

Licheni: la rete di biomonitoraggio in Umbria

Leonardo Anzini, Valerio Genovesi, Giuseppe Massari, Sonia Ravera

La bioindicazione utilizza le modificazioni degli organismi per stimare il livello di alterazione ambientale. I licheni presentano tutte le caratteristiche per essere considerati indicatori dell'inquinamento atmosferico

I licheni sono il risultato di un'interazione tra due diversi organismi viventi: un fungo e un'alga. Tale associazione è vantaggiosa per entrambi e rappresenta uno dei più caratteristici esempi di simbiosi mutualistica.

I funghi che partecipano alla simbiosi appartengono nella maggior parte dei casi agli Ascomiceti (98%), seguiti poi dai Deuteromiceti (ca. 2%) e dai Basidiomiceti e dai Ficomiceti. Quindicimila specie di funghi (circa 1/5 dei funghi noti) sono coinvolti in un rapporto simbiotico con un'alga verde, una cianofita o con entrambe.

Tra i fotobionti i partner più comuni sono le alghe verdi unicellulari come *Chlorophyceae Trebouxia* e *Trentepohlia* e cianobatteri, ad esempio *Nostoc*.

Si ritiene che l'interazione tra i due organismi sia stata generata da un iniziale rapporto di parassitismo che solo successivamente si è evoluto con reciproco vantaggio. Il fungo possiede filamenti ifali che assorbono passivamente l'acqua necessaria per la sopravvivenza dell'alga e della simbiosi e che sono in grado di fornire una protezione meccanica e di schermare l'alga da un'eccessiva irradiazione. L'alga, dal canto suo, attraverso la fotosintesi rappresenta la possibilità di una fonte di carboidrati e di vitamine per il micete. Le cianofite, inoltre, sono tra i pochi organismi in grado di fissare l'azoto atmosferico. Dell'originale parassitismo ai danni dell'alga, rimangono alcune tracce, come ad esempio la presenza di austeri in alcune specie e la completa perdita della capacità riproduttiva da parte dell'alga. La riproduzione sessuata è esclusiva del partner fungino e si compie attraverso la produzione di spore all'interno di corpi "fruttiferi" (che negli Ascomiceti sono denominati, secondo la forma, apotecii o periteci), strutture specializzate, localizzate sulla superficie del tallo e presenti nella maggioranza delle specie conosciute.

La propagazione del lichene coinvolge entrambi i partner che si disperdono già con un rapporto mutualistico "in atto". Le strutture più comunemente adibite a questa funzione sono gli isidi (piccole estroflessioni della superficie superiore del tallo) e i soredi (un gomitolino di ife fungine ed alghe già simbiotici).

Una delle caratteristiche dell'organizzazione di tipo talloide è l'assenza di cuticola protettiva e di meccanismi che regolano l'assorbimento dell'acqua. Questo fa sì che i licheni siano in grado di disidratarsi con estrema rapidità (rimanendo in una sorta di "vita latente" con un metabolismo ridotto al minimo) e, altrettanto rapidamente, reidratarsi; tale capacità permette al lichene di sopravvivere in condizioni e in luoghi proibitivi per i singoli componenti della simbiosi. Inoltre, l'intera superficie del lichene è in grado di assorbire acqua direttamente dall'atmosfera senza vagliare le sostanze in essa disciolte (es. elementi in tracce).

Il risultato della simbiosi lichenica è dunque un'organizzazione indipendente ed autonoma, caratterizzata da una propria morfologia, da proprie strutture e un proprio metabolismo tanto da essere in grado di produrre sostanze nuove (generalmente chiamate acidi lichenici), tipiche della simbiosi, che i partner isolati non sono in grado di produrre. La capacità di pas-

In virtù delle loro caratteristiche i licheni si sono adattati alle più diverse condizioni climatiche ed ecologiche

sare rapidamente dallo stato idratato a quello disidratato permette ai licheni di ridurre la fotosintesi e la respirazione, raggiungendo una specie di quiescenza che li rende capaci di sopravvivere in ambienti critici e di colonizzare nicchie diverse.

CLASSIFICAZIONE

La classificazione dei licheni si basa sia sui caratteri morfologici sia su quelli chimici della simbiosi.

A livello macroscopico i principali caratteri diagnostici sono:

- 1) forma e colore del tallo;
- 2) meccanismi di riproduzione e propagazione;
- 3) strutture;
- 4) reazioni chimiche e fisiche.



- immobilità;
- ampia distribuzione sul territorio.

