

Pubblichiamo i riassunti relativi alle comunicazioni presentate in occasione del Convegno annuale S.L.I. svoltosi presso il Centro visitatori "La Fagiana" del Parco Regionale Lombardo del Ticino a Pontevecchio di Magenta (MI). L'incontro, curato dai nostri Soci Dario Furlanetto e Mariagrazia Valcuvia Passadore, si è articolato in tre sessioni relative a didattica, biomonitoraggio e aspetti-funzionali dei licheni. Il relatore straniero invitato al Convegno è stato il Dr. Leopoldo Sancho del Departamento de Biología Vegetal II, Universidad Complutense de Madrid (pag. 39 di questo volume). L'assemblea annuale dei Soci S.L.I (pag. di questo volume) e l'escursione in un tipico ambiente di brughiera del Parco del Ticino hanno completato la "tre giorni lombarda".

R.PV.



MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO
NELL'AREA METROPOLITANA DI NAPOLI MEDIANTE
L'IMPIEGO DI "MOSS" E "LICHEN BAGS"

Paola ADAMO¹, Adriana BASILE², Rosa CASTALDO COBIANCHI²,
Simonetta GIORDANO², Sergio SORBO², Simona VINGIANI¹, Pietro VIOLANTE¹
¹Dipartimento di Scienze Chimico Agrarie; ²Dipartimento di Biologia Vegetale,
Università di Napoli "Federico II", Via Università 100 - 80055 Portici (NA)

Si riportano i risultati delle indagini condotte nell'ambito del PRIN "Crittogame come biomonitors in ecosistemi terrestri" finanziato dal MURST per il biennio 1998-99.

Per valutare il grado di inquinamento atmosferico da elementi in traccia in zone dell'area metropolitana di Napoli, sono stati esposti per tempi definiti "moss" e "lichen bags" contenenti rispettivamente il muschio *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. e il lichene *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. I "moss bags" sono stati esposti in 23 siti dell'area urbana napoletana; in 10 di questi, e in due siti di controllo, sono stati esposti anche dei "lichen bags".

L'esposizione è iniziata nella prima settimana del luglio 1999; il ritiro dei campioni è stato effettuato in due momenti successivi: al termine della stagione estiva (dopo 10 settimane) e a stagione piovosa inoltrata (dopo 17 settimane). I campioni sono stati quindi trattati secondo la metodologia indicata dall'ANPA nelle sue linee guida per l'utilizzo di muschi e licheni come bioaccumulatori di metalli in traccia (Cenci, 1999; Nimis & Bargagli, 1999).

Il contenuto degli elementi: Pb, Zn, Ni, Cu, Cr, Sn, Co, Cd, As, V, Ti, Fe, Al, Mn, Ca, Na, K e Mg è stato valutato mediante spettrometria di massa (ICP-MS). Per accertare l'attendibilità dei dati sono stati utilizzati degli standard (Standard Reference Materials CRM 482, CTA-OTL-1, CTA-VTL-2) e sono state effettuate delle calibrazioni interlaboratorio.

I valori di concentrazione accertati per ciascun metallo nei diversi siti sono stati sottoposti ad analisi statistica uni- e multivariata (Cluster Analysis, Principle Component Analysis) utilizzando i software SPSS 9.0, STATISTICA, SINTAX 5.0 (Podani, 1993).

Sono state messe in evidenza differenze significative nell'accumulo di alcuni elementi da parte delle crittogame utilizzate nei due periodi di esposizione e specifiche associazioni tra Fe, Cr e Cu e tra Al, Ca, Fe e K.

Al termine dei due periodi di esposizione, le concentrazioni dei diversi metalli nei muschi sono risultate sempre più elevate di quelle misurate nei licheni. Tuttavia, l'accumulo da parte dei muschi avviene prevalentemente nelle prime 10 settimane di esposizione, mentre quello dei licheni risulta intensificato nelle seconde 7 settimane.

Osservazioni al microscopio elettronico a scansione (SEM) condotte su campioni di muschio e di lichene più contaminati hanno messo in evidenza danni morfologici a carico delle ialocisti dei filloidi muscinali e presenza di particolato di diversa dimensione localizzato preferenzialmente tra le ife del cortex e della medulla di *Pseudevernia* e nei pori delle ialocisti di *Sphagnum*. L'impiego della microanalisi (EDS) ha indicato nel particolato frequente associazione di Pb con S, di Cu con Fe, di Zn con S e Ca, di Al con Si e K. Lo studio della distribuzione spazio-temporale delle concentrazioni degli elementi analizzati verrà condotto su base territoriale mediante georeferenziazione dei siti di esposizione. Particolare attenzione sarà rivolta alla valutazione dell'influenza della presenza di barriere architettoniche e naturali nella diffusione dei contaminanti.

Bibliografia

- CENCI R.M., 1999 - L'utilizzo di muschi indigeni e trapiantati per valutare in micro e macro aree le ricadute al suolo di elementi in tracce: proposte metodologiche. In: C. Piccini & S. Salvati (a cura di), Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 Novembre 1998, ANPA, Atti 2/1999: 241-263.
- NIMIS P.L. & BARGAGLI R., 1999 - Linee-guida per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia. In: C. Piccini & S. Salvati (a cura di), Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 Novembre 1998, ANPA, Atti 2/1999: 279-289.
- PODANI J., 1993 - Syn-Tax. Computer Programs for Multivariate Data Analysis in Ecology and Systematics. Version 5.0. Scientia Publishing, Budapest

**BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.
ESPERIENZE IN TOSCANA: COMUNI DI
AGLIANA E MONTEMURLO**

Gianni BETTINI

Studio Biosfera, Viale Montegrappa 292,
59100 Prato - biosferapo@interfree.it

Vengono presentati i risultati di due studi di biomonitoraggio condotti rispettivamente nel 1997 e nel 1998 in due Comuni toscani, caratterizzati da un impatto antropico diffuso su tutto il loro territorio, Montemurlo e Agliana, rispettivamente in provincia di Prato e di Pistoia.

