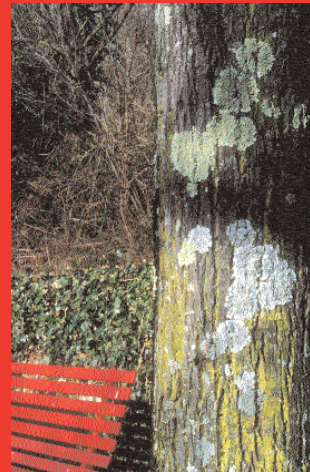


ortobotanico@comune.trieste.it



QUADERNOSEI

quaderni didattici

Quaderni didattici già pubblicati

QUADERNOUNO - *L'erbario* - MARISA VIDALI, CARLO GENZO. 2001

QUADERNODUE - *Gli animali del giardino naturale* - UMBERTO CHALVIEN. 2002

QUADERNOTRE - *Il verde a Trieste* - LIVIO POLDINI. 2003

QUADERNOQUATTRO - *Le piante tintorie* - ASS. TINTURA NATURALE "MARIA ELDA SALICE". 2003

QUADERNOCINQUE - *Terapia orticolturale* - ALESSANDRA CHERMAZ. 2003

Comune di Trieste

Civico Orto Botanico

via Carlo de Marchesetti, 2

34142 - TRIESTE (ITALIA)

tel. e fax: +39 040 360 068

e-mail: ortobotanico@comune.trieste.it

www.retecivica.trieste.it/triestecultura/musei/scientifici/botanico/botaframe.htm

Foto di DARIO GASPARO, PIER LUIGI NIMIS

Copertina di FABIOLA FAIDIGA

Coordinamento di MASSIMO PALMA

Prima edizione aprile 2004

Stampato in Italia / Printed in Italy

Tipografia Opera Villaggio del Fanciullo - Opicina (Trieste)



comune di trieste
area cultura
servizio musei scientifici
civico orto botanico



università degli studi di trieste
dipartimento di biologia

MIRIS CASTELLO



ecothema trieste

LUISA ZAPPA

I licheni e la qualità dell'aria

INTRODUZIONE

Lo studio dei licheni offre agli insegnanti una preziosa occasione per affrontare diversi aspetti di educazione ambientale e svolgere una ricerca interdisciplinare secondo un approccio scientifico.

Lo studio di questi particolari e spesso poco conosciuti organismi permette di stimolare la capacità di osservare e riconoscere la diversità delle forme viventi nel mondo che ci circonda, fondamentale per lo sviluppo di una sensibilità e coscienza ecologica. L'analisi dei licheni come bioindicatori della qualità dell'aria costituisce una metodica di semplice esecuzione, che permette ai ragazzi di realizzare una ricerca completa secondo un approccio scientifico: la ricerca di informazioni, la raccolta diretta ed autonoma dei dati, la loro analisi e rappresentazione, l'interpretazione dei risultati in termini di qualità ambientale.

Le attività didattiche riguardanti i licheni come bioindicatori della qualità dell'aria sono state promosse in Italia da parte del W.W.F. e della Società Lichenologica Italiana a partire dal 1989, e hanno avuto un grande successo nelle scuole.

L'adozione a livello europeo ed italiano nel 2001 di una nuova strategia di campionamento delle comunità licheniche, leggermente diversa rispetto a quella precedentemente adottata nel "Progetto Licheni W.W.F.", e la richiesta di un testo di riferimento dedicato in maniera specifica al territorio della Provincia di Trieste hanno portato all'ideazione di questo lavoro.

Il Quaderno si rivolge principalmente agli insegnanti delle scuole elementari e medie. Esso nasce come guida alla realizzazione di attività di ricerca riguardanti i licheni ed il loro impiego nella valutazione della qualità dell'aria, secondo un metodo di indagine semplificato ed adattato per le attività nelle scuole.

I LICHENI

Il tronco di un albero, il muro accanto al quale passiamo ogni giorno, le rocce che distrattamente guardiamo durante una gita ospitano un microcosmo sorprendente e poco conosciuto. Macchie colorate si rivelano ad un osservatore attento come licheni, muschi e patine algali; essi costituiscono i principali componenti di questi ambienti così comuni e familiari, eppure praticamente sconosciuti.

I licheni non presentano foglie, fusto o radici: sono costituiti da un semplice tallo, una struttura più o meno evidente che può essere sottile ed appiattita e che spesso appare come una macchia colorata, oppure ramificata e simile ad un cespuglietto.

I licheni sono organismi molto particolari, poiché sono costituiti dall'unione di due organismi diversi, un fungo e un'alga, che vivono insieme in un rapporto di mutua collaborazione, formando una simbiosi.

Il fungo è un organismo eterotrofo, che dipende cioè per la sua nutrizione da molecole organiche che deve reperire, non sempre facilmente, nell'ambiente esterno (organismo consumatore). L'alga è invece un organismo autotrofo, in grado di sintetizzare autonomamente sostanze organiche nutrienti (organismo produttore); negli ambienti terrestri l'alga però trova spesso difficilmente l'acqua e i sali minerali di cui ha bisogno.

L'associazione simbiotica dei due organismi risulta vantaggiosa per entrambi: il fungo (chiamato anche micobionte) riceve dall'alga (fitobionte) gli zuccheri e in alcuni casi anche sostanze azotate; l'alga ottiene dal fungo acqua, sali minerali e un ambiente protetto.

Il fungo è un organismo formato da sottili filamenti pluricellulari chiamati ife, più o meno appressati ed intrecciati. I funghi in grado di formare licheni sono in genere Ascomiceti (98% delle specie di licheni), o più raramente Basidiomiceti o Deuteromiceti. Esempi di funghi Ascomiceti non lichenizzati sono il tartufo e la morchella; tra i Basidiomiceti si possono ricordare il porcino, il prataiolo, l'amanita falloide, la mazza di tamburo.

Il ruolo del fungo nel lichene è di formare una struttura di protezione e fornire le sostanze necessarie all'alga. Le sottili ife del fungo si compattano tra loro, formando strati protettivi esterni e strutture che fissano il lichene al substrato di crescita. Il fungo crea in questo modo un ambiente favorevole per l'attività dell'alga, una sorta di "serra" protettiva contro le variazioni di temperatura, di disponibilità di acqua, e contro le condizioni di illuminazione troppo forti. Il fungo assicura inoltre all'alga la disponibilità di sostanze nutrienti: gli strati formati dalle ife del fungo si comportano come il cotone o una spugna, e assorbono e trattengono molto efficacemente le sostanze necessarie alla soprav-

vivenza del lichene presenti nell'ambiente (acqua, sostanze gassose, sostanze azotate, sali minerali, ecc.).

Le specie di funghi che formano licheni non si trovano mai in natura senza alghe e la loro capacità di riprodursi è legata alla condizione di simbiosi lichenica.

L'alga presente all'interno del tallo lichenico è un'alga verde oppure un cianobatterio (chiamato anche alga azzurra). Può essere unicellulare (*Trebouxia*) o pluricellulare filamentosa (*Trentepohlia*), o può formare raggruppamenti di cellule avvolte da guaine gelatinose rotondeggianti (*Gloeocapsa*) o a catenella (*Nostoc*). All'interno del tallo le cellule algali sono spesso localizzate in uno strato ben definito.

L'alga ha il compito di fabbricare molecole organiche (carboidrati) a partire da due molecole inorganiche molto diffuse nell'ambiente, l'acqua e l'anidride carbonica. Questo processo avviene utilizzando come fonte di energia la luce del sole (processo fotosintetico). I cianobatteri sono inoltre in grado di fissare l'azoto presente nell'atmosfera in sostanze nutrienti azotate, che possono venire utilizzate dal fungo. Alcune specie di licheni possono ospitare entrambi i tipi di alghe e presentano alghe verdi all'interno del tallo e cianobatteri confinati in piccole strutture, simili a verruche, poste sulla superficie del tallo, chiamate cefalodi.

Le alghe presenti nei licheni si trovano in natura anche in forma libera e sono in grado di riprodursi: esse sono adattate a vivere negli ambienti terrestri, dove l'acqua è fornita solo dalle precipitazioni e dall'umidità atmosferica. Le alghe vengono però profondamente modificate dal rapporto simbiotico: all'interno del tallo lichenico perdono la capacità di riprodursi sessualmente, potendosi moltiplicare solo per divisione cellulare, e mostrano caratteristiche morfologiche alterate rispetto alla condizione non lichenizzata.

La simbiosi di un fungo e un'alga porta alla formazione di un organismo completamente nuovo, il lichene, con caratteristiche morfologiche, fisiologiche ed ecologiche molto particolari e diverse rispetto a quelle dei due partner osservati separatamente.

La simbiosi consente al fungo e all'alga di insediarsi in ambienti particolarmente poveri e in condizioni climatiche severe, dove questi organismi separatamente non potrebbero sopravvivere.

In tutto il mondo sono attualmente segnalate circa 30.000 specie di licheni, ma ogni anno vengono scoperte decine di nuove specie. L'Italia, con più di 2.300 specie di licheni, è uno dei Paesi meglio esplorati del mondo.

IL TALLO LICHENICO

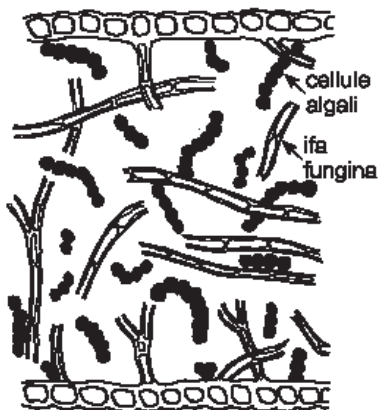
Il corpo del lichene è chiamato tallo. In un tallo lichenico si trova un unico e particolare fungo che si unisce ad una particolare alga. Il tallo lichenico è formato principalmente dal fungo, le cui ife formano un intreccio dentro il quale si trovano le cellule algali.

Nel tallo lichenico, il fungo e l'alga presentano una diversa disposizione, legata soprattutto alle loro funzioni. L'organizzazione interna del tallo lichenico si può studiare osservando una sezione trasversale al microscopio ottico. Si possono distinguere due tipi fondamentali di organizzazione interna: il tipo omeomero e il tipo eteromero.

Nel tallo omeomero le ife del fungo e le cellule algali si trovano mescolate senza una particolare differenziazione di strati; può essere presente un sottile strato esterno protettivo formato dal fungo, come nel genere *Leptogium*. L'alga è sempre un'alga azzurra (cianobatterio). I licheni con tallo omeomero, chiamati anche licheni gelatinosi, allo stato secco sono molto friabili e di colore nero o molto scuro, mentre quando sono bagnati si gonfiano ed assumono un aspetto gelatinoso e semitrasparente.

Nel tallo eteromero fungo ed alga si dispongono in strati distinti, con posizione, caratteristiche e funzioni ben definite:

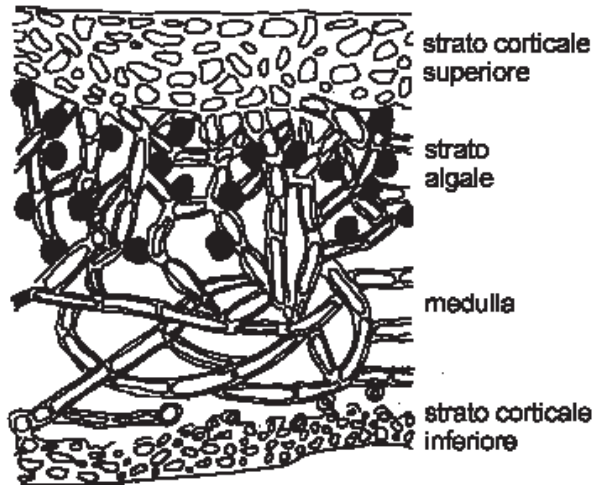
- strato corticale superiore: è costituito da ife fungine strettamente intrecciate ed appressate; ha funzione di protezione nei confronti dell'ambiente esterno. Lo strato corticale (chiamato anche *cortex*) superiore è la parte



Tallo omeomero (da NIMIS, 1987; modificato).



Lichene gelatinoso: *Collema* sp.



Tallo eteromero a struttura dorsiventrle (da NIMIS, 1987; modificato).

del tallo lichenico visibile ad occhio nudo ed è spesso colorato in maniera vivace per il deposito di pigmenti: giallo-arancione (*Xanthoria parietina*), verde giallastro chiaro (*Flavoparmelia caperata*), grigio (*Parmelia sulcata*), giallo intenso (*Candelaria concolor*, *Vulpicida pinastris*), verde bruno (*Melanelia subaurifera*). Su questo strato sono presenti diverse strutture vegetative e riproduttive.

- strato algale o gonidiale: si trova immediatamente sotto lo strato corticale superiore, è di colore verde ed è costituito dalle cellule algali raggruppate, tra le quali si inseriscono poche ife fungine molto lasse; ha funzione fotosintetica. Lo strato algale è formato da cellule di una sola alga, verde o azzurra.
- medulla: è costituita da ife del fungo intrecciate in maniera lassa che si collegano alle cellule algali dello strato sovrastante; è generalmente di colore bianco; sono presenti numerosi ampi spazi che contengono aria e acqua. Permette l'accumulo di sostanze di riserva, il trasferimento dell'acqua e dei soluti, e gli scambi gassosi, fondamentali per la fotosintesi.
- strato corticale inferiore: è costituito da ife fungine intrecciate ed agglutinate, quasi sempre con pigmentazione scura; ha funzione strutturale e di ancoraggio al substrato. Lo strato corticale inferiore può presentare sottili cordoni sparsi, lunghi pochi millimetri, chiamati rizine, formati da mazzetti di ife fortemente intrecciate, che servono a fissare il tallo al substrato. In molti licheni questo strato non è presente (licheni crostosi, licheni fruticosi).

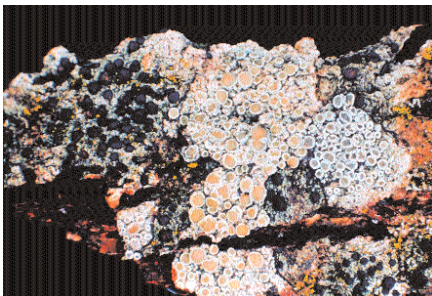
FORME DI CRESCITA

Forma e colori dei licheni sono variabilissimi: le dimensioni vanno da meno di un millimetro a più di un metro nelle “barbe di bosco”, licheni filamentosi che pendono dai rami degli alberi dei boschi in montagna.

La più semplice caratteristica del tallo lichenico osservabile ad occhio nudo è la forma di crescita. In base alla morfologia del tallo i licheni possono essere distinti in tre principali forme di crescita: licheni crostosi, fogliosi e fruticosi.

I licheni crostosi appaiono come patine o macchie colorate anche molto estese (ampie anche più di 10 centimetri), che possono essere scambiate facilmente per delle macchie di pittura; hanno un tallo strettamente aderente al substrato (roccia, corteccia o suolo). Non è possibile togliere il tallo dei licheni crostosi senza prelevare anche il substrato di crescita, neanche con un coltellino o una pinzetta: nei licheni crostosi infatti, le ife del fungo penetrano in maniera più o meno profonda nel substrato. Non è mai presente uno strato corticale inferiore. Il tallo crostoso può essere continuo, fessurato o formato da piccole placche (areole, scaglie) o granuli più o meno appressati. Se il tallo è formato da piccole squamule con faccia inferiore non corticata, più o meno dirette verso l'alto, si parla di licheni squamulosi, una forma di crescita mal definita ed intermedia tra la forma crostosa e quella fogliosa. Alcuni licheni crostosi (licheni endolitici) riescono a penetrare e a crescere all'interno della roccia calcarea, che viene letteralmente sciolta da particolari acidi organici; i loro talli spesso si confondono con la roccia stessa.

I licheni fogliosi presentano un tallo appiattito e sottile, come un foglio di carta o una foglia, adagiato sul substrato e generalmente fissato grazie a



Licheni crostosi: *Lecidella elaeochroma* (con apotecii neri), *Lecanora chlarotera* (con apotecii con bordo chiaro).



Lichene foglioso: *Parmelia sulcata*, tallo con sorali e pseudocifelle lineari.



Lichene fruticoso: *Usnea* sp.



Cladonia sp.

particolari strutture filiformi di ancoraggio, le rizine, lunghe al massimo un paio di millimetri. A differenza dei licheni crostosi, il tallo foglioso può essere facilmente asportato dal substrato con un coltellino, almeno nelle parti periferiche. Il tallo è formato da lobi arrotondati o leggermente allungati di varie dimensioni. I licheni fogliosi e crostosi presentano generalmente talli rotondeggianti, larghi da uno ad una decina di centimetri, ma spesso più talli si fondono insieme.

I licheni fruticosi hanno un tallo ben sviluppato anche nel senso verticale, spesso simile ad un cespuglietto. Il tallo è formato da elementi molto sottili ed allungati, chiamati lacinie, lunghi da 1-2 a 15 centimetri ed oltre, filiformi (a sezione circolare) o appiattiti e nastriformi (a struttura dorsiventratale), ramificati, che pendono o si sollevano dal substrato. Il tallo è attaccato al substrato tramite una porzione basale molto ristretta e non sono presenti rizine. Nei licheni fruticosi filamentososi, il tallo è costituito da lacinie filiformi formate da uno strato corticale esterno, uno strato algale e una medulla centrale; in alcuni casi, le cosiddette barbe di bosco (genere *Usnea*), al centro delle lacinie si trova un cordone bianco formato da ife compatte. Nei licheni del genere *Cladonia* il tallo è formato da due parti distinte: un tallo fruticoso costituito da elementi allungati a forma di trombetta, coppa o bastoncino (podezi) ed un tallo basale squamuloso o crostoso.