Di particolare interesse ai fini della bioindicazione è la notevole sensibilità dei licheni, soprattutto epifiti per la loro posizione esposta alla presenza di gas fitotossici come il biossido di zolfo (SO₂) e gli ossidi di azoto (NO_x) e la conseguente modificazione nella composizione e struttura delle comunità licheniche in relazione alla concentrazione in atmosfera di tali gas.

I licheni rappresentano un anello fondamentale nella catena alimentare e costituiscono il cibo principale per molti erbivori

I più evidenti tipi di risposta a situazioni di inquinamento sono riconducibili ad una riduzione della fotosintesi e della respirazione per danneggiamento della clorofilla che, a valori di pH intorno a 3 (da acidificazione delle piogge ad esempio), si ossida trasformandosi in feofitina.

L'INDICE DI BIODIVERSITÀ LICHENICA (IBL)

La biodiversità lichenica (Bl) è definita come la somma delle frequenze delle specie presenti entro un reticolo a maglie di area costante.

L'attuale metodica di rilevamento è derivata da una serie sistematica di studi che, a partire dagli anni '60, indagarono la correlazione tra la struttura e composizione delle comunità licheniche epifite e la concentrazione atmosferica di inquinanti. In particolare, il "Metodo di Amman" o "Metodo Svizzero", è stato ampiamente utilizzato in Italia e in Europa a partire dagli anni '80 fino alla fine degli anni '90.

Il metodo era basato sul rilevamento della frequenza delle specie licheniche all'interno di un reticolo di dimensioni costanti, composto di una griglia di 10 unità. La somma di tali frequenze portava al calcolo di un indice, l'IAp (Index of atmospheric purity), che valutava il

1) A seconda della forma simbiosi lichenica si definiscono tre gruppi principali:

- licheni crostosi, possiedono un tallo che penetra nel substrato;
- fogliosi, che hanno un tallo che aderisce al substrato per tutta la superficie inferiore;
- fruticosi che hanno un aspetto a cespuglietto e aderiscono al substrato attraverso una porzione ridotta del tallo.

2) Si distinguono le strutture deputate alla riproduzione sessuata (apotecii e peritecii) e quelle per la riproduzione asessuata (presenza o meno e forma di isidi e sorali, meccanismi di frammentazione del tallo, ecc.).

3) Presenza o meno di strutture con diversa forma e funzione come ad esempio: le rizine (fasci di ife presenti sulla superficie inferiore che servono per l'ancoraggio al substrato), le ciglia e i peli (che aumentano la superficie assorbitiva), ecc.

4) La presenza dei metaboliti secondari specifici e la loro reazione a diverse sostanze chimiche costituiscono un importante carattere diagnostico. I più comuni reagenti chimici utilizzati nel riconoscimento dei licheni sono: l'idrossido di potassio (K), l'ipoclorito di sodio (N), la parafenilendiamina (P o Pd), lo iodio (I). Infine, tra le reazioni di tipo fisico, è importante la fluorescenza delle sostanze licheniche alla luce ultravioletta (UV).

I principali caratteri diagnostici microscopici sono:

- organizzazione interna del tallo;
- tipo di corpi fruttiferi;
- organizzazione interna dei corpi fruttiferi;
- forma e dimensioni degli aschi (strutture contenenti le spore);
- forma e dimensioni delle parafisi (ife sterili alternate agli aschi);
- forma e dimensioni delle ife;
- forma, numero, colore e dimensione delle spore.

HABITAT ED ECOLOGIA

Attualmente sono censite nel mondo circa 13.500 specie licheniche e oltre 2.300 sono quelle note per l'Italia.

Grazie alle loro caratteristiche morfologiche e fisiologiche i licheni si sono adattati alle più diverse condizioni climatiche ed ecologiche colonizzando pressoché ogni tipo di ambiente presente sul pianeta. I licheni possono crescere su piante (licheni epifiti), al suolo (licheni terricoli o epigei), su roccia (licheni epilittici) ma anche su un'enorme varietà di materiali artificiali (tegole, vetro, gomma, ecc.). È possibile trovare licheni nei deserti, sulle rive del mare, sulle lave vulcaniche raffreddate, su rocce nude in alta montagna e perfino in Antartide dove, in alcune zone, rappresentano quasi l'unica forma di vita esistente. Per questa estrema adattabilità sono considerati organismi pionieri, capaci di attecchire in condizioni ostili ad altri vegetali e capaci, attraverso l'azione disgregatrice sulle rocce, di costituire un substrato per l'avvio di una successione, fornendo il materiale per l'impianto delle piante superiori.