Il biomonitoraggio di Montemurlo, la seconda realtà industriale della provincia, caratterizzata da un consistente incremento demografico a partire dal dopoguerra fino ad oggi, è stato attuato previa indagine preliminare sul territorio che ha permesso di dislocare 38 stazioni di rilevamento su una superficie di 30,66 kmq (1,2 stazioni km²). I rilievi, eseguiti su *Tilia* spp e *Quercus pubescens*, sono stati 77. I valori di biodiversità lichenica (BL) variavano da un minimo di 0 (deserto lichenico) ad un massimo di 83, con una media di 21-22 specie per stazione. In tutto sono state censite 50 specie, caratteristiche delle zone temperata e mediterranea. Le più frequenti sono risultate nell'ordine: *Physcia adscendens*, *Parmelia caperata*, *Lepraria* spp., *Parmelia subrudecta*, *Candelariella xanthostigma*. Dal punto di vista fitosociologico si è osservata la prevalenza di specie dell'alleanza *Xanthorion parietinae*, in particolare nei centri urbani e nelle immediate periferie è risultato predominante il *Physcietum adscendentis*, mentre nelle zone collinari-montuose è presente il popolamento a *Parmelia* spp.

Tre quarti circa del territorio del Comune di Montemurlo sono interessati da valori elevati di BL, per cui si può affermare che la qualità dell'aria varia da ottimo a buono. Le aree urbane e quelle industriali presentano una situazione di degrado ambientale più elevato e di conseguenza una qualità dell'aria scarsa.

Per il biomonitoraggio di Agliana sono state individuate 12 stazioni di rilevamento (1,03 stazioni km²) con alberi di *Tilia* spp. I risultati hanno permesso di evidenziare un'area a forte inquinamento in corrispondenza di strade ad alta incidenza di traffico veicolare e ampie fasce di territorio con una qualità dell'aria media (BL media fino a 18). In corrispondenza di zone con un grado maggiore di naturalità è stato riscontrato un discreto livello di qualità dell'aria (BL fino a 45).

Tra le ricadute più importanti di questo lavoro va annoverato il fatto che gli amministratori locali sono stati così sensibilizzati alla problematica da decidere l'installazione di una centralina di rilevamento per una valutazione quantitativa dell'inquinamento dell'aria.

Nel presente intervento vengono infine discussi alcuni aspetti problematici inerenti l'iter che si è dovuto seguire per l'ottenimento dell'incarico, e soprattutto le perplessità circa le azioni da intraprendere una volta individuate le aree più inquinate.

SOSTANZE FENOLICHE CHE ASSORBONO LE RADIAZIONI
ULTRAVIOLETTE IN LICHENI DELLA FASCIA ARTICA

Roberta S. BUFFONI-HALL, Janet F. BORNMAN & Lars O. BJÖRN
*Dept. of Plant Physiology, Lund University, Box 117,
S-22100, Lund, Sweden (Roberta.Buffoni@fysbot.lu.se).*

L'assottigliamento dello strato di ozono dovuto a sostanze chimiche è stato inequivocabilmente dimostrato nel 1985 e da allora ne è stata documentata la continua riduzione. La perdita di ozono è stata osservata nella regione artica durante tutti gli inverni dell'ultimo decennio, sebbene in grado minore rispetto a quanto registrato in Antartide. In particolare, in certe zone degli strati bassi della stratosfera artica negli inverni '95/'96 e '96/'97 la perdita di ozono ha raggiunto il 50% (Stratospheric ozone, 1999). L'ozono è l'unico gas presente nell'atmosfera che assorbe le radiazioni UV-B in maniera apprezzabile e la sua distruzione determina un aumento della componente ultravioletta della radiazione che raggiunge la superficie terrestre. Alle alte latitudini, dove i livelli assoluti della radiazione sono bassi, le piante potrebbero essere sensibili a piccoli incrementi degli UV-B (Björn *et al.*, 1998).

Gli organismi viventi hanno sviluppato delle strategie per minimizzare i danni indotti dai raggi UV, tra le quali la sintesi di sostanze protettive (schermanti) che assorbono le radiazioni UV.

In questo lavoro vengono presentati i risultati di alcuni esperimenti a corto e a lungo termine condotti tanto in laboratorio che in campo su alcune specie di licheni della vegetazione sub-artica ed artica al fine di verificare se questi organismi rispondono ad un aumento della radiazione UV-B producendo quantità maggiori di pigmenti. Vengono inoltre commentati i risultati preliminari ottenuti mediante una tecnica originale che permette di misurare i regimi di radiazione all'interno dei talli lichenici. In questo modo è stato possibile determinare la distribuzione e l'efficacia protettiva dei pigmenti in talli sottoposti a trattamenti diversi.

Bibliografia

- BJÖRN, L. O., CALLAGHAN T. V., GEHRKE C., JOHANSON U., SONESSON M. & GWYNN-JONES D., 1998 - The problem of ozone depletion in Northern Europe. *Ambio*, 27 (4): 275-279.
- STRATOSPHERIC OZONE, 1999 - United Kingdom Stratospheric Ozone Review Group, DETR.

**MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA
MEDIANTE LICHENI NELLA VALLE DEL TICINO.**

Patrizia CASARINI¹, Dario FURLANETTO², Paolo GENONI³,
Luigi GUIDETTI⁴ e Valeria ROELLA⁵

¹A.S.L. Provincia di Pavia, P.M.I.P., U.O.Fisica e Tutela dell'Ambiente, Via N.Bixio 13 - 27100 Pavia; ² Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino, Via Isonzo 1 - 20013 Magenta (fraz. Ponte Vecchio); ³ A.S.L. Provincia di Milano N°1; ⁴Agenzia Reg. Protez. Ambientale-Dip. Provinciale di Novara, Viale Roma 7/D 20100 Novara; ⁵ A.S.L. Provincia di Varese, P.M.I.P., U.O.Fisica e Tutela dell'Ambiente, Via Caretti 5 - 1100 Varese

Vengono presentati i risultati di un lavoro sulla biodiversità lichenica effettuato sul territorio del Parco del Ticino e zone contermini nel periodo febbraio-luglio 1999. L'area di indagine, circa 120.000 ha, comprende tutti i 46 comuni del Parco Lombardo più gli 11 Comuni del Parco Piemontese, nonché il comune di Marcallo. In tutto sono stati effettuati 2.353 rilievi, di cui 1.612 su querce e 741 su tigli. Il territorio è stato diviso in quadranti di 1,5 km di lato per un totale di 627 stazioni, ciascuna costituita da 3 a 5 alberi. Data la notevole quantità di dati ottenuti, per la rappresentazione cartografica si è resa necessaria una riduzione dei dati; sono state escluse in primo luogo le situazioni più atipiche all'interno di quadranti di 3 km di lato: in questo modo le stazioni sono state ridotte a 182.

I risultati evidenziano la presenza di aree critiche nelle province di Novara e di Varese e, più precisamente, la fascia territoriale che da Cerano e Trecate interessa Turbigo e Castano Primo e giunge in direzione nord-est sino a Gallarate; all'interno di questa fascia territoriale sono presenti importanti centri tecnologici e infrastrutture aeroportuali e viarie. Una seconda situazione di elevata alterazione ambientale, evidenziata a sud di Pavia, meriterebbe un ulteriore studio analitico, anche di tipo chimico-fisico, per stabilire se la diminuzione di biodiversità lichenica sia dovuta al traffico autoveicolare delle due strade statali che insistono sulla zona oppure a pratiche agronomiche che fanno largo uso di presidi chimici. L'impatto agricolo può essere anche alla base dei fenomeni di alterazione più localizzati, osservati in altre aree, lontane da evidenti sorgenti di emissioni quali, ad esempio, i territori di Morimondo e Motta Visconti. A nord-ovest, nel novarese, da Oleggio a Castelletto Ticino, si incontrano invece ampie zone dove la qualità dell'aria si presenta migliore per la presenza di ampie aree naturali prive di infrastrutture con impatti inquinanti. Analoga tendenza, seppure in aree più limitate, si registra tra Golasecca e Somma Lombardo, ad ovest di Vigevano e a nord-est di Pavia. Condizioni di

naturalità media si evidenzia anche a Marcallo.

Lo studio ha permesso inoltre di individuare numero e distribuzione ottimali delle stazioni di rilevamento per lo studio del territorio; questo sarà un utile punto di partenza per le indagini future, visto che si prevede di ripetere l'indagine tra 3-5 anni, al fine di mettere in evidenza eventuali alterazioni dell'indice di biodiversità lichenica e quindi evidenziare eventuali effetti legati all'incremento di determinate attività antropiche (es. aeroporto di Malpensa).

E' stato inoltre prodotto un elenco floristico dei licheni rinvenuti su tigli e querce, che costituisce una buona base per la redazione di una lista completa dei licheni epifiti della zona.

Nel 1994 era stato eseguito un primo biomonitoraggio degli effetti dell'inquinamento atmosferico mediante l'uso di licheni epifiti quali bioindicatori ambientali nel Parco Lombardo della Valle del Ticino e nel 1997 il medesimo studio era stato effettuato nel Parco Piemontese. Le ricerche hanno consentito di eseguire, con una metodologia oggi finalmente standardizzata che definisce in modo unitario scale e valori da applicare, anche una prima valutazione comparativa dell'andamento complessivo della qualità dell'aria nella Valle del Ticino.

I risultati consentono di valutare, oltre allo stato generale della qualità dell'aria, anche i principali fattori che hanno portato ad una maggiore o minore alterazione della biodiversità lichenica e quindi dello stato di salute dell'ecosistema complessivo della Valle del Ticino.

**I LICHENI “SPIE” DELL’INQUINAMENTO ATMOSFERICO:
UN PERCORSO DIDATTICO**

Angela COLLI¹, Mariagrazia VALCUVIA PASSADORE²

¹ *Liceo Scientifico "T.Taramelli", Via Mascheroni 51 - 27100 Pavia*

² *Dipartimento di Ecologia del Territorio e degli Ambienti Terrestri,
Università di Pavia, Via S. Epifanio 14 - 27100 Pavia*

Durante l’anno scolastico 1997-98, nell’ambito del Progetto “Laboratori ambientali dentro e fuori la scuola”, si sono svolti a Pavia due corsi di aggiornamento organizzati dal CREA di Pavia in collaborazione con gli insegnanti dell’ANISN e del CIDI aventi l’obiettivo di aiutare i docenti a costruire progetti ed itinerari didattici di Educazione Ambientale da attuare nelle scuole di ogni ordine e grado. La praticità dei metodi di monitoraggio proposti (analisi delle acque e uso di licheni come bioindicatori) si proponeva di renderli fruibili anche al di fuori del contesto scolastico: gruppi di cittadini, giovani o della terza età e associazioni ambientaliste potrebbero collaborare alla loro attuazione e diventare sentinelle ambientali, impegnandosi in un’azione costante di salvaguardia del proprio territorio. L’esperienza di collaborazione tra Ente locale e mondo della scuola si è rivelata positiva: negli anni scolastici successivi alcuni progetti sono stati effettivamente realizzati. In particolare al Liceo Taramelli di Pavia le indicazioni fornite durante il corso “I vegetali e l’inquinamento atmosferico” sono state preziose per realizzare il percorso didattico “I licheni: spie dell’inquinamento atmosferico”, inserito nella programmazione curricolare di tipo modulare.