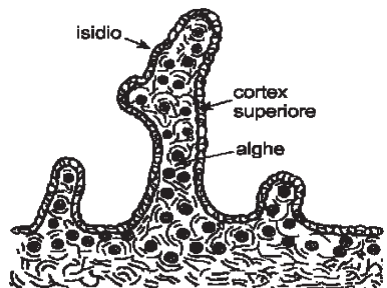
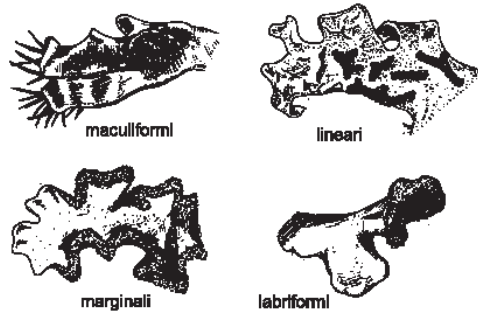
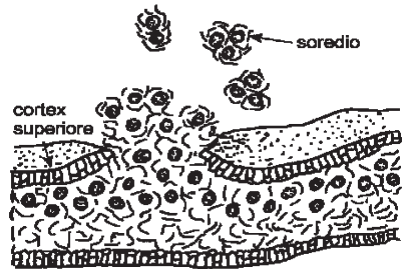
LA RIPRODUZIONE DEI LICHENI

La riproduzione dei licheni avviene in due modi: per riproduzione vegetativa (asessuata), che porta alla formazione di individui del tutto identici al tallo originario, e per riproduzione sessuata, che permette la formazione di individui con nuove caratteristiche, grazie all'unione di due gameti diversi.

La riproduzione vegetativa permette la riproduzione dell'intero tallo lichenico. Avviene tramite piccoli frammenti del tallo: i frammenti, contenenti sia il fungo che l'alga, si staccano dal tallo e sono trasportati dal vento, dalla pioggia, a volte da animali o dall'uomo su un altro substrato, dove crescono generando nuovi individui.

I licheni possono produrre due tipi particolari di frammenti, i soredi e gli isidi, che rappresentano delle strutture specializzate molto efficaci nel favorire la contemporanea dispersione di entrambi i simbionti. I soredi sono piccole palline, simili a batuffoli di cotone, di aspetto granuloso o polveroso, formate da un gruppo di cellule algali avvolte da un gomitolo di ife fungine lasse. I singoli soredi possono essere diffusi su tutta la superficie del tallo, oppure sono raggruppati in zone ben delimitate, chiamate sorali. I sorali hanno forme molto diverse (rotondeggiante, allungata, a cappuccio, labriforme, ecc.), e le loro caratteristiche sono importanti per riconoscere le specie licheniche.

Gli isidi sono piccole protuberanze che si formano sulla superficie del tallo, costituite dallo strato corticale del fungo che ricopre alcune cellule algali. Possono avere forma diversa (cilindrica, globosa, appiattita, ramificata) e rappresentano una caratteristica per la distinzione delle specie.



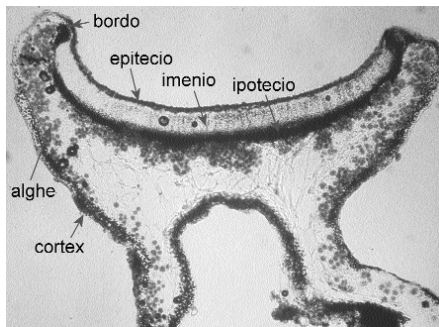
Tipi di sorali (da POELT, 1969; modificato).

La riproduzione sessuata interessa solo il fungo del lichene e, come in tutti gli Ascomiceti e Basidiomiceti, avviene grazie alla produzione e dispersione di spore. Le spore si formano all'interno dei corpi fruttiferi: gli apotecii e i periteci. Molti licheni presentano sulla superficie del tallo strutture a forma di disco o piattino, chiamate apotecii. Gli apotecii sono formati da un bordo più o meno ingrossato che circonda un disco centrale appiattito; sono larghi da 0,2 a 5 millimetri e oltre, e sono visibili ad occhio nudo. In altri licheni le spore si formano in strutture a forma di fiasco che si sviluppano all'interno del tallo, chiamate periteci; sulla superficie del tallo sono visibili soltanto numerosi piccoli puntini neri, corrispondenti alle aperture dei fiaschetti che permettono la fuoriuscita delle spore.

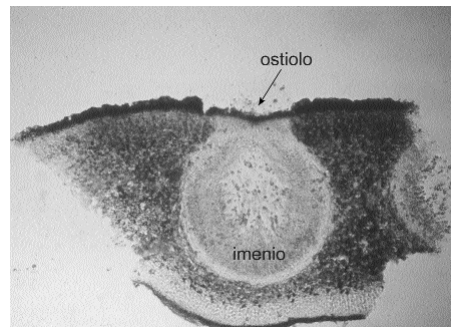
Le spore si disperdono nell'ambiente come i frammenti del tallo lichenico, ma sono molto resistenti a condizioni ambientali avverse (come disidratazione, temperature molto basse) anche prolungate. Una volta arrivate sul substrato adatto, le spore possono originare soltanto nuove ife fungine. Per riuscire a formare un nuovo tallo lichenico, le ife del fungo devono trovare e catturare particolari cellule algali presenti in forma libera nell'ambiente.

La riproduzione del lichene tramite spore è un processo non facile, a causa della scarsa probabilità che le spore hanno di incontrare l'alga specifica e le condizioni ambientali adatte a dare origine ad un nuovo organismo. Molti licheni adottano la strategia della riproduzione vegetativa tramite propaguli, che assicura una più facile diffusione e che in alcuni casi sostituisce del tutto la riproduzione sessuata.

La maggior parte dei licheni si è specializzata in un solo tipo di riproduzione, adottando in genere la riproduzione per via sessuata tramite apotecii o periteci. Altri licheni si riproducono di solito per via vegetativa, ma a volte sullo stesso tallo si possono trovare, ad esempio, sia apotecii che soredi.



Sezione trasversale di un apotecio lecanorino.



Sezione trasversale di un peritecio.

APPROFONDIMENTO: I CORPI FRUTTIFERI DEI LICHENI

Gli apoteci hanno di solito forma discoidale più o meno appiattita; sono formati da un disco circondato da un bordo (o margine) più o meno sviluppato. Si possono distinguere due tipi fondamentali di apoteci sulla base di caratteristiche osservabili in una sezione trasversale vista al microscopio ottico: l'apotecio lecanorino, se nel bordo sono presenti alghe; l'apotecio lecideino se nel bordo non ci sono alghe. Questa distinzione si manifesta spesso anche macroscopicamente a livello della colorazione dell'apotecio: l'apotecio lecanorino presenta in genere un bordo dello stesso colore del tallo e diverso rispetto al disco, mentre l'apotecio lecideino ha bordo e disco dello stesso colore, diverso da quello del tallo.

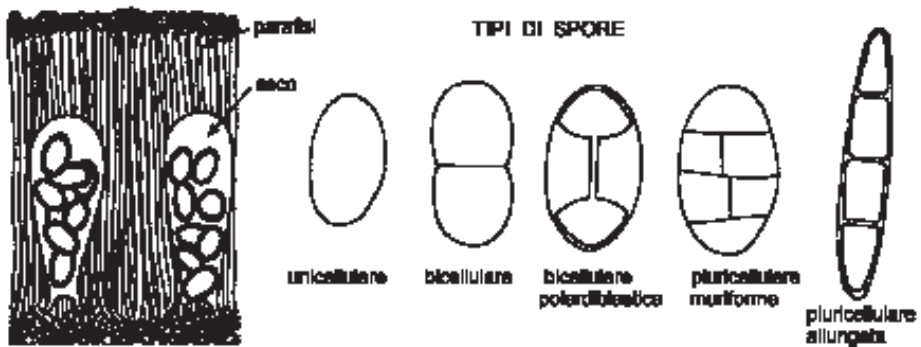
In una sezione trasversale dell'apotecio si distinguono le seguenti strutture:

- epitecio (o epiimeno), che comprende la parte apicale delle parafisi, ingrossata e pigmentata;
- imenio, costituito da ife fertili allungate a forma di sacchetto chiamate aschi, e da ife sterili appressate con funzione di sostegno e protezione chiamate parafisi; in genere è incolore;
- ipotecio, sottostante l'imenio, formato da ife fungine incolori o pigmentate.

I periteci (presenti ad esempio nel genere *Verrucaria*) hanno forma di fiasco, sono più o meno affondati nel tallo e comunicano con l'esterno grazie ad una stretta apertura detta ostiolo, attraverso la quale le spore possono uscire; l'interno di un peritecio è rivestito dall'imenio, costituito dagli aschi e dalle parafisi.

All'interno degli aschi sono prodotte le spore, che permettono la riproduzione sessuata del fungo. In genere un asco contiene 8 spore, ma molte specie licheniche presentano un numero di spore per asco maggiore (alcune centinaia, come nei licheni del genere *Acarospora*) o minore (1 o 2, nel genere *Rhizocarpon*).

La forma delle spore è molto variabile: rotondeggiante, ellittica, allungata, vermiforme. Le spore possono essere unicellulari (formate da una sola cellula, come in *Parmelia*, *Lecanora*, *Lecidella*), bicellulari (formate da due cellule, *Caloplaca*, *Buellia*, *Physcia*), pluricellulari (formate da più di due cellule) con cellule disposte in una fila, come nel genere *Scoliciosporum*, o in più file, come in *Diploschistes* (spore muriformi). Il numero di spore per asco, la loro forma, il colore, le dimensioni, il numero di cellule che le costituiscono sono caratteri fondamentali per il riconoscimento delle specie licheniche.



ALTRE STRUTTURE DEL TALLO LICHENICO

Sulla superficie del tallo lichenico, soprattutto dei licheni fogliosi e fruticosi, possono essere presenti particolari strutture di grande importanza per il lichene ed utili per il riconoscimento delle specie.

Le pseudocifelle sono delle semplici interruzioni dello strato corticale, che appaiono come linee, macchie o puntini biancastri sulla superficie del tallo, poiché la lacerazione rende visibile la medulla sottostante, che di solito è di colore bianco. Le pseudocifelle possono essere puntiformi, rotondegianti (*Punctelia subrudecta*), lineari (*Parmelia sulcata*), ramificate, o a volte appaiono come una fitta reticolatura; sono più evidenti sulla faccia superiore del tallo al margine dei lobi. Hanno la funzione di facilitare l'aerazione all'interno del tallo. Spesso dalle pseudocifelle si originano i soredi.

Le rizine sono strutture filamentose, lunghe fino a qualche millimetro, costituite da fasci di ife strettamente attorcigliate, presenti sulla superficie inferiore del tallo dei licheni fogliosi e con funzione di ancoraggio al substrato. Le rizine non hanno funzione assimilatoria, come ad esempio le radici di una pianta che servono invece ad assorbire dal substrato di crescita l'acqua e le sostanze nutrienti. Tutti i licheni, sia crostosi che fogliosi e fruticosi, non sono dei parassiti che assorbono il nutrimento dal substrato su cui crescono, ma semplicemente vi aderiscono in maniera più o meno stretta utilizzandolo come supporto, senza alcun vantaggio "alimentare".

Le ciglia sono sottili strutture filamentose simili a rizine, ma sono presenti solo al margine dei lobi dei licheni fogliosi.

I peli sono formazioni molto sottili, chiare o trasparenti, presenti sulla faccia

superiore o inferiore del tallo; a volte sono molto numerosi e addensati, formando uno strato vellutato (tomento).

La superficie del tallo può essere ricoperta da una polvere biancastra, simile allo zucchero a velo o alla farina, chiamata pruina: si tratta di un deposito microcristallino generalmente costituito da cristalli di ossalato di calcio (presente ad esempio in *Physcia biziana* e *Physconia distorta*).

LE SOSTANZE LICHENICHE

La simbiosi lichenica permette la produzione di particolari sostanze che i due partner non sono in grado di sintetizzare separatamente. I licheni possono produrre circa trecento sostanze organiche diverse, chiamate sostanze licheniche perchè esclusive di questi organismi. Le sostanze licheniche vengono prodotte dal fungo e sono depositate in forme cristalline sulla superficie esterna delle ife fungine.

Si tratta di acidi organici complessi, con caratteristiche e funzioni molto varie e non ancora del tutto chiarite. Le sostanze licheniche determinano per esempio la colorazione del tallo, rendono inappetibili i talli a lumache, insetti o altri artropodi che si nutrono di licheni, hanno attività antivirali e antibatteriche, favoriscono i processi di degradazione della roccia facilitando l'insediamento dei licheni (come nel caso dei licheni endolitici, che riescono a sciogliere il carbonato di calcio delle rocce calcaree grazie a particolari sostanze licheniche), danno protezione contro un eccessivo irraggiamento solare. Si pensa che alcuni di questi composti regolino il rapporto tra alga e fungo.

La presenza di particolari sostanze è molto importante per il riconoscimento delle specie licheniche.

L'ECOLOGIA DEI LICHENI

I licheni sono capaci di crescere in molti ambienti terrestri, e resistono alle condizioni climatiche più estreme, dalle temperature polari alle insolazioni prolungate delle rocce delle alte montagne, all'estrema siccità e agli sbalzi di temperatura dei deserti.

Molte specie sono in grado di fissarsi e crescere anche sulle nude rocce, comportandosi come organismi pionieri e costituiscono spesso i primi stadi di colonizzazione di nuovi ambienti ed una delle componenti vegetali principali degli ambienti inospitali delle alte montagne e delle regioni artiche ed antartiche.

I licheni crescono su un'enorme varietà di substrati: rocce, suolo, tronchi e rami degli alberi, ceppi, foglie, muschi, muri, tetti delle case, monumenti ed altri manufatti, a volte persino sul metallo e sul vetro. Alcuni licheni riescono a penetrare addirittura all'interno delle rocce calcaree. I vari tipi di substrato ospitano diverse specie di licheni, che si riuniscono insieme a formare comunità licheniche differenti.

I licheni possono sopravvivere anche a lunghi periodi di condizioni avverse di temperatura, disponibilità di acqua e di luce. Quando le condizioni ambientali diventano sfavorevoli (ad esempio per periodi di siccità, o di forte diminuzione della temperatura), i licheni rallentano la loro attività (metabolismo) ed entrano in una specie di letargo, sottraendosi così alla situazione avversa. Non appena le condizioni ambientali ritornano favorevoli, i licheni riprendono rapidamente le loro attività metaboliche.

I licheni sono molto sensibili alla presenza nell'aria di alcune sostanze inquinanti prodotte dall'uomo. Questi organismi non hanno superfici protette da strati cerosi, come ad esempio le foglie delle piante, o strutture di selezione, come gli stomi o le radici. La loro nutrizione dipende esclusivamente dalla capacità di assorbire l'acqua e le altre sostanze dall'atmosfera. Essi si comportano dunque come spugne ed assorbono tutte le sostanze presenti nell'ambiente, comprese le sostanze inquinanti, accumulandole nei talli. Alcune sostanze sono tossiche per i licheni e determinano, a seconda delle loro concentrazioni, danni ai talli, riduzione della vitalità e della capacità di riprodursi, diminuzione della presenza di licheni o la loro completa scomparsa. Le principali sostanze inquinanti dannose per i licheni sono l'anidride solforosa e gli ossidi di azoto, prodotti dal traffico veicolare, dal riscaldamento delle case e dalle attività industriali. Per questo motivo i licheni sono considerati ottimi indicatori biologici della qualità ambientale e lo studio di particolari licheni è in grado di dare informazioni sui fenomeni di inquinamento atmosferico.

STRUMENTI PER OSSERVARE I LICHENI

Per osservare i licheni, distinguere le forme di crescita e le principali strutture presenti sul tallo lichenico è sufficiente un buon occhio allenato, ma per riconoscere le diverse specie licheniche è opportuno avere:

- una lente di ingrandimento (sono sufficienti ingrandimenti di 5 o 10 x);
- una pinzetta a punta sottile;
- un aghetto;
- un microscopio stereoscopico a luce riflessa: è uno strumento non indispensabile ma molto utile, poiché permette di osservare i licheni come con la lente di ingrandimento, ma a ingrandimenti decisamente maggiori, evidenziando caratteri morfologici anche molto piccoli. E' utile per effettuare i test chimici con i reagenti e per realizzare in maniera ottimale sezioni da osservare al microscopio ottico;
- un righello o una striscia di carta millimetrata di 1 x 10 cm per effettuare le misure del tallo, lobi, apotecii, ecc.;
- un microscopio ottico a luce trasmessa: è indispensabile per osservare le caratteristiche anatomiche del tallo, degli apotecii e delle spore visibili in sezioni allestite su vetrini;
- una lametta da barba, per effettuare sezioni del tallo o degli apotecii da osservare al microscopio ottico;
- vetrini portaoggetti e coprioggetti, su cui sistemare le sezioni;
- boccetta di acqua per allestire le sezioni;
- boccette con reagenti. I reagenti servono a mettere in evidenza la presenza di particolari sostanze licheniche, grazie a test colorimetrici molto semplici, basati sulle reazioni che avvengono tra alcune sostanze licheniche e le soluzioni reagenti. Con un gontagocce, una siringa o un aghetto si pone una piccola goccia del reagente, che è incolore, sulla parte del tallo da far reagire (superficie del tallo, medulla, apotecii): se la goccia rimane incolore la reazione è negativa (-), se la goccia cambia colore, diventando gialla, arancione, rosa, rossa, la reazione è positiva (+) ed indica la presenza della sostanza. Gli acidi lichenici si accumulano soprattutto sullo strato corticale superiore e talvolta nella medulla: per le reazioni della medulla bisogna asportare con una lametta una porzione di cortex superiore, esponendo così la zona della medulla su cui va posta una piccola goccia di reagente.

