر از منافذ آرایشی^۱ (پاکینگ) را پر می‌کند. (استوپس ۲۰۰۳، ۲۰۲۱). این پرشدن‌ها توسط مواد معدنی که دو منشأ از فرایندهای بیولوژیکی یا فیزیکوشیمیایی دارد، تشکیل می‌شود. (به فایل ۶۲ مراجعه کنید). این صفحه نمونه‌هایی از پر شدن مواد معدنی را نشان می‌دهد که می‌تواند درشت یا ریز و دارای ماهیت‌های کانی‌شناسی مختلف باشد. آن‌ها را با توجه به ترکیب آن‌ها عارضه بافتی یا بلوری می‌نامند.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. یک منفذ صفحه‌ای قبلی پر از ذرات درشت کوارتز که یک پرکننده متراکم ناقص را تشکیل می‌دهد که می‌تواند به دلیل توزیع اندازه ذره‌ای ذرات کوارتز یک پدوفیچر بافتی در نظر گرفته شود. (لایه کشاورزی خاک ورتی‌سول، پو-پلین، ایتالیا)

۲. پرشدگی با گروه‌بندی خوب از ذرات درشت حاصله از کوارتز که یک پرکننده کامل متراکم را تشکیل می‌دهد، اما در زمان به هم خوردگی خاک (صفحه مرکزی) دچار ترک خوردگی شده است. در XPL، برخی از عارضه‌های اسلیکنساید را می‌توان در پایین عکس مشاهده کرد. (لایه کشاورزی ورتی‌سول - پو-پلین، ایتالیا)

۳. پرشدگی رس بافتی در یک متن و زمینه سیلتی. ماهیت رسی این پرشدگی ناقص متراکم، توسط رنگ‌ها و لایه‌بندی‌ها در PPL و همچنین در XPL مشخص می‌شود. علاوه بر این، در نمای XPL، ریزتوده با یک بی-فابریک خطی مدور مشاهده می‌شود. (پالئو-لوویسول، پیدمونت، ایتالیا)

۴. پر شدن رس بافتی در یک متن و زمینه (گراندمس) سیلتی تا شنی. ماهیت رسی این پرشدگی توسط رنگ‌ها و لایه‌بندی‌ها در PPL و همچنین در XPL مشخص می‌شود. گونه‌های رس به صورت پرکنندگی کامل متراکم را تشکیل می‌دهد، اما به دلیل به هم خوردگی خاک دچار ترک خوردگی و شکاف شده است. (پالئو لوویسول، پیدمونت، ایتالیا)

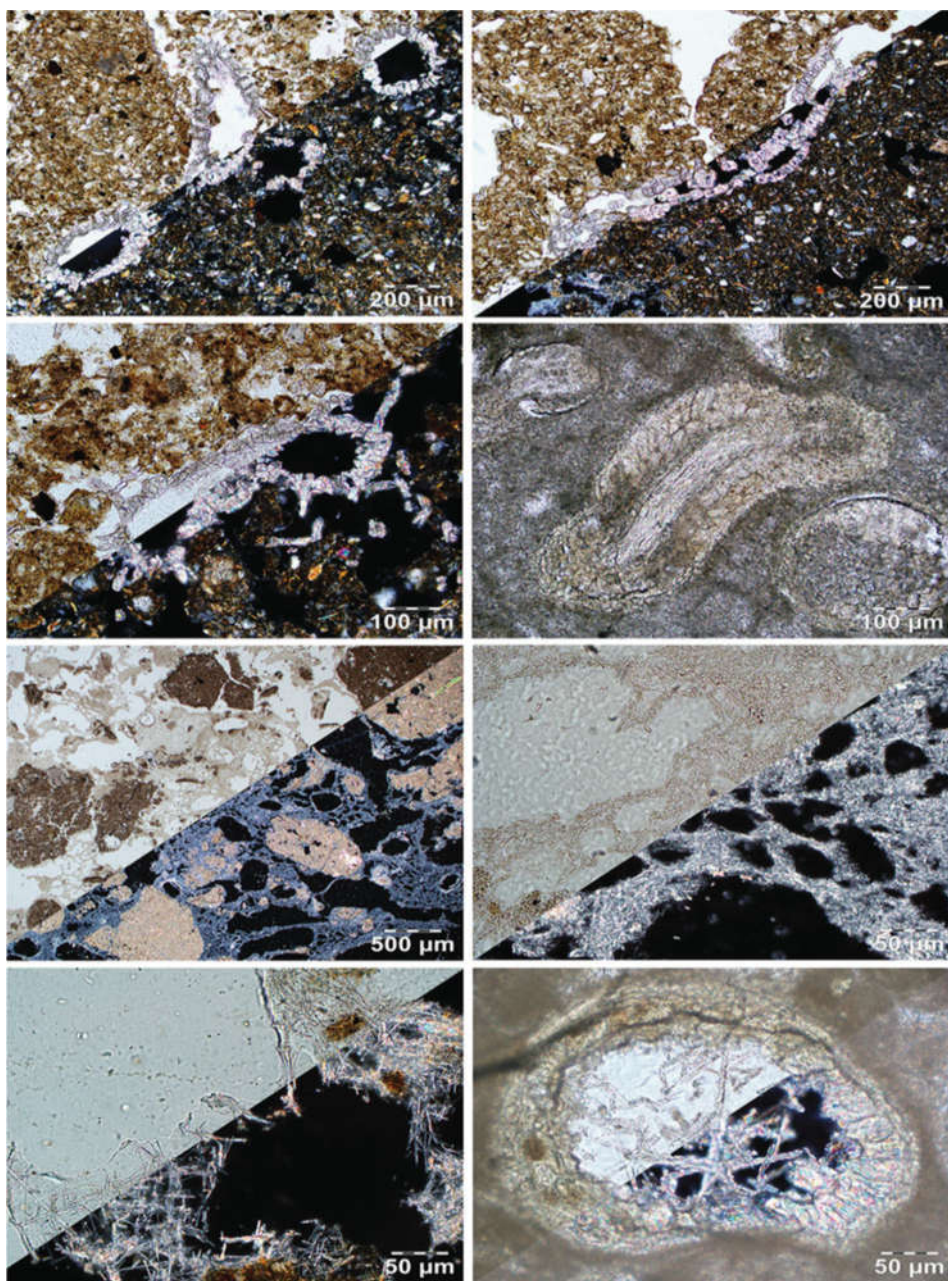
۵. پرشدگی یک شکاف خشک از خاکدانه‌های دانه‌ای میکریٹیک در یک زمینه خاک (گراندمس) غنی از کربنات که از قبل وجود داشته است. این خاکدانه‌ها با بلورهای کلسیت درشت‌تر (میکرو اسپاریت) به صورت فاز ثانویه همراه است. هر دو عارضه می‌تواند یک پرکنندگی متراکم ناقص را تشکیل دهد. (پتریک کلسیسول، چوب انکلاو، بوتسوانا)

۶. منفذ صفحه‌ای بزرگ که در یک زمینه (گراندمس) غنی از کربنات شکل گرفته و از خاکدانه‌های اولیه میکریٹیتی پر شده است. دارای پوششی از کلسیت میکرواسپاریت است که رسوب

آن طی شرایط مرطوب صورت گرفته. این نوع عارضه‌ها پرشدگی ناقص متراکم را تشکیل می‌دهد. در قسمت بالای عکس، یک فضای خالی (منفذ) صفحه‌ای دیگر وجود دارد که توسط اسپاریت درشت‌دانه پر شده و نوعی از پرشدگی کامل متراکم را تشکیل داده است. (پتريک کالسی‌سول، حوضه مادرید، اسپانیا)

۷. فضای خالی (منفذ) صفحه‌ای بزرگ با کریستال‌های گچ پر شده که به راحتی از طریق مشخصه شکل عدسی و رنگ‌های شکست مضاعف آن‌ها قابل شناسایی است. این کریستال‌ها یک پرشدگی ناپیوسته آزاد را تشکیل می‌دهد. (جیپسیک رگوسول، آلپ سوئیس)

۸. منفذ کانالی در یک ریزتوده غنی از کربنات که با کریستالی از ویوانیت پر شده که با رنگ‌های آبی آن در PPL قابل تشخیص است. این پرشدگی متراکم و ناقص است. شرایط غیرهوازی برای تشکیل ویوانیت ضروری و لازم است. به زیرپوشش یا پوشش زیرسطحی (هایپوکوتینگ) فسفات توجه کنید. (خاک باستان‌شناسی قرون وسطی، دشت پو، ایتالیا)



فایل ۶۲: پر شدگی مواد معدنی (کانی) با منشأ بیولوژیکی

فایل ۶۲: پرشدگی مواد معدنی (کانی) با منشأ بیولوژیکی

پرشدگی توسط مواد خاک یا بخشی از آن مواد تشکیل می‌شود که هر نوع منفذ بجز منفذهای نزدیک (پاکینگ) را پر می‌کند. (استوپس ۲۰۰۳، ۲۰۲۱). این پرشدگی‌ها توسط مواد معدنی که از فرایندهای بیولوژیکی یا فیزیکی-شیمیایی منشأ می‌گیرد، تشکیل می‌شود. (به فایل ۶۱ مراجعه کنید). این صفحه نمونه‌هایی از پرشدگی‌های زیست‌معدنی (بیومینرال) را نشان می‌دهد که با توجه به ترکیبشان، عارضه‌های کریستالی نامیده می‌شود.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱-۲. پرشدگی‌های متراکم ناقص که توسط سلول‌های کلسیم‌دار ریشه تشکیل شده است. (بکز دیک و همکاران ۱۹۹۷ دوران و همکاران ۲۰۱۸) در اطراف مقطع عرضی (۱) و در امتداد (۲). منفذ کانالی در یک زمینه (گرنندمس) سिलتی.

۱. اکثر کریستال‌ها از زیست‌معدنی شدن زیستی سلول‌های اپیدرم منشأ می‌گیرد، درحالی‌که در ۲، کریستال‌ها در سلول‌های قشری (زیرپوست) رسوب می‌کند. (لس پالتوسول، شانسی، چین) ۳. همان نوع عارضه که در ۱ و ۲ وجود داشت. این پرشدگی، به دلیل سلول‌های کلسیم‌دار ریشه می‌تواند در حفظ تارهای ریشه معدنی‌شده که برخی سلول‌های خیلی کلسیمی شده را دارد، کمک نماید. (فلات لس، شمال مرکزی چین)

۴. پرشدگی کامل متراکم در یک ریزتوده (میکرومس) غنی از کربنات که توسط زیست‌معدنی شدن زیستی کامل یک قطعه ریشه تشکیل شده و نشان‌دهنده سلول‌های کلسیم‌دار شده اپیدرم، اندودرم و زیرپوسته ریشه است. (پتريک کلس‌سول، گاليله، اسرائیل)

۵. پرشدگی ناپیوسته آزاد توسط بلورهای سوزنی^۱ شکل ثانویه از کلسیت در بین لیتوکلست میکریتی گچ^۲. این نوع پرشدگی یک فابریک به هم‌خورده را مطابق نظر رابنه‌ورست و وایلدینگ (۱۹۸۶) نشان می‌دهد. (پتريک کلسیسول، شامپاین، فرانسه)

۶. نمای نزدیک از تصویر ۵ که ساختار فابریک به هم‌خورده تهیه‌شده از بلورهای سوزنی شکل کلسیت را نشان می‌دهد. این کریستال‌ها به‌طور تصادفی آرایش نیافته، اما تمایل دارد که به‌طور مجتمع تشکیل شود. منشأ چنین عارضه‌هایی مرتبط است به فعالیت قارچی و معدنی شدن زیستی آن. (بین شدلو و همکاران ۲۰۱۲، ۲۰۱۶). (پتريک کلسیسول، شامپاین، فرانسه)

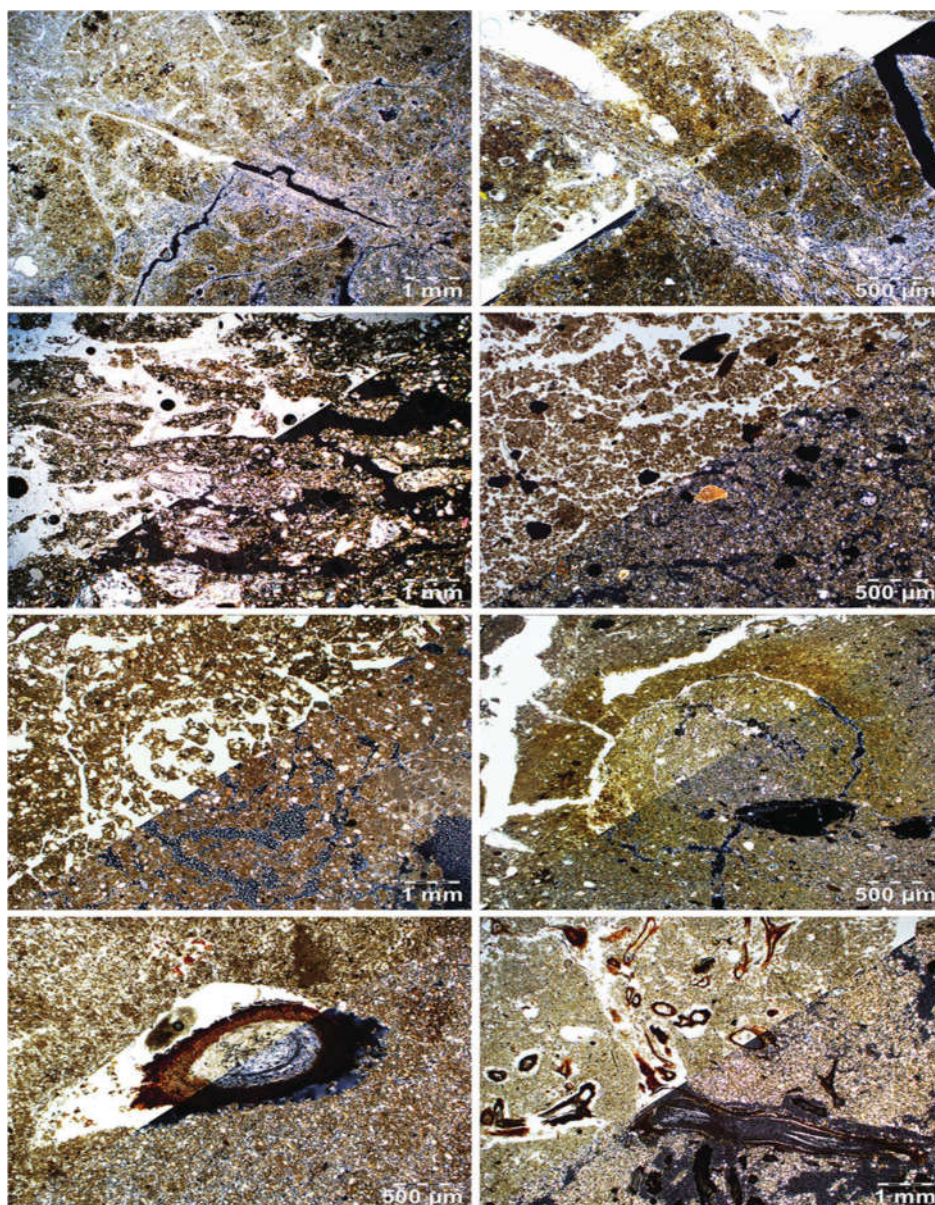
۷. بزرگنمایی عکس ۶ بر ماهیت کلسیت، فیبری- کشیده^۳ کریستال‌های سوزنی^۱ تأکید می‌کند (دوران و همکاران ۲۰۱۸). (پتريک کلسی‌سول، شامپاین، فرانسه)

1- Acicular

2- Micritic Lithoclast

3- Needle - fiber

۸. مقطع عرضی از یک منفذ کانالی پر شده با پرشدگی ناقص متراکم که از سلول‌های ریشه کلسیم‌دار (سلول‌های اپیدرم معدنی شده زیستی) و همچنین پرشدگی ناپیوسته و آزاد کلسیت فیبری سوزنی تشکیل شده است. علاوه بر این در حاشیه بخشی از منفذ کانال یک‌لایه زیرپوشش یا پوشش زیرسطح میکریتی قرار گرفته است. پتریک کلسیسول، گاليله، اسرائیل



فایل ۶۳: به هم خوردگی (پدوتورباسیون)

فایل ۶۳: به هم خوردگی (پدوتورباسیون)

به هم خوردگی یا تورباسیون به هر نوع اختلاط فیزیکی مواد خاک که با مکانیسم‌های زیر انجام می‌شود، می‌گویند که شامل انقباض و انبساط رس، فعالیت انجماد-ذوب و به هم خوردگی زیستی توسط حیوانات یا گیاهان است. هر مخلوط‌شدگی مواد دلیل بر همگن شدن مواد نیست. (شاتزل و تامپسون ۲۰۱۵). با این حال، حتی اگر مقداری همگن‌سازی در مقیاس کلان، در مقیاس خرد، آشکار به نظر برسد اثرات پدوتورباسیون به دلیل تأثیر فرایندهای مختلف همیشه قابل مشاهده است. علاوه بر این، در استوپس (۲۰۰۳)، بیشتر به هم خوردگی‌ها (پدوتورباسیون) در عارضه خاکساز فابریک (متعلق به پدوفیچر زمینه) گنجانده شده است که «فقط به دلیل تفاوت در فابریک از زمینه (گرندمس) قابل تشخیص است.»

شرح تصاویر از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست:

- ۱-۲. به هم خوردگی مربوط به انبساط و انقباض رس در خاک ورتی‌سول زمینه^۱ (گرندمس) قهوه‌ای و تیره توسط تجمع رس جهت‌یافته جدا می‌شود. به عنوان مثال اسلیکنساید که معمولاً هم در PPL (رنگ خاکستری روشن) و XPL رنگ‌های سری اول شکست مضاعف قابل شناسایی است که باعث ایجاد یک بی-فابریک خطی اطراف منفذ^۲ (حفره راستا) می‌شود. در ۲ جزئیات مجتمع رس را با بزرگنمایی بالاتر نشان می‌دهد. (ورتی‌سول، پو-پلین، ایتالیا)
۳. پدوتورباسیون ناشی از فعالیت انجماد-ذوب و قطعات یخی به شکل عدسی به طوری که روی خاکدانه‌های عدسی شکل کلاهک‌هایی از سیلت قرار می‌گیرد. هم خاکدانه‌ها و هم کلاهک (کاپینگ^۳) شامل ذرات شن ریز است. کرایوسول، آلپ، ایتالیا
۴. پدوتورباسیون مربوط به فعالیت انجماد-ذوب در یک افق با ساختمان دانه‌ای ریز غنی از مواد آلی. یک خاکدانه نسبتاً عدسی‌شکل در بالای تصویر قابل مشاهده است. سطح دیگری از خاکدانه، متشکل از شبکه‌ای از صفحات زیگزاگی است که روی زمینه (گرندمس) تأثیر می‌گذارد که در قسمت پایین تصویر نشان داده شده است. وجود خاکدانه‌های سیلتي ریزدانه‌ای، شناسایی پدوتورباسیون حاصل از یخبندان را افزایش می‌دهد. (پالئوسول، شمال آپنین، ایتالیا)
۵. پدوتورباسیون به وجود آمده توسط حیوانات. می‌توان آن را به عنوان یک عارضه عبوری در نظر گرفت. (استوپس ۲۰۰۳). زمینه (گرندمس) به صورت متحدالمرکز آرایش یافته است، اما به صورت مکانیکی مجدداً تجمع یافته و سپس پراکنده شده است. (کلسی‌سول، کوه‌های ژورا، سوئیس)

1- Crundmass

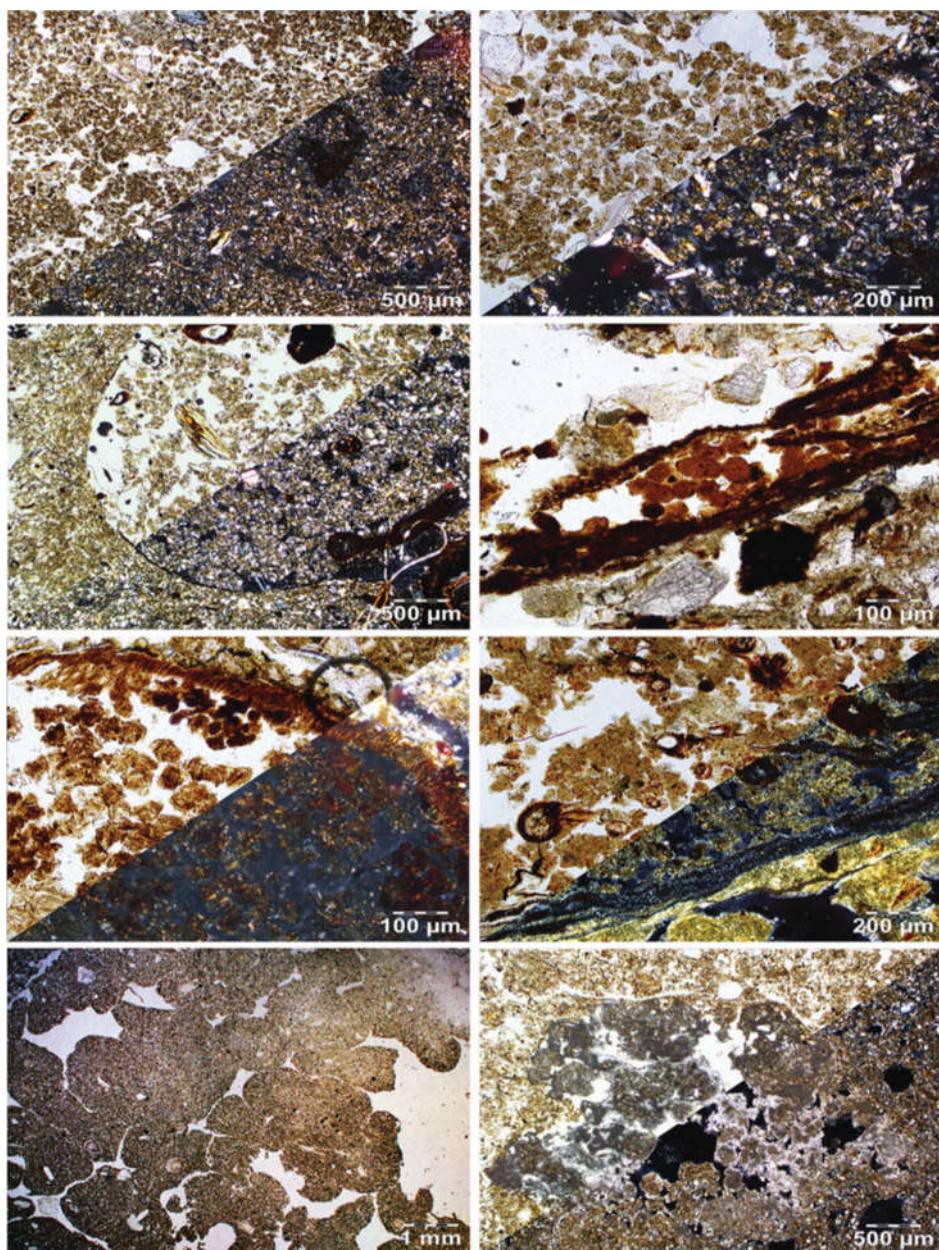
2- Porostriatod

3- Capping

۶. پدوتورباسیون ناشی از حیوانات. به فابریک زیرپوشش یا پوشش زیر سطح (هایپوکوتینگ) زرد رنگ ناشی از نیروهای مکانیکی که زیرتوده را فشرده و متراکم کرده است توجه کنید. در این مورد، زمینه (گرندمس) پراکنده نشده است. (فلات لس، شمال مرکزی چین)

۷. پدوتورباسیون به دلیل وجود ریشه (قسمت مرکزی عکس به رنگ قهوه‌ای) که منفذ بزرگی ایجاد کرده و قسمت پایین آن را فشرده کرده است. (رسوبات لس با تجمع مجدد، شمال دشت پو، ایتالیا)

۸. پدوتورباسیون به دلیل تراکم شبکه‌ای از ریشه‌ها (عارضه‌های آلی مدور به رنگ قهوه‌ای در PPL) که باعث به هم خوردگی در زمینه (گرندمس) می‌شود. در XPL، یک منفذ کانالی طولانی را که تا حدی توسط برش عرضی - طولی یک ریشه پر شده است، نشان می‌دهد. (فلاویسول، کوه‌های ژورا، سوئیس)



فایل ۶۴: ذرات قرصی شکل دفعی (فضله جانداران)

فایل ۶۴: ذرات قرصی شکل دفعی یا فضله جانداران

گاهی اوقات «فضولات (مواد دفعی)»^۱ جانداران متوسط^۲ (Stoops 2003، ۲۰۲۱)، فضله‌ها (درمعنای رسوب‌شناختی کلمه) نه تنها متعلق به نوع خاصی از عارضه‌ها (پدوفیچر) است، بلکه می‌تواند ریزساختارهای دانه‌ای و یا کرمی‌شکل را ایجاد کند (به فایل ۲۰ و ۲۱ مراجعه کنید) که همچنین می‌تواند پرشونده‌ها (infillings) را تشکیل دهد. شکل فضله حیوان می‌تواند به جانداران متوسط خاصی اشاره داشته باشد، همان‌طور که در استوپس (۲۰۰۳، ۲۰۲۱) و بولاک و همکاران (۱۹۸۵) فهرست شده است.