Nel Liceo Scientifico l’osservazione e lo studio del “più multiforme dei vegetali” può favorire negli studenti l’acquisizione di concetti “fondanti” della Biologia (vivente, evoluzione, adattamento, biodiversità) e renderli consapevoli della complessità dei rapporti viventi-ambiente. La possibilità della sopravvivenza dei licheni in ambienti “ostili” e la loro fragilità di fronte agli inquinanti atmosferici ha dapprima incuriosito gli studenti e li ha poi fatti riflettere sulla necessità di modificare le proprie abitudini, a cominciare dai trasporti. Un percorso simile potrebbe essere proposto anche in un biennio, ad esempio in una “seconda” di un Istituto Tecnico per Geometri.

Il metodo di lavoro proposto si avvale soprattutto del confronto e del lavoro di gruppo per arrivare alla costruzione di un sapere significativo che possa essere impiegato in altri ambiti e porti anche ad un cambiamento dei comportamenti.

Si è partiti dalle analisi delle rappresentazioni mentali degli studenti con un questionario a domande aperte per individuare eventuali ostacoli cognitivi e superarli insieme.

Si è cercato di “condensare” il lavoro in circa tre settimane: per gli insegnanti della Scuola Media Superiore è a volte difficile partecipare a progetti con tempi molto lunghi, mentre è viva l’esigenza di percorsi didattici curricolari da inserire nella programmazione. Il lavoro iniziato in una sezione è ormai esteso a tutte le classi terze e, a partire da quest’anno, sarà possibile lavorare in rete con altre scuole cittadine.

LICHENI E SCUOLA: UNA SIMBIOSI POSSIBILE?

Leonardo LAPI

*Studio Biosfera, Viale Montegrappa 29
59100 Prato – (biosferapo@interfree.it)*

L'intervento vuole brevemente descrivere come si è sviluppato negli ultimi 5 anni il rapporto tra licheni ed educazione ambientale nel comprensorio Firenze – Prato – Pistoia. In particolare viene posto in rilievo il possibile ruolo di gruppi di esperti "esterni" alla scuola nella programmazione e realizzazione di interventi educativi sulle tematiche del biomonitoraggio.

Questo tipo di interventi consentono molteplici riscontri positivi; infatti, oltre ad avvicinare ragazzi e docenti a nuove tematiche scientifiche di grande attualità, proponendo metodologie specifiche e linguaggi tecnici "originali" per la scuola, permettono un riavvicinamento al territorio in cui i ragazzi vivono e, attraverso il suo studio, anche una attenta valorizzazione e tutela per il futuro.

Un programma-tipo, progettato per alcune scuole superiori prevede una serie di interventi di questo genere:

Introduzione alla ecologia e alle problematiche relative all'inquinamento. La biodiversità. L'inquinamento atmosferico e la sua valutazione tramite bioindicatori (metodo B.L). I licheni e il biomonitoraggio (2 - 4 ore per classe).

Laboratorio per la classificazione delle principali specie di licheni: le chiavi dicotomiche di riconoscimento. Il metodo B.L. Le schede di rilevamento e le operazioni da svolgere sul campo. Osservazione delle principali strutture licheniche e riconoscimento delle principali specie licheniche con lenti e stereomicroscopi (2 - 4 ore per classe).

Due uscite (4 - 6 ore per classe) per l'individuazione delle stazioni di campionamento, il rilevamento sul campo della comunità lichenica e la compilazione delle schede per il calcolo dell'Indice di biodiversità lichenica.

Riconoscimento in laboratorio (4 - 6 ore) delle specie licheniche che non è possibile riconoscere sul posto per il calcolo finale corretto dell'indice. Realizzazione di poster e di cartelloni sull'esperienza svolta. E' prevista la rielaborazione dei dati ottenuti al computer e la stesura di una Carta di qualità dei corsi d'acqua del territorio studiato, divisa in colori corrispondenti ai diversi livelli di qualità e di facile lettura non solo per esperti ma per tutta la cittadinanza.

A conclusione di queste iniziative viene organizzata una serata (presso la scuola o altra struttura comunale) con partecipazione di ragazzi, insegnanti,

esperti Biosfera ed Amministratori per presentare alla cittadinanza il lavoro svolto e discutere della qualità ambientale del territorio studiato.

Uno degli scopi principali è rendere i ragazzi protagonisti nel loro quotidiano ambiente di vita, avvicinandoli alle Associazioni ed Istituzioni che operano sul territorio e si occupano della sua tutela.

Siamo certi che questi "detective ambientali" in futuro sapranno far tesoro di esperienze di questo tipo quando saranno chiamati in prima persona a gestire ed amministrare le problematiche connesse all'ambiente in cui vivono.

In conclusione, illustrando alcuni lavori svolti in alcune classi del comprensorio toscano suddetto, si inquadrano i rapporti, spesso complessi, con le Istituzioni e gli Enti locali anche e soprattutto in prospettiva di un più proficuo nuovo "Progetto licheni".

**UNA NUOVA SCALA PER L'INTERPRETAZIONE DEI VALORI
DI BIODIVERSITÀ LICHENICA IN REGIONI
TIRRENICHE E ALPINE D'ITALIA**

Stefano LOPPI¹, Paolo GIORDANI², Giorgio BRUNIALTI²,
Deborah ISOCRONO³ e Rosanna PIERVITTORI³

¹ *Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Siena,
Via P.A. Mattioli 4 - 53100 Siena (loppi@unisi.it)*

² *DIP.TE.RIS, sede di Botanica, Università di Genova,
C.so Dogali 1/M, I-16136 Genova (serrato@csita.unige.it)*

³ *Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Torino,
V.le P.A. Mattioli 25- 10125 Torino (debiso@bioveg.unito.it;
piervitt@bioveg.unito.it)*

A causa della notevole estensione latitudinale e altitudinale, il territorio italiano non è compreso in un'unica regione bioclimatica, ma può essere suddiviso in almeno quattro regioni (adriatica, continentale, submediterranea e stenomediterranea), con una serie di situazioni intermedie e particolari.

