

# Indagini lichenologiche e aerobiologiche in ambiente aperto in Valle d'Aosta

SILVIA SANDRONE

*Via Renaldi, 21  
I - 10020 Mombello di Torino TO  
sil.sandrone@gmail.com*

S. Sandrone. **Outdoor lichenological and aerobiological researches in Aosta Valley.** *Rev. Valdôtaine Hist. Nat.*, 68: 17-23, 2014.

In the range of the Interreg Project Interreg IIIA Alcotra "AVER - Anciens Vestiges en Ruines", has been carried out a thesis, focused on a series of lichenological investigations in the Graines Castle (XIII century; 1367 m a.s.l.; Ayas Valley). The aim was to define strategies for a dual lichen biodiversity and conservation of artistic and cultural heritage in stone in the Alpine area. The research allowed to improve the knowledge on the patterns of colonization and lichen biodeterioration of natural and artificial stone surfaces and to achieve an innovative analysis of the mycobiont spores in the bioaerosol.

Key words: Aerobiology, Saxicolous lichens, Aosta Valley, Cultural Heritage.

## INTRODUZIONE

La presenza dei licheni sul territorio della Valle d'Aosta è un elemento rilevante della biodiversità di molti ecosistemi, in termini di ricchezza specifica e di interesse conservazionistico. L'importanza di questi organismi come elemento caratterizzante del paesaggio vegetazionale regionale trova conferme nei dati editi (Piervittori e Isocrono, 1999; Nimis e Martellos, 2008) e nelle disposizioni legislative regionali dove, per la prima volta in Italia, sono inclusi nella tutela e conservazione della flora alpina (R.A.V.A., 2009). In relazione alla conformazione del territorio, le comunità rupicole, in particolare, rappresentano la componente lichenica che maggiormente caratterizza il paesaggio vegetazionale valdostano. Allo stato attuale delle conoscenze, infatti, degli oltre 700 taxa infragenerici segnalati quasi il 60% è costituito da specie che si sviluppano prevalentemente sulle superfici rocciose naturali o in opera (Nimis e Martellos, 2008).

Anche i manufatti lapidei di interesse storico ed artistico, presenti in ambienti esterni, possono essere infatti facilmente esposti a colonizzazione da parte dei licheni (Caneva et al. 2008). Solo una corretta identificazione a livello specifico può fornire utili indicazioni su possibili cause ed effetti della loro presenza per l'adozione di misure adeguate per il controllo dei fenomeni di alterazione (*biodeterioramento*) e, soprattutto, per definire strategie di prevenzione (Caneva et al. 2008; Piervittori et al., 2011). Tuttavia le comunità licheniche presenti su materiali lapidei non esercitano sempre e soltanto un'azione negativa di danneggiamento dell'opera, ma possono, al contrario, almeno in alcuni casi contribuire alla sua conservazione. La copertura lichenica, infatti,

può svolgere un'azione protettiva (*bioprotezione*) della superficie contrastando il degrado naturale provocato, ad esempio, dagli agenti atmosferici (Ariño *et al.*, 1995; Carballal *et al.*, 2001).

Non di minor valore è l'aspetto estetico e l'impatto emotivo che la presenza lichenica può produrre in un osservatore. Le comunità licheniche sono la prova visibile del passare del tempo, danno immediatamente un senso di antico, un'idea quasi romantica dell'opera che si va a osservare, senza trascurare l'importanza biologico-naturalistica delle specie colonizzanti in termini di biodiversità (Favero-Longo *et al.*, 2012)

A fronte di un'ampia gamma di indagini realizzate in ambienti gravitanti nell'area mediterranea (Sterflinger, 2010), le indagini sul biodeterioramento dei monumenti in pietra lungo l'arco alpino sono scarse, incluse quelle relative alla componente lichenica. In tale contesto rappresenta un'eccezione la Valle d'Aosta, in cui la colonizzazione lichenica rupicola del patrimonio castellano, per lo più risalente all'età medievale (Zanotto, 1993), è stata oggetto di studio fin dal principio degli anni '90 (Piervittori *et al.*, 1991).