شرح تصاویر از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست:

۱. لایه‌ای که بسیار غنی از فضله حیوان است. یک ریزساختار کرمی‌شکل را تشکیل می‌دهد. تقریباً تمام افق متشکل از چنین فضولاتی است. در نتیجه لایه به صورت مخلوطی از مواد آلی و معدنی در اندازه رس است که در تصویر ۲، جزئیات تصویر عکس ۱ را نشان می‌دهد. (پالئوسول، شمال آپنین، ایتالیا)

۳. تصویر نوک منفذ کانالی در قسمت مرکزی عکس که تا حدی با مواد دفعی پر شده و یک مرز مشخصی را در زمینه نشان می‌دهد. (قلاویسول، کوه‌های ژورا، سوئیس)

۴. فضولات حیوانی بیضوی‌شکل از کنه. فضولات حیوانی ضعیف به هم می‌پیوندند و به‌طور آزاد مرکز توخالی یک قطعه گیاه در حال پوسیدگی را پر می‌کند. (فلوویسول، فلات سوئیس، سوئیس)

۵. فضولات یافت شده در یک ریشه که بخشی از پوسیدگی‌اش توسط جانوران متوسط ایجاد شده است. این موجودات از مواد آلی گیاهی تغذیه و فضله خود را در محل تولید می‌کند. فضله‌ها تقریباً منحصراً از مواد آلی تشکیل شده است. (کلسی‌سول، L'Isle-Adam، حوضه پاریس، فرانسه)

۶. فضله حیوان که در یک ریشه یافت می‌شود تا حدی توسط جانوران متوسط پوسیده شده و مخلوطی از مواد آلی و معدنی را تشکیل می‌دهد. جانوران تولیدکننده این فضله‌ها با آن‌هایی که تولیدکننده فضله حیوان در تصویر ۵ است متفاوت است. (کامبی‌سول، شمال آپنین، ایتالیا).

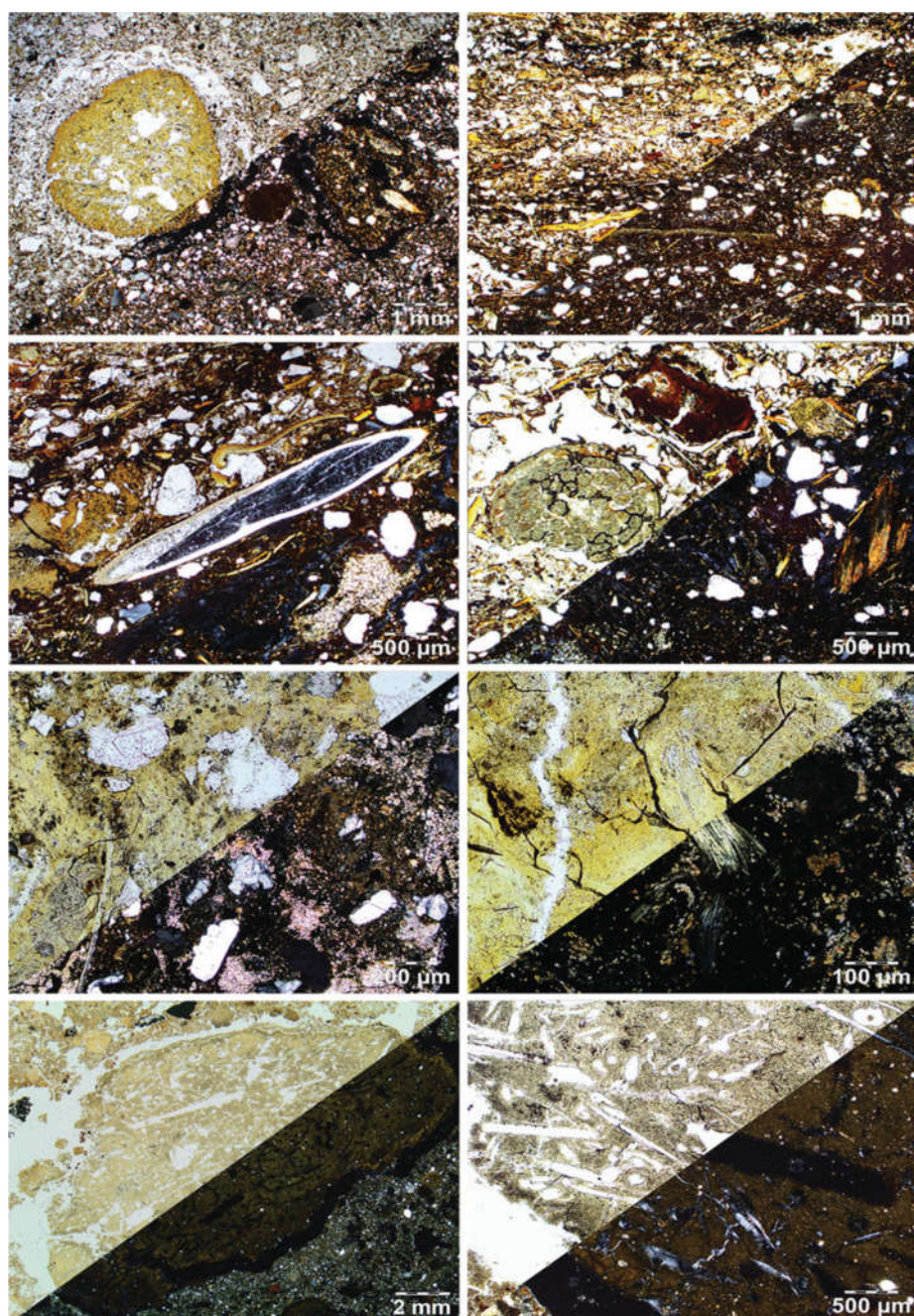
۷. فضله حیوانی در حد وسیع‌تر که داخل لانه‌ها یا حفره‌های ایجادشده توسط کرم خاکی تشکیل شده و دارای اتصال ضعیف و متخلخل است. گاهی اوقات تشخیص آن‌ها از متن (گردمس) خاک دشوار است. باین‌حال، این لانه‌ها می‌تواند با محیط زیستی کلسیتی مرتبط باشد. (به فایل

۳۸ مراجعه کنید). (کامبی‌سول، فلات سوئیس، سوئیس)

۸. فضله‌های کرم‌های خاکی به هم پیوسته می‌تواند پرشدگی نسبی یک منفذ را تشکیل دهد. ترکیب بین زمینه سیلتی (قهوه‌ای مایل به زرد در PPL) و فضله حیوانی که به کلسیت تلقیح شده است (رنگ مایل به خاکستری در PPL) یک تفاوت واضح وجود دارد. (فلات لس، شمال مرکزی چین)

1- Faecal Pellet

2- Excrements of the mesofauna



فایل ۶۵: کود دفعی حیوانات (پشکل پایین) و فضولات مهره‌داران

فایل ۶۵: کود دفعی حیوانات^۱ (پشکل پایین) و فضولات مهره داران^۲

کود دفعی حیوان و فضولات حیوانات بزرگ عمدتاً مورد توجه میکرومورفولوژی باستان‌شناسی است (نیکوسیا و استوپز ۲۰۱۷)، درحالی‌که فضله حیوانی (فکال پلت) را می‌توان هم در خاک‌های طبیعی و هم در امور باستان‌شناسی مشاهده کرد.

در مورد فضولات، آن‌ها با اشکال خارجی متفاوت، رنگ‌ها، اجزای اصلی و فابریک‌های داخلی، بسته به جنس حیوانات استوپس ۲۰۰۳ وجود دارد از یکدیگر تفکیک می‌شود. شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. کود حیوانی از یک پناهگاه سنگی در صحرای لیبی که حضور فضولات به‌هم‌نخورده گیاهخواران را نشان می‌دهد. یکی در PPL و دیگری در XPL. آن‌ها به‌صورت یک توده نیمه‌گرد با فابریک به‌هم‌خورده که در XPL (ضریب شکست مضاعف بسیار پایین) به دلیل مقدار زیاد مواد آلی تقریباً تیره است. آن‌ها بسته به نوع رژیم غذایی حیوانات ممکن است شامل فیتولیت‌های اوپال، فضله‌های کروی، مواد اگزالات و کریستال‌ها باشد. (به فایل ۳۶ مراجعه کنید).

۲. کود حیوانی از یک پناهگاه سنگی در صحرای لیبی که یک فابریک لایه‌لایه ناشی از زیر پا قرار گرفتن فضولات گیاهخواران را نشان می‌دهد؛ بنابراین، تشخیص هر شکلی از فضله حیوان غیرممکن است، اگرچه اجزای تشکیل‌دهنده آن مواد فضله و مواد زیست‌معدنی ممکن است (به فایل ۳۶ مراجعه کنید) هنوز وجود داشته باشد اما کاملاً در متن (گردمس) پراکنده شده است.

۳-۴. کود حیوانی جانور گیاهخوار از قطعات آلی در مراحل مختلف نگهداری (ناشی از هضم) تشکیل شده است که در رسوبات به‌هم‌نخورده و لایه‌لایه وجود دارد.

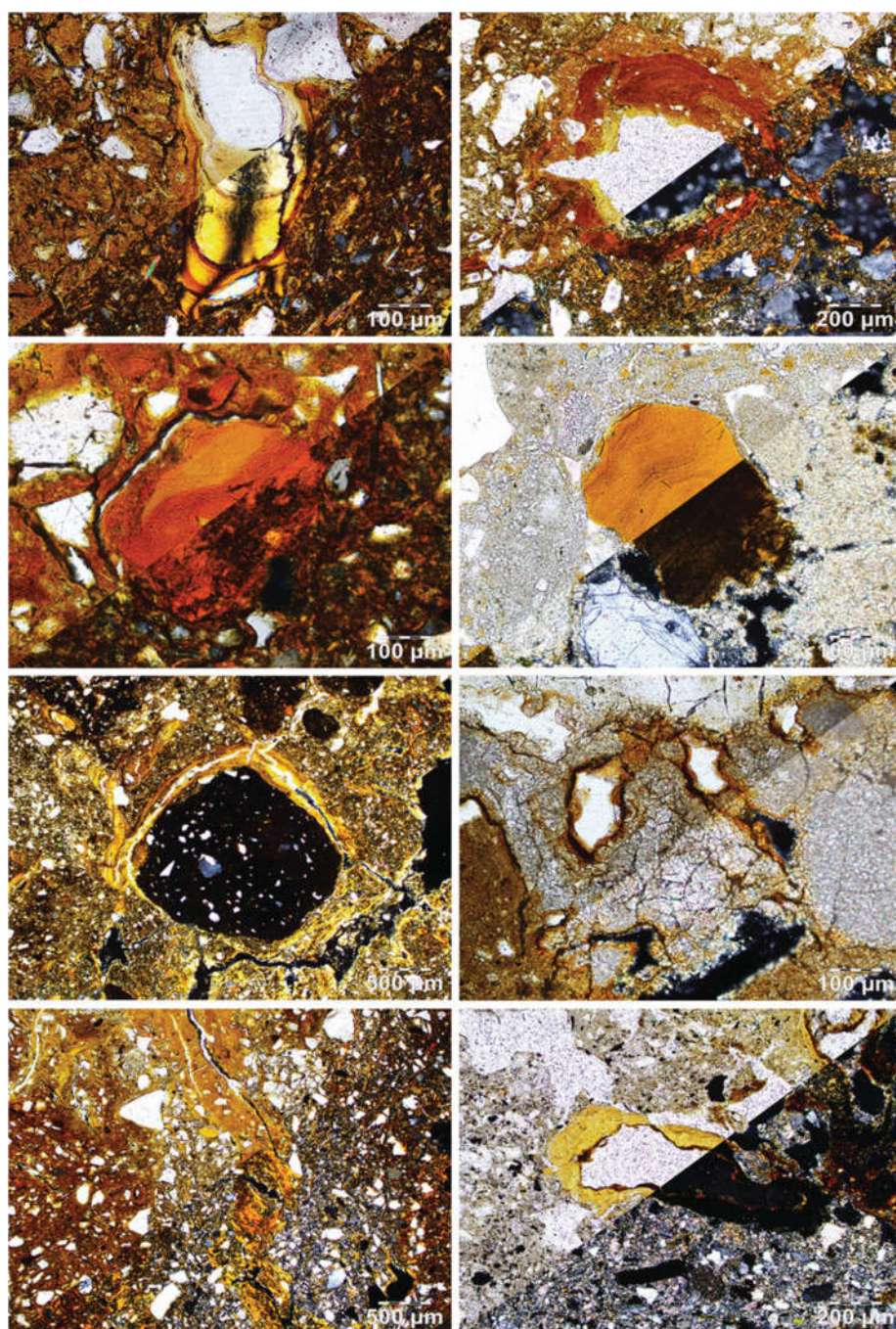
۴. در تصویر ۳ شکل طولی مستطیلی بزرگ مربوط به مقطع عرضی یک بذر با قطعات گیاهی بلند و نازک است، درحالی‌که در تصویر ۴ بقایای گیاهی در مراحل مختلف نگهداری در امتداد بخش شعاعی آن‌ها مشاهده می‌شود. (همچنین به فایل ۴۱ مراجعه کنید)

۵-۶. فضولات پرندگان که توده‌های فسفات آمورف زرد است که می‌توانند حاوی ذرات کروی (اسفرولیت‌های) اسید اوریک (به فایل ۳۷ مراجعه کنید) و همچنین کریستال‌های اگزالات (به فایل ۳۷ مراجعه کنید) باشد. در این مقاطع نازک، رسوبات ثانویه کربنات کلسیم، عارضه‌های دیانژنتیک اولیه را تشکیل می‌دهد. به‌عنوان مثال در تصویر ۵، مجموعه‌ای از رنگ مربوط به شکست مضاعف سری بالا نشان داده شده است. (رسوب دیوار غار- لیبی، صحرای مرکزی)

1- Dung

2- Vertebrate

۷-۸. فضولات جانوران گوشتخوار (*Hyaena sp*). در تصویر ۷ یک توده فسفاته نیمه‌گرد بزرگ متمایل به زرد که حاوی قطعات استخوان است و همچنین آثاری از پر و مو را نشان داده، همان‌طور که در تصویر ۸ نشان داده شده است. (غار پاگلیسی، آپولیا، ایتالیا)



فایل ۶۶: عارضه‌های خاکساز مرکب

فایل ۶۶: عارضه‌های خاکسازی مرکب

پدوفیچرهایی که از چندین بخش یا عنصر (به‌عنوان مثال مرکب) شامل پدوفیچرهای ترکیبی و پیچیده ساخته شده، همان‌طور که توسط استوپس (۲۰۰۳) تعریف شده است. آن‌ها از مخلوطی از دو یا چند پدوفیچر که حاصل فرایندهای خاکسازی مختلف به‌صورت هم‌زمان یا متوالی است، تشکیل شده است. اگر هر پدوفیچر مستقل در کنار دیگری قرار گیرد، آن‌ها در کنار هم توصیف می‌شود (جاکستاپوز)^۱، درحالی‌که اگر همپوشانی داشته باشد، نفوذ کند یا بر یکدیگر تأثیر بگذارد، به این معنی است که آن‌ها روی هم قرار گرفته است. (سوپر ایمپوز)^۲

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. پدوفیچر ترکیبی (چندجزیی) که از سه نوع پوشش‌های رسی که در کنار یکدیگر قرار گرفته، تشکیل شده است. این سه پوشش با رنگ‌های مربوط به خود، از نارنجی، در پایین تا رنگ روشن و درنهایت زرد کم‌رنگ قابل تشخیص است. این پوشش‌های رسی در کنار هم یک پر شونده رسی را داخل یک منفذ کانال تشکیل می‌دهد. (پالئوسول، منطقه پیدمونت، ایتالیا)

۲. توالی سه پدوفیچر مختلف در اطراف یک منفذ کانال در یک متن (گرندمس) لومی. ابتدا یک زیرپوشش یا پوشش زیر سطح (هایپوکوتینگ) آمورف (نارنجی با مواد درشت) ریزتوده (میکرومس) را تلقیح نموده و یک پوشش رسی لایه‌لایه قرمز، مرحله دوم را تشکیل داده است. درنهایت، یک پوشش رسی بدون لایه‌بندی به رنگ زرد روشن به این توالی پایان داده است. سه پدوفیچر در کنار یکدیگر قرار گرفته است. (پالئوسول، لیگوریا، ایتالیا)

۳. قطعه ترمیم‌شده از دو پوشش رسی در کنار هم که به دلیل رنگ‌های مختلف آن‌ها (نارنجی روشن و تیره) به‌وضوح در PPL متمایز شده است. (پالئوسول، لیگوریا، ایتالیا)

۴. قطعه ترمیم‌شده از یک پوشش رسی احاطه‌شده توسط نودول‌های میکرواسپاریت. این دو پدوفیچر در کنار هم به دو فرایند خاکسازی متمایز و متوالی اشاره دارد. (پالئوسول که در پرشدگی حفرة قیفی شکل نقش داشته - منطقه، سوریه)

۵. نودول آهن‌دار آمورف تیره که تا حدی توسط یک پوشش رسی زرد همپوشانی دارد. در این مورد، رابطه بین دو پدوفیچر به کنار هم بودن اشاره دارد. (پالئوسول، پیمونت، ایتالیا)

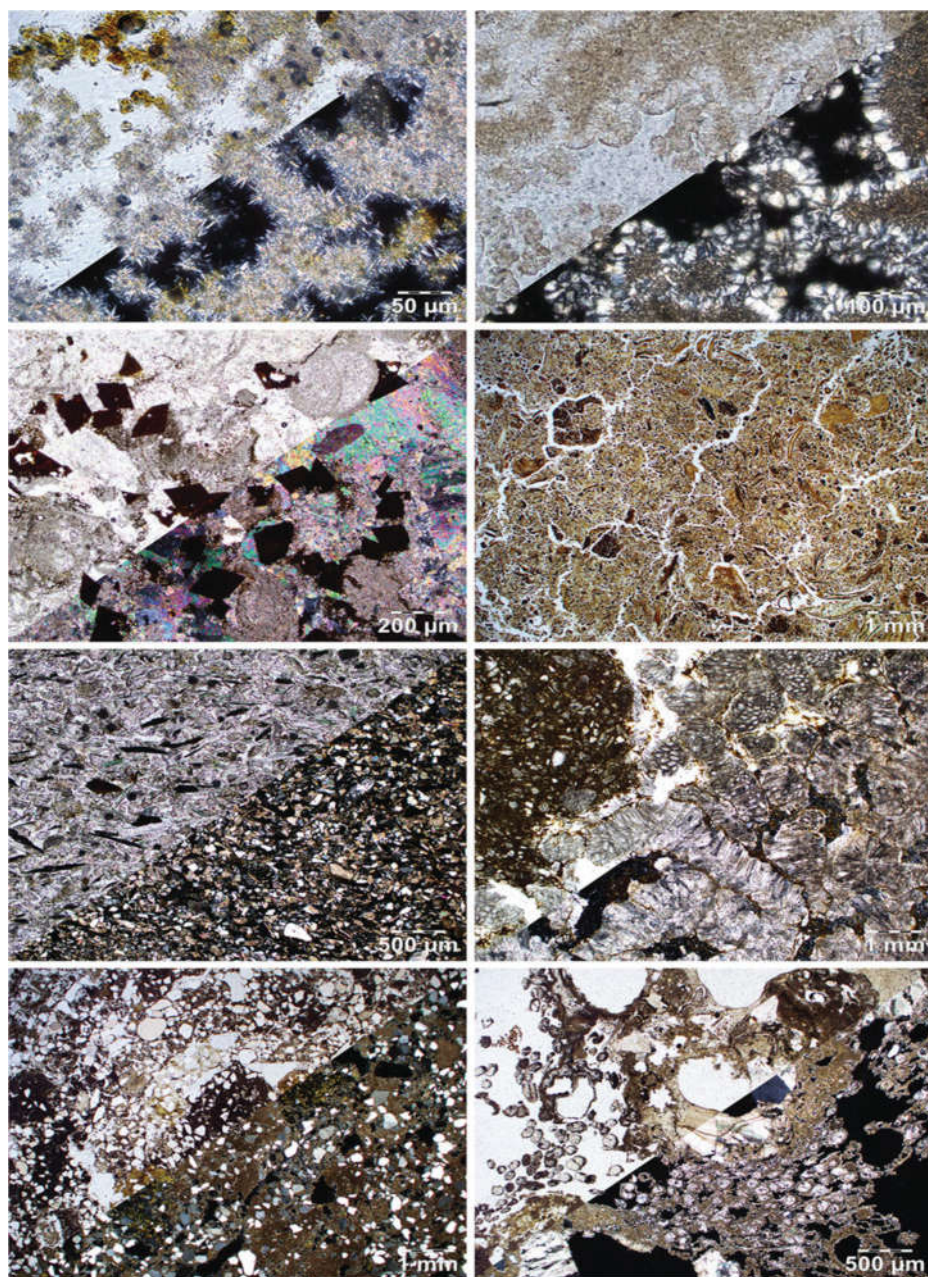
۶. پوشش‌های زیر سطح (هایپوکوتینگ) اکسی‌هیدروکسید آهن آمورف (بی‌شکل) که روی بلورهای اسپاریتی درشت یک نودول کربنات کلسیم قرار گرفته است. (پالئوسول که در پرشدگی حفرة قیفی نقش دارد، سوریه)

1- Juxtapose

2- Superimpose

۷. متن (گرندمس) ابتدا تخلیه شده است. (شیب رنگ از کنار به مرکز)؛ یک پرشدگی رسی جدید در قسمت مرکزی آن (نارنجی روشن) روی پدوفیچر تخلیه‌ای قرار می‌گیرد. (پالتوسول، دشت پو مرکزی، ایتالیا)

۸. زیرپوشش یا پوشش زیرسطح (هایپوکوتینگ) اکسی‌هیدروکسید که روی یک پوشش فسفات (روی هم) قرار گرفته است. (در PPL زرد و در XPL تیره و خاموش است). (قرون وسطی سایت باستانی از شمال ایتالیا)



فایل ۶۷: عوارض غیرمعمول

فایل ۶۷: عوارض غیر معمول

فهرستی از عوارض غیر معمولی که در مقطع نازک خاک مشاهده می‌شود می‌تواند بسیار طولانی باشد. در این بخش، تنها هشت مورد انتخاب شده است که مربوط به کانی‌های خاص، اشکال مواد آلی است و در نهایت برخی اثرات میکرومورفولوژیکی که توسط موریانه‌ها و درختان گرمسیری ایجاد می‌شود. نمونه‌های انتخاب شده گاهی با سایر عوارض اشتباه گرفته می‌شود.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. کربنات کلسیم ثانویه که از رشد درونی و هم‌زمان تصادفی بلورهای سوزنی‌شکل را تشکیل می‌دهد. شکل سوزنی به کلسیت فیبری_سوزنی^۱ مربوط نیست، بلکه بلورهای سوزنی شکل^۲ آراگونیت را نشان می‌دهد. حضور آراگونیت ناشی از بالا بودن غلظت یون‌ها مانند سدیم Na^+ و منیزیم Mg^{2+} در محلول خاک است. (ورتیک سولونتر، دریای سیاه، اسرائیل)

۲. پوشش‌های بلورین از سیلیکات سدیم که یک فابریک پرچین مانند^۳ را تشکیل می‌دهد، یعنی مخروط‌هایی از ماگادیت در کنار هم قرار می‌گیرد. (سباگ و همکاران ۲۰۰۱). این کانی در شرایط قلیایی و شوری بالا تشکیل می‌شود. (چرنوزم، دریاچه چاد، نیجریه).