I reagenti più comunemente utilizzati sono:

- K** - Idrossido di potassio (KOH): sciogliere nella boccetta 2 o 3 pastiglie di idrossido di potassio in un po' di acqua sino ad ottenere una soluzione satura. Il reagente rimane attivo qualche mese. Attenzione: la soluzione è irritante per gli occhi e le mucose!

APPROFONDIMENTO: PREPARAZIONE DI SEZIONI SU VETRINI

- Materiali: microscopio ottico a luce trasmessa, vetrini portaoggetti, vetrini coprioggetti, lamette da barba, pinzette a punta sottile, ago, acqua, microscopio stereoscopico a luce riflessa (facoltativo).

Il campione da utilizzare per preparare sezioni di parti morfologiche deve essere secco (né bagnato, né umido) e il più possibile in buono stato. E' meglio lavorare sul campione intero, senza staccarne parti, soprattutto se si sezionano apoteci.

- Appoggiare un vetrino portaoggetti sul piano di lavoro e mettere con il contagocce una goccia di acqua al centro del vetrino.
- Per fare sezioni trasversali del tallo o di apoteci, tagliare perpendicolarmente alla superficie del tallo o di un apotecio alcune fettine sottili con una lametta nuova, come quando si affetta un filone di pane: le sezioni migliori sono quelle che ad occhio nudo appaiono quasi trasparenti. Per ottenere sezioni ottimali è meglio lavorare al microscopio stereoscopico. Per sicurezza è opportuno spezzare a metà la lametta in modo che la parte rivolta verso le dita non abbia il filo di taglio e coprirla con nastro adesivo.
- Depositare con l'aiuto di un ago (inumidire la punta) la sezione sulla goccia d'acqua posta sul vetrino portaoggetti. Generalmente conviene preparare più sezioni dello stesso particolare che si vuole osservare e metterle sullo stesso vetrino.
- Coprire il tutto con il vetrino coprioggetti. Questa è l'operazione più delicata: si appoggia un lato del vetrino coprioggetti sul portaoggetti in prossimità della goccia, lo si fa poi aderire leggermente alla goccia d'acqua e infine lo si lascia cadere delicatamente; in questa maniera si evita la formazione di numerose bolle d'aria nel preparato. Se si vogliono osservare le spore e la sezione dell'apotecio è troppo spessa, è sufficiente schiacciare il preparato, premendo delicatamente sul vetrino coprioggetti con un dito, in maniera da far uscire le spore dagli aschi.
- Aggiungere eventualmente acqua ponendo la punta del contagocce a contatto con un lato del coprioggetti.
- Osservare il preparato a diversi ingrandimenti, iniziando dall'ingrandimento minore.

C - Ipoclorito di sodio (varechina): preparare una soluzione acquosa, 50% varechina e 50% acqua. Il reattivo rimane attivo poche settimane. Non utilizzare varechina profumata.

Tutte le osservazioni, i test colorimetrici e le sezioni vanno effettuati su materiale secco.

L'ERBARIO

L'erbario è una raccolta di campioni di piante, muschi, licheni o funghi, seccati e conservati secondo diverse modalità. Gli aspetti riguardanti gli scopi e l'allestimento di un erbario, con particolare riferimento alle piante superiori, sono presentati in maniera completa nel QuadernoUno (VIDALI & GENZO, 2001); questo Quaderno illustra la realizzazione di un erbario di licheni. Un erbario è uno strumento fondamentale per lo studio della botanica, poiché è spesso estremamente difficile farsi un'idea della diversità e delle caratteristiche degli organismi vegetali senza campioni di riferimento, solo in base a descrizioni o immagini. Una delle funzioni principali di un erbario di licheni è quella di realizzare una raccolta di campioni rappresentativi e di riferimento delle diverse specie, o più semplicemente delle forme di crescita o delle diverse strutture del tallo. Per questo motivo bisogna cercare di raccogliere, almeno all'inizio, campioni ben sviluppati, di grandi dimensioni, non danneggiati e il più possibile completi. Una gita in montagna o un'escursione sull'altopiano carsico offrono ottime occasioni per collezionare campioni rappresentativi.

RACCOLTA DEI CAMPIONI

– Materiale necessario

Per la raccolta dei campioni di licheni è necessario il seguente materiale:

- un coltello pieghevole per collezionare licheni che crescono sulla corteccia degli alberi o al suolo;
- martello e scalpello per collezionare licheni presenti su roccia;
- una lente di ingrandimento (con ingrandimenti di 5 o 10 x);
- sacchetti o bustine di carta o *nylon*, da numerare progressivamente, in cui vanno inseriti i campioni raccolti distinguendoli per località di raccolta e per tipo di substrato (quercia, tiglio, olmo, pino, roccia, suolo, ecc.);
- carta topografica della zona, bussola ed altimetro, se si vuole individuare esattamente la località di raccolta;
- un taccuino per appunti ed una matita, per annotare tutte le informazioni geografiche ed ecologiche (località, substrato, data di raccolta, tipo di ambiente) del materiale collezionato, indicate con il numero progressivo dei sacchetti;
- eventuale macchina fotografica con accessori per la macrofotografia.

Tutto l'occorrente va riposto in una borsa o in uno zaino.

– Metodi di raccolta

Per collezionare materiale lichenico completo, senza danneggiare i talli, è purtroppo necessario nella maggior parte dei casi asportare anche parte del substrato di crescita (scorza, roccia, suolo, muschi, ecc.). Si raccomanda quindi la massima cautela ed attenzione nella raccolta di materiale, cercando di ridurre al minimo il danno che si può arrecare al substrato, in particolare se si tratta di un albero. Nel caso dei licheni epifiti, che crescono sugli alberi, si può cercare di collezionare materiale presente su pezzi di rami caduti al suolo; quando si usa il coltellino bisogna cercare di asportare gli strati più esterni della corteccia, evitando di affondare la lama in profondità o di prelevare grandi porzioni di corteccia. Se la scorza è rugosa e a scaglie, si può utilizzare il coltellino come leva e far saltare via alcune scaglie con i licheni sopra. Nel caso della raccolta di licheni epilittici, che crescono cioè su roccia, non bisogna assolutamente collezionare materiale su muri e manufatti, limitandosi a prelevare limitate porzioni di roccia o singoli sassi e pezzi di roccia già presenti.

Attualmente non esistono specie licheniche protette; vale comunque la regola di asportare il minimo materiale nel rispetto dell'integrità dell'ambiente di raccolta. Non si deve raccogliere materiale lichenico in parchi o aree protette.

PREPARAZIONI DEI CAMPIONI D'ERBARIO

Il materiale lichenico non richiede particolari trattamenti di essiccazione; se i campioni raccolti sono un po' umidi, basta lasciarli essiccare all'aria per un giorno circa prima di inserirli nell'erbario.

I campioni di licheni non vanno pressati, ma semplicemente incollati su fogli d'erbario (ad esempio di 20 x 30 cm) oppure posti in buste di carta preparate utilizzando fogli di carta non troppo leggera, ad esempio fogli d'erbario, di dimensioni 25 x 30 cm o anche formato A4, ripiegati opportunamente. Un'altra modalità di conservazione dei licheni consiste nell'incollarli su fogli di cartoncino spesso, da conservare in una scatola di legno o plastica con coperchio trasparente, simile ad una cassetta entomologica.

In ogni busta (o foglio), che costituisce un campione di erbario, si inseriscono uno o più talli della stessa specie lichenica collezionati nella stessa località di raccolta. Le varie buste d'erbario possono essere conservate in scatole di cartone, ed ordinate in base a diversi criteri: per genere e specie (è il criterio più usato), per ambiente, per substrato di crescita, per forma di crescita.

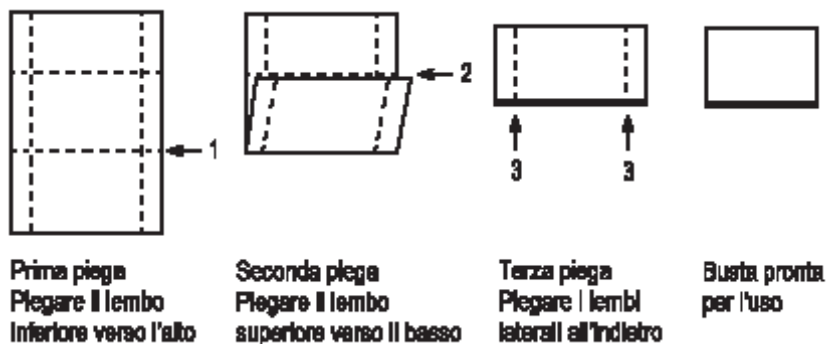
Su ogni busta vanno annotate tutte le informazioni relative alla raccolta suddivise per righe:

- Genere, specie e nome dell'autore che ha descritto la specie;
- Località: regione, provincia, comune, nome della località, eventualmente coordinate geografiche;
- Altitudine, esposizione;
- Tipo di substrato di raccolta (tipo di albero, suolo, tipo di roccia – roccia calcarea, silicea, arenaria –, ecc.)
- Tipo di ambiente (ad es. prato, bosco di latifoglie, bosco di conifere, muro, margine della strada, ambiente urbano, ecc.), ed altre note;
- Data;
- Nome del raccoglitore.

Queste informazioni possono venire riportate direttamente sulla busta o su un'etichetta in carta (ad esempio di 10 x 7 cm) da incollare successivamente (VIDALI & GENZO, 2001).

CONSERVAZIONE E DISINFESTAZIONE

L'erbario di licheni non ha bisogno di particolari cure per la conservazione, né di trattamenti di disinfestazione: è sufficiente tenere i campioni in una scatola con coperchio, un cassone o un armadio, lontano dalla luce (per conservare a lungo la colorazione dei talli) e in un ambiente non umido. Eventualmente si può inserire nelle scatole contenenti le buste canfora o naptalina (in scaglie, bustine, palline o cubetti) e chiudere le scatole in sacchetti di plastica.



Preparazione delle buste d'erbario (da VIDALI & GENZO, 2001).

IDENTIFICAZIONE DELLE SPECIE

L'identificazione delle specie licheniche richiede una notevole conoscenza degli organismi studiati e comporta a volte notevoli difficoltà anche per gli specialisti, ma viene facilitata dall'utilizzo delle cosiddette chiavi di determinazione.

La chiave di determinazione presentata in questo Quaderno è stata ideata per un uso didattico e permette il riconoscimento dei licheni epifiti (che crescono cioè sui tronchi degli alberi) più comuni nella Provincia di Trieste su alberi a foglia caduca (latifoglie caducifoglie). Per agevolare l'attività di riconoscimento sono state considerate le specie più facilmente osservabili e che non presentano grosse difficoltà di identificazione, limitando in alcuni casi il riconoscimento a livello di gruppo di specie o di genere. Complessivamente la chiave considera 54 licheni, comuni in tutte le aree antropizzate del Nord Italia; per questo motivo la chiave può essere utilizzata anche per l'identificazione di licheni raccolti in zone urbane o rurali della Regione, mentre può risultare insufficiente nel caso di licheni collezionati in ambienti naturali, soprattutto se al di fuori della Provincia di Trieste.

La chiave di determinazione è dicotomica: essa è cioè basata su una serie di scelte successive tra due alternative che considerano diverse caratteristiche dei licheni. Le coppie di opzioni sono numerate progressivamente; ognuna delle due opzioni rimanda ad un numero che corrisponde al successivo punto della chiave da esaminare. Si parte esaminando la prima coppia di alternative, si decide quale delle due opzioni rispecchia le caratteristiche del campione e si passa al punto della chiave corrispondente, continuando a scegliere tra le coppie di opzioni fino ad arrivare all'identificazione della specie. Prima di decidere quale opzione rispecchia le caratteristiche del campione è opportuno leggere sempre attentamente le due alternative possibili. Basta che una delle informazioni riportate nell'opzione non corrisponda al campione osservato per farla scartare. Se entrambe le alternative non corrispondono al campione ci sono due possibilità: è stato fatto un errore in un punto precedente della chiave oppure il materiale appartiene ad una specie che non è considerata dalla chiave, per cui è indeterminabile. In questo caso bisogna utilizzare delle chiavi di determinazione più complete.

Per alcune specie nella chiave vengono riportati caratteri aggiuntivi, che sono separati mediante un punto dalle caratteristiche da valutare nella scelta tra le due opzioni.

Tutte le specie di organismi, compresi i licheni, vengono per convenzione internazionale indicate con due nomi latini (binomio latino), che vanno sempre scritti in corsivo: il primo nome indica il genere, il secondo la specie, in

maniera simile al cognome e nome utilizzato per le persone. Ad esempio *Bellis perennis* è il nome scientifico della comune pratolina o margheritina; *Physcia adscendens* indica una specie di lichene appartenente al genere *Physcia*, che comprende altre specie (*Physcia tenella*, *Physcia aipolia*, ecc.).

CONSIGLI PER L'IDENTIFICAZIONE

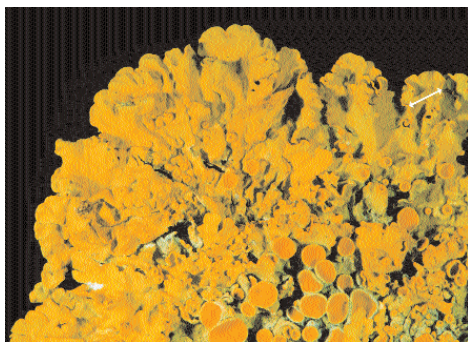
L'identificazione delle specie deve avvenire sempre su materiale secco, poiché il colore e a volte l'aspetto dei licheni possono variare notevolmente quando i talli sono bagnati o umidi.

Vi sono diversi caratteri che vengono considerati in una chiave di determinazione e che bisogna saper riconoscere:

- ✓ la forma di crescita;
- ✓ il colore del tallo;
- ✓ le diverse strutture vegetative e riproduttive;
- ✓ i risultati di test colorimetrici di facile esecuzione;
- ✓ caratteristiche anatomiche osservabili solo in una sezione con il microscopio ottico, riguardanti soprattutto i corpi fruttiferi e le spore.

Il colore del tallo non è facilmente definibile ed identificabile; solo con un po' di esperienza e con il confronto di materiale diverso è possibile distinguere i diversi colori senza commettere errori. L'osservazione dei talli va fatta alla luce naturale, altrimenti i colori possono risultare falsati. Bisogna ricordare inoltre che i talli che crescono in ombra hanno spesso colorazioni meno evidenti di quelli che crescono in piena esposizione.

Nel caso sia disponibile materiale di riferimento, come un erbario, campioni



Xanthoria parietina. Tallo giallo con apotecii. La freccia bianca indica dove misurare l'ampiezza del lobo.



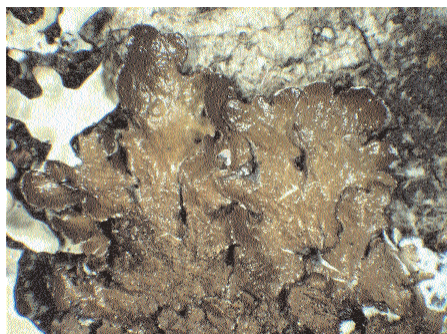
Flavoparmelia caperata. Tallo verde giallastro con sorali diffusi.

già identificati, o fotografie reperibili su libri ed Internet, ecco alcuni esempi di licheni con diverso colore del tallo:

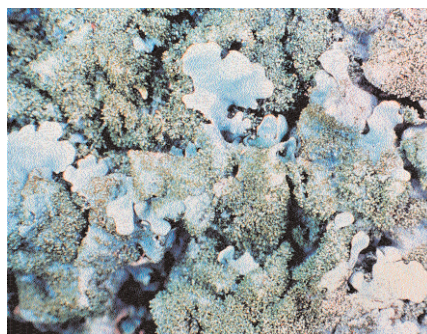
- ✓ giallo, giallo-arancione: *Xanthoria parietina*, *Candelaria concolor*;
- ✓ verde giallastro (tonalità predominante giallastra): *Flavoparmelia caperata*, *Evernia prunastri*, *Ramalina* sp., *Usnea* sp.;
- ✓ marrone, verde-marrone, verde scuro (tonalità predominante marrone o verde scuro): *Melanelia subaurifera*, *Melanelia fuliginosa* subsp. *glabratala*, *Pleurosticta acetabulum*, *Cetraria islandica*;
- ✓ grigio scuro, grigio chiaro, grigio-verde (tonalità predominante grigia): *Parmelina tiliacea*, *Punctelia subrudecta*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Cladonia* sp.;
- ✓ nero, nero bluastrò o marrone nerastro (tonalità predominante nerastra): *Collema* sp., *Leptogium* sp.