Questa variabilità climatica può influenzare la biodiversità dei licheni epifiti rendendo difficile discriminare tra l'effetto dell'inquinamento atmosferico e quello dei parametri ambientali sulla frequenza e la distribuzione dei licheni. La scala di naturalità/alterazione proposta nelle linee guida dell'ANPA è basata su valori di BL ottenuti durante indagini condotte principalmente nella macroregione adriatica; per questo motivo tale scala è utilizzabile solamente in regioni a clima submediterraneo secco e risulta difficilmente adattabile a regioni con differenti regimi climatici. Il presente studio è stato condotto per elaborare delle scale di interpretazione dei valori di BL nelle regioni tirreniche e alpine. L'elevata umidità atmosferica delle regioni tirreniche influisce positivamente sulla colonizzazione lichenica. Pertanto i valori BL registrati in Liguria e Toscana, a parità di impatto antropico, sono mediamente più alti rispetto a quelli di altre regioni del nord Italia (Piemonte e Valle d'Aosta), rendendo necessaria una lettura critica dei risultati ottenuti.

L'elaborazione di una scala di naturalità/alterazione per l'interpretazione dei dati di biodiversità lichenica nella regione tirrenica è stata completata; quella relativa alla macroregione alpina è in corso di realizzazione. Per ottenere i valori di riferimento della scala sono stati elaborati statisticamente 5000 rilievi di BL effettuati in Toscana, Liguria, Piemonte e Valle d'Aosta tenendo conto dell'influenza dell'albero-substrato, dell'altitudine, dell'esposizione del versante, del clima, della distanza dalla costa e dell'inquinamento atmosferico. I rilievi sono stati condotti su *Tilia* spp., querce decidue, *Olea europaea*,

Castanea sativa, *Juglans regia*, *Populus* spp. e *Acer pseudoplatanus* e *A. platanoides*. Per ogni area bioclimatica omogenea, la massima BL potenziale è ottenuta dalla media dei valori BL > 98° percentile della distribuzione (per Liguria e Toscana BL=100). Le fasce di naturalità/alterazione sono ottenute come discostamento percentuale dalla massima naturalità potenziale. Rientrano nella fascia di naturalità molto alta i valori BL che si discostano del 25% dalla naturalità massima potenziale. Le altre fasce di naturalità/alterazione sono ottenute come deviazioni progressive dalla massima naturalità (50%, 75%, 99% di discostamento dalla massima naturalità potenziale).

**LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DEL DATO
DI BIODIVERSITÀ LICHENICA**

Stefano LOPPI¹, Paolo GIORDANI²,
Giorgio BRUNIALTI², Deborah ISOCRONO³

¹ *Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Siena,
Via P.A. Mattioli 4 - 53100 Siena (loppi@unisi.it)*

² *DIP.TE.RIS- sede di Botanica, Università di Genova,
C.so Dogali 1/M - 16136 Genova (serrato@csita.unige.it)*

³ *Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Torino,
V.le P.A. Mattioli 25 - 10125 Torino (debiso@bioveg.unito.it)*

L'alta variabilità del dato biologico è la causa principale delle difficoltà incontrate in Ecologia nel formulare previsioni affidabili. Per quanto riguarda le misure biologiche, la qualità del dato può variare in dipendenza di diversi fattori. Il processo di standardizzazione del protocollo BL iniziato con la stesura delle linee-guida ANPA ha da subito preso in considerazione il problema della variabilità delle misure BL.

In letteratura sono riportati numerosi lavori che riguardano la standardizzazione dei metodi e le strategie di campionamento, ma sono pochi i lavori che si occupano del controllo e della valutazione della qualità del dato. Questo lavoro rappresenta la prima applicazione a larga scala di un processo di controllo della qualità del dato in studi di bioindicazione in Italia.

La qualità dei dati biologici varia in dipendenza di tre principali fattori:

- variabilità del fenomeno misurato, dovuta principalmente alle interazioni dell'organismo con i vari fattori ambientali (esposizione, altitudine, distanza dal mare, substrato, ecc.);
- tipo di campionamento utilizzato (diversa densità di campionamento, campionamento in base a griglie prestabilite o in base alle scelte dell'operatore, ecc.);
- errori di misura degli operatori che rilevano i dati.

La fase del controllo della qualità del dato riguarda principalmente la formazione, la calibrazione e il controllo del personale coinvolto nel rilevamento. Viene effettuato mediante corsi specialistici, prove di riconoscimento e controlli sul campo sull'accuratezza e riproducibilità del dato. In questo modo è possibile stabilire se i dati sono raccolti correttamente e se sono riproducibili e confrontabili.

La fase immediatamente successiva riguarda l'elaborazione statistica del dato ottenuto dai controlli di qualità. Vengono considerate principalmente due caratteristiche del dato: l'accuratezza e la precisione. I risultati permettono di

valutare la percentuale di raggiungimento degli obiettivi di qualità (il livello qualitativo dell'indagine).

Nel corso degli ultimi due anni le Agenzie Regionali per l'Ambiente di Piemonte, Toscana e Liguria, in collaborazione con le rispettive sedi universitarie, hanno organizzato diversi workshop, a carattere regionale e interregionale, per discutere e testare il protocollo di campionamento BL.

Nell'ambito di questi incontri sono state effettuate 5 prove di intercalibrazione (Isola d'Elba (LI), maggio 1999; Rapallo (GE), ottobre 1999; Peveragno (CN), aprile 2000; S. Stefano d'Aveto (GE), maggio 2000, Montecatini Terme (PT), settembre 2000).

Per la prova di intercalibrazione sono stati posizionati reticoli standard di campionamento BL su 3 alberi campione. Ciascun operatore ha effettuato i 3 rilievi indipendentemente, senza l'ausilio di chiavi di determinazione e in un tempo limitato.