۳. خاک روی یک سنگ آهک دریایی که در آن از رشد توأم پایین کریستالی^۴ تیره اکسی-هیدروکسید آهن صورت گرفته، تشکیل شده است. این پرکننده‌های کریستالی لوزی شکل، شکل رومبو هدرال بلورهای دولومیت را دارد که در مراحل اولیه خاکسازی حل شده است. (کلسیک کامبی‌سول، پروونس، فرانسه)

۴. افق ساپریک از خاک پیت باتلاقی که در آن کمتر از یک ششم از متن (گرندمس) به صورت مواد گیاهی اولیه قابل تشخیص است. (چس و ورت ۲۰۰۸). فقط چند قطعه را می‌توان به سلول‌ها و الیاف گیاهان نسبت داد. بخش زیادی از مقطع نازک از یک ماده نامشخص و قهوه‌ای رنگ تشکیل شده است که یک ریزتوده (میکرومس) را تشکیل می‌دهد که تحت تأثیر تشکیل صفحات زیگزاگی حدود خاکدانه‌ها تعیین می‌شود. (هیستوسول، کوه‌های ژورا، سوئیس)

۵. رسوب رودخانه با توزیع نسبی مونیک درشت (ذرات به یک اندازه درشت). خرده ذرات سفالی کشیده در PPL و خاموشی (نهشته‌گذاری) در XPL که قطعاتی از گرافیت است و مواد آلی هوموسی مرطوب شده امروزی نیست. (فلوویسول، دره رون، سوئیس)

1- Needle – Fiber Calcit

2- Acicular

3- Palisade Fabric

4- Crystal Intergrowth

۶. یک پدوفیچر خاص در پالئوسول (خاک مربوط به اقلیم گذشته)، عمدتاً مربوط به دوران سوم، به نام میکروکوديوم دیده می‌شود. این توده‌های کریستالی با رشد داخلی از عوارض فسیلی است و نباید آن‌ها را با سلول‌های ریشه کلسیم‌دار امروزی اشتباه گرفت. شکل آن‌ها شبیه یک بلال ذرت با یک تک‌لایه از سلول‌های دراز در اطراف یک محور مرکزی توخالی یا مرکز پر شده (تبلور مجدد) است. (کوربیر ماسیف، پالئوسول، فرانسه)

۷. خاک به هم‌ریخته تغییر یافته توسط مورانه‌ها. زمینه (گردمس) شامل ذرات کوارتز است و ریز توده مخلوطی از کلسیت و دپاتومه است که رنگ اولی خاکستری مایل به قهوه‌ای است و دومی در XPL تیره و خاموش است. خاکدانه هم وجود دارد. (چوب انکلاو کاستانوزم، بوتسوانا)

۸. معدنی شدن زیستی سلول‌های چوب آبروکو که سلول‌های کلسیم‌دار را تشکیل می‌دهد. ریز توده (میکروس)، میکریٹیک با یکسری اسپاریت بزرگ که با رشد داخلی کریستالی همراه است. چنین عارضه‌هایی با مسیر اغزالات-کربنات مرتبط است (کایلو و همکاران ۲۰۰۵). (لایه کلسیتی در یک فرالسول، منطقه بیگا، ساحل عاج)^۱

۱- دسترسی آزاد این فصل تحت مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) که اجازه استفاده، اشتراک‌گذاری، انطباق، توزیع و بازتولید در هر رسانه تا زمانی که اعتبار مناسب را به نویسندگان (های) اصلی و منابع بدهید، پیوندی به مجوز Creative Commons ارائه دهید و مشخص کنید که آیا تغییراتی ایجاد شده است یا خیر. تصاویر یا سایر مطالب شخص ثالث این فصل در فصل مجوز Creative Commons گنجانده شده است، مگر اینکه در خط اعتباری مطالب به گونه دیگری مشخص شده باشد. اگر مطالب در فصل مجوز Creative Commons گنجانده نشده است و استفاده مورد نظر شما توسط مقررات قانونی مجاز نیست یا از استفاده مجاز فراتر می‌رود، باید مستقیماً از دارنده حق نسخه‌برداری مجوز دریافت کنید.

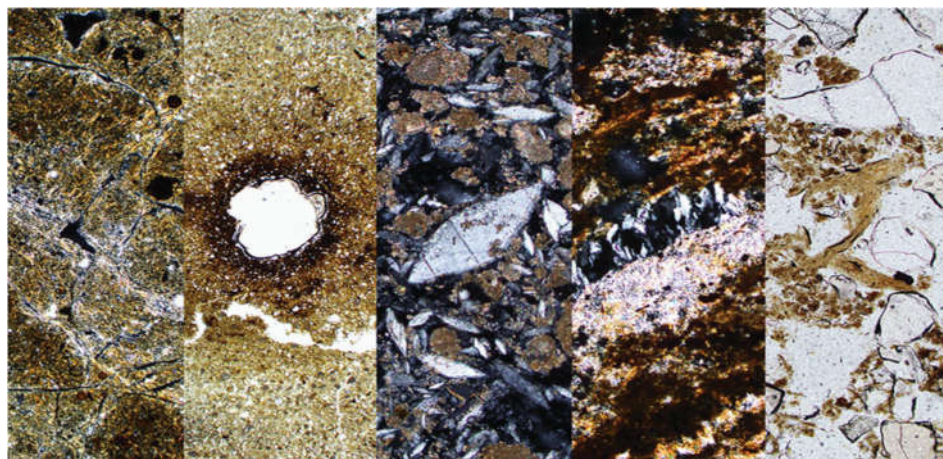
فصل پنجم:

عارضه‌های (پدوفیچرهای) مرتبط با فرایندهای خاک

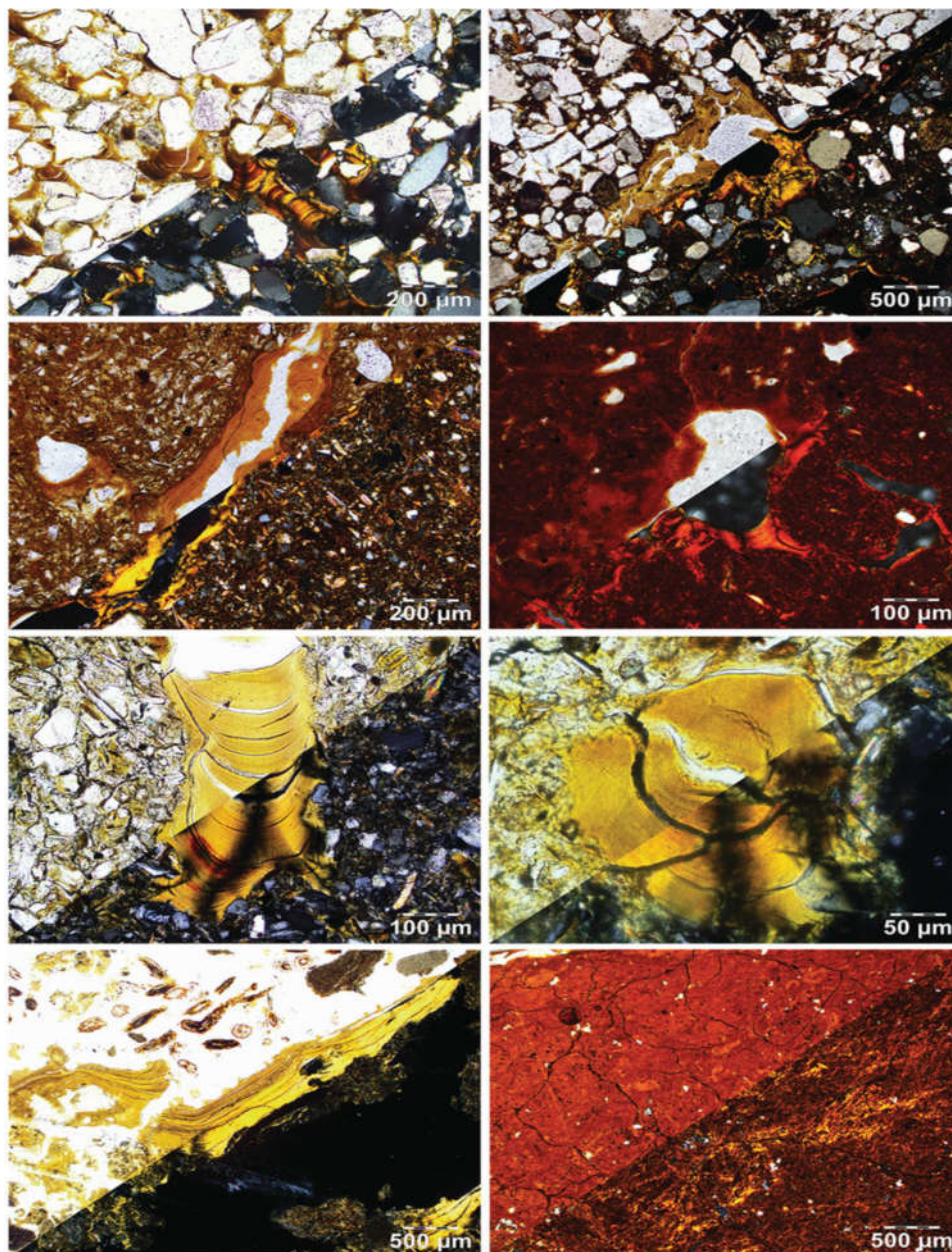
فایل ۶۸: عارضه‌ها و فرایندهای خاک

همان‌طور که توسط جی استوپس تصریح شده است، «هدف میکروپدولوژی کمک به حل مشکلات مربوط به پیدایش، طبقه‌بندی و مدیریت خاک‌ها، از جمله تعیین مشخصات خاک در دیرینه‌شناسی و باستان‌شناسی است. تفسیر عوارض مشاهده شده در مقاطع نازک، مهم‌ترین بخش این نوع تحقیق است که بر اساس یک تحلیل و توصیف دقیق عینی است». (استوپز و همکاران ۲۰۱۸).

برای پاسخ به چنین سؤالاتی، دو کتاب اصلی به دانش مقایسه‌ای لازم برای رسیدن به این هدف کمک کرد: اولین کتاب در سال ۱۹۸۵ منتشر شد و از میکرومورفولوژی برای تمایز بین طبقات مختلف خاک استفاده کرد. (داگلاس و تامپسون ۱۹۸۵). مورد دوم راهنمای گسترده‌ای با بیش از ۱۰۰۰ صفحه برای تفسیر ویژگی‌های میکرومورفولوژیکی است که در مقاطع نازک خاک با آن مواجه می‌شوند. (استوپس و همکاران ۲۰۱۸). هدف این اطلس نه جایگزینی برای این کتاب-هاست و نه راهی برای ورود مستقیم به تفسیر پیدایش و طبقه‌بندی خاک. باین‌وجود، این فصل آثار فرایندهای اصلی خاک را ارائه می‌دهد که به راحتی می‌توان از ویژگی‌های خاص مشاهده شده در مقاطع نازک استنباط کرد. این فرایندها شامل: (الف) پویایی رس، هم جابجایی و هم انبساط، (ب) آب، مانند غرقابی، تبخیر و نقش آن به عنوان یخ و یخبندان، (ج) کربنات، گچ و اکسی-هیدروکسیدهای آهن و در نهایت (د) واکنش‌های بیوژئوشیمیایی در سولوم است.



نمونه‌هایی از تصاویر میکرومورفولوژیکی ناشی از فرایندهای خاکسازي خاص: مواد ورتیک (XPL)، یک عارضه هیدرومورفیک (PPL)، رسوب سولفات در یک محیط خشک (XPL)، نئوسنتز (نوتشکیلی) رس (XPL)، تأثیر پادزولی شدن (PPL).



فایل ۶۹: پویایی (دینامیک) رس، بخش ۱: جابجایی

فایل ۶۹: پویایی (دینامیک) رس، بخش ۱: جابجایی

جابجایی به فرایند مکانیکی جابجایی رس (مواد دیگر) در حالت پراکندگی آن‌ها یعنی به شکل ذرات جدا شده اشاره دارد. (شانتز و تامپسون ۲۰۱۵). این فرایند مربوط به حرکات عمودی یا جانبی آب در نیمرخ (پروفیل) خاک است. این یکی از اولین فرایندهای مشاهده شده در مقطع نازک در طول قرن گذشته است. این فرایند می‌تواند بر طیف وسیعی از خاک‌ها تأثیر بگذارد و عارضه‌های مرتبط از نظر اندازه ذره و کانی‌شناسی را تغییر دهد. (پدوفیچرها بافتی؛ فایل ۵۶، ۵۷، ۵۸ و ۶۱). تخلخل خاک نقش عمده‌ای در جابجایی، یعنی در تحرک و رسوب‌گذاری دارد. علاوه بر این، شیمی خاک نیز می‌تواند بر وضعیت پراکنده ذرات معدنی تأثیر بگذارد. درنهایت، آب‌وهوا (از جمله فصلی) تأثیر مشخصی بر جابجایی دارد، زیرا برای جابجایی ذرات به آب نفوذپذیر آزاد نیاز است.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. جابجایی رس، پوشش‌ها و پرکنندگی‌هایی در خاک شنی تشکیل داده است. مهم است که نوع فضای خالی تحت تأثیر جابجایی در نظر گرفته شود، در این مورد مثلاً، حفره‌های آرایشی (پاکینگ)^۱. در طول فرایند، جابجایی رس موجب می‌شود توزیع مربوط به نسبت ذرات درشت به ریز را (c/f) از مونیک درشت (ذرات به یک اندازه) به پورفیریک نزدیک (ذرات درشت در زمینه متراکمی از ذرات ریز) تغییر دهد که در میکرو عکس نشان داده شده است. (کامبی‌سول، حوضه پاریس، فرانسه).

۲. پوشش‌های تشکیل شده در اثر انتقال رس در خاک با دو حالت دانه‌بندی. (ذرات کوارتز و ریزتوده رسی).

حفره‌های متأثر از جابجایی عمدتاً حفره‌های پیوسته و متصل، یعنی کانال‌ها و ووگ‌ها است. (پالئوسول، جزیره الب، ایتالیا).

۳. انتقال رس پوشش‌هایی در یک خاک سیلتی تشکیل داده است. حفره‌هایی که تحت تأثیر جابجایی قرار می‌گیرد، حفره‌های اتصالی (پیوسته) است، مثلاً کانال‌ها. همان‌طور که این روند با گذشت زمان ادامه می‌یابد، تمام پوشش‌های رسی تبدیل به پرکننده^۲ (پرشونده) می‌شود. (پالئولوویسول، پیدمونت، ایتالیا).

۴. انتقال رس در خاک رسی. تمایز بین عارضه‌ها (پدوفیچر) و ریزتوده به دلیل اختلاف کم بین دو فاز، می‌تواند چالش‌برانگیز باشد. باین‌حال، استفاده از XPL می‌تواند تشخیص این تمایز را

1- Packing Void
2- Infilling

تسهیل کند، حتی اگر گاهی اوقات تمایز بین پوشش‌های رسی و بی-فابریک خطی^۱ دشوار باشد. (کرومیک لوویسول، آپولیا، ایتالیا).

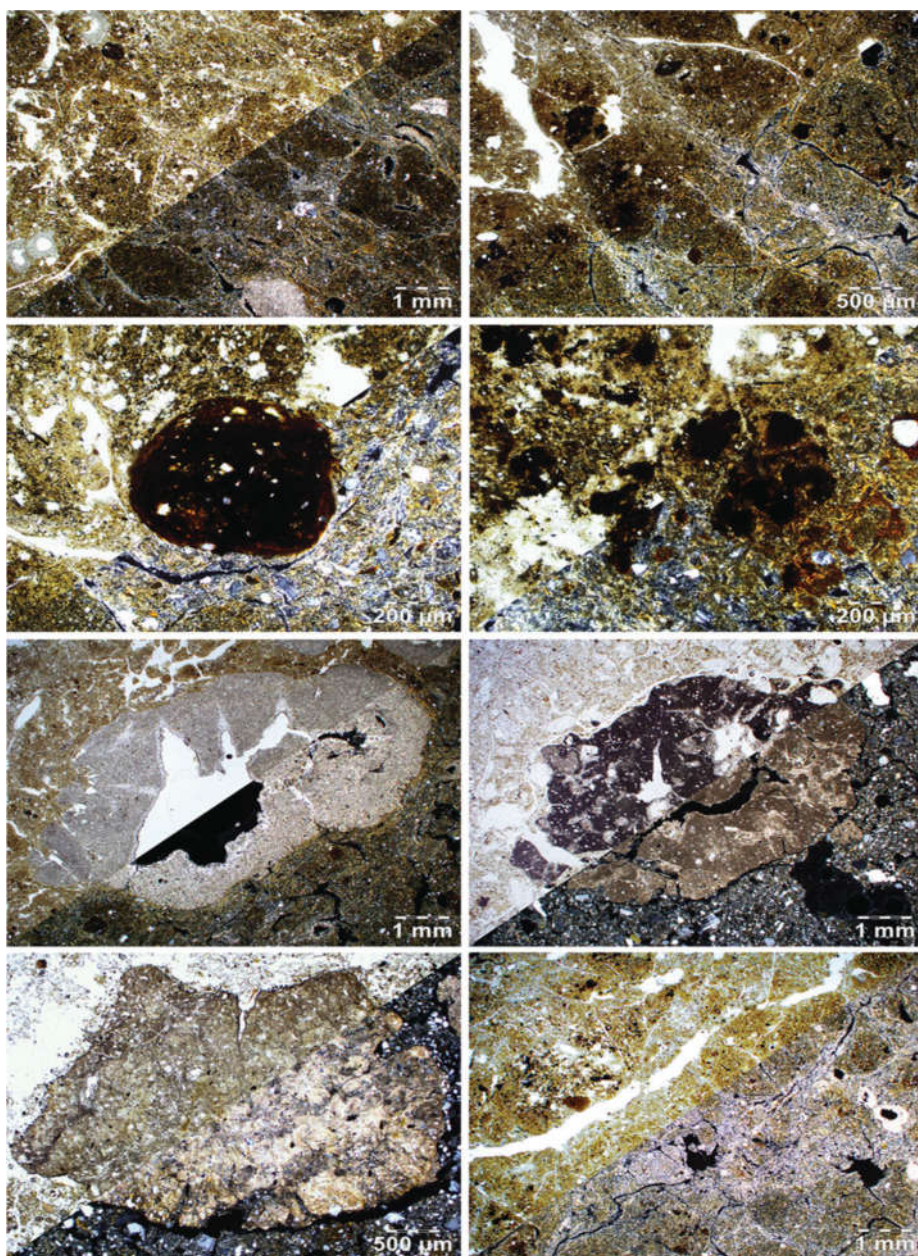
۵-۶. جابجایی رس در دو جهت مختلف از یک مقطع عرضی مشاهده شد: عمودی (۵). لایه‌لایه‌ای به‌وضوح نمایان است) و عرضی (۶-فابریک متحدالمرکز). (پالئولوویسول، پیمونت، ایتالیا).

۷. پس از جابجایی یا انتقال، پوشش‌های رسی می‌تواند در اثر به‌هم‌خوردگی از بین برود که می‌تواند منجر به قطعه‌قطعه شدن شود بدون اینکه تغییر شکل صورت گیرد. (کامبی‌سول، آپنین، ایتالیا)

۸. به‌هم‌خوردگی توسط رس یا انقباض-انبساط رس‌ها (شائتز و تامپسون ۲۰۱۵) که نتیجهٔ ادغام پدوفیچرهای ناشی از جابجایی رس به داخل زمینه (گردمس) و تشکیل یک زمینه خطی^۲ است. ماده اصلی از هر نوع که باشد، جابجایی توده‌ای رس‌ها می‌تواند باعث ایجاد به‌هم‌خوردگی شود. (پالئوسول، لمباردی، ایتالیا)

1- Striated b-fabric

2- Striated groundmass



فایل ۷۰: پویایی (دینامیک) رس - بخش ۲. انبساط

فایل ۷۰: پویایی (دینامیک) رس - بخش ۲. انبساط

مشخصه برخی از خاک‌ها، مواد مادری حاوی نسبت بالایی از خاک‌های رس ۲:۱ TOT است. بعضی رس‌ها بسته به اشباع رطوبت خاک دارای خاصیت منقبض و منبسط شدن است که به فرایند خاکسازی که به‌عنوان ورتی‌سول شدن و یک کلاس خاص از خاک‌ها، به‌عنوان مثال ورتی‌سول شناخته‌شده، منجر می‌شود (دوچافور ۱۹۷۷، لگرس ۲۰۱۲). ورتی‌سول‌ها ویژگی‌های متمایزی را نشان می‌دهد که در این بخش توضیح داده شده است.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. نمای کلی از افق ورتی‌سول که بی-فابریک خطی است، مشخصه‌ای که ناشی از انقباض و انبساط رس است. (به فایل ۶۹، عکس میکروسکوپی ۸ مراجعه کنید). (پوپلین - ورتی‌سول، ایتالیا).

۲. نمای نزدیک از عکس میکروسکوپی ۱. اسلیکینساید‌ها را نشان می‌دهد. (شمال غربی تا جنوب شرقی به‌صورت خطوط نوری روشن در XPL): این عارضه‌ها ناشی از جهت‌گیری مجدد رس‌ها است که به خاطر انقباض و انبساط آن است. به همین دلیل، بروئر (۱۹۶۴) آن‌ها را پوشش ناشی از فشار یا «پوشش فشاری» نامید. (پوپلین ورتی‌سول، ایتالیا).

۳. نودول آهن‌دار با مرز واضح. این مرز به دلیل منشأ از جای دیگر (آلوکتونی) آن نیست، (به فایل ۵۱ مراجعه کنید) بلکه به دلیل ترمیم فصلی مربوط به انقباض و انبساط ریزتوده رسی است. (پوپلین ورتی‌سول، ایتالیا).