Un aspetto importante della colonizzazione lichenica, ma finora poco studiato, è l'analisi dei meccanismi di propagazione attuati dalle diverse specie (Favali *et al.*, 2003).

L'aria rappresenta, infatti, il principale vettore di trasporto e dispersione del particolato biologico o *bioaerosol* (batteri, spore di microfunghi, briofite e pteridofite, spore e propaguli lichenici, cellule algali, granuli di polline, etc.) all'origine della formazione sui beni culturali in pietra di comunità vegetali potenzialmente deterio gene (Caneva *et al.*, 2003). Tuttavia le maggiori attenzioni in ambiente aperto sono state finora concentrate sulla componente pollinica aerodispersa, soprattutto per le implicazioni allergeniche, mentre per le altre componenti del bioaerosol gli studi disponibili riguardano per lo più gli ambienti chiusi quali musei, biblioteche, chiese ecc. (Caneva *et al.*, 2003). Pressoché nulla è stata invece l'attenzione finora rivolta al particolato lichenico (Piervittori *et al.* 2007), a dispetto del fatto che proprio i licheni siano annoverati fra i principali agenti deterio geni dei materiali lapidei in esterni (e.g. St. Clair e Seaward, 2004).

Nell'ambito del progetto IIIA Alcotra "AVER-Anciens Vestiges en Ruines", è stato possibile attuare un ciclo di indagini lichenologiche in uno dei siti già considerati in precedenti studi (Piervittori *et al.*, 1991), il Castello di Graines (XIII secolo, 1367 m; Brusson, Val d'Ayas), finalizzate alla definizione di possibili strategie per una duplice conservazione della biodiversità lichenica e del patrimonio artistico-culturale in pietra in area alpina.

## MATERIALI E METODI

Le ricerche, svolte nel periodo giugno 2011-maggio 2012, sono state articolate, da un punto di vista metodologico in diverse fasi:

1. *Esaminare i pattern di colonizzazione lichenica rupicola in ambiente alpino, sia su affioramento naturale che su opere murarie, anche in relazione alle condizioni climatiche monitorate a livello microstazionale.*

La colonizzazione lichenica è stata valutata su porzioni della cinta muraria e sugli affioramenti rocciosi da essa racchiusi. In particolare lo studio si è focalizzato sulla

distribuzione dei licheni crostosi *Rhizocarpon geographicum* gr. e *Caloplaca* sp. pl. su una porzione interna della cinta muraria meridionale. L'analisi della distribuzione e la quantificazione della colonizzazione sono state effettuate pietra per pietra su quattro transetti verticali del muro, adottando una scala di abbondanza semi-quantitativa (Sandrone *et al.*, 2012).

2. *Valutare il deterioramento lichenico sui principali litotipi utilizzati in opera fin dall'epoca medievale.*

Frammenti colonizzati da *R. geographicum* gr. e *Caloplaca crenulatella*, rimossi nelle fasi di intervento conservativo sulla sommità della porzione meridionale della cinta muraria sono stati oggetto di indagini relative alla componente ifale di penetrazione (sensu Favero-Longo *et al.*, 2005). A tale scopo, osservazioni in microscopia ottica sono state realizzate su sezioni lucide allestite seguendo Gazzano *et al.* (2007). Le sezioni allestite sono attualmente conservate nella Collezione Licheno-Petrografica dell'Erbario dell'Università di Torino (TO).

