



## تشکیل کانی‌های کلسیم‌دار در خاک سطح مشترک سنگ گرانیت- گلسنگ در شیرکوه استان یزد

دولت خسرویانی<sup>۱</sup>، جواد گیوی<sup>۱</sup>، علیرضا داوودیان دهکردی<sup>۲</sup>  
۱- گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، ۲- گروه زمین‌شناسی دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد

### چکیده

سطح مشترک بین سنگ و گلسنگ به عنوان مکان انجام فعالیت‌های فیزیکی و شیمیایی فراوانی شناخته شده است. در این مطالعه کانی کلسیم‌دار در سطح مشترک گلسنگ - سنگ گرانیت در شیرکوه استان یزد مورد بررسی قرار گرفت. سه نمونه از خاک بین سطح مشترک گلسنگ-گرانیت و سنگ دست نخورده آنها از شیرکوه جمع‌آوری گردید. آنالیز پراش اشعه ایکس به روش پودری بر روی خاک و مطالعه میکروسکوپی بر روی مقطع نازک نمونه‌های سنگ گرانیت انجام شد. نتایج حاصل از پراش اشعه ایکس حضور کانی‌های ثانویه اگزالات کلسیم منوهیدرات، کلسیت و دولومیت را در سطح مشترک گلسنگ-گرانیت تأیید می‌کند. رسوب این کانی‌ها با گلسنگ و از طریق ترشح اسیدهای آلی و واکنش آنها با ترکیبات سنگ قابل توجه است. حضور این کانی‌ها در یک سنگ فقیر از کلسیم مانند گرانیت قابل توجه می‌باشد، و نقش بیولوژیکی گلسنگ را در فرایند هوادیدگی و بیوتجمع عناصر به خوبی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: گلسنگ، گرانیت شیرکوه، اگزالات کلسیم، کربنات کلسیم

### مقدمه

گلسنگ‌ها از قدیمی‌ترین استعمارگران سکونتگاه‌های زیستی بر روی زمین می‌باشند و از جمله موفقیت‌آمیزترین شکل همزیستی را دارا هستند (Seaward, ۱۹۹۷). گلسنگ‌ها بیش از ۱۰٪ رویشگاه‌های خاکی روی زمین به‌ویژه ارتفاعات را پوشانده‌اند (مهر و حاجی منیری، ۱۳۸۷). گلسنگ که نمایش همزیستی قارچ و جلبک است در انواع محیط‌های طبیعی پراکنده است و از آنجا که رشدی آرام و عمری طولانی دارد، در تمام فصول سال قابل مشاهده است. گلسنگ‌ها پیش‌تازانی هستند که بر سطوح برهنه سنگ‌ها ظاهر می‌شوند و به واسطه‌ی طبیعت پوئی کیلوهیدر خود با بردباری شرایط نامساعد را تحمل می‌کنند. از این روی یکی از مهم‌ترین عامل زیستی تشکیل خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک هستند. سطح مشترک بین سنگ و گلسنگ امروزه به‌عنوان مکان انجام فعالیت‌های فیزیکی و شیمیایی فراوانی شناخته شده است (Chen et al., ۲۰۰۰).

قبلاً این تصور وجود داشت که گلسنگ‌ها ممکن است نقش کمی در فرایند هوادیدگی شیمیایی سنگ‌ها داشته باشند. دلیل آن نیز غیر محلول بودن ترکیبات گلسنگ در آب بود (Iskandar and Syers, ۱۹۷۲). این محققین شواهد عینی بیان کردند که فرایندهای شیمیایی عمده توسط گلسنگ‌ها که با حل کانی‌ها همراه است شامل (۱) تولید CO<sub>2</sub> تنفسی، (۲) دفع اسید اگزالات، و (۳) تولید ترکیبات بیوشیمیایی با قابلیت تشکیل کمپلکس می‌باشد.

(Jackson and Keller (۱۹۷۰) یافتند که CO<sub>2</sub> تنفسی گلسنگ می‌تواند در واکنش با آبی که توسط گلسنگ ذخیره می‌شود با تولید اسید کربنیک، به‌طور مؤثری در کاهش pH موضعی در میکرومحیط و بنابراین کمک به تسریع سرعت هوادیدگی شیمیایی مؤثر باشد. همچنین Prieto & Silva (۲۰۰۳) نتایج فرمیشن کربنات کلسیم را در تالوس گلسنگ موجود بر روی گرانیت گزارش کردند. Vingiani et al. (۲۰۱۳) هوادیدگی و به دام افتادن ذرات را در سطح مشترک سنگ-گلسنگ در محیط آتشفشانی در ایتالیا گزارش کردند.

(Scarciglia et al. (۲۰۱۲) نقش ۵ گونه گلسنگ را در هوادیدگی گرانودیوریت‌های جنوب ایتالیا مطالعه کردند. در این مطالعه از تکنیک‌های مختلفی استفاده شد تا خصوصیات فیزیکی سطح سنگ ناشی از هوادیدگی بیوفیزیکی گلسنگ و خصوصیات شیمیایی خاک بین سطح مشترک گلسنگ-سنگ مورد مطالعه قرار گیرد، و تأثیر هر نوع گونه گلسنگ بر روی سنگ به صورت مجزا مورد مطالعه قرار گرفت. در بررسی برخی از گونه‌ها اگزالات اسید ترشح نشده بود، اما حضور سایر اسیدهای آلی همچنان روند هوادیدگی را تحت تأثیر قرار می‌داد.

(Jackson et al. (۲۰۱۵) هوادیدگی و تشکیل کانی‌های ثانویه رسی را بر روی گنیس پوشیده شده از گلسنگ و خزه مورد مطالعه قرار دادند. این محققین دریافتند که خزها قادر به نگهداری آب بیشتری می‌باشند و از طرفی شرایط بهتری برای تشکیل کلسیت و کاتولینیت بر روی گنیس فراهم شده است.

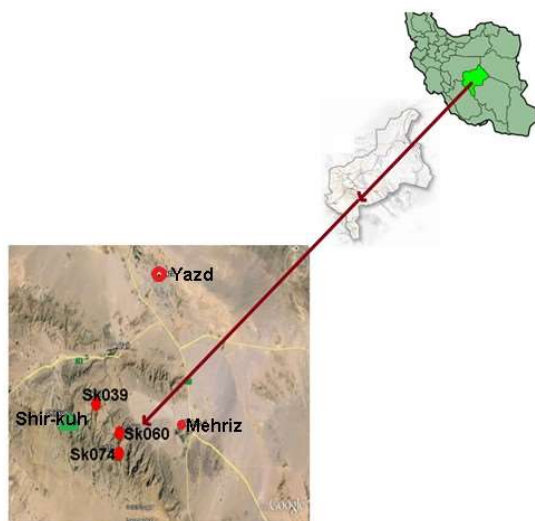
در این تحقیق سعی شده است نقش گلسنگ‌ها در فرایند هوادیدگی بیوشیمیایی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک که با انحلال کانی‌ها و بیوتجمع عناصر غذایی شرایط را برای رشد گیاهان متکامل تر و بنابراین فرایند خاکسازی بهتر فراهم می‌سازند، بررسی شود.

## مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان یزد در باتولیت گرانیتوئیدی شیرکوه با سن ژوراسیک میانی درون بلوک یزد از خرده قاره‌ی ایران مرکزی واقع گردیده است. این باتولیت از سه واحد اصلی گرانودیوریتی، مونزوگرانیتی و لوکوگرانیتی تشکیل شده است. سه نقطه مطالعاتی در شیب‌های شمالی شیرکوه انتخاب گردید (شکل ۱). در نقاط مورد نظر نمونه خاک تشکیل شده در سطح مشترک گلسنگ و سنگ گرانیت (L۰۶۰، L۰۳۹، L۰۷۴)، و نمونه سنگ گرانیت (SK۰۷۴، SK۰۳۹، SK۰۶۰)، جمع‌آوری گردید. در آزمایشگاه نمونه خاک‌ها از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. نمونه خاک‌های عبوری از الک بعد از آسیاب شدن، به روش پودری توسط دستگاه پراش اشعه ایکس مدل Bruker D8 در دانشگاه شهرکرد مورد تجزیه قرار گرفت و دیفرکتوگرام آن رسم گردید. سپس با استفاده از منابع موجود (Dixon & Weed, ۱۹۸۹; Adamo & Violante, ۲۰۰۰) تفسیر پیک‌ها انجام شد. کانی‌شناسی سنگ گرانیت با تهیه مقطع نازک از سنگ و مطالعه توسط میکروسکوپ پلاریزان انجام گردید.

## نتایج و بحث

مطالعه کانی‌شناسی مقطع نازک نمونه سنگ در مطالعه مقطع نازک نمونه‌های سنگ SK۰۳۹ و SK۰۷۴ در زیر میکروسکوپ پلاریزان به ترتیب فراوانی و اندازه بلورها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار و بیوتیت می‌باشند. کانی مسکویت نیز به مقدار بسیار معدود مشاهده گردید. نمونه سنگ SK۰۶۰ از نظر فراوانی بلور به ترتیب شامل کوارتز، فلدسپار پتاسیم، پلاژیوکلاز اسیدی (Na>Ca) و به مقدار کمتر بیوتیت می‌باشد، همچنین در زمینه سنگ کانی مسکویت بیشتری نسبت به دو نمونه‌ی دیگر دیده می‌شود.



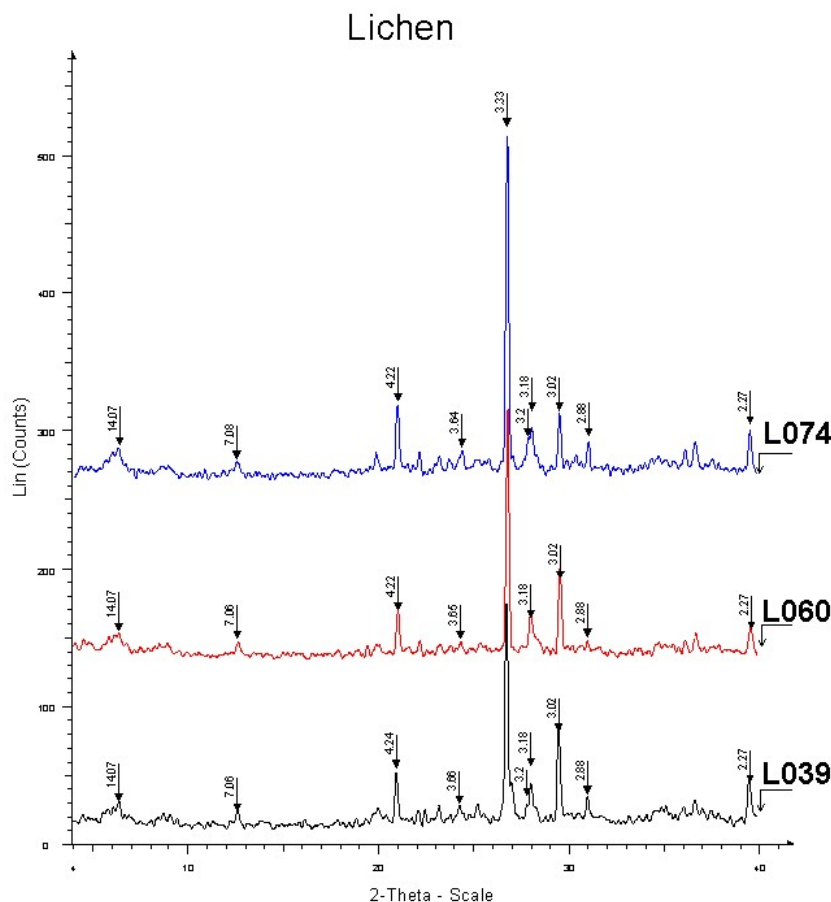
شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی در ایران و بر روی تصویر گوگل ارث نشان داده شده است.

مطالعه کانی‌شناسی نمونه پودری خاک سطح مشترک سنگ گرانیت-گلسنگ دیفرکتوگرام مربوط به سه نمونه‌ی پودری خاک سطح مشترک گلسنگ-سنگ گرانیت (L۰۶۰، L۰۳۹، L۰۷۴) در شکل ۲ مشاهده می‌شود. پیک‌های ۶۵/۳ و ۹۷/۲ انگستروم مربوط به کانی اگزالات کلسیم منوهیدرات (whewellite)<sup>۹۱</sup> می‌باشد. البته اگزالات کلسیم منوهیدرات قوی‌ترین بازتاب اشعه ایکس را در پیک‌های ۹۳/۵، ۶۵/۳ و ۹۷/۲ انگستروم نشان می‌دهد (Adamo & Violante, ۲۰۰۰)، که در این دیفرکتوگرام دو پیک ۶۵/۳ و ۹۷/۲ به خوبی قابل مشاهده می‌باشد. پیک‌های ۰۲/۳ و ۲۷/۲ انگستروم مربوط به کربنات کلسیم، و پیک ۸۹/۲ انگستروم مربوط به کانی دولومیت (کربنات کلسیم-منیزیم) می‌باشد. با توجه به اینکه سنگ زیرین سنگ گرانیت می‌باشد، و این سنگ فقیر از کلسیم می‌باشد. حضور این کانی‌ها در خاک سطح مشترک گلسنگ-گرانیت را می‌توان تا حدود زیادی ناشی از فعالیت بیولوژیکی گلسنگ دانست.

فرایند انحلال عمدتاً توسط اسیدهای آلی در میکروسایت‌های کوچک در سطح مشترک گلسنگ با سنگ رخ می‌دهد. فرایند انحلال از خوردگی نسبتاً شدید سطح سنگ و ذرات موجود در داخل تالوس گلسنگ (عمدتاً کوارتز، فلدسپار) قابل درک است (Chen et al., ۲۰۰۰; Adamo & Violante, ۲۰۰۰). در سطح مشترک سنگ-گلسنگ در میکرومحیط‌هایی که تحت تأثیر هوازدگی قرار گرفتند، ترکیبات ثانویه‌ای می‌تواند در اثر فرایند انحلال و کلات شدن تشکیل گردد. واکنش اگزالات اسید ترشح شده توسط جزء فارچ گلسنگ با کانی‌های سنگ می‌تواند منجر به رسوب اگزالات‌ها گردد. رابطه‌ی نزدیکی بین ترکیب شیمیایی سنگ زیرین و نوع اگزالات نامحلول تجمع یافته در سطح مشترک گلسنگ-سنگ وجود دارد (Chen et al., ۲۰۰۰). اگزالات‌های فلزی متعددی ناشی از

<sup>۹۱</sup> - Whewellite

واکنش اگزالات اسید با کانی‌های سنگ زیرین، به عنوان فراوان‌ترین شکل محصولات کریستالی ثانویه ناشی از هوازدگی توسط گلسنگ‌ها شناخته شده‌اند، که از بین آنها یون‌های دو ظرفیتی، اگزالات‌های نامحلول تشکیل دهند. در حالیکه یون‌های تک ظرفیتی و سه ظرفیتی تنها نمک‌های محلول اگزالات را تشکیل می‌دهند (Varadachari et al., ۱۹۹۴). اگزالات کلسیم معمول‌ترین شکل اگزالات در طبیعت است و با آزمایشات مختلف ثابت شده است که اگزالات کلسیم در غلظت  $Ca^{2+}$  کمتر از ۹۰ میکرومول نیز رسوب خواهد کرد (Eick et al., ۱۹۹۶). بنابراین این کانی حتی بر روی سنگ‌های فقیر از کلسیم مانند گرانیت نیز می‌تواند تشکیل گردد (Prieto et al., ۱۹۹۷).

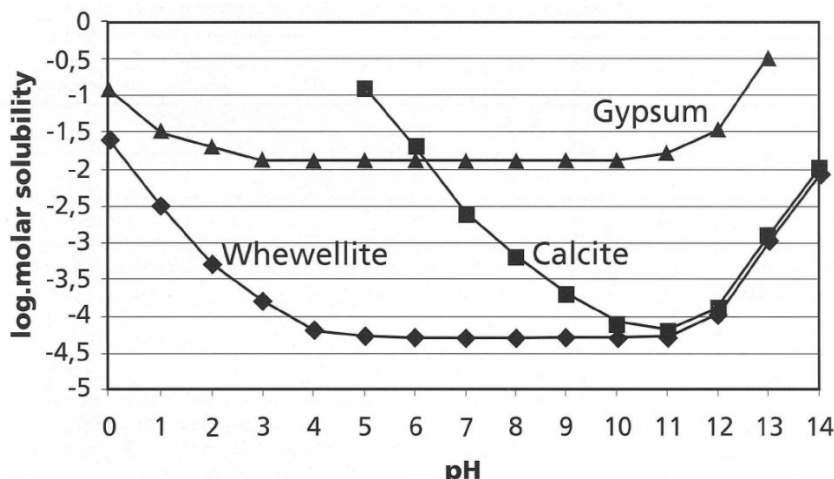


شکل ۲- دیفرکتوگرام نمونه‌های خاک در سطح مشترک گلسنگ-سنگ گرانیت

بیوسفر به عنوان کنترل‌کننده‌ی کلی فرایند هوازدگی و در سطح جزئی‌تر با تنظیم سطح  $CO_2$  اتمسفری بر فرایند هوازدگی تأثیرگذار است (Bernier et al., ۲۰۰۵; Lenton et al., ۲۰۱۲). فعالیت هوازدگی گلسنگ، خز، قارچ، و باکتری‌ها با تولید بیولوژیکی اسیدهای آلی ضعیف و همچنین اسید کربنیک قابل توصیف می‌باشد. حل شدن  $CO_2$  در آب نگه داشته شده توسط تالوس گلسنگ منجر به تولید اسید کربنیک می‌گردد، که فرایند انحلال را با پایین آوردن pH موضعی تالوس و میکرو محیط‌های مرتبط تشدید می‌کند (Chen et al., ۲۰۰۰). وجود کربنات و کاتیون‌های فلزی Mg و Ca می‌تواند شرایط را برای تشکیل کربنات کلسیم و دولومیت فراهم سازد. همانطور که در دیفرکتوگرام دیده می‌شود، شدت پیک دولومیت در نمونه L۰۶۰ کمتر از دو نمونه‌ی دیگر است و در مطالعه‌ی مقطع نازک نیز وجود کانی بیوتیت در نمونه سنگ L۰۶۰ کمتر گزارش شده است. عمده‌ترین منبع برای Mg می‌تواند تجزیه بیوتیت و برای Ca تجزیه پلاژیوکلازها می‌باشد و پلاژیوکلازها حساس به هوازدگی هستند.

برای شناخت احتمالی نتو فرمیشن این کانی‌ها، رابطه‌ی حلالیت کربنات کلسیم، ولایت و گچ در مقابل pH را می‌توان در نظر گرفت (شکل ۳). کربنات به‌ویژه در شرایط اسیدی و شرایط طبیعی حلال‌تر از اگزالات است. شرایط pH سطح مشترک گلسنگ-سنگ بین ۸/۵-۸/۷ است (Prieto et al., ۱۹۹۷)، و کلسیم حل شده در اثر هوازدگی به احتمال زیاد بیشتر به صورت اگزالات نسبت به کربنات رسوب می‌کند. در عین حال اگزالات به آب بیشتری در محیط برای تشکیل نیاز دارد، بنابراین احتمال تشکیل کربنات نسبت به

اگرزالات در ارجحیت است (Prieto & Silva, ۲۰۰۳). در مطالعه‌ی حاضر نیز با توجه به دیفرکتوگرام شدت پیک تشکیل کربنات کلسیم بیش از اگرزالات کلسیم می‌باشد.



شکل ۳- نمودار حلالیت در آب برای کانی‌های اگرزالات کلسیم منوهیدرات، کلسیت و گچ (اقتباس از Prieto and Silva, ۲۰۰۳)

هوایدگی بیولوژیکی توسط گل‌سنگ را می‌توان به‌طور کلی شامل؛ خرد شدن و تخریب فیزیکی خیلی شدید یا کمتر بر روی سطح مشترک سنگ-گل‌سنگ در اثر چسبیدن گل‌سنگ به سطح سنگ و نفوذ هیف دانست، که با ترشح اسیدهای آلی متعدد مانند اگرزالات اسید، هومیک اسید، سیتریک اسید و... و یا با حضور CO<sub>2</sub> تنفسی در محیط و تشکیل اسید کربنیک منجر به فرایند انحلال می‌گردند، و در نهایت با رسوب و فراهم شدن شرایط تشکیل کانی‌های ثانویه، کانی‌های ثانویه نتوفر در سطح مشترک سنگ و گل‌سنگ تشکیل می‌گردد.

### منابع

- حاجی منیری، م. ۱۳۸۷. گل‌سنگ‌شناسی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- Adamo, P. and Violante, P. ۲۰۰۰. Weathering of rocks and neogenesis of minerals associated with lichen activity. *Applied Clay Science*, ۱۶(۵), ۲۲۹-۲۵۶.
- Berner, E.K., Berner, R.A. and Moulton, K.L. ۲۰۰۵. Plants and mineral weathering: present and past. In: Drever, J.I. (Ed.), *Surface and Ground Water, Weathering, and Soils. Treatise on Geochemistry vol. ۵*. Elsevier, Amsterdam, pp. ۱۶۹-۱۸۸.
- Chen, J., Blume, H. P. and Beyer, L. ۲۰۰۰. Weathering of rocks induced by lichen colonization—a review. *Catena*, ۳۹(۲), ۱۲۱-۱۴۶.
- Dixon, J. B. and Weed, S. B. ۱۹۸۹. Minerals in soil environments. Soil Science Society of America Inc. (SSSA).
- Eick, M.J., Grossl, P.R., Golden, D.C., Sparks, D.L. and Ming, D.W. ۱۹۹۶. Dissolution of a lunar simulant as affected by pH and organic anions. *Geoderma* ۷۴, ۱۳۹-۱۶۰.
- Iskandar, I.K. and Syers, J.K. ۱۹۷۲. Metal-complex formation by lichen compounds. *J. Soil Sci.* ۲۳, ۲۵۵-۲۶۵.
- Jackson T. A. ۲۰۱۵. Weathering, secondary mineral genesis, and soil formation caused by lichens and mosses growing on granitic gneiss in a boreal forest environment. *Geoderma*, ۲۵۱, ۷۸-۹۱.
- Jackson T.A. and Keller W.D. ۱۹۷۰. A comparative study of the role of lichens and “inorganic” processes in the chemical weathering of recent Hawaiian lava flows. *Am. J. Sci.* ۲۶۹, ۴۴۶-۴۶۶.
- Lenton T.M., Crouch M., Johnson M., Pires N. and Dolan L. ۲۰۱۲. First plants cooled the Ordovician. *Nat. Geosci.* ۵, ۸۶-۸۹.
- Prieto B. and Silva B. ۲۰۰۳. Neofomed calcium minerals in granite colonised by lichens. *NACC (Nova Acta Cientifica Compostelana). Biologia (Espa a)*.
- Prieto B., Silva B. Rivas T., Wierzchos J. and Ascaso, C. ۱۹۹۷. Mineralogical transformation and neofomation in granite by the lichens *Tephromela atra* and *Ochrolechia parella*. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* ۴۰, ۱۹۱-۱۹۹.



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

- Scarciglia F., Saporito N., La Russa M. F., Le Pera E., Macchione M., Puntillo D. and Pezzino, A. ۲۰۱۲. Role of lichens in weathering of granodiorite in the Sila uplands (Calabria, southern Italy). *Sedimentary Geology*, ۲۸۰, ۱۱۹-۱۳۴.
- Seaward M.R.D. ۱۹۹۷. Major impact made by lichens in biodeterioration processes. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* ۴۰, ۲۶۹-۲۷۳.
- Shahabinejad H. ۲۰۱۳. Assessing the residual effects of fire on water infiltration, soil erodibility and shear strength in Fereydan rangelands. MSC thesis for Soil Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.
- Varadachari C., Barman A.K. and Ghosh K. ۱۹۹۴. Weathering of silicate minerals by organic acids: II. Nature of residual products. *Geoderma* ۶۱, ۲۵۱-۲۶۸.
- Vingiani S., Terribile F. and Adamo, P. ۲۰۱۳. Weathering and particle entrapment at the rock-lichen interface in Italian volcanic environments. *Geoderma*, ۲۰۷, ۲۴۴-۲۵۵.
- Schweizer L.E., Nyquist W.E., Santini J.B. and Kimes T.M. ۱۹۸۶. Soybean cultivar mixtures in a narrow-row, noncultivable production system. *Crop Science*, ۲۶: ۱۰۴۳-۱۰۴۶.

### Abstract

The interface between lichen and rock is now known as a place of considerable physical and chemical activity. In this study, neoformed calcium mineral in the interface lichen-Granite Shir-kuh, Yazd province were studied. Three Soil samples interface lichen-granite and their bare rocks were collected. X-ray powder diffraction analysis performed on soil samples and microscopic study performed on thin sections of rock samples. The results of X-ray diffraction analysis confirmed of secondary minerals calcium oxalate monohydrate, calcite and dolomite, in the interface lichens-granite. Precipitation of these calcium minerals is attributed to lichen through the secretion of organic acids and their interaction with the components of the rock. The presence of these minerals in a calcium-poor rock such as granite is noteworthy and the well show the biological role of lichen in the weathering process and bioaccumulation elements.