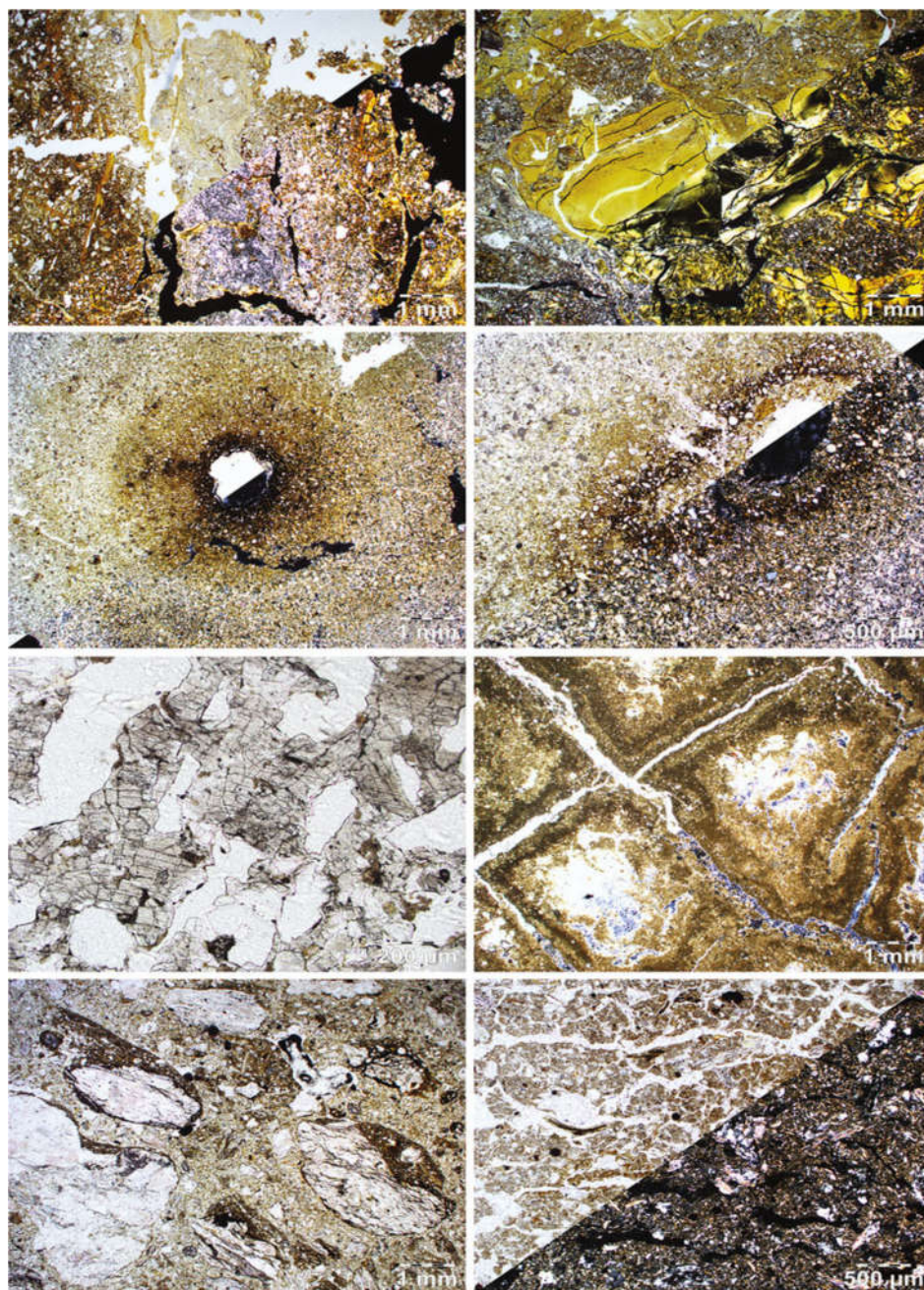
۴. نودول خاکدانه‌ای آهن‌دار که از تجمع گره (نودول)‌های کوچک تشکیل می‌شود و از پدوفیچرهای رایج ورتی‌سول است. (استوپس ۲۰۰۳) (ورتی‌سول، پوپلین، ایتالیا).

۵. مورفولوژی شعاعی (سپتاریک) در ورتی‌سول فراوان است. آن‌ها توسط کریستال‌های میکرواسپاریت، بدون هیچ‌گونه شواهدی مبنی بر تلقیح در زمینه تشکیل می‌شود: منشأ چنین پدوفیچرهای نفوذی^۱ یا خارج از متن بدون تفسیر بوده، اگرچه احتمال انجام یک فرایند زیستی است. (پالئو- ورتی‌سول، ناحیه شمال دور، کامرون).

۶. نودل میکریتی سپتاریک (دارای درز و ترک به حالت شعاعی) که دو منشأ از کریستال‌های کلسیتی را نشان می‌دهد: فابریک اصلی از نودول دانه‌ریز است (میکریت به قهوه‌ای تیره). منشأ دوم سیمانی شدن این است که برخی از منافذ نودول با یک پرکننده میکرواسپاریتی (خاکستری روشن) پر می‌شود. رایج‌ترین نودول‌های کلسیتی در ورتی‌سول‌ها از نوع میکریتی تا میکرواسپاریتی است. (پالئو- ورتی‌سول، ناحیه شمال دور، کامرون).

۷. نودول یافت شده در ورتی‌سول با فابریک کلسیتی بادبزی‌شکل. چنین فابریک‌هایی در گره‌ها (نودول‌ها) غیرمعمول است، اما در گزارش‌های زمین‌شناسی نیز مشاهده شده و به‌عنوان ساختارهای مخروطی در مخروط در گره‌های (نودول) خاکساز توصیف شده است. (فریتت و همکاران ۱۹۹۲). (پالئو-ورتی‌سول، ناحیه شمال دور، کامرون).

۸. اگر یک ورتی‌سول به‌طور مشخصی از فاز کربنات کلسیم غنی شود، نه‌تنها نودول‌های کلسیتی می‌تواند رسوب کند، بلکه بلورهای کوچک کلسیتی نیز می‌تواند در ریزتوده نفوذ کند و یک بی-فابریک کریستالیتیک را تشکیل دهد. این بی-فابریک کریستالیتیک قادر هست بی-فابریک خطی توصیف شده در عکس میکروسکوپی ۱ (این بخش) را تخریب نماید. (ورتی‌سول، پو پلین، ایتالیا).



فایل ۷۱: دینامیک آب

فایل ۷۱: دینامیک آب

آب نیروی اصلی در خاکسازی است. از طرق مختلف بر دینامیک خاک تأثیر می‌گذارد. در این بخش، سه نوع از فرایندهای مبتنی بر آب در نظر گرفته شده است: غرقاب، تبخیر و آب در محیط‌های انجماد/ ذوب.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. در خاک‌های غرقاب، وجود آب مانع از نفوذ اکسیژن می‌شود و باعث آغاز فرایندهای اکسایش و کاهش در منشأ هیدرومورفیسیم می‌شود. (شانتز و تامپسون ۲۰۱۵). در این عکس (میکروفتوگرافی)، آهن از ریزتوده و پدوفیچر کاهش یافته و حذف شده است (پوشش). این منجر به تخلیه پدوفیچرها می‌شود (به فایل ۵۵ مراجعه کنید) که در مقایسه با مواد اطراف، رنگ‌های روشن‌تری دارد. (استاگنیک لوویسول، پیدمونت، ایتالیا).

۲. در خاک‌های هیدرومورفیک، یافتن پوشش‌های رسی و پرکننده‌ها رایج است و معمولاً رنگ خاکستری مایل به سفید و عدم لایه‌بندی یا حضور و جور شدگی ضعیف آن‌ها را نشان می‌دهد. (همچنین به فایل ۵۷ مراجعه کنید). هر دو ویژگی به دلیل غرقاب است: رنگ به دلیل احیاء آهن و تخلیه آن و ساختار داخلی به دلیل رسوب مجدد درجا. (خاک در محفظه برنج، پیدمونت، ایتالیا).

۳-۴. پدوفیچرهای رایج در خاک‌های هیدرومورفیک به صورت زیرپوشش‌ها یا پوشش زیرسطوح (هایپر) (۳). و شبه‌پوشش‌ها یا پوشش در امتداد سطح (کوآزی) (۴). اطراف حفره‌ها و مرتبط با دینامیک اکسایش- احیا آهن است. (به فایل ۵۹ مراجعه کنید). عکس‌های میکروسکوپی تأثیر منافذ کانالی ریشه را که در آن‌ها اکسیژن می‌تواند در گردش باشد، بر توزیع آهن، نشان می‌دهد؛ بنابراین، شیب غلظت اکسی‌هیدروکسید آهن آمورف از زمینه به سمت منفذ مطابق تغییرات اکسیژن است. (فلاوویسول، کوه‌های ژورا، سوئیس).

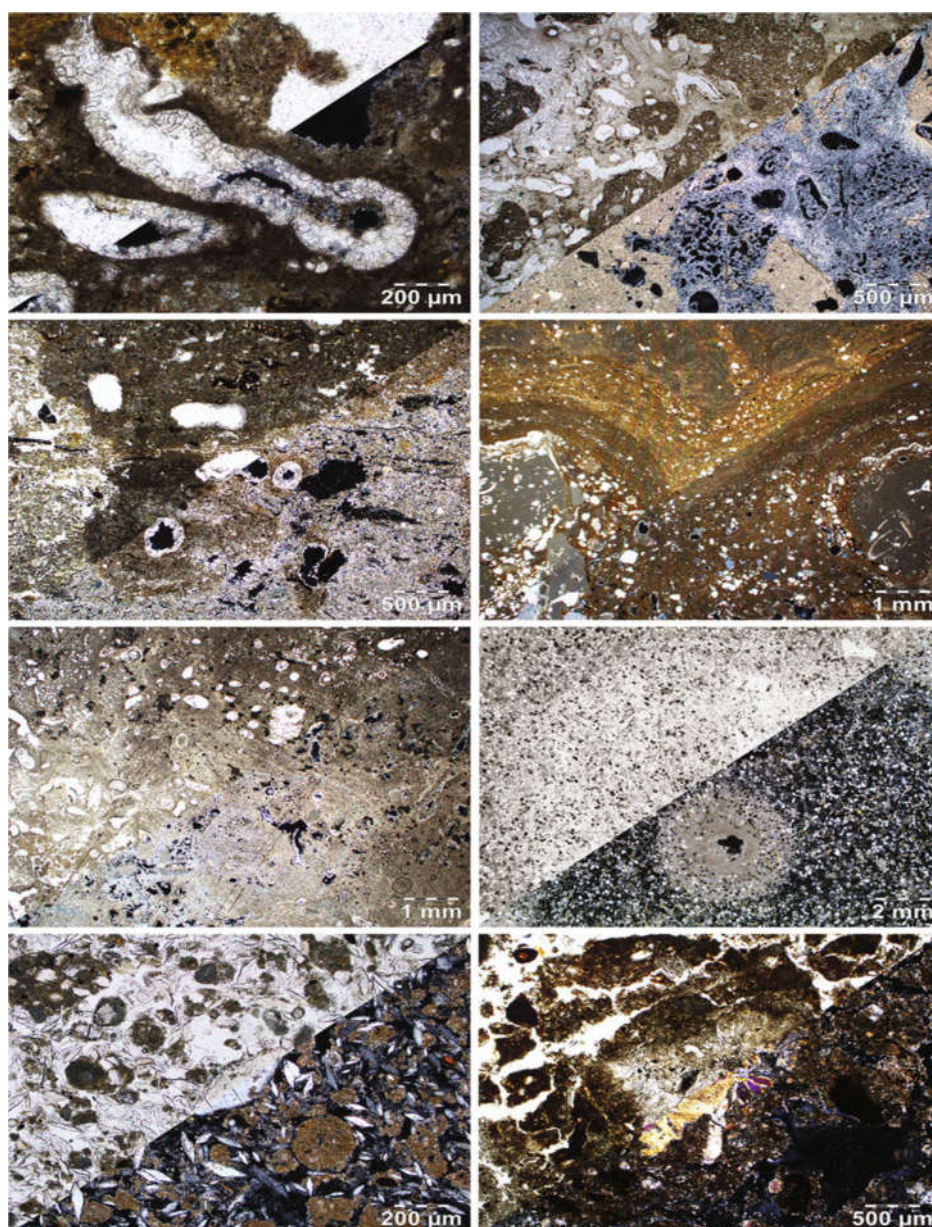
۵. رسوب بلورهای مکعبی به هم پیوسته هالیت در افق خاک سولونچاک ناشی از تبخیر شدید از آب‌های زیرزمینی شور به وجود آمده است. چنین رسوبات غنی از کلرید، مربوط به یک توالی تبخیری است که گاهی اوقات با برومیدها پایان می‌یابد. (نمای PPL، ساحل بحرالمت، اسرائیل).

۶. مقطع عرضی افقی در افق خاک سولونتز. خشک شدن صفحات، درواقع خاکدانه منشوری را که توسط یک هسته حاوی شبه کریستال‌های هالیت با یک‌لایه رسی بیرونی (قهوه‌ای تیره) احاطه شده و شبه‌پوشش را تشکیل داده از یکدیگر جدا می‌کند. تبخیر آب شور در کف خاک باعث رسوب هر دو کلرید و تشکیل صفحات بزرگ در یک ریزتوده تیره و گلی می‌شود. (ساحل بحرالمت، اسرائیل).

۷. در خاک‌هایی که در معرض فازهای انجماد/ ذوب قرار دارد، کلاهدک (کاپینگ)‌های درشت روی ذرات درشت ایجاد می‌شود. (همچنین به فایل ۵۸ مراجعه کنید). به دلیل ترمیم مربوط به

یخبندان، برخی از کلاهک‌ها را می‌توان از ذرات نگه‌دارنده خود جدا کرد و داخل زمینه قرار داد یا می‌توان آن‌ها را مجدداً تغییر جهت داد و کلاهک‌های رو به پایین را تشکیل داد. (وان ولیت-لانو و فاکس ۲۰۱۸). (نمای PPL، کرایوسول، آلپ ایتالیا).

۸. یخ‌زدگی می‌تواند باعث ایجاد ساختمان میکروسکوپی عدسی شکل (فایل ۲۱ را ببینید) با خاکدانه صفحه‌ای (فایل ۱۵ را ببینید) شود که حاصل آن تشکیل عدسی‌های یخی است. (وان ولیت-لانو و فاکس ۲۰۱۸). (کرایوسول، آلپ ایتالیا)



فایل ۷۲: دینامیک کربنات و گچ

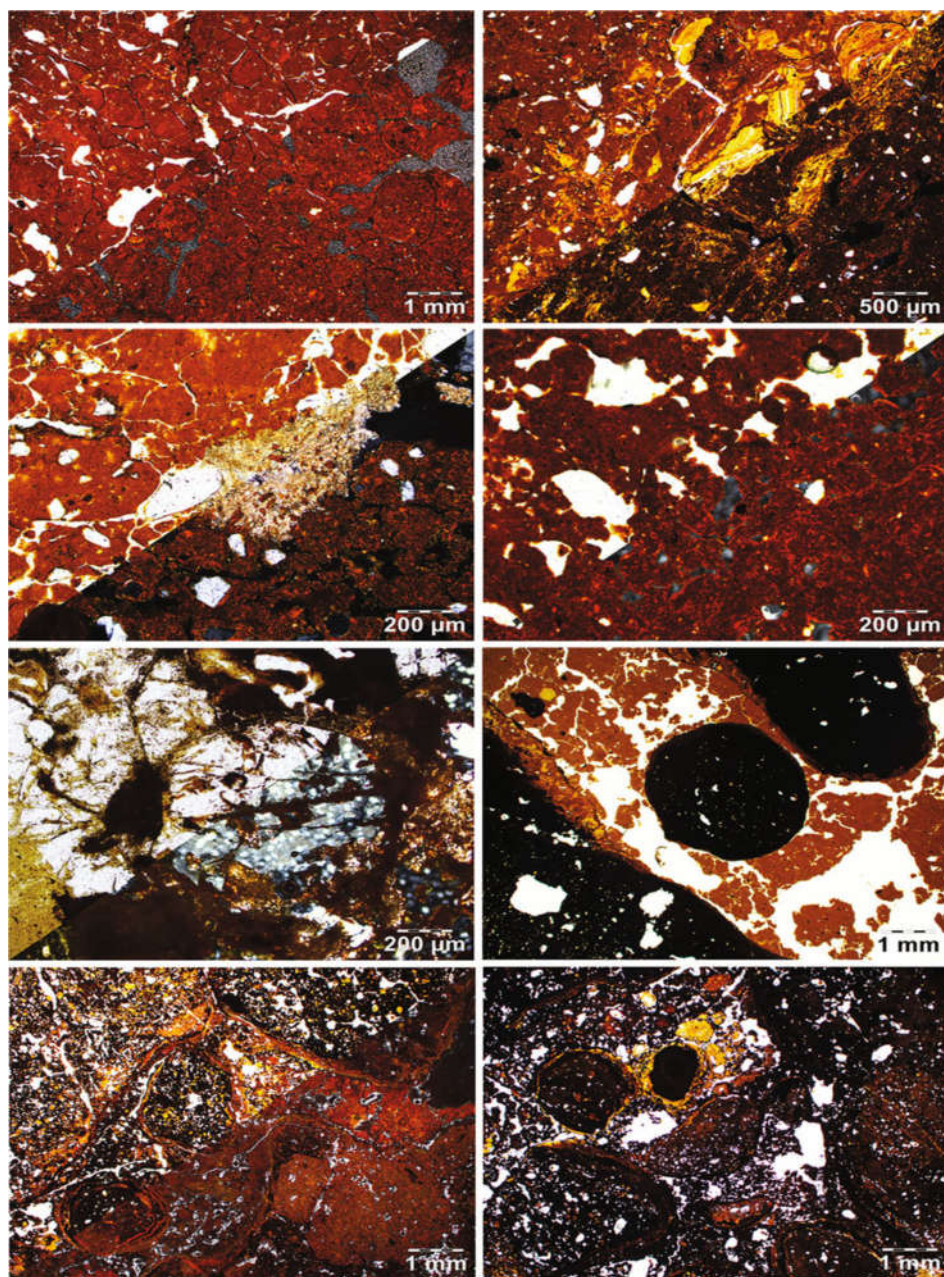
فایل ۷۲: دینامیک کربنات و گچ

خاک‌های غنی از کربنات خاکساز (پدوژنیک) را نباید با کالکریت اشتباه گرفت، اگرچه این سردرگمی در نوشتارها گسترده است. توزیع مجدد کربنات کلسیم در خاک می‌تواند در آب و هوای مختلف رخ دهد و محدود به مناطق نیمه خشک و خشک نیست. در واقع، توزیع مجدد وسیع کربنات کلسیم توسط ارگانیسم‌ها ایجاد می‌شود، یعنی باکتری‌ها، قارچ‌ها، ریشه‌ها و حیوانات. (دوراند و همکاران ۲۰۱۸). بسیاری از کربنات‌های خاکساز (پدوژنیک) ناشی از نفوذ دی اکسید کربن خاک است (هاسینگ و همکاران ۲۰۱۵) و نتیجه یک انحلال ساده و رسوب مجدد از مواد مادری کربناته نیست. دینامیک گچ، درواقع انحلال و رسوب مجدد سولفات را از طریق فرایندهای تبخیر ضروری می‌کند. برخی استثنائات مربوط به تأثیرات انسانی مانند باران اسیدی وجود دارد.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. توزیع مجدد کربنات کلسیم از طریق جریان ریشه. سلول‌های ریشه کلسیم‌دار (به فایل ۴۲ و ۶۲ مراجعه کنید) همراه با پوشش زیر سطح میکربیتی ضخیم که در زمان فعالیت ریشه رسوب کرده است. (فلوویسول، فلات دورگنی، سوئیس).
۲. پر کردن مواد معدنی توسط کلسیت فیبری سوزنی بین قطعات گچ (به فایل ۶۲ مراجعه کنید). منافذ از ریشه‌ها منشأ می‌گیرد، درحالی‌که کلسیت فیبری سوزنی توسط رشته‌ها یا ریشه‌های قارچی رسوب می‌کند. (کلسی‌سول، شامپاین، فرانسه).
۳. تلقیح زمینه توسط کربنات کلسیم ثانویه، یک بی-فابریک کریستالی را ایجاد کرده است. (به فایل ۴۵ مراجعه کنید). به حضور منافذ کانالی و سلول‌های ریشه کلسیم‌دار توجه کنید. این خاک در معرض نوسانات آب زیرزمینی است. (سایت باستانی عصر برنز، دشت پو، ایتالیا).
۴. افق لایه‌لایه‌ای همراه با یک افق پتروکلسیک. عارضه لایه‌لایه‌ای (نیمه بالایی میکرو عکس) به یک فرایند کاهش مواد مربوط نمی‌شود، بلکه به سنگی و سخت شدن سطحی یک قشر حصیری بیولوژیکی مربوط می‌شود. (به فایل ۵۰ مراجعه کنید). (پتربیک کلسیسول، صحرای نقب، اسرائیل).
۵. قسمت پایینی میکروفتوگراف از کربنات کلسیم تخلیه شده است. این فرایند هم به دلیل انحلال در طول فصل مرطوب و هم به دلیل تنفس لایه حصیری ریشه‌چه است. به وجود فابریک به هم‌خورده توجه کنید. (فایل ۶۲ را ببینید). (کلسی‌سول، گالیه، اسرائیل).
۶. حاشیه تخلیه وسیع، به صورت متحدالمرکز با یک منفذ کانالی ریشه. (خاموش و تیره در XPL). توزیع مجدد کربنات کلسیم از متن خاک به سمت منفذ کانالی ریشه (سیمان شده توسط

- میکرواسپاریت، قسمت بالایی میکروفوتوگراف) که یک زیرپوش یا پوشش زیرسطحی^۱ میکریتهی خاکستری را (در XPL) ایجاد می‌کند. (کلسی‌سول، شارون، اسرائیل).
۷. رشد توأم کریستال (رشد بین‌بلوری) گچ که کل متن کربناته را محو می‌کند و خاکدانه‌ها را تخریب می‌کند. (جیپسی‌سول، نگو، اسرائیل).
۸. تبلور مجدد سولفات ثانویه (انیدریت) پس از انحلال گچ اولیه. چنین رشد درونی کریستالی احتمالاً شرایط موضعی بسیار خشک را نشان می‌دهد. (جیپسیریک لپتوسول، والیس، سوئیس).



فایل ۷۳: فرایندهای مربوط به اکسی هیدروکسید آهن

فایل ۷۳: فرایندهای مربوط به اکسی هیدروکسیدهای آهن

اکسی هیدروکسیدها تحت هوا دیدگی شدید ژئوشیمیایی، می‌تواند داخل متن خاک (گردمس) مجدد توزیع شود. (دوشوفور ۱۹۹۸). این فرایند معمولاً ریزتوده (میکرومس) را قرمز می‌کند (قرمزی) که یک ویژگی رایج است از دو فرایند مجزای: فرسیالیتیزاسیون و فرالیتیزاسیون. (دوشوفور ۱۹۷۷)؛ (شانتز و تامپسون ۲۰۱۵).

علاوه بر این، به دلیل هوازدگی قوی کانی‌های اولیه، رس می‌تواند تشکیل شود و ترکیب اصلی میکرومس را تشکیل دهد. توصیف کامل هوازدگی کانی‌ها در مقیاس میکرو را می‌توان در دلوین (۱۹۹۸) یافت.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. ریزتوده رسی و همگن قرمز رنگ ناشی از فرایند قرمز شدن در خاک فرسیالیتیک. به شکست مضاعف پایین در بی-فابریک توجه شود. (رودیک لوویسول، آپولیا، ایتالیا).

۲. پوشش‌های رسی ناشی از جابجایی رسی در داخل خاک فرسیالیتیک. جابجایی رس همچنین می‌تواند خاک‌های قرمز شده را که در معرض تغییرات دما و رطوبت فصلی بالا قرار دارد، تحت تأثیر قرار دهد. تجمع رس منجر به تشکیل پوشش‌های رسی تغییر شکل یافته فشاری می‌شود که ناشی از به هم خوردگی مربوط به آرجیل یا رس است. (به فایل ۶۹ مراجعه کنید). (پالئو کرومیک لوویسول، لمباردی، ایتالیا).

۳. در طول فصل خشک، کربنات کلسیم می‌تواند در خاک‌های فرسیالیتیک رسوب کند. چنین نودول‌های کربناتی اغلب میکروسپاریت است. (پالئو کرومیک لوویسول، لمباردی، ایتالیا).