3. *Realizzare un'innovativa analisi della presenza di particolato lichenico (spore e propaguli vegetativi) nel bioaerosol, monitorato in situ e riprodotto in laboratorio mediante un dispositivo sperimentale realizzato ad hoc.*

*In situ* - In volumi d'aria aspirati in continuo ( $10 \text{ L min}^{-1}$ ) per 7 gg/mese mediante un campionatore VPPS 2010 (Lanzoni) sono stati quantificati il carico totale di spore, suddivise in categorie su base fisionomica, e, in particolare, la presenza di spore polariloculari, esclusive delle Teloschistaceae, presenti nel sito con diverse specie (*Caloplaca* sp. pl. e *Xanthoria elegans*), e di spore muriformi scure attribuibili a *Rhizocarpon geographicum* gr. Le spore licheniche trovate sono state caratterizzate in termini di lunghezza, larghezza e spessore del setto. Le indagini in campo sono state combinate con la raccolta in continuo di dati micro- e mesoclimatici (termo-igrometrici e anemometrici).



Fig. 1 - Allestimento della teca per il campionamento in laboratorio

In laboratorio - La dispersione di spore licheniche è stata valutata in un microcosmo progettato e realizzato *ad hoc*. Due serie di rocce coperte da *Caloplaca rubroaurantiaca* e due serie coperte da *Rhizocarpon geographicum* sono state esposte, dopo immersione in acqua, in una teca in plexiglass contenente il campionatore VPPS 2010, un ventilatore per simulare il vento e le rocce circondate da 10 capsule Petri contenenti terreno agarizzato (Fig. 1). Il nastro di campionamento e il terreno presente nelle capsule Petri sono stati esaminati alla ricerca di spore polariloculari e muriformi scure. I dati climatici della teca sono stati monitorati grazie all'utilizzo di un data logger (U14-001 Data Logger, Hobo).

## RISULTATI E CONCLUSIONI

I risultati delle indagini lichenologiche condotte relativamente alle dinamiche di colonizzazione hanno permesso di definire programmi di conservazione nelle aree alpine in grado di coniugare l'attenzione per i beni culturali e per la biodiversità.

### 1. Pattern di colonizzazione

*Rhizocarpon geographicum*, caratterizzato da spore di grandi dimensioni (22-40 x 10-19  $\mu\text{m}$ ) presenta una distribuzione a "macchia di leopardo", ad indicare l'espansione di microcomunità nell'intorno di organismi fondatori. *Caloplaca crenulatella*, con spore di minori dimensioni e frequentemente rilevate nel mezzo aereo, presenta coperture inferiori, ma distribuite omogeneamente su tutta la superficie rilevata.

Da questi risultati si è potuto evincere che pattern di colonizzazione differenti risultano caratterizzare specie con tratti riproduttivi diversi, come la dimensione delle spore. Tale informazione risulta di interesse nel valutare l'opportunità di intervento su comunità licheniche prossime a manufatti di valore storico-artistico ed evitare o, per lo meno, contenere potenziali processi di (ri-)colonizzazione.

### 2. Biodeterioramento lichenico

Le osservazioni delle sezioni lucide delle due entità licheniche considerate sui principali litotipi costituenti le mura del Castello hanno permesso di stimare che la componente ifale del simbionte fungino penetra in modo continuo nei cloritoscisti (sino a 3 mm) e discontinuamente nelle prasiniti e negli gneiss anfibolici. Valori di penetrazione ifale superiori ai 2 cm sono stati misurati per tutti e tre i litotipi in corrispondenza di fratture.

### 3. Monitoraggio aerobiologico

La concentrazione totale di spore rilevate in campo varia da 91 spore/m<sup>3</sup> del mese di febbraio alle 5361 spore/m<sup>3</sup> del mese di settembre. Le spore polaridiblastiche sono risultate lo 0,04% del totale, con una media di 0,5 spore/m<sup>3</sup>. Non sono state rilevate spore brune muriformi. La maggior parte delle spore associabili alle specie di *Caloplaca* presenti nel sito sono disperse in ambiente nelle 8 ore che seguono un evento di pioggia.

In laboratorio si è notato come le due specie prese in esame abbiano differenti meccanismi di dispersione: le spore di *Rhizocarpon geographicum* sono state osservate solamente su terreno agarizzato posto intorno alle rocce campione, mentre quelle di *C. rubroaurantiaca* sono state rinvenute anche sul nastro del campionatore.

