مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال نوزدهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۹۰، از صفحهٔ ۵۷۹ تا ۵۹۰

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

دگرسانی کانی‌ها در دو بستر سنگی متفاوت و خاک حاصل از آن‌ها در ناحیه‌ی لاهیجان

معصومه پورمعصومی پرشکوه، حسن رمضانپور*

گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(دریافت مقاله: ۸۹/۶/۲۹ ، نسخه نهایی: ۸۹/۱۰/۱۰)

چکیده: به منظور شناخت بهتر از چگونگی تأثیر مواد مادری در تشکیل و تکامل خاک در مناطق جنگلی لاهیجان، بررسی‌های میکروسکوپی نیز در راستای آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی رس انجام شد. بدین منظور دو نیمرخ شاهد با مواد مادری گرانیت و بازالت آندزیتی در واحد فیزیوگرافی کوه در هشت کیلومتری جنوب شرقی لاهیجان، انتخاب و نمونه برداری از افق‌ها با استفاده از جعبه‌ی کوبینا یا کلوخه انجام شد. شناسایی کانی‌ها و هوادیدگی آن‌ها با میکروسکوپ قطبشی صورت گرفت و نتایج آن با نتایج حاصل از ژئوشیمی خاک‌ها و پراش پرتو ایکس مقایسه شدند. مشاهدات میکروسکوپی علاوه بر تأیید نتایج تجزیه ی عنصری و پراش پرتو ایکس دارای نکات با اهمیت در جهت شناخت خاک‌های منطقه از نظر کانی‌ها و چگونگی هوادیدگی آن‌ها بود. بررسی مقاطع نازک سنگ و خاک در پدون حاصل از سنگ مادر گرانیتی آثاری از هوادیدگی فلدسپارها به سریسیت و کلریت در شرایط گرمابی و کانی‌های رسی در شرایط خاک را نشان داد. در مقاطع سنگ و خاک حاصل از بازالت آندزیتی نیز هوادیدگی پلاژیوکلاز (لابرادوریت) و اولیوین به کلریت و کانی‌های رسی و نیز پیروکسن به آمفیبول از پدیده‌های غالب بود. به علاوه، عمق بیشتر خاک در پدون حاصل از بازالت آندزیتی در مقایسه با گرانیت از آثار ریخت‌شناسی ناشی از شدت هوادیدگی کانی‌های مختلف در شرایط اقلیمی مرطوب منطقه بوده است.

واژه‌های کلیدی: *دگرسانی؛ پراش پرتو ایکس؛ میکروسکوپ قطبیده؛ گرمابی.*

مقدمه

هوادیدگی سنگ، معلول فرایندهای فیزیکوشیمیایی زمین است. زمین‌شیمی هوادیدگی علاوه بر اهمیت علمی یک جنبه عملی نیز دارد. هوادیدگی، خاک‌های کشاورزی و جنگلی را که زیر بنای اقتصاد بسیاری از ملت‌هاست بوجود آورده، شیمی آب‌های زیرزمینی و رودها را تغییر داده و بر ماهیت مناظری که در آن‌ها زندگی می‌کنیم تأثیر می‌گذارد[۱]. از آنجا که هوادیدگی حکایت از شرایط حاکم بر یک مقیاس منطقه‌ای دارد، بنابراین بررسی‌های ریز ریخت‌شناسی، ابزارهای مفیدی برای تفسیر فاکتورهای کنترل کننده‌ی هوادیدگی سنگ‌ها و اثر آن‌ها روی تکامل لندفرم‌های هوادیده است. همچنین رابطه‌ی بین مواد تشکیل دهنده‌ی سنگ مادر و کانی‌های رسی ثانویه می‌تواند به براورد درجات متفاوت هوادیدگی کمک کند[۲].

در بررسی‌های به عمل آمده توسط کاسیاس و همکاران [۳] بر خلل و فرج برخی از سنگ‌های گرانیتی هوادیده، مشخص شد که کانی‌های فرومنیزیمی سنگ‌ساز (بیوتیت و هورنبلند منیزیمی) منابع اصلی ایجاد تخلخل در گرانیت

* نویسنده مسئول، تلفن: ۸- ۶۶۹۰۲۷۴ (۰۱۳۱)، نمابر: ۶۶۹۰۲۸۱ (۰۱۳۱)، پست الکترونیکی: hasramezanpour@yahoo.com

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

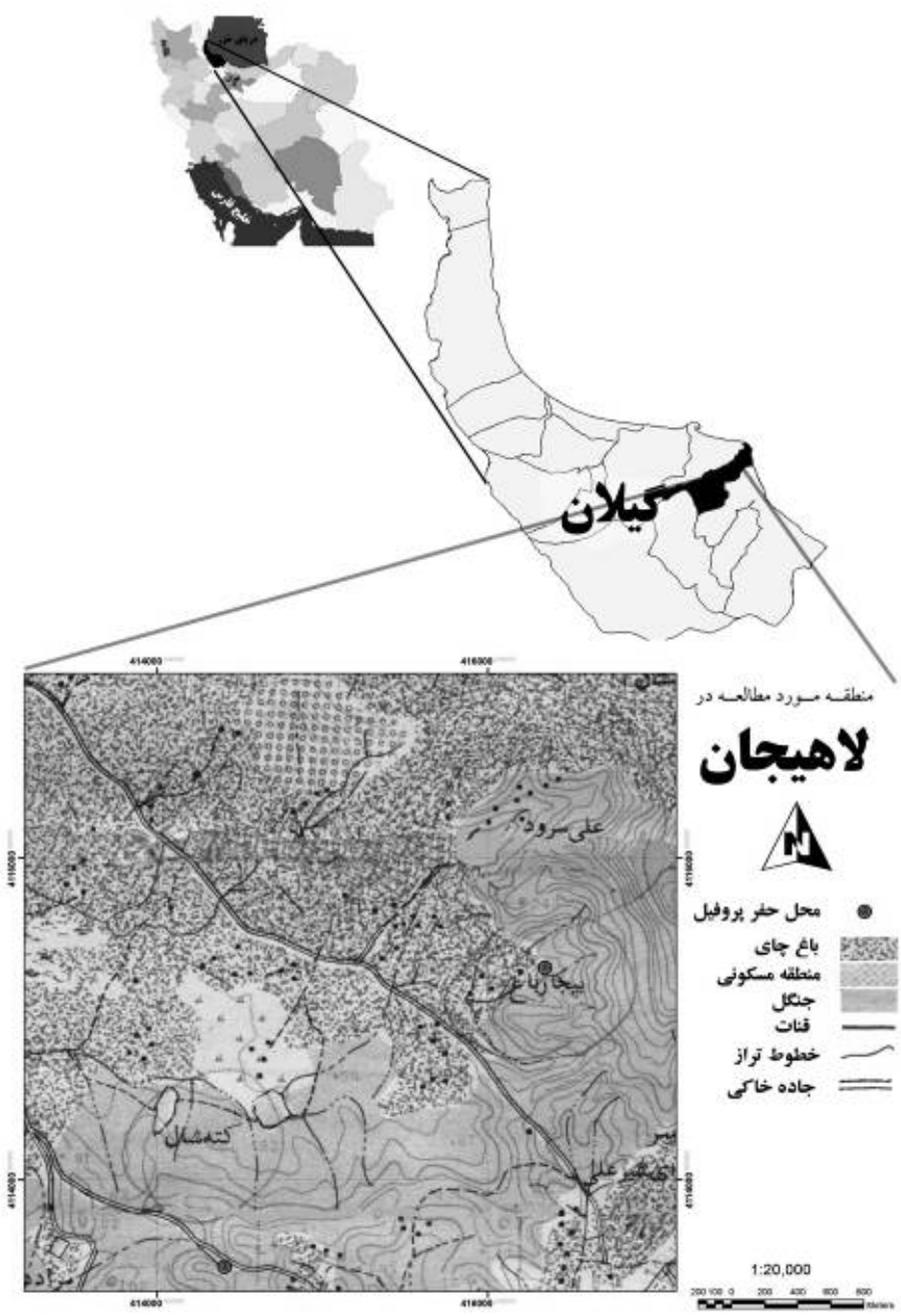
ناهوادیده بوده و نوع کانی‌های ثانویه به وجود آمده در گرانیت هوادیده مقدار تخلخل را در فرایندهای اصلی هوادیدگی کنترل می‌کند. چو و مرموت [۴] در بررسی دو خاک جنگلی تشکیل شده روی سنگ مادر گرانیت، نشان دادند که حجم بالای رس در افق Bt این خاک‌ها تنها به دلیل فرایند ایلوویشن نیست بلکه هوادیدگی درجای کانی‌های اولیه (کلریت) به کانی‌های رسی (هالویسایت لوله‌ای) به افزایش رس در این افق کمک می‌کند. واکنش‌های دگرسانی در افق‌های خاکی و سنگی معمولاً بر پایه‌ی یک یا چند کانی مهم مطرح می‌شود. در تشکیل کلریت از پلاژیوکلاز، پلاژیوکلاز میزبان تحت تأثیر آبگون‌های حاوی آهن و منیزیم در دمای ۲۳۰ تا ۲۸۰ درجه قرار می‌گیرد و با نفوذ آبگون به درون پلاژیوکلاز و در طول رخ-های آن، کلریت به صورت بلورهای‌های بشقابی روی آن رشد می‌کند [۵]. از طرفی تشکیل کلریت از بیوتیت طی یک واکنش گرمابی (۳۳۰-۳۴۰ درجه سانتیگراد) صورت می‌گیرد که برخی از بررسی‌ها، همزمانی این فرایند را با سریسیتی شدن پلاژیوکلاز نشان داده‌اند. احتمالاً در این واکنش‌ها، یون‌های پتاسیم و کلسیم از طریق پخشیدگی در آبگون‌هایی که در هوادیدگی نقش دارند، بین بیوتیت و پلاژیوکلاز مبادله می-شوند[۶]. برخی از کلریت‌ها در مقاطع سنگ و خاک ممکن است حاصل دگرسانی کانی‌های اولیه‌ای چون فلدسپار هنگام تبلور کانی‌های سنگ باشد (لیتوژنیک) ولی برخی از آن‌ها ممکن است به‌صورت خاکزا در اثر فرایندهای خاکسازی از بیوتیت یا کانی‌های دیگر حاصل شوند. برخی بررسی‌ها، تشکیل آمفیبول را در بازالت‌ها ناشی از تأثیر گرمابی‌ها بر کلینوپیروکسن‌های موجود در بازالت می‌دانند [۷]. نوع رس و ترکیب عنصری خاک‌های تشکیل شده از سنگ‌های مادری ناحیه‌ی مورد بررسی که قبلاً آنالیز شدند [۸-۱۰] اساس اطلاعات پایه‌ای در این پژوهش تفضیلی بود. لذا هدف از این پژوهش عبارتند از:

- شناخت کانی‌ها و چگونگی هوادیدگی آن‌ها با میکروسکوپ نوری قطبشی
- مقایسه‌ی نتایج کانی‌شناسی نوری با نتایج ژئوشیمی و نتایج حاصل از پراش پرتو ایکس خاک‌های حاصل از سنگ بسترهای متفاوت.

روش بررسی

اقلیم منطقه‌ی لاهیجان، مرطوب با میانگین بارندگی سالانه ۱۳۱۲ میلیمتر و کمینه و بیشینه‌ی دمای میانگین سالانه به ترتیب ۲٫۸ و ۱۹٫۵ درجه‌ی سانتی‌گراد است. میانگین رطوبت منطقه ۷۷٫۵ درصد و تبخیر و تعرق سالانه ۸۸۴ میلی‌متر است. رژیم گرمایی و رطوبتی خاک به ترتیب ترمیک و یودیک است[۱۱]. از نظر زمین‌شناسی، ناحیه‌ی لاهیجان بیشتر از سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب بازالتی به سن کرتاسه، سنگ-های درونی با ترکیب گرانیتی به سن تریاس و سنگ‌های دگرگون با ترکیب فیلیت و شیست به سن کربونیفر تشکیل یافته است [۱۲]. منطقه‌ی مورد بررسی در ۸ کیلومتری جنوب شرقی لاهیجان واقع شده است. با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و بازدیدهای صحرایی، پدون‌هایی در واحد فیزیوگرافی کوه حفر شدند و پس از تشریح و بررسی خاک، دو پدون شاهد و غالب، یکی در منطقه‌ی بیجار باغ با سنگ‌مادر گرانیتی و در موقعیت جغرافیایی ″۵۰ ،′۱۰ ،°۳۷ عرض شمالی و ″۲۷٫۴ ،′۳ ،°۵۰ طول شرقی و دیگری در منطقه‌ی کته شال با سنگ مادر بازالت آندزیتی و موقعیت ″۴۹ ،′۹ ،°۳۷ عرض شمالی و ″۹٫۶ ،′۲ ،°۵۰ طول شرقی انتخاب شدند. نمونه‌برداری از بستر سنگی و افق‌های مختلف خاک برای بررسی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی رس جداگانه صورت پذیرفت [۸-۱۰]. برای شناسایی کانی‌ها از XRD مدل Philips و مجهز به لامپ مسی با طول موج ۱٫۵۴ آنگستروم و فیلتر مولیبدون استفاده شد، و نمونه‌ها با جریان ۴۰ میلی آمپر و ولتاژ ۴۰ کیلو ولت و 2θ بین ۳۰-۰ درجه‌ی سانتیگراد مورد بررسی قرار گرفتند. برای بررسی‌های ریز ریخت‌شناسی، نمونه‌های دست نخورده به وسیله‌ی جعبه کوبینا از افق‌های مختلف و از مرز برخی افق‌ها برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. برای تهیه‌ی مقاطع نازک از کلوخه‌های برداشت شده، نمونه‌ها در مرحله‌ی اول بوسیله‌ی رزین سه جزئی و در خلأ تلقیح و در شرایط هوای آزاد سخت و خشک شدند. پس از برش نمونه‌ها و صیقل دادن آن‌ها با پودرهای کاربوراندوم در درجات مختلف، با رزین رقیق شده با استن روی لام چسبانده شدند. سپس نمونه‌ها تا رسیدن به ضخامت ۳۰ میکرون روی پودر کاربوراندوم از درشت تا ریز سائیده شدند. پس از پوشش نمونه‌ها با لامل، مقاطع (جمعاً تعداد ۲۵ مقطع صیقلی ۶ x ۷cm) با میکروسکوپ قطبشی بررسی شدند. از سنگ‌های این دو پدون نیز مقطع نازک تهیه شد و کانی‌ها با میکروسکوپ قطبشی مورد شناسایی قرار گرفتند (شکل ۱).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]



شکل ۱ موقعیت مناطق مورد بررسی در شمال ایران.

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. چنان که مقدارpH نشان می-دهد خاک حاصل از سنگ بستر گرانیتی اسیدی‌تر از خاک حاصل از سنگ بستر بازالت آندزیتی است. مقدار رس اندازه-گیری شده در پدون ۲ بیشتر از پدون ۱ است، در حالی‌که مقدار شن عکس این روند را نشان می‌دهد. میزان CEC (ظرفیت تبادل کاتیونی) از حداقل ۳۸ سانتی مول بر کیلوگرم در پدون ۲ به حداقل ۸ سانتی مول برکیلوگرم در پدون ۱ کاهش می‌یابد که افزایش آن در پدون ۲ را می‌توان به مقدار و نوع رس نسبت داد که بیشتر از نوع اسمکتیت است (۱۰،۹،۸).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

جدول ۱ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی.