Per misurare le strutture vegetative e riproduttive del tallo (larghezza o lunghezza dei lobi, diametro degli apoteci, ecc.) si possono utilizzare strisce di carta millimetrata di 1x10 cm. La misurazione della larghezza dei lobi può essere difficile poiché i lobi tendono a dividersi ripetutamente e hanno spesso un contorno irregolare, ondulato o dentellato: la larghezza dei lobi va misurata nel punto sottostante le estremità dove l'ampiezza del lobo diventa uniforme o si restringe, in corrispondenza di evidenti incisioni del margine del tallo. Le misure vanno fatte sempre su più elementi, in maniera da ottenere valori medi.

Per quanto riguarda i test colorimetrici, quando la chiave richiede la reazione del tallo bisogna effettuare la reazione sulla faccia superiore del lichene; per la reazione della medulla bisogna asportare con una lametta una porzione di strato corticale superiore, esponendo la parte di medulla su cui applicare una



Melanelia fuliginosa subsp. *glabratala*. Tallo marrone, verde-marrone.



Parmelina tiliacea. Tallo grigio con isidi.

piccola goccia del reagente, facendo attenzione a non far reagire anche la parte circostante dello strato corticale. Verificare il colore delle reazioni nei casi dubbi pressando un pezzetto di carta da filtro sul punto dove è stata posta la goccia del reagente.

Alcuni gruppi di licheni sono difficilmente identificabili a livello specifico, poiché è necessario valutare caratteri di difficile osservazione. Nella chiave questi gruppi sono indicati con i termini "s. lat." (senso lato) o "gr." (gruppo) (ad esempio *Xanthoria fallax* s. lat., indica un gruppo di specie molto simili). In alcuni casi l'identificazione con la chiave si ferma al livello di genere, senza arrivare alla specie, e viene allora riportato il nome del genere seguito dal termine "sp." (specie); "subsp." è l'abbreviazione di "sottospecie".

CHIAVE DI DETERMINAZIONE DEI LICHENI EPIFITI PIÙ COMUNI NELLA PROVINCIA DI TRIESTE

- 1 Tallo fruticoso: tallo attaccato alla corteccia per una stretta zona basale, formato da elementi molto allungati e sottili, generalmente ramificati, spesso con aspetto simile ad un cespuglietto eretto o pendente; rizine assenti **2**
- 1 Tallo non come sopra, foglioso o crostoso **6**
- 2 Tallo formato da due parti distinte, costituito da elementi eretti, allungati, a forma di bastoncino, di trombetta o coppa, di colore grigio-verde (podezi), alti al massimo 2 cm, cavi al centro (tagliare con una lametta), che si sollevano da una parte basale formata da squamule, verdi sopra e biancastre sotto, o da granuli appressati *Cladonia* sp.
- 2 Tallo fruticoso, senza una parte basale crostosa o squamulosa **3**
- 3 Tallo filamentoso, verde giallastro, composto da lacinie molto sottili a sezione circolare che, tirando con delicatezza, presentano al centro un sottile cordone compatto bianco *Usnea* sp.
- 3 Tallo non filamentoso, composto da lacinie appiattite e senza cordone centrale **4**
- 4 Tallo con faccia superiore di colore verde giallastro. Faccia inferiore biancastra; tallo K+ chiaramente giallo; sorali posti al margine delle lacinie o diffusi su tutta la faccia superiore del tallo *Evernia prunastri* (se il tallo ha entrambe le facce di colore verde giallastro, reazione K- e sorali a forma di piccole macchie ellittiche, piatti o leggermente convessi, presenti soprattutto ai margini delle lacinie, si tratta di *Ramalina farinacea*)
- 4 Tallo con faccia superiore di colore grigio **5**

- 5 Tallo con isidi, formato da lobi chiaramente appiattiti. Faccia inferiore nera, tranne all'apice dei lobi, dove può essere bianca o rosata; isidi numerosi, cilindrici, fittamente addensati e ben visibili *Pseudevernia furfuracea*
- 5 Tallo con soreddi, formato da lobi rigonfi, cavi (tagliare con una lametta un lobo e osservare con la lente); lobi prima appressati al substrato, quindi parzialmente eretti e sovrapposti. Faccia inferiore nera, chiara ai margini dei lobi; sorali labriformi, formati da soreddi raggruppati alle estremità dei lobi che si incurvano verso l'alto *Hypogymnia physodes*
- 6 Tallo foglioso: tallo appiattito ed attaccato al substrato per tutta o gran parte della superficie, formato da lobi più o meno arrotondati e poco allungati, facilmente sollevabile dalla scorza almeno al margine con l'aiuto di un aghetto; rizine generalmente presenti 7
- 6 Tallo crostoso o squamuloso: tallo simile a una crosta colorata più o meno continua, formato da granuli, areole, placchette o piccole squamule appressate, strettamente aderente alla scorza e non asportabile senza togliere anche il substrato su cui cresce 34
- 7 Tallo nero, nero bluastro o marrone nerastro, rigido e fragile allo stato secco, di aspetto gelatinoso e rigonfio se bagnato; tallo a struttura omeomera, contenente al suo interno cianobatteri (nella sezione trasversale del tallo osservata al microscopio ottico si vedono corte catenelle di cellule algali rotondeggianti di colore verde-azzurro) *Collema* sp.
- 7 Tallo di altro colore, mai completamente nerastro; tallo a struttura eteromera, contenente al suo interno alghe verdi (sezione!) 8
- 8 Tallo di colore giallo vivo, arancione o rosso-arancio (le forme che crescono in ombra sono a volte giallo verdastre) 9
- 8 Tallo di altro colore, verde, verde giallastro, grigio, marrone 11
- 9 Tallo K-, giallo, formato da piccoli lobi appiattiti e ramificati, larghi fino a 0,5 mm e lunghi fino a 1 mm *Candelaria concolor*
- 9 Tallo K+ rosso, giallo o giallo-arancione; lobi larghi più di 0,5 mm 10
- 10 Tallo senza soreddi, spesso con apoteci *Xanthoria parietina*
- 10 Tallo con soreddi. Soreddi posti ai margini o alle estremità dei lobi, che si sollevano verso l'alto nella parte terminale *Xanthoria fallax* s. lat.

- 11 Tallo di colore verde giallastro. Centro del tallo coperto da sorali diffusi *Flavoparmelia caperata* (una specie molto simile, ma meno comune, è *Flavoparmelia soledians*, che si distingue principalmente per la reazione K+ giallo poi rosso della medulla e dei sorali, mentre *Flavoparmelia caperata* ha reazione K-)
- 11 Tallo di altro colore, marrone, verde scuro, grigio, grigio-verde, biancastro 12
- 12 Lobi larghi almeno 2 mm, in genere 5-10 mm o più 13
- 12 Lobi larghi fino a 2 mm 26
- 13 Tallo marrone, verde brunastro, verde scuro 14
- 13 Tallo grigio o grigio-verde, mai molto scuro 20
- 14 Tallo senza isidi o soreli 15
- 14 Tallo con isidi o soreli 16
- 15 Medulla K-, C+ rosa-rosso (la reazione scompare molto rapidamente!); tallo marrone o verde-marrone, senza pruina; estremità dei lobi e bordo degli apotecii con sottili peli trasparenti (lente d'ingrandimento!) . . . *Melanelia glabra*
- 15 Medulla K+ giallo poi rosso, C-; tallo da verde olivastro scuro a marrone o verde biancastro per la presenza di pruina sulla superficie (lente!); peli assenti *Pleurosticta acetabulum*
- 16 Tallo con verruche a forma di piccoli coni appiattiti, a base molto larga, che possono essere scambiati per isidi (si tratta in realtà di papille con una piccola pseudocifella) *Melanelia exasperata*
- 16 Tallo con isidi cilindrici, ramificati o appiattiti lateralmente 17
- 17 Isidi appiattiti lateralmente, a forma di clava o spatola . . *Melanelia exasperatula*
- 17 Isidi cilindrici 18
- 18 Medulla C-. Isidi cilindrici spesso ramificati; lobi lucidi . . *Melanelia elegantula*
- 18 Medulla C+ rosa o rosso 19
- 19 Tallo con isidi cilindrici, spesso globosi, a volte poco visibili, e piccoli sorali di colore giallastro o biancastro, prima puntiformi poi confluenti; lobi generalmente opachi *Melanelia subaurifera*
- 19 Tallo senza sorali, con numerosi isidi cilindrici allungati e spesso ramificati; lobi lucidi *Melanelia fuliginosa* subsp. *glabrata*
- 20 Tallo senza isidi o soreli, generalmente con apotecii. Apotecii grandi, con disco marrone scuro e bordo grigio, dello stesso colore del tallo *Parmelina quercina*
- 20 Tallo con isidi o soreli 21

- 21** Tallo con soredi **22**
- 21** Tallo con isidi **25**
- 22** Lobi allungati, rigonfi e cavi all'interno (tagliare trasversalmente un lobo con una lametta), prima appressati al substrato, quindi parzialmente eretti e sovrapposti; rizine assenti. Sorali labriformi, posti alle estremità dei lobi *Hypogymnia physodes*
- 22** Lobi chiaramente appiattiti, mai rigonfi e cavi, non o poco sollevati al margine; rizine presenti **23**
- 23** Lobi con sparse ciglia nere al margine, senza pseudocifelle; faccia inferiore con un'ampia fascia marginale (più di 5 mm) priva di rizine. Lobi molto larghi, fino a 1-2 cm; sorali ben delimitati al margine dei lobi *Parmotrema chinense*
- 23** Lobi senza ciglia al margine, faccia superiore con pseudocifelle; faccia inferiore con rizine presenti quasi fino al margine dei lobi **24**
- 24** Pseudocifelle e sorali allungati e lineari; faccia inferiore scura. Lobi non arrotondati (i lobi hanno generalmente angoli acuti, come se tagliati con le forbici) *Parmelia sulcata*
- 24** Pseudocifelle circolari o ellittiche, sorali circolari; faccia inferiore marrone chiaro *Punctelia subrudecta*
(una specie simile è *Punctelia borreri*, che si distingue per la faccia inferiore di colore nero almeno al centro del tallo, per i lobi non strettamente aderenti al substrato, spesso con una sottile pruina alle loro estremità).
- 25** Rizine presenti; lobi arrotondati, appiattiti, non ascendenti; isidi cilindrici con apice scuro, addensati al centro del tallo *Parmelina tiliacea*
(se gli isidi hanno la forma di piccole pastigliette nere si tratta della specie affine *Parmelina pastillifera*. Se il tallo presenta isidi cilindrici, pseudocifelle allungate lineari che formano una fitta rete all'estremità dei lobi, e lobi non arrotondati si tratta di *Parmelia saxatilis*).
- 25** Rizine assenti; lobi allungati e ramificati, spesso arrotondati ai margini, ascendenti; isidi cilindrici grigi presenti su tutto il tallo *Pseudevernia furfuracea*
- 26** Tallo K+ giallo. Tallo grigio chiaro o biancastro **27**
(attenzione: se i lobi sono rigonfi e cavi all'interno e con faccia inferiore nera si tratta di *Hypogymnia physodes*).
- 26** Tallo K- **30**

- 27** Margine dei lobi con ciglia o fibrille chiare, a volte scarse; lobi ascendenti, che si sollevano alle estremità; apoteci assenti **28**
- 27** Margine dei lobi senza ciglia; lobi non ascendenti; apoteci spesso presenti **29**
- 28** Tallo con sorali a cappuccio (estremità dei lobi rigonfia ed allargata a cappuccio, cava all'interno e contenente soredi) *Physcia adscendens*
- 28** Tallo con sorali labriformi (estremità dei lobi non rigonfia ma incurvata verso l'alto, coperta da soredi) *Physcia tenella*
(queste due specie sono spesso difficili da distinguere quando i talli sono poco sviluppati, come spesso avviene negli ambienti urbani: in questo caso si può attribuire tutto il materiale a *Physcia adscendens*).
- 29** Faccia superiore dei lobi con piccole macchie bianche rotondeggianti *Physcia aipolia*
- 29** Faccia superiore dei lobi senza macchie, coperta da pruina almeno alle estremità dei lobi *Physcia biziana*
- 30** Soredi assenti. Tallo da marrone-grigio a grigio-bianco per la presenza di pruina (lente!) soprattutto alle estremità dei lobi. Apoteci spesso presenti *Physconia distorta*
- 30** Soredi presenti **31**
- 31** Lobi larghi in genere più di 1 mm; faccia superiore con pruina; sorali marginali ad andamento lineare. Faccia inferiore bianca; rizine semplici, bianche *Physconia grisea*
- 31** Lobi larghi meno di 1 mm; pruina assente; sorali non marginali **32**
- 32** Sorali labriformi. Faccia inferiore bianca *Phaeophyscia chloantha*
(se la faccia inferiore è scura e sono presenti peli sottili all'estremità dei lobi, si tratta di *Phaeophyscia hirsuta*)
- 32** Sorali rotondeggianti **33**
- 33** Tallo chiaramente foglioso, attaccato al substrato tramite rizine nere, formato da rosette larghe in genere più di 1 cm; lobi larghi più di 0,5 mm; rizine spesso ben visibili intorno ai lobi *Phaeophyscia orbicularis*
- 33** Tallo molto sottile, subcrostoso, formato da rosette larghe al massimo 1 cm, ma spesso confluenti; lobi larghi meno di 0,5 mm, strettamente attaccati al substrato; rizine chiare, scarse e spesso non evidenti *Hyperphyscia adglutinata*
(le due specie crescono insieme ed è molto difficile distinguerle senza un po' di esperienza: *Hyperphyscia adglutinata* ha talli e lobi strettamente attaccati, come incollati, alla scorza, decisamente più piccoli rispetto a *Phaeophyscia orbicularis*).

- 34** Tallo giallo vivo (giallo verdastro se in ombra), K- **35**
- 34** Tallo di altro colore, oppure giallo ma allora K+ rosso **36**
- 35** Tallo piccolo, foglioso, costituito da piccole rosette larghe fino a 2 cm, spesso confluenti, con piccoli lobi appiattiti, ramificati e spesso soorediati alle estremità; lobi lunghi fino a 1 mm e larghi fino a 0,5 mm, tendenti a sollevarsi dal substrato almeno alle estremità *Candelaria concolor* (le forme poco sviluppate di *Candelaria concolor* si confondono facilmente con le candelarielle)
- 35** Tallo chiaramente crostoso, formato da piccole squamule aderenti alla scorza. Squamule larghe fino a 1 mm, appressate, inizialmente ben visibili ma spesso totalmente coperte da soredi gialli, che possono coprire anche vaste parti di un tronco, dandogli un colore giallo *Candelariella reflexa* (una specie simile a *Candelariella reflexa* è *Candelariella xanthostigma*, che si distingue per il tallo formato da piccoli granuli più o meno dispersi, larghi 0,07-0,1 mm).
- 36** Tallo con apoteci, senza soredi **37**
- 36** Tallo senza apoteci o, se con apoteci, allora anche con soredi **45**
- 37** Apoteci con disco giallo, arancione o rosso, K+ rosso; spore bicellulari polardiblastiche (osservare una sezione trasversale dell'apotecio al microscopio ottico) **38**
- 37** Apoteci con disco di altro colore, mai K+ rosso; spore non come sopra **40**
- 38** Tallo giallo o giallo verdastro, K+ rosso; apoteci aranciati *Caloplaca flavorubescens*
- 38** Tallo grigio chiaro o scuro, mai giallastro, K- (attenzione a non confondere la reazione del tallo con quella degli apoteci) **39**
- 39** Apoteci con bordo grigio e disco arancione *Caloplaca cerina*
- 39** Apoteci con bordo e disco rosso vivo o rosso mattone *Caloplaca ferruginea*
- 40** Apoteci stretti ed allungati, neri, simili a linee oppure a contorno irregolare, spesso a forma di stella, lunghi fino a 2 mm (questi apoteci sono chiamati lirelle); tallo con alghe *Trentepohlia* (graffiare la superficie del tallo con la punta di un aghetto: se il tallo contiene alghe *Trentepohlia* il graffio appare di colore giallo aranciato o giallo-verde, se contiene alghe verdi appare di colore verde) **41**
- 40** Apoteci rotondeggianti, neri o di altro colore; tallo con alghe verdi . . . **42**

- 41** Apoteci molto stretti ed allungati, simili a linee, spesso ramificati; apoteci con bordo ben sviluppato (in una sezione osservata al microscopio ottico l'apotecio presenta un evidente margine nero) *Opegrapha atra*
- 41** Apoteci a contorno irregolare, spesso a forma di stella, mai molto allungati; apoteci senza bordo (sezione!) *Arthonia radiata*
- 42** Apoteci neri (a volte di colore marrone scuro), lecideini, con bordo e disco dello stesso colore **43**
- 42** Apoteci mai neri, lecanorini, con bordo di colore diverso dal disco . . . **44**
- 43** Apoteci neri, o a volte di colore marrone scuro, di solito larghi più di 0,5 mm; tallo grigio o verde scuro, K+ giallastro, C+ arancione (reazione non sempre chiaramente visibile); spore unicellulari incolori (sezione trasversale dell'apotecio!) *Lecidella elaeochroma*
- 43** Apoteci sempre neri, di solito larghi fino a 0,5 mm; tallo grigio, K-, C-; spore bicellulari brune *Amandinea punctata*
(queste due specie, estremamente comuni sui tronchi degli alberi, si possono confondere facilmente anche con altri licheni con apoteci neri: l'unico carattere di distinzione sicuro è quello delle spore, da osservare in una sezione dell'apotecio con il microscopio ottico. Specie simili sono *Catillaria nigroclavata* che ha spore bicellulari incolori, e *Scoliciosporum chlorococcum* con spore pluricellulari incolori allungate.
Se i corpi fruttiferi sono molto convessi, fragili, leggermente allungati e con una fessura longitudinale sulla parte superiore, con aspetto simile a dei chicchi di caffè, si tratta di funghi non lichenizzati del genere *Hysterium*).
- 44** Disco degli apoteci C+ giallo vivo o arancione. Apoteci con bordo biancastro più o meno evidente e disco di colore marrone chiaro o biancastro per la presenza di pruina *Lecanora carpinea*
- 44** Disco degli apoteci C-. Apoteci con bordo biancastro ben evidente e disco di colore marrone chiaro, caffelatte o marrone
. *Lecanora gr. chlarotera*
(Il gruppo di *Lecanora chlarotera* comprende numerose specie difficilmente distinguibili.
Le lecanore hanno spore unicellulari incolori; se il lichene ha tallo verde-grigio scuro, piccoli apoteci aggregati con disco marrone scuro e spore bicellulari brune si tratta di *Rinodina pyrina*).