۴. در حضور کائولینیت (رس دارای TO)، خاکدانه‌های مدور ریز با اندازه شنی مربوط به اکسی هیدروکسیدها و رس، یک ریزساختار خاص به نام «شبه شن»^۱ ایجاد می‌کند (آحن، ۱۹۷۰) که نمونه‌ای از یک خاک فرالیتیک است. (خاک آکریسول، منطقه مونگودارا، بورکینافاسو).

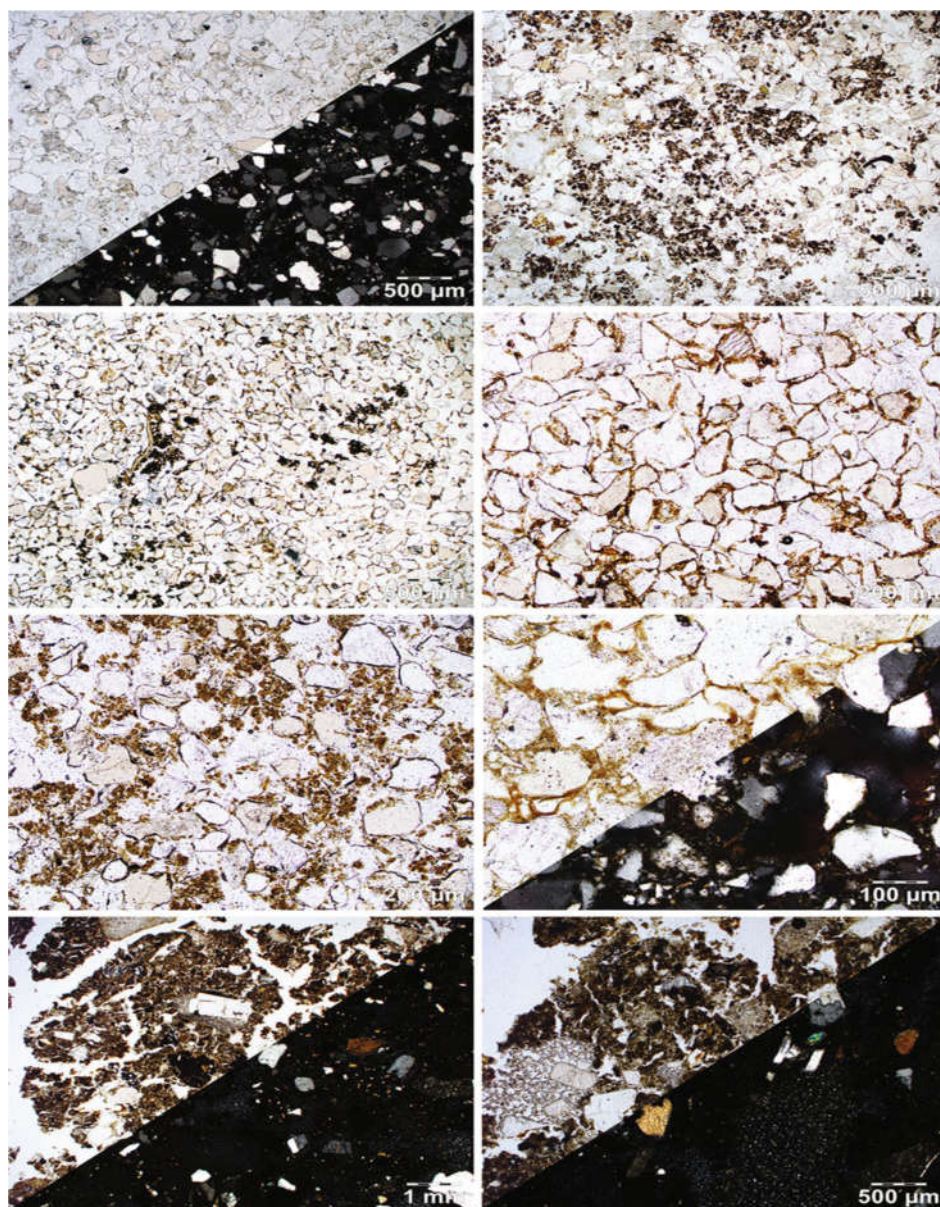
۵. هوازدگی یک ذره کوارتز که یک «رونی‌کوارتز»^۲ را تشکیل می‌دهد. (اسواران و همکاران ۱۹۷۵). بخش‌هایی از ذره کوارتز توسط اکسی هیدروکسید (ریزتوده قهوه‌ای تیره) پر شده است. (پالئوسول، سواحل لیگوریا، شمال ایتالیا).

۶. نودول‌های بزرگ اکسی هیدروکسید آهن (به رنگ سیاه) که توسط یک میکرومس رسی (قهوه‌ای روشن) احاطه شده است. این نوع ساختار در داخل خاک‌های استوایی ظاهر می‌شود که هنوز به‌طور کامل توسط اکسی هیدروکسید آهن پوشیده نشده است. (نمای PPL، پلینتوسول، منطقه مونگودارا، بورکینافاسو).

1- Pseudo-Sand

2- Runiquartz

۸-۷ ویژگی‌های معمول خاک‌های استوایی پوشیده از آهن حاوی نودول‌های اکسی‌هیدروکسید به هم پیوسته و بخشی از آن توسط پوشش‌های رسی احاطه شده است. در ۸ تنها نمای PPL که ترکیب اکسی‌هیدروکسید متراکم برخی نودول‌ها و گرنده‌س را نشان می‌دهد. (پلینتوسول، منطقه فورت پورتال، اوگاندا).



فایل ۷۴: فرایندهای بیوژئوشیمیایی بخش ۱

فایل ۷۴: فرایندهای بیوژئوشیمیایی بخش ۱

در طی فرایندهای بیوژئوشیمیایی، مواد آلی می‌تواند با ترکیبات معدنی ترکیب شود و کمپلکس‌های آلی معدنی را تشکیل دهد که خواص خاصی به خاک می‌دهد. علاوه بر این، مواد آلی یک نیروی محرکه پدوژنز را تشکیل می‌دهد، زیرا بر فرایندهای هوازدگی و همچنین انتقال ماده به داخل پروفیل‌ها تأثیر می‌گذارد. (دوشوفور ۱۹۹۷). در میکرومورفولوژی خاک، پودزولیزاسیون و آندوسولیزاسیون به‌وضوح با عارضه‌های خاص بیان می‌شود. در مورد پادزول‌ها، افق‌ها تفاوت‌های میکرومورفولوژیکی قابل توجهی را نشان می‌دهد، درحالی‌که در آندوسول‌ها، ویژگی‌های میکرومورفولوژیکی بیشتر در حالت کلی مقطع نازک یافت می‌شود.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. افق الویال ساخته‌شده از ذرات کوارتز با قرارگیری آزاد در توزیع نسبی به‌صورت مونیک c/f درشت. (نسبت ذرات درشت به ریز). به عدم وجود مواد ریز معدنی و مواد آلی توجه شود. (پادزول، جنگل L'Isle-Adam، حوضه پاریس، فرانسه).

۲. افق Bh که یک متن (گرنده) درشت ساخته‌شده از ذرات کوارتز همراه با یک ریز توده آلی معدنی سازمان‌یافته در خاکدانه‌های ریز در یک توزیع نسبی c/f انولیک و به‌عنوان مواد چندشکلی را نشان می‌دهد. (وان رانست و همکاران ۲۰۱۸) (پادزول، جنگل ال-جزیره آدام، حوزه پاریس، فرانسه).

۳. افق Bhs که یک گرنده درشت ساخته‌شده از ذرات کوارتز همراه با مجموعه‌ای از مواد آلی معدنی تیره را نشان می‌دهد که در ریز خاکدانه‌ها سازمان‌دهی شده است. برخی از مواد قهوه‌ای رنگ شروع به ایجاد پل در ذرات کوارتز کرده و توزیع نسبی c/f را بین انولیک^۱ و گفوریک^۲ دارد. (در گفوریک پل بین ذرات به‌صورت خطوط پررنگ و در انولیک بین فواصل ذرات ریزی به‌صورت خاکدانه وجود دارد که به‌صورت نقاط تیره دایره‌ای شکل دیده می‌شود) (نمای PPL، پادزول، جنگل L'Isle-Adam، حوضه پاریس، فرانسه).

۴. افق Bs با ذرات کوارتز پوشیده شده توسط مواد تک‌شکلی^۳ غنی از آهن متمایل به زرد تا قهوه‌ای تیره (وان رانست و همکاران ۲۰۱۸) و یا غنی از آلومینیوم کمی ترک‌خورده یا بدون ترک را نشان می‌دهد. پوشش‌ها می‌تواند شامل مواد آلی آمورف باشد. توزیع نسبی c/f کیتونیک^۴ است. (نمای PPL، پادزول، جنگل L'Isle-Adam، حوضه پاریس، فرانسه).

1- Enaulic

2- Glefuric

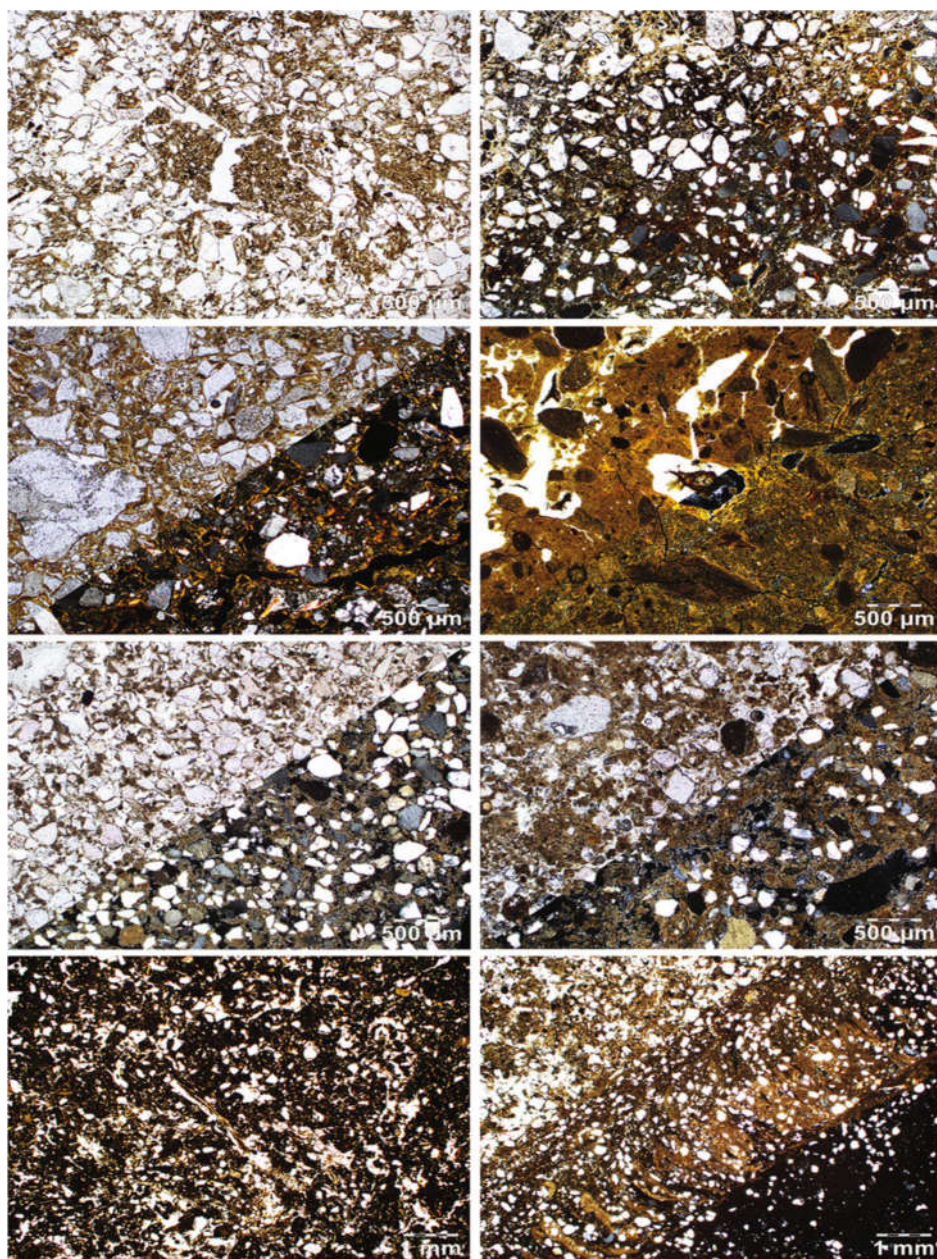
3- Monomorphic

4- Chitonic

۵. افق Bs که توزیع نسبی c/f آنولیک را با مواد معدنی ریز شکلی، مخلوط با اکسی هیدروکسیدها نشان می‌دهد. چنین خاک‌هایی بین کامبیسول و پودزول است. (دوشوفور ۱۹۹۷). (نمای PPL، انتیک پادزول، جنگل L'Isle-Adam، حوضه پاریس، فرانسه).

۶. افق مشابه در شرح ۵، اما با توزیع نسبی c/f کیتونیک با میکروموس معدنی تک‌شکلی بسیار ریز مشخص می‌شود که همچنین پوشش‌هایی را تشکیل می‌دهد. (انتیک پادزول، جنگل L'Isle-Adam، حوضه پاریس، فرانسه).

۸. ۷. در این مقاطع نازک، ریزتوده کاملاً تیره است. فقط برخی از ذرات معدنی درشت را می‌توان در XPL شناسایی کرد (به‌عنوان مثال آمفیبول‌ها؛ به فایل ۳۳ مراجعه کنید). این خاموشی یا تیرگی به دلیل ترکیبات بی‌شکل (آمورف) در میکروموس است که متأثر از آلودگی‌ها و سایر کانی‌های فاقد نظم اتمی همراه با مواد آلی است. (آندوسول، چاین دس ولکان، ماسیف مرکزی، فرانسه).



فایل ۷۵: فرایندهای بیوژئوشیمیایی بخش ۲

فایل ۷۵: فرایندهای بیوژئوشیمیایی بخش ۲

قهوه‌ای شدن^۱ (براونی فیکاسیون) یک فرایند بیوژئوشیمیایی رایج است که در مناطق معتدل مشاهده می‌شود که طی آن کانی‌های رسی، آهن و مواد آلی برهم کنش می‌کند و کمپلکس‌های رس-هومیک و رس-آهن را تشکیل می‌دهد. در محیط‌هایی با اختلاف واضح‌تر بین فصول، نوع دیگری از فرایند بیوژئوشیمیایی غالب است، یعنی ادغام عمیق مواد آلی پایدار که پروفیل‌های ایزوهومیک را تشکیل می‌دهد. متأسفانه، میکرومورفولوژی خاک نمی‌تواند مجموعه‌ای واضح و یکسان از ویژگی‌های تشخیصی را برای چنین فرایندهایی ارائه دهد. در این بخش، تنها چند نمونه از جنبه‌های میکرومورفولوژیکی خاک‌های تحت قهوه‌ای شدن، براونی فیکاسیون و ملانیزاسیون^۲ آورده شده است.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. ذرات کوارتز در یک میکرومس قهوه‌ای روشن متشکل از مواد معدنی ریز و مواد آلی، یک توزیع نسبی پورفیریک c/f بافاصله نامنظم را تشکیل می‌دهد. (نمای PPL، دایستریک کامبی‌سول، جنگل L'Isle-Adam، حوضه پاریس، فرانسه)

۲. ذرات کوارتز در یک میکرومس قهوه‌ای روشن تا تیره، متشکل از مواد معدنی ریز و مواد آلی که یک توزیع نسبی c/f پورفیریک تک-فاصله را تشکیل می‌دهد. در XPL، الگوی شکست مضاعف، می‌تواند فاز اولیه تشکیل پوشش رسی را نشان دهد. (گلی‌ایک کامبی‌سول، جنگل L'Isle-Adam، حوضه پاریس، فرانسه)

۳. دانه‌های درشت معدنی در یک میکرومس رسی که توزیع پورفیریک تک^۳-فاصله نسبی c/f را تشکیل می‌دهد. بی‌فابریک به صورت خطی روی ذرات گرانواستریت است و پوشش‌های رسی به راحتی در XPL مشاهده می‌شود. (لوویسول، کوه‌های ژورا، سوئیس).

۴. برونیفیکاسیون و جابجایی رس (فایل ۶۹ ببینید) اغلب می‌تواند در جریان تکامل خاک همراه باشد. این پوشش‌های رسی در این گرنندمس قهوه‌ای‌رنگ از رس، اکسی‌هیدروکسید و به صورت مخلوط با قطعات سنگ رسی تشکیل شده است. آن‌ها به راحتی توسط شکست مضاعف خودشان قابل شناسایی است. (پالئو - لوویسول آپنین، ایتالیا)

۵. ریزخاکدانه‌های تشکیل شده توسط ترکیبات آلی و مواد معدنی ریز. این توزیع نسبی c/f پورفیریک بر همگنی در این مقطع نازک تأکید دارد. (چوب، انکلاو، کاستانوزم، بوتسوانا)

1- Brunification

2- Melanization

3- Single – spaced porphytic

۶. ریزخاکدانه‌های ترکیبات آلی مخلوط با مواد معدنی (کانی) ریز. فضله‌ها و خاکدانه‌های زیستی از ویژگی‌های بارز این خاک است که به دلیل به هم خوردگی زیستی توسط موریانه‌ها ایجاد می‌شود. (چوب، انکلاو، کاستانوزم، بوتسوانا)
۷. میکروممس تیره متشکل از مواد آلی و مواد ریز که توزیع نسبی c/f که پورفیریک نزدیک را تشکیل می‌دهد. رنگ و فابریک نمونه‌ای از فرایند ملانیزاسیون است. (نمای PPL، چوب، انکلاو، چرنوزم، بوتسوانا)
۸. عارضه عبوری هلالی‌شکل در چرنوزم، احتمالاً توسط به هم خوردگی موریانه ایجاد شده است. این پدوفیچر (فایل ۶۳ را ببینید) فابریک خاصی دارد که در آن لایه‌های هلالی شکل روی هم چیده شده است. (چوب، انکلاو، بوتسوانا)^۱

۱- دسترسی آزاد این فصل تحت مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) که اجازه استفاده، اشتراک‌گذاری، انطباق، توزیع و بازتولید در هر رسانه تا زمانی که اعتبار مناسب را به نویسنده (های) اصلی و منابع بدهید، پیوندی به مجوز Creative Commons ارائه دهید و مشخص کنید که آیا تغییراتی ایجاد شده است یا خیر.

تصاویر یا سایر مطالب شخص ثالث این فصل در فصل مجوز Creative Commons گنجانده شده است، مگر اینکه در خط اعتباری مطالب به گونه دیگری مشخص شده باشد. اگر مطالب در فصل مجوز Creative Commons گنجانده نشده است و استفاده مورد نظر شما توسط مقررات قانونی مجاز نیست یا از استفاده مجاز فراتر می‌رود، باید مستقیماً از دارنده حق نسخه‌برداری مجوز دریافت کنید.

فصل ششم:

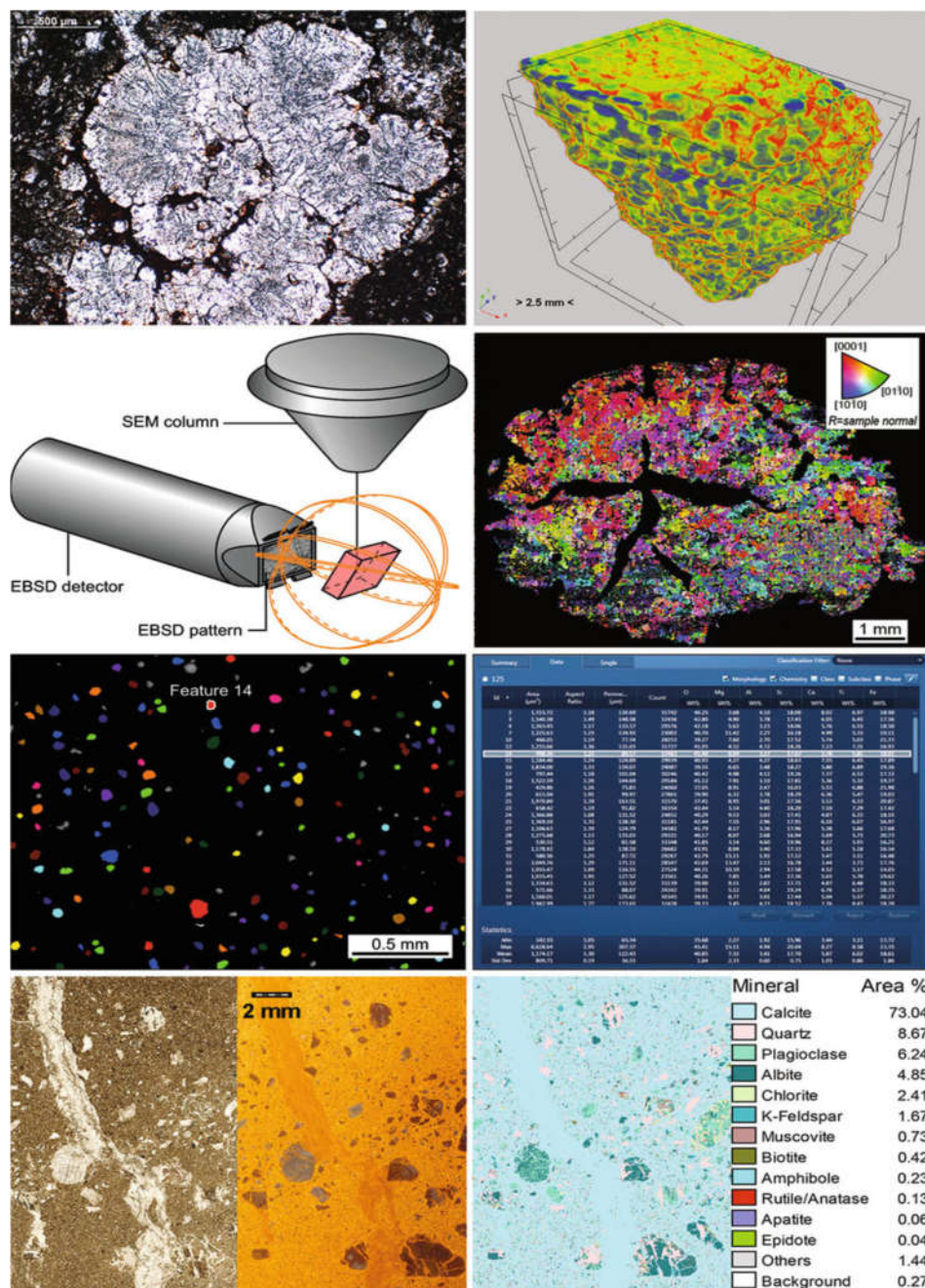
آینده میکرومورفولوژی خاک

فایل ۷۶: آینده میکرومورفولوژی خاک

پیشرفت تکنولوژی فرصت‌های جدیدی را برای میکرومورفولوژی خاک باز می‌کند. اگرچه استفاده از میکروسکوپ نوری برای توصیف فابریک و اجزای مختلف خاک همیشه برای بررسی تکامل خاک ضروری است، مقطع نازک بدون پوشش روی، مواد خاک را بر جای می‌گذارد که می‌توان روی آن آنالیز مختلف انجام داد. از دهه ۱۹۷۰، مشاهده مقاطع نازک با وضوح بالا با میکروسکوپ الکترونی روبشی به روش الکترونی برگشتی امکان‌پذیر بود. (به فایل ۷ مراجعه کنید). همچنین امکان تولید تصاویر شیمیایی با میکروپروب‌های الکترونی وجود داشت؛ اما این تکنیک‌های مرسوم و همچنین تکنیک‌های جدید، مطالعه برهم‌کنش‌های ماده در خاک‌ها را نه تنها با افزایش وضوح فضایی با دقت باورنکردنی بسیار بهبود می‌بخشد، بلکه با ارائه تصاویر شیمیایی و کانی‌شناسی که به‌طور قابل ملاحظه‌ای دقت تشخیص میکرومورفولوژیکی را افزایش می‌دهد. با ترکیب رویکردهای مورفولوژیکی و شیمیایی، از جمله تصویربرداری ایزوتوپی پایدار در مواد خاک، آینده میکرومورفولوژی خاک بدون شک فرصت‌های جدیدی را برای حل مشکلات خاص، به‌ویژه در زمینه برهم‌کنش‌های آلی معدنی در خاک، ارائه خواهد داد. عاقلانه است که بگوییم میکرومورفولوژی خاک با رویکردهای تحلیلی و نگرش کلی خود این امکان را فراهم می‌کند که به اصول اساسی مورد نیاز برای تحقیق‌هایی که عمده‌تاً موارد طبیعت را در مقیاس ریز بررسی می‌کند، بپردازد و اهمیت قضیه در این است که بدانیم درختان در جنگل پنهان نیستند.