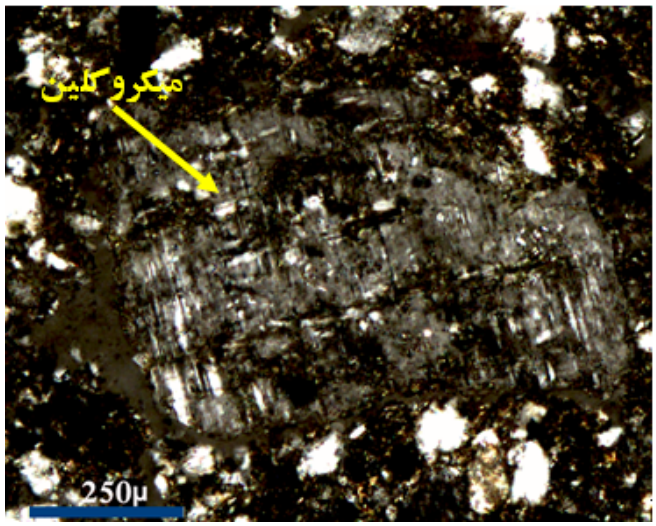
مکان مطالعه	افق	عمق cm	کربن آلی٪	pH	CEC cmol/kg	رس٪	شن٪
پدون ۱- بیجارباغ (گرانیت)	Coarse loamy- skeletal, mixed, mesic Typic Udorthent						
	O	۰-۴	-	-	-	-	-
	A	۴-۲۰	۲٫۲۰	۵٫۳	۱۱	۱۸٫۱	۵۷٫۲
	Crt1	۲۰-۷۰	۰٫۴۷	۵٫۳	۹	۱۴٫۱	۶۵٫۸
	Crt2	۷۰-۱۱۰	۰٫۰۸	۵٫۱	۸	۱۳٫۲	۶۷٫۵
پدون ۲- کته شال (بازالت آندزیتی)	Clayey (fine), mixed , mesic Typic Hapludalf						
	Oi	۰-۳	-	-	-	-	-
	A	۳-۲۰	۲٫۷۳	۵٫۵	۴۹	۳۲٫۳	۲۲٫۶
	Bt1	۲۰-۴۸	۰٫۴۹	۶٫۳	۴۹	۴۳٫۷	۱۴٫۲
	Bt2	۴۸-۷۲	۰٫۳۱	۶٫۲	۵۲	۴۳٫۱	۱۳٫۷
	Bt3	۷۲-۱۰۷	۰٫۲۱	۶٫۱	۴۸	۴۶٫۱	۱۳
	Crt1	۱۰۷-۱۴۱	۰٫۱۷	۶	۳۸	۲۸٫۹	۲۷٫۳
	2Crt2	۱۴۱-۱۷۰	۰٫۱۷	۶٫۱	۳۷	۲۷٫۴	۳۲٫۱

کانی‌شناسی سنگ مادر و افق‌های خاک

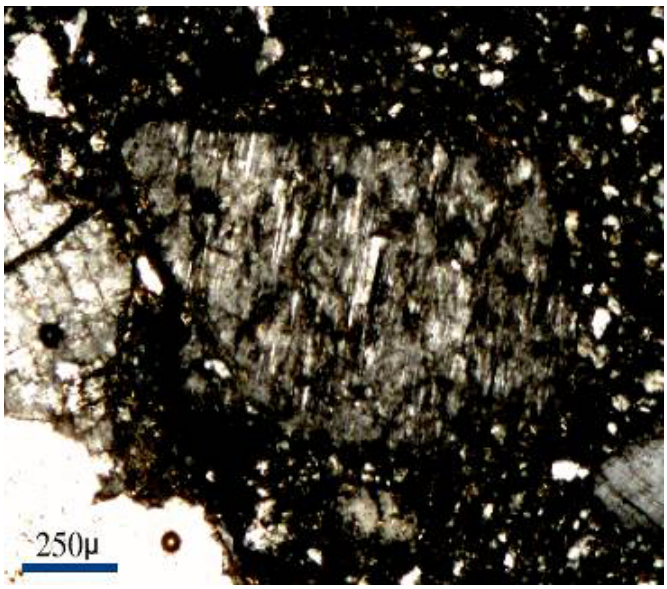
پدون شماره ۱(بیجارباغ): بررسی‌های سنگ‌شناسی و کانی-شناسی روی سنگ‌ها در این پدون نشان می‌دهد که این سنگ‌ها از نوع گرانیت قلیایی هستند. بافت غالب این سنگ‌ها دانه‌دار بوده و کانی‌های تشکیل دهنده‌ی آن‌ها به ترتیب فراوانی عبارتند از کوارتز (۴۰ – ۴۵ ٪)، فلدسپار قلیایی (۳۵- ۴۰ ٪)، پلاژیوکلاز (آلبیت تا ۱۵٪) و میکا (کمتر از ۱۰٪). کوارتزها بیشتر سالم‌اند و گاهی خاموشی موجی نشان می‌دهند و برخی از آن‌ها نیز خرد شده‌اند. فلدسپارهای قلیایی (در خاک و سنگ) بیشتر از نوع ارتوز و برخی میکروکلین (شکل۲) تشکیل شده‌اند. ارتوزها به خوبی بافت پرتیتی (شکل۳) نشان می‌دهند. در این حالت تیغه‌های آلبیت از ارتوز جدا می‌شوند که نشاندهنده‌ی سرد شدگی آرام ماگماست. پلاژیوکلازها بیشتر دارای ماکل پلی‌سنتتیک هستند. هوادیدگی فلدسپار پتاسیم دار و پلاژیوکلازها نیز که در طول مرزها و سطوح رخ این کانی-ها شروع می‌شود، مواد غبار مانند ریزی را بر جای می‌گذارد که در مراحل پیشرفته تر، این مواد به کانی‌های ثانویه (سریسیت و کانی‌های رسی) تبدیل می‌شوند (شکل‌های ۴ و ۵). بررسی میکروسکوپی نیمرخ حاصل از این سنگ بستر نشان داد که علاوه بر کانی‌های یاد شده، بیوتیت نیز در همه‌ی افق‌های خاکی به استثنای افق سطحی این پدون به مقدار بسیار اندک وجود دارد که غالباً به صورت غیر قابل تفکیک همراه با کلریت دیده می‌شود (شکل۶). عدم حضور بیوتیت در افق A را می-توان به ناپایداری این کانی در سطح خاک نسبت داد که نشان دهنده‌ی روند مثبت هوادیدگی به سمت افق‌های بالایی است. همچنین نسبت فلدسپار به کوارتز در افق سطحی خاک کمتر بوده و به سمت افق‌های تحتانی این نیمرخ افزایش داشته است. با توجه به نتایج پراش پرتو X از سنگ مادر این پدون (شکل ۷)، قله‌های ۳٫۳۴ و ۹٫۸۸ آنگسترم به ترتیب به کوارتز و میکا (ایلیت یا سریسیت) و قله‌های ۳٫۷۷ و ۴٫۰۳ آنگسترم به اورتوز و قله‌های ۳٫۲۴، ۴٫۲۵ و ۲٫۹۵ به میکروکلین و قله‌ی ۳٫۱۹ آنگستروم احتمالاً به آلبیت مربوط می‌شود.

سریسیتی شدن یک فرایند غالب در پدون حاصل از سنگ مادر گرانیت است و به مقدار کمتر در پدون واقع بر سنگ مادر بازالت آندزیتی نیز قابل مشاهده بود. در این فرایند سریسیت جانشین فلدسپارها می‌شود و در برخی مقاطع به‌صورت پراکنده در زمینه‌ی خاک و سنگ دیده می‌شود. سریسیت معمولاً یک نوع ریز بلور از مسکویت است [۱۳] ولی ممکن است شامل میکای آبدار (ایلیت) نیز باشد زیرا ایلیت می‌تواند از تبلور دوباره کانی‌های اولیه نظیر فلدسپارهای غنی از K نیز ایجاد شود [۱۴]. نتایج به‌دست آمده از آنالیز XRD نمونه‌ی سنگ این پدون (شکل ۷) حاکی از حضور کانی‌های رسی(ایلیت) و مسکویت در این نمونه است. رشد سریسیت نیازمند افزایش آب و یون پتاسیم است. یکی از خاستگاه‌های یون پتاسیم فرایند کلریتی شدن بیوتیت است. اگلتون و بانفیلد [۶] همزمانی ایندو فرایند را تأیید می‌کنند. بعلاوه تبدیل فلدسپارهای پتاسیم‌دار (مثل ارتوز) به کانی‌های رسی نیز می‌تواند مقداری پتاسیم آزاد کند.