- 45** Tallo leproso, cioè formato da una massa di polvere o di granuli di colore verdastro o bianco verdastro, C- *Lepraria* sp.
(un lichene con aspetto simile alle leprarie è *Lecanora expallens*, che ha un tallo leproso-sorediato di colore verde giallastro, C+, KC+ arancio).
- 45** Tallo non leproso: il tallo è sempre corticato sopra, e se ha soredi, questi si sviluppano almeno all'inizio da aree definite, anche se poi possono coprire il tallo quasi interamente **46**
- 46** Tallo squamuloso, formato da squamule più o meno appressate e con estremità più o meno sollevate verso l'alto **47**
- 46** Tallo non squamuloso, chiaramente crostoso **48**
- 47** Squamule con le due facce di colore verde-grigio, a forma di orecchietta (reniformi), leggermente concave, larghe 1-2 mm, appressate al substrato (spesso muschi) ma con margine ingrossato e leggermente sollevato; soredi dello stesso colore delle squamule, distribuiti soprattutto lungo i loro margini *Normandina pulchella*
- 47** Squamule con faccia superiore verde e faccia inferiore biancastra, fittamente addensate, attaccate alla scorza solo per la parte basale, e quindi più o meno sollevate verso l'alto, con il margine irregolare . . *Cladonia* sp.
(Le cladonie possono presentare, soprattutto in ambienti urbani, uno sviluppo ridotto al solo tallo basale squamuloso, senza i tipici elementi allungati a trombetta o bastoncino chiamati podezi; vedi punto 2 della chiave).
- 48** Tallo con evidenti piccoli lobi marginali arrotondati, subcrostoso, corticato anche sulla faccia inferiore (sollevare la parte terminale di un lobo con un aghetto e osservare con la lente!). Tallo grigio-verde o grigio, lobi larghi fino a 0,5 mm; sorali rotondeggianti, spesso confluenti nelle parti centrali del tallo *Hyperphyscia adglutinata*
- 48** Tallo senza lobi marginali, crostoso. Tallo grigio-verde o grigio chiaro, con margine biancastro; sorali rotondeggianti bianchi . . *Pertusaria albescens*
(una specie molto simile è *Pertusaria amara*: per distinguerle basta masticare una piccola porzione del lichene, che è amarissima in *Pertusaria amara*).

LICHENI E QUALITÀ DELL'ARIA

MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La progressiva alterazione dell'ambiente legata all'industrializzazione e alla crescita demografica dell'uomo ha determinato la necessità di riuscire a valutare e controllare lo stato della qualità ambientale.

Le sostanze inquinanti emesse nell'atmosfera a causa delle attività umane sono numerosissime, e sono legate soprattutto alla presenza di aree urbane ed industriali in cui si concentrano le principali fonti di emissione: attività industriali, impianti di riscaldamento, traffico.

La presenza di inquinanti nell'ambiente può variare notevolmente durante l'anno: nella stagione invernale, alle emissioni dovute alle attività produttive ed al traffico (in genere più sostenuto) si aggiungono quelle dovute agli impianti di riscaldamento. Inoltre le condizioni climatiche (frequenza e direzione dei venti, piogge, periodi di inversione termica con nebbie e ristagno degli strati di aria in prossimità del suolo) possono favorire o meno la dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.

Le principali sostanze inquinanti presenti in atmosfera sono:

- ✓ SO₂ (biossido di zolfo);
- ✓ CO (monossido di carbonio);
- ✓ NO_x (ossidi di azoto);
- ✓ O₃ (ozono);
- ✓ Particelle sospese (polveri);
- ✓ Idrocarburi.

Per questi inquinanti esistono norme che fissano i limiti di accettabilità e stabiliscono standard di qualità dell'aria basati sui valori di concentrazione misurati da centraline di rilevamento nell'arco di un anno.

Lo studio dell'inquinamento atmosferico è estremamente complesso e difficile, poiché dipende da un enorme numero di variabili che interagiscono tra loro. Nella valutazione della qualità dell'ambiente e dei fenomeni di inquinamento si può seguire un approccio diretto, basato sulla misura delle concentrazioni di sostanze inquinanti mediante stazioni di monitoraggio strumentale, oppure analizzare le condizioni e le reazioni di organismi viventi presenti nel territorio mediante tecniche di biomonitoraggio.

Il controllo dell'ambiente tramite stazioni di monitoraggio strumentale permette di ottenere misure di concentrazione di inquinanti molto precise, ma non riesce a risolvere completamente il problema del monitoraggio della qualità ambientale, poiché presenta alcuni limiti:

- monitoraggio di pochi inquinanti: generalmente le centraline di rilevamento misurano SO₂, CO, NO_x e polveri;
- costi elevati delle centraline e della loro manutenzione, che limitano fortemente il numero di stazioni di rilevamento;
- discontinuità dei dati nel tempo e nello spazio, causata dalle frequenti interruzioni del funzionamento delle centraline per le necessarie revisioni, dall'utilizzo di centraline mobili che rimangono in una stessa stazione per limitati periodi di tempo (di solito qualche mese), e dall'esiguo numero di centraline che generalmente vengono posizionate solo all'interno dei grossi centri urbani o industriali;
- errata ubicazione, dovuta spesso alla mancanza di un'opportuna conoscenza delle situazioni di inquinamento atmosferico nell'area indagata;
- impossibilità di valutare gli effetti della miscela di inquinanti: le centraline misurano le concentrazioni di singoli inquinanti, ma non danno indicazioni sui danni alla salute dell'uomo e all'ambiente provocati dall'insieme dei numerosissimi inquinanti presenti nell'atmosfera.

L'impiego degli organismi viventi negli studi della qualità ambientale prende il nome di biomonitoraggio, ed è ampiamente diffuso da anni in tutto il mondo. Le tecniche di biomonitoraggio si basano sullo studio di particolari piante ed animali, chiamati bioindicatori.

Un bioindicatore è un organismo capace di reagire rapidamente ed in modo chiaro al mutare delle condizioni ambientali, con modificazioni evidenti e rilevabili. La valutazione degli effetti indotti sugli organismi bioindicatori dal cambiamento di fattori ecologici, quali la presenza di sostanze inquinanti, fornisce informazioni sullo stato della qualità dell'ambiente.

Il biomonitoraggio permette di ottenere rapidamente, a bassi costi e con un'elevata densità di punti di campionamento una valutazione globale della qualità ambientale di un'area, basata su una stima degli effetti dell'insieme delle sostanze inquinanti nocive sugli organismi.

Grazie agli studi di biomonitoraggio è possibile individuare aree potenzialmente a rischio per la salute pubblica, in cui si possono verificare superamenti dei valori soglia stabiliti dalla legge per alcuni importanti inquinanti primari. Le aree indagate negli studi di biomonitoraggio possono essere ristrette o molto ampie, estese anche a livello di una provincia o di una regione.

I principali limiti delle metodiche di biomonitoraggio sono rappresentati da:

- l'inevitabile margine di errore dovuto alla variabilità dei dati biologici;
- difficoltà di correlare i dati ottenuti dai bioindicatori con la presenza di singoli inquinanti;

- incapacità in molti casi di rilevare immediatamente fenomeni acuti di alterazione ambientale, in quanto la reazione degli organismi richiede un certo tempo per essere apprezzabile;
- difficoltà di trovare in alcune situazioni organismi bioindicatori adatti.

La maggiore densità di punti di campionamento degli studi di biomonitoraggio rispetto alle reti di monitoraggio strumentale compensa l'inevitabile margine di errore dovuto alla variabilità dei dati biologici.

Data la sostanziale diversità delle informazioni, è evidente che il biomonitoraggio non può essere considerato alternativo al monitoraggio strumentale. Esso fornisce utili informazioni per la valutazione globale dello stato ambientale di un'area, ed è un valido strumento per l'individuazione di possibili zone a rischio e per la pianificazione e distribuzione sul territorio di reti di centraline automatiche di monitoraggio della qualità dell'aria.

LICHENI COME BIOINDICATORI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La simbiosi lichenica rappresenta un delicatissimo equilibrio biologico ed è quindi molto sensibile ai mutamenti ambientali.

Le prime osservazioni sul deperimento dei licheni in aree soggette ad inquinamento atmosferico risalgono alla metà dell'Ottocento. Lo scienziato W. Nylander descriveva nel 1866 la progressiva diminuzione della presenza dei licheni fino alla loro completa scomparsa nell'ambito dell'area urbana di Parigi. Verso la fine degli anni '20 studi condotti nel Nord Europa evidenziarono la graduale scomparsa di licheni epifiti nel centro di molte città. Dagli inizi degli anni '70 numerosi studi dimostrarono la correlazione tra le concentrazioni di anidride solforosa e di altri inquinanti e la presenza dei licheni. La letteratura sull'argomento è ormai vastissima, e le applicazioni nel campo del biomonitoraggio ambientale sono attualmente divenute tecniche di routine riconosciute anche a livello istituzionale in molti Paesi.

I licheni sono ottimi bioindicatori della qualità dell'aria poiché il loro metabolismo dipende essenzialmente dall'atmosfera, e presentano le seguenti peculiari caratteristiche.

- ✓ I licheni sono privi di strutture di protezione, di selezione e di escrezione, e non possono liberarsi delle parti intossicate o vecchie. La mancanza di barriere protettive, quali radici e cuticola presenti invece nelle piante superiori, permette ai licheni di assorbire facilmente tutte le sostanze presenti nell'atmosfera, sia gassose che in forma di particolato (polveri), senza possibilità di selezione; queste sostanze vengono accumulate all'interno

dei talli e non possono venire rimesse all'esterno poiché i licheni non hanno strutture di escrezione.

- ✓ I licheni continuano ad assorbire e concentrare nel loro interno tutte le sostanze presenti nell'atmosfera come delle spugne, in misura superiore agli altri vegetali. Se nell'ambiente sono presenti sostanze tossiche per i licheni, queste sono accumulate all'interno del tallo e lo danneggiano.
- ✓ Sono organismi molto comuni ed ampiamente diffusi negli ambienti terrestri e sono quindi facilmente reperibili anche negli ambienti antropizzati.
- ✓ Sono organismi longevi e forniscono informazioni relative a lunghi periodi di esposizione.
- ✓ I licheni sono molto resistenti agli *stress* ambientali relativi a temperatura, acqua, luce, ma sono molto sensibili alla presenza di alcune sostanze inquinanti gassose, soprattutto l'anidride solforosa e gli ossidi di azoto, prodotte dalle industrie, dal traffico e dal riscaldamento domestico delle città. L'anidride solforosa è in grado di alterare l'attività fotosintetica delle alghe presenti nel lichene fino ad inibirla, poiché danneggia irreversibilmente la clorofilla, la molecola che permette di catturare l'energia luminosa del sole indispensabile per la fotosintesi. Il risultato è un progressivo deterioramento del tallo lichenico e del suo colore originale, la diminuzione della capacità di riprodursi, la formazione di parti del tallo danneggiate e necrotiche, fino alla morte del lichene.
- ✓ Alcuni licheni sono più sensibili, altri meno alla presenza degli inquinanti. La diversa sensibilità dipende principalmente dalla superficie di esposizione all'aria (maggiore è la superficie, maggiore è l'esposizione alle sostanze tossiche), dalla velocità di idratazione e idrorepellenza, dall'attività metabolica, dal tipo di substrato di crescita. In generale i licheni fruticosi sono più sensibili, mentre i licheni crostosi sono più tolleranti nei confronti dell'inquinamento atmosferico.

In ambienti naturali i licheni crescono dunque numerosi e rigogliosi, mentre nelle zone inquinate scarseggiano o mancano del tutto (situazione di "deserto lichenico"). Il fenomeno è particolarmente pronunciato ed evidente nel caso dei licheni che crescono sui tronchi degli alberi, i licheni epifiti.

L'utilizzo dei licheni come bioindicatori della qualità dell'aria si basa sullo studio delle variazioni della biodiversità delle comunità licheniche epifite causate dalla presenza di sostanze inquinanti fitotossiche.

Numerosi metodi di campionamento della biodiversità lichenica sono stati proposti ed utilizzati nei diversi Paesi europei.

IL METODO DI LAVORO

Il metodo di lavoro si basa sul fatto che la presenza e l'abbondanza (frequenza) di licheni in una certa superficie di campionamento rappresenta un indicatore della qualità dell'aria: se sono presenti molti licheni la zona in cui si sta campionando è poco inquinata da sostanze fitotossiche (anidride solforosa, ossidi di azoto), se invece si trovano poche specie, allora nella zona sono presenti fenomeni di inquinamento atmosferico.

Il metodo valuta la biodiversità dei licheni epifiti che crescono sui tronchi di alberi con particolari caratteristiche, secondo una particolare strategia di campionamento; questo permette di limitare la variabilità dei parametri ecologici indipendenti dall'inquinamento che possono influenzare la crescita dei licheni, quali le caratteristiche chimiche o la capacità idrica del substrato, assai variabili nei substrati rocciosi, la disponibilità di luce e di nutrienti.

Le attività didattiche di valutazione della qualità dell'aria tramite licheni svolte in Italia a partire dal 1989 con la nascita del "Progetto Licheni W.W.F." erano basate sul cosiddetto "metodo di rilevamento Ammann" o "metodo Svizzero". Tale metodo, ampiamente utilizzato in Italia negli studi di biomonitoraggio fino al 2001, prevedeva il campionamento dei licheni presenti sul tronco degli alberi all'interno di un unico reticolo di rilevamento, lungo 50 cm e largo 30 cm e suddiviso in 10 unità rettangolari di 10 x 15 cm, che veniva posto nel punto di massima copertura lichenica.

Il metodo di lavoro presentato in questo Quaderno è invece basato sul protocollo di campionamento proposto a livello europeo nel 2000 ed ufficialmente adottato dall'Agenzia italiana per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (ANPA, 2001) per realizzare studi di biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni. Questo protocollo fornisce una strategia di campionamento oggettiva e ripetibile, eliminando alcuni aspetti critici e soggettivi del metodo svizzero, riguardanti essenzialmente la localizzazione degli alberi ed il posizionamento del reticolo di rilevamento sul tronco.

Il metodo di campionamento proposto è stato semplificato ed adattato per le attività di tipo didattico, soprattutto negli aspetti riguardanti la scelta delle stazioni di campionamento e degli alberi da rilevare.

Per realizzare l'indagine è indispensabile avere una buona conoscenza dei licheni. E' consigliabile quindi prevedere un'attività di lavoro preliminare in classe e fuori della classe, per acquisire le nozioni fondamentali riguardanti i licheni, collezionare materiale ben sviluppato, identificare i licheni (a livello di specie, forme di crescita o almeno di colore) e realizzare un piccolo erbario, o una raccolta di fotografie o altro materiale iconografico di riferimento.

MATERIALE PER IL RILEVAMENTO

- Cartina topografica (ad esempio carta IGM 1:25.000);
- 4 reticoli di campionamento. Ogni reticolo ha forma rettangolare, con altezza di 50 cm e larghezza di 10 cm, ed è suddiviso in 5 aree quadrate di dimensioni 10 x 10 cm, poste in una fila verticale. I reticoli possono essere realizzati facilmente utilizzando una rete in plastica grossa, con maglia di 0,5 x 0,5 cm o 1 x 1 cm, acquistabile presso un'agraria. Per realizzare ogni reticolo si ritaglia con le forbici un rettangolo di rete di almeno 60 x 20 cm; si ritagliano quindi 5 quadrati di 10 x 10 cm allineati verticalmente nella parte centrale del rettangolo, lasciando una linea di plastica a delimitare due quadrati successivi;
- metro da sarto;
- fettuccia elastica di 2 m;
- bussola;
- chiave di determinazione o erbario di riferimento da campo;
- lente di ingrandimento (5 o 10 x);
- temperino o coltellino a serramanico;
- aghetto;
- boccette con reagenti: K (idrossido di potassio), C (ipoclorito di sodio);
- schede di rilevamento dati o *block notes*, penna;
- altimetro (facoltativo);
- buste di carta per la raccolta di campioni lichenici;
- filo a piombo e goniometro (facoltativo).