اتاق کنترل برای خط پرتوی دستگاه اشعه ایکس به روش (microXAS Beamline) در منبع نور سوئیس، موسسه شرر، ویلیگن پی‌اس‌آی، سوئیس.



فایل ۷۷: فراتر از دو بعد

فایل ۷۷: فراتر از دو بعد

بر اساس تغییرات چگالی و تضعیف اشعه ایکس، تشخیص عارضه با اشعه ایکس (میکروتوموگرافی) امکان مشاهده آرایش حفرات و ذرات با طبیعت‌های مختلف در حجم خاک را فراهم می‌کند. ابزار دیگر، پراش الکترونی برگشتی (EBSD)^۱، می‌تواند برای تشخیص محورهای بلورشناسی (کریستالوگرافیک) کانی‌ها در مقطع نازک خاک استفاده شود. در نهایت، دستگاهی مانند QEMSCAN^۲ مسیر تجزیه و تحلیل کمی کانی‌ها را در مقاطع نازک خاک باز می‌کند.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. مشاهده یک میکروکودیوم در یک پالئوسول در PPL از کوربایوس، جنوب فرانسه.

۲. مشاهده بلوک سه‌بعدی خاک در همان مکان شرح ۱ به وسیله اسکنر میکرو سی تی با انرژی بالا.

این دستگاه یک نقشه سه‌بعدی کاهش اشعه ایکس برای نمونه‌های سنگ یا خاک به روشی غیر مخرب تولید می‌کند.

در این مورد، می‌توان مشاهده کرد که میکروکودیوم‌ها شبکه‌ای متراکم و درهم‌تنیده از مواد معدنی زیستی را تشکیل می‌دهد.

۳. طرحی که تولید الگوی کیکوچی EBSD را از برهمکنش بین پرتو الکترونی در میکروسکوپ الکترونی روبش (SEM) و شبکه کریستالی نمونه نشان می‌دهد. داخل نمونه، پراکندگی کش‌دار و غیر کش‌دار حجمی از برهمکنش سه‌بعدی الکترون‌های چند جهت را تولید می‌کند. هنگامی که شرایط براگ برقرار شود، تداخل سازنده رخ می‌دهد. هنگامی که روی صفحه آشکارساز EBSD نمایش داده می‌شود، جفت خط مستقیم و موازی ایجاد می‌شود. ارتباط باندها یک الگوی کیکوچی EBSD را تشکیل می‌دهد که از آن می‌توان جهت کریستالوگرافی ماده را تعیین کرد. با اجازه دکتر پیر وون‌نلانتن (دانشگاه لوزان).

۴. نقشه طرح قطب معکوس EBSD از یک گره (نودول) کلسیتی (کامرون) که جهت‌گیری محورهای کریستالوگرافی کلسیت را با توجه به یک نمونه مرجع نشان می‌دهد. در اینجا، پیکسل‌های قرمز رنگ آن‌هایی است که محورهای کلسیتی [۰۰۱] آن‌ها موازی یا نزدیک به موازی با نمونه معمولی است. وجود ذرات نزدیک با رنگ‌های مشابه نشان‌دهنده توزیع غیر تصادفی

۱- توضیح مترجم: EBSD که از یک نوع میکروسکوپ الکترونی روبشی دارای محفظه بزرگ با ۴ دتکتور عنصری و دستگاه EDS نرم‌افزار آنالیز اطلاعات روی فازهای کریستالوگرافی و جهت یافتگی کریستال که در کل به آنالیز کمی کانی‌ها و مواد سنگی می‌پردازد.

۲- دستگاه با الگوی پراش الکترون برگشتی با نوار روشن مستقیم که در ارتباط با صفحات شبکه بلورین کریستال‌های مختلف است.

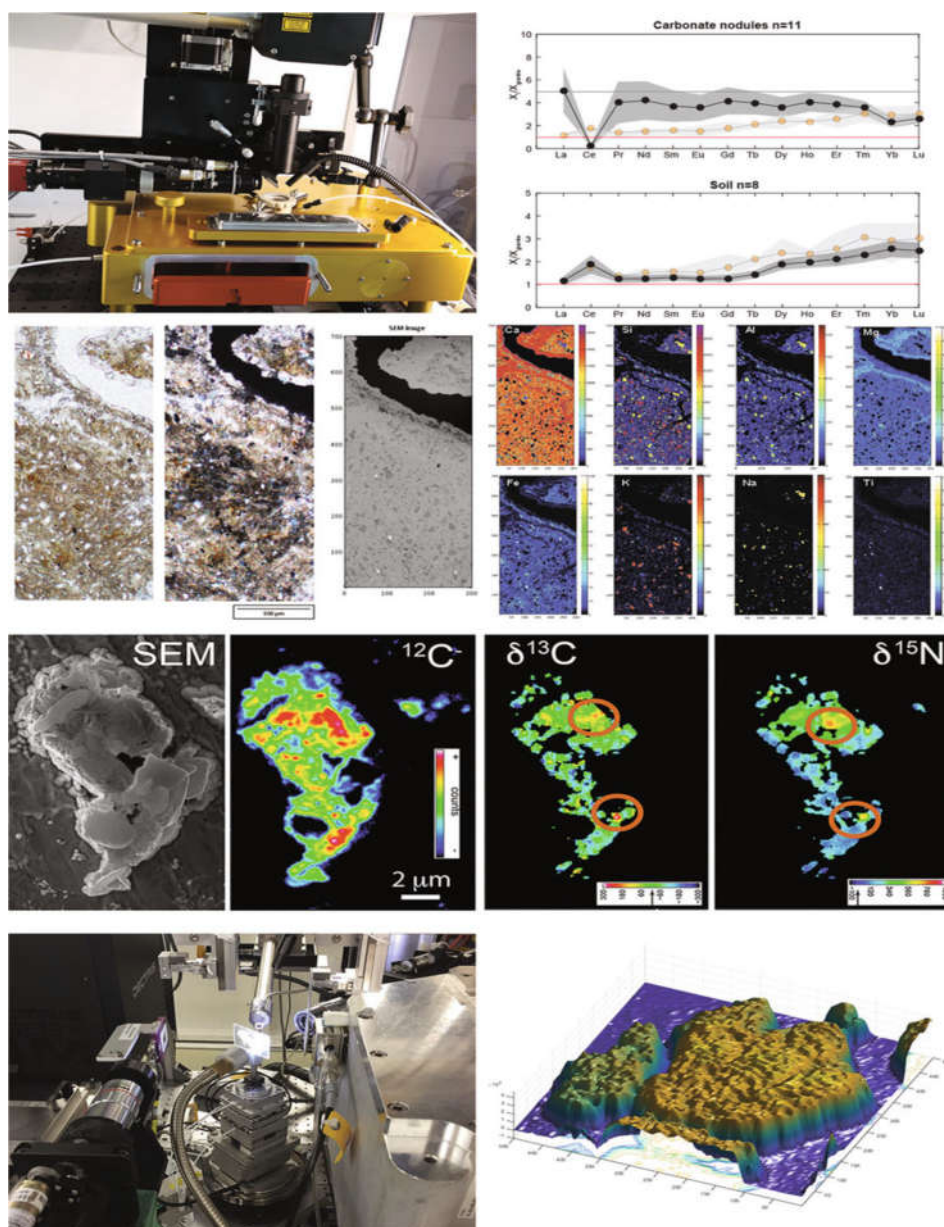
جهت‌گیری‌های کریستالوگرافی است. برای بررسی دقیق تکنیک EBSD اثر پریور و همکاران (۱۹۹۹) یاشواره و همکاران (۲۰۰۹).

۵. تجزیه و تحلیل مورفولوژیکی و شیمیایی خودکار ذرات خاک در میکروسکوپ الکترونی SEM با استفاده از نرم‌افزار آزتک فیچر (Aztec Feature) توسط دستگاه‌های آکسفورد انجام شد. ذرات در تصویر الکترونی برگشتی بر اساس سطوح خاکستری شناسایی و به‌طور خاص برای شیمی با استفاده از طیف‌سنجی پراکنش انرژی اشعه ایکس تجزیه و تحلیل می‌شود.

۶. جدول جستجو که پارامترهای مورفولوژیکی و ترکیب عنصری مربوط به هر ذره را فهرست می‌کند.

۷. نمای PPL (سمت چپ) و نشر تابناکی در کاتد (کاتدولومینسانس) از یک مقطع نازک غنی از کربنات.

۸. تصویر QEMSCAN از همان نمای شرح ۷ که توزیع کانی‌های مختلف شناسایی شده و سهم نسبی آن‌ها را نشان می‌دهد. کلسیت و سپس کوارتز و پلاژیوکلاز در بخش معدنی این مقطع نازک غالب است. با احترام به دکتر کالین کوزمانوف (دانشگاه ژنو).



فایل ۷۸: چشم‌انداز تصویربرداری شیمیایی

فایل ۷۸: چشم‌انداز تصویربرداری شیمیایی

نباید فراموش کرد که مقاطع نازک بدون پوشش لامل هنوز یک نمونه خاک طبیعی است. مواد معدنی و آلی برای اندازه‌گیری در دسترس باقی می‌ماند و این به‌ویژه در مورد ابزارهای مدرن صادق است که با آن می‌توان ترکیبات شیمیایی و کانی‌شناسی اجزای مختلف تشکیل‌دهنده خاک را ترسیم کرد. این بخش چند نمونه از اندازه‌گیری‌های شیمیایی انجام‌شده بر روی مقاطع یا اجسام کوچک خاکی را که با ابزارهای مختلف انجام می‌شود، ارائه می‌دهد.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. سلول فرسایشی یا ساییدگی دو حجمی S155 از یک سیستم سایش تجزیه‌ای RESOLUTION. یک لرزنده نمونه برای نمونه‌های با اندازه رسمی (قرمز) که بخشی از آن در سلول قرار داده شده است. (به رنگ زرد). آئروسول سایشی از طریق قیف استخراج در قسمت مرکزی سلول استخراج می‌شود و به سمت مشعل ICP-MS هدایت می‌شود، جایی که ذرات فرسوده گرم شده و تبخیر می‌شود و عناصر شیمیایی موجود در آن‌ها یونیزه می‌شود. با احترام به دکتر الکسی اولیانوف (دانشگاه لوزان).

۲. مقایسه توزیع متوسط REE در نودول (گره)های کربناته ($n = 11$)؛ منحنی بالایی به رنگ سیاه و خاک ($n = 8$)؛ منحنی پایینی در سیاه) با توجه به گرد و غبار صحرا (به رنگ نارنجی). ناحیه سایه‌دار خاکستری تیره به (۱۵) انحراف معیار اشاره دارد. پالئو-ورتن سول از شمال کامرون (دائریج ۲۰۱۷). فراوانی REE مستقیماً توسط لیزر فرسایشی ICP-MS با ابزار نشان داده شده که بخشی از آن در عکس ۱ اندازه‌گیری شده است.

۳. PPL, XPL و میکروسکوپ الکترونی روبشی در نماهای حالت الکترون برگشتی از یک نودول (گره) کربناته از ورتن سول (کامرون).

۴. نقشه‌های توزیع عناصر (Ca, Si, Al, Mg, Fe, K, Na و Ti) که با استفاده از طیف‌سنجی اشعه ایکس با پراکنش طول‌موج از همان نمونه ۳ به‌دست‌آمده است. رنگ‌های گرم‌تر به میزان نسبتاً بالاتر عناصر اشاره دارد. اقتباس از دکتر ناتالی دیاز (دانشگاه لوزان).

۵-۶. تصاویر NanoSIMS از نقاط با کربن (C^{13}) و ازت (N^{15}) مشتق از گلیسین شناسایی‌شده در سطح خاکدانه‌ها، به‌طور تصادفی از بخش‌های متراکم خاک جدا شده، از خاک جنگلی سطحی تفکیک شده و به مدت ۸ ساعت با گلیسین نشان‌دار $C/15N^{13}$ در انکوباتور به‌طور یکنواخت قرار داده شده است. (هاتون و همکاران ۲۰۱۵) فلش مقادیر طبیعی را برای نسبت‌های ایزوتوپ N^{15} و C^{13} نشان می‌دهد. با کسب اجازه از دکتر لوران رموسات (موزه ملی تاریخ طبیعی، فرانسه)

۷. مقطع نازک (نور روشن در مرکز) قرار گرفته در زیر خط پرتو microXAS در منبع نور سوئیس (موسسه پل شرر، ویلیگن پی اس‌ای، سوئیس).
۸. نقشه توزیع شبه ملان (تراکم کم به رنگ آبی، تراکم زیاد به رنگ زرد) داخل یک نودول منگنز پنجه‌ای در یک خاک توسعه‌یافته در تراورتن مراکش مشاهده شده است. نودول تقریباً ۱۰۰ میکرومتر عرض دارد.^۱

۱- دسترسی آزاد این فصل تحت مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)، که اجازه استفاده، اشتراک‌گذاری، انطباق، توزیع، و بازتولید در هر رسانه تا زمانی که اعتبار مناسب را به نویسنده(های) اصلی و منابع بدهید، پیوندی به مجوز Creative Commons ارائه دهید و مشخص کنید که آیا تغییراتی ایجاد شده است یا خیر.

تصاویر یا سایر مطالب شخص ثالث این فصل در فصل مجوز Creative Commons گنجانده شده است، مگر اینکه در خط اعتباری مطالب به گونه دیگری مشخص شده باشد. اگر مطالب در فصل مجوز Creative Commons گنجانده نشده است و استفاده مورد نظر شما توسط مقررات قانونی مجاز نیست یا از استفاده مجاز فراتر می‌رود، باید مستقیماً از دارنده حق نسخه‌برداری مجوز دریافت کنید.

پیوست‌ها

پیوست اول

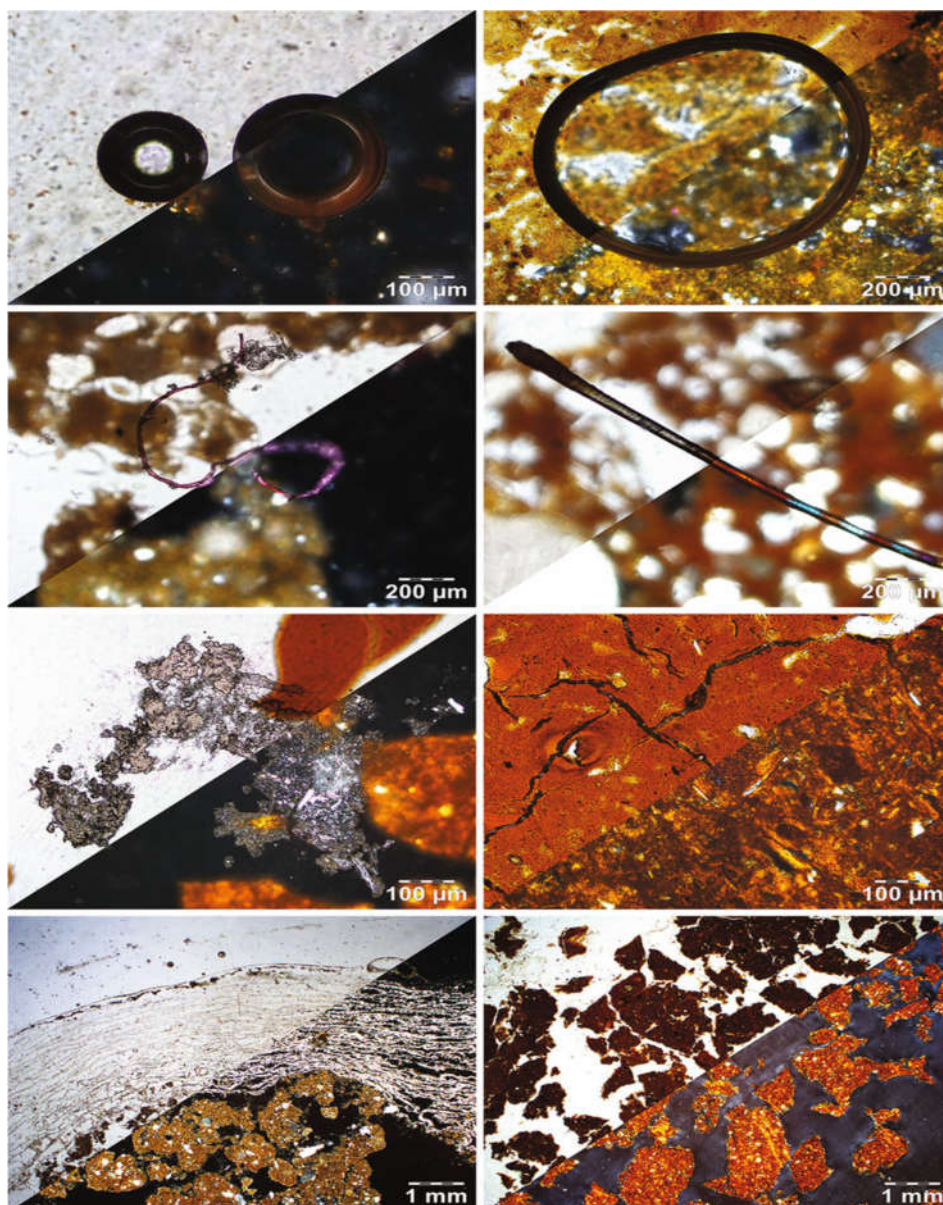
فرمول‌های شیمیایی برخی از کانی‌های مشاهده شده در خاک^۱

Mineral	Family or chemical name	Formula
Actinolite	Amphibole	$Ca(Mg, Fe^{2+})_5(Si_8O_{22})(OH)_2$
Anhydrite	Calcium sulphate	$CaSO_4$
Apatite	Calcium phosphate	$Ca_5(PO_4)_3(OH, Cl, F)$
Aragonite	Calcium carbonate	$CaCO_3$
Augite	Pyroxene	$(Ca, Fe^{2+}, Mg)Si_2O_6$
Barite	Barium sulphate	$BaSO_4$
Biotite	Mica	$K_2(Mg, Fe^{2+})_4(Si_6Al_2O_{20})(OH)_4$
Calcite	Calcium carbonate	$CaCO_3$
Chalcedony	Silica	SiO_2
Chlorite	Phyllosilicate	$(Fe, Mg, Al)_6(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$
Diopside	Pyroxene	$CaMgSi_2O_6$
Dolomite	Ca and Mg double carbonate	$(Ca, Mg)(CO_3)_2$
Enstatite	Pyroxene	$Mg_2Si_2O_6$
Epidote	Epidote	$Ca_2(Fe^{3+}, Al)_2Al_2(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$
Fayalite	Olivine	$Fe_2^{2+}SiO_4$
Ferrosilite	Pyroxene	$FeSiO_3$
Forsterite	Olivine	$Mg_2^{2+}SiO_4$
Glaucophane	Mica	$(Fe^{2+}, Al, Mg)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$
Goethite	Iron oxide	$FeO(OH)$
Grossular	Garnet	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
Gypsum	Calcium sulphate	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Halite	Chloride	$NaCl$
Hematite	Iron oxide	Fe_2O_3
Hornblende	Amphibole	$Ca(Mg, Fe^{2+})_4Al(Si_7AlO_{22})(OH)_2$
Ilmenite	Iron and titanium oxide	$(Fe, Mg, Mn)TiO_3$
Jadeite	Pyroxene	$NaAlSi_2O_6$
Kaolinite	Phyllosilicate	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$
Kenyaite	Hydrous sodium silicate	$NaSi_{11}O_{20.5}(OH)_4 \cdot 3H_2O$
Magadiite	Hydrous sodium silicate	$NaSi_7O_{13}(OH)_3 \cdot 3H_2O$
Magnetite	Iron oxide	Fe_3O_4
Malachite	Copper carbonate	$Cu_2CO_3(OH)_2$
Microcline	Feldspar	KSi_3AlO_8
Montmorillonite	Phyllosilicate	$(Na, Ca)_{0.33}(Al, Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot n.H_2O$
Muscovite	Mica	$K_2Al_4(Si_6Al_2O_{20})(OH)_4$
Olivine	Olivine	X_2SiO_4 with $X = [Fe^{2+}, Mg^{2+}]$
Orthoclase	Feldspar	KSi_3AlO_8
Palygorskite	Phyllosilicate	$(Mg, Al)_2Si_4O_{10}(OH) \cdot 4(H_2O)$
Plagioclases	Feldspar	$Ca_xNa_{1-x}Al_{1+x}Si_{3-x}O_8$ with $x > 0.1$
Pyrite	Sulphide	FeS_2
Quartz	Silica	SiO_2
Sanidine	Feldspar	$(K, Na)AlSi_3O_8$
Sepiolite	Phyllosilicate	$Mg_4Si_6O_{15}(OH)_2 \cdot 6(H_2O)$
Sericite	Mica	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
Serpentine	Phyllosilicate	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
Siderite	Carbonate	$FeCO_3$
Vivianite	Iron phosphate	$Fe_3^{2+}(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$
Zircon	Zirconium silicate	$ZrSiO_4$

۱- @ مؤلف (مؤلفین)، ۲۰۲۱

یک اطلس بصری برای میکرومورفولوژیست‌های خاک، E. P. Verrechia, L. Trombino

<http://doi.org/10.1007/978-3-030-67806-7>



فرمول‌های شیمیایی برخی از کانی‌های مشاهده شده در خاک

پیوست دوم

خطاها و مشکلات I

در زمان تهیه مقطع نازک، برخی از مصنوعات بشری می‌تواند به‌طور ناخواسته تولید شود و «عارضه‌هایی» را تشکیل دهد که باید از صفات طبیعی واقعی خاک متمایز شود. این بخش و بخش بعدی برخی از آن‌ها را ارائه می‌دهد.