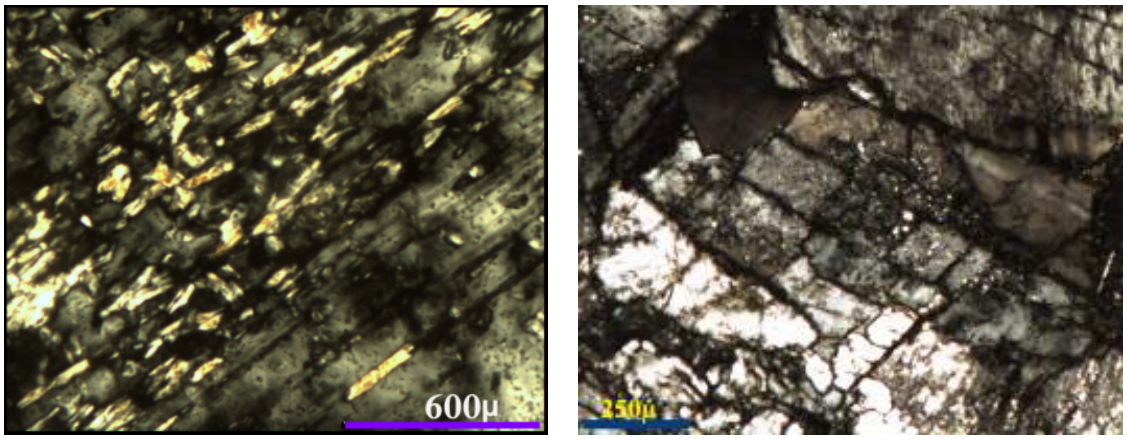
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]



شکل ۲ کانی میکروکلین درافق A و Crt در پدون حاصل از سنگ مادر گرا نیت XPL.

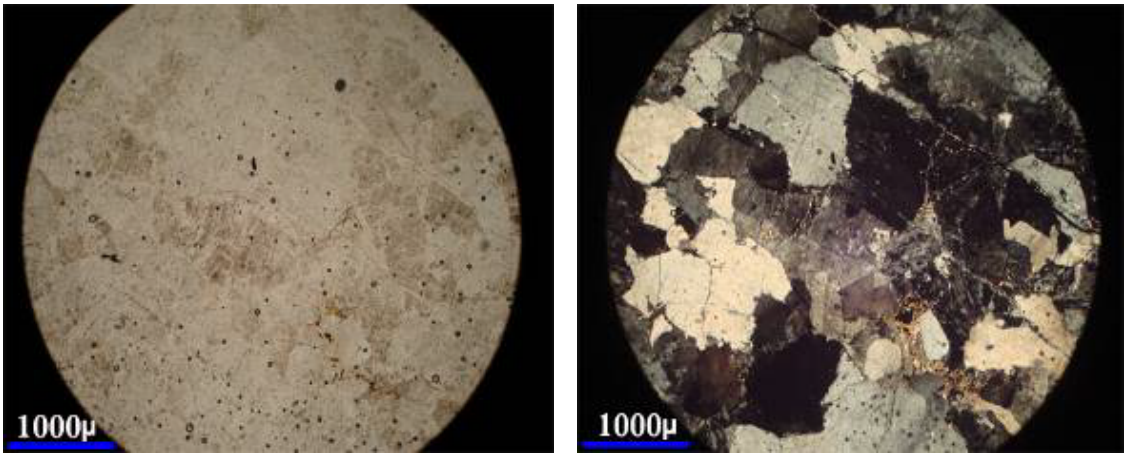


شکل ۳ ارتوز پرتیتی شده درافق A و Crt در پدون حاصل از سنگ مادر گرا نیت XPL.

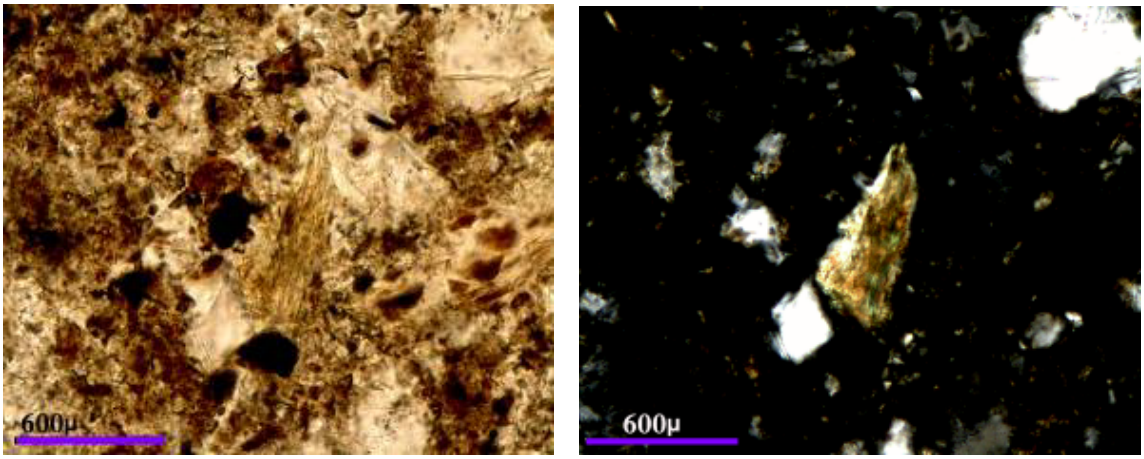


شکل ۴ سریسیتی شدن ارتوز در افق Crt (راست) و فلدسپار آلبیتی که در طول سطوح رخ خود در حال تبدیل به سریسیت است (چپ) در پدون حاصل از سنگ مادر گرا نیت – XPL

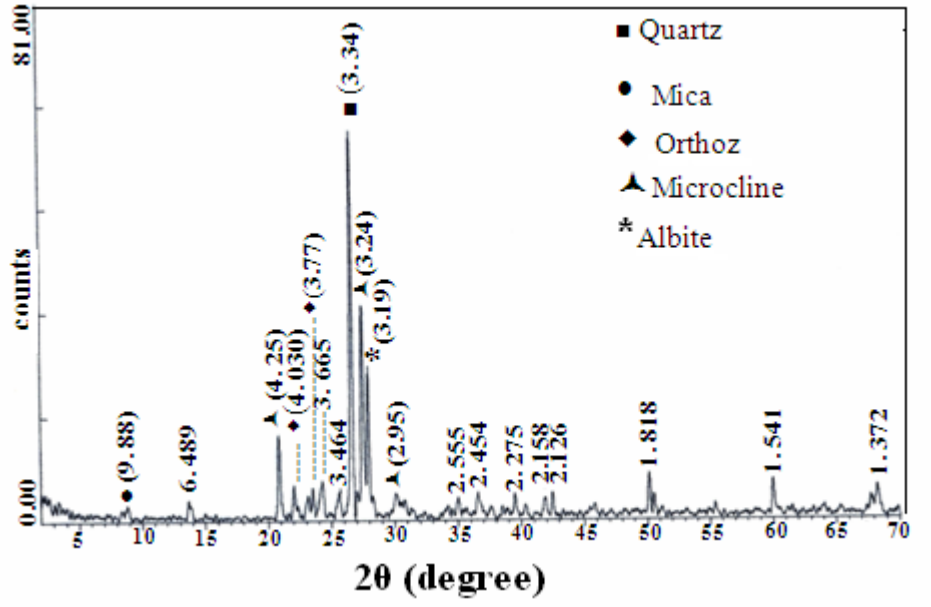
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]



شکل ۵ مقطع سنگ گرا نیت هوادیده حاوی ارتوزهای پرتیتی و رسی شده و پلاژیوکلازهای سریسیتی شده همراه کوارتزهای سالم- راست XPL، چپ PPL.



شکل ۶ حضور بیوتیت مخلوط با کلریت در پدون حاصل از سنگ مادر گرا نیت - راست XPL، چپ PPL.