Tra i ruoli ecologici svolti dai licheni, oltre al contributo alla fissazione dell'azoto atmosferico, occorre ricordare quello di anello fondamentale nella catena alimentare costituendo il cibo principale per diversi erbivori, quali renne e caribù.

La bioindicazione utilizza le modificazioni nelle caratteristiche morfologiche e strutturali di organismi, o comunità di organismi, per una stima qualitativa del livello di alterazione ambientale.

I licheni presentano tutte le caratteristiche per essere considerati indicatori per la stima dell'inquinamento atmosferico:

- elevata capacità di assorbimento delle sostanze presenti in atmosfera;
- elevata sensibilità agli agenti inquinanti;
- lento accrescimento e notevole longevità;

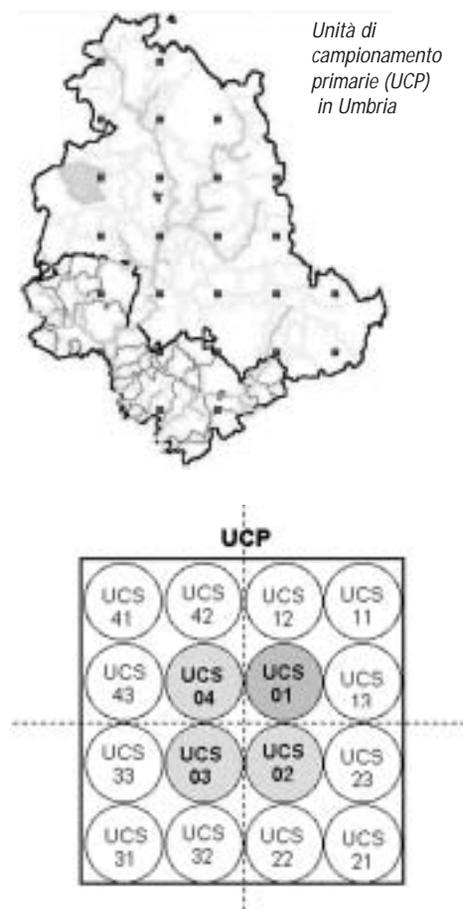


Fig. 1 - Schema della disposizione delle Ucs. Le linee tratteggiate, il cui incrocio corrisponde al centro della Ucp, rappresentano la griglia 18x18 km basata sul reticolo UTM. I numeri indicano l'ordine di sostituzione delle Ucs in caso di non rilevabilità delle stesse

Fig. 2

UCP	Coordinate UTM	Tavola IGM	Denominazione	Tipologia di uso del suolo
1	288000 4710000	F 137 I SE	Amelia	Agricolo Boschiva
2	288000 4728000	F130 II SE	Izzalini	Agricolo Boschiva
3	306000 4710000	F 138 IV SE	Terni	Agricola
4	270000 4728000	F 130 III SE	Orvieto	Agricolo
5	270000 4746000	F 130 III	Morrano	Forestale

livello di "qualità dell'aria". Tale metodica presentava alcuni, rilevanti, punti deboli come la soggettività nella scelta del sito di campionamento, dell'albero da campionare e nel posizionamento del reticolo sull'albero.

Il nuovo metodo di rilevamento recentemente introdotto e basato sul calcolo dell'IBL (Indice di biodiversità lichenica), è derivato dalle modifiche al vecchio metodo volte a migliorare i requisiti di oggettività del campionamento.

L'intero territorio nazionale è stato a questo scopo suddiviso in una griglia di 18 x 18 km basata sul sistema di coordinate UTM. L'incrocio delle maglie individua i punti in cui sono localizzate le Unità di campionamento primarie (Ucp), costituite da aree di 1 km². All'interno delle Unità di campionamento vengono definite, secondo uno schema assegnato (Fig.1), le Unità di campionamento secondarie (Ucs) che costituiscono le aree in cui saranno individuati e campionati gli alberi.

L'insieme delle 929 Ucp definite dalla griglia di 18 x 18 km costituisce la Rete di biomonitoraggio nazionale.

A monte delle azioni di rilevamento è necessaria una pianificazione del lavoro in campo consistente in:

- determinazione delle Ucp da monitorare;
- acquisizione della cartografia necessaria;
- individuazione delle Ucp e delle Ucs sui supporti cartografici;
- individuazione del percorso per il raggiungimento della località individuata dalla Ucp.

Dopo questa fase si procede al lavoro in campo che consiste in:

- raggiungimento della località individuata dalla Ucp;
- individuazione dell'accesso più agevole alla Ucs;
- delimitazione delle Ucs;
- selezione delle specie arboree adatte;
- georeferenziazione delle specie arboree campionate;
- acquisizione dei dati della stazione di campionamento.