I rilievi degli operatori sono stati poi confrontati con quelli di specialisti (controllo) per poter valutare l'accuratezza del dato. Ciascun operatore ha poi ripetuto un rilievo per poter valutare la riproducibilità del dato (precisione).

Per quanto riguarda la valutazione della qualità del dato, sono state calcolate l'accuratezza, che rappresenta la percentuale di deviazione dei dati raccolti dai rilevatori rispetto al controllo e la precisione, cioè la percentuale di riproducibilità del rilievo da parte dello stesso operatore.

In particolare sono stati considerati tre tipi di accuratezza e precisione:

- accuratezza e precisione quantitativa (Acc. sulla BL), per stimare la qualità del valore di BL rilevato;
- accuratezza e precisione sistematiche, per valutare la qualità dell'identificazione dei licheni nel rilievo;
- accuratezza e precisione sul numero totale delle specie riconosciute nel rilievo.

**LA REATTIVITÀ DEL CORTEX: POSSIBILI EFFETTI SULLA BIOMINERALIZZAZIONE E SUL
BIOACCUMULO**

Paolo MODENESI, Paolo GIORDANI e Giorgio BRUNIALTI
*DIP.TE.RIS-Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse
sede di Botanica, Università di Genova, C.so Dogali 1/M - 16136 Genova*

L'ossalato di calcio può cristallizzare nell'apoplasto corticale di molte specie di licheni e formare, frequentemente, depositi superficiali pruinosi dall'aspetto di ammassi microcristallini pulvurulento-biancastri.

I cristalli sono originati all'interno dello strato corticale e fuoriescono, allargandosi sulla superficie, da numerose spaccature circolari del cortex superiore. La loro formazione è determinata da un processo di biomineralizzazione in cui le cellule corticali del micobionte, attraverso la secrezione apoplastica di acido ossalico, convertono gli ioni calcio in un minerale solido.

Il compartimento apoplastico è il microambiente in cui sono determinate le condizioni di biomineralizzazione dall'attività metabolica delle cellule corticali. Diversi autori ritengono che il grado di pruinosità sia correlato a diversi fattori ambientali quali la luminosità, la disponibilità di ioni calcio e l'esposizione a stress ossidativi. La pruinosità sarebbe di conseguenza un carattere ecofenotipico variabile. Nonostante ciò, la presenza di pruina è impiegata da molte flore e chiavi analitiche come uno stabile carattere tallino, utilizzato nella tassonomia lichenica.

Due differenti forme minerali, weddellite e whewellite, sono presenti come cristalli di vario aspetto costituenti la pruina nei licheni.

La whewellite è un minerale monoidrato, $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (COM), appartenente al sistema monoclinico, mentre la weddellite, $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot (2+x) \text{H}_2\text{O}$ (COD) è un ossalato diidrato appartenente al sistema tetragonale. La seconda formula indica che la struttura della weddellite contiene ($x \geq 0.5$) acqua zeolitica (mobile) coordinata nel reticolo cristallino con le altre molecole d'acqua e non con gli atomi di carbonio e di calcio. COD, inoltre, è una forma energeticamente metastabile e tende a dissolversi con distinte figure di corrosione nella forma stabile (COM).

I cristalli che formano la pruina possono presentarsi con varie morfologie che sono correlate alla forma cristallina idrata di appartenenza. Bipiramidi e prismi bipiramidati corrispondono al COD, mentre lamine, stiloidi, cuboidi e sabbia cristallina corrispondono al COM.

Le differenti forme di idratazione sono da alcuni autori riferite come costanti a livello specifico nei licheni e nei funghi. Da ciò deriva il suggerimento che i parametri fisiologici e genetici che controllano il processo di

biomineralizzazione siano consistenti e che le forme minerali possano rappresentare in questi gruppi degli utili caratteri tassonomici come recentemente proposto per le piante superiori.

Le nostre osservazioni mostrano che i differenti tipi di idratazione (COD e COM) sono generalmente, ma non sempre, mutualmente esclusive. In qualche caso è possibile osservare, in diversi campioni della stessa specie, pruina formata dalle due forme di idratazione, o, nello stesso campione, pruina formata da cristalli misti.

Questo è in accordo con dati della letteratura. Wadsten & Moberg (1985) esaminando la pruina in venti specie di licheni riferiscono la presenza di cristalli misti (COD e COM) solamente in due specie, nelle rimanenti diciotto essendo presente una sola forma di idratazione. Le nostre osservazioni sulle stesse specie esaminate dai sopracitati autori, ma in diversi campioni, confermano i loro dati e sembrano indicare che i processi di biomineralizzazione nei licheni siano solo generalmente consistenti e su base genetica.

I fattori determinanti la cristallizzazione delle due forme COD e COM nel cortex e sulla superficie tallina sono sconosciuti. Nei funghi liberi diversi fattori determinanti sono stati proposti: tra questi la disponibilità di ioni calcio, il valore di pH nei siti di biomineralizzazione, la quantità di acqua presente durante il processo, il rapporto ioni calcio/ioni ossalato e sconosciuti fattori genetici di controllo.

Alcuni potenziali fattori determinanti la cristallizzazione sono stati studiati nelle biomineralizzazioni patologiche umane (formazione di calcoli urinari di ossalato di calcio). Uno fra questi, efficace nell'indurre la cristallizzazione di COD, consiste nella presenza, nei siti di cristallizzazione, di molecole polianioniche (polycarbossilate). Queste, quando contenenti una sufficiente densità di cariche negative periodicamente disposte, funzionerebbero come centri di nucleazione dell'ossalato diidrato, inibendo la formazione del monoidrato (COM).

Nelle urolitiasi tali sostanze sono state identificate come GAG (glucosamminoglicani o mucopolisaccaridi) come l'acido ialuronico e l'eparina.