AREA DI STUDIO

Il primo passo nella realizzazione del lavoro è la scelta del territorio da indagare.

L'analisi delle caratteristiche del territorio può costituire l'argomento di un'attività di ricerca preliminare di tipo interdisciplinare, molto importante per una corretta interpretazione dei risultati dell'indagine di biomonitoraggio e per un approfondimento di diversi aspetti dell'ambiente in cui si vive. I principali aspetti da affrontare riguardano:

- ✓ la geografia del territorio (presenza di colline, rilievi, valli, mare);
- ✓ il clima, ed in particolare la direzione dei venti nelle stagioni, i periodi di inversione termica (quando si verificano livelli di inquinamento molto elevati), le precipitazioni;

- ✓ l'uso del territorio e la sua struttura economica, con la localizzazione delle zone abitate, zone industriali, strade.

Un'altra attività di lavoro può approfondire il problema dell'inquinamento atmosferico, con una raccolta di informazioni, eventualmente organizzate sotto forma di schede, su:

- ✓ le principali sostanze inquinanti e le loro caratteristiche;
- ✓ gli effetti sulla salute;
- ✓ le principali fonti di emissione nell'area indagata.

La raccolta di dati riguardanti le fonti di emissione può considerare:

- ✓ la localizzazione di aree industriali/artigianali;
- ✓ le caratteristiche degli impianti industriali maggiormente inquinanti: raffinerie ed industria petrolchimica, industria metallurgica, cementifici, industria della ceramica, centrali termoelettriche, impianti di termodistruzione dei rifiuti (inceneritori), ecc.;
- ✓ i principali flussi di traffico veicolare urbano;
- ✓ la presenza di autostrade o altre grandi arterie stradali;
- ✓ la presenza di aree agricole con forte consumo di fertilizzanti e anticrittogamici.

LA SCELTA DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Lo studio dei licheni non viene condotto su tutti gli alberi dell'area di indagine. Nell'area di studio vengono individuate porzioni di territorio delimitate, chiamate stazioni di campionamento, di forma quadrata, con lato di 250 o 500 m. Nell'ambito di ogni stazione di campionamento vengono selezionati alcuni alberi sui quali si effettua il rilevamento delle comunità licheniche.

Il lavoro di campionamento può essere realizzato solo in alcune stazioni scelte in situazioni ambientali diverse. E' possibile ad esempio esaminare una zona dell'area urbana di Trieste e una zona extraurbana naturale situata sull'altopiano carsico, oppure individuare una o più stazioni di campionamento per ogni tipo principale di uso del territorio: centro urbano, area periferica, area industriale, area agricola, area extraurbana naturale.

Se si vuole realizzare un'indagine dettagliata, basata su numerose stazioni di campionamento, è opportuno localizzare le stazioni in maniera omogenea, disegnando un grigliato di riferimento su una cartina geografica del territorio a scala opportuna (1:50.000, 1:25.000, 1:10.000). Nel caso di indagini a scala

territoriale ampia (regionale, provinciale) si può utilizzare un grigliato di 3 x 3 km o 2 x 2 km, mentre per studi a scala più ristretta (comunale, locale) si possono applicare grigliati di 1 x 1 km, 500 x 500 m o 250 x 250 m. In corrispondenza di ogni nodo del grigliato si trova il centro di una stazione di campionamento.

La scelta del tipo di grigliato e quindi della densità delle stazioni di campionamento da adottare nel lavoro dipende dalle caratteristiche orografiche dell'area di studio, dalla disponibilità di tempo, e anche dalla disponibilità di alberi adatti, che è meglio verificare prima di iniziare il lavoro.

In questo tipo di indagine, il lavoro di campionamento è impegnativo, ma può essere realizzato suddividendo l'attività in campo tra più classi, ciascuna delle quali può analizzare in maniera autonoma una o più stazioni di campionamento.

LA SCELTA DEGLI ALBERI

Gli alberi da campionare devono essere scelti in maniera da assicurare che il rilevamento dei licheni venga effettuato in condizioni ecologiche comparabili.

Gli alberi devono presentare le seguenti caratteristiche:

- posizione isolata: non bisogna considerare alberi presenti all'interno di boschi o in mezzo a siepi, poiché in questi ambienti la minore quantità di luce può determinare una riduzione della presenza dei licheni, che ovviamente non dipende dalla qualità dell'aria;
- tronco diritto, senza ramificazioni grosse o biforcazioni nella parte da campionare, dove il ristagno o le zone di scorrimento preferenziale di acqua possono alterare la crescita dei licheni; l'inclinazione del tronco deve essere inferiore a 10° (usare filo a piombo e goniometro);
- circonferenza del tronco, misurata a 100 cm da terra, superiore ai 60 cm;
- assenza di fenomeni evidenti di disturbo (verniciature, ferite, malattie gravi della pianta, alberi trattati con anticrittogamici, ecc.).

Le specie di albero consigliate per il campionamento sono:

tiglio (*Tilia* spp.), quercia (*Quercus pubescens*, *Quercus petraea*), pioppo (*Populus nigra*), olmo (*Ulmus minor*).

Gli alberi che non si devono campionare sono: ippocastano, platano, betulla, poiché la scorza si sfoglia rapidamente in scaglie che cadono; tutte le conifere, poiché hanno la scorza troppo acida per la maggior parte dei licheni che si trovano nelle zone pianeggianti e collinari; la robinia.

È sempre consigliabile effettuare lo studio sulla stessa essenza arborea, in quanto le caratteristiche di rugosità, permeabilità e pH della scorza, variabili

APPROFONDIMENTO: FATTORI ECOLOGICI CHE INFLUENZANO LA PRESENZA DEI LICHENI

La presenza e l'abbondanza di licheni epifiti viene influenzata dalla presenza di sostanze inquinanti fitotossiche, ma anche da caratteristiche ecologiche legate a:

- disponibilità di luce: ad esempio i tronchi degli alberi presenti all'interno dei boschi presentano pochi licheni rispetto ad alberi isolati o posti al margine dei boschi;
- caratteristiche fisico-chimiche della scorza: una scorza molto liscia (tronchi di alberi molto giovani, tronchi di frassino, carpino nero, carpino bianco, faggio) non favorisce la colonizzazione dei licheni; la scorza a reazione fortemente acida di tutte le conifere è tollerata da pochissimi licheni;
- età dell'albero: alberi giovani possono presentare condizioni ecologiche diverse rispetto ad individui più vecchi, oppure non essere stati ancora colonizzati da licheni per una semplice questione di tempo;
- caduta degli strati superficiali della scorza, come accade nel caso dei platani, ippocastani, betulle;
- disponibilità di acqua: soprattutto negli ambienti mediterranei la presenza dei licheni è fortemente influenzata dalla situazione di aridità;
- utilizzo di anticrittogamici in agricoltura: può determinare la completa assenza di licheni in prossimità di aree agricole.

da specie a specie, possono influenzare in modo anche rilevante la composizione delle comunità licheniche. Nella Provincia di Trieste si può comunque scegliere di campionare il tiglio e la quercia, poiché questi alberi offrono condizioni ecologiche molto simili per i licheni.

In ciascuna stazione di campionamento vengono selezionati i 3-6 alberi più vicini al centro della stazione, individuabile grazie ad una cartina topografica. Si può comunque decidere di campionare soltanto 1 o 2 alberi per stazione se non c'è disponibilità di altri alberi adatti, o anche per motivi di tempo. Se nella stazione non c'è nessun albero adatto, l'area non viene campionata e viene esclusa dalle successive elaborazioni.

IL RILIEVO DELLA BIODIVERSITÀ LICHENICA

Il campionamento viene effettuato mediante l'uso di quattro reticoli di rilevamento di 50 x 10 cm che vengono posti sul tronco dell'albero in corrispon-

denza dei quattro punti cardinali (verso Nord, Est, Sud, Ovest).

Per posizionare correttamente i reticoli è necessario:

- individuare le parti del tronco rivolte verso Nord, Est, Sud, Ovest con una bussola;
- fissare in corrispondenza dei punti cardinali i quattro reticoli mediante una fettuccia elastica, posta sul bordo superiore dei reticoli;
- porre la base di ogni reticolo a 100 cm da terra.

Dopo avere posizionato i quattro reticoli è meglio verificare la loro esatta posizione con la bussola e con il metro.

Nel posizionare i reticoli bisogna evitare:

- parti del tronco danneggiate o decorticate;
- parti con evidenti nodosità;
- parti con forte copertura di muschi o piante rampicanti.

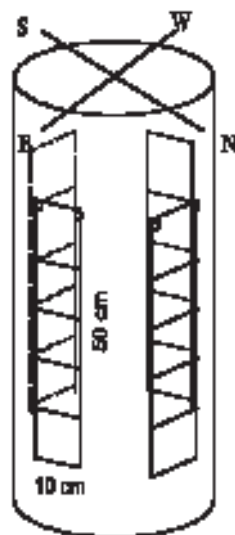
Per evitare queste parti non idonee al rilevamento, il singolo reticolo può venire spostato in senso orario fino a 20° rispetto alla posizione originaria.

Il rilievo della biodiversità lichenica di un albero si effettua così:

- si osserva attentamente la porzione del tronco individuata da un reticolo di rilevamento (ad esempio rivolto a Nord) utilizzando anche la lente d'ingrandimento, e si riconoscono le specie licheniche presenti;
- per ciascuna specie lichenica riconosciuta si rileva la frequenza nel reticolo: si deve contare il numero di quadrati in cui la specie compare (ogni specie rilevata ha frequenza compresa tra 1 e 5);
- si sommano i valori di frequenza di tutte le specie presenti nel reticolo, ottenendo il valore di Biodiversità Lichenica (indicato con la sigla B.L.) del rilievo ad una esposizione;
- si ripete il conteggio per gli altri tre reticoli, ottenendo i relativi valori di B.L.;
- si sommano i quattro valori di B.L. dei reticoli alle diverse esposizioni e si ottiene così il valore di B.L. dell'albero.

Il valore di B.L. della stazione è dato dalla media aritmetica dei valori di B.L. dei singoli alberi rilevati.

Tutti i dati riguardanti il campionamento (data, località, caratteristiche della stazione di campionamento, coordinate geografiche, dati della frequenza dei



licheni, valori di biodiversità per rilievo, per albero, per stazione) vanno annotati preferibilmente su una scheda di rilevamento predisposta.

Poiché può risultare difficile riuscire a riconoscere tutte le specie licheniche presenti sui tronchi, è possibile fare delle attività di osservazione e valutazione della biodiversità lichenica semplificate, ad esempio in base a:

1. i colori: si possono conteggiare i licheni distinguendoli sulla base del colore del tallo (vedi anche Consigli per l'identificazione):
 - ✓ giallo, giallo-arancione;
 - ✓ verde giallastro;
 - ✓ marrone, verde scuro;
 - ✓ grigio, grigio-verde;
 - ✓ nero, nerastro;

2. le forme di crescita: il conteggio si fa calcolando la frequenza delle forme di crescita:
 - ✓ fruticosa;
 - ✓ fogliosa;
 - ✓ crostosa e squamulosa;

3. un numero ridotto di specie facilmente riconoscibili. Il campionamento può essere limitato alle sole specie fogliose, oppure basato su un gruppo di 15 specie licheniche, scelte in base alla loro distribuzione nell'area di studio e diversa sensibilità all'inquinamento atmosferico: *Candelaria concolor*, *Candelariella reflexa*, *Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata*, *Lecanora chlorotera*, *Lecidella elaeochroma*, *Melanelia subaurifera*, *Parmelia sulcata*, *Parmelina tiliacea*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Physconia grisea*, *Punctelia subrudecta*, *Xanthoria parietina*.

– Esempio di conteggio della Biodiversità Lichenica di un albero.

In uno dei 4 reticoli posti sul tronco dell'albero sono presenti 5 specie di licheni, rappresentate con simboli diversi. La frequenza di ogni specie è pari al numero di quadrati in cui essa è presente:

Specie A: 1

Specie B: 4

Specie C: 1

Specie D: 3

Specie E: 1

Sommando le frequenze delle 5 specie individuate all'interno del reticolo si ottiene il valore di B.L. del rilievo: $1+4+1+3+1 = 10$

Supponiamo di avere ottenuto i seguenti valori di B.L. ripetendo la procedura per gli altri 3 reticoli:

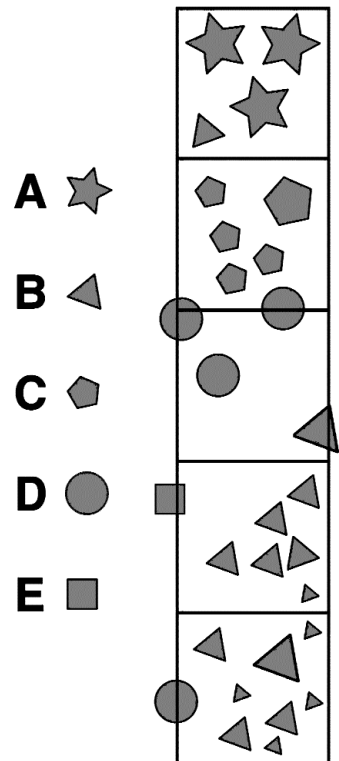
Reticolo a N: 10

Reticolo a E: 16

Reticolo a S: 7

Reticolo a W: 9

Sommando i valori di B.L. dei rilievi si ottiene il valore di B.L. dell'albero: $10+16+7+9 = 42$



COME INTERPRETARE I DATI DELLA BIODIVERSITÀ LICHENICA

Al termine della fase di campionamento realizzata con le uscite in campo, inizia l'attività in classe di elaborazione ed interpretazione dei dati raccolti: elenco delle specie, osservazioni riguardanti forme di crescita o altre caratteristiche dei licheni, valutazione della presenza dei licheni sui tronchi alle diverse esposizioni, di una serie di dati numerici per ogni albero, e dei dati relativi alle stazioni di campionamento.

Il punto fondamentale di questa attività è riuscire a definire una relazione tra i valori di biodiversità lichenica e lo stato dell'ambiente.

Come principio generale nell'interpretazione dei dati bisogna considerare che le specie licheniche tendono a diminuire con l'aumentare delle sostanze inquinanti fitotossiche presenti nell'aria: più alto è il valore di biodiversità lichenica, migliore è la qualità dell'aria. La situazione di completa assenza di licheni (deserto lichenico) sugli alberi adatti a questo tipo di studio indica una qualità dell'aria pessima.

Negli studi di biomonitoraggio, l'interpretazione dei valori della diversità lichenica è attualmente basata sulla valutazione della deviazione delle comunità licheniche rilevate rispetto a situazioni "naturali" o "normali". Le situazioni "naturali" corrispondono a situazioni in cui i fenomeni di inquinamento atmosferico sono trascurabili o assenti. L'interpretazione dei dati di diversità lichenica viene effettuata utilizzando scale di alterazione/naturalità ambientale, che associano intervalli di valori di biodiversità a diverse situazioni di alterazione ambientale. Non esiste un'unica scala di interpretazione valida per tutto il territorio nazionale, poiché i valori di diversità lichenica non dipendono soltanto dal livello di inquinamento atmosferico, ma anche dalle caratteristiche geografiche e climatiche del territorio considerato e dal tipo di albero rilevato.

Per il territorio della Provincia di Trieste e di Gorizia è stata proposta la scala di alterazione/naturalità riportata nella tabella sottostante, valida per valori di

<i>B.L.</i>	<i>Alterazione/naturalità ambientale</i>	<i>Qualità dell'aria</i>	<i>Colore</i>
B.L. = 0	Alterazione molto alta	Pessima	Grigio
0 < B.L. ≤ 15	Alterazione alta	Scadente	Rosso
15 < B.L. ≤ 30	Alterazione moderata	Bassa	Arancione
30 < B.L. ≤ 45	Alterazione/naturalità bassa	Mediocre	Giallo
45 < B.L. ≤ 60	Naturalità moderata	Discreta	Verde
60 < B.L. ≤ 75	Naturalità alta	Buona	Azzurro
B.L. > 75	Naturalità molto alta	Molto buona	Blu

Biodiversità Lichenica (B.L.) basati sul campionamento di tutte le specie di licheni presenti su caducifoglie (quercia e tiglio). Ogni intervallo di valori di Biodiversità Lichenica corrisponde ad una classe di "alterazione/naturalità ambientale": la classe di "alterazione molto alta" corrisponde alla situazione di completa assenza di licheni, mentre la classe di "naturalità molto alta" corrisponde alla situazione rilevata sull'altopiano carsico, in aree naturali lontane da zone urbane o industriali. Per facilitare l'interpretazione dei risultati nelle attività didattiche, è stata aggiunta una valutazione dei valori di Biodiversità Lichenica in classi di "Qualità dell'aria". I diversi intervalli di valori sono contraddistinti da un colore, che viene utilizzato nel riporto cartografico dei dati.