Le spore licheniche vengono effettivamente disperse nel mezzo aereo, ma solo quelle più piccole (e.g. *Caloplaca* sp.) possono essere disperse “a lungo raggio”. Al contrario spore più grandi (e.g. *R. geographicum*) vengono disperse “a corto raggio”. Inoltre si è osservato come la dispersione di spore sia limitata a periodi caratterizzati da eventi piovosi, indipendentemente dalla stagione e dal momento della giornata considerati.

L'esiguità percentuale delle spore licheniche campionate è un indice della lentezza del fenomeno, che consente di affermare che, almeno in certe situazioni, la rimozione dei licheni comprometta la possibilità di osservarli per generazioni di visitatori. Nel processo di ricolonizzazione dei manufatti lapidei in ambiente alpino risultano sicuramente avvantaggiate le specie favorite dall'eutrofizzazione delle superfici (e.g. *Caloplaca*), mentre nel caso delle specie caratteristiche di comunità naturali su rocce silicatiche (e.g. *Rhizocarpon geographicum* gr.) l'eventuale rimozione delle colonie fondatrici renderebbe la ricolonizzazione estremamente difficoltosa.

La ricerca condotta rappresenta un efficace modello utilizzabile per la comprensione delle dinamiche della colonizzazione lichenica di superfici litiche (naturali) e lapidee (in opera) in ambiente alpino. L'approccio metodologico adottato è da considerarsi innovativo non solo per quanto riguarda la ricerca biologica applicata alla conservazione dei beni culturali, ma anche per quella lichenologica.

L'attuazione di un monitoraggio aerobiologico in ambienti aperti, anche se non sono possibili soluzioni per regolare le condizioni microclimatiche, consente di evidenziare le dinamiche naturali di colonizzazione biologica e conseguentemente può fornire preziose informazioni per la conservazione sia del patrimonio storico-artistico (contenuto) sia di quello paesaggistico (contenitore).

Al fine di ottenere una replica biologica dei dati raccolti, il campionamento aerobiologico nel Castello di Graines è proseguito per altri dodici mesi, da giugno 2012 a maggio 2013 (Favero-Longo *et al.*, 2014).

## RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzitutto ringraziare il Presidente e i membri del Consiglio Direttivo della Société de la Flore Valdôtaine per il premio assegnatomi e l'opportunità di pubblicare una sintesi della mia tesi sulla prestigiosa rivista dell'Associazione.

Un ringraziamento particolare ai miei relatori di tesi, la Prof.ssa Rosanna Piervittori e il Dott. Sergio Enrico Favero Longo del Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi dell'Università di Torino.

Vorrei infine ringraziare il Dott. Lorenzo Appolonia e la Dott.ssa Simonetta Migliorini del Laboratorio analisi scientifiche-Direzione ricerca e progetti cofinanziati della Soprintendenza per i beni e le attività culturali della Regione Autonoma Valle d'Aosta, per il supporto alla realizzazione del progetto di tesi.