شکل ۷ پراش نگاشت پرتو ایکس سنگ مادر هوادیده‌ی گرانیت.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

در واکنش زیر یون K^+ جایگزین Na^+ می‌شود:

$$3NaAlSi_3O_8 + K^+ + 2H^+ \rightarrow KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2 + 6SiO_2 + 3Na^+$$

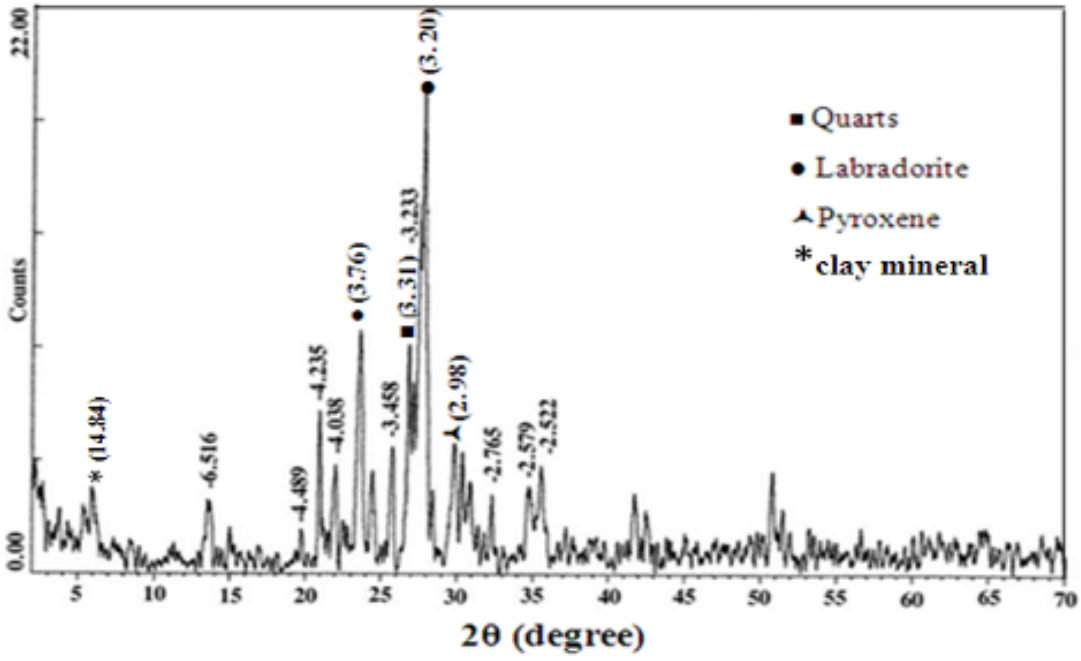
SiO_2 آزاد شده در این واکنش ممکن است یا به صورت کوارتز بلورین نهشته شود یا به صورت ژل آمورف سیلیسی باقی بماند. در مراحل پایانی دگرسانی، بقایای محلول Si موجود در محلول‌های گرمابی، کوارتز ثانویه را تشکیل می‌دهند و این کوارتزهای ثانویه اساساً به‌صورت موزائیک، ریز بلور و با خاموشی موجی موضعی در زمینه یا خمیره ظاهر می‌شوند. احتمالاً فرایند کلریتی شدن فلدسپارها در این مرحله و پس از سریسیتی شدن رخ می‌دهد. نتایج [۱۵] این حالت را تأیید می‌کند. از موارد قابل مشاهده در مقاطع سنگ و خاک‌های وابسته به این نیمرخ وجود اکسیدهای آهن در درز و رخ سنگ-ها و نیز زمینه‌ی خاک است که احتمالاً به آزادسازی آهن از کانی‌ها وابسته است [۱۳]. وجود کائولینیت در افق سطحی این پدون که با XRD تأیید شده [۸-۱۰] احتمالاً در اثر هیدرولیز شدید سریسیت در این افق ایجاد می‌شود در واقع هیدرولیز شدید سیلیکات‌های آلومینیوم‌دار (محیط اسیدی) طی واکنش-های زیر موجب تشکیل کانی‌های رسی می شده است. [۱۶] :

$$\text{آلکالی فلدسپار} + H^+aq \rightarrow \text{سریسیت} + K^+aq + SiO_2$$

$$\text{سریسیت} + H_2O + H^+aq \rightarrow \text{کائولینیت} + K^+aq$$

از نظر شیمیایی این نوع دگرسانی در حضور حجم زیادی از آب در محیط سیستم تشکیل می‌شود [۱۶]. از طرفی کانی‌های رسی ورمیکولیت و HIV موجود در این پدون [۸] احتمالاً از هوادیدگی میکا (سریسیت) و بیوتیت ایجاد شده است.

پدون شماره ۲ (کته شال): بررسی‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد که بافت سنگ‌های این منطقه پرفیریک با خمیره‌ی شیشه ای و کانی‌های اصلی آن شامل پلاژیوکلاز کلسیک (لابرادوریت حدود ۳۵٪)، کلینوپیروکسن (۲۰٪)، اولیوین (۱۰٪) و کانی‌های کدر (کمتر از ۵٪) است. پدیده‌ی کلریتی شدن اولیوین‌ها و سوسوریتی شدن پلاژیوکلازها غالب بوده بعلاوه کلینوپیروکسن‌ها در مواردی به آمفیبول و یا مخلوطی از کلریت، اپیدوت و پرهنیت تبدیل شده‌اند. نتایج پراش پرتو X از سنگ مادر این پدون وجود این کانی‌ها را تأیید می‌کند (شکل ۸)، به‌طوری که قله‌ی ۳٫۳۱۷ Å به کوارتز، قله‌های ۳٫۲۰۹ Å و ۳٫۷۶ Å به لابرادوریت و قله‌ی ۲٫۹۸۹ Å به پیروکسن مربوط می‌شود.



شکل ۸ پراش نگاشت پرتوایکس از سنگ مادر کم هوادیده بازالت آندزیتی.

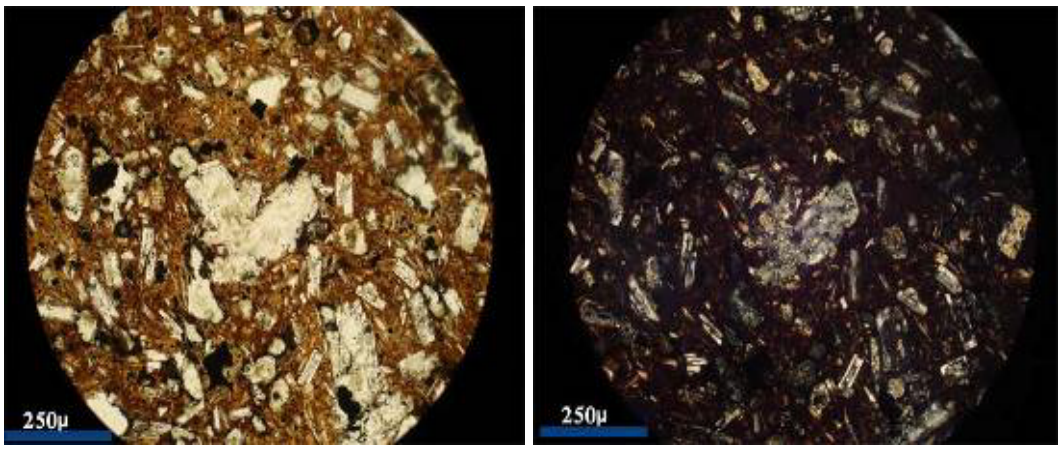
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

در مقاطع تهیه شده از حدفاصل افق‌های Crt1 و 2Crt2 منطقه‌ی کته شال، لیتورلیکت‌هایی مشاهده می‌شوند که دارای خمیره‌ای از میکرولیت‌های ریز پلاژیوکلاز و نیز فنوکریست‌های پلاژیوکلازاند و در کل از لحاظ کانی‌شناسی مشابه سنگ‌های آندزیت بازالتی موجود در منطقه است و نیز مقدار پیروکسن در بخش‌های تحتانی این پدون به میزان چشم‌گیری کاهش یافته است. بنابراین به نظر می‌رسد بخش تحتانی این پدون را یک دایک آندزیتی قطع کرده باشد (شکل۹).