A livello didattico è forse più opportuno creare una scala di valutazione dei dati relativa al lavoro, soprattutto se il campionamento è stato basato su un numero limitato di specie o su altri criteri (colore, forma di crescita). Se sono disponibili dati di stazioni presenti in diversi ambienti, si considera il valore di B.L. massimo ottenuto ed il valore minimo possibile, sempre pari a 0 (deserto lichenico): l'intervallo tra valore massimo e minimo viene suddiviso in un certo numero di classi di ampiezza uguale (ad esempio 7 classi). Ad ogni classe di valori, corrispondente ad una classe di qualità dell'aria, viene associato un colore, che viene utilizzato per rappresentare in forma grafica i dati.

Ulteriori elaborazioni possono considerare il numero di specie presenti in ogni stazione di campionamento, il comportamento dei licheni alle diverse esposizioni, ecc.

LA CARTA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

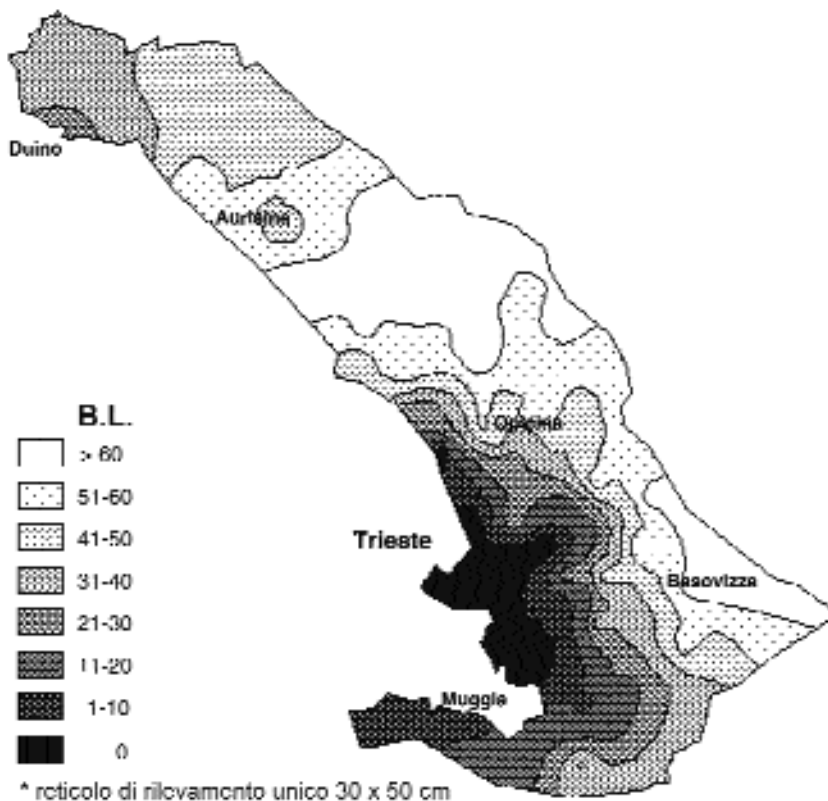
Se il lavoro è stato effettuato in numerose stazioni, è possibile rappresentare i dati in forma cartografica, ottenendo delle carte della qualità dell'aria del territorio indagato, che permettono una lettura semplice ed immediata dei dati ottenuti.

Per ogni stazione di campionamento si individua la classe di valori di Biodiversità Lichenica di appartenenza ed il relativo colore da utilizzare nel riporto cartografico.

Sulla carta topografica ogni stazione di campionamento può venire rappresentata da un cerchietto o da un quadrato (corrispondente all'area della stazione), opportunamente colorati. Ad esempio, nel caso di applicazione della scala riportata nella tabella, se una stazione ha valore di Biodiversità Lichenica pari a 23, il cerchio che la rappresenta o tutto il quadrato della carta corrispondente alla stazione vengono colorati in arancione.

Per ottenere mappe della qualità dell'aria si possono utilizzare programmi di cartografia computerizzata, che, attraverso l'interpolazione matematica dei dati delle stazioni, sono in grado di elaborare carte in cui il territorio indagato viene suddiviso in fasce di diverso colore, corrispondenti a diversi livelli di qualità dell'aria.

Carta della qualità dell'aria - 1992 *



PROPOSTE PER L'ATTIVITÀ DIDATTICA

Le attività di lavoro possono essere condotte a diversi livelli e con diverso grado di dettaglio ed approfondimento, ma il loro obiettivo principale è l'osservazione ed il riconoscimento della biodiversità delle forme viventi, un bene molto prezioso, che va studiato e tutelato a livello mondiale.

Il valore di queste attività è soprattutto didattico, a prescindere dai risultati puramente scientifici. Queste attività permettono di far sperimentare ai ragazzi tutte le tappe di una ricerca realizzata secondo un approccio scientifico: osservazione diretta della realtà; descrizione degli organismi e dei fenomeni analizzati; analisi dei dati; formulazione di ipotesi e modelli di interpretazione; rappresentazione e commento dei dati; applicazione dei risultati.

Le proposte di attività didattica presentate richiedono livelli di conoscenza e di lavoro diversi e sono basate sia su attività in classe che all'aperto. Tutte le proposte richiedono un'attività in classe preliminare per presentare gli aspetti principali della morfologia ed ecologia dei licheni, il concetto di biodiversità ed il problema dell'inquinamento atmosferico.

I principali obiettivi didattici delle attività proposte sono:

1. stimolare la capacità di osservazione e riconoscimento delle forme viventi (biodiversità);
2. acquisire nozioni scientifiche riguardanti: principi generali di ecologia, il problema dell'inquinamento ambientale, le caratteristiche del territorio provinciale;
3. svolgere una ricerca seguendo un approccio scientifico;
4. apprendere metodologie relative a: tecniche di analisi dei fattori ambientali, raccolta dei dati in campo, elaborazione ed interpretazione dei dati;
5. sviluppare il senso di responsabilità individuale nel lavoro di gruppo.

Attività 1. Osservazione di campioni di licheni.

Attività in classe. Osservazione in classe di alcuni campioni di licheni, preferibilmente fogliosi e fruticosi. Osservazione e raccolta dei dati sui licheni allo stato secco mediante valutazione del colore, consistenza, aspetto, misurazioni (larghezza e lunghezza dei lobi e lacinie, diametro degli apoteci, peso, ecc.). Riconoscimento delle principali forme di crescita e caratteristiche morfologiche dei licheni utilizzando la Scheda di Determinazione.

Attività 2. Studio dei licheni epifiti.

Attività in campo. Osservazione dei licheni che crescono sui tronchi degli alberi (ad esempio querce) in ambiente naturale. Raccolta di materiale di

licheni per l'osservazione in classe (attenzione a non confonderli con i muschi!).

Attività in classe. Riconoscimento dei licheni per colore, per forma di crescita o a livello di specie. Realizzazione di un erbario di classe.

Attività in campo. Studio della variazione della presenza dei licheni in relazione a variabili ecologiche: indagini su diversi tipi di albero (sempreverdi/caducifoglie; quercia, tiglio, frassino, acero, pioppo, ecc.), o in diverse condizioni di illuminazione (differenze tra alberi isolati e ben illuminati ed alberi all'interno di un bosco, in situazioni di ombra).

Attività 3. Rilevamento della diversità lichenica in due aree: osservazione dei tronchi degli alberi in ambiente urbano ed in ambiente naturale.

Attività in classe. Pianificazione dell'indagine, individuazione delle aree da campionare; approfondimenti riguardanti le caratteristiche ambientali e le fonti di inquinamento atmosferico. Riconoscimento dei licheni.

Attività in campo. Rilevamento della diversità lichenica nelle due aree, tramite un campionamento semplificato (per forme di crescita, per colore, considerando solo le specie fogliose o un numero limitato di specie facilmente riconoscibili) o basato su tutte le specie presenti sul tronco.

Attività in classe. Calcolo dei valori di Biodiversità Lichenica. Discussione dei risultati e valutazione della qualità dell'aria delle due aree.

Attività 4. Rilevamento della diversità lichenica in un territorio.

Attività in classe. Pianificazione dell'indagine, localizzazione delle stazioni di campionamento nel territorio; approfondimenti riguardanti le caratteristiche del territorio e le fonti di inquinamento atmosferico. Riconoscimento dei licheni.

Attività in campo. Rilevamento della diversità lichenica, basato su un campionamento semplificato o completo di tutte le specie licheniche, nelle stazioni di campionamento.

Attività in classe. Calcolo dei valori di Biodiversità Lichenica delle stazioni. Interpretazione dei risultati e realizzazione di una carta della qualità dell'aria del territorio.

Scheda per la determinazione

Osserva il campione con attenzione e rispondi alle seguenti domande:

FORMA foglioso fruticoso crostoso

COLORE giallo verde giallastro bruno

grigio nero

DIMENSIONE >10 cm > 5 cm < 2 cm

LOBI presenti assenti

LARGHEZZA grandi, > 2 mm piccoli, < 2 mm

FORMA rotondeggiante spigolosa

CORPI FRUTTIFERI presenti assenti
 Apoteci lecanorini colore del disco

colore del bordo

Apoteci lecideini colore

SOREDI presenti assenti

ISIDI presenti assenti

Prova ora a trovare il nome del tuo campione usando la chiave di determinazione.



RICERCA LICHENOLOGICA NELLA PROVINCIA DI TRIESTE

Il Friuli Venezia Giulia è una delle regioni italiane meglio conosciute dal punto di vista lichenologico.

La prima rilevante collezione di licheni è stata quella di B. Biasoletto (1793-1858), un farmacista che collezionò piante superiori, alghe, muschi e licheni soprattutto nella zona carsica e nell'Istria: le sue collezioni sono ora custodite nel Museo Civico di Storia Naturale di Trieste (TSM). Qualche anno dopo M. De Tommasini (1794-1879) costituì un ampio erbario di crittogame e fanerogame con l'aiuto di numerosi raccoglitori; il materiale proveniva soprattutto da aree attualmente appartenenti alla Slovenia e fu identificato da J. Glowacki (1846-1915), che nel 1874 pubblicò il maggiore contributo in campo lichenologico dell'Ottocento per questa zona, citando più di 200 specie e sottospecie. L'erbario di licheni di De Tommasini è diviso tra il Museo Civico di Storia Naturale di Trieste (TSM) ed il Museo di Storia Naturale di Graz (GJU). Alla fine dell'Ottocento alcune collezioni lichenologiche provenienti dal territorio di Trieste furono allestite da J. Schuler (1853-1945), un insegnante di scienze naturali che insegnò inizialmente a Trieste e successivamente a Fiume (Croazia); nel 1893 Schuler pubblicò una breve nota elencando 39 specie per i dintorni di Trieste e altre informazioni furono aggiunte nel 1902 nel suo lavoro sulla flora lichenica di Fiume. L'erbario di Schuler è custodito presso l'Università di Padova (PAD). Le ricerche lichenologiche nell'area di Trieste cessarono completamente nella prima metà del Novecento. Una nuova fase di ricerca è iniziata in tutta la regione a partire dagli anni '80, soprattutto grazie all'attività del gruppo di ricerca coordinato da P.L. Nimis del Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste, che ha approfondito la conoscenza di numerosi aspetti della flora, vegetazione, ecologia e biologia dei licheni.

La lista completa dei lavori lichenologici riguardanti la regione è stata realizzata da TRETJACH (1992) e NIMIS (1993). Per la Provincia di Trieste, alcuni aspetti della flora lichenica sono stati analizzati da NIMIS & LOI (1981, 1982, 1984), mentre informazioni floristiche compaiono nei lavori di GLOWACKI (1874), SCHULER (1893, 1902), CLERC (1983), TRETJACH (1992), CASTELLO (2002); le comunità licheniche sono state indagate da NIMIS & DE FAVERI (1980), NIMIS (1982), NIMIS & LOSI (1983), CASTELLO (1995, 2002). Studi sulla diversità delle comunità licheniche epifite applicati al biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico sono stati effettuati da NIMIS (1985), CASTELLO *et al.* (1995) e CASTELLO (1995).

Nonostante l'esigua estensione territoriale e variazione altitudinale, la Provincia di Trieste ospita una ricca flora lichenica. Ben 459 specie licheniche sono note per la Venezia Giulia, 912 per il Friuli, e 1.035 specie per l'intero

ambito regionale; complessivamente in Italia sono presenti 2.345 specie di licheni (NIMIS & MARTELLOS, 2003).

Una fondamentale ed aggiornata fonte di informazioni per la ricerca lichenologica in Italia è la Banca Dati ITALIC (NIMIS & MARTELLOS, 2002), liberamente consultabile in Internet presso il sito del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Trieste (NIMIS, 2003).

I LICHENI EPIFITI NELLA PROVINCIA DI TRIESTE

La lista comprende le specie epifite da piuttosto rare a molto comuni segnalate nella Provincia di Trieste su alberi a scorza con reazione da acida a basica (escluse quindi le conifere), in situazioni variabili tra l'ombra e la piena esposizione alla luce del sole (NIMIS, 2003). Complessivamente sono riportate 105 specie licheniche.

Acrocordia gemmata (Ach.) A. Massal.
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid.
Anaptychia ciliaris (L.) Körb.
Arthonia dispersa (Schrad.) Nyl.
Arthonia punctiformis Ach.
Arthonia radiata (Pers.) Ach.
Arthopyrenia cerasi (Schrad.) A. Massal.
Bacidia rubella (Hoffm.) A. Massal.
Buellia griseovirens (Sm.) Almb.
Caloplaca cerina (Hedw.) Th. Fr.
Caloplaca cerinella (Nyl.) Flagey
Caloplaca ferruginea (Huds.) Th. Fr.
Caloplaca flavorubescens (Huds.) J.R.Laundon
Caloplaca herbidella (Hue) H. Magn.
Caloplaca pyracea (Ach.) Th.Fr.
Caloplaca ulcerosa Coppins & P.James
Candelaria concolor (Dicks.) Stein
Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau
Catillaria nigroclavata (Nyl.) Schuler
Cetrelia olivetorum (Nyl.) W. L. Culb. & C. F. Culb.
Chaenotheca furfuracea (L.) Tibell
Chrysothrix candelaris (L.) J.R.Laundon
Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng.

Cladonia fimbriata (L.) Fr.
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.
Collema conglomeratum Hoffm.
Collema furfuraceum (Arnold) Du Rietz
Collema ligerinum (Hy) Harm.
Collema nigrescens (Huds.) DC.
Collema subflaccidum Degel.
Evernia prunastri (L.) Ach.
Flavoparmelia caperata (L.) Hale = *Parmelia caperata* (L.) Ach.
Flavoparmelia soledians (Nyl.) Hale = *Parmelia soledians* Nyl.
Graphis scripta (L.) Ach.
Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.
Hypotrachyna revoluta (Flörke) Hale = *Parmelia revoluta* Flörke
Lecania cyrtella (Ach.) Th. Fr.
Lecanora allophana Nyl.
Lecanora carpinea (L.) Vain.
Lecanora chlarotera Nyl.
Lecanora expallens Ach.
Lecanora hagenii (Ach.) Ach.
Lecanora leptyroides (Nyl.) Degel.
Lecanora pulicaris (Pers.) Ach.
Lecanora sambuci (Pers.) Nyl.
Lecanora symmicta (Ach.) Ach.
Lecidella elaeochroma (Ach.) M. Choisy
Lepraria eburnea J.R. Laundon
Lepraria incana (L.) Ach.
Lepraria lobificans Nyl.
Leptogium lichenoides (L.) Zahlbr.
Melanelia exasperata (De Not.) Essl. = *Parmelia exasperata* De Not.
Melanelia exasperatula (Nyl.) Essl. = *Parmelia exasperatula* Nyl.
Melanelia elegantula (Zahlbr.) Essl. = *Parmelia elegantula* (Zahlbr.) Szatala
Melanelia fuliginosa (Duby) Essl. subsp. *glabratula* = *Parmelia glabratula* (Lamy) Nyl.
Melanelia glabra (Schaer.) Essl. = *Parmelia glabra* (Schaer.) Nyl.
Melanelia subargentifera (Nyl.) Essl. = *Parmelia subargentifera* Nyl.
Melanelia subaurifera (Nyl.) Essl. = *Parmelia subaurifera* Nyl.
Naetrocymbe fraxini (A. Massal.) R.C. Harris = *Arthopyrenia fraxini* A. Massal.
Naetrocymbe punctiformis (Pers.) R.C. Harris = *Arthopyrenia punctiformis* (Pers.) A. Massal.