Per individuare e delimitare le Ucp e le Ucs si usano gli strumenti cartografici (1:25.000, 1:10.000 o 1:5.000) e il Gps.

Una Ucp è considerata rilevabile se esiste al suo

interno almeno una Ucs rilevabile. Una Ucs è considerata rilevabile se esiste al suo interno almeno un albero campionabile.

Le specie arboree rilevabili possono essere differenziate secondo l'acidità della corteccia:

- corteccia subneutra (frassino, noce, pioppo, acero);
- corteccia acida (castagno, quercia, tiglio, ontano).

Sono da evitare le specie fornite di corteccia esfoliabile (ippocastano, platano) che non consentono la colonizzazione lichenica.

Una stazione di rilevamento deve essere costituita da un numero di alberi non inferiore a 3, preferibilmente di una sola specie o da individuare all'interno dello stesso gruppo di acidità. Gli alberi scelti devono essere quelli più vicini al centro dell'Ucs e possedere le seguenti caratteristiche: inclinazione del tronco non superiore a 10°, circonferenza minima di 60 cm, assenza di evidenti fenomeni di disturbo (cicatrici, verniciature, ecc.), assenza di periodo scorrimo d'acqua, copertura di muschi non superiore al 25%. Il reticolo di campiona-

La rete di biomonitoraggio nazionale individua per l'Umbria 25 Unità di campionamento primarie

mento è costituito da quattro subunità di 10 x 50 cm suddivise ognuna in 5 quadrati di 10 x 10 cm. Le subunità vengono posizionate sull'albero in senso verticale ad un'altezza dal suolo di 100 cm in corrispondenza dei quattro punti cardinali. La frequenza di una specie equivale al numero di quadrati di ogni subunità in cui è presente (avrà quindi un valore compreso tra 1 e 5). La somma delle frequenze delle specie rilevate rappresenta la biodiversità lichenica (BL) del punto cardinale in esame (BLN, BLS, BLE, BLW). La somma dei BL dei punti cardinali è la BL del rilievo (o BLA). Sommando le BL dei rilievi realizzati nello stesso punto cardinale di una Ucp, dividendo per il loro numero e sommando le BL dei quattro punti cardinali



così ottenute si ottiene la BI della Ucp (o BIs). I valori di BI ottenuti possono essere utilizzati per una serie di analisi cartografiche (attraverso l'elaborazione di mappe basate sulla relazione del valore di biodiversità con una scala di "naturalità/alterazione" appositamente calibrata) e statistiche (mappe tematiche sulla distribuzione di singole specie, indagini sulle somiglianze nella composizione floristica e nella distribuzione delle specie tramite analisi multivariata, ecc.).

LA RETE DI BIOMONITORAGGIO IN UMBRIA

La rete di biomonitoraggio nazionale individua per l'Umbria una serie di 25 Ucp di cui 20 localizzate nella provincia di Perugia e 5 nella provincia di Terni. Nell'autunno 2003 è stato avviato un progetto pilota per l'Italia centrale che vede come primo obiettivo la costituzione della rete umbra. Tale progetto, promosso e sostenuto dall'APAT, si svolge in collaborazione fra l'ARPA Umbria ed il Dipartimento di biologia vegetale dell'Università di Roma La Sapienza.

A partire da ottobre 2003 si è proceduto ad individuare le Ucp relative al territorio provinciale di Terni. La localizzazione delle Ucp (Fig. 2) è stata effettuata sulla base dell'elenco delle coordinate riportato nelle Linee Guida.

Utilizzando la cartografia IGM 1:25.000, sono state identificate sul territorio le 5 Ucp di interesse. I dati delle coordinate delle Ucp e delle Ucs sono stati inoltre inseriti in un sistema Gps al fine di agevolare il raggiungimento delle stazioni di campionamento. Tutte le Ucp sono risultate rilevabili. Gli alberi su cui sono stati effettuati i rilievi sono roverelle (*Quercus pubescens*) e cerri (*Q. cerris*) ed appartengono alla categoria di alberi a scorza acida indicata dalle Linee Guida come preferibile ai fini dell'indagine. Le Ucp individuate si sono rivelate rappresentative del territorio in esame che è caratterizzato, in gran parte, da rilievi collinari di altezza compresa tra 200 e 600 metri e in cui le aree agricole e i boschi caducifogli montani e submontani rappresentano le tipologie d'uso del suolo a maggiore estensione.