Nei licheni sono presenti nell'apoplasto corticale delle sostanze simili ai GAG, i poliuronidi, sostanze che come le pectine sono omo/eteropolimeri di acidi uronici. La loro localizzazione coincide con i siti di nucleazione, come mostrato dalle immagini al SEM, dalla positività della localizzazione istochimica dell'ossalato di calcio e dalla reattività per il Blu di toluidina (TBO).

Le nostre osservazioni mostrano come quest'ultimo test istochimico sia un marker di reattività corticale, evidenziando quegli aspetti microambientali che caratterizzano i siti di biomineralizzazione. La reazione metacromatica (rossa) del TBO è infatti dipendente da un valore minimo di densità superficiale delle cariche negative in sostanze polianioniche, caratteristica questa che è, parallelamente, un fattore determinante il tipo di cristallizzazione. Nelle specie licheniche esaminate la reattività metacromatica positiva (rossa) dell'apoplasto

corticale appare associata alla formazione di COD, mentre quella negativa (blu) appare associata alla formazione di COM. Le sostanze polianioniche presenti contribuirebbero alla formazione ed alla caratterizzazione della matrice determinante il tipo di cristallizzazione.

La reattività corticale, consistente nella disponibilità di una sufficiente densità di cariche negative, e quindi alla presenza di siti di scambio ionico, sembra legata anche alla capacità di bioaccumulo di elementi metallici.

Bibliografia

WADSTEN T. & MOBERG R., 1985 - Calcium oxalate hydrates on the surface of lichens. *Lichenologist*, 17: 239-245.

IL PROGETTO “LICHENI IN RETE”

Claudio MALAVASI:

Liceo Scientifico “Galileo Galilei”

Via Verona 35 - Ostiglia (MN) (istitutogalilei@libero.it;
claudio.malavasi@polirone.mn.it)

Viene presentato il Progetto “Licheni in rete” realizzato in Provincia di Mantova nel periodo 1997-2000.

L'intento dell'intervento è quello di fornire un possibile percorso organizzativo e metodologico per attivare un progetto didattico in grado di coinvolgere più scuole sul tema dell'inquinamento atmosferico e sull'uso dei licheni come bioindicatori della qualità dell'aria.

Si riassumono brevemente le fasi del progetto:

1997/98 – Aggiornamento e Formazione

- ❑ Corso di aggiornamento con esperti per apprendere le nozioni fondamentali sui licheni, sul metodo di biomonitoraggio e sull'elaborazione dei dati.
- ❑ Individuazione di una Struttura di riferimento (LABTER CREA MN c/o I.T.I.S. di Mantova – Prof. Sutti Sandro, Strada Circonvallazione Sud 55, 46100 Mantova; LT.Crea@labnet .comm2000.it; labter@itis.mn.it) per l'organizzazione dei Corsi di Aggiornamento, la preparazione e la distribuzione dei materiali.
- ❑ Individuazione di un Coordinatore del Progetto (Prof. Claudio Malavasi c/o il Liceo Scientifico di Ostiglia) e di una scuola di appoggio per le riunioni e le esercitazioni (I.T.A.S. di Palidano – Prof. Truzzi Andrea)
- ❑ Corso di autoaggiornamento, fra i docenti interessati a sviluppare un progetto comune, con attività di laboratorio e uscite in campo. Produzione da parte dei docenti aderenti al progetto di una chiave semplificata, una serie di diapositive ad uso didattico e una scheda di rilevamento dati.

1999/2000 Applicazione e Ricerca

- ❑ Individuazione dei docenti, delle scuole, delle classi e delle zone (città, comuni, paesi) in cui effettuare biomonitoraggio.
- ❑ Creazione di una rete di collegamenti fra le scuole (telefono, fax, posta elettronica) e di esse con il LABTER CREA di Mantova per la diffusione delle informazioni (circolari, calendari, riunioni, schede di riepilogo, immagini, disegni ecc.).

- ❑ Individuazione di tempi e modi per l'effettuazione del biomonitoraggio e per la raccolta dei dati da elaborare in tabelle e cartograficamente..
- ❑ Giornata finale con mostra e presentazione dei dati da parte di tutte le classi e i docenti del progetto (due giornate già effettuate nel maggio del 1999 e 2000 presso Villa Strozzi, che ospita l'I.T.A.S. di Palidano).

2000-2001 Sviluppo della Ricerca

- ❑ Ampliamento della rete di scuole e delle zone in cui effettuare il biomonitoraggio.
- ❑ Focalizzazione dell'attenzione sulla distribuzione e la frequenza dei licheni.
- ❑ Revisione dei dati nel tempo a distanza di tre anni dai primi rilievi.
- ❑ Revisione del metodo di biomonitoraggio (dall'IAP alla BL).
- ❑ Sviluppo di forme di tutoraggio (collaborazione e assistenza) fra i docenti e fra le scuole.

In questi quattro anni di attività sono stati elaborati vari materiali di supporto per la didattica, che il LABTER CREA di Mantova ha diffuso ai docenti e alle scuole della rete:

- ❑ Diapositive, fotografie, cartelloni, manifesti e cartine telematiche realizzate dalle scuole nell'ambito del progetto ed esposte nel corso delle giornate conclusive.
- ❑ Chiave semplificata per il riconoscimento dei licheni più comuni nella Provincia di Mantova, anche in versione multimediale.
- ❑ Dispensa dal titolo "Licheni in rete". che raccoglie i materiali prodotti ed i dati raccolti negli anni 1999-2000.
- ❑ CD ROM dal titolo "Licheni in rete" che raccoglie i testi di riferimento teorico, le chiavi multimediali, i dati, la cartografia, le immagini dei licheni, i disegni, le canzoni, i giochi, la rassegna stampa.
- ❑ Sito WEB: www.polirone.mn.it/utenti/cmalavasi/home.htm

Il progetto "Licheni in rete" è quindi la dimostrazione che è possibile coinvolgere le scuole in un lavoro comune sullo studio dei licheni come bioindicatori della qualità dell'aria.