نمونه‌هایی (نه فهرستی جامع از اشتباهات و مشکلات احتمالی) از مصنوعات با منشأ مختلف در زیر آمده است.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

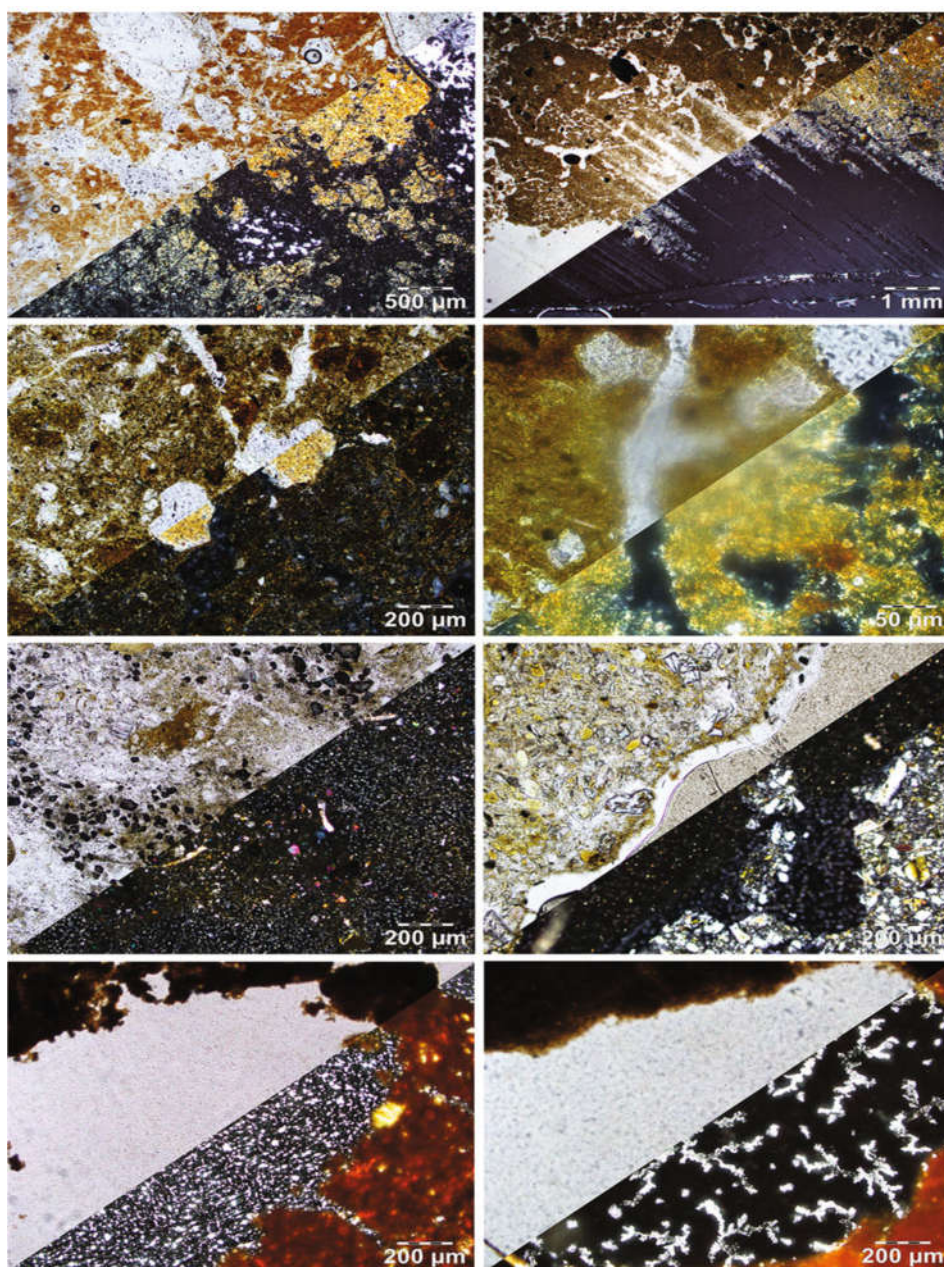
۱. حباب هوا در محیط نصب به دلیل وجود هوا بین پوشش و شیشه نگه‌دارنده مقطع نازک ایجاد می‌شود. این حباب‌ها کاملاً گرد با برجستگی زیاد است و با مواد خاک همراه نبوده و جزئی از آن نیست. سمت چپ: حباب در فضای خالی سمت راست: حباب اثرگذار بر متن خاک (گراندماس).
۳. رشته و تار الیاف نساجی به‌عنوان نمونه‌ای از آلودگی خارجی یک مقطع نازک. توجه داشته باشید که این الیاف فیبری جزئی از مواد خاک نیست. مراقب باشید که چنین الیاف نخی را با ریشه‌های قارچی اشتباه نگیرید.

۴. نمونه‌ای از موی گیر افتاده بین مواد خاک و شیشه پوششی. این یک عارضه خاک نیست.
۵. کثیفی اغلب مربوط به یک مصنوع است که در مواد خاک در طول آماده‌سازی نمونه وارد شده و جا مانده است. توجه داشته باشید که کثیفی بخشی از مواد خاک نیست.

۶. لکه و کثیفی همچنین می‌تواند فضاهای خالی و سطوح کوچک را پر و همانند حضور و پر شدن مواد آمورف داخل منافذ را شبیه‌سازی کند. این آثار اغلب به‌طور تصادفی در قسمت‌های مختلف مقطع نازک و بدون هیچ نظمی پراکنده است؛ بنابراین، مقایسه قطعاتی که تحت تأثیر قرار گرفته و یا قرار نگرفته، در شناسایی چنین آثاری ضروری است.

۷. هنگامی که برای جمع‌آوری نمونه از پارچه کیسه‌ای آغشته به گچ استفاده می‌شود (به فایل ۳ مراجعه کنید)، مقطع نازک که شامل بخشی از این پوشش گچی باشد به تشکیل این‌گونه مصنوعات کمک می‌نماید. قسمت بالایی میکروفوتوگراف به دلیل لایه‌های متوالی الیاف آغشته به گچ، ساختار لایه‌ای بزرگی را نشان می‌دهد.

۸. تخلخل مصنوعی ناشی از به‌هم‌خوردگی در نمونه در طول خشک شدن و/یا سخت شدن را نشان می‌دهد.



خطاها و مشکلات I

پیوست سوم

خطاها و مشکلات II

در زمان تهیه مقطع نازک، برخی از مصنوعات بشری می‌تواند به‌طور ناخواسته تولید شود و عارضه‌هایی را تشکیل دهد که باید از صفات طبیعی واقعی خاک متمایز شود. این بخش و بخش قبلی نمونه‌هایی (نه فهرستی جامع از اشتباهات و مشکلات احتمالی) از مصنوعات با منشأ مختلف را ارائه می‌دهد.

شرح‌ها از گوشه بالا سمت چپ به گوشه پایین سمت راست.

۱. تغییرات در ضخامت مقطع نازک به دلیل سایش و صیقلی شدن ناهموار سطح مقطع نازک. قسمت پایین سمت چپ میکروفتوگراف بسیار نازک است و باعث ناپدید شدن تدریجی زمینه (گردمس) می‌شود.

۲. تغییرات در ضخامت مقطع نازک به دلیل سایش ناهموار سطح مقطع نازک. علاوه بر این در اثر نازک شدن بیش‌ازحد مواد خاک، مقداری از زمینه (گردمس) ساییده شده است. (پایین سمت راست)

۳. مقطع نازک بیش‌ازحد ضخیم است. ذرات کوارتز رنگ‌های تداخلی زرد را نشان می‌دهد.

۴. تار شدن ناحیه بنا به دلایل نامشخص، هرچند بخش دیگری از اطراف آن مورد توجه است. این نوع مصنوعات تمرکز دقیق را دشوار می‌کند.

۵. ذرات پودری ساینده می‌تواند در مواد خاکی وارد شود. شکل ذرات زاویه‌دار و نسبتاً ثابت با برجستگی بالا.

۶. نقاط مه‌آلود تا ابری و مایل به خاکستری داخل رزین به دلیل برخی واکنش‌های شیمیایی احتمالی بین رزین و مایعات صیقل‌دهنده بوجود می‌آید.

۷-۸. هنگامی که یک مقطع نازک برای مدت بسیار طولانی نگهداری می‌شود، ممکن است گاهی اوقات رزین، کریستال‌هایی از مواد پلیمری مورد استفاده را تشکیل بدهد. (بسته به نوع چسب، میزان رقت و غیره). این کریستال‌ها، فقط در XPL قابل مشاهده است و دارای اندازه‌ها و شکل‌های مختلف، از دسته یا مجموعه بسیار کوچک (در سمت چپ عکس) تا توده‌های شاخه‌ای درشت‌تر.

جهت گیری	
توزیع	

مرجع	
اسلاید	

ریز ساختمان و الگوی تخلخل
خاکدانه

نوع	
اندازه	
جهت گیری	
توزیع	
پدالیته	
تطابق	

منافذ

نوع	
فراوانی	
اندازه	
جهت گیری	
توزیع	

نوع ریز ساختمان	
-----------------	--

سایر خاکدانه ها

تعریف	
شکل	
اندازه	
فراوانی	
ماهیت	
هوا دیدگی	
جهت گیری	
توزیع	

اجزا اساسی کانی
مواد درشت

ماهیت	
فراوانی	
اندازه	
شکل	
ناهمواری	
هوا دیدگی	
جهت گیری	
توزیع	

مواد ریز

اندازه	
رنگ	
ماهیت	
خلوص	
بی فابریک	

زمینه یا متن خاکی

حد c/f (درشت به ریز)	
توزیع c/f	
نسبت c/f	

اجزاء اصلی آلی
مواد درشت

ماهیت	
فراوانی	
اندازه	
شکل	
ناهمواری	
هوا دیدگی	

اجزاء اصلی آلی (ادامه)

مواد ریز

ماهیت	
فراوانی	
اندازه	
شکل	
جهت گیری	
توزیع	

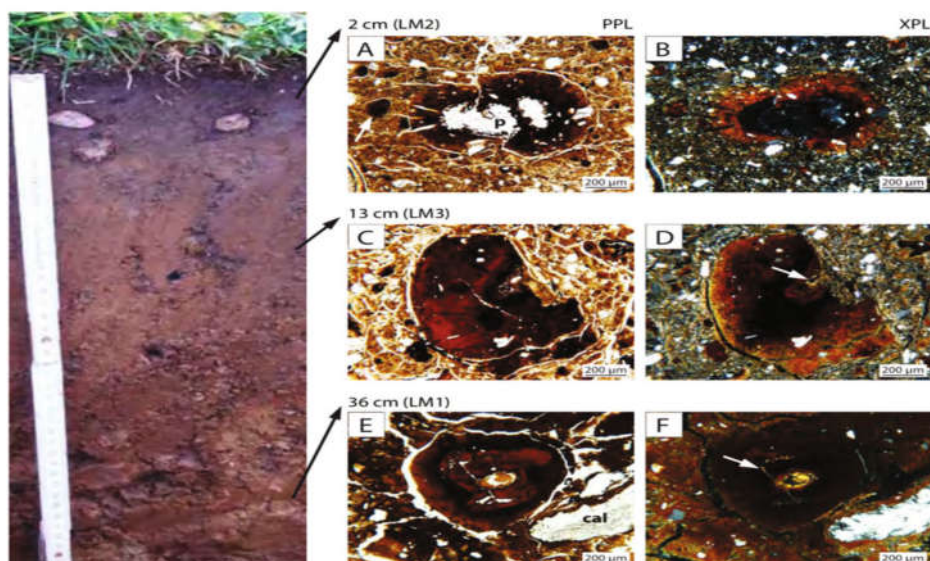
رنگیزه

شکل	
رنگ	
شکل	
رنگ	
شکل	
رنگ	

عارضه خاکسازی

کلید	
گروه	
نوع	
زیرنوع	
ماهیت	
فراوانی	
اندازه	
رنگ	
نسبی بودن	
قطعه بندی	

خطاها و مشکلات II



پیوست چهارم

چگونه یک مقطع نازک را تشریح کنیم

تشریح یک مقطع نازک خاک می‌تواند بسیار وقت‌گیر باشد؛ بنابراین، با داشتن یک راهنمای خوب می‌توان از نظر زمان به میزان زیاد صرفه‌جویی کرد. این بخش مجموعه‌ای از مراحل را معرفی می‌کند که می‌تواند به سازمان‌دهی تشریح مقطع نازک کمک کند و دو راه برای ارائه جامع داده‌ها برای گزارش‌ها یا انتشارات پیشنهاد کند. راه اول در جدولی برای فهرست کردن اطلاعات مربوط قرار دارد که با هر صفحه گسترده نرم‌افزاری قابل پردازش است. (بولاک و همکاران ۱۹۸۵)؛ بدیهی است که چنین چک لیستی باید برای هر نوع خاک و مکان دوباره ایجاد شود. راه دوم خلاصه‌ای گرافیکی از نتایج است که توسط کمپ (۱۹۸۵) معرفی شده است. هر دو رویکرد مکمل همدیگر است و می‌تواند در یک سند ارائه شود.

مراحل زیر را می‌توان برای توصیف اولیه و دقیق یک مقطع نازک استفاده کرد. (همچنین رجوع کنید به فایل ۹):

۱. ابتدا عاقلانه است که به مقطع نازک با چشم غیر مسلح نگاه کنید. با نگه‌داشتن مقطع نازک بالای نور، به راحتی می‌توان تا چهار یا پنج ناحیه خاص و ظاهراً همگن را شناسایی کرد. همچنین به اشیاء بزرگ (به‌وضوح متفاوت از پس‌زمینه)، عارضه‌ها یا خصوصیات (صفات) توجه شود. علاوه بر این، در مقیاس چشم غیر مسلح، اندازه و شکل خاکدانه‌ها به راحتی قابل تشخیص است. پس از آن، تمام این مناطق با استفاده از کمترین بزرگنمایی زیر میکروسکوپ مشاهده خواهد شد.

۲. هر شیء بزرگ با مرزهای واضح باید مشاهده و شناسایی شود. آن‌ها معمولاً مواد معدنی درشت یا قطعات مواد آلی است.

۳. برای هر ناحیه کم‌وبیش همگن، الگو و فابریک آن، یعنی حفرات، خاکدانه‌ها و ریزساختمان (به فصل ۲ مراجعه کنید) و اجزای اصلی تشکیل دهنده آن، یعنی فازهای آلی و معدنی درشت، ریزتوده (میکرومسی) (به فصل ۳ مراجعه کنید) و پارامتر توزیع نسبی c/f آن. (فایل ۱۳ و ۱۴ را ببینید)

۴. مرحله بعدی شرح عارضه‌های خاکسازی است. (به فصل ۴ مراجعه کنید)

۵. آخرین مرحله شامل تفسیر پارامترهای شناسایی شده (نگاه کنید به ۱. پایین)، اشیاء و عارضه‌ها بر اساس پیشینه (اطلاعات) خاکشناسی ناظر است. در این اطلس، چند نمونه از تفاسیر در فصل ۵ آورده شده است.

زیرنویس‌ها از بالا به پایین

۱. نمونه‌ای از یک صفحه گسترده شامل پارامترهای مختلف به‌منظور دستیابی به کامل‌ترین، مستندترین و زنجیره‌پایه‌ترین توضیحات مقطع نازک. این نمونه جامع از صفحه گسترده در وب-سایت اطلس موجود است.
۲. نمونه‌ای از تصویر ترکیبی که پروفیل خاک و عارضه‌های مختلف و غالب را نشان می‌دهد. مشخصات اصلی خصوصیات میکرومورفولوژیکی باید با استفاده از واژگان استوپس (۲۰۰۳) در شرح شکل‌ها توضیح داده شود.

پیوست پنجم

فهرستی از اصطلاحات مفید میکرومورفولوژیکی به زبان‌های مختلف

به چند زبان می‌تواند مفیدترین واژه‌ها را فراهم نماید که به‌نوبه خود در میکرومورفولوژی خاک چهار زبان کاربرد دارد. مثلاً به زبان انگلیسی، فرانسوی، ایتالیایی و آلمانی. این ایده، پیشنهاد جورج استوپس در اوایل سال ۱۹۸۶ بود (استوپس ۱۹۸۶). یک لیست جدید به روز توسط جورج استوپز و مؤلفین متعدد در سال ۲۰۱۷ به ۱۹ زبان مختلف تهیه شد. ([www.isric.online / explore /](http://www.isric.online/explore/)) (ISRIC- collection / micromulti) این لیست منحصراً روی واژه‌های مورد استفاده در این اطلس تمرکز دارد و بنابراین مقایسه جامعی با اثر استوپس (۲۰۰۳ و ۲۰۲۱) نیست. به دلیل برخی اصلاحات بعضی از اصطلاحات که در این اطلس و آدرس وبسایت مورد دسترس بوده یکسان نیست.

Accommodation	انطباق	B-fabric	بی - فابریک
Aggregate	خاکدانه	Banded	نواری
Alteration	تغییر	Basic	پایه - اساسی
Alteromorph	دگرسان	Biospheroid	کره‌زیستی
Angular	زاویه‌دار	Bistrial	دو نواری
Anorthic	معمولی	Blocky	مکعبی
Arrangement	نظم و ترتیب	Capping	کلاهک
		Chamber	محفظه - حجره

Channel	کانال	Fabric	فابریک (کالبد)
Chitonic	کیتونیک	Fan-like	بادبزنی شکل
Circular	مدور	Fragmented	خرد شده - قطعه‌قطعه
Close	نزدیک	Gefuric	گفوریک
Cloudy	ابری	Geodic	توخالی
Clustered	خوشه‌ای	Granostriated	ذره راستا
Coarse/fine(c/f)	درشت به ریز	Granule	دانه‌ای
Coating	پوشش	Groundmass	زمینه
Complex	پیچیده	Hypo-coating	پوشش زیر سطح
Compound	مرکب	Imbricated	فلسی
Concentric	متحدالمركز	Impregnative	تلقیحی
Crescent	هلالی	Inclined	مورب
Cross-striated	خطی متقاطع	Infilling	پرشدگی
Crumb	کرامبی (روزنه‌دار)	Intercalation	مواد الحاقی
Crust	پوسته (قشر سطحی)	Interlaced	مشبک
Cryptocrystalline	مخفی بلور	Intrusive	خارج از متن
Crystallitic	بلوری	Juxtaposed	مجاور هم
Deformed	تغییر شکل یافته	Laminated	ورقه‌ای
Dendritic	دندانه‌ای	Layered	لایه لایه
Dense	متراکم	Lenticular	عدسی
Depletion	تخلیه	Limpid	خالص و شفاف
Disorthic	جابه‌جا شده	Limpidity	شفافیت
Dissolved	انحلالی	Linear	خطی
Distribution	پراکنش - توزیع	Lithomorphic	دارای شکل سنگ‌شناختی
Dotted	نقطه‌ای	Loose	سست
Double-spaced	فاصله دو برابر	Macrocrystalline	درشت بلور
Enaulic	انولیک	Mamillated	پستانکی

Massive	توده‌ای
Matrix	متنی
Microcrystalline	ریز بلور
Microlaminated	ورقه‌بندی در میکروسکوپ
Micrimass	بخش نرم
Micropan	کفه نازک
Microstructure	ریز ساختمان میکروسکوپی
Monic	مونیک
Monostriated	تک محور (تک خطی)
Mosaic speckled	لکه‌ای موزائیکی
Nodule	گرهک
Nonlaminated	فاقدورقه‌بندی
Nucleic	هسته‌دار
Opaque	تیره (کدر)
Open	باز
Organ residue	بقایای آلی
Orientation	جهت یافتگی
Orthic	برجا
Packing	آرایشی
Parallel	موازی
Passage feature	عوارضی به حالت مسیر عبور
Pattern	الگو
Ped	خاکدانه
Pedofeature	عارضه خاک ساخت
Pendent	آویزه

Perpendicular	عمودی
Plane	صفحه‌ای
Plate	صفحه
Pore	منفذ
Porostriated	حفره راستا
Porphyric	پورفیریک
Prism	منشور
Quasicoating	پوشش در امتداد سطح
Radial	شعاعی
Random	تصادفی
Random striated	تصادفی خطی
Separated	تفکیک شده
Septaric	ستاره‌ای
Serrated	اره‌ای
Simple	ساده
Single grain	تک دانه‌ای
Single-spaced	فاصله یک برابر (پراکنش نسبی)
Speckled	لکه‌ای
Spheroidal	کروی
Spongy	اسفنجی
Stipple speckled	لکه‌ای منقوط
Strial	نواری
Tissue	بافت
Typic	تپیک
Undifferentiated	تفکیک نشده و متمایز نشده
Unistrial	تک نواری

Vermicular	کمری شکل	Void	منفذ
Vesicle	وزیکول	Vugh	واگ
Vesicular	وزیکول	Vughy	واگی

منابع

- Aassoumi, H. Broutin, J. Wartiti, M. E. Freytet, P. Koeniguer, J. Quesada, C. et al. (1992). Pedological nodules with cone in cone structure in the Permian of Sierra Morena (Spain) and Central Morocco. *Carbonates and Evaporites*, 7(2), 140–149.
- Ahn, P. (1970). *West African soils*. Oxford: Oxford University Press.
- Baran, E. & Monje, P. (2008). Oxalate biominerals. In *Biomineralization: From nature to application* (Vol. 4). Chichester: Wiley.
- Becze-Deak, J. Langhor, R. & Verrecchia, E. (1997). Small-scale secondary CaCO_3 accumulations in selected sections of the European loess belt. Morphological forms and potential for paleoenvironmental reconstruction. *Geoderma*, 76, 221–252.
- Benyarku, C. & Stoops, G. (2005). Guidelines for preparation of rock and soil thin sections and polished sections. *Quaderns Dmacs 33*, Departament de Medi Ambient i Ciències del Sol, Universitat de Lleida, Spain
- Bindschedler, S. Cailleau, G. & Verrecchia, E. (2016). Role of fungi in the biomineralization of calcite. *Minerals*, 6, 1–19
- Bindschedler, S. Millièrre, L. Cailleau, G. Job, D. & Verrecchia, E. (2012). An ultrastructural approach to analogies between fungal structures and needle fiber calcite. *Geomicrobiology Journal*, 29(4), 301–313
- Boggs, S. & Krinsley, D. (2006). *Application of cathodoluminescence imaging to the study of sedimentary rocks*. New York: Cambridge University Press.
- Brantley, S. Goldhaber, M. & Ragnarsdottir, K. (2007). Crossing disciplines and scales to understand the critical zone. *Elements*, 3, 307–314.
- Brewer, R. (1964). *Fabric and mineral analysis of soils*. London: Wiley.
- Bullock, P. Fedoroff, N. Jongerius, A. Stoops, G. & Tursina, T. (1985). *Handbook for soil thin section description*. Wolverhampton: Waine Research Publications.
- Cailleau, G. Braissant, O. Dupraz, C. Aragno, M. & Verrecchia, E. (2005). Biologically induced accumulations of CaCO_3 in Orthox soils of Biga, Ivory Coast. *Catena*, 59, 1–17.
- Canti, M. (1998). The micromorphological identification of faecal spherulites from archaeological and modern materials. *Journal of Archaeological Science*, 25, 435–444.
- Chesworth, W. (Ed). (2008). *Fibric, hemic and sapric* (pp. 270–270). Dordrecht: Springer.
- Delvigne, J. (1998). *Atlas of micromorphology of mineral alteration and weathering*. Number 3 in Spec. Publ. Ottawa: Mineralogical Assoc. of Canada and Paris: ORSTOM.
- Dietrich, F. Diaz, N. Deschamps, P. Ngatcha, B. N. Sebag, D. & Verrecchia, E. P. (2017). Origin of calcium in pedogenic carbonate nodules from silicate watersheds in the Far North Region of Cameroon: Respective contribution of in situ weathering source and dust input. *Chemical Geology*, 460, 54–69.
- Douglas, L. & Thompson, M. (1985). *Soil micromorphology and soil classification*. Number 15 in SSSA Special Publication. Madison, WI: Soil Science Society of America.
- Duchaufour, P. (1977). *Pédologie 1*. Paris: Masson.
- Duchaufour, P. (1997). *Abrégé de Pédologie* (5eme ed). Paris: Masson.
- Duchaufour, P. (1998). *Handbook of pedology*. Boca Raton: CRC Press.