Normandina pulchella (Borrer) Nyl.
Ochrolechia arborea (Kreyer) Almb.
Opegrapha atra Pers.
Parmelia saxatilis (L.) Ach.
Parmelia sulcata Taylor
Parmelina quercina (Willd.) Hale = *Parmelia quercina* (Willd.) Vain.
Parmelina pastillifera (Harm.) Hale = *Parmelia pastillifera* (Harm.) R. Schub.
 & Klem.
Parmelina tiliacea (Hoffm.) Hale = *Parmelia tiliacea* (Hoffm.) Ach.
Parmotrema chinense (Osbeck) Hale & Ahti
Pertusaria albescens (Huds.) M. Choisy & Werner
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.
Pertusaria leioplaca DC.
Phaeophyscia chloantha (Ach.) Moberg
Phaeophyscia endophoenicea (Harm.) Moberg
Phaeophyscia hirsuta (Mereschk.) Essl.
Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg
Phlyctis argena (Spreng.) Flot.
Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier
Physcia aipolia (Humb.) Fűrnrh.
Physcia biziana (A. Massal.) Zahlbr.
Physcia semipinnata (J.F. Gmel.) Moberg
Physcia tenella (Scop.) DC.
Physconia distorta (With.) J.R. Laundon
Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt
Physconia grisea (Lam.) Poelt
Physconia perisidiosa (Erichsen) Moberg
Pleurosticta acetabulum (Neck.) Elix & Lumbsch = *Parmelia acetabulum*
 (Neck.) Duby
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf
Punctelia borreri (Sm.) Krog = *Parmelia borreri* (Sm.) Turner
Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog = *Parmelia subrudecta* Nyl.
Punctelia ulophylla (Ach.) van Herk & Aptroot = *Parmelia ulophylla* (Ach.) F.
 Wilson
Ramalina farinacea (L.) Ach.
Ramalina fastigiata (Pers.) Ach.
Ramalina fraxinea (L.) Ach.
Rinodina exigua (Ach.) Gray
Rinodina pyrina (Ach.) Arnold
Rinodina sophodes (Ach.) A. Massal.

Scoliciosporum chlorococcum (Stenh.) Vezda
Scoliciosporum umbrinum (Ach.) Arnold
Tomasiella arthonioides (A. Massal.) A. Massal. = *Arthopyrenia arthonioides*
A. Massal.
Usnea subfloridana Stirt.
Xanthoria fallax (Hepp) Arnold
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.

LICHENI NELLA RETE

Internet costituisce ormai un fondamentale strumento didattico di apprendimento, aggiornamento ed approfondimento.

I siti Internet che offrono informazioni riguardanti i licheni sono molto numerosi ed in continuo aumento. Vengono quindi segnalati soltanto alcuni siti Internet di interesse generale, o in cui sono presentate in maniera approfondita attività didattiche basate su questi organismi.

<http://dbiodbs.univ.trieste.it/sli/home.html>. Sito ufficiale della Società Lichenologica Italiana, una società scientifica fondata nel 1987 e dedicata alla diffusione e al progresso degli studi lichenologici in Italia. Storia e organizzazione della Società Lichenologica Italiana, presentazione delle iniziative e delle pubblicazioni curate dai soci, possibilità di partecipare ad un gruppo di discussione.

<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>. Database dei licheni italiani realizzato dal Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste. È possibile interrogare questa banca dati per scoprire tutto quello che si sa su ogni specie censita (incluse fotografie e una mappa della sua distribuzione sul territorio nazionale) oppure per sapere quali specie ci si può aspettare di trovare in un dato posto o *habitat*. Accesso libero, con richiesta di un nome utente ed una *password* a scelta dell'utente. In inglese.

<http://www.dister.unige.it/LabLic/start.html>. Università degli Studi di Genova. Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse - Sede di Botanica. Sito ricco di informazioni su diversi aspetti della simbiosi: morfologia, fisiologia, usi. Descrizione dei metodi di biomonitoraggio e bioaccumulo.

<http://mgd.nacse.org/hyperSQL/lichenland/index.html>. Un ricco portale didattico sulla biologia, l'ecologia e la classificazione dei licheni. In inglese.

http://www.ips.it/scuola/concorso_99/licheni/lic/index.htm. Un'indagine sulla qualità dell'aria con i licheni epifiti realizzata dalla Scuola Media "G. Cassano" di Trecate. Sito premiato internazionalmente dedicato alla biologia dei licheni e al loro uso.

<http://space.comune.re.it/cea/>. Sito del Centro Educazione Ambientale, Comune di Reggio Emilia, che mette a disposizione l'ipertesto "*Le scuole valutano la qualità dell'aria con i licheni*", una guida completa ed aggiornata per attività didattiche riguardanti i licheni ed il biomonitoraggio della qualità dell'aria, con chiavi di identificazione e schede descrittive delle specie.

<http://www.sinanet.anpa.it/aree/atmosfera/qaria.asp>. Sito dell'Agenzia italiana per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT) presentato nell'ambito della Rete Nazionale di Informazione in campo Ambientale. Nella sezione "Biomonitoraggio" è disponibile il manuale operativo ANPA (2001) per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti.

GLOSSARIO

Apotecio: corpo fruttifero del lichene a forma di disco, al cui interno sono presenti ife sterili (parafisi) e ife fertili (aschi), dove vengono formate le spore.

Areola: porzione di un tallo crostoso di forma più o meno irregolare, delimitata da un solco evidente.

Asco: ifa fertile a forma di sacchetto contenuta nei corpi fruttiferi (apotecio o periteci) nel cui interno si formano le spore per meiosi.

Cefalodio: struttura contenente cianobatteri, presente sulla superficie di un tallo eteromero ad alghe verdi, spesso a forma di verruca.

Ciglia: strutture sottili e filiformi presenti al margine dei lobi, formate da ife appressate, in genere di colore nero.

Coralloide: struttura allungata a sezione più o meno circolare, fortemente ramificata.

Cortex: strato esterno del tallo lichenico, formato da ife fungine appressate.

Corticato: dotato di *cortex*.

Crostoso: forma di crescita di alcuni licheni, il cui tallo è intimamente attaccato al substrato e ha l'aspetto di una crosta. Nei licheni crostosi è assente un *cortex* inferiore e le ife della medulla penetrano più o meno parzialmente nel substrato, per cui i licheni non possono essere staccati senza asportare anche il substrato.

Disco: parte centrale dell'apotecio, a forma circolare, delimitata dal bordo.

Epimenio: parte superiore dell'imenio, formata dalle estremità libere delle parafisi (ife sterili) che sono immerse in una matrice gelatinosa, di norma pigmentata e con cristalli di varia natura (sostanze licheniche, ossalato di calcio, ecc.).

Eteromero: tipo di tallo organizzato in strati anatomicamente e funzionalmente diversi: *cortex* superiore, strato algale, medulla, *cortex* inferiore.

Fitobionte: alga che vive in simbiosi con il fungo formando un lichene.

Foglioso: forma di crescita di alcuni licheni il cui tallo, dotato di un *cortex* inferiore (e perciò staccabile dal substrato), si sviluppa prevalentemente in due dimensioni, come la foglia di un albero.

Fruticoso: forma di crescita di alcuni licheni il cui tallo, sviluppato nelle tre dimensioni, è in genere fissato al substrato tramite una stretta porzione basale.

Gonidiale: algale, contenente alghe.

Imenio: parte fertile dell'apotecio formata da aschi e parafisi.

Ipotecio: parte sottostante l'imenio, spesso pigmentata.

Isidio: struttura per la propagazione vegetativa del tallo lichenico, formata da un'estroflessione del *cortex* superiore e contenente cellule algali. La forma degli isidi può essere semplice (a cilindro con base più o meno larga, a clava, globosa, squamulosa, ecc.) o ramificata (coralloide).

Labriforme: soraglio a forma di labbro, formato da soredi raggruppati sulla parte inferiore delle estremità dei lobi che si sollevano ripiegandosi verso l'alto a formare una sorta di labbro.

Lacinia: parte molto allungata e sottile del tallo di un lichene fruticoso, spesso ramificata.

Lecanorino: apotecio in cui sono presenti alghe nel bordo, con bordo dello stesso colore della superficie del tallo, e spesso di colore diverso dal disco.

Lecideino: apotecio in cui non sono presenti alghe nel bordo, con bordo di colore diverso da quello del tallo, e simile a quello del disco.

Leproso: tallo ridotto a una massa sorediosa-pulverulenta, idrorepellente, non corticata.

Lirella: apotecio a forma decisamente allungata, spesso ramificato, di colore nero.

Lobo: suddivisione del tallo dei licheni fogliosi, a contorno rotondeggiante o leggermente allungata, di dimensioni variabili.

Marginale: soraglio formato da soredi disposti lungo il margine dei lobi, ma non alle loro estremità.

Medulla: strato del tallo eteromero formato dall'intreccio più o meno lasso di ife fungine.

Micobionte: fungo che vive in simbiosi con una o più popolazioni di alghe e/o cianobatteri formando la simbiosi lichenica.

Muriforme: spora pluricellulare con setti disposti secondo piani diversi, longitudinali e trasversali, per cui la spora assume l'aspetto di un muro di mattoni.

Omeomero: tipo di tallo lichenico in cui non si nota un'organizzazione in strati diversi, poiché le cellule dell'alga (in questo caso sempre cianobatteri) sono disperse tra le ife fungine per tutto lo spessore del tallo.

Parafisi: ife sterili di protezione che si frappongono agli aschi nell'imenio.

Peritecio: corpo fruttifero chiuso di forma subsferica o a fiasco, che si apre all'esterno attraverso un piccolo foro (ostiolo), contenente all'interno aschi e parafisi.

Podezio: struttura tridimensionale tipica del genere *Cladonia*, a forma di trombetta, cornetto o cespuglietto ramificato, che si forma a partire da un tallo primario crostoso o squamuloso.

Polardiblastica: spora bicellulare tipica della famiglia delle *Teloschistaceae* (*Caloplaca*, *Teloschistes*, *Xanthoria*), formata da due cellule poste alle estremità della spora e collegate tra loro da un sottile ponte citoplasmatico.

Pruina: deposito di sostanze cristalline (spesso ossalato di calcio) sulla faccia superiore del tallo e sugli apoteci, che appare come una sottile polvere biancastra simile a zucchero a velo o farina, evidente soprattutto alle estremità dei lobi.

Pseudocifella: lacerazione del *cortex* attraverso cui sporge la medulla. Le pseudocifelle appaiono come numerose piccole linee o macchie bianche rotondeggianti, presenti soprattutto alle estremità dei lobi. Spesso dalle pseudocifelle iniziano a formarsi i soredi.

Rizina: struttura di ancoraggio al substrato dei licheni fogliosi presente sulla parte inferiore del tallo, simile ad un sottile filamento; può essere semplice, ramificata, a pennello, a spazzola, in genere di colore nero; è formata da ife fungine agglutinate.

Semplice (spora semplice): spora unicellulare, senza setti.

Setto: parete trasversale che divide due cellule adiacenti in una spora.

Soralio: insieme di più soredi che si sviluppano dalla stessa porzione di tallo.

Soredio: struttura per la propagazione vegetativa del tallo lichenico, formata da un batuffolo non corticato di ife lasse, di origine medullare, che racchiude alcune cellule algali.

Spora: struttura riproduttiva che si forma per divisione meiotica (meiospora) all'interno dell'asco; serve per la riproduzione sessuata del fungo del lichene.

Squamula: piccola squama, senza *cortex* inferiore.

Tallo: corpo di una pianta nel quale non vi è differenziazione di radici, fusto e foglie.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO PER ATTIVITÀ DIDATTICHE E L'IDENTIFICAZIONE DELLE SPECIE

- JAHNS, H.M., 1992 - *Felci, muschi, licheni d'Europa*. Padova, Franco Muzzio.
- NIMIS, P.L., 1987 - *I macrolicheni d'Italia. Chiavi analitiche per la determinazione*. Gortania, 8: 101-220.
- MASSARA, M., SCARSELLI, S., 1997 - *Licheni e inquinamento atmosferico*. Regione Piemonte.
- PIERALLI, P., TRAQUANDI, S., 1991 - *I licheni. Guide all'aria pura*. Firenze, Tosca.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- ANPA, 2001 - *I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica*. ANPA, Manuali e linee guida 2/2001.
- CASTELLO, M., 1995 - *Studi lichenologici in Italia Nord-orientale. VII: Effetti dell'inquinamento atmosferico sulle comunità licheniche epifite nella Provincia di Trieste*. Gortania, 17: 57-78.
- CASTELLO, M., 2002 - *Studi lichenologici in Italia Nord-orientale. VIII: La diversità lichenica nell'area periurbana del M. Valerio (Trieste, Friuli Venezia Giulia)*. Gortania, 23: 59-77.
- CASTELLO, M., NIMIS, P.L., CEBULEZ, E., MOSCA, R., 1995 - *Air quality assessment by lichens as bioindicators of SO₂ and bioaccumulators of heavy metals in the province of Trieste*. Agr. Med. Special Volume: 233-243.
- CLERC, Ph., 1983 - *Contribution à la connaissance de la flore lichénique du nord d'Italie (province Friuli Venezia Giulia)*. Gortania, 5: 81-100.
- GLOWACKI, A., 1874 - *Die Flechten des Tommasinisches Herbars, ein Beitrag zur Flechtenflora des Küstenlandes*. Verh. K. K. Zool. bot. Ges. Wien, 24: 539-552.
- NIMIS, P.L., 1982 - *The epiphytic lichen vegetation of the Trieste Province (North Eastern Italy)*. Studia Geobotanica, 2: 169-191.
- NIMIS, P.L., 1985 - *Urban lichens studies in Italy. Ist: the town of Trieste*. Studia Geobotanica, 5: 49-74.

- NIMIS, P.L., 1993 - *The lichens of Italy. An annotated catalogue*. Torino, Museo Regionale di Scienze Naturali, Monografia XII.
- NIMIS, P.L., 2003 - *Checklist of the Lichens of Italy 3.0*. University of Trieste, Dept. of Biology IN3.0/2 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>).
- NIMIS, P.L., DE FAVERI R., 1980 - *Numerical classification of Xanthorion communities in North Eastern Italy*. Gortania, 2: 91-110.
- NIMIS, P.L., LOI, E., 1981 - *I licheni epifiti della Provincia di Trieste*. Gortania, 3: 101-122.
- NIMIS, P.L., LOI, E., 1982 - *Florula lichenica della Val Rosandra (Trieste)*. Trieste, Atti Museo civ. Stor. nat., 34 (2): 55-84.
- NIMIS, P.L., LOI, E., 1984 - *I licheni della dolina di Percedol (Carso Triestino)*. *Studio fitogeografico*. Trieste, Atti Museo civ. Stor. nat., 36 (1): 1-12.
- NIMIS, P.L., LOSI, L., 1983 - *Lichens as phytoclimatical indicators in the Trieste Karst*. Gortania, 5: 63-80.
- NIMIS, P.L., MARTELOS, S., 2002 - ITALIC - *The information system on Italian lichens*. *Bibl. Lichenol.*, 82: 271-283.
- NIMIS, P.L., MARTELOS, S., 2003 - *A second checklist of the lichens of Italy. With a thesaurus of synonyms*. Aosta, Museo Regionale di Scienze Naturali, Saint-Pierre - Valle d'Aosta, Monografie 4.
- POELT, J., 1969 - *Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten*. Lehre, J. Cramer.
- SCHULER, J., 1893 - *Ein Beitrag zur Flechtenflora dar nächsten Umgebung Triests*. *Österr. Bot. Z.*, 43: 351-353.
- SCHULER, J., 1902 - *Zur Flechtenflora von Fiume*. *Mitt. Naturwiss. Clubs in Fiume*, 6: 1-122.
- TRETIACH, M., 1992 - *Lichenological studies in NE Italy. V. New records from Friuli Venezia Giulia*. *Studia Geobotanica*, 12: 3-60.
- VIDALI, M., GENZO C., 2001 - *QuadernoUno. L'erbario*. Trieste, Civico Orto Botanico.

INDICE

INTRODUZIONE	7
I LICHENI	9
IL TALLO LICHENICO	11
FORME DI CRESCITA	13
LA RIPRODUZIONE DEI LICHENI	15
APPROFONDIMENTO: I CORPI FRUTTIFERI DEI LICHENI	17
ALTRE STRUTTURE DEL TALLO LICHENICO	18
LE SOSTANZE LICHENICHE	19
L'ECOLOGIA DEI LICHENI	19
STRUMENTI PER OSSERVARE I LICHENI	21
APPROFONDIMENTO: PREPARAZIONE DI SEZIONI SU VETRINI	22
L'ERBARIO	23
RACCOLTA DEI CAMPIONI	23
PREPARAZIONE DEI CAMPIONI D'ERBARIO	24
CONSERVAZIONE E DISINFESTAZIONE	25
IDENTIFICAZIONE DELLE SPECIE	26
CONSIGLI PER L'IDENTIFICAZIONE	27
CHIAVE DI DETERMINAZIONE DEI LICHENI EPIFITI PIÙ COMUNI NELLA PROVINCIA DI TRIESTE	29
LICHENI E QUALITÀ DELL'ARIA	37
MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	37
LICHENI COME BIOINDICATORI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	39
IL METODO DI LAVORO	41
MATERIALE PER IL RILEVAMENTO	42
AREA DI STUDIO	42
LA SCELTA DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO	43
LA SCELTA DEGLI ALBERI	44
	67

APPROFONDIMENTO: FATTORI ECOLOGICI CHE INFLUENZANO	
LA PRESENZA DI LICHENI	45
IL RILIEVO DELLA BIODIVERSITÀ LICHENICA	45
COME INTERPRETARE I DATI DELLA BIODIVERSITÀ LICHENICA	50
LA CARTA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	51
PROPOSTE PER L'ATTIVITÀ DIDATTICA	53
RICERCA LICHENOLOGICA NELLA PROVINCIA DI TRIESTE	56
I LICHENI EPIFITI NELLA PROVINCIA DI TRIESTE	57
LICHENI NELLA RETE	60
GLOSSARIO	62
BIBLIOGRAFIA	65
BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO PER ATTIVITÀ DIDATTICHE E L'IDENTIFICAZIONE DELLE SPECIE	65
BIBLIOGRAFIA CITATA	65