**DETERMINAZIONE DI ELEMENTI IN TRACCIA IN LICHENI
DELLA VALTELLINA MEDIANTE ANALISI PER
ATTIVAZIONE NEUTRONICA (INAA)**

Chiara SERIO¹, Maura BRUSONI¹, Mariagrazia VALCUVIA-PASSADORE¹,
Luigi BERGAMASCHI², Enrico RIZZIO² e Mario GALLORINI²
¹ *Dipartimento di Ecologia del Territorio e degli Ambienti Terrestri,
Università di Pavia, Via S. Epifanio 14 - 27100 Pavia*
² *CNR Centro di Radiochimica e Analisi per Attivazione,
c/o Università di Pavia, Viale Taramelli 12 - 27100 Pavia*

Per valutare l'inquinamento atmosferico da elementi in tracce a Livigno (Valtellina, Lombardia) sono state utilizzati i licheni *Letharia vulpina* (L.) Hue, *Parmelia sulcata* Taylor, *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf e *Usnea hirta* (L.) Wigg. come bioaccumulatori. Campioni di licheni e terreno sono stati prelevati in sette stazioni, selezionate lungo la Valle di Livigno, e analizzati mediante Analisi per Attivazione Neutronica (INAA). Al fine di valutare l'origine dei ventuno elementi individuati è stato calcolato il fattore di arricchimento (FA), normalizzando la concentrazione dell'elemento nel campione e nel suolo rispetto alla concentrazione dello scandio, un elemento che è di sicura origine naturale, è contenuto nei suoli in maniera omogenea ed ubiquitaria ed è presente in natura a livello di tracce. La probabilità che l'elemento sia di origine naturale è tanto maggiore quanto più il valore di FA si avvicina all'unità, mentre l'origine antropica può essere ipotizzata per valori di FA superiori a cinque. I dati di concentrazione degli elementi nei licheni e dei fattori di arricchimento sono stati quindi sottoposti a elaborazione statistica tramite metodi di analisi multivariata.

In base ai risultati si è dedotto che: a) l'INAA è una valida tecnica per lo studio dell'inquinamento da elementi in tracce; b) l'INAA ha permesso di analizzare un elevato numero di elementi anche con piccole quantità di materiale; c) attraverso l'elaborazione statistica dei dati relativi ai fattori di arricchimento sono state individuate le specie più significative per l'accumulo di bromo e vanadio; d) l'elaborazione statistica dei dati relativi alla concentrazione degli elementi nei talli ha permesso di identificare le stazioni meno interessate da fenomeni di inquinamento.

I dati ottenuti hanno fornito una soddisfacente valutazione delle condizioni ambientali, in particolare dell'inquinamento atmosferico dell'area di Livigno.

Gli elementi in traccia di natura antropogenica, anche quelli caratteristici dei

residui di combustione liberati dai veicoli motorizzati e dagli impianti termici civili, presentano concentrazioni modeste.

Il lavoro svolto rappresenta quindi una base su cui impostare ulteriori controlli per il monitoraggio del particolato atmosferico e per ottimizzare la collocazione di eventuali centraline automatiche nell'area di studio.

CONTENUTO DI ELEMENTI IN TRACCIA IN TALLI DI *PARMELIA BORRERI*
E *XANTHORIA PARIETINA* RACCOLTI SULLO STESSO FOROFITA

Mauro TRETACH e Laurence BARUFFO
Dipartimento di Biologia, Università di Trieste,
Via Giorgieri 10 - 34127 Trieste

Negli studi di bioaccumulo tramite licheni si è dato finora inadeguata importanza alle specie utilizzate. Gli studi a carattere metodologico sulle differenti capacità di bioaccumulo sono infatti relativamente scarsi, e attualmente anche i protocolli recentemente proposti non escludono l'utilizzo di licheni diversi (ad esempio, specie dei generi *Parmelia* e *Xanthoria*). In questo intervento vengono discussi i risultati di una ricerca condotta nella pedemontana pordenonese (Italia nord-orientale), nell'ambito di uno studio commissionato dalla Provincia di Pordenone per valutare la ricaduta di metalli in traccia intorno a degli impianti industriali. Durante il campionamento, condotto nell'estate 1999, sono stati prelevati in 21 stazioni, secondo procedure standard, campioni di *P. borrieri* e *X. parietina* che crescevano alle medesime esposizioni sugli stessi alberi. Il materiale è stato quindi preparato secondo il protocollo proposto dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) e analizzato mediante spettrofotometria ad assorbimento atomico, con fornello di grafite e correttore di fondo Zeeman (Cd, Cr, Ni), emissione al plasma (Al, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn), e metodo del vapore freddo (Hg).

I risultati dimostrano che le due specie non accumulano nella stessa maniera i dieci elementi analizzati. Ca, Cd, Ni e Zn sono più concentrati in *P. borrieri*, il Cr è più concentrato in *X. parietina*, mentre gli altri elementi hanno concentrazioni comparabili. Soltanto i valori di concentrazione di Cd e Hg sono risultati significativamente correlati nelle due specie. Questi dati preliminari sembrano suggerire che differenze fisiologiche e morfo-anatomiche delle due specie influenzino la loro capacità di accumulo.

Al momento sembra evidente che in uno studio di biomonitoraggio ambientale non è possibile utilizzare più specie contemporaneamente; i pattern distributivi dei metalli non sono infatti necessariamente congruenti, e pertanto non è corretto nemmeno utilizzare una scala percentile unica per esprimere il grado di naturalità/alterazione. A nostro avviso bisogna approfondire ulteriormente le problematiche legate alle metodiche di campionamento e ai fattori che concorrono a determinare la variabilità dei dati.