تبدیل اولیوین به کلریت یا بولنژیت (مخلوطی از کلریت، اکسید آهن و کانی‌های رسی) به‌صورت غالب در این پدون رخ می‌دهد (شکل ۱۰). این نوع دگرسانی مخصوصاً در سنگ‌های بازی و ابر بازی غنی از Mg که اولیوین‌ها ترکیبی نزدیک به فورستریت دارند، یافت می‌شود. این فرایند در بسیاری موارد با اضافه شدن مقداری Al ، احتمالاً K و مقادیر مختلفی آب به اولیوین صورت می‌گیرد. همچنین مقداری Mg نیز ممکن است در این فرایند خارج شود [۱۷]. در اینجا اولیوین کانی فرعی فاز ماگمایی است که به‌دلیل قرار گرفتن در بخش بالای سری گلدیش به‌عنوان یکی از ناپایدارترین کانی‌های سیلیکاتی شناخته می‌شود. به‌همین دلیل در اکثر افق‌های این نیمرخ اولیوین‌ها کاملاً تبدیل شده‌اند و فقط قالبی از آن‌ها باقی مانده است (دروغ‌ریختی) که نشانه‌ی هوادیدگی درجاست.

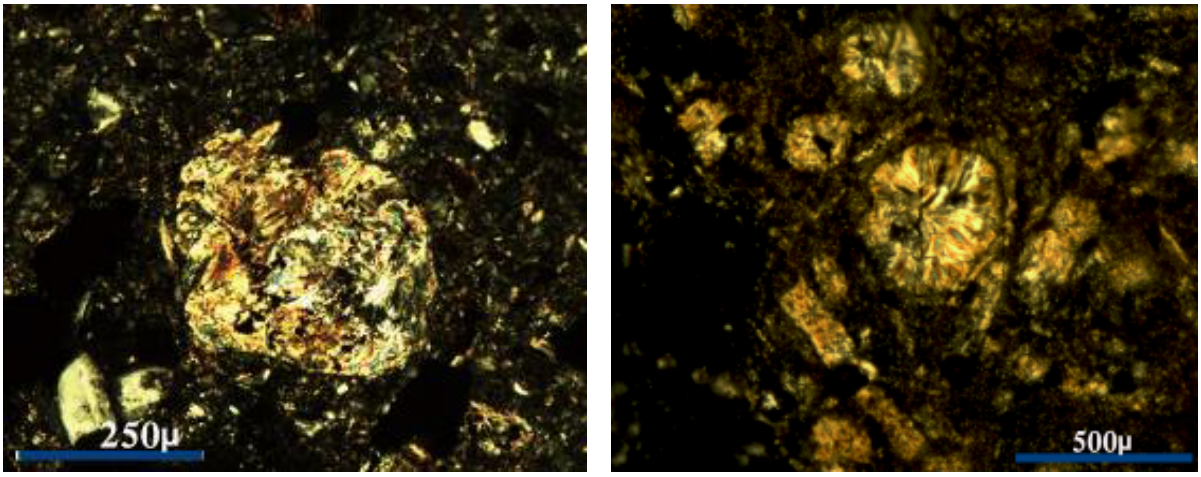
نتایج بدست آمده از آنالیز XRD افق Aی این پدون (شکل۱۱) حاکی حضور کلریت به مقدار جزئی در این نمونه است که نتایج میکروسکوپی را تأیید می‌کند. در اینجا حضور قله‌ی ۳٫۵۱ Å در تیمار K-۱۱۰ گویای حضور این کانی است هرچند نتایج پرتو ایکس در افق‌های مختلف نشان داده که در بخش رس تقریباً تمام کلریت‌ها به دلیل pH نسبتاً اسیدی خاک تخریب شده و بیشتر در اندازه‌ی سیلت هستند.

اورالیتی شدن نوع دیگر دگرسانی است که در آن بلورهای پیروکسن بر اثر آبگیری به آمفیبول سبز رشته‌ای (اورالیت) تبدیل می‌شوند (شکل۱۲). این آمفیبول ماگمایی (اولیه) نیست بلکه در شرایط پس از تشکیل سنگ و در دمای پایین تشکیل شده است. خروج Ca، Mg و Si در این شرایط می‌تواند موجب تشکیل کوارتز و اپیدوت می‌شود. این نوع دگرسانی در افق‌های A، Bt1 و Bt2 پدون حاصل از ساپرولایت بازالت آندزیتی به وضوح دیده می‌شود. همچنین بررسی پیروکسن‌ها در طول نیمرخ نشان می‌دهد که نسبت پیروکسن‌های ریز به درشت به سمت افق‌های سطحی در حال افزایش است و حضور مقدار اندکی پیروکسن درشت در سطح می‌تواند ناشی از انتقال آن‌ها از بالا دست باشد (شکل۱۳). لازم به یادآوری است که بیشتر پیروکسن‌های موجود در مقاطع بررسی شده از نوع کلینوپیروکسن هستند. در این پدون آثاری از تبدیل پلاژیوکلاز به سریسیت و کلریت (به‌صورت شعاعی) و گاهی به کانی‌های رسی دیده می‌شود به‌طوری که در بیشتر موارد قالب پلاژیوکلاز حفظ شده ولی به‌طور جزئی یا کامل به محصول‌های هوادیده تبدیل شده‌اند (شکل‌های ۱۴ و ۱۵). حضور اسمکتیت در افق‌های این پدون که با XRD نیز تأیید می‌شود [۸-۱۰] احتمالاً در اثر هوادیدگی پیروکسن یا کلریت ایجاد شده است [۱۸]. از آنجا که برای پایداری اسمکتیت به عناصر Mg وSi نیاز است[۱۹] لذا به‌نظر می‌رسد با تخریب کانی‌های اولیوین و کلریت، Mg تأمین شده و چون دمای سیستم پایین است لذا Si زیادی از سیستم خارج نمی‌شود و شرایط برای تشکیل اسمکتیت فراهم خواهد شد.

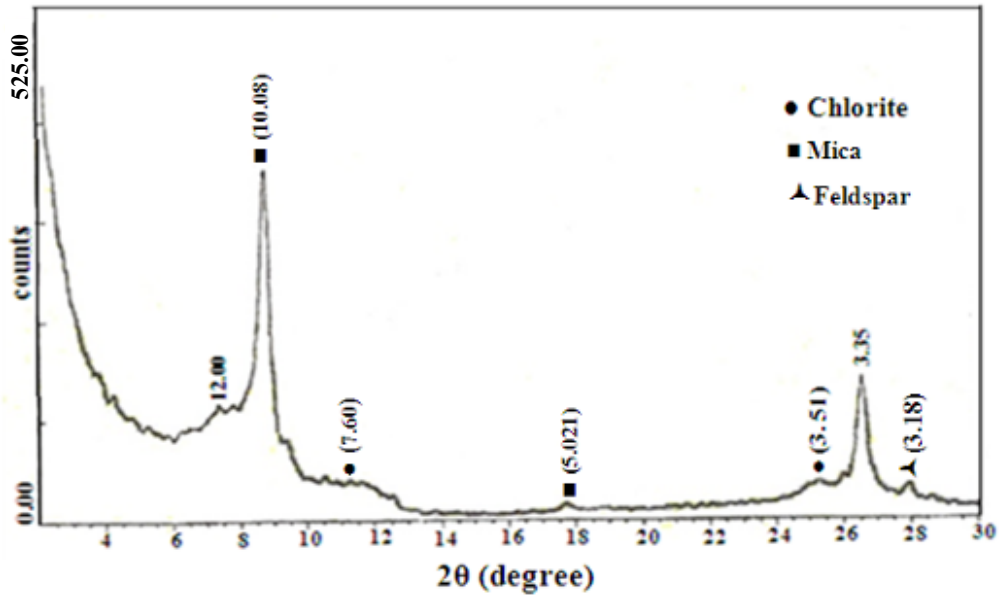


شکل ۹ نمای میکروسکوپی از یک دایک آندزیتی در پدون ۲ حاوی پلاژیوکلاز در یک خمیره‌ی شیشه ای کاملاً رسی و اکسید شده- سمت راست XPL و چپ PPL.

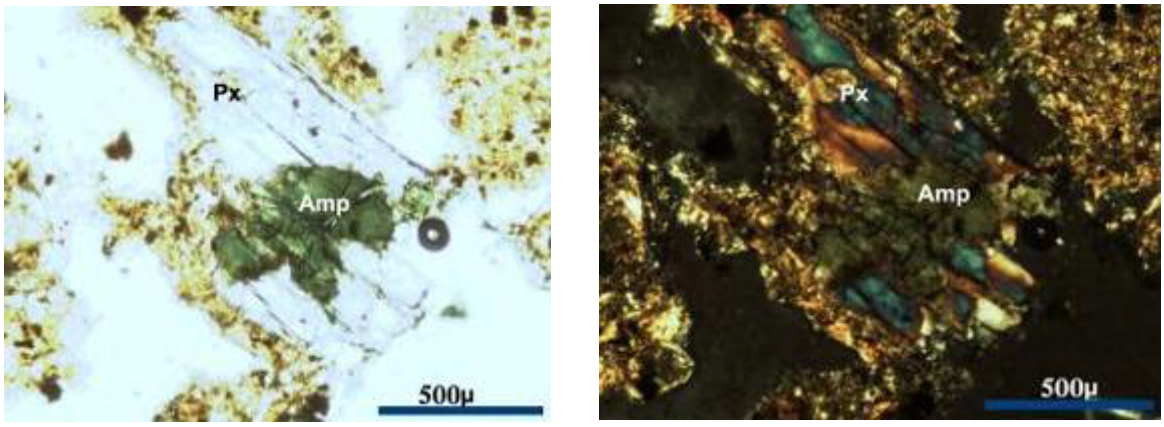
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]



شکل ۱۰ هوادیدگی اولیوین به کلریت درافق Bt1 (سمت راست) و افق A (سمت چپ) پدون ۲- XPL.

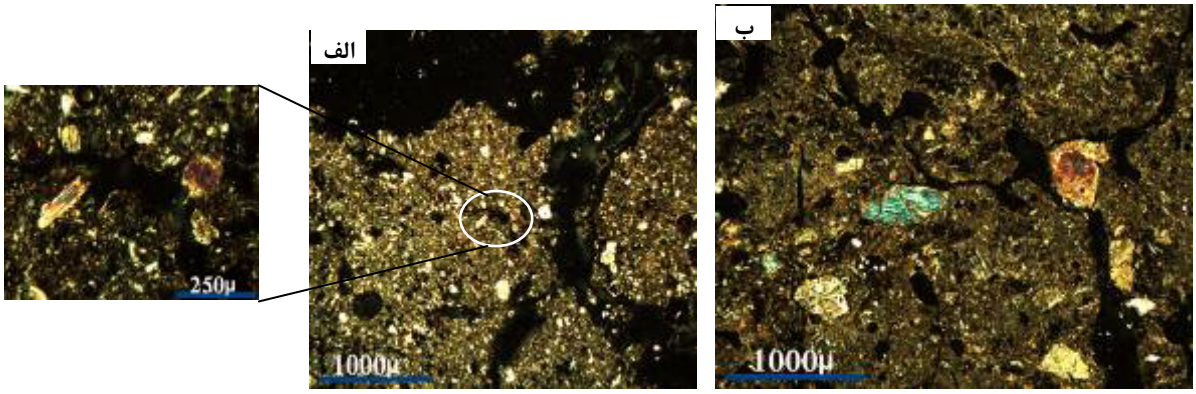


شکل۱۱ پراش نگاشت پرتو ایکس رس افق A (تیمار K-110) پدون ۲.

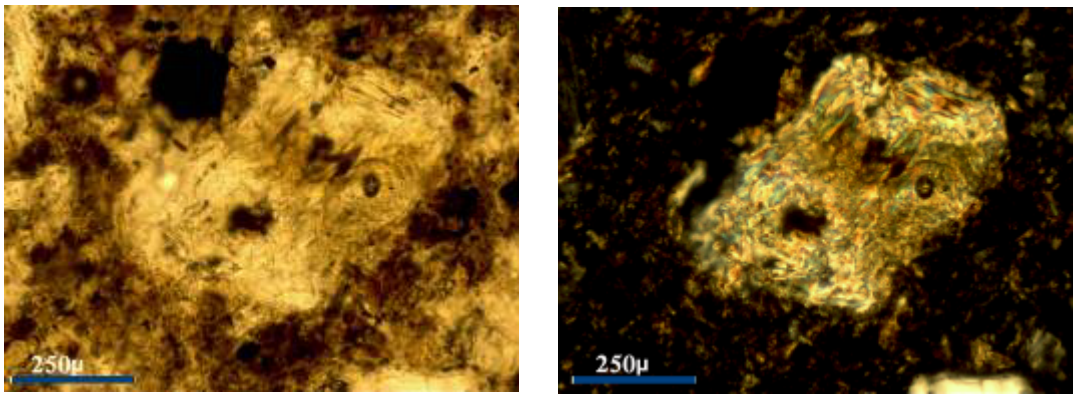


شکل ۱۲ هوادیدگی پیروکسن (Px) به آمفیبول (Amp) در افق Bt2 پدون ۲- سمت راست XPL و چپ PPL.

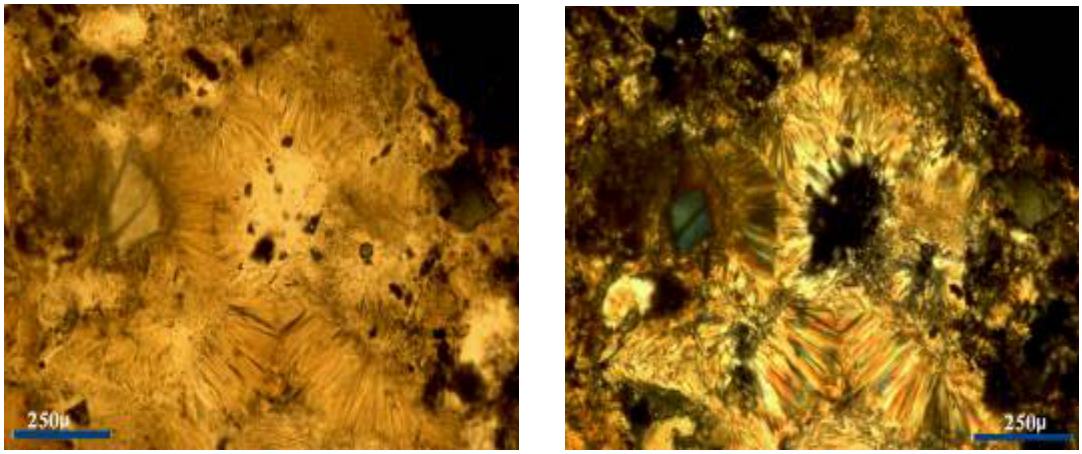
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]



شکل ۱۳ حضور پیروکسن‌های ریز در افق A (الف) و پیروکسن‌های درشت تر در افق Bt1 (ب) پدون ۲- XPL.



شکل ۱۴ هوادیدگی فلدسپار به کلریت در افق A پدون ۲- تصویر سمت راست XPL و چپ PPl.



شکل ۱۵ حضور کلریت شعاعی در افق Bt2 پدون ۲- تصویر سمت راست XPL و چپ PPl.

شیمی سنگ مادر و افق‌های خاک

مقایسه‌ی درصد وزنی برخی عناصر کل موجود در خاک‌های حاصل از دو نوع سنگ بستر نشان می‌دهد (جدول۲) که میانگین درصد وزنی اکسیدهای وابسته به‌عناصر Mg, Ca و Fe در خاک پدون حاصل از بازالت آندزیتی، بیشتر از گرانیت است ولی میانگین درصد وزنی اکسیدهای وابسته به Na و K در خاک پدون حاصل از سنگ بستر گرانیت بالاتر از بازالت آندزیتی است. نتایج به‌دست آمده از مشاهدات میکروسکوپی داده‌های بالا را تأیید می‌کند، به‌طوری که در بررسی مقاطع مربوط به پدون حاصل از گرانیت، فلدسپارها از نوع میکروکلین،

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

جدول ۲ مقدار برخی عناصر کل حاصل از آنالیز با XRF.

آنالیز XRF / افقها	Na_2O	MgO	K_2O	Cao	Fe_2O_3
گرانیت					
A	۲٫۲۰	۰٫۷۵	۲٫۵۱	۰٫۴۲	۲٫۱۱
Crt1	۱٫۳۵	۱٫۸۱	۲٫۵۸	۰٫۷۰	۳٫۸۴
Crt2	۱٫۶۱	۰٫۷۳	۲٫۱۳	۰٫۳۷	۲٫۸۶
R	۳٫۳۶	۰٫۳۲	۵٫۴۸	۰٫۵۴	۱٫۵۲
بازالت آندزیتی					
A	۰٫۹۳	۶٫۰۵	۱٫۱۱	۳٫۰۳	۱۱٫۲۴
Bt1	۰٫۷۱	۵٫۱۵	۱٫۰۳	۲٫۷۸	۱۲٫۳۳
Bt2	۰٫۶۷	۵٫۹۵	۱٫۲۹	۳٫۶۵	۱۱٫۶۳
Bt3	۱٫۰۳	۵٫۲۲	۱٫۳۰	۲٫۴۴	۱۲٫۹۴
Crt1	۱٫۱۶	۸٫۷۶	۰٫۶۵	۳٫۵۷	۸٫۸۵
2Crt2	۰٫۶۷	۶٫۱۱	۱٫۵۳	۳٫۳۷	۱۰٫۰۶
R	۳٫۰۴	۰٫۹۲	۷٫۶۴	۳٫۳۱	۳٫۵۸

اورتوز (پتاسیم‌دار) و آلبیت هستند که دلیل بالا بودن مقادیر Na و K در این پدون نسبت به بازالت آندزیتی است. بالا بودن نسبی مقدار K در سنگ بازالت آندزیتی (R) نسبت به گرانیت ممکن است به حضور کانی رسی ثانویه در نمونه‌ی هوادیده‌ی آن وابسته باشد (قله‌ی ۱۴٫۸۴ در شکل ۸) که می‌تواند مقداری از K را در خود نگهداری کرده و از آبشویی آن جلوگیری کند. از طرف دیگر حضور کانی‌هایی چون پیروکسن، اولیوین و پلاژیوکلاز کلسیک در نیمرخ حاصل از بازالت، بالا بودن مقادیر کل عناصر Mg، Ca وFe را در این نیمرخ نسبت به گرانیت توجیه می‌کند.

برداشت

شرایط اقلیمی منطقه موجب شده است تا دگرسانی متوالی و پیوسته‌ی سنگ و خاک صورت گیرد و در اثر تشدید هوادیدگی، برخی کانی‌های مقاوم نیز دستخوش تخریب شوند. همچنین تشکیل افق‌های ژنتیکی تکامل یافته زیر سطحی (افق Bt) و ضخامت زیاد سولوم خاک در نیمرخ حاصل از بازالت آندزیتی را می‌توان به حضور بیشترکانی‌های تخریب پذیری چون پیروکسن، اولیوین و پلاژیوکلاز کلسیمی و عدم تشکیل افق تکامل یافته در نیمرخ حاصل از گرانیت را به حضور بیشتر فلدسپارهای پتاسیمی و سریسیت‌های مقاوم‌تر به تجزیه نسبت داد.

مراجع

[۱] مر ف.، مدبری س.، *"مبانی زمین شیمی"*، تهران نشر دانشگاهی، (۱۳۷۷) ۷۸۸صفحه.

[2] Jiménez-Espinosa R., Vázquez M., Jiménez-Millán J., *"Differential weathering of granitic stocks and landscape effects in a Mediterranean climate, Southern Iberian Massif (Spain)"*, Catena 70(2007) 243–252.

[3] Cassiaux M., Proust D., Shtari-Kauppi M., Sardini P., Leutsch Y., *"Clay minerals formed during propylitic alteration of a granite and their influence on primary porosity: a multi-scale approach"*, Clays and clay minerals. 54(2006) 541-554.

[4] Cho H.D., Mermut A.R., *"Pedogenesis of two forest soils (Kandiustults) derived from metamorphosed granite in Korea",* Soil Sci. Soc. Am. J. 56(1992) 517-525.

[5] Suzuki M., Tagai T., Hoshi T., Takeda H., *"Oriented growth of chlorite and zoisite in plagioclase as alteration products- examples of graphoepitaxy-",* Mineralogical J. 17(1994) 181-188.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

[6] Eggleton R.A., Banfield J.F., *"The alteration of granitic biotite to chlorite",* American Mineralogist. 70(1985) 902-910.

[۷] جوانمردی م.، داودیان دهکردی ع.، *"بررسی بازالت‌های جنوب اسد آباد در شمال خاوری کوهپایه (استان اصفهان) با نگاهی بر دگرگونی با درجه بسیار ضعیف رخ داده بر آنها"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱(۱۳۸۸) ص ۲۹-۴۲.

[۸] رمضانپور ح.، حسامی ر.، زنجانچی م.، *"کانی‌شناسی بخش رس و ژئوشیمی خاک‌های تشکیل شده از سنگ‌های مادری دگرگون و آذرین قلیایی در ناحیه لاهیجان"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۲(۱۳۸۶) ص ۳۸۳-۴۰۰.

[۹] فرهنگی ن.، *"تأثیر مواد مادری روی برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌های گیلان"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، (۱۳۸۴).

[۱۰] حسامی ر.، *"مطالعه آبشویی، انتقال مواد و تکامل خاک در برخی خاک‌های جنگلی ناحیه لاهیجان"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان،(۱۳۸۴).

[۱۱] موسسه خاکشناسی وحاصلخیزی خاک، *"گزارش ارزیابی منابع و استعداد اراضی چابکسر، رشت، بندر انزلی"*، نشریه ش ۴۱۴(۱۳۵۳).

[۱۲] درویش زاده ع.، *"زمین‌شناسی ایران"*، نشر دانش امروز، (۱۳۷۰) ۹۰۱ صفحه.

[13] Arocena J.M., Pawluk S.M., Dudas J., *"Sericites in feldspars as source of 2:1 phyllosilicates in selected sandy soils",* Soil Sci. Soc. Am. J. 57(1993) 1634-1640.

[14] Fanning D.S., Keramidas V.S., El-Desoky M.A., *"Micas. Pages 551-634 In: Dixon and S. B. Weed, eds. Minerals in soil environments. 2nd ed",* SSSA Book Series No. 1. Madison, WI.(1989).

[15] Lee K.Y., *"Some hydrothermal effects in a volcanic rock from a Well Boring Sanborn County South Dakota"*, State geological Survey, Vermillion,(1957) 117-122.

[۱۶] اسماعیلی د.، افشونی ز.، ولی زاده م.، *"بررسی کانی-شناسی و رفتار عناصر خاکی در زون‌های دگرسان گرمابی توده گرانیتوئیدی آستانه (جنوب باختری اراک، استان مرکزی)"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱(۱۳۸۸) ص ۶۵- ۷۲.

[17] Delvigne J., Bisdom E.B.A., Sleeman J., Stoops G., *"Olivines, their psudomorphs and secondary products. Pe´dologie"*, 29 (1979) 247–309.

[18] Allen B.I., Hajek B.F., *"Mineral occurrence in soil environments",* In: J.B. Dixon and S.B. Weed. Minerals in soil environment. 2nd edition. Soil Sci. Soc. A.Madioson, WI 1989.

[19] Borchardt G., Smectite In: J.B.Dixon and S.B. Weed (ed), *"Mineral sin soil envoironments."*, 2^{nd} edition. Soil Sci. Am. Madison, WI. (1989) 675-718.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]