- Duchaufour, P. (1997). *Abrégé de Pédologie* (5eme ed). Paris: Masson.
- Duchaufour, P. (1998). *Handbook of pedology*. Boca Raton: CRC Press.
- Durand, N. Monger, H. Canti, M. & Verrecchia, E. (2018). Calcium carbonate features. In *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths* (2nd ed). Amsterdam: Elsevier.
- Eswaran, H. Sys, C. & Sousa, E. (1975). Plasma infusions-a pedological process of significance in the humid tropics. *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, 34, 665–674.
- Fedoroff, N. (1971). The usefulness of micropedology in paleopedology. In D. Yaalon (Ed.), *Paleopedology: Origin, nature and dating of paleosols*. Jerusalem. International Society of Soil Sciences and Israel Universities Press.
- Fedoroff, N. & Courty, M.A. (2012). Textural features and microfacies expressing temporary and permanent soil water saturation. In R. Poch-Claret, M. Casamitjana, & M. Francis (Eds.), *Proceedings of the 14th Intern. Working Meet. on Soil Micromorphology* (p. 1.1.K). Session I. Lleida: Editions i Publications de la Universitat de Lleida.
- FitzPatrick, E. (1984). *Micromorphology of soils*. London: Chapman and Hall.
- FitzPatrick, E. (1993). *Soil microscopy and micromorphology*. Chichester: Wiley.
- Freytet, P. Aassoumi, H. Broutin, J. Wartit, M. E. & Toutin-Morin, N. (1992). Présence de nodules pédologiques à structure cone-in-cone dans le Permien continental du Maroc, d'Espagne méridionale et de Provence. Attribution possible à une activité bactérienne associée à des racines de Cordaites. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Sér. 2*, 315(6), 765–771.
- Freytet, P. & Verrecchia, E. (1998). Freshwater organisms that build stromatolites: A synopsis of biocrystallization by prokaryotic and eukaryotic algae. *Sedimentology*, 45(3), 535–563.
- Goldberg, G. & Macphail, R. (2003). Short contribution: Strategies and techniques in collecting micromorphology samples. *Geoarchaeology*, 18(5), 571–578.
- Hasinger, O. Spangenberg, J. Millière, L. Bindschedler, S. Cailleau, G. & Verrecchia, E. (2015). Carbon dioxide in scree slope deposits: A pathway from atmosphere to pedogenic carbonate. *Geoderma*, 247–248, 129–139.
- Hatton, P.J. Remusat, L. Zeller, B. Brewer, E. A. & Derrien, D. (2015). NanoSIMS investigation of glycine-derived C and N retention with soil organo-mineral associations. *Biogeochemistry*, 125(3), 303–313.
- Heilbronner, R. & Barrett, S. (2014). *Image analysis in earth sciences*. Berlin: Springer.
- IUSS and Working-Group-WRB. (2014). *World reference base for soil resources 2014 - international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports 106, FAO, Rome, Italy.
- Jaillard, B. Guyon, A. & Maurin, A. (1991). Structure and composition of calcified roots, and their identification in calcareous soils. *Geoderma*, 50(3), 197–210.
- Kemp, R. (1985). *Soil micromorphology and the quaternary*. Cambridge: Quaternary Research Association. Technical Guide 2.

- Krumbein, W. C. (1941). Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 11, 64–72.
- Kubiěna, W. (1938). *Micropedology*. Ames, IA: Collegiate Press.
- Legros, J.P. (2012). *Major soil groups of the world*. Boca Raton: CRC Press.
- MacKenzie, W. Adams, A. & Brodie, K. (2017). *Rocks and minerals in thin section: A colour Atlas*. Boca Raton: CRC Press.
- Mann, S. (2001). *Biom mineralization*. Oxford: Oxford University Press.
- Marshall, D. (1988). *Cathodoluminescence of geological materials*. Boston: Unwin Hyman.
- Matthews, W. & Boyer, R. (1976). *Dictionary of geological terms*. New York: Anchor Press.
- Murphy, C. (1986). *Thin section preparation of soils and sediments*. Berkhamsted: AB Academic Publishers.
- Nicosia, C. & Stoops, G. (2017). *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Chichester: Wiley Blackwell.
- Pagel, M. Barbin, V. Blanc, P. & Ohnenstatter, D. (2000). *Cathodoluminescence in geosciences*. Berlin: Springer.
- Pentecost, A. (2010). *Travertine*. Berlin: Springer.
- Powers, M. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 23, 117–119.
- Prior, D. J. Boyle, A. P. Brenker, F. Cheadle, M. C. Day, A. Lopez, G. et al. (1999). The application of electron backscatter diffraction and orientation contrast imaging in the SEM to textural problems in rocks. *American Mineralogist*, 84(11–12), 1741–1759.
- Rabenhorst, M. & Wilding, L. (1986). Pedogenesis on the Edwards Plateau, Texas: III. New model for the formation of petrocalcic horizons. *Soil Science Society of America Journal*, 50(3), 693–699.
- Richter, D. Götze, T. Götze, J. & Neuser, R. (2003). Progress in application of cathodoluminescence (CL) in sedimentary petrology. *Mineralogy and Petrology*, 79(3), 127–166.
- Richter, deB, D. & Yaalon, D. (2012). The changing model of soil, revisited. *Soil Science Society of America Journal*, 76(3), 766–778.
- Rowley, M. Grand, S. & Verrecchia, E. (2018). Calcium-mediated stabilisation of soil organic carbon. *Biogeochemistry*, 137, 27–49.
- Schaetzl, R. & Thompson, M. (2015). *Soils, genesis and geomorphology* (2nd ed). Cambridge: Cambridge University Press.
- Schwarzer, R. A. Field, D. P. Adams, B. L. Kumar, M. & Schwartz, A. J. (2009). Present state of electron backscatter diffraction and prospective developments. In A. J. Schwartz, M. Kumar, B. L. Adams, & D. P. Field (Eds.), *Electron backscatter diffraction in materials science* (pp. 1–20). New York: Springer US.
- Sebag, D. Verrecchia, E. Lee, S. & Durand, A. (2001). The natural hydrous sodium silicates from the northern bank of Lake Chad: Occurrence, petrology and genesis. *Sedimentary Geology*, 139, 15–31.
- Skinner, H. & Ehrlich, H. (2017). *Biom mineralization*. In *Treatise in geochemistry - Biogeochemistry* (2nd ed. Vol. 10). Amsterdam: Elsevier.

- Stoops, G. (1986). Multilingual translation of the terminology used in the "handbook for soil thin section description". *Pedologie*, 36(3), 337–348.
- Stoops, G. (2003). *Thin section preparation of soils and sediments*. Madison: Soil Science Society of America, Inc.
- Stoops, G. (2021). *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*. Second Edition, Wiley.
- Stoops, G. & Jongerius, A. (1975). Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A classification of related distribution of fine and coarse particles. *Geoderma*, 13(3), 189–199.
- Stoops, G. Marcelino, V. & Mees, F. (Eds). (2018). *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths* (2nd ed). Amsterdam: Elsevier
- Van Ranst, E. Wilson, M. & Righi, D. (2018). Spodic materials. In *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths* (2nd ed). Amsterdam: Elsevier.
- van Vliet-Lanoë, B. & Fox, C. (2018). Frost action. In *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths* (2nd ed). Amsterdam: Elsevier.
- Verrecchia, E. Dumont, J. & Verrecchia, K. (1993). Role of calcium oxalate biomineralization of fungi in the formation of calcrete: A case study from Nazareth, Israel. *Journal of Sedimentary Petrology*, 63(5), 1000–1006.
- Verrecchia, E. Freytet, P. Verrecchia, K. & Dumont, J. (1995). Spherulites in calcrete laminar crusts: Biogenic CaCO₃ precipitation as a major contributor to crust formation. *Journal of Sedimentary Research*, A65(4), 690–700.
- Villagran, X. Mentzer, D. H. S. Miller, C. & Jans, M. (2017). Bone and other skeletal tissues. In C. Nicosia & G. Stoops (Eds.), *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Chichester: Wiley Blackwell.
- Villagran, X. & Poch, R. (2014). A new form of needle-fiber calcite produced by physical weathering of shells. *Geoderma*, 2013, 173–177.
- Wadell (1932). Volume, shape, and roundness of rock particles. *Journal of Geology*, 40, 443–451.
- Weil, R. & Brady, N. (2017). *The nature and properties of soils*. Harlow: Pearson Education Ltd.
- Wieder, M. & Yaalon, D. (1974). Effect of matrix composition on carbonate nodule crystallisation. *Geoderma*, 11, 95–121.

- باریت ۹۲
بازالت ۶۴، ۶۵، ۶۹
بافتی ۱۱۱، ۱۴۳، ۱۴۹، ۱۵۸، ۱۸۰
بدون زاویه ۴۰، ۴۴، ۴۶، ۵۲، ۶۳
برجا - بر جای خود ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۵
برجستگی ۸۰، ۸۶، ۸۹، ۹۲
برگ ۵۶، ۱۰۸، ۱۱۳
برهم‌خوردگی ناشی از رس ۱۸۱، ۱۹۲
بقایای گیاهی ۹۶، ۱۰۳، ۱۰۶، ۱۲۵
بلور ۸۳، ۸۴، ۸۶، ۸۷
بلوکی بدون زاویه ۴۰
به هم خوردگی ۱۵۸، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵
به هم خوردگی زیستی ۱۶۴، ۱۹۹
بی‌شکل ۸۰، ۸۱، ۸۶، ۱۰۳، ۱۱۵، ۱۱۷، ۱۱۹
بی‌فابریک ۱۰۴، ۵!!، ۱۱۶، ۱۱۷، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۵۸
بیوتیت ۶۵، ۶۸، ۸۳، ۸۴
بیوکلاست (زیست‌کلاست) ۸۹
پادزولی شدن ۱۷۸
پراش پخش برگشتی الکترون ۱۱
پرتو الکترونی ۱۱، ۱۶، ۲۰۴
پرچین ۱۰۰، ۱۷۵
پرشدگی ۱۵۳، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۶۱
پلاژیوکلاز ۶۵، ۶۶، ۸۳، ۲۰۵
پورفیریک تک فاصله ۳۸، ۱۹۸
پورفیریک دو فاصله ۳۸
پورفیریک نزدیک ۳۵، ۳۶، ۱۹۸، ۱۹۹
پوسته ۹۸، ۱۰۰، ۱۲۹، ۱۴۸
پوسیده ۹۵، ۹۶، ۱۱۳
پوشش ۴۴، ۴۶، ۷۵، ۷۷
- پوشش زیر سطح ۱۵۱، ۱۵۴، ۱۵۵، ۱۶۵
۱۷۲
پیت ۱۱۵، ۱۷۵
پیروکسن ۸۶
تأخیر ۲۲
تبخیر ۷۵، ۱۷۸، ۱۸۶، ۱۸۹
تحلیل‌کننده - آنالیزور ۱۳، ۲۲
تخلیه ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۷۳، ۱۸۶
تشکیل آندوسول ۸۶، ۸۷، ۱۱۷، ۱۹۵، ۱۹۶
تعریف ۵۰، ۵۲، ۵۹
تک‌شکلی ۱۹۵، ۱۹۶
تلقیح ۱۰۴، ۱۲۲، ۱۲۵، ۱۲۷، ۱۲۹، ۱۳۸
توده‌ای ۱۴۶
توزیع نسبی ۱۰۸، ۱۲۹، ۱۷۵، ۱۹۵
تیرگی - نگاه به ملانیزاسیون ۱۱۳، ۱۹۶
تیره شدن - ملانیزه شدن ۱۰۸، ۱۱۱
تیغه کمکی گچی ۷۴
جابجایی - انتقال ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۹۲
جابه‌جاشده ۱۲۹
جانوران متوسط ۱۶۷، ۱۷۰
جدول میشل لوی ۲۲
جزئی ۳۱، ۶۶
جعبه کوبینا ۲، ۵، ۷، ۸، ۲۸
جور شدگی ۵۸، ۵۹
چند رنگی ۷۱، ۸۰، ۸۶، ۱۰۳
چند شکلی ۱۹۵
چند منشأ ۱۲۳، ۱۲۸، ۱۲۹
حجره - محفظه ۴۸، ۵۰، ۱۸۶، ۲۰۴
حفره راستا ۱۱۹، ۱۶۴

- حفره‌های آرایشی ۴۴، ۴۶، ۱۸۰
 حیوانات بزرگ ۹۵، ۹۸، ۱۰۰
 خارج از متن ۱۲۲، ۱۲۵، ۱۲۷
 خاک متأثر از فعالیت بشر ۵۶، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۵
 خاکدانه ۱۴۳، ۱۴۶، ۱۴۹، ۱۵۵، ۱۵۶، ۱۵۸، ۱۶۴، ۱۷۵، ۱۷۶، ۱۸۳، ۱۸۶
 خاکستر ۶۵، ۱۰۶
 خاکستر آتش‌فشانی - سنگ‌پا ۶۵
 خالص ۱۱۵، ۱۳۹، ۱۴۳
 خرده بلوری ۱۱۷
 خشک شدن ۱۸۶
 خطی ۱۵۸، ۱۶۴، ۱۸۱
 خطی تصادفی ۱۱۹
 خطی متحدالمرکز ۱۱۹
 خطی متقاطع ۱۱۹
 خطی مدور ۱۲۰، ۱۵۸
 خطی موازی ۱۱۹
 خلوص ۱۱۵، ۱۱۷، ۱۱۹
 دانه‌ای ۱۱۳، ۱۱۹، ۱۶۴، ۱۶۷
 درجه تفکیک ۴۱، ۴۲
 درز و ترک ۱۲۷
 درشت ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۱، ۴۱، ۴۳
 دگرسان ۱۲۵
 دگرگونی ۶۸، ۶۹، ۸۳، ۸۶
 دندان ۱۲۵
 دو نواری (دوگانه) ۲، ۷۱، ۷۲، ۱۱۷
 دوکی - دراز ۶۱
 دولومیت ۷۱، ۸۹، ۱۷۵
 ذرات قرصی شکل حامل دفعی - فضله
 حیوان ۶۳، ۱۲۳، ۱۶۶
 ذره راستا ۱۱۹
 رخ ۱۵۳، ۱۸۹
 رس ۱۹، ۲۶، ۳۱، ۳۳
 رسوبی ۶۸، ۷۱، ۷۳، ۷۴، ۷۵
 رشته ۱۰۸، ۱۸۹
 رشد توأم بلور ۸۳، ۱۹۰
 رنگ روناس (آلیزارین) ۲۳
 ریز توده ۲۵، ۳۱، ۳۵، ۳۸
 ریز کفه ۱۴۸، ۱۴۹
 ریشه ۹۵، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۱
 زاویه‌دار ۵۲، ۶۳، ۱۳۲
 زغال ۱۰۶، ۱۱۳
 زمینه ۱۶۷، ۱۷۶، ۱۸۱
 زیگزاگی ۴۶، ۵۲، ۱۶۴، ۱۷۵
 ژئودیک ۱۳۹
 ساختمان میکروسکوپی ۴۹، ۵۱، ۱۸۷
 ساده ۴۴، ۴۶، ۷۷، ۱۸۹
 سرزسیت - میکا ۶۸
 سفالی ۱۰۳، ۱۷۵
 سلول ریشه کلسیم‌دار ۱۱۱، ۱۵۵، ۱۶۱، ۱۶۲
 سنگ ۲۸، ۵۶، ۵۹، ۶۵، ۶۶
 سنگ‌آهک سفید - تراورتن ۷۴، ۸۹، ۹۲، ۱۷۵
 سوزنی ۶۱، ۹۳، ۱۰۰، ۱۲۳، ۱۶۱، ۱۸۱، ۱۸۹، ۱۷۵
 سولفات ۷۷، ۹۱، ۹۲، ۱۷۸، ۱۸۹، ۱۹۰
 سیلیس ۲۳، ۷۷، ۸۱، ۱۳۰، ۱۵۶
 سیلیسی ۸۰، ۱۳۰

- شبه بلور ۱۲۵
شبه پوشش - پوشش به موازات سطح ۱۲۲،
۱۲۳، ۱۵۱
شرایط اکسید و احیا ۱۴۱
شعاعی ۹۵، ۹۸، ۱۰۱، ۱۰۳، ۱۳۷
شکست - منکسر شده ۲۲، ۲۵، ۶۵، ۷۲
شکست مضاعف ۹۵، ۹۶، ۱۰۳، ۱۰۸، ۱۱۱،
۱۱۷، ۱۵۹
شکل ۸۰، ۸۱، ۹۲، ۹۳
شکل ذره ۶۳
شن ۱۲۵، ۱۴۹، ۱۵۰، ۱۶۴
شیست ۶۷، ۶۸، ۸۳
صفحه‌ای - تیغه - بشقابی ۵۲، ۱۰۳، ۱۵۸،
۱۸۷
ضخامت ۱۰، ۱۱، ۲۲، ۵۶، ۱۴۳
طیف‌سنجی - اشعه ایکس با پراکنش
طول موج ۲۰، ۲۰۵، ۲۰۷
عدسی ۹۳، ۱۵۹، ۱۶۴
عوارض ۸۹، ۱۰۰، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۵، ۱۲۷
غرقابی - ماندابی ۱۴۶، ۱۷۸
فابریک به هم پیچیده ۳۳، ۱۶۱
فرسیالیتیک ۱۹۲
فسفات ۷۵، ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۵۶
فضله ۱۶، ۹۸، ۱۱۱
فلدسپار ۸۲
فیبری - سوزنی ۶۱، ۹۳، ۱۰۰
فیتولیت ۹۵، ۱۶۹، ۲۳۷
قارچ ۹۵، ۱۰۸، ۱۶۱، ۱۸۹
قطعه ۱۶۱، ۱۶۷، ۱۷۲، ۱۷۵
قوسی ۴۶، ۴۸
- قهوه‌ای شدن (براونی فیکاسیون) ۱۹۸
کاتد سرد ۱۶
کاتد و لومینسانس ۱۰، ۱۱، ۱۶، ۲۰۵
کالبد - فابریک ۱۶۹، ۱۷۵، ۱۸۱، ۱۸۳
کانال ۵۰، ۵۲، ۱۰۰، ۱۰۸، ۱۴۳
کانی آنورتیت ۸۳
کانی رس ۸۳، ۱۴۹
کانی زیستی ۵۶، ۹۴، ۹۵
کانی یویانیت ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۳۷، ۱۵۹
کانی‌ها ۵۶، ۶۵، ۶۹، ۷۱
کائولینیت ۲۰، ۱۹۲
الکترون با پخش برگشتی ۱۱، ۱۹، ۲۰۴،
۲۰۷
کرم خاکی ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۱۳، ۱۶۷
کرمی شکل ۱۶۷
کرویت ۶۳
کلاهدک ۱۴۸، ۱۴۹، ۱۸۶، ۱۸۷
کلریت ۶۹
کلرید ۹۱، ۹۲، ۱۸۶
کلسیت ۱۶۲، ۱۷۵، ۱۷۶
کلسیتیک - کلسیتی ۹۸، ۱۰۰، ۱۰۱
کمپلکس - پیچیده ۱۱۵، ۱۹۵، ۱۹۸
کمپلکس هوموس - رس ۱۱۵
کوارتز ۶۵، ۶۸، ۶۹
کوارتزیت ۷۰، ۷۱
کود حیوانی ۹۵، ۱۶۹
کیتونیک ۳۵، ۱۹۵، ۱۹۶
گابرو ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۹
گارنت ۶۸، ۸۶، ۸۷، ۱۴۹
گچ ۱۳۷، ۱۵۹، ۱۶۱، ۱۷۸، ۱۸۸، ۱۸۹، ۱۹۰

- گرافیت ۱۷۵
 گرانیث ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۸
 گرد شده ۲۵، ۱۳۲
 گرین شیت ۶۹
 گفوریك ۳۵، ۳۸، ۱۹۵
 گنیس ۶۷، ۶۸، ۸۳
 الگو ۳۲، ۳۳، ۸۰، ۱۹۸
 الگوی توزیع اساسی ۳۲، ۳۳، ۳۵، ۸۰
 الگوی کیکوچی ۲۰۴
 لومی - اندازه ذره ۸، ۵۹
 لیتوکلاست - قطعه‌سنگی ۸۹
 لیزر فرسایشی ۲۰۷
 ماده آلی ۱۰۷، ۱۰۸، ۱۱۰، ۱۱۱
 مارن ۷۵، ۸۹
 ماسه‌سنگ ۷۱، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۱۵۵
 متخلخل ۴۰، ۴۲، ۵۰
 متن - زمینه ۵، ۱۶، ۲۵، ۳۱
 متن ۳۱، ۳۵، ۳۶، ۳۸
 مجاور ۱۲۲، ۱۳۲
 مخروط در مخروط ۷۷، ۱۷۵، ۱۸۴
 مدور ۴۰، ۴۲، ۴۸، ۱۲۰
 مربوط به اندازه ذره ۱۴۳، ۱۴۹، ۱۵۸، ۱۶۷، ۱۷۵، ۱۸۰
 مرز ۱۲۵، ۱۲۷، ۱۳۲، ۱۵۲، ۱۶۷
 مرکب ۴۴، ۴۶، ۵۰، ۷۴
 مرمر ۷۰، ۷۱
 مستقیم ۴۶، ۹۵، ۹۸، ۱۰۰، ۱۵۲
 مشبك ۳۳
 مطالعه ترکیبی ۲۵
 مقطع نازک ۱۱۳
- مکعبی ۷، ۴۰، ۴۴، ۱۸۶
 مکعبی زاویه‌دار ۴۰، ۴۲، ۵۲
 منشور ۴۰، ۱۰۰
 منفذ ۴۴، ۴۸، ۶۱، ۱۱۳، ۱۱۹، ۱۴۳
 منقوطة‌ای ۳۱
 مواد الحاقی ۱۲۲، ۱۴۶
 موریانه‌ها ۱۷۵، ۱۷۶، ۱۹۹
 مونیک ۱۲۹، ۱۷۵، ۱۸۰، ۱۹۵
 میز ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۸۰
 میکا - شیت ۱۴۹
 میکا ۱۱۵، ۱۱۷، ۱۱۹، ۱۴۹
 میکرواسپاریت ۱۲۷، ۱۲۹، ۱۳۴
 میکروسکوپ الکترونی روبشی ۱۹، ۶۱، ۲۰۲، ۲۰۷
 میکروسکوپ الکترونی عبوری ۱۹، ۲۰۲، ۲۰۴، ۲۰۵
 میکروسکوپ ۴۰، ۴۲، ۵۶، ۶۱، ۸۰
 میکروکلین ۶۵، ۸۳
 میکروکودیوم ۱۷، ۲۰۴، ۱۷۶
 میکریتی ۱۵۵، ۱۵۶، ۱۵۸، ۱۶۱
 نابرجا ۱۳۴
 نانو ۱۴۶
 نروسلیکات ۸۵، ۸۶
 نشاسته ۱۱۱
 نگاه به کلسیت - کرنات کلسیم ۱۰۶، ۱۰۸، ۱۱۱، ۱۶۹
 نواری ۳۳، ۱۵۵
 نودول ۱۷۲، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۹۲، ۱۹۳
 نور پلاریزه صفحه‌ای ۱۳
 نور متقاطع ۱۳

هم بعد ۶۱، ۸۷، ۹۵، ۱۲۵، ۱۲۷	نورپلاریزه متقاطع ۱۳
هماتیت ۱۶، ۱۹، ۱۱۵، ۱۴۳	نئوسنتز ۱۶۱، ۱۶۲
هم‌اندازه ۶۰، ۶۱، ۹۶	واحد ۲۵، ۳۱، ۳۳
همسانگرد - ایزوتروپیک ۱۴، ۷۴، ۸۷، ۱۵۲	واگ ۴۸، ۵۰، ۵۲
هورنبلند ۶۸	واگ ستاره‌ای شکل ۴۸، ۵۰، ۵۲
هوموس ۱۰۸، ۱۱۲، ۱۱۳	ورتی سول ۶۳، ۱۵۸، ۱۶۴، ۱۸۳
هیدرومورفیسیم - آبدوستی ۱۸۶	ورمیکولیت ۸۴
یخی - یخبندان ۱۶۴، ۱۸۷	هالیت - نمک ۹۲، ۱۸۶
	هلالی ۱۴۴، ۱۹۹

University of Guilan Press

**A Visual Atlas
for Soil Micromorphologists**

By:

**Eric P. Verrecchia
Luca Trombino**

Translated by:

Hassan Ramezanpour, Ph. D