## BIBLIOGRAFIA

- Ariño X., Ortega-Calvo J.J., Gomez-Bolea A., Saiz-Jimenez C., 1995. Lichen colonization of the Roman pavement at Baelo Claudia (Cadiz, Spain): biodeterioration vs. bioprotection. *The Science of the Total Environment*, 67: 353-363.
- Caneva G., Maggi O., Nugari M.P., Pietrini A.M., Piervittori R., Ricci S., Roccardi A., 2003. The biological aerosol as a factor of biodeterioration. In: Mandrioli P., Caneva G., Sabbioni C. (eds.), *Cultural Heritage and Aerobiology*. Netherland: Kluwer Academic Publishers (p. 3-29).
- Caneva G., Nugari M.P., Salvadori O. (eds.), 2008. *Plant Biology for Cultural Heritage*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Carballal R., Paz-Bermúdez G., Sánchez-Biezma M.J., 2001. Lichen colonization of coastal churches in Galicia: biodeterioration implications. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 47: 157-163.
- Favero-Longo S.E., Sandrone S., Matteucci E., Appolonia L., Piervittori R., 2014. Spores of lichen-forming fungi in the myco-aerosol and their relationships with climate factors. *Science of the Total Environment*, 466-467: 26-33.
- Favero-Longo S.E., Gazzano C., Matteucci E., Piervittori R., 2012. Per un'etica della conservazione di beni culturali in pietra e licheni. *Notiziario della Società Lichenologica Italiana*, 25: 14.
- Favali M.A., Gallo F., Maggi O., Mandrioli P., Pacini E., Pasquariello G., Piervittori R., Pietrini A.M., Ranalli G., Ricci S., Roccardi A., Sorlini C., 2005. Analysis of the biological aerosol. In: Mandrioli P., Caneva G., Sabbioni C. (eds.): *Cultural Heritage and Aerobiology*. Netherland: Kluwer Academic Publishers (p. 145-172).
- Favero-Longo S.E., Castelli D., Salvadori O., Belluso E., Piervittori R., 2005. Pedogenetic action of *Lecidea atrobrunnea*, *Rhizocarpon geographicum* gr. and *Sporastatia testudinea* on serpentinized ultramafic rocks in an alpine environment. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 56: 17-27.
- Gazzano C., Favero-Longo S.E., Matteucci E., Castelli D., Piervittori R., 2007.- Allestimento di una collezione licheni-petrografica presso l'erbario crittogamico di Torino (TO) per lo studio del biodeterioramento di rocce e materiali lapidei. *Atti Congresso Nazionale IGIC "Lo Stato dell'Arte 5"* (Cremona, 11-13 ottobre 2007). Firenze: Nardini (p. 669-677).
- Nash III T.H., 2008. *Lichen Biology*. Cambridge: Academic Press.
- Nimis P.L., Martellos S., 2008. ITALIC. *The Information System on Italian Lichens. Version 4.0*. University of Trieste, Dept. of Biology, IN4.0/1 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>)
- Piervittori R., Isocrono D., 1999. *I licheni della Valle d'Aosta. I. Indagine bibliografica e aspetti storici (1764-1998)*. Aosta: Museo Regionale di Scienze Naturali (Monografie, 1).
- Piervittori R., Favero-Longo S.E., Gazzano C., 2009. Lichens and biodeterioration of stonework: a review. *Chimica Oggi-Chemistry Today*, 27: 8-11.
- Piervittori R., Favero-Longo S.E., Gazzano C., Bianciotto V., Fusconi A., Girlanda M., Lumini E., Vallino M., 2011- L'approccio biologico a supporto degli interventi conservativi. *Atti Congresso Nazionale IGIC "Lo Stato dell'Arte 9"* (Cosenza, 13-15 ottobre 2011). Firenze: Nardini (p. 469-474).
- Piervittori R., Laccisaglia A., Appolonia L., Gallo L.M., 1991 - Aspetti floristico-vegetazionali e metodologici relativi ai licheni su materiali lapidei in Valle d'Aosta. *Revue Valdôtaine d'Histoire Naturelle*, 45: 53-86.
- Piervittori R., Roccardi A., Favero-Longo S.E., 2007. Aereobiologia in ambienti aperti, diffusione delle particelle licheniche come agenti di degrado. *Bollettino ICR*, Nuova Serie n. 14: 44-47.
- Regione Autonoma Valle d'Aosta - Legge regionale 7 dicembre 2009, n. 45 "Disposizioni per la tutela e la conservazione della flora alpina. Abrogazione della legge regionale 31 marzo 1977, n. 17", pubblicata sul Bollettino Ufficiale n. 1 del 5 gennaio 2010.
- Sandrone S., Favero-Longo S.E., Piervittori R., Migliorini S., Appolonia L., 2012. Indagini biologiche a supporto di interventi conservativi: monitoraggio aerobiologico outdoor nel Castello di Graines. *Atti AVER-Anciens vestiges en ruine* (Aoste, 29, 30 novembre, 1er décembre 2012), p. 383-391.
- St. Clair L.L., Seaward M.R.D. (eds.), 2004. *Biodeterioration of Stone Surfaces*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Sterflinger K., 2010. Fungi: their role in the deterioration of cultural heritage. *Fungal Biology Reviews*, 24: 47-55.
- Zanotto A., 1993. *Castelli Valdostani*. Aosta: Musumeci Editore.

