



کد مقاله: **Heca15-01370115**

بررسی راهکارها در برابر اثرات مخرب گلسنگ ها بر بناهای سنگی و تاریخی

بیبا سیواش*^۱، سید رضا صفوی^۲، ساره سادات کاظمی^۳

۱- کارشناس ارشد مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، ۲- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، ۳-

کارشناس ارشد مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع

* Siavash@rifr-ac.ir

چکیده

گلسنگ ها موجوداتی هستند که پیدایش آنها به چهار صد میلیون سال پیش و دوره دونین می رسد. آنها موجودات مرکبی هستند که از یک قارچ و شریک فتوسنتزی تشکیل شده اند و در کنار هم، به صورت همزیست زندگی می کنند. گلسنگ ها پراکنش بسیار گسترده ای داشته و با هر نوع شرایط آب و هوایی و رویشگاهی خود را سازگار کرده اند. این موجودات بر روی سنگ های کلسیم دار به خوبی رشد کرده و اثرات مخرب فیزیکی و شیمیایی بر روی ترکیبات معدنی موجود در سنگ ها دارند. از آنجایی که این موجودات در اکثر مناطق گرم و مرطوب ساکن سطوح و بناهای سنگی و قدیمی بوده، می توانند صدمات جبران ناپذیری به این نوع سازه ها وارد آورند. در سال های اخیر روش های چند منظوره ای، موسوم به زیست کش ها، جهت گلسنگ زدایی از سطوح سنگی و تاریخی ابداع شده، که علاوه بر پاک سازی و حفاظت ابنیه سنگی از فرسودگی زیستی، از گلسنگ ها نیز، به عنوان بخشی از طبیعت و اکوسیستم حفاظت زیستی می کنند.

کلمات کلیدی: گلسنگ، بنای سنگی، فرسودگی زیستی، حفاظت زیستی، زیست کش.

مقدمه

گلسنگ ها اجتماع همزیستی از دو شریک قارچی (میکوبیونت ها) و عضو فتوسنتز کننده (فتوبیونت ها) هستند، که پیدایش آنها به چهار صد میلیون سال پیش و دوره دونین می رسد. گلسنگ ها پراکنش بسیار گسترده ای داشته و با هر نوع شرایط آب و هوایی و رویشگاهی خود را سازگار کرده اند. (۲). فرم رویشی غالب گلسنگ ها، کروسوس (پوسته ای)، فولیوس (برگی) و فروتیکوس (بوته ای) می باشد (۱). این موجودات بر روی سنگ های کلسیم دار به خوبی رشد کرده و اثرات مخرب فیزیکی و شیمیایی بر روی ترکیبات معدنی موجود در سنگ ها دارند (۲). گلسنگ های سنگ زی (لیتو تیپ) که دارای فرم رویشی پوسته ای بوده، به طور معمول یا فقط بر روی بستر (اپی لیت) و یا منحصراً درون بستر خود (اندولیت) رشد می کنند (۲ و ۷). گلسنگ های سنگ زی، عوامل فرسایش گر محیطی، مانند افزایش و کاهش ناگهانی رطوبت و درجه حرارت و یا تابش شدید آفتاب را به خوبی تحمل می کنند و باعث کاهش تأثیرات منفی آنها روی صخره ها و سنگ ها می شوند (۱). از طرف دیگر این ساکنین سنگ ها و صخره ها، خود نقشی اساسی در فرآیند ابتدایی تشکیل خاک دارند. دارند. چسبندگی تال و نفوذ هیف های گلسنگ ها تا چند میلی متر در صخره ها و سنگ ها، باعث جداسازی، تجزیه مواد معدنی آنها و ترشح متابولیت های اولیه و ثانویه مانند



Agriculture Development, Healthy Earth

۳۰ دی ماه ۱۳۹۴



سازمان بسیج مهندسین
کشاورزی و منابع طبیعی
استان البرز

اسید اگزالیک شده، که معمولاً دارای اسیدیته بالا بوده و نقش اساسی در هوازدهی، انحلال و ته نشینی مواد معدنی صخره ها دارند (۶). در اطراف گلسنگ های صخره زی، معمولاً اجتماعی از سایر موجودات میکروسکوپی مانند سیانو باکتری ها، دیاتم ها، قارچ های ساپروتروف و پارازیت به همراه میزبان آنها دیده می شود که در فرآیند تخریب زیستی صخره ها و سطوح سنگی و تشکیل خاک با گلسنگ ها سهیم هستند (۱). از آنجایی که این موجودات در اکثر مناطق گرم و مرطوب ساکن سطوح و بناهای سنگی و قدیمی بوده، می توانند صدمات جبران ناپذیری به این نوع سازه ها وارد آورند (۴). پدیده هوازدهی زیستی گلسنگ ها به گونه گلسنگی و جنس بستر آن بستگی دارد. بنابراین در انتخاب روش گلسنگ زدایی، جهت جلوگیری از فرسودگی و پدیده هوازدهی سطوح سنگی، می بایست به جنس و گونه گلسنگ و نوع بستر توجه شود تا بتوان تعادلی بین حفظ زیستی گلسنگ ها و حفاظت سطوح و سازه های سنگی برقرار کرد (۶).

فرسودگی زیستی سطوح سنگی بناها و میراث فرهنگی توسط گلسنگ های مهاجم

تخریب و فرسودگی زیستی سنگ ها و سازه های سنگی توسط گلسنگ ها، ابتدا در قرون ۱۸ و ۱۹ میلادی گزارش شده بود (۳)، اما مطالعات پیشرو و منسجم در این مورد، برای اولین بار در اوایل قرن بیستم صورت گرفت و بررسی چگونگی و اثرات فرآیند شیمیایی این پدیده در نیمه دوم این قرن آغاز شد (۴). در همین قرن همزمان، مطالعات اکولوژیکی و سیستماتیکی کلنی های گلسنگی تشکیل شده روی آثار سنگی تاریخی نیز شدت گرفت (۴ و ۶). به دلیل نیاز شریک فتوبیونت گلسنگ ها به نور مناسب جهت فرآیند فتوسنتز، بیشتر کلنی های گلسنگی روی سنگ ها و سازه های سنگی که در فضای آزاد و مکان های روباز قرار دارند، تشکیل می شوند و کمتر کلنی گلسنگی روی بناهای سنگی مستقر در مکان های بسته و مسقف تشکیل می شود (۵). جنس ها و گونه های مختلف گلسنگی دارای اثرات تخریبی متفاوتی روی سازه های سنگی هستند. زمانیکه حذف گلسنگ ها از سطوح سنگی مطرح باشد، معمولاً روش هایی انتخاب می شوند که سریع العمل و دارای اثرات بلند مدت باشند (۳). استفاده از روش های مکانیکی جهت زدودن گلسنگ ها، مانند استفاده از برس ها، اسکارپرها و لنس ها و یا سایر ابزار آلات شبیه به آنها کاربرد گسترده ای دارد، ولی به دلیل اینکه این تکنیک ها دارای اثرات کوتاه مدت و گذرا هستند، بنابراین معمولاً آنها را با پاکسازی های شیمیایی همراه می کنند، حتی اگر این روش ها دارای اثرات منفی روی محیط زیست و سایر گلسنگ ها و موجودات غیر مهاجم باشند (۶). به علاوه معمولاً تکنیک های مکانیکی، باعث خراشیدگی و فرسایش بیشتر بستر شده، و آن را بیش از پیش در معرض صدمات احتمالی قرار می دهد، در ضمن استفاده از این روش ها، در مورد گلسنگ های اندولیت که درون صخره ها و سازه های سنگی زندگی می کنند، کاملاً بی فایده است (۵). مقاومت جنس ها و گونه های مختلف گلسنگ های لیتوتیپ در برابر کاربرد مواد شیمیایی پاک کننده متفاوت بوده و در گونه های فولیوس نسبت به کروستوس ها بارزتر است (۶ و ۵). معمولاً به منظور پاکسازی سطوح سنگی از گلسنگ ها و سایر آفات مهاجم، چندین نوع زیست کش با غلظت های متفاوت، به وسیله برس، اسپری، یا ضماد مالی کردن استفاده می شوند. بیشتر زیست کش هایی که کاربرد آنها امروزه رواج پیدا کرده، مناسب کلنی های گلسنگ ها، جلبک ها، قارچ های غیر مهاجم و گیاهان نیستند (۴) (جدول ۱). حتی متابولیت های زیست فعال استخراج شده از میکوبیونت گلسنگ ها، که به عنوان زیست کش و آفت کش سطوح سنگی و ساروجی پیشنهاد می شوند، دارای خواص آنتی بیوتیکی در برابر قارچ ها و باکتری های غیر مهاجم می باشند (۶). از این رو، زدودن گلسنگ ها از سطوح سنگی، همیشه مستلزم یک تصمیم گیری و مدیریت صحیح به منظور حذف گونه های مهاجم و تخریب گر و یا حفظ و حراست گونه های غیر تخریب گر می باشد. موادی باید به عنوان زیست کش انتخاب شود که کمترین اثرات منفی را، روی میکروارگانیسم های غیر مهاجم داشته باشد و کاربرد آنها هیچ نوع سمیت و اثر سوئی برای انسان ها نداشته باشد، در ضمن این مواد باید کمترین واکنش شیمیایی و فیزیکی را با بستر و یا سطوح سنگی داشته و موجب تغییر رنگ آنها نشوند. قبل از کاربرد آنها در شرایط واقعی، به منظور ارزیابی صحیح ترکیبات و غلظت بهینه آنها روی آفات هدف، ترکیبات آلی سطوح مختلف، احتمال سمیت برای انسان، اثرات منفی روی محیط زیست، تداخل در جذب آب، تبادلات یونی و اکسیداسیون



Agriculture Development, Healthy Earth

۳۰ دی ماه ۱۳۹۴



سازمان بسیج مهندسين
کشاورزی و منابع طبیعی
استان البرز

مواد معدنی محیط اطراف، می بایست در محیط آزمایشگاه به طور دقیق بررسی شوند (۶). از طرف دیگر، از آنجا که این گونه تست ها، معمولاً در محیط آزمایشگاه انجام می شود، به دلیل اختلاف بین شرایط واقعی و آزمایشگاهی و تفاوت بین جداسازی و کشت همزیست های گلسنگی در آزمایشگاه با محیط طبیعی، همیشه امکان اشتباه و خطا وجود دارد (۳). از آنجا که هدف از انتخاب و کاربرد زیست کش ها، ایجاد تعادل بین گونه های مهاجم و غیر مهاجم گلسنگی، همچنین حفاظت و افزایش مقاومت گونه های غیر مهاجم و سایر گروه های زیستی مانند باکتری های هتروتروف، سیانوباکتری ها، جلبک ها و قارچ ها و خزه های آزاد می باشد، توصیه می شود که اثرات زیست کش ها روی گلسنگ ها و سایر موجودات در شرایط واقعی نیز بررسی شود (۳). بعد از کاربرد در محیط نیز با نمونه برداری از گلسنگ های هدف، می بایست در محیط آزمایشگاه با جداسازی کلروفیل فتوبیونت آنها، توان زیستی فتوبیونت، توسط میکروسکوپ های اپی فلوروسنت سنجیده، و تال آنها نیز از نظر ویژگی های فوتوگرافی بررسی شود (۶). به تازگی استفاده از تکنیک های تصویر برداری توسط میکروسکوپ های الکترونی SEM-BSE ، SEM-EDS و TEM جهت بررسی توان زیستی میکروارگانیسم های مختلف، میزان جذب آب مویرگی در بستر و زیر لایه ها، رنگ سنجی سطوح، خوردگی احتمالی مواد آلی و معدنی موجود در صخره ها و سنگ ها بعد از اعمال زیست کش ها متداول شده است (۳).

جدول ۱- ترکیبات زیست کش ضد گلسنگی (۳، ۵ و ۶)

اثرات منفی احتمالی	غلظت مؤثر	نمونه	طبقه بندی شیمیایی کاربرد در دهه اخیر
میزان سمیت بالا	۰٫۱ - ۵٪	فرم آلدئید	آلدئید ها ندارد
سمی برای گیاهان عالی	نا مشخص	تترا برات سدیم	برات ها ندارد
تغییر رنگ سطوح سنگی	۰٫۲ - ۵٪	سولفات و کربنات مس	ترکیبات مس دار ندارد
اثر ضعیف	نا مشخص	بروماسیل	دیازین ها ندارد
فرسایش و شکستگی کانی های غیر آلی	۰٫۲٪	فلوسیلیکات سدیم، منگنز	فلوسیلیکات ها ندارد
تغییر رنگ سطوح سنگی	۰٫۲ - ۷٪	هیپوکلوریت سدیم	هیپوکلوریت ها دارد
تغییر رنگ سطوح سنگی	۰٫۱ - ۵٪	پنتاکلروفنل	فنل ها ندارد
اثر کوتاه مدت	تا حدود ۰٫۵٪	بنزالکونیوم کلرید	نمک های آمونیوم دارد
تغییر رنگ سطوح سنگی	تا ۰٫۸٪	دیورون	مشتقات اوره دارد



تغییر رنگ و انحلال سطوح سنگی	تا ۳۵٪	هیدروژن پراکسید	سایر ترکیبات
			ندارد

نتیجه گیری

پیشرفت عمده در علم گل‌سنگ شناسی و شناخت گل‌سنگ های فرسوده گر زیستی، کاربرد و بهره وری بهینه زیست کش ها و گرایش به حفاظت زیستی، موجب شده تا محققین علوم زیستی به منظور حفاظت از سازه ها و بناهای سنگی - تاریخی از یک سو، و حفظ تعادل جمعیتی گل‌سنگ ها و سایر میکروارگانیزم های مهاجم به عنوان بخشی از طبیعت و اکوسیستم شهری از سوی دیگر، روش ها و تکنیک های جدیدی را ابداع کنند. تجربه نشان داده، حتی همراه کردن مواد شیمیایی با زیست کش ها و یا به تنهایی جهت پاکسازی و زدودن گل‌سنگ ها از سطوح، دارای اثرات موقت و زودگذر می باشد، بطوریکه در بناهای سنگی و صخره های روباز و بی حفاظ که در معرض هوای آزاد قراردارند، پس از مدت کوتاهی شاهد استقرار و تشکیل کلنی مجدد گل‌سنگ های مهاجم خواهیم بود که این امر موجب به تأخیر انداختن برنامه های حفاظت از بناهای تاریخی می شود (۵).

امروزه از سوی گل‌سنگ شناسان و دیگر محققین، کاربرد ترکیبات دافع آب به همراه زیست کش ها، به منظور ارتقاء و تقویت بلند مدت اثرات زیست کش ها در ایجاد اختلال و تأخیر در تجمع و تشکیل مجدد کلنی گل‌سنگ های مهاجم توصیه می شود (۶).

خوشبختانه کلنی زایی گل‌سنگ های مهاجم روی سطوح و سازه های سنگی از منظر اکولوژیکی برای بسیاری از پژوهشگران علوم زیستی و گل‌سنگ شناسان جالب بوده و از آنجایی که پیوندی دیرینه میان طبیعت و حفاظت از آثار قدیمی و تاریخی برقرار است، همین امر موجب شده تا آنها تمایل به شناخت و درک بیشتر ارزش میراث فرهنگی - باستانی جهان و کشور خود پیدا کرده و تلاش مضاعفی جهت ابداع تکنیک های نوین به منظور حفظ و نگهداری و جلوگیری از فرسودگی زیستی این آثار ارزشمند انجام دهند. اخیراً، چندین نوع پاک کننده زیستی جهت کنترل جمعیت گل‌سنگ های مهاجم روی سازه های سنگی پیشنهاد شده، که در حال حاضر در مرحله آزمایش می باشند (۴). با افزایش علاقه مندی محققین علوم زیستی به حفظ و نگهداری میراث فرهنگی و تاریخی در جهان، به همان نسبت، میزان پروژه های تحقیقاتی و مطالعه روی پدیده هوازگی و فرسودگی زیستی آثار تاریخی توسط گل‌سنگ های مهاجم نیز، افزایش یافته است و همین امر موجب شده تا در سرتاسر جهان همه ساله بیش از صد ها عنوان مقاله با موضوعات حفاظت از میراث و آثار فرهنگی - تاریخی و گل‌سنگ های مهاجم منتشر شود (۱) که این خود نشانه اهمیت این موضوع می باشد.

منابع

1. Clair L. L. St. , Seaward M. R. D., *Biodeterioration of Stone Surfaces*, Kluwer Academic Publishers, pp. 1-292 (2004).
2. Nash T.H., *Lichen Biology*, 2nd edition, Cambridge University Press, pp. 1- 486 (2008).
3. Nugari M. P. , Salvadori O., "Biodeterioration control of cultural heritage: Methods and Products" , *Molecular Biology and Cultural Heritage*, Swets & Zeitlinger (2003).
4. Piervittori R., "Lichens and the biodeterioration of Stonework: The Italian experience", *Biodeterioration of Stone Surfaces*, Kluwer Academic Publishers, pp. 45-68 (2004).
5. Piervittori R. , Salvadori O. et al., "Lichens and Monuments: An analytical bibliography", *Biodeterioration of Stone Surfaces*, Kluwer Academic Publishers, pp. 241-282 (2004).
6. Piervittori R., Favero – Longo S. E. et al. "Lichens and Biodeterioration of Stonework: A review", *Chemistry Today*, vol 27, pp. 8-11 (2009).
7. Syres J. K. , Iskandar I. K., "Pedogenetic significance of lichens" *The Lichens*, Academic Press, pp. 225-248 (1973).



نخستین کنفرانس ملی توسعه کشاورزی، زمین سالم

Agriculture Development, Healthy Earth

۳۰ دی ماه ۱۳۹۴



سازمان بسیج مهندسين
کشاورزی و منابع طبیعی
استان البرز

A review of strategies against the destructive effects of lichens on stoneworks and monuments

Abstract

Lichens are organisms that have emerged about four hundred million years ago and during the Devonian period. Lichens are complex organisms that are composed of a fungus and a photosynthetic partner that live in a symbiotic. Lichens have a wide distribution and are compatible with any type of weather conditions. These organisms grow well on calcium stones, and have destructive effects of physical and chemical on mineral compositions in rocks. Since lichens live on stone surfaces and old buildings, they can do irreparable damages to these structures. In recent years, multi-purpose methods has been developed as biocides for lichen removal of historic stone surfaces. These methods in addition to cleaning and conservation of biodeterioration of stoneworks, also can the lichens bio-protect as a part of nature and ecosystems.

Keywords: Lichen, Stonework, biodeterioration, bioprotection, biocide.