## RIASSUNTO

Nell'ambito del progetto Interreg IIIA Alcotra "AVER - Anciens Vestiges en Ruines", è stato possibile attuare un ciclo di indagini lichenologiche nel Castello di Graines (XIII secolo; 1367 m; Brusson, Val d'Ayas-Valle d'Aosta) finalizzate alla definizione di possibili strategie per una duplice conservazione della biodiversità lichenica e del patrimonio artistico-culturale in pietra in area alpina. L'analisi dei volumi d'aria, aspirati in continuo per 7 gg/mese per un anno mediante un campionatore tipo Hirst, ha permesso di quantificare il carico totale di spore, suddivise in categorie su base fisionomica, e, in particolare, la presenza di spore polariloculari, esclusive delle Teloschistaceae, presenti nel sito con diverse specie (*Caloplaca* sp. pl. e *Xanthoria elegans*), e di spore muriformi scure attribuibili a *Rhizocarpon geographicum* gr. Le modalità di dispersione delle spore licheniche sono state, inoltre, valutate grazie alla realizzazione di un microcosmo progettato e realizzato *ad hoc*. I risultati ottenuti *in situ* e in laboratorio hanno permesso di approfondire le conoscenze sulle dinamiche di colonizzazione e sul biodeterioramento lichenico di superfici litiche (naturali) e lapidee (in opera) e di realizzare, inoltre, un'innovativa analisi della presenza di particolato lichenico nel bioaerosol, la cui dispersione tuttavia è limitata a periodi caratterizzati da eventi piovosi, indipendentemente dalla stagione e momento della giornata.

## RÉSUMÉ

*Études lichénologiques et aérobiologiques en espace ouvert au Val d'Aoste.*

Dans le cadre du projet Interreg IIIA Alcotra "AVER - Anciens Vestiges en Ruines", on a pu mettre en œuvre un cycle d'études lichénologiques au château de Graines (XIIIe siècle; 1 367m; Brusson, Val d'Ayas-Vallée d'Aoste) destinées à déterminer des stratégies possibles pour une double conservation de la biodiversité lichénique et du patrimoine artistique et culturel en pierre en zone alpine. L'analyse des volumes d'air aspiré en continu 7 jours/mois pendant un an a permis, à l'aide d'un échantillonneur de type Hirst, de quantifier la charge totale de spores subdivisées en catégories en fonction de leur physionomie et, en particulier, la présence de spores polariloculaires, exclusives des Teloschistaceae, présents sur le site avec diverses espèces (*Caloplaca* sp. pl. et *Xanthoria elegans*), et de spores muriformes foncés attribuées à *Rhizocarpon geographicum* gr. Les modes de dispersion des spores lichéniques ont été en outre évalués grâce à la réalisation d'un microcosme projeté et conçu *ad hoc*. Les résultats obtenus *in situ* et en laboratoire ont permis d'approfondir les connaissances sur les dynamiques de colonisation et la bio-détérioration lichénique de surfaces lithiques (naturelles) et en pierre ouvragées et de réaliser en outre une analyse innovatrice de la présence de particules lichéniques dans le bio aérosol dont la dispersion est toutefois limitée à des périodes caractérisées par des évènements pluvieux indépendamment de la saison et du